

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Katedra polygrafie a fotofyziky

Kvalita digitálního tisku – sledování dlouhodobé stability  
elektrofotografického tisku

Bakalářská práce

University of Pardubice  
Faculty of Chemical Technology  
Department of Graphic Arts and Photophysics

A Quality of the Digital Print – The Long-term Stability  
of the Electrophotographic Printing  
Bachelor Thesis

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Nikola Hrubá**  
Osobní číslo: **C18119**  
Studijní program: **B3441 Polygrafie**  
Studijní obor: **Polygrafie**  
Téma práce: **Kvalita digitálního tisku – sledování dlouhodobé stability elektrografického tisku**  
Zadávací katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

## Zásady pro vypracování

1. Prostudujte odbornou literaturu a zpracujte stručnou rešerši týkající se daného tématu.
2. Navrhněte testovací obrazec pro sledování základních parametrů pro kontrolu kvality tisku. Tiskněte opakovaně tento obrazec při konstantním nastavení tiskového stroje a sledujte, zda se kvalita výtisku mění v závislosti na vnějších podmínkách (teplota, vlhkost vzduchu).
3. Výsledky přehledně zpracujte a vyhodnoťte vliv vnějších podmínek na stabilitu tisku.

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Vališ, Ph.D.**  
Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání bakalářské práce: **26. února 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 26. února 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Kvalita digitálního tisku – sledování dlouhodobé stability elektrofotografického tisku jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že 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, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Horní Moštěnici dne 29. 6. 2023

Nikola Hrubá v. r.

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Janu Vališovi, PhD. za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky, trpělivost a ochotu, kterou mi během vypracování této práce věnoval. Mé poděkování patří také rodině a blízkým přátelům za podporu během celého studia.

Bakalářská práce vznikla za podpory projektu Modernizace praktické výuky a zkvalitnění praktických dovedností v technicky zaměřených studijních programech, reg. číslo CZ.02.2.67/0.0/0.0/16\_016/0002458 operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



## **Anotace**

Tato bakalářská práce pojednává o dlouhodobé stabilitě digitálního tisku, konkrétně digitální tiskové techniky elektrofotografie. V teoretické části je podrobně popsán princip a využívané tiskové barvy pro tuto tiskovou techniku. Dále jsou popsány stabilní podmínky pro tisk. Experimentální část se zabývá stabilitou barevnosti v průběhu časového období 38 týdnů.

## **Klíčová slova**

digitální tisk, elektrofotografie, stabilita tisku

## **Annotation**

This bachelor thesis deals with the long-term stability of digital printing, specifically the digital printing technique of electrophotography. The theoretical part describes in detail the principle and the inks used for this printing technique. Furthermore, the stable printing conditions are described. The experimental part deals with the stability of colour over a time period of 38 weeks.

## **Keywords**

digital printing, electrophotography, stability of printing



# Obsah

Seznam ilustrací a tabulek .....	11
Seznam grafů .....	11
Seznam zkratk a značek .....	13
Úvod.....	14
1 Teoretická část.....	15
1.1 Elektrofotografie .....	15
1.2 Princip elektrofotografie .....	15
1.2.1 Nabíjení obrazového válce.....	15
1.2.2 Vytvoření latentního obrazu .....	16
1.2.3 Vyvolání latentního obrazu.....	17
1.2.4 Přenos obrazu.....	18
1.2.5 Fixace toneru na potiskovaném materiálu .....	19
1.2.6 Čištění obrazového válce .....	20
1.3 Tiskové barvy pro elektrofotografii .....	20
1.3.1 Tonery .....	21
1.4 Stabilní podmínky pro tisk.....	23
2 Experimentální část .....	25
2.1 Použité přístroje a zařízení .....	25
2.1.1 Konica Minolta AccurioPress C3070 .....	25
2.1.2 Spektrofotometr X-Rite eXact .....	26
2.2 Použitý software.....	26
2.2.1 eXact DataMeasure .....	26
2.2.2 Microsoft Excel.....	26
2.3 Tiskový arch.....	27
2.4 Postup měření.....	27

2.5	Získané hodnoty souřadnic $L^*$ $a^*$ $b^*$ vzorků a rozdíly příslušných hodnot pro porovnávání barvy .....	29
3	Výsledky a diskuze .....	30
3.1	Stabilita elektrofotografického tisku pro jednotlivé typy papírů .....	30
3.2	Nastavení tiskového stroje a podmínky při testování .....	30
3.3	Prémiový natíraný papír (PS1) .....	31
3.4	Bezdřevý nenatíraný papír (PS5) .....	38
4	Závěr .....	45
5	Použitá literatura .....	48
6	Přílohy .....	50

## Seznam ilustrací a tabulek

Obrázek 1: Princip elektrofotografie [4].....	15
Obrázek 2: Zobrazovací jednotka s HeNe laserem a LED [4] .....	17
Obrázek 3: Mikroskopicky zvětšená částice jednosložkového toneru (vlevo, zvětšeno cca 3000×) a dvousložkového toneru (vpravo, zvětšeno cca 300×) [8] .....	22
Obrázek 4: Tiskový stroj AccurioPress C3070 firmy Konica Minolta [16].....	25
Obrázek 5: Spektrofotometr X-Rite eXact [17].....	26
Obrázek 6: Tiskový motiv .....	27
Obrázek 7: eXact DataMeasure .....	28
Tabulka 1: Porovnání barvových odchylek $\Delta E_{ab}^*$ pro jednotlivé tiskové barvy s tónovou hodnotou 100 % tištěné na prémiový křídový papír (PS1).....	32
Tabulka 2: Porovnání barvových odchylek $\Delta E_{ab}^*$ pro barvy RGB s tónovou hodnotou 100 % tištěné na prémiový křídový papír (PS1) .....	33
Tabulka 3: Porovnání barvových odchylek $\Delta E_{ab}^*$ pro jednotlivé tiskové barvy s tónovou hodnotou 100 % tištěné na bezdřevý nenatíraný papír (PS5).....	39
Tabulka 4: Porovnání barvových odchylek $\Delta E_{ab}^*$ pro barvy RGB s tónovou hodnotou 100 % tištěné na bezdřevý nenatíraný papír (PS5) .....	40

## Seznam grafů

Graf 1: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu cyan tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1) .....	34
Graf 2: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu magenta tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1) .....	34
Graf 3: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu yellow tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1).....	35
Graf 4: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu black tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1) .....	35
Graf 5: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro přetiskovou barvu black tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1) .....	36
Graf 6: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu red tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1).....	36

Graf 7: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu green tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1).....	37
Graf 8: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu blue tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1).....	37
Graf 9: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu cyan tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5) .....	41
Graf 10: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu magenta tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5) .....	41
Graf 11: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu yellow tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5).....	42
Graf 12: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu black tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5) .....	42
Graf 13: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro přetiskovou barvu black tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5) .....	43
Graf 14: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu red tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5) .....	43
Graf 15: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu green tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5).....	44
Graf 16: Hodnoty barvové odchylky $\Delta E_{ab}^*$ v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu blue tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5).....	44

## Seznam zkratk a značek

As <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	selenid arsenitý
CAD	Charged Area Development
CIELAB	barvový prostor
CMYK	základní barvy čtyřbarvotisku
D <sub>50</sub>	standardní světelný zdroj (teplota chromatičnosti 5000 K)
DAD	Discharged Area Development
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	oxid železitý
HeNe laser	helium-neonový laser
IČ záření	infračervené záření
L* a* b*	kolorimetrické souřadnice
LED	světlo emitující diody
M0, M1, M2, M3	standardní podmínky měření spektrofotometrem
OPC	Organic Photoconductor (vícevrstvé organické fotovodivé struktury)
PS1–PS8	kategorie papíru dle jeho typu a úprav
RGB	sekundární barvy subtraktivního míchání
T <sub>g</sub>	teplota skelného přechodu
ΔE* <sub>ab</sub>	barvová odchylka
ΔL* , Δa* , Δb*	změna kolorimetrických souřadnic

## Úvod

Elektrofotografie patří mezi digitální tiskové techniky, které k samotnému tisku nevyužívají tiskové formy. Díky absenci tiskových forem je cena produkce pro malonákladové zakázky nižší, než u klasických tiskových technik. Při tisku malonákladových zakázek je možné, že se zakázka bude po určité době opětovně tisknout. V tomto případě je vhodné, aby byla tisková barevnost v průběhu času stabilní a odpovídala předchozí zakázce. Pro stabilní tisk je zásadní dodržování tiskových podmínek na pracovišti. Zejména se jedná o udržování stabilní teploty a relativní vlhkosti vzduchu při skladování tiskového materiálu a také při samotném tisku. Dále je důležité tiskový stroj kalibrovat, z důvodu zajištění kvality výrobku, optimalizace a stabilizace výkonu stroje. V průběhu času je nutné provádět také charakterizaci, při které se porovnávají referenční hodnoty a skutečné hodnoty výstupu zařízení.

Cílem této bakalářské práce je zjistit, zda se v průběhu času mění nebo nemění barevnost při tisku pomocí elektrofotografie.

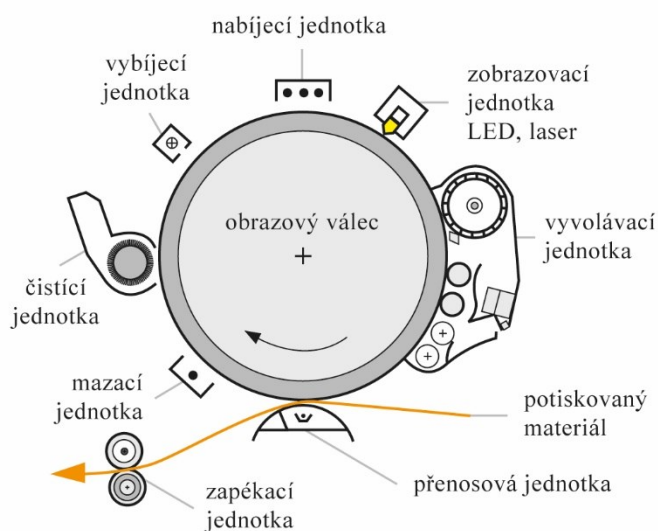
# 1 Teoretická část

## 1.1 Elektrofotografie

Elektrofotografii vynalezl roku 1938 Chester Carlson [1]. Bývá též nazývána xerografií. Xerografie je slovo složené z řeckých slov xeros – suchý a grafein – psát [2]. Při procesu tisku pomocí této technologie dochází k vytvoření elektrostatického obrazu, tzv. latentního obrazu na fotovodivém válci. Latentní obraz je vyvolán pomocí nabitého toneru, který je tvořen pigmentovými částicemi. Vyvolaný obraz je následně přenesen na potiskovaný substrát, kde dojde k jeho fixaci [3].

## 1.2 Princip elektrofotografie

Princip elektrofotografie je znázorněn na obrázku 1. Skládá se z pěti hlavních kroků [3]. Při prvním kroku dochází k nabíjení obrazového válce pomocí nabíjecí jednotky, v zobrazovací jednotce je vytvořen latentní obraz, který se vyvolá tonerem ve vyvolávací jednotce a následně je tento vyvolaný obraz pomocí elektrického pole přenosové jednotky přenesen z obrazového válce na potiskovaný materiál. Toner se na potiskovaném materiálu fixuje pomocí zapékací jednotky [4]. Čištění obrazového válce od zbylého toneru a odstranění náboje z válce můžeme považovat za šestý krok procesu [3]. Pro každý otisk je nutné celý cyklus opakovat [5].



Obrázek 1: Princip elektrofotografie [4]

### 1.2.1 Nabíjení obrazového válce

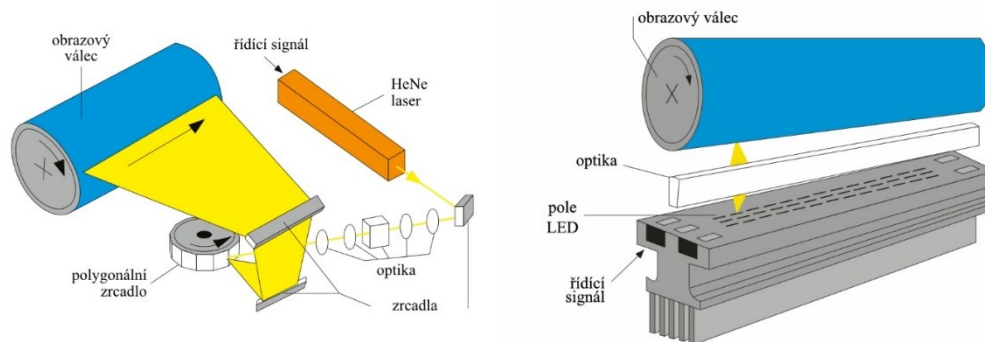
Nabíjení obrazového válce je prováděno pomocí koronového výboje [4]. Při tomto procesu dochází k vytvoření homogenního náboje po celém povrchu válce [6]. Koronový výboj může být vytvořen třemi typy zařízení. Při základním uspořádání je jednotka pro nabíjení fotovodivého válce tvořena jednou elektrodou, nacházející se v ochranném krytu. Tato

elektroda je zhotovena z wolframového vlákna s nánosem zlaté vrstvy [4]. Při překročení kritické hodnoty přiváděného vysokého napětí, dochází k přenosu náboje na obrazový válec. Druhým uspořádáním nabíjecí jednotky je zařízení s řídicí elektrodou, nazýváno scorotron. Elektrodou je drátěná mřížka umístěná mezi elektrody a povrchem obrazového válce. Na tuto mřížku je přiváděno elektrické napětí okolo 0,4–1 kV, čímž se docílí větší homogenity rozložení náboje při nabíjení záporným nábojem [4]. Třetí typ zařízení obsahuje elektrodu se skleněným povrchem. [4] U tohoto zařízení neprochází elektrický proud mezi vláknem a stínící elektrodou, proto lze docílit zvýšené rovnoměrnosti nabitého povrchu. Obrazový válec může být nabíjen dvěma způsoby, a to pozitivně nebo negativně.

### 1.2.2 Vytvoření latentního obrazu

K vytvoření latentního obrazu dochází v zobrazovací jednotce pomocí řízeného zdroje světla. Jako zdroj světla bývá využíván HeNe laser nebo světlo emitující diody (LED) [6]. Obrazový válec je vyroben z hliníku, který na svém povrchu nese fotovodivou vrstvu, kterou tvoří slitiny selenu, např.  $\text{As}_2\text{Se}_3$  nebo je tvořena vícevrstevnými organickými fotovodivými strukturami, nazývanými OPC. Při tvorbě obrazu dochází k odstranění náboje vlivem osvitů, kdy je světlo po dopadu na fotovodivý materiál s homogenním polem absorbováno a vyvolává vznik kladného i záporného náboje, které jsou odvedeny k příslušným elektrodám. Fotovodivá vrstva tvořená  $\text{As}_2\text{Se}_3$  neutralizuje kladný náboj na povrchu válce nábojem záporným. Naopak u OPC vrstvy je povrchový záporný náboj neutralizován nábojem kladným [4]. Také u zobrazovacího zařízení existuje vícero druhů zobrazovacích jednotek. Na obrázku 2 je zobrazeno uspořádání zobrazovací jednotky s HeNe laserem a LED. V případě zobrazovací jednotky využívající laser je světelný paprsek přes soustavu zrcadel a optiky naveden na rotující polygonální zrcadlo, které paprsek rozmetá a odráží přes systém zrcadel na obrazový válec. Zobrazovací jednotka využívající jako zdroj světlo emitující diody má pole LED umístěné v jedné řadě. Každý bod je osvětlen jednou diodou. [4] Výhodou zobrazovacích jednotek využívajících LED je možnost předcházet deformaci tiskového bodu, která nastává při využití laseru. Dále také umožňuje zpracovávat větší objem dat, čímž je možné tisknout vyšší rychlostí.





Obrázek 2: Zobrazovací jednotka s HeNe laserem a LED [4]

### 1.2.3 Vyvolání latentního obrazu

Vyvoláním se latentní obraz zviditelní v důsledku elektrostatické přitažlivosti mezi tonerem a nabitými nebo vybitými oblastmi na obrazovém válci [1]. Vyvolání je rozděleno na dva způsoby [4]. První způsob se nazývá CAD (Charged Area Development), u něhož je toner nabit opačným nábojem, než má fotovodivý materiál [7]. Exponují se netisknouce místa a toner se přenáší na nabitá, neosvícená místa. U druhého způsobu DAD (Discharged Area Development) se na obrazovém válci exponují a vybíjí obrazová místa. Vyvolání se provádí tonerem se stejným nábojem, jako je na netisknoucích místech. Jelikož se u CAD vyvolání exponují netisknouce místa čili se exponuje negativně, je možné docílit tenčích čar. Naopak u DAD vyvolání je síla čáry dána tloušťkou laserového paprsku [4].

Vyvolání latentního obrazu je prováděno pomocí dvousložkové vyvolávací směsi, která je tvořena nosičem a tonerem (0,5–6 % hm.). Nosičem je částice nepravidelného nebo kulovitěho tvaru, tvořená ferromagnetickým materiálem. Převážně z oceli nebo železa. Průměr částice nosiče je v rozmezí 100–300  $\mu\text{m}$ . U částice toneru je průměr okolo 10  $\mu\text{m}$ . Ve vyvolávací jednotce dochází díky vzájemnému promíchávání nosiče a toneru k jejich tření a vzniku triboelektrického náboje. Mezi vyvolávacími válci a obrazovým válcem jsou nabitě tonerové částice přitahovány elektrickými silami k latentnímu obrazu, čímž dochází k vzniku tonerového obrazu [4].

V elektrofotografickém tisku existují také jednosložkové tonery. Magnetické jednosložkové tonery mají podobnou strukturu jako tonery dvousložkové. Od částic dvousložkového toneru se liší tím, že se skládají ze samotné částice toneru obsahující magnetickou vyvolávací část, jímž je  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Pokud je tmavý oxid železitý obsažen ve větším podílu, světlých barev se dosahuje obtížněji. Průměr částic je od 12 do 20  $\mu\text{m}$ . Elektrostatické jednosložkové tonery

nevyžadují nosné částice. Částice toneru jsou přenášeny řízenými elektrostatickými poli. Avšak tyto tonery mohou být využívány pouze při relativně nízkých rychlostech [6].

#### 1.2.4 Přenos obrazu

Přenos toneru na potiskovaný materiál je důležitým krokem v procesu elektrofotografického tisku [2]. V tomto kroku je vyvolaný latentní obraz připraven k přenosu na potiskované médium [1]. Vyvolaný obraz na obrazovém válci může být přenesen na potiskovaný materiál za použití různých principů, jako jsou elektrostatické síly, adhezní síly, mechanické síly nebo kombinace různých energií [2]. Přenos obrazu může probíhat přímo na potiskovaný materiál nebo k němu dochází prostřednictvím mezisystému, kterým je přenosový buben či přenosový pás [6].

Rozlišují se dva hlavní způsoby přenosu obrazu. [6] Prvním způsobem je přenos nabitých částic toneru z povrchu obrazového válce na potiskovaný materiál pomocí elektrostatických sil generovaných koronovým výbojem. [1] Potiskovanému médiu je koronovou jednotkou přidělován opačný a dostatečně silný náboj, než má toner, aby překonal přilnavost toneru k obrazovému válci. Druhá koronová jednotka snižuje elektrostatickou přilnavost média k obrazovému válci, aby umožnila uvolnění média s tiskovým obrazem. [8] Pro optimalizaci přenosu je třeba použít správný poměr náboje a hmotnosti, jelikož u tonerů s velkou distribucí velikosti částic vyžadují menší částice toneru k uvolnění z obrazového válce větší elektrické pole, což má za následek snížení účinnosti přenosu na 80–85 %. [4] Pro zvýšení přenesené vrstvy toneru je nutné, aby docházelo k přímému kontaktu obrazového válce, toneru i potiskovaného materiálu.

Pomocí koronové jednotky lze přenést pouze slabou povrchovou vrstvu toneru, proto je pro přenos většiny, ideálně celé vrstvy, vyvolaného obrazu nutné využít přímý kontakt média s tonerem a obrazovým válcem. Pouze při takovém kontaktu mohou elektrické síly překonat molekulové, které přitahují nejnižší vrstvu toneru k obrazovému válci [4].

Druhým způsobem přenosu obrazu v elektrofotografickém tisku je přenos pomocí přenosového válce. Přenosový válec má jádro tvořené z vodivého kovového materiálu a na povrchu měkkou pryžovou vrstvu s definovaným elektrickým odporem o velikosti v řádu  $M\Omega$ . U tohoto způsobu přenosu je toner přenášen na potiskovaný materiál, který prochází mezi obrazovým a přenosovým válcem. Pro rovnoměrný přenos je do přenosového válce přiváděno vysoké napětí, které vyvolá elektrické pole. Účinnost přenosu se pohybuje přes 90 % [4].

### 1.2.5 Fixace toneru na potiskovaném materiálu

Na rozdíl od inkoustového tisku se suché částice toneru, po přenosu tiskového obrazu, na potiskovaném materiálu samovolně neudrží [1]. K fixaci částic toneru je zapotřebí fixační jednotka. Bývá obvykle konstruována tak, aby roztavení a následné ukotvení toneru na potiskovaném materiálu probíhalo působením tepla a kontaktního tlaku [6]. Pro fixaci toneru se využívá zejména pět způsobů fixace:

- za studena
- za tepla pomocí zapékacího válce
- pomocí výbojky
- pomocí IČ záření
- pomocí par [7].

Fixace za studena využívá vysokého tlaku mezi dvěma válci, aby toner pronikl do substrátu [8]. Jedná se o kontaktní způsob fixace [4]. Výhodou fixace za studena je, že není zapotřebí tepelný zdroj [7]. Je vhodná pro měkké tonery a lze s ní dosáhnout vysoké produktivity tisku [8].

Druhým způsobem je fixace za tepla [4]. Dnes jde o nejběžněji používanou metodu ve stolních tiskárnách [8]. Při fixaci pomocí zapékacího válce je zapotřebí menší tlak (5–6 barů) než při fixaci za studena, ale substrát je vystaven, i když jen krátce, působení horkého válce o teplotě 170 °C [7]. Aby na zapékacím válci nezůstával toner, musí být jeho povrch upraven pomocí silikonového oleje [4]. Využívá se zejména pro tonery s rychlou tavitelností [7]. Produktivita je nižší než u předešlého typu fixace, avšak náklady na její provoz jsou nižší [8].

Při fixaci pomocí výbojky se využívají halogenové výbojky s vysokou intenzitou, které zajišťují rychlejší roztavení a spojení toneru [7].

Fixace využívající IČ záření s vysokou intenzitou zajišťuje rychlejší zahřátí substrátu a toneru. IČ ohřev je účinnější pro tmavé (IČ citlivé) tonery na bílém substrátu [7]. Fixace pomocí IČ záření a fixace pomocí výbojky probíhají bezkontaktním způsobem [4].

Posledním jmenovaným typem je fixace pomocí par. [8] Tento způsob fixace využívá rozpouštědla toneru k chemickému „zředění“ toneru, což umožňuje jeho vsáknutí do substrátu. Rozpouštědla jsou těkavá a po roztavení toneru se odpařují. [7] Tento systém se využívá zřídka, ale své využití najde zejména u tlakově a tepelně citlivých tonerů, které nelze zpracovat pomocí klasického fixačního systému.

Výsledný lesk obrazu lze ovládat teplotou, tlakem případně dobou, po kterou zůstává toner v nihu mezi vyhřívaným a zapékacím válcem. Natírané papíry lépe regulují množství penetrace toneru do vláken papíru, proto může být výsledná kvalita tiskového obrazu lepší, než u nenatíraných papírů [1].

### **1.2.6 Čištění obrazového válce**

Cyklus elektrofotografické tiskové jednotky se dokončuje ve stanici čištění a mazání [3]. Přenos toneru z povrchu obrazového válce na potiskovaný materiál neprobíhá ve 100% účinnosti [1]. Aby mohl být válec připraven pro tisk dalšího tiskového obrazu, je nutné jej od zbylého toneru a náboje vyčistit [6]. Malé částice toneru a tonery s nízkým nábojem mohou silně přiléhat k obrazovému válci i po přenosu většiny tiskového obrazu. Tyto částice je nutné před dalším tiskovým cyklem odstranit, jinak by měly vliv na tisk dalšího obrazu [1]. Před čištěním toneru se nejprve provádí odstranění zbylého náboje latentního obrazu pomocí AC korony [6]. Čištění toneru se provádí pomocí jedné nebo více technologií [3]. Jednou z technologií je odstranění za pomoci čistícího nože, kdy se čepel otírá o obrazový válec a stírá zbylý toner z povrchu do odpadu [1]. Nože jsou vyráběny z elastomeru, aby při stírání nedocházelo k poškození obrazového válce a k jeho znehodnocení [3]. Další účinnější technologií odstraňování je čistící kartáč rotující v kontaktu s obrazovým válcem. Tato technologie je méně abrazivní k obrazovému válci než předchozí [1]. Když je povrch obrazového válce zcela vyčištěn, bývá znovu nabit homogenním nábojem a je proveden nový osvit dat, který zahájí další cyklus [6].

Vzhledem k tomu, že elektrofotografie zobrazuje každý tiskový arch na obrazový válec samostatně, je umožněn ekonomický tisk variabilních informací a malých nákladů. V ofsetovém tisku je nutné pro každý tiskový arch vytvořit novou sadu tiskových desek, což je nákladné a časově náročné [1].

## **1.3 Tiskové barvy pro elektrofotografii**

U konvenčních tiskových technik slouží tisková barva k přenosu tiskového motivu z tiskové formy na potiskovaný materiál. Aby byla zaschlá barva na potiskovaném materiálu konstantní a dlouhodobě trvanlivá, musí být vhodně zvolen potiskovaný materiál i samotná tisková barva [4]. V závislosti na typu tiskové techniky mají barvy řadu vlastností, které jsou značně proměnlivé. Mechanismus přenosu tiskové barvy a typ fixace na potiskovaném materiálu zásadně určují strukturu a složení tiskové barvy [6].

Barvotvorné látky představují pigmenty a barviva. Pigmenty jsou krystalické látky, jejichž velikost částic se pohybuje v rozmezí od 0,1 do 2  $\mu\text{m}$  a skládají se z několika milionů molekul

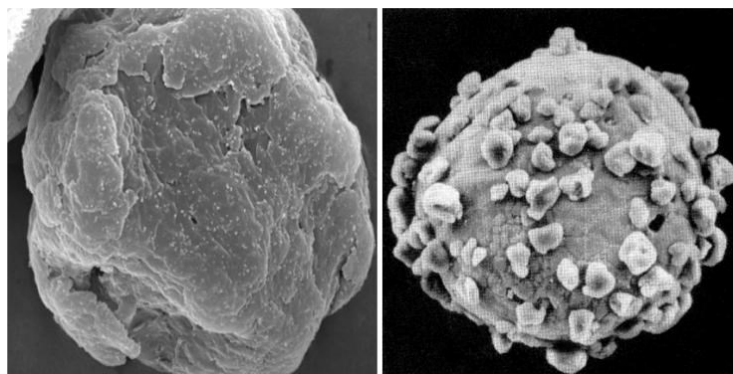
[6]. Na jejich částicích dochází k absorpci a rozptylu světla, což umožňuje vnímat jejich barvu a opacitu [4]. Barviva jsou organické sloučeniny rozpuštěné v příslušném rozpouštědlu tvořící roztok. [4] Oproti pigmentům mají větší barevný gamut a dokáží se vázat na povrch substrátu samostatně bez potřeby nosiče. Použití barviv jako látek přinášejících barevnost se při tisku dosahuje jasnějších barev, vysoké barvivosti, transparence. Nevýhodou barviv je však nízká kryvost a nízká teplo- a světlostálost.

V digitálním tisku se pro přenos obrazové informace využívají značně odlišné tiskové barvy než u ostatních konvenčních tiskových technik. Liší se způsobem zasychání i složením [4]. V elektrofotografii se jako tiskové barvy používají speciální suché (práškové) nebo kapalné tonery, které se mohou lišit strukturou podle jejich složení [6].

### **1.3.1 Tonery**

Práškový toner se skládá z 5–15 % pigmentu, 80–90 % pojiva, 1–3 % příměsí ovlivňující velikost náboje a aditiv, které se do tonerů přidávají pro optimalizaci vlastností, kvality, funkčnosti a usnadnění čištění povrchu obrazového válce [4].

Typický průměr částic toneru se pohybuje v rozmezí 5–10  $\mu\text{m}$  [8]. V základním rozdělení se tonery rozlišují na práškové a kapalné. Práškové se dále rozdělují podle výrobního postupu na mleté a chemické. Při výrobě konvenčních tonerů dochází k rozptýlení pigmentů v polymerní bázi, rozmělnění a rozpuštění. Chemické zpracování představuje významný pokrok oproti konvenčnímu. Tato technologie vyrábí toner pomocí mikrofabricace umožňující přesnou výrobu vlastních tonerových částic v mikrometrovém měřítku [3]. Dále se práškové tonery rozdělují na dvousložkové a jednosložkové tonery [8]. Dvousložkové tonery se skládají z malých polymerních částic toneru, obvykle 8  $\mu\text{m}$ , rozptýlených v železných částicích o podstatně větší velikosti 150  $\mu\text{m}$ . Jednosložkové tonery lze dále klasifikovat na odporové magnetické a odporové nemagnetické. U odporových magnetických tonerů se smícháním termoplastického polymeru s magnetickým oxidem železa stane samotný toner magnetickým. Odporový nemagnetický toner se složením podobá malým částicím dvousložkového toneru [8].



*Obrázek 3: Mikroskopicky zvětšená částice jednosložkového toneru (vlevo, zvětšeno cca 3000×) a dvousložkového toneru (vpravo, zvětšeno cca 300×) [8]*

Kapalný toner bývá označován názvem ElectroInk a využívá se v elektrofotografických tiskových strojích HP Indigo. Tonery tvoří disperze pigmentů, aditiv a polymerů [4]. Obsahuje částice o průměru 1–2  $\mu\text{m}$ , které jsou rozptýleny v nosné kapalině [9]. Díky této struktuře umožňuje kapalný toner vyšší rozlišení tisku, rovnoměrný lesk a ostré hrany obrazu. Při tisku kapalným tonerem vzniká na povrchu potiskovaného materiálu velmi tenká tisková vrstva o velikosti menší nebo rovné 3  $\mu\text{m}$ , díky níž je výsledkem podobná textura na potištěných i na nepotištěných místech [4,10]. Princip elektrofotografického tisku pomocí tekutých tonerů je odlišný od tisku práškovými tonery. Liší se tím, že tisková jednotka obsahuje navíc přenosový válec [9]. Proto bývá tato technologie nazývána jako digitální ofset [11]. V tiskové jednotce dochází k přenosu toneru z obrazového válce na vyhřívaný přenosový válec díky elektrickému poli. Na přenosovém válci se částice nosné kapaliny roztaví, čímž se spojí do hladkého lepivého filmu. Po přenesení všech separací na přenosový válec se tiskový obraz přenesou na substrát. Při kontaktu s chladnějším substrátem tenká tisková vrstva rychle tuhne a přenáší se téměř bez změny rozměru nebo tvaru [9].

Toner se obvykle tvoří ze styrenových kopolymerů (akrylátů, metakrylátů a butadienů) s přísadami jako jsou barviva, činidla pro regulaci náboje a toku nebo vosků [8].

Tonery jsou složité vícesložkové kompozitní materiály, které musí vykazovat mnoho vlastností, jimiž jsou práškovitost a viskózní tok, nabíjení, barevnost, toxicita, velikost a také přilnavost k různým povrchům, s nimiž přichází do styku při elektrofotografickém procesu. Práškovitost řídí schopnost toneru být dávkován ze zásobníku vyvolávací jednotky. Viskózní tok určuje míru rozlévání se po povrchu potiskovaného materiálu [3].

Dále musí mít řadu tepelných, mechanických a elektrických vlastností:

- tepelné vlastnosti

*Teplota skelného přechodu  $T_g$*  – teplota, při které částice toneru měknou.

*Tepelná stabilita* – stabilita zajišťující, že se toner při působení tepla nerozpadne.

*Viskozita taveniny* – viskozita toneru po roztavení, která se používá k předpovědi tokových charakteristik při natavování.

- elektrické vlastnosti

*Dielektrická pevnost* – slouží k určení vlastností toneru při přijímání náboje.

*Turboelektrická odezva* – je nezbytná pro pochopení vlastností materiálu generující náboje.

*Polarita toneru* – potřebná k zajištění vyvolání obrazu.

- mechanické vlastnosti

*Tvrдость* – abrazivní materiály mohou poškozovat vyvolávací systém.

*Rozměry částic* – jsou důležité pro výpočet náboje a spolu s tvrdostí by měly být kontrolovány, aby se snížil otěr [8].

Výslednou kvalitu tisku silně ovlivňují povrchové vlastnosti a velikost částic [3]. Proto je vhodné používat tonery se stejnou velikostí částic s nejmenším průměrem [4].

#### **1.4 Stabilní podmínky pro tisk**

Papír je hygroskopický materiál, který má schopnost pohlcovat vzdušnou vlhkost. Obvykle je 4–6 % celkové hmotnosti papíru tvořeno vodou, tato hodnota se označuje za absolutní vlhkost. Pokud není vlhkost vzduchu v okolním prostředí správně řízena, papír díky své hygroskopické povaze vlhkost absorbuje nebo odvádí. Většina typů papíru je navržena tak, aby byla stabilní při relativní vlhkosti 45–55 % [12]. Rovnovážná relativní vlhkost papíru vyjadřuje vlhkost vzduchu mezi jednotlivými archy papíru ve stohu [4]. Při tisku digitální technologií je nutné udržovat relativní vlhkost v rozmezí 50–55 % a teplotu mezi 20 a 22 °C, aby nenastaly problémy s přilnavostí toneru a uvíznutím papíru ve stroji. Pokud úroveň vlhkosti klesne pod 40 % relativní vlhkosti, papír změní tvar a může docházet ke vzniku elektrostatického náboje, který způsobí přilepení jednotlivých listů papíru k sobě. Následkem je špatný výkon

stroje nebo dokonce jeho výpadek [12]. Dále při poklesu relativní vlhkosti papír více přitahuje prach, čímž způsobí nerovnoměrné nanášení tonerových částic na jeho povrch [13]. U ofsetové technologie jsou substráty vystaveny více vysoké vlhkosti, u digitálního tisku jde především o teplo. Toner je fixován při teplotách od 140 do více než 200 °C, což představuje specifické nároky na výběr správného papíru. K viditelným známkám citlivosti patří zvlněné či napnuté okraje, zdvojené listy. Tomu lze předejít správným skladováním papíru [14].



## 2 Experimentální část

### 2.1 Použité přístroje a zařízení

#### 2.1.1 Konica Minolta AccurioPress C3070

Jde o digitální tiskový stroj pracující na principu elektrofotografického tisku od výrobce Konica Minolta se sídlem v Japonsku [15].

Základní parametry:

- maximální formát  $320 \times 480$  mm
- potiskovaný materiál s plošnou hmotností v rozmezí 62–350 g/m<sup>2</sup>
- rozlišení tisku  $1200 \times 1200$  dpi
- tisková rychlost až 71 stran/min formátu A4 (3823 stran/hod formátu A4)
- inline finišery

Tento tiskový stroj umožňuje plnou automatizaci přípravy stroje před začátkem tisku i v jeho průběhu pomocí jednotky IQ-501, která provádí automatické nastavení barev, automatické nastavení duplexního soutisku a ICC profilů). Zařízení je také vybaveno skenovacím, kopírovacím zařízením a několika finišery. Z finišerů se jedná o jednotku FD-503 sloužící pro děrování dvou nebo čtyř děr a skládání. Pro tvorbu vazby V1 jednotka SD-506 [16].



Obrázek 4: Tiskový stroj AccurioPress C3070 firmy Konica Minolta [16]

### 2.1.2 Spektrofotometr X-Rite eXact

Spektrofotometr výrobce X-rite, řady eXact se používá zejména pro sledování kvality tisku realizovaného precizními barvami (CMYK) a přímými barvami. Umožňuje skenování kontrolních proužků různých délek a rozložení. Ze změřeného spektra lze vypočítat souřadnice  $L^* a^* b^*$ , pomocí níž lze co nejpřesněji definovat barevnost a též podporuje měření ve standardu M0, M1, M2 a M3. Přesného a spolehlivého měření se dosahuje pomocí integrované kalibrace na bílou, která zajišťuje přesnost již od začátku procesu měření [17].



Obrázek 5: Spektrofotometr X-Rite eXact [17]

## 2.2 Použitý software

### 2.2.1 eXact DataMeasure

Tento software je součástí balení se zařízením X-Rite eXact. [18] Jedná se o jednoduchý software pro sběr dat. Kontroluje hodnoty skenování, přenáší data do aplikace, jako je například Microsoft Excel a umožňuje provádět měření v režimu skenování.

### 2.2.2 Microsoft Excel

Jedná se o tabulkový procesor od společnosti Microsoft. Je součástí softwarového balíčku Microsoft Office, v němž se nachází také textový procesor Word, software pro tvorbu prezentací PowerPoint, služba OneDrive umožňující ukládat soubory na cloudové úložiště, které k nim následně umožňuje přístup ze všech zařízení a mnoho dalších. S jeho pomocí lze vytvářet tabulky, grafické znázornění i výpočty od jednoduchých aritmetických operací až po složitější logické a statistické funkce. Dále zpracovává také vyhledávací, odkazovací a převodní funkce.

## 2.3 Tiskový arch

Tiskový motiv umístěný na tiskovém archu se skládá ze sedmi plnobarevných obrázků s ISO 400, pěti polí se zobrazením části Siemensovy hvězdy pro vizuální posouzení nevhodnější sít'ové frekvence a 182 polí testovacího obrazce. Každý arch je označený datem tisku, teplotou v místnosti, relativní vlhkostí vzduchu, ICC profilem pro daný typ tiskového papíru, případně datem kalibrace tiskového zařízení.



Obrázek 6: Tiskový motiv

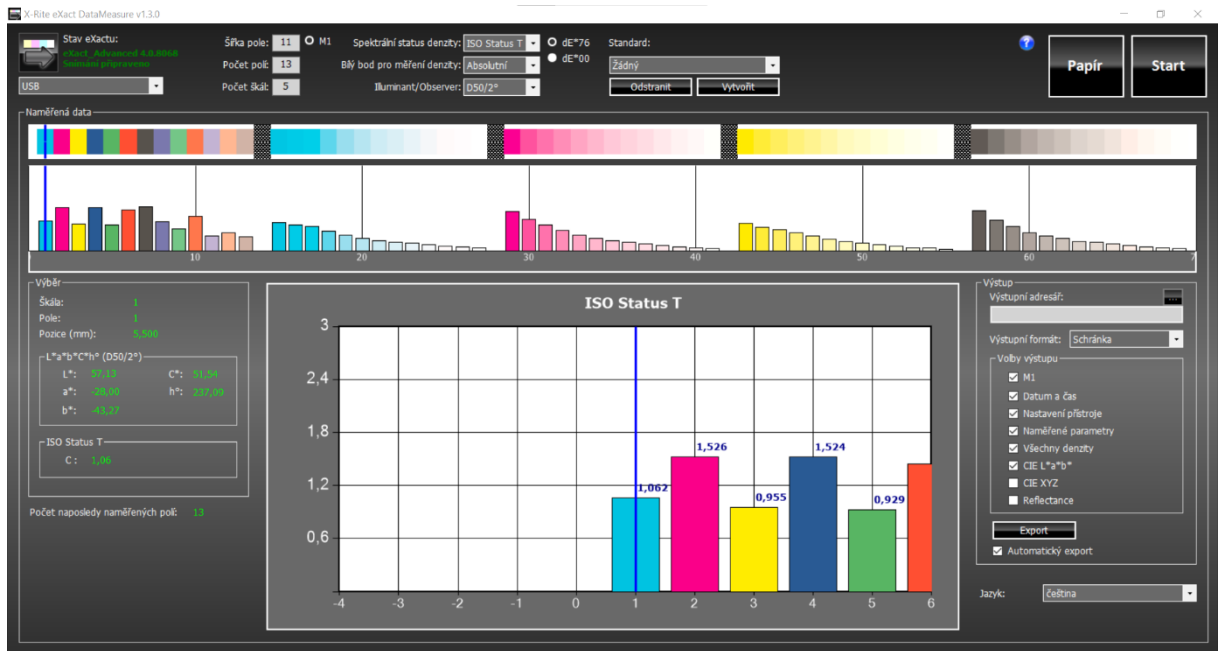
## 2.4 Postup měření

Pro hodnocení dlouhodobé stability elektrofotografického tisku byly tištěny vzorky pomocí tiskárny Konica Minolta AccurioPress C3070. Tisk byl prováděn na dvou typech potiskovaného materiálu (prémiový křídový papír a bezdřevý nenatíraný papír) v počtu pěti vzorků od každého typu. Tisk vzorků začal 23. října 2020 a skončil 15. července 2021 v časových rozestupech 3–23 dnů, v průměrném rozestupu 9–10 dnů. Probíhal 38 týdnů, a sice v zimním i letním období.

Před začátkem měření bylo nutné nastavit základní parametry měření v programu eXact DataMeasure, kterými byly:

- šířka pole kontrolního proužku: 11 mm
- počet polí v kontrolním proužku: 13

- počet kontrolních proužků: 5
- podmínka měření: M1
- bílý bod pro měření optické hustoty: absolutní
- standardní zdroj osvětlení: D<sub>50</sub>
- typ pozorovatele: 2°



Obrázek 7: eXact DataMeasure

Samotné měření bylo provádělo pomocí spektrofotometru X-rite eXact na bílé podložce. U obou typů potiskovaného materiálu byl z každé sady pěti vzorků vybrán k měření vždy třetí vzorek v pořadí tisku. Na tiskovém archu se měřil první, třetí, čtvrtý, pátý, šestý kontrolní proužek. Na druhém kontrolním proužku se měřilo pouze políčko barvy black se 100% tónovou hodnotou. Z naměřených hodnot  $L^*a^*b^*$  a referenčních hodnot  $L^*a^*b^*$  souřadnic uvedených v normě ČSN ISO 12647-2:2013 byla vypočítána barвовá odchylka  $\Delta E_{ab}^*$  podle rovnice 1.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Barвовá odchylka je definována jako vzdálenost dvou bodů v barвовém prostoru CIELAB. Podle hodnot  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  lze vyvodit změnu barevného odstínu, parametr  $\Delta E_{ab}^*$  popisuje celkovou změnu odstínu i jasů.

## **2.5 Získané hodnoty souřadnic $L^*a^*b^*$ vzorků a rozdíly příslušných hodnot pro porovnávané barvy**

Jednotlivé hodnoty souřadnic  $L^*a^*b^*$  barvového prostoru CIELAB vzorků a hodnoty rozdílu  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  tištěné na prémiový natíraný papír pro barvu cyan jsou uvedeny v Příloze A, pro barvu magenta jsou uvedeny v Příloze B, barvu yellow v Příloze C, v Příloze D jsou uvedeny hodnoty pro barvu black, v Příloze E hodnoty pro přetiskovou barvu black, v Příloze F jsou uvedeny hodnoty pro barvu red, v Příloze G hodnoty pro barvu green a v Příloze H jsou uvedeny hodnoty pro barvu blue. Pro vzorky tištěné na bezdřevý nenatíraný papír jsou jednotlivé hodnoty souřadnic  $L^*a^*b^*$  barvového prostoru CIELAB vzorků a hodnoty rozdílu  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  pro barvu cyan uvedeny v Příloze CH, pro barvu magenta v Příloze I, v Příloze J jsou uvedeny hodnoty pro barvu yellow, v Příloze K pro barvu black, hodnoty pro barvu přetiskovou barvu black jsou uvedeny v Příloze L, pro barvu red v Příloze M, v Příloze N se nacházejí hodnoty pro barvu green a v Příloze O jsou hodnoty pro barvu blue.

## **3 Výsledky a diskuze**

### **3.1 Stabilita elektrofotografického tisku pro jednotlivé typy papírů**

Norma ČSN ISO 12647-2:2013 rozděluje potiskované materiály do celkem osmi kategorií podle typu papíru a jeho úprav (PS1–PS8). Každá kategorie má různé hodnoty  $L^* a^* b^*$ , proto je důležité potiskovaný materiál správně zařadit. Referenční hodnoty jsou pro každou kategorii uvedeny dvakrát, zvlášť pro bílou a černou podložku. Barvová odchylka OK archu nesmí ve srovnání s referencí překročit hodnotu 5. Během samotného tisku dochází ke kolísání barevnosti tiskových archů, proto je odchylka tisku od OK archu v pořádku, je-li 68 % archů s odchylkou menší nebo rovno 4, pro barvu yellow menší nebo rovno 5. V této práci jsou hodnoty barvových odchylek vztahovány k referenčním hodnotám, které platí pro ofset, jelikož pro elektrofotografický tisk nejsou stanoveny.

### **3.2 Nastavení tiskového stroje a podmínky při testování**

Pro hodnocení dlouhodobé stability tisku by měla být provedena kalibrace tiskového stroje před samotným začátkem testování. Kalibrace optimalizuje tiskové zařízení a stabilizuje výkon stroje. Měla by být provedena také charakterizace tisku, kdy se porovnávají referenční hodnoty se skutečnými hodnotami výstupu ze zařízení. Při korektních hodnotách se zahájí tisk. V průběhu testování by se sledovalo, jaké jsou rozdíly mezi jednotlivými hodnotami za daných podmínek.

Při experimentu této bakalářské práce nebylo možné provést řádnou kalibraci před zahájením testování, jelikož pro ni nebyly vhodné podmínky na pracovišti, kde se tiskový stroj nachází. Dochází zde k častému přenastavení daného zařízení dle požadavků pracoviště.

Na začátku tiskový stroj netisknul správně, jeho hodnoty barvových odchylek se odlišovaly ve vyšší míře u prvních dvou vzorků tisknutých v tentýž den za stejných podmínek. Tato práce pojednává o dlouhodobé stabilitě, proto se zabývá změnami v celém průběhu testovaného období. Z pohledu normy jsou barvové odchylky u některých tiskových barev zcela nepřijatelné.

Měření probíhalo necelých 9 měsíců, s tiskem vzorků po týdnech s větším nebo menším rozestupem. Teploty se pohybovaly od 21 °C do 27 °C ve většině případů se skokem o 1 °C mezi dalším měřením. Hodnoty relativní vlhkosti vzduchu se pohybovaly v rozmezí 17–50 % se skoky. Maximální skok byl z 23 % na 40 %.

### 3.3 Prémiový natíraný papír (PS1)

V tabulce 1 jsou uvedeny vypočítané hodnoty barvových odchylek procesních barev CMYK a barvy black tištěné přetiskem barev CMY v plné ploše, tištěné na prémiový natíraný papír. Nejnižší barvovou odchylku pro barvu cyan ( $\Delta E_{ab}^*$  10,38) vykazoval vzorek 7 tištěný při teplotě 23 °C a relativní vlhkosti 27 %. Naopak vzorek 20 měl nejvyšší barvovou odchylkou ( $\Delta E_{ab}^*$  16,10) za teploty 23 °C, relativní vlhkosti 23 %. Pro barvu magenta byla nejnižší barvová odchylka ( $\Delta E_{ab}^*$  5,46) vypočítána u vzorku 29 při 26 °C, 44 % relativní vlhkosti a nejvyšší hodnota barvové odchylky ( $\Delta E_{ab}^*$  10,19) byla vypočítána u vzorku 2 za teploty 23 °C, relativní vlhkosti 36 %. Nejnižší barvovou odchylku pro barvu yellow ( $\Delta E_{ab}^*$  5,76) vykazoval vzorek 26 tištěný za teploty 25 °C a relativní vlhkosti 50 %. Nejvyšší hodnota ( $\Delta E$  15,99) byla vypočítána u vzorku 29. Nejnižší barvová odchylka ( $\Delta E_{ab}^*$  1,80) vzorku 4 při teplotě 22 °C, 29 % relativní vlhkosti a nejvyšší barvová odchylka ( $\Delta E_{ab}^*$  10,76) u vzorku 1 tištěném při teplotě 24 °C, relativní vlhkosti 36 % byly vypočítány pro barvu black. Pro barvu black tištěnou přetiskem byla nejnižší odchylka ( $\Delta E_{ab}^*$  0,78) u vzorku 21 za teploty 23 °C a relativní vlhkosti 20 %. Nejvyšší hodnotu ( $\Delta E_{ab}^*$  3,96) měl vzorek 13 tištěný při teplotě 21 °C a relativní vlhkosti 18 %.

V tabulce 2 jsou uvedeny vypočítané hodnoty barvových odchylek barev RGB, které byly tištěny pomocí přetisku barev CMY na prémiový natíraný papír. Nejnižší barvové odchylky dosáhly všechny tyto barvy u vzorku 24 při teplotě 24 °C a relativní vlhkosti 29 % (red  $\Delta E_{ab}^*$  5,09, green  $\Delta E_{ab}^*$  20,02 a blue  $\Delta E_{ab}^*$  3,40). Nejvyšší barvová odchylka barvy red ( $\Delta E_{ab}^*$  12,71) byla u vzorku 6 při teplotě 23 °C, relativní vlhkosti 24 %. Nejvyšší hodnotu barvové odchylky pro barvu green a blue dosahoval vzorek 2 tištěný za teploty 24 °C, relativní vlhkosti 36 %.

Před začátkem měření byla očekávána jednoznačná závislost na některé z podmínek, které by mohly ovlivňovat stabilitu tisku. Naměřené teploty se pohybovaly okolo stejných hodnot, avšak relativní teplota vzduchu měla vyšší skoky v průběhu celého testovaného období, proto mohla ovlivnit stabilitu. Po proměření vzorků a vypočítání barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  se zjistilo, že její vliv je nejednoznačný.

Tabulka 1: Porovnání barvových odchylek  $\Delta E_{ab}^*$  pro jednotlivé tiskové barvy s tónovou hodnotou 100 % tištěné na prémiový křídový papír (PS1)

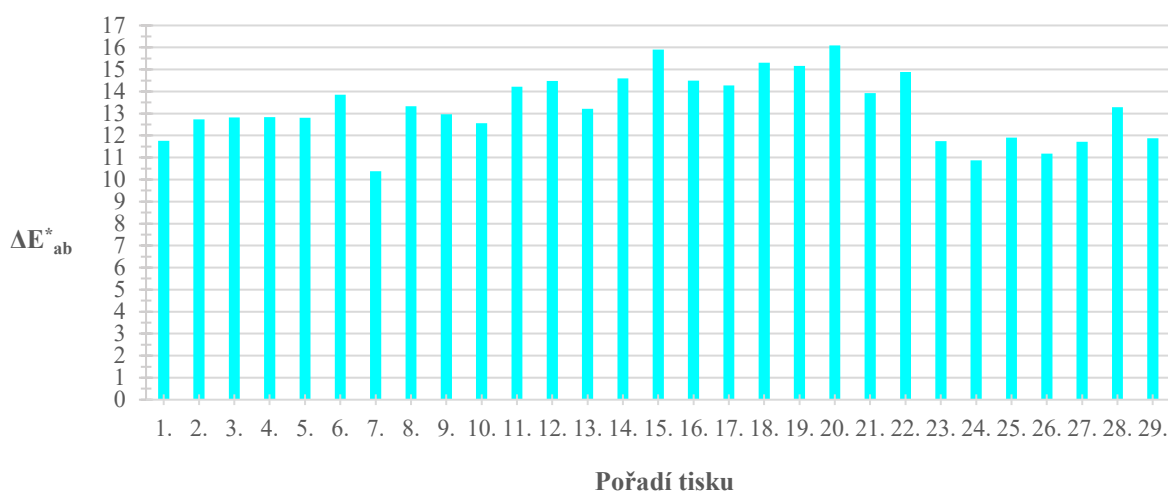
Kalibrace	Datum	Počet dnů	Pořadí tisku	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	$\Delta E_{ab}^*$				
						C	M	Y	K	K <sub>CMY</sub>
	23.10.2020	1	1.	24	36	11,76	7,87	6,45	10,76	2,97
	23.10.2020	1	2.	24	36	12,74	10,19	6,87	4,53	2,39
	02.11.2020	11	3.	23	44	12,82	7,63	6,69	3,15	1,51
	10.11.2020	19	4.	22	29	12,84	6,91	8,18	1,80	1,09
	22.11.2020	31	5.	22	25	12,81	7,65	8,80	3,67	0,92
	27.11.2020	36	6.	23	24	13,85	7,05	8,54	2,54	0,82
	07.12.2020	46	7.	23	27	10,38	6,04	7,06	4,05	3,20
	18.12.2020	57	8.	23	23	13,33	7,56	7,87	2,62	1,01
	08.01.2021	78	9.	22	20	12,96	7,66	6,70	3,69	2,13
	21.01.2021	91	10.	22	20	12,56	7,85	6,66	3,67	3,31
	29.01.2021	99	11.	22	21	14,22	6,48	6,40	3,66	2,13
	09.02.2021	110	12.	21	17	14,48	7,54	7,31	3,22	1,29
	16.02.2021	117	13.	21	18	13,21	7,63	6,33	5,26	3,96
	24.02.2021	125	14.	22	22	14,59	6,22	7,94	4,54	3,45
	03.03.2021	132	15.	21	21	15,90	6,27	9,05	2,09	1,22
	10.03.2021	139	16.	21	18	14,50	6,48	7,85	3,07	2,15
	17.03.2021	146	17.	23	20	14,27	6,89	6,58	2,72	2,73
	26.03.2021	155	18.	23	20	15,31	6,83	8,26	4,17	2,32
	09.04.2021	169	19.	23	18	15,16	6,58	8,67	2,77	1,35
	12.04.2021	172	20.	23	23	16,10	6,40	8,26	3,39	1,27
	23.04.2021	182	21.	23	20	13,93	6,54	8,20	3,12	0,78
	29.04.2021	189	22.	24	23	14,88	6,60	7,25	4,74	3,11
	13.05.2021	203	23.	23	40	11,75	8,20	7,95	3,35	2,83
	19.05.2021	209	24.	24	29	10,87	6,64	10,64	4,13	2,23
26.05.2021	31.05.2021	121	25.	23	30	11,91	7,19	5,95	2,70	1,99
	08.06.2021	129	26.	25	42	11,18	7,85	5,76	3,47	3,84
	15.06.2021	136	27.	24	37	11,72	8,36	6,33	5,03	2,38
	22.06.2021	143	28.	27	50	13,28	7,25	7,53	3,84	1,74
07/2021	15.07.2021	166	29.	26	44	11,87	5,46	15,99	2,46	1,04



Tabulka 2: Porovnání barvových odchylek  $\Delta E_{ab}^*$  pro barvy RGB s tónovou hodnotou 100 %  
tištěné na prémiový křídový papír (PS1)

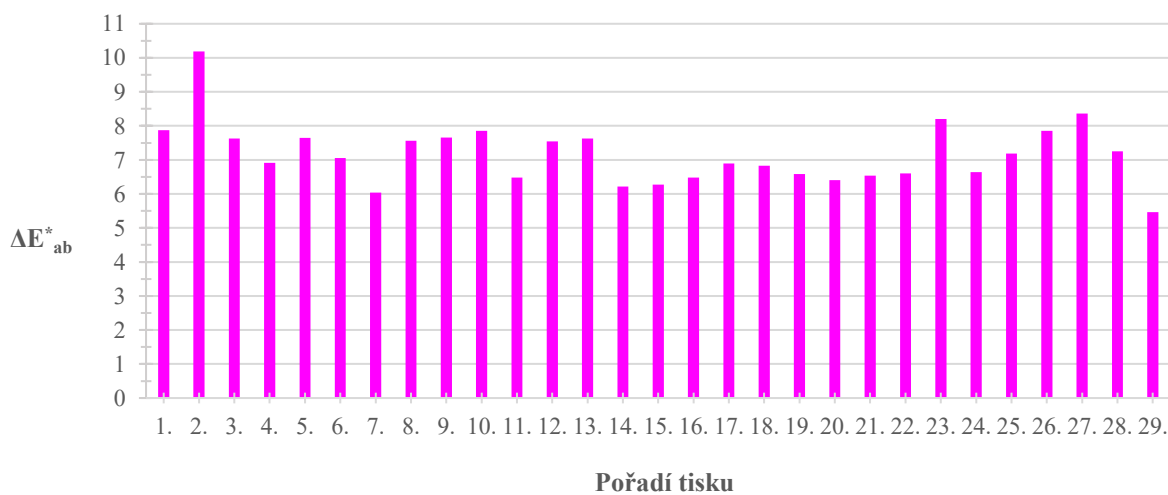
Kalibrace	Datum	Počet dnů	Pořadí tisku	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	$\Delta E_{ab}^*$		
						R	G	B
	23.10.2020	1	1.	24	36	9,50	23,50	6,61
	23.10.2020	1	2.	24	36	10,76	29,90	14,36
	02.11.2020	11	3.	23	44	10,57	26,11	6,39
	10.11.2020	19	4.	22	29	12,66	26,95	7,45
	22.11.2020	31	5.	22	25	11,58	25,15	5,90
	27.11.2020	36	6.	23	24	12,71	28,98	6,80
	07.12.2020	46	7.	23	27	7,16	20,69	5,80
	18.12.2020	57	8.	23	23	8,88	25,09	7,81
	08.01.2021	78	9.	22	20	6,81	22,99	6,52
	21.01.2021	91	10.	22	20	5,53	21,37	6,12
	29.01.2021	99	11.	22	21	7,82	24,99	6,80
	09.02.2021	110	12.	21	17	8,40	24,92	9,15
	16.02.2021	117	13.	21	18	6,56	23,31	6,59
	24.02.2021	125	14.	22	22	5,72	22,17	6,13
	03.03.2021	132	15.	21	21	7,87	26,74	8,00
	10.03.2021	139	16.	21	18	6,41	24,55	6,45
	17.03.2021	146	17.	23	20	7,47	25,66	6,91
	26.03.2021	155	18.	23	20	8,11	24,60	7,60
	09.04.2021	169	19.	23	18	8,77	27,20	8,10
	12.04.2021	172	20.	23	23	8,35	26,82	7,25
	23.04.2021	182	21.	23	20	9,58	25,95	8,08
	29.04.2021	189	22.	24	23	7,31	24,87	6,77
	13.05.2021	203	23.	23	40	5,20	22,61	4,63
	19.05.2021	209	24.	24	29	5,09	20,02	3,40
26.05.2021	31.05.2021	121	25.	23	30	9,80	23,20	4,99
	08.06.2021	129	26.	25	42	7,50	20,77	5,07
	15.06.2021	136	27.	24	37	8,20	21,93	5,69
	22.06.2021	143	28.	27	50	8,20	24,62	4,98
07/2021	15.07.2021	166	29.	26	44	8,74	20,50	10,07

Výsledné hodnoty barvových odchylek procesních barev a barev z přetisků tištěných na prémiový natíraný papír jsou jednotlivě znázorněny pomocí sloupcových grafů.



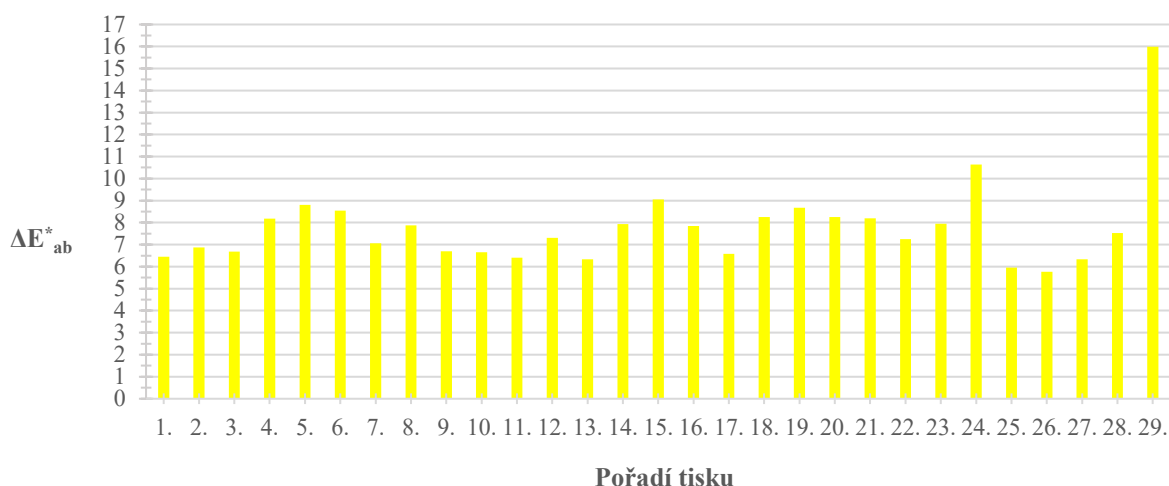
*Graf 1: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E^*_{ab}$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu cyan tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)*

Z grafu 1 je patrné, že byly barvové odchylky pro barvu cyan výrazně vyšší, než stanovuje norma. Avšak v průběhu času byly do jisté míry stabilní. Výkyv barvové odchylky směrem dolů nastal především při velkém zvýšení relativní vlhkosti.



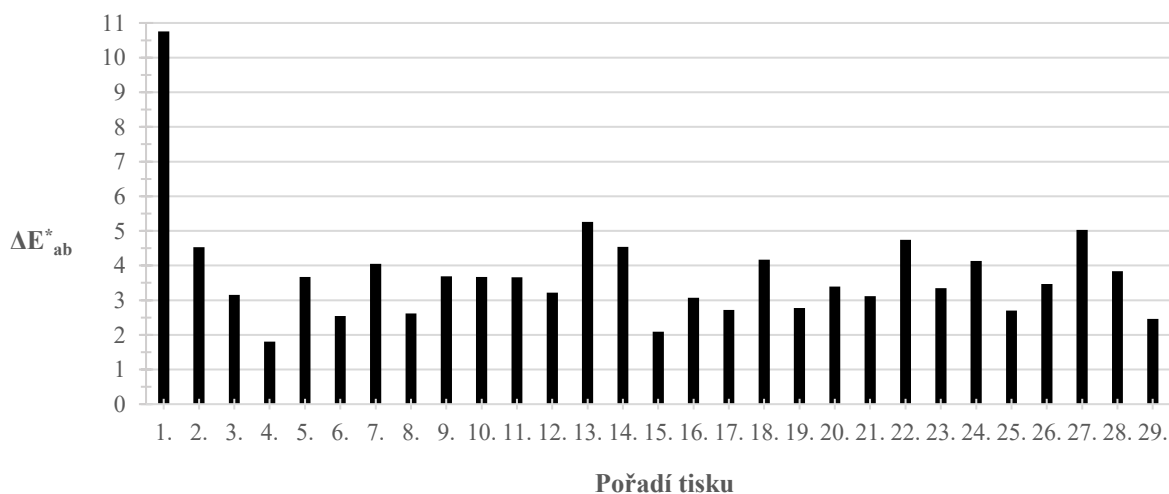
*Graf 2: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E^*_{ab}$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu magenta tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)*

Hodnoty barvové odchylky pro barvu magenta byly nižší než u barvy cyan, ale stále byly zvýšené oproti normě. Po zásahu servisu na začátku měsíce července v roce 2021 se barvová odchylka posledního vzorku snížila k normované hodnotě, přesto se nesnížila dostatečně.



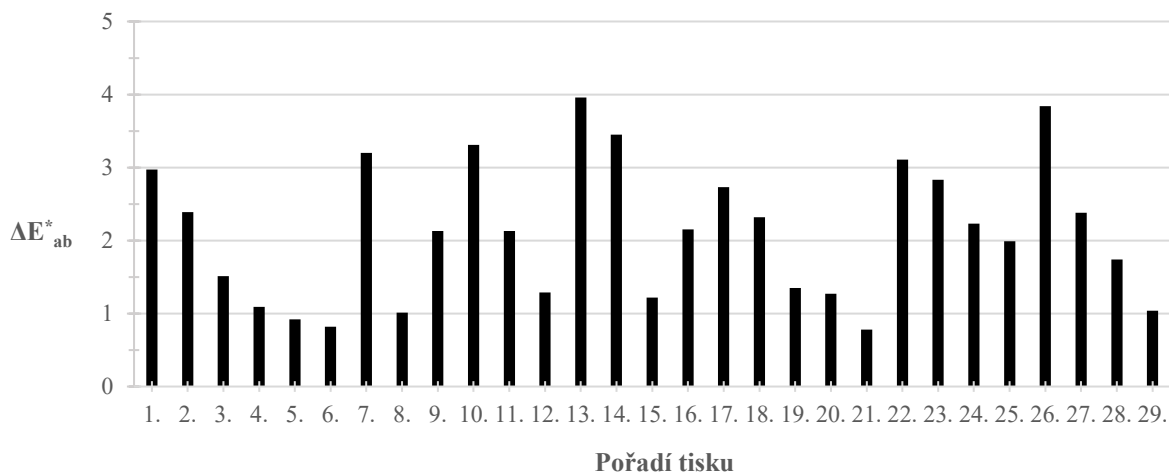
*Graf 3: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu yellow tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)*

U barvy yellow byly barvové odchylky v průběhu času ve většině případů srovnatelné. Výraznější vychýlení nastalo po zásahu obsluhy na konci měsíce května, kdy se hodnoty vzorku 25 snížily téměř k požadované normované hodnotě. Následně se hodnoty opět pomalu zvyšovaly a poslední vzorek i přes zásah obsluhy na začátku měsíce července nabyl nejvyšší barvové odchylky ze všech měření pro tuto barvu.



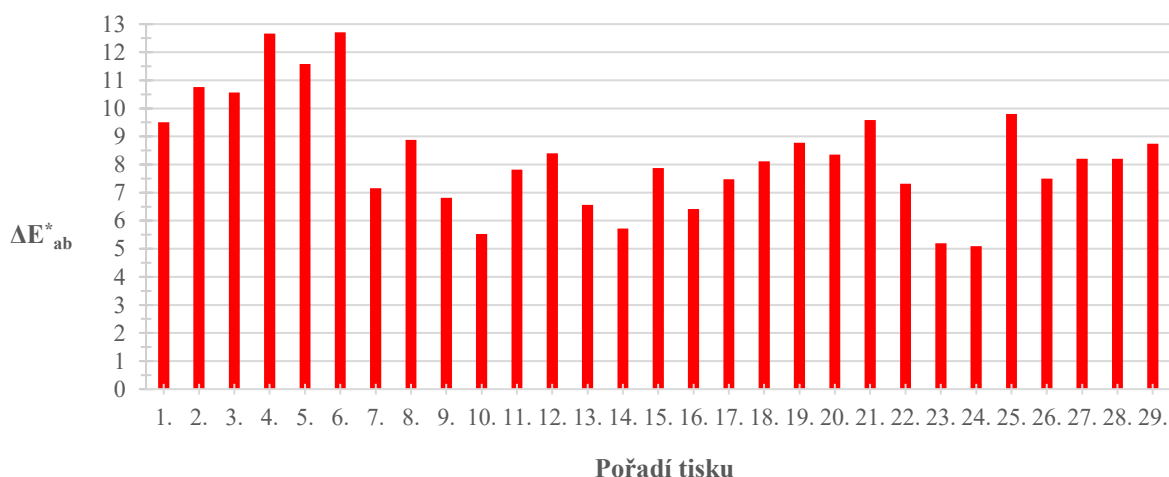
*Graf 4: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu black tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)*

Z grafu 4 je patrné, že nejvyšší barvová odchylka byla dosažena u prvního tištěného vzorku. K tomuto vychýlení mohlo dojít díky špatnému seřízení stroje. V průběhu testovaného období se barvové odchylky barvy black lišily pouze nízkými odchylkami. Většina měřených vzorků se pohybovala v normovaných hodnotách.



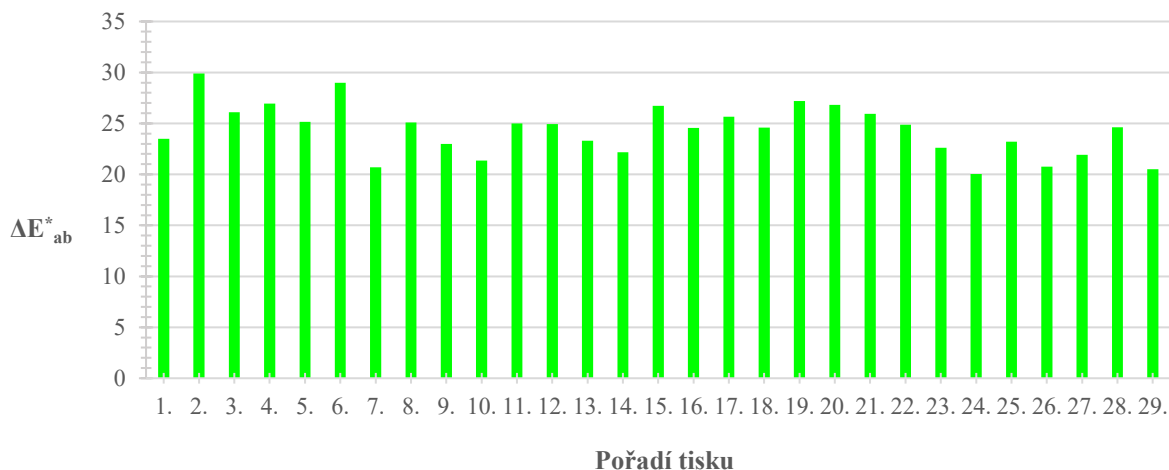
Graf 5: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro přetiskovou barvu black tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

Barvová odchylka pro barvu black tištěnou přetiskem barev CMY měla nejvyšší skokové změny v průběhu časového období experimentu.



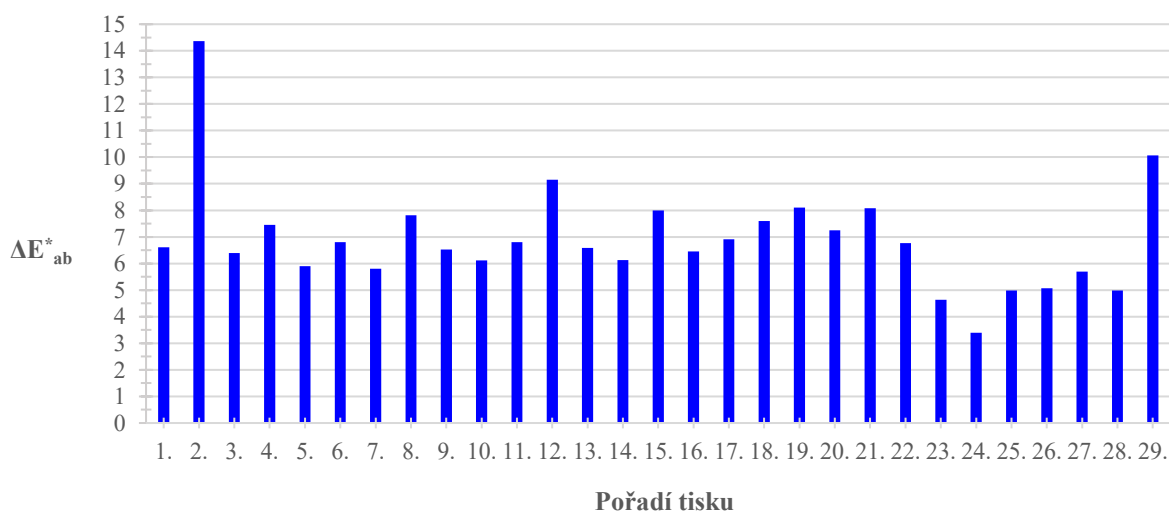
Graf 6: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu red tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

U barvy red tištěné pomocí přetisku barvy magenta a yellow se od ostatních vzorků odlišovaly vzorky 2–6, které měly vyšší barvovou odchylku. K vyšší odchylce mezi vzorkem 22 a 23 mohlo dojít zvýšením relativní vlhkosti o 17 %. Další výkyvy se objevovaly v průběhu celého testování, avšak mezi vzorkem 24 a 25 byl zaznamenán vyšší rozdíl barvových odchylek, ke kterému mohlo dojít díky zásahu obsluhy do nastavení tiskového stroje na konci měsíce května 2021. Při zásahu obsluhy do nastavení stroje počátkem měsíce července se barvová odchylka vzorku 29 od předešlého téměř nemění.



Graf 7: Hodnoty barvé odchyly  $\Delta E^*_{ab}$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu green tištěnou na prémiový natíraný papír (PSI)

Hodnoty barvé odchyly u barvy green tištěné pomocí přetisku barev cyan a yellow se vyšší výchyly objevila mezi vzorkem 1 a 2, kdy k výchyly mohlo dojít díky chybnému seřízení stroje. K další výchyly došlo mezi vzorkem 6 a 7. V období testování nedocházelo u většiny vzorků k vyšším odchylykám.



Graf 8: Hodnoty barvé odchyly  $\Delta E^*_{ab}$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu blue tištěnou na prémiový natíraný papír (PSI)

Z grafu 8 lze vidět vysoký rozdíl barvových odchylyk u barvy blue tištěné pomocí přetisku barev cyan a magenta mezi vzorky 1, 2 a 3. Důvodem může být špatné nastavení tiskového stroje. Nižší hodnotu oproti předchozího vzorku měl vzorek 23, ta by mohla být způsobena zvýšením relativní vlhkosti o 17 %. Tento jev lze sledovat také u barvy red. K prudkému zvýšení došlo u posledního vzorku, který byl tisknut po zásahu obsluhy v červenci.

### 3.4 Bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

V tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty barvových odchylek procesních barev CMYK v plné ploše a barvy black tištěné přetiskem barev CMY, které byly tištěny na bezdřevý nenatíraný papír. Pro barvu cyan byla nejnižší hodnota barvové odchylky ( $\Delta E_{ab}^*$  2,45) u vzorku 20 tištěného při teplotě 23 °C a relativní vlhkosti 23 %. Nejvyšší hodnotu ( $\Delta E_{ab}^*$  8,50) měl vzorek 2 za teploty 24 °C, relativní vlhkosti 36 %. Barva magenta dosahovala nejnižší barvové odchylky ( $\Delta E_{ab}^*$  1,25) na vzorku 24 tištěného při 24 °C a relativní vlhkosti 29 %. Nejvyšší hodnotu ( $\Delta E_{ab}^*$  9,35) měl vzorek 2 při 24 °C, 36 % relativní vlhkosti. Barvová odchylka ( $\Delta E_{ab}^*$  4,01) u barvy yellow byla nejnižší u vzorku 3 tištěném při teplotě 23 °C a relativní vlhkosti 44 %. Naopak nejvyšší hodnota ( $\Delta E_{ab}^*$  12,24) byla vypočítána u vzorku 4 za teploty 22 °C, relativní vlhkosti 29 %. Přetisková barva black vykazovala nejnižší barvovou odchylku ( $\Delta E_{ab}^*$  4,11) na vzorku 5 při teplotě 22 °C, relativní vlhkosti 25 % a nejvyšší hodnotu u vzorku 26 ( $\Delta E_{ab}^*$  9,51), kdy byla teplota 25 °C a relativní vlhkost 42 %.

V tabulce 4 jsou uvedeny vypočítané hodnoty barvových odchylek barev RGB, které byly tištěny pomocí přetisku barev CMY na bezdřevý nenatíraný papír. Nejnižší barvovou odchylku u barvy red měl vzorek 5 ( $\Delta E_{ab}^*$  6,87) při teplotě 22 °C a relativní vlhkosti 25 %. Nejvyšší dosahoval vzorek 20 ( $\Delta E_{ab}^*$  15,99) za teploty 23 °C, relativní vlhkosti 23 %. Barva green měla nejnižší odchylku u vzorku 28 ( $\Delta E_{ab}^*$  2,78), který byl tištěn při 27 °C a 50 % relativní vlhkosti. Nejvyšší hodnota byla u vzorku 2 ( $\Delta E_{ab}^*$  10,28) za teploty 24 °C, relativní vlhkosti 36 %. Nejnižší barvové odchylky barvy blue dosahoval vzorek 3 ( $\Delta E_{ab}^*$  10,83) tištěný při 23 °C a 44 % relativní vlhkosti. Nejvyšší hodnoty dosahoval vzorek 2 za teploty 24 °C, 36 % relativní vlhkosti.

Tabulka 3: Porovnání barvových odchylek  $\Delta E_{ab}^*$  pro jednotlivé tiskové barvy s tónovou hodnotou 100 % tištěné na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

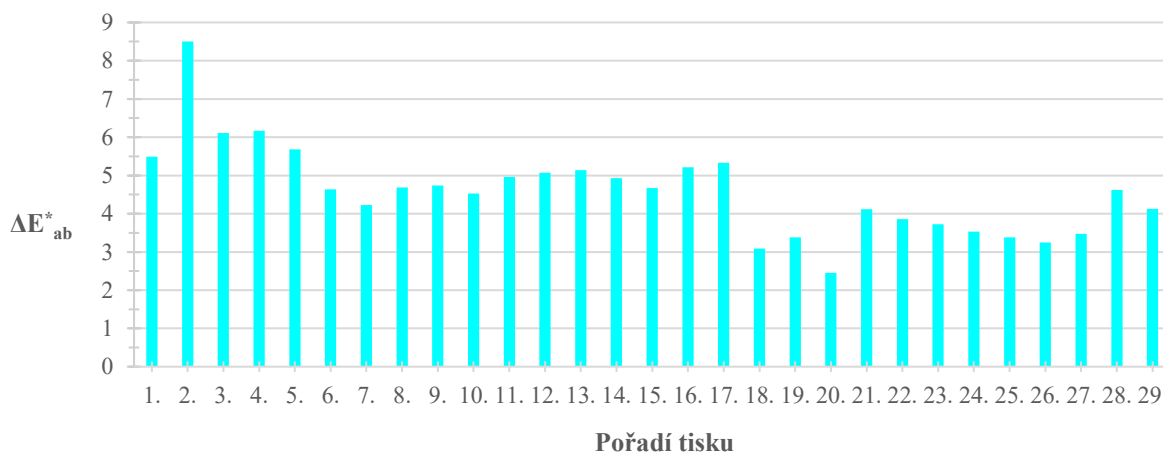
Kalibrace	Datum	Počet dnů	Pořadí tisku	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	$\Delta E_{ab}^*$				
						C	M	Y	K	K <sub>CMY</sub>
	23.10.2020	1	1.	24	36	5,49	5,41	4,42	14,47	7,77
	23.10.2020	1	2.	24	36	8,50	9,35	7,18	11,56	8,13
	02.11.2020	11	3.	23	44	6,11	4,21	4,01	11,89	6,72
	10.11.2020	19	4.	22	29	6,17	3,17	12,24	8,13	4,86
	22.11.2020	31	5.	22	25	5,68	2,23	11,44	7,70	4,11
	27.11.2020	36	6.	23	24	4,64	2,07	7,87	10,75	5,60
	07.12.2020	46	7.	23	27	4,23	2,40	9,67	8,86	5,41
	18.12.2020	57	8.	23	23	4,69	2,62	9,41	10,28	5,63
	08.01.2021	78	9.	22	20	4,74	3,23	7,97	10,13	6,79
	21.01.2021	91	10.	22	20	4,53	3,80	9,02	11,56	7,12
	29.01.2021	99	11.	22	21	4,96	3,57	8,58	10,70	6,32
	09.02.2021	110	12.	21	17	5,07	2,47	7,65	10,53	5,71
	16.02.2021	117	13.	21	18	5,14	4,23	8,77	12,43	7,79
	24.02.2021	125	14.	22	22	4,93	2,23	9,63	10,16	5,73
	03.03.2021	132	15.	21	21	4,67	2,44	8,53	9,46	5,00
	10.03.2021	139	16.	21	17	5,21	2,67	8,72	10,92	6,00
	17.03.2021	146	17.	23	20	5,33	3,05	9,85	9,27	6,65
	26.03.2021	155	18.	23	21	3,09	4,51	6,36	13,26	8,08
	09.04.2021	169	19.	23	18	3,38	5,14	5,63	13,19	7,39
	12.04.2021	172	20.	23	23	2,45	4,74	5,42	13,95	8,58
	22.04.2021	182	21.	23	20	4,12	2,38	11,00	8,96	4,84
	29.04.2021	189	22.	24	23	3,86	2,08	6,65	12,11	8,31
	13.05.2021	203	23.	23	40	3,72	2,51	5,34	11,04	8,45
	19.05.2021	209	24.	24	29	3,53	1,25	10,07	10,73	5,71
26.05.2021	31.05.2021	121	25.	23	30	3,38	2,48	5,52	12,05	7,84
	08.06.2021	129	26.	25	42	3,25	2,46	6,95	12,86	9,51
	15.06.2021	136	27.	24	37	3,47	1,93	6,46	11,66	8,59
	22.06.2021	143	28.	27	50	4,62	1,36	7,65	11,14	8,33
07/2021	15.07.2021	166	29.	26	44	4,13	3,42	10,85	11,82	5,28

Tabulka 4: Porovnání barvových odchylek  $\Delta E_{ab}^*$  pro barvy RGB s tónovou hodnotou 100 %  
tištěné na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Kalibrace	Datum	Počet dnů	Pořadí tisku	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	$\Delta E_{ab}^*$		
						R	G	B
	23.10.2020	1	1.	24	36	9,95	8,20	11,74
	23.10.2020	1	2.	24	36	11,98	10,28	15,88
	02.11.2020	11	3.	23	44	9,87	8,90	10,83
	10.11.2020	19	4.	22	29	7,32	5,66	12,71
	22.11.2020	31	5.	22	25	6,87	5,30	12,23
	27.11.2020	36	6.	23	24	9,56	4,86	13,11
	07.12.2020	46	7.	23	27	9,04	5,42	13,10
	18.12.2020	57	8.	23	23	10,94	5,42	13,06
	08.01.2021	78	9.	22	20	10,42	6,27	13,62
	21.01.2021	91	10.	22	20	9,96	5,97	14,00
	29.01.2021	99	11.	22	21	9,64	6,02	14,30
	09.02.2021	110	12.	21	17	10,62	7,93	13,75
	16.02.2021	117	13.	21	18	11,22	7,29	14,82
	24.02.2021	125	14.	22	22	7,72	6,31	15,01
	03.03.2021	132	15.	21	21	11,49	5,71	13,29
	10.03.2021	139	16.	21	18	8,99	5,78	14,10
	17.03.2021	146	17.	23	20	10,70	7,43	13,94
	26.03.2021	155	18.	23	20	13,35	8,30	14,88
	09.04.2021	169	19.	23	18	14,89	6,32	14,59
	12.04.2021	172	20.	23	23	15,99	8,83	15,26
	23.04.2021	182	21.	23	20	8,58	6,93	13,68
	29.04.2021	189	22.	24	23	11,34	4,82	13,51
	13.05.2021	203	23.	23	40	12,40	3,89	13,08
	19.05.2021	209	24.	24	29	8,66	2,79	12,53
26.05.2021	31.05.2021	121	25.	23	30	12,43	5,42	14,14
	08.06.2021	129	26.	25	42	12,85	5,82	14,92
	15.06.2021	136	27.	24	37	11,25	6,47	14,06
	22.06.2021	143	28.	27	50	11,19	2,78	12,76
07/2021	15.07.2021	166	29.	26	44	9,51	4,02	13,68

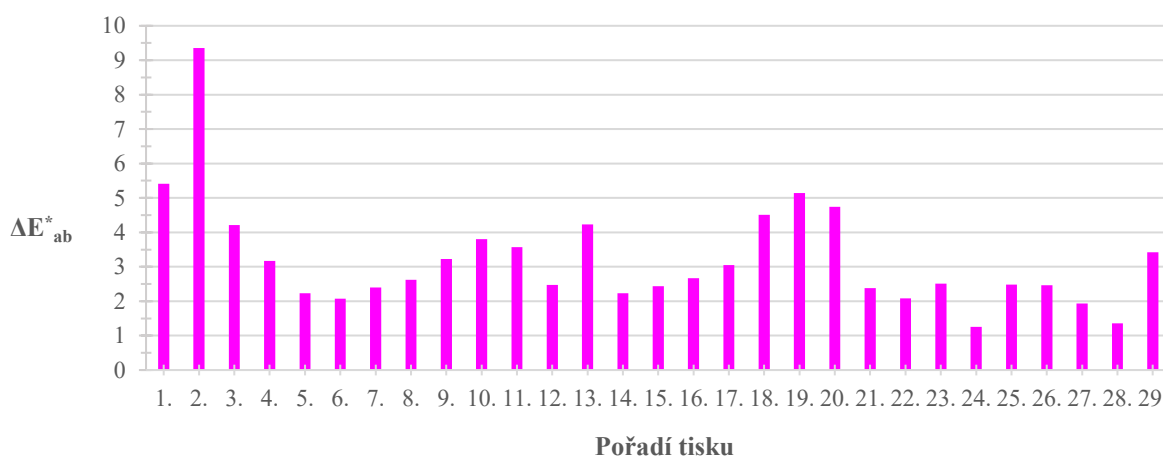


Výsledné hodnoty barvových odchylek procesních barev a barev z přetisků tištěných na bezdřevý nenatíraný papír jsou jednotlivě znázorněny pomocí sloupcových grafů.



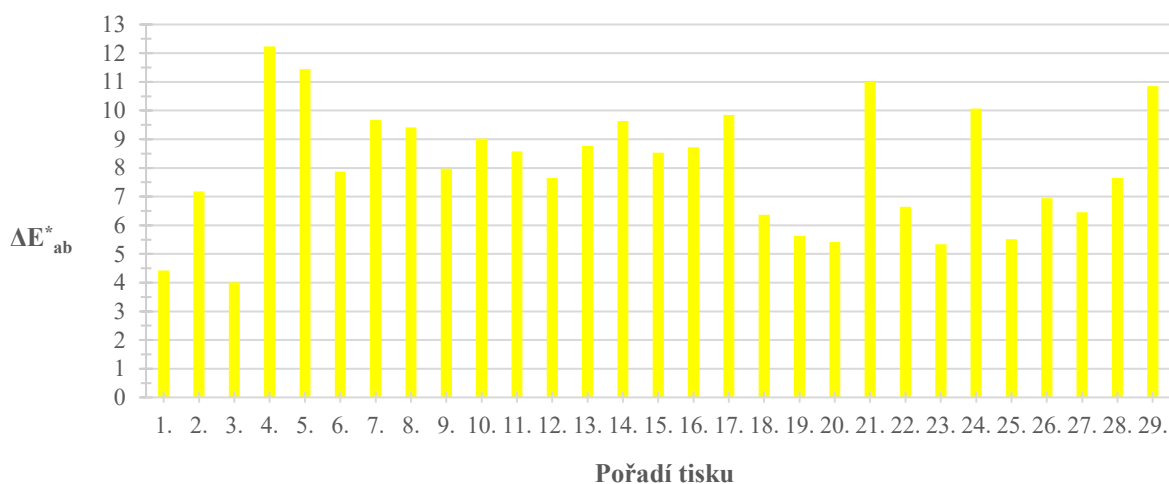
Graf 9: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu cyan tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Hodnoty barvové odchylky pro barvu cyan byly výrazně nižší pro bezdřevý nenatíraný papír než pro papír prémiový natíraný. K vyššímu skoku barvové odchylky došlo u vzorku 2 z důvodu špatného nastavení stroje. V průběhu testování měly odchylky poměrně stabilní hodnoty, k vychýlení směrem k nižším hodnotám došlo od vzorku 18. Příčinou nebyla výrazná změna teploty ani relativní vlhkosti vzduchu.



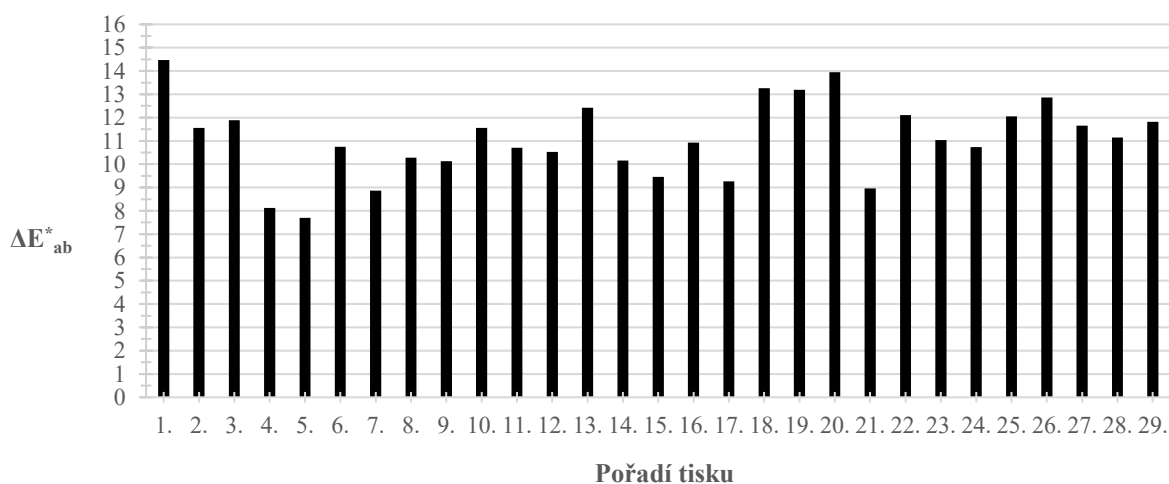
Graf 10: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu magenta tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

U barvy magenta se vzorek 2 od ostatních odlišoval nejvíce. V testovaném období docházelo u vzorků k pravidelným nárůstům a poklesům barvových odchylek.



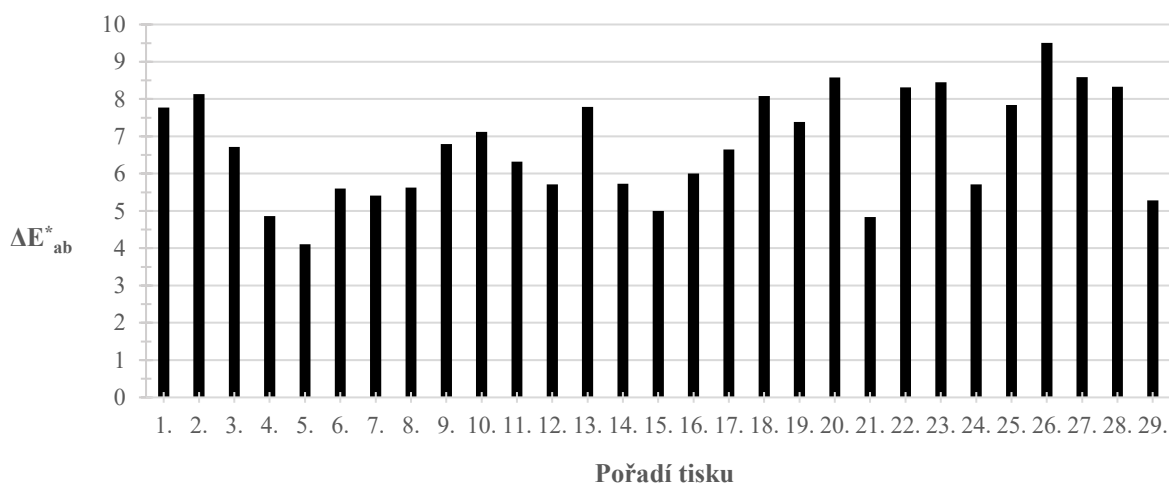
Graf 11: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E^*_{ab}$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu yellow tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Barvová odchylka pro barvu yellow se výrazně zvýšila při vyšší změně relativní vlhkosti u vzorku 4. K navýšení dochází také u vzorku 21, kdy důvodem není skoková změna teploty ani relativní vlhkosti vzduchu. Mezi vzorkem 24 a 25 se odchylka snížila po zásahu obsluhy do nastavení stroje na konci měsíce května 2021. Naopak při zásahu začátkem měsíce července se hodnota barvové odchylky zvýšila.



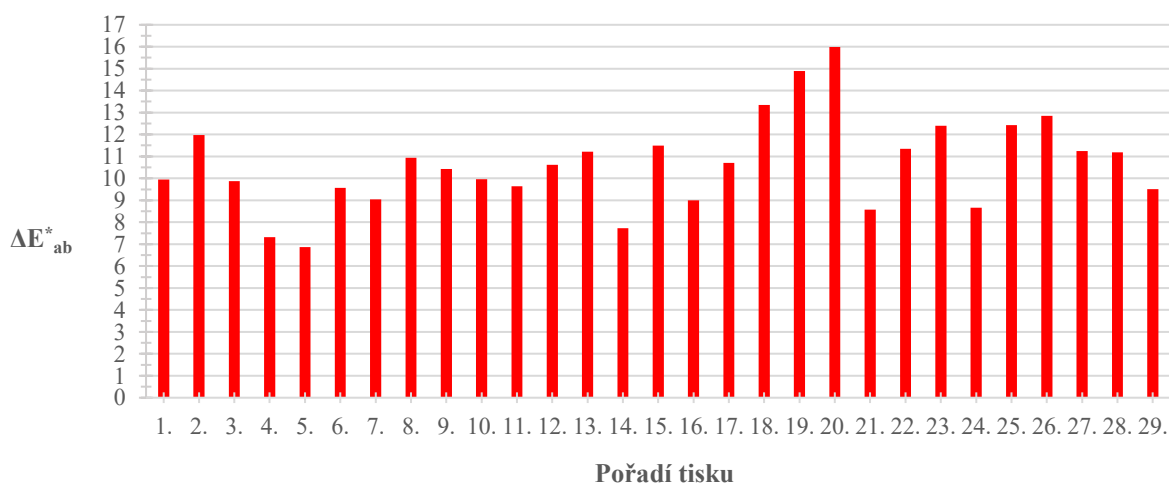
Graf 12: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E^*_{ab}$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu black tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Nejnižší barvová odchylka patří vzorku 1. Ostatní vzorky mají v průběhu celého časového období testu barvové odchylky v relativně stabilních hodnotách.



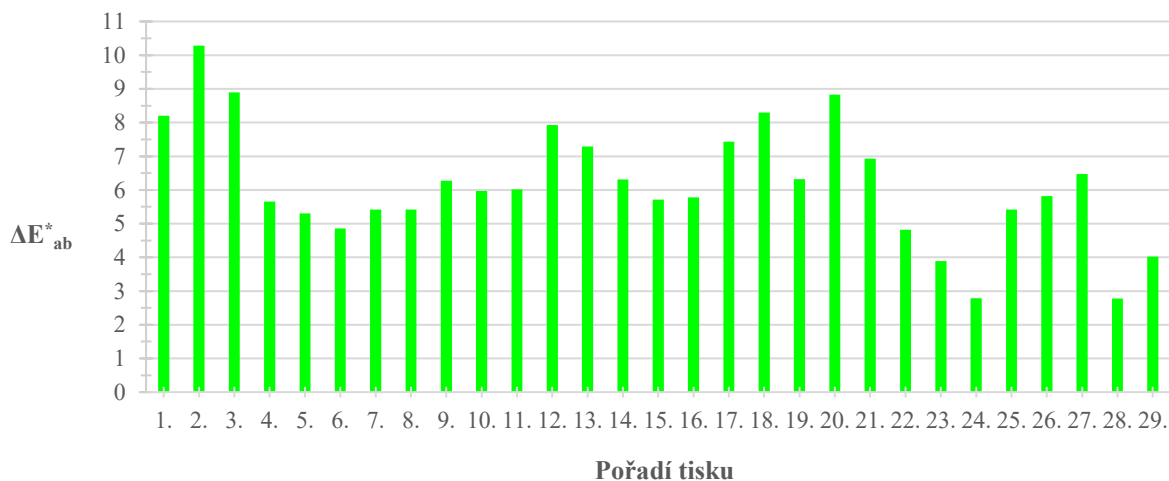
*Graf 13: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro přetiskovou barvu black tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)*

Barvové odchylky barvy black tištěné přetiskem barev CMY měly na bezdřevém natíraném papíře menší rozdíly než u předešlého druhu papíru. Rozdílem relativní vlhkosti vzduchu o 15 % mezi vzorky 3 a 4 došlo ke snížení barvové odchylky. V průběhu testování docházelo k dalším výkyvům hodnot i při nízké změně relativní vlhkosti vzduchu. Při zásahu obsluhy na konci měsíce května se hodnoty odchylek vzorků 25, 26, 27 a 28 zvýšily. Naopak při zásahu na začátku července se barvová odchylka posledního vzorku snížila.



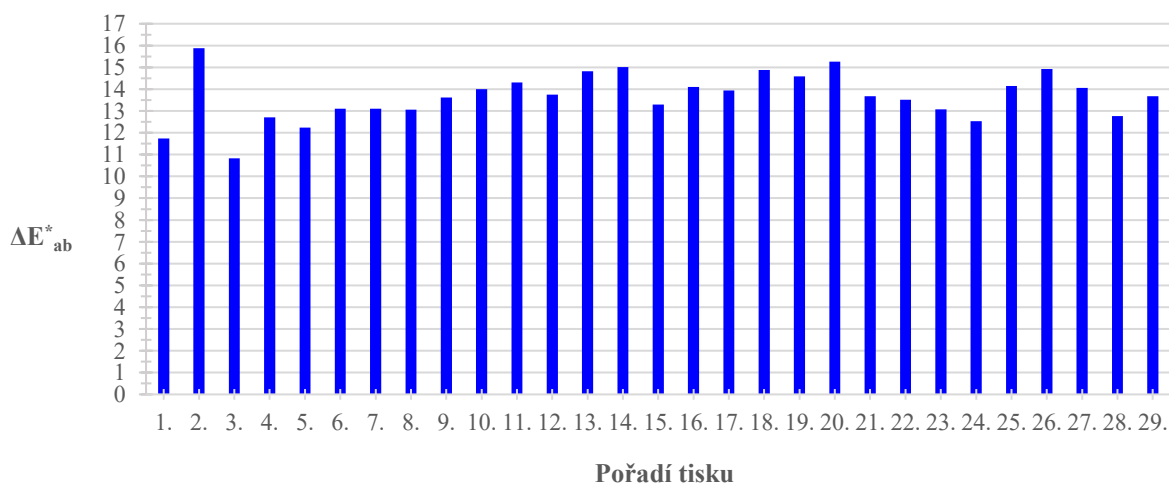
*Graf 14: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu red tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)*

U barvy red tištěné přetiskem barev magenta a yellow lze sledovat pokles hodnot mezi vzorky 13 a 14 i přesto, že se podmínky při tisku příliš nezměnily. Nejvyšší rozdíl mezi odchylkami nastal mezi vzorkem 20 a 21. Při zásahu obsluhy na konci května 2021 se hodnoty zvýšily.



*Graf 15: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E^*_{ab}$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu green tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)*

Hodnoty barvových odchylek barvy green tištěné přetiskem barev cyan a yellow byly na začátku testování vyšší. U vzorku 4 nastal pokles hodnot při změně relativní vlhkosti vzduchu o 15 %. V průběhu testování se hodnoty zvyšovaly i snižovaly. Po zásahu obsluhy na konci května i na začátku července se u vzorku 25 a 29 hodnoty zvýšily.



*Graf 16: Hodnoty barvové odchylky  $\Delta E^*_{ab}$  v závislosti na tiskovém pořadí v testovaném období pro barvu blue tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)*

Nejvyšší hodnotu barvové odchylky má vzorek 2, před jehož tiskem došlo k chybnému nastavení stroje. V průběhu testovaného období u barvy blue tištěné přetiskem barvy cyan a magenta nedocházelo k velkým výkyvům barvových odchylek.

## 4 Závěr

V teoretické části je popsán princip jedné z digitálních tiskových technik, kterou je elektrofotografie. Dále jsou v této části popsány tiskové barvy pro elektrofotografický tisk, jimiž jsou práškové nebo tekuté tonery. Na konci teoretické části lze najít podmínky pro stabilní tisk, které by se měly dodržovat z důvodu kvalitního tisku. Jedná se zejména o okolní teplotu v místnosti v rozmezí 20–22 °C a relativní vlhkost vzduchu v rozmezí 50–55 %. V experimentální části lze nalézt použité přístroje, software a popis tiskového archu.

Cílem této práce bylo stanovit, zda se při tisku elektrofotografií v průběhu času mění či nemění barevnost a jaké podmínky stabilitu ovlivňují. Tisk vzorků byl započat dne 23. 10. 2020 a ukončen byl 15. 7. 2021. Vytisknuto bylo 28 vzorků, každý po pěti kusech. K měření byl vybrán vždy třetí v pořadí z daného dne. Hodnoceno bylo tedy dohromady 56 vzorků, z nichž polovina byla vytisknuta na prémiový natíraný papír a druhá polovina na bezdřevý nenatíraný papír. V průběhu necelých 9 měsíců se vzorky mezi sebou porovnávaly.

Po vypočítání barvových odchylek  $\Delta E_{ab}^*$  procesních barev CMYK a barvy black tištěnou přetiskem barev CMY u vzorků tištěných na prémiový natíraný papír bylo zjištěno, že jsou všechny hodnoty výrazně vyšší, než povoluje norma ČSN ISO 12647-2:2013. Při této práci se nesledovaly hodnoty podle normy, ale sledovala se změna barevnosti v čase. Přesto, že se barvové odchylky od standardu někdy až výrazně lišily, pohybovaly se v rozpětí hodnot, které by mohlo být považováno za stabilní. U barvy cyan se výrazné snížení barvové odchylky objevilo u vzorku 23 při teplotě 23 °C a relativní vlhkosti 40 %, kdy došlo k vyššímu vzrůstu relativní vlhkosti. Ke skokovému snížení barvové odchylky u barvy magenta došlo po zásahu obsluhy do nastavení stroje na začátku měsíce července u vzorku 29, kdy byla teplota 26 °C a relativní vlhkost 44 %. Při zásahu obsluhy ve dne 26. 5. 2021 byla u barvy yellow naměřena nižší barvová odchylka u dvou následujících vzorků ( $\Delta E_{ab}^*$  5,95 a  $\Delta E_{ab}^*$  5,76), která se téměř shodovala s normovanou hodnotou. Naopak při zásahu v červenci měl vzorek 29 nejvyšší hodnotu barvové odchylky vůbec. U barvy black byla nejvyšší barvová odchylka u vzorku 1 ( $\Delta E_{ab}^*$  10,76). Ostatní hodnoty se u této barvy pohybovaly s nižšími odchylkami. Nejvyšší skokové změny barvových odchylek nastávaly u přetiskové barvy black. Pro vzorek 13 byla barvová odchylka ( $\Delta E_{ab}^*$  3,96) nejvyšší. U barvy red byly na začátku testování vypočítány vyšší hodnoty. Od vzorku 7 se pohybovaly v nižších hodnotách s menšími skoky. Skok k vyšším hodnotám ( $\Delta E_{ab}^*$  9,80) nastal po zásahu obsluhy do nastavení tiskového stroje na konci května 2021. Barvové odchylky u barvy green se pohybovaly s nízkými rozdíly mezi

jednotlivými hodnotami. Barva blue měla dva nejvyšší skoky u druhého vzorku ( $\Delta E_{ab}^*$  14,36) a posledního vzorku 29 ( $\Delta E_{ab}^*$  10,07).

Z vypočítaných barvových odchylek  $\Delta E_{ab}^*$  procesních barev CMYK a barvy black tištěné přetiskem barev CMY ze vzorků tištěných na bezdřevý nenatíraný papír bylo zjištěno, že u barev cyan, magenta a green jsou barvové odchylky podstatně menší, než měly hodnoty předešlého typu papíru. Barvové odchylky barvy cyan se ve stabilních hodnotách udržovaly ve třech časových blocích. V prvním bloku se pohybovaly hodnoty v rozmezí  $\Delta E_{ab}^*$  5,49–6,17 pro vzorky 1–5. Druhý blok obsahoval hodnoty v rozmezí  $\Delta E_{ab}^*$  4,23–5,33 pro vzorky 6–17 a u třetího bloku se hodnoty barvové odchylky pohybovaly v rozmezí  $\Delta E_{ab}^*$  2,45–4,62 pro vzorky 18–29. Pro barvu magenta se celkem 22 hodnot pohybovalo v normovaných hodnotách barvové odchylky v rozmezí  $\Delta E_{ab}^*$  1,25–3,80, avšak sedm hodnot se vzdalovalo od ostatních, jednalo se o hodnoty v rozmezí  $\Delta E_{ab}^*$  4,21–9,35. U barvy yellow se u vzorku 4 barvová odchylka výrazně zvýšila ( $\Delta E_{ab}^*$  12,24) oproti předchozímu vzorku ( $\Delta E_{ab}^*$  4,01). V průběhu času se barvové odchylky značně lišily. Po zásahu obsluhy do nastavení stroje dne 26. 5. 2021 se barvová odchylka od předchozího vzorku ( $\Delta E_{ab}^*$  10,07) snížila na  $\Delta E_{ab}^*$  5,52. Pro barvu black se barvové odchylky pohybují ve vyšších hodnotách ( $\Delta E_{ab}^*$  7,70–14,47) než u předešlého typu papíru. U přetiskové barvy black je sledovány také vyšší hodnoty ( $\Delta E_{ab}^*$  4,11–9,51) oproti druhému typu papíru. Barva red se pohybuje ve stabilnějších hodnotách, avšak vzorek 20 má nejvyšší hodnotu ( $\Delta E_{ab}^*$  15,99), po které následuje skok na hodnotu  $\Delta E_{ab}^*$  8,58. U barvy green lze sledovat vyšší hodnoty u prvních třech vzorků, při zásahu obsluhy do nastavení stroje dochází na konci května i na začátku července k nárůstu hodnot oproti předešlým vzorkům. Barva blue se pohybuje relativě ve stabilních podmínkách.

Z této práce vyplývá, že stabilitu elektrofotografického tisku ovlivňuje hned několik faktorů, mezi které patří podmínky okolního prostředí, ve kterém se nachází tiskové zařízení a skladuje potiskovaný materiál. Jedná se především o teplotu v místnosti a relativní vlhkost vzduchu. Podle normovaných hodnot by se barvová odchylka barev cyan, magenta, black měla pohybovat do  $\Delta E_{ab}^*$  4, pro barvu yellow do  $\Delta E_{ab}^*$  5. V této práci normovaných hodnot dosahují jen některé vzorky z pohledu tiskové barvy i typu papíru. Ostatní hodnoty jsou vyšší, ale pohybují se do jisté míry ve stabilních velikostech. Vysoké hodnoty naznačují, že nebyla na tiskovém stroji správně seřízená barevnost. Avšak pro záměr práce není nutné do dosahovat normovaných hodnot, ale stabilních podmínek v průběhu času.

Bylo očekávána jednoznačná závislost na jedné z podmínek, které mohou ovlivňovat tisk, avšak z vypočítaných hodnot barvové odchylky  $\Delta E_{ab}^*$  lze vyvodit, že není jednoznačné, zda stabilitu elektrofotografického tisku tyto podmínky ovlivňují.

## 5 Použitá literatura

- [1] MIZES, Howard, Dan HAYS a Nancy GOODMAN. Electrophotography overview. Society for Imaging Science and Technology [online]. Springfield: IS&T [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: [https://www.imaging.org/site/IST/Resources/Imaging\\_Tutorials/Electrophotography\\_Overview/IST/Resources/Tutorials/Xerography.aspx?hkey=fcba9c09-db7e%0245f1-b80e-fa3bc182cb49](https://www.imaging.org/site/IST/Resources/Imaging_Tutorials/Electrophotography_Overview/IST/Resources/Tutorials/Xerography.aspx?hkey=fcba9c09-db7e%0245f1-b80e-fa3bc182cb49)
- [2] AL-RUBALEY, Hussain. The role of paper and process technologies for mechanisms and image quality in digital electrophotography [online]. Helsinky, 2009 [cit. 2021-5-21]. ISBN 978-952-24-8215-0. Dostupné z: <http://lib.tkk.fi/Diss/2009/isbn9789522482150/isbn9789522482150.pdf>. Disertační práce. Helsinki University of Technology, Faculty of Information and Natural Sciences, Department of Media Technology. Vedoucí práce Pirkko Oittinen.
- [3] DUKE, Charles, Jaan NOOLANDI a Tracy THIERET. The surface science of xerography. Surface Science [online]. 2002, 500(1–3), 1005–1023 [cit. 2021-5-21]. ISSN 0039-6028. Dostupné z: doi:10.1016/S0039-6028(01)01527-8
- [4] KAPLANOVÁ, Marie. Moderní polygrafie. 3. vydání. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2012. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [5] H.R.G. SPOL. S R. O. Digitální tisk: Princip elektrofotografie. Polygrafické taháky [online]. [cit. 2021-5-29]. Dostupné z: [https://www.polygraficketahaky.cz/digitalni\\_tisk\\_elektrofotografie](https://www.polygraficketahaky.cz/digitalni_tisk_elektrofotografie)
- [6] KIPPHAN, Helmut. Handbook of print media: Technologies and production methods. Berlin: Springer, 2001. ISBN 3-540-67326-1. Dostupné také z: [https://www.academia.edu/8722974/Handbook\\_Of\\_Print\\_media](https://www.academia.edu/8722974/Handbook_Of_Print_media)
- [7] BANERJEE, Soumya. Development of a Novel Toner for Electrophotography based Additive Manufacturing Process [online]. Leicester, 2011 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: [https://dora.dmu.ac.uk/bitstream/handle/2086/5037/PhD\\_soumya\\_Banerjee.pdf?sequence=1](https://dora.dmu.ac.uk/bitstream/handle/2086/5037/PhD_soumya_Banerjee.pdf?sequence=1). Disertační práce. De Montfort University.



- [8] BENNING, Matthew James. Development of a Novel Electrophotographic Additive Layer Manufacturing Machine [online]. Newcastle upon Tyne, 2011 [cit. 2022-06-21]. Dostupné z: <https://theses.ncl.ac.uk/jspui/handle/10443/2653>. Disertační práce. University of Newcastle upon Tyne, School of Mechanical and Systems Engineering.
- [9] *HP Indigo LEP Technology: Redefining the Boundaries of Print* [online]. [cit. 2022-10-17]. Dostupné z: <https://h20195.www2.hp.com/V2/getpdf.aspx/4AA7-4149ENW.pdf>
- [10] *HP Indigo Digital Offset Color Technology* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: [https://objects.icecat.biz/objects/mmo\\_50774275\\_1540214855\\_0438\\_21400.pdf](https://objects.icecat.biz/objects/mmo_50774275_1540214855_0438_21400.pdf)
- [11] Princip tisku na HP Indigo 12000. *Moravapress tiskárna* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.moravapress.cz/cs/blog/tiskove-informace/princip-tisku-na-hp-indigo-12000.html>
- [12] How Correct Air Humidity Solves Printing Issues. *Airtec* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://airtecsolutions.com/applications/printing>
- [13] RUCKSTUHL, Caine. Why Proper Humidity Control Is Vital to Paper and Print Quality Results. In: *Printing Impressions* [online]. May 16, 2018 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.piworld.com/post/importance-humidity-control-printing-industry/>
- [14] Tips & Tricks. *Heidelberg* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: [https://www.heidelberg.com/global/media/en/global\\_media/company\\_publications/heidelberg\\_news/tips\\_tricks/HN\\_276\\_EN-Tipps\\_Tricks.pdf](https://www.heidelberg.com/global/media/en/global_media/company_publications/heidelberg_news/tips_tricks/HN_276_EN-Tipps_Tricks.pdf)
- [15] Company Overview. Konica Minolta, Inc. [online]. 2017–2022 [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: <https://www.konicaminolta.com/global-en/corporate/outline.html>
- [16] AccurioPress C3070. Konica Minolta Business Solutions Czech spol. s r.o. [online]. 2022 [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: <https://www.konicaminolta.cz/cs-cz/hardware/profesionalni-tisk/accuriopress-c3070#contactForm>
- [17] EXact Standard. X-Rite PANTONE [online]. Grand Rapids [cit. 2022-07-02]. Dostupné z: <https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>
- [18] EXact DataMeasure. X-Rite PANTONE [online]. Grand Rapids [cit. 2022-07-02]. Dostupné z: [https://www.xrite.com/service-support/downloads/e/exact-datameasure-for-pc-v1\\_3\\_2\\_1](https://www.xrite.com/service-support/downloads/e/exact-datameasure-for-pc-v1_3_2_1)

## 6 Přílohy

**Příloha A** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu cyan tištěnou na prémiový křídový papír (PS1)

**Příloha B** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu magenta tištěnou na prémiový křídový papír (PS1)

**Příloha C** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu yellow tištěnou na prémiový křídový papír (PS1)

**Příloha D** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu black tištěnou na prémiový křídový papír (PS1)

**Příloha E** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro přetiskovou barvu black tištěnou na prémiový křídový papír (PS1)

**Příloha F** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu red tištěnou na prémiový křídový papír (PS1)

**Příloha G** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu green tištěnou na prémiový křídový papír (PS1)

**Příloha H** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu blue tištěnou na prémiový křídový papír (PS1)

**Příloha CH** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu cyan tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

**Příloha I** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu magenta tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

**Příloha J** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu yellow tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

**Příloha K** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu black tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

**Příloha L** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro přetiskovou barvu black tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

**Příloha M** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu red tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

**Příloha N** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu green tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

**Příloha O** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu blue tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

**Příloha A** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu cyan tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

Cyan 100 %										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	57,43	-28,36	-42,17	1,43	7,64	8,83	11,76
	23.10.2020	24	36	56,91	-27,76	-41,33	0,91	8,24	9,67	12,74
	02.11.2020	23	44	58,53	-27,17	-42,06	2,53	8,83	8,94	12,82
	10.11.2020	22	29	58,26	-26,80	-42,34	2,26	9,20	8,66	12,84
	22.11.2020	22	25	58,15	-27,57	-41,60	2,15	8,43	9,40	12,81
	27.11.2020	23	24	58,22	-25,55	-42,18	2,22	10,45	8,82	13,85
	07.12.2020	23	27	56,59	-29,08	-43,28	0,59	6,92	7,72	10,38
	18.12.2020	23	23	57,40	-26,27	-42,00	1,40	9,73	9,00	13,33
	08.01.2021	22	20	57,37	-25,89	-43,01	1,37	10,11	7,99	12,96
	21.01.2021	22	20	57,17	-27,09	-42,23	1,17	8,91	8,77	12,56
	29.01.2021	22	21	58,26	-24,58	-42,83	2,26	11,42	8,17	14,22
	09.02.2021	21	17	57,50	-25,15	-41,53	1,50	10,85	9,47	14,48
	16.02.2021	21	18	57,13	-25,75	-42,75	1,13	10,25	8,25	13,21
	24.02.2021	22	22	58,22	-25,78	-40,82	2,22	10,22	10,18	14,59
	03.03.2021	21	21	58,11	-24,60	-40,12	2,11	11,40	10,88	15,90
	10.03.2021	21	18	58,01	-25,11	-41,64	2,01	10,89	9,36	14,50
	17.03.2021	23	20	58,09	-25,06	-42,08	2,09	10,94	8,92	14,27
	26.03.2021	23	20	57,96	-25,43	-40,10	1,96	10,57	10,90	15,31
	09.04.2021	23	18	57,63	-24,69	-41,04	1,63	11,31	9,96	15,16
	12.04.2021	23	23	58,43	-23,75	-40,84	2,43	12,25	10,16	16,10
	23.04.2021	23	20	57,42	-25,85	-41,57	1,42	10,15	9,43	13,93
	29.04.2021	24	23	57,70	-24,83	-41,32	1,70	11,17	9,68	14,88
	13.05.2021	23	40	56,72	-28,66	-41,85	0,72	7,34	9,15	11,75
	19.05.2021	24	29	57,20	-30,76	-41,55	1,20	5,24	9,45	10,87
26.05.2021	31.05.2021	23	30	58,19	-28,05	-42,41	2,19	7,95	8,59	11,91
	08.06.2021	25	42	57,13	-28,00	-43,27	1,13	8,00	7,73	11,18
	15.06.2021	24	37	56,42	-29,07	-41,56	0,42	6,93	9,44	11,72
	22.06.2021	27	50	58,37	-27,50	-41,07	2,37	8,50	9,93	13,28
07/2021	15.07.2021	26	44	56,96	-27,20	-43,09	0,96	8,80	7,91	11,87

**Příloha B** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu magenta tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

Magenta 100 %										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	45,71	75,55	3,51	-2,29	0,55	7,51	7,87
	23.10.2020	24	36	48,98	68,97	4,15	0,98	-6,03	8,15	10,19
	02.11.2020	23	44	46,14	74,60	3,39	-1,86	-0,40	7,39	7,63
	10.11.2020	22	29	45,92	74,35	2,56	-2,08	-0,65	6,56	6,91
	22.11.2020	22	25	45,36	75,50	3,16	-2,64	0,50	7,16	7,65
	27.11.2020	23	24	45,65	74,72	2,64	-2,35	-0,28	6,64	7,05
	07.12.2020	23	27	46,39	73,46	1,61	-1,61	-1,54	5,61	6,04
	18.12.2020	23	23	45,86	75,03	3,25	-2,14	0,03	7,25	7,56
	08.01.2021	22	20	45,29	75,65	3,14	-2,71	0,65	7,14	7,66
	21.01.2021	22	20	45,10	76,04	3,22	-2,90	1,04	7,22	7,85
	29.01.2021	22	21	45,98	75,14	2,16	-2,02	0,14	6,16	6,48
	09.02.2021	21	17	45,64	74,79	3,16	-2,36	-0,21	7,16	7,54
	16.02.2021	21	18	45,45	75,89	3,14	-2,55	0,89	7,14	7,63
	24.02.2021	22	22	45,66	75,44	1,75	-2,34	0,44	5,75	6,22
	03.03.2021	21	21	46,02	74,29	1,91	-1,98	-0,71	5,91	6,27
	10.03.2021	21	18	45,92	74,99	2,14	-2,08	-0,01	6,14	6,48
	17.03.2021	23	20	45,94	75,15	2,57	-2,06	0,15	6,57	6,89
	26.03.2021	23	21	45,88	74,48	2,47	-2,12	-0,52	6,47	6,83
	09.04.2021	23	18	45,88	74,38	2,20	-2,12	-0,62	6,20	6,58
	12.04.2021	23	23	46,17	74,61	2,12	-1,83	-0,39	6,12	6,40
	23.04.2021	23	20	46,13	74,74	2,26	-1,87	-0,26	6,26	6,54
	29.04.2021	24	23	46,11	75,07	2,32	-1,89	0,07	6,32	6,60
	13.05.2021	23	40	45,60	75,68	3,81	-2,40	0,68	7,81	8,20
	19.05.2021	24	29	45,99	76,00	2,25	-2,01	1,00	6,25	6,64
26.05.2021	31.05.2021	23	30	45,97	75,67	2,87	-2,03	0,67	6,87	7,19
	08.06.2021	25	42	45,64	75,70	3,45	-2,36	0,70	7,45	7,85
	15.06.2021	24	37	45,39	75,77	3,90	-2,61	0,77	7,90	8,36
	22.06.2021	27	50	46,34	75,31	3,05	-1,66	0,31	7,05	7,25
07/2021	15.07.2021	26	44	48,50	71,48	0,15	0,50	-3,52	4,15	5,46

**Příloha C** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu yellow tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

Yellow 100 %										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	86,98	-4,77	86,92	-2,02	-0,77	-6,08	6,45
	23.10.2020	24	36	87,12	-4,77	86,44	-1,88	-0,77	-6,56	6,87
	02.11.2020	23	44	87,37	-5,19	86,62	-1,63	-1,19	-6,38	6,69
	10.11.2020	22	29	87,08	-5,46	85,18	-1,92	-1,46	-7,82	8,18
	22.11.2020	22	25	86,55	-4,82	84,59	-2,45	-0,82	-8,41	8,80
	27.11.2020	23	24	86,49	-4,38	84,85	-2,51	-0,38	-8,15	8,54
	07.12.2020	23	27	86,32	-4,27	86,47	-2,68	-0,27	-6,53	7,06
	18.12.2020	23	23	86,58	-4,14	85,51	-2,42	-0,14	-7,49	7,87
	08.01.2021	22	20	86,38	-4,43	86,85	-2,62	-0,43	-6,15	6,70
	21.01.2021	22	20	85,89	-4,14	87,11	-3,11	-0,14	-5,89	6,66
	29.01.2021	22	21	86,80	-4,55	87,01	-2,20	-0,55	-5,99	6,40
	09.02.2021	21	17	86,23	-4,01	86,23	-2,77	-0,01	-6,77	7,31
	16.02.2021	21	18	86,30	-3,98	87,27	-2,70	0,02	-5,73	6,33
	24.02.2021	22	22	85,64	-3,95	85,81	-3,36	0,05	-7,19	7,94
	03.03.2021	21	21	85,80	-3,87	84,54	-3,20	0,13	-8,46	9,05
	10.03.2021	21	18	86,23	-3,96	85,65	-2,77	0,04	-7,35	7,85
	17.03.2021	23	20	86,92	-4,69	86,80	-2,08	-0,69	-6,20	6,58
	26.03.2021	23	21	86,21	-4,53	85,24	-2,79	-0,53	-7,76	8,26
	09.04.2021	23	18	85,84	-3,76	84,93	-3,16	0,24	-8,07	8,67
	12.04.2021	23	23	86,34	-3,95	85,18	-2,66	0,05	-7,82	8,26
	23.04.2021	23	20	86,59	-4,35	85,17	-2,41	-0,35	-7,83	8,20
	29.04.2021	24	23	86,12	-3,62	86,36	-2,88	0,38	-6,64	7,25
	13.05.2021	23	40	86,04	-3,56	85,64	-2,96	0,44	-7,36	7,95
	19.05.2021	24	29	86,34	-4,16	82,70	-2,66	-0,16	-10,3	10,64
26.05.2021	31.05.2021	23	30	86,79	-4,77	87,53	-2,21	-0,77	-5,47	5,95
	08.06.2021	25	42	86,85	-4,93	87,74	-2,15	-0,93	-5,26	5,76
	15.06.2021	24	37	86,01	-3,92	87,42	-2,99	0,08	-5,58	6,33
	22.06.2021	27	50	86,98	-4,48	85,76	-2,02	-0,48	-7,24	7,53
07/2021	15.07.2021	26	44	86,20	-2,71	77,31	-2,80	1,29	-15,69	15,99

**Příloha D** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu black tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

Black 100 %										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	19,92	2,68	9,66	3,92	2,68	9,66	10,76
	23.10.2020	24	36	11,54	0,06	0,81	-4,46	0,06	0,81	4,53
	02.11.2020	23	44	12,93	-0,02	0,69	-3,07	-0,02	0,69	3,15
	10.11.2020	22	29	14,26	-0,15	0,43	-1,74	-0,15	0,43	1,80
	22.11.2020	22	25	12,40	0,04	0,69	-3,60	0,04	0,69	3,67
	27.11.2020	23	24	13,55	-0,04	0,67	-2,45	-0,04	0,67	2,54
	07.12.2020	23	27	11,98	-0,01	0,53	-4,02	-0,01	0,53	4,05
	18.12.2020	23	23	13,43	-0,16	0,51	-2,57	-0,16	0,51	2,62
	08.01.2021	22	20	12,35	0,05	0,52	-3,65	0,05	0,52	3,69
	21.01.2021	22	20	12,36	0,06	0,49	-3,64	0,06	0,49	3,67
	29.01.2021	22	21	12,37	0,05	0,47	-3,63	0,05	0,47	3,66
	09.02.2021	21	17	12,82	-0,22	0,44	-3,18	-0,22	0,44	3,22
	16.02.2021	21	18	10,75	0,08	0,31	-5,25	0,08	0,31	5,26
	24.02.2021	22	22	11,53	0,10	0,80	-4,47	0,10	0,80	4,54
	03.03.2021	21	21	13,99	-0,01	0,59	-2,01	-0,01	0,59	2,09
	10.03.2021	21	18	12,94	0,13	0,26	-3,06	0,13	0,26	3,07
	17.03.2021	23	20	13,30	-0,07	0,33	-2,70	-0,07	0,33	2,72
	26.03.2021	23	21	11,86	-0,10	0,45	-4,14	-0,10	0,45	4,17
	09.04.2021	23	18	13,25	-0,01	0,34	-2,75	-0,01	0,34	2,77
	12.04.2021	23	23	12,63	0,09	0,32	-3,37	0,09	0,32	3,39
	23.04.2021	23	20	12,91	0,09	0,39	-3,09	0,09	0,39	3,12
	29.04.2021	24	23	11,28	0,39	0,27	-4,72	0,39	0,27	4,74
	13.05.2021	23	40	12,66	-0,14	0,14	-3,34	-0,14	0,14	3,35
	19.05.2021	24	29	11,89	-0,05	0,35	-4,11	-0,05	0,35	4,13
26.05.2021	31.05.2021	23	30	13,37	-0,35	0,50	-2,63	-0,35	0,50	2,70
	08.06.2021	25	42	12,55	-0,21	0,28	-3,45	-0,21	0,28	3,47
	15.06.2021	24	37	11,00	0,01	0,58	-5,00	0,01	0,58	5,03
	22.06.2021	27	50	12,19	0,25	0,45	-3,81	0,25	0,45	3,84
07/2021	15.07.2021	26	44	13,54	0,08	0,13	-2,46	0,08	0,13	2,46

**Příloha E** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro přetiskovou barvu black tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

<b>Black 100 % přetisková</b>										
<b>Kalibrace</b>	<b>Datum</b>	<b>Teplota [°C]</b>	<b>Vlhkost [%]</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>ΔL*</b>	<b>Δa*</b>	<b>Δb*</b>	<b>ΔE*<sub>ab</sub></b>
	23.10.2020	24	36	20,42	0,05	0,48	-2,58	0,05	1,48	2,97
	23.10.2020	24	36	25,05	0,92	-0,19	2,05	0,92	0,81	2,39
	02.11.2020	23	44	22,63	0,28	0,44	-0,37	0,28	1,44	1,51
	10.11.2020	22	29	23,88	0,09	-0,37	0,88	0,09	0,63	1,09
	22.11.2020	22	25	22,38	0,36	-0,42	-0,62	0,36	0,58	0,92
	27.11.2020	23	24	23,03	0,58	-0,42	0,03	0,58	0,58	0,82
	07.12.2020	23	27	19,89	0,17	-0,25	-3,11	0,17	0,75	3,20
	18.12.2020	23	23	23,01	0,43	-0,09	0,01	0,43	0,91	1,01
	08.01.2021	22	20	21,22	0,62	-0,01	-1,78	0,62	0,99	2,13
	21.01.2021	22	20	19,90	0,76	-0,11	-3,10	0,76	0,89	3,31
	29.01.2021	22	21	21,13	0,78	-0,34	-1,87	0,78	0,66	2,13
	09.02.2021	21	17	21,88	0,29	-0,43	-1,12	0,29	0,57	1,29
	16.02.2021	21	18	19,14	0,53	-0,27	-3,86	0,53	0,73	3,96
	24.02.2021	22	22	19,74	0,69	-0,10	-3,26	0,69	0,90	3,45
	03.03.2021	21	21	23,50	0,76	-0,18	0,50	0,76	0,82	1,22
	10.03.2021	21	18	21,00	0,75	-0,78	-2,00	0,75	0,22	2,15
	17.03.2021	23	20	20,41	0,75	-0,57	-2,59	0,75	0,43	2,73
	26.03.2021	23	21	20,85	0,50	-0,28	-2,15	0,50	0,72	2,32
	09.04.2021	23	18	22,06	0,75	-0,39	-0,94	0,75	0,61	1,35
	12.04.2021	23	23	22,04	0,54	-0,37	-0,96	0,54	0,63	1,27
	23.04.2021	23	20	22,73	0,50	-0,47	-0,27	0,50	0,53	0,78
	29.04.2021	24	23	20,07	0,57	-0,11	-2,93	0,57	0,89	3,11
	13.05.2021	23	40	20,24	0,26	-0,41	-2,76	0,26	0,59	2,83
	19.05.2021	24	29	20,79	-0,26	-0,88	-2,21	-0,26	0,12	2,23
26.05.2021	31.05.2021	23	30	21,20	-0,47	-0,28	-1,80	-0,47	0,72	1,99
	08.06.2021	25	42	19,26	-0,21	-0,14	-3,74	-0,21	0,86	3,84
	15.06.2021	24	37	20,76	-0,37	-0,29	-2,24	-0,37	0,71	2,38
	22.06.2021	27	50	21,61	0,15	0,04	-1,39	0,15	1,04	1,74
07/2021	15.07.2021	26	44	22,53	-0,22	-1,90	-0,47	-0,22	-0,90	1,04



**Příloha F** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu red tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

Red										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	51,00	60,34	51,76	3,00	-7,66	4,76	9,50
	23.10.2020	24	36	50,68	57,58	47,26	2,68	-10,42	0,26	10,76
	02.11.2020	23	44	51,59	58,99	51,19	3,59	-9,01	4,19	10,57
	10.11.2020	22	29	52,33	56,52	50,14	4,33	-11,48	3,14	12,66
	22.11.2020	22	25	51,81	57,70	50,67	3,81	-10,30	3,67	11,58
	27.11.2020	23	24	52,32	56,52	50,34	4,32	-11,48	3,34	12,71
	07.12.2020	23	27	49,85	61,68	49,81	1,85	-6,32	2,81	7,16
	18.12.2020	23	23	50,59	60,30	50,59	2,59	-7,70	3,59	8,88
	08.01.2021	22	20	49,44	62,16	50,19	1,44	-5,84	3,19	6,81
	21.01.2021	22	20	48,69	63,59	50,27	0,69	-4,41	3,27	5,53
	29.01.2021	22	21	49,83	61,65	51,18	1,83	-6,35	4,18	7,82
	09.02.2021	21	17	50,08	60,66	50,52	2,08	-7,34	3,52	8,40
	16.02.2021	21	18	48,87	63,17	51,35	0,87	-4,83	4,35	6,56
	24.02.2021	22	22	48,61	63,97	51,01	0,61	-4,03	4,01	5,72
	03.03.2021	21	21	49,94	61,05	50,13	1,94	-6,95	3,13	7,87
	10.03.2021	21	18	49,45	62,16	49,20	1,45	-5,84	2,20	6,41
	17.03.2021	23	20	49,63	61,90	50,99	1,63	-6,10	3,99	7,47
	26.03.2021	23	21	50,04	60,91	50,37	2,04	-7,09	3,37	8,11
	09.04.2021	23	18	50,19	60,11	50,13	2,19	-7,89	3,13	8,77
	12.04.2021	23	23	50,16	60,60	50,21	2,16	-7,40	3,21	8,35
	23.04.2021	23	20	51,07	59,32	49,65	3,07	-8,68	2,65	9,58
	29.04.2021	24	23	49,66	62,22	51,16	1,66	-5,78	4,16	7,31
	13.05.2021	23	40	49,24	63,35	48,96	1,24	-4,65	1,96	5,20
	19.05.2021	24	29	49,76	63,25	47,46	1,76	-4,75	0,46	5,09
26.05.2021	31.05.2021	23	30	51,48	59,41	50,17	3,48	-8,59	3,17	9,80
	08.06.2021	25	42	50,08	61,73	50,55	2,08	-6,27	3,55	7,50
	15.06.2021	24	37	50,48	60,88	50,22	2,48	-7,12	3,22	8,20
	22.06.2021	27	50	50,87	60,64	49,18	2,87	-7,36	2,18	8,20
07/2021	15.07.2021	26	44	50,34	60,92	42,45	2,34	-7,08	-4,55	8,74

**Příloha G** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu green tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

Green										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	54,99	-42,08	27,47	4,99	22,92	1,47	23,50
	23.10.2020	24	36	53,99	-36,52	17,81	3,99	28,48	-8,19	29,90
	02.11.2020	23	44	56,58	-39,80	27,79	6,58	25,20	1,79	26,11
	10.11.2020	22	29	56,33	-38,80	25,82	6,33	26,20	-0,18	26,95
	22.11.2020	22	25	55,67	-40,50	26,43	5,67	24,50	0,43	25,15
	27.11.2020	23	24	56,67	-36,80	26,10	6,67	28,20	0,10	28,98
	07.12.2020	23	27	54,16	-44,79	27,52	4,16	20,21	1,52	20,69
	18.12.2020	23	23	54,08	-40,25	26,74	4,08	24,75	0,74	25,09
	08.01.2021	22	20	53,70	-42,35	27,39	3,70	22,65	1,39	22,99
	21.01.2021	22	20	53,10	-43,89	27,11	3,10	21,11	1,11	21,37
	29.01.2021	22	21	54,44	-40,49	28,00	4,44	24,51	2,00	24,99
	09.02.2021	21	17	53,62	-40,34	25,92	3,62	24,66	-0,08	24,92
	16.02.2021	21	18	52,47	-41,83	26,47	2,47	23,17	0,47	23,31
	24.02.2021	22	22	52,82	-43,04	27,12	2,82	21,96	1,12	22,17
	03.03.2021	21	21	54,43	-38,63	26,02	4,43	26,37	0,02	26,74
	10.03.2021	21	18	53,57	-40,71	26,32	3,57	24,29	0,32	24,55
	17.03.2021	23	20	54,14	-39,68	26,43	4,14	25,32	0,43	25,66
	26.03.2021	23	21	53,68	-40,68	26,09	3,68	24,32	0,09	24,60
	09.04.2021	23	18	54,38	-38,16	26,61	4,38	26,84	0,61	27,20
	12.04.2021	23	23	54,01	-38,49	26,57	4,01	26,51	0,57	26,82
	23.04.2021	23	20	54,42	-39,43	26,16	4,42	25,57	0,16	25,95
	29.04.2021	24	23	53,49	-40,41	27,21	3,49	24,59	1,21	24,87
	13.05.2021	23	40	54,39	-43,26	30,41	4,39	21,74	4,41	22,61
	19.05.2021	24	29	55,22	-45,82	28,35	5,22	19,18	2,35	20,02
26.05.2021	31.05.2021	23	30	55,21	-42,41	27,00	5,21	22,59	1,00	23,20
	08.06.2021	25	42	53,50	-44,56	27,07	3,50	20,44	1,07	20,77
	15.06.2021	24	37	53,96	-43,43	26,42	3,96	21,57	0,42	21,93
	22.06.2021	27	50	55,48	-41,06	27,79	5,48	23,94	1,79	24,62
07/2021	15.07.2021	26	44	53,26	-45,17	21,93	3,26	19,83	-4,07	20,50

**Příloha H** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu blue tištěnou na prémiový natíraný papír (PS1)

Blue										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	24,43	13,67	-44,17	-0,57	-6,33	1,83	6,61
	23.10.2020	24	36	32,13	12,33	-36,17	7,13	-7,67	9,83	14,36
	02.11.2020	23	44	25,21	14,04	-43,70	0,21	-5,96	2,30	6,39
	10.11.2020	22	29	25,69	12,97	-43,64	0,69	-7,03	2,36	7,45
	22.11.2020	22	25	24,67	14,43	-44,09	-0,33	-5,57	1,91	5,90
	27.11.2020	23	24	24,86	13,91	-42,97	-0,14	-6,09	3,03	6,80
	07.12.2020	23	27	22,99	14,67	-44,92	-2,01	-5,33	1,08	5,80
	18.12.2020	23	23	24,44	12,73	-43,20	-0,56	-7,27	2,80	7,81
	08.01.2021	22	20	22,87	14,25	-43,78	-2,13	-5,75	2,22	6,52
	21.01.2021	22	20	22,35	14,84	-44,06	-2,65	-5,16	1,94	6,12
	29.01.2021	22	21	23,75	13,69	-43,78	-1,25	-6,31	2,22	6,80
	09.02.2021	21	17	23,71	11,37	-43,26	-1,29	-8,63	2,74	9,15
	16.02.2021	21	18	21,61	14,84	-43,69	-3,39	-5,16	2,31	6,59
	24.02.2021	22	22	22,51	14,49	-44,97	-2,49	-5,51	1,03	6,13
	03.03.2021	21	21	23,89	12,40	-43,77	-1,11	-7,60	2,23	8,00
	10.03.2021	21	18	22,99	14,47	-43,35	-2,01	-5,53	2,65	6,45
	17.03.2021	23	20	22,94	13,95	-43,38	-2,06	-6,05	2,62	6,91
	26.03.2021	23	21	23,19	13,04	-43,55	-1,81	-6,96	2,45	7,60
	09.04.2021	23	18	24,10	12,37	-43,44	-0,90	-7,63	2,56	8,10
	12.04.2021	23	23	22,75	13,52	-43,66	-2,25	-6,48	2,34	7,25
	23.04.2021	23	20	23,87	12,34	-43,69	-1,13	-7,66	2,31	8,08
	29.04.2021	24	23	22,25	14,19	-43,89	-2,75	-5,81	2,11	6,77
	13.05.2021	23	40	22,93	16,43	-43,90	-2,07	-3,57	2,10	4,63
	19.05.2021	24	29	23,32	17,05	-45,74	-1,68	-2,95	0,26	3,40
26.05.2021	31.05.2021	23	30	22,89	15,74	-44,47	-2,11	-4,26	1,53	4,99
	08.06.2021	25	42	21,85	16,17	-44,96	-3,15	-3,83	1,04	5,07
	15.06.2021	24	37	23,16	14,79	-44,63	-1,84	-5,21	1,37	5,69
	22.06.2021	27	50	23,96	15,69	-43,73	-1,04	-4,31	2,27	4,98
07/2021	15.07.2021	26	44	27,06	10,25	-44,57	2,06	-9,75	1,43	10,07

**Příloha CH** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu cyan tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Cyan 100 %										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	58,08	-19,88	-43,56	-1,92	5,12	0,44	5,49
	23.10.2020	24	36	60,04	-16,50	-44,16	0,04	8,50	-0,16	8,50
	02.11.2020	23	44	59,36	-19,00	-43,05	-0,64	6,00	0,95	6,11
	10.11.2020	22	29	60,33	-18,95	-42,81	0,33	6,05	1,19	6,17
	22.11.2020	22	25	60,41	-19,47	-42,76	0,41	5,53	1,24	5,68
	27.11.2020	23	24	59,76	-20,41	-43,39	-0,24	4,59	0,61	4,64
	07.12.2020	23	27	59,00	-20,91	-44,36	-1,00	4,09	-0,36	4,23
	18.12.2020	23	23	58,32	-20,62	-44,14	-1,68	4,38	-0,14	4,69
	08.01.2021	22	20	58,41	-20,64	-44,94	-1,59	4,36	-0,94	4,74
	21.01.2021	22	20	58,14	-21,15	-45,50	-1,86	3,85	-1,50	4,53
	29.01.2021	22	21	58,96	-20,20	-44,66	-1,04	4,80	-0,66	4,96
	09.02.2021	21	17	58,34	-20,22	-44,26	-1,66	4,78	-0,26	5,07
	16.02.2021	21	18	58,36	-20,22	-44,95	-1,64	4,78	-0,95	5,14
	24.02.2021	22	22	59,31	-20,12	-44,25	-0,69	4,88	-0,25	4,93
	03.03.2021	21	21	58,91	-20,49	-44,57	-1,09	4,51	-0,57	4,67
	10.03.2021	21	17	59,10	-19,87	-43,96	-0,90	5,13	0,04	5,21
	17.03.2021	23	20	58,99	-19,87	-45,04	-1,01	5,13	-1,04	5,33
	26.03.2021	23	21	57,97	-23,21	-42,50	-2,03	1,79	1,50	3,09
	09.04.2021	23	18	56,80	-23,90	-44,09	-3,20	1,10	-0,09	3,38
	12.04.2021	23	23	57,83	-23,95	-43,54	-2,17	1,05	0,46	2,45
	22.04.2021	23	20	58,53	-21,15	-43,86	-1,47	3,85	0,14	4,12
	29.04.2021	24	23	57,86	-21,80	-43,70	-2,14	3,20	0,30	3,86
	13.05.2021	23	40	59,17	-21,40	-43,58	-0,83	3,60	0,42	3,72
	19.05.2021	24	29	60,04	-21,51	-43,46	0,04	3,49	0,54	3,53
26.05.2021	31.05.2021	23	30	59,04	-21,80	-44,54	-0,96	3,20	-0,54	3,38
	08.06.2021	25	42	58,41	-22,26	-44,72	-1,59	2,74	-0,72	3,25
	15.06.2021	24	37	58,30	-22,00	-43,58	-1,70	3,00	0,42	3,47
	22.06.2021	27	50	60,48	-20,51	-43,02	0,48	4,49	0,98	4,62
07/2021	15.07.2021	26	44	59,97	-21,17	-42,45	-0,03	3,83	1,55	4,13

**Příloha I** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu magenta tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Magenta 100 %										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	50,67	63,24	-1,85	-4,33	3,24	0,15	5,41
	23.10.2020	24	36	49,12	66,31	-5,61	-5,88	6,31	-3,61	9,35
	02.11.2020	23	44	51,39	62,15	-1,71	-3,61	2,15	0,29	4,21
	10.11.2020	22	29	53,99	57,35	-3,41	-1,01	-2,65	-1,41	3,17
	22.11.2020	22	25	54,01	58,07	-2,52	-0,99	-1,93	-0,52	2,23
	27.11.2020	23	24	52,99	59,60	-2,27	-2,01	-0,40	-0,27	2,07
	07.12.2020	23	27	52,62	60,20	-2,24	-2,38	0,20	-0,24	2,40
	18.12.2020	23	23	52,45	60,56	-1,75	-2,55	0,56	0,25	2,62
	08.01.2021	22	20	52,16	61,44	-1,47	-2,84	1,44	0,53	3,23
	21.01.2021	22	20	51,75	61,96	-2,13	-3,25	1,96	-0,13	3,80
	29.01.2021	22	21	51,89	61,74	-2,28	-3,11	1,74	-0,28	3,57
	09.02.2021	21	17	52,55	59,95	-1,70	-2,45	-0,05	0,300	2,47
	16.02.2021	21	18	51,32	62,08	-1,99	-3,68	2,08	0,01	4,23
	24.02.2021	22	22	53,53	58,55	-2,84	-1,47	-1,45	-0,84	2,23
	03.03.2021	21	21	52,62	60,55	-2,09	-2,38	0,55	-0,09	2,44
	10.03.2021	21	17	52,46	60,69	-2,46	-2,54	0,69	-0,46	2,67
	17.03.2021	23	20	52,29	61,39	-1,91	-2,71	1,39	0,09	3,05
	26.03.2021	23	21	51,38	62,21	-0,48	-3,62	2,21	1,52	4,51
	09.04.2021	23	18	51,03	62,49	0,10	-3,97	2,49	2,10	5,14
	12.04.2021	23	23	51,55	62,73	-0,24	-3,45	2,73	1,76	4,74
	22.04.2021	23	20	53,58	58,15	-2,47	-1,42	-1,85	-0,47	2,38
	29.04.2021	24	23	53,62	58,67	-1,18	-1,38	-1,33	0,82	2,08
	13.05.2021	23	40	53,08	60,55	-0,48	-1,92	0,55	1,52	2,51
	19.05.2021	24	29	54,20	59,06	-2,21	-0,80	-0,94	-0,21	1,25
26.05.2021	31.05.2021	23	30	53,04	61,28	-1,19	-1,96	1,28	0,81	2,48
	08.06.2021	25	42	52,96	61,03	-1,10	-2,04	1,03	0,90	2,46
	15.06.2021	24	37	53,89	58,73	-1,07	-1,11	-1,27	0,93	1,93
	22.06.2021	27	50	54,45	59,46	-0,88	-0,55	-0,54	1,12	1,36
07/2021	15.07.2021	26	44	55,38	56,63	-2,44	0,38	-3,37	-0,44	3,42

**Příloha J** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu yellow tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Yellow 100 %										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	85,55	-4,67	73,80	-3,45	-1,67	-2,20	4,42
	23.10.2020	24	36	86,38	-4,75	69,55	-2,62	-1,75	-6,45	7,18
	02.11.2020	23	44	86,24	-5,43	74,41	-2,76	-2,43	-1,59	4,01
	10.11.2020	22	29	87,37	-6,20	64,30	-1,63	-3,200	-11,70	12,24
	22.11.2020	22	25	87,40	-6,11	65,11	-1,60	-3,11	-10,89	11,44
	27.11.2020	23	24	87,46	-6,21	68,98	-1,54	-3,21	-7,02	7,87
	07.12.2020	23	27	87,64	-6,72	67,18	-1,36	-3,72	-8,82	9,67
	18.12.2020	23	23	87,10	-5,85	67,24	-1,90	-2,85	-8,76	9,41
	08.01.2021	22	20	87,72	-6,27	68,85	-1,28	-3,27	-7,15	7,97
	21.01.2021	22	20	87,12	-6,41	67,86	-1,88	-3,41	-8,14	9,02
	29.01.2021	22	21	87,40	-6,42	68,30	-1,60	-3,42	-7,70	8,58
	09.02.2021	21	17	87,37	-6,11	69,20	-1,63	-3,11	-6,80	7,65
	16.02.2021	21	18	86,91	-6,21	68,11	-2,09	-3,21	-7,89	8,77
	24.02.2021	22	22	87,55	-6,67	67,22	-1,45	-3,67	-8,78	9,63
	03.03.2021	21	21	87,81	-6,32	68,23	-1,19	-3,32	-7,77	8,53
	10.03.2021	21	17	87,29	-6,36	68,14	-1,71	-3,36	-7,86	8,72
	17.03.2021	23	20	87,70	-6,42	66,85	-1,30	-3,42	-9,15	9,85
	26.03.2021	23	21	86,73	-6,48	71,18	-2,27	-3,48	-4,82	6,36
	09.04.2021	23	18	86,88	-6,59	72,21	-2,12	-3,59	-3,79	5,63
	12.04.2021	23	23	87,54	-6,99	72,64	-1,46	-3,99	-3,36	5,42
	22.04.2021	23	20	87,09	-6,15	65,63	-1,91	-3,15	-10,37	11,00
	29.04.2021	24	23	87,78	-6,49	70,47	-1,22	-3,49	-5,53	6,65
	13.05.2021	23	40	88,51	-7,23	72,77	-0,49	-4,23	-3,23	5,34
	19.05.2021	24	29	89,17	-7,77	67,13	0,17	-4,77	-8,87	10,07
26.05.2021	31.05.2021	23	30	88,67	-7,46	72,77	-0,33	-4,46	-3,23	5,52
	08.06.2021	25	42	88,91	-7,42	70,64	-0,09	-4,42	-5,36	6,95
	15.06.2021	24	37	88,59	-6,75	70,76	-0,41	-3,75	-5,24	6,46
	22.06.2021	27	50	89,37	-7,03	69,51	0,37	-4,03	-6,49	7,65
07/2021	15.07.2021	26	44	88,04	-6,36	65,73	-0,96	-3,36	-10,27	10,85

**Příloha K** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu black tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Black 100 %										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	18,67	0,15	-0,79	-14,33	-0,85	-1,79	14,47
	23.10.2020	24	36	23,64	3,05	7,47	-9,36	2,05	6,47	11,56
	02.11.2020	23	44	23,73	2,89	8,20	-9,27	1,89	7,20	11,89
	10.11.2020	22	29	27,80	3,94	6,51	-5,20	2,94	5,51	8,13
	22.11.2020	22	25	29,16	4,03	6,95	-3,84	3,03	5,95	7,70
	27.11.2020	23	24	25,16	4,12	7,66	-7,84	3,12	6,66	10,75
	07.12.2020	23	27	26,30	3,80	6,07	-6,70	2,80	5,07	8,86
	18.12.2020	23	23	26,21	4,42	7,92	-6,79	3,42	6,92	10,28
	08.01.2021	22	20	25,13	4,29	6,46	-7,87	3,29	5,46	10,13
	21.01.2021	22	20	24,06	4,63	7,36	-8,94	3,63	6,36	11,56
	29.01.2021	22	21	24,48	3,94	6,76	-8,52	2,94	5,76	10,70
	09.02.2021	21	17	24,59	3,38	6,87	-8,41	2,38	5,87	10,53
	16.02.2021	21	18	22,08	3,72	6,29	-10,92	2,72	5,29	12,43
	24.02.2021	22	22	24,92	3,67	6,55	-8,08	2,67	5,55	10,16
	03.03.2021	21	21	28,02	4,17	8,39	-4,98	3,17	7,39	9,46
	10.03.2021	21	18	23,90	3,81	6,34	-9,10	2,81	5,34	10,92
	17.03.2021	23	20	25,98	3,97	6,28	-7,02	2,97	5,28	9,27
	26.03.2021	23	21	22,44	4,40	8,26	-10,56	3,40	7,26	13,26
	09.04.2021	23	18	23,11	4,58	8,96	-9,89	3,58	7,96	13,19
	12.04.2021	23	23	20,95	3,91	7,40	-12,05	2,91	6,40	13,95
	23.04.2021	23	20	27,24	3,86	7,24	-5,76	2,86	6,24	8,96
	29.04.2021	24	23	22,65	3,96	6,55	-10,35	2,96	5,55	12,11
	13.05.2021	23	40	23,85	3,97	6,41	-9,15	2,97	5,41	11,04
	19.05.2021	24	29	24,78	4,21	7,11	-8,22	3,21	6,11	10,73
26.05.2021	31.05.2021	23	30	23,20	4,13	7,27	-9,80	3,13	6,27	12,05
	08.06.2021	25	42	21,70	3,73	6,49	-11,30	2,73	5,49	12,86
	15.06.2021	24	37	22,74	3,77	5,80	-10,26	2,77	4,80	11,66
	22.06.2021	27	50	23,63	3,85	6,31	-9,37	2,85	5,31	11,14
07/2021	15.07.2021	26	44	22,85	3,62	6,47	-10,15	2,62	5,47	11,82

**Příloha L** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro přetiskovou barvu black tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

<b>Black 100 % přetisková</b>										
<b>Kalibrace</b>	<b>Datum</b>	<b>Teplota [°C]</b>	<b>Vlhkost [%]</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>ΔL*</b>	<b>Δa*</b>	<b>Δb*</b>	<b>ΔE*<sub>ab</sub></b>
	23.10.2020	24	36	27,27	0,81	-3,03	-7,73	0,81	-0,03	7,77
	23.10.2020	24	36	26,90	0,56	-3,32	-8,10	0,56	-0,32	8,13
	02.11.2020	23	44	28,38	1,13	-3,02	-6,62	1,13	-0,02	6,72
	10.11.2020	22	29	30,81	1,49	-4,95	-4,19	1,49	-1,95	4,86
	22.11.2020	22	25	32,28	1,79	-5,51	-2,72	1,79	-2,51	4,11
	27.11.2020	23	24	30,16	2,35	-4,55	-4,84	2,35	-1,55	5,60
	07.12.2020	23	27	30,11	1,69	-4,59	-4,89	1,69	-1,59	5,41
	18.12.2020	23	23	30,36	2,52	-4,96	-4,64	2,52	-1,96	5,63
	08.01.2021	22	20	28,88	2,31	-4,81	-6,12	2,31	-1,81	6,79
	21.01.2021	22	20	28,46	2,09	-4,89	-6,54	2,09	-1,89	7,12
	29.01.2021	22	21	29,38	2,19	-4,88	-5,62	2,19	-1,88	6,32
	09.02.2021	21	17	29,96	1,31	-5,35	-5,04	1,31	-2,35	5,71
	16.02.2021	21	18	27,65	1,78	-4,86	-7,35	1,78	-1,86	7,79
	24.02.2021	22	22	29,87	1,48	-5,08	-5,13	1,48	-2,08	5,73
	03.03.2021	21	21	31,03	2,17	-5,12	-3,97	2,17	-2,12	5,00
	10.03.2021	21	17	29,61	1,76	-4,95	-5,39	1,76	-1,95	6,00
	17.03.2021	23	20	29,49	2,45	-5,80	-5,51	2,45	-2,80	6,65
	26.03.2021	23	21	27,02	1,23	-3,40	-7,98	1,23	-0,40	8,08
	09.04.2021	23	18	27,84	1,58	-3,94	-7,16	1,58	-0,94	7,39
	12.04.2021	23	23	26,53	1,19	-3,66	-8,47	1,19	-0,66	8,58
	22.04.2021	23	20	30,58	0,99	-4,71	-4,42	0,99	-1,71	4,84
	29.04.2021	24	23	26,91	1,38	-4,32	-8,09	1,38	-1,32	8,31
	13.05.2021	23	40	26,83	2,01	-3,79	-8,17	2,01	-0,79	8,45
	19.05.2021	24	29	30,03	1,64	-5,28	-4,97	1,64	-2,28	5,71
26.05.2021	31.05.2021	23	30	27,44	1,61	-4,32	-7,56	1,61	-1,32	7,84
	08.06.2021	25	42	25,73	1,65	-4,34	-9,27	1,65	-1,34	9,51
	15.06.2021	24	37	26,55	1,14	-4,02	-8,45	1,14	-1,02	8,59
	22.06.2021	27	50	26,96	1,84	-4,14	-8,04	1,84	-1,14	8,33
07/2021	15.07.2021	26	44	30,36	2,00	-4,54	-4,64	2,00	-1,54	5,28



**Příloha M** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu red tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Red										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	49,55	55,70	36,33	-3,45	-0,30	9,33	9,95
	23.10.2020	24	36	50,07	56,57	38,60	-2,93	0,57	11,60	11,98
	02.11.2020	23	44	49,61	56,32	36,26	-3,39	0,32	9,26	9,87
	10.11.2020	22	29	50,92	55,31	33,98	-2,08	-0,69	6,98	7,32
	22.11.2020	22	25	51,43	54,57	33,53	-1,57	-1,43	6,53	6,87
	27.11.2020	23	24	49,98	57,22	35,99	-3,02	1,22	8,99	9,56
	07.12.2020	23	27	49,57	57,92	35,14	-3,43	1,92	8,14	9,04
	18.12.2020	23	23	50,10	56,64	37,53	-2,90	0,64	10,53	10,94
	08.01.2021	22	20	49,42	58,57	36,44	-3,58	2,57	9,44	10,42
	21.01.2021	22	20	49,06	58,47	35,81	-3,94	2,47	8,81	9,96
	29.01.2021	22	21	49,65	57,65	35,89	-3,35	1,65	8,89	9,64
	09.02.2021	21	17	49,31	57,96	36,76	-3,69	1,96	9,76	10,62
	16.02.2021	21	18	48,38	59,39	36,65	-4,62	3,39	9,65	11,22
	24.02.2021	22	22	49,76	57,67	33,80	-3,24	1,67	6,80	7,72
	03.03.2021	21	21	49,66	58,23	37,76	-3,34	2,23	10,76	11,49
	10.03.2021	21	18	49,24	58,56	34,75	-3,76	2,56	7,75	8,99
	17.03.2021	23	20	49,30	58,74	36,66	-3,70	2,74	9,66	10,70
	26.03.2021	23	21	48,63	59,25	39,19	-4,37	3,25	12,19	13,35
	09.04.2021	23	18	48,64	58,81	40,96	-4,36	2,81	13,96	14,89
	12.04.2021	23	23	47,98	61,35	41,21	-5,02	5,35	14,21	15,99
	23.04.2021	23	20	50,22	56,33	35,11	-2,78	0,33	8,11	8,58
	29.04.2021	24	23	50,40	56,63	38,02	-2,60	0,63	11,02	11,34
	13.05.2021	23	40	50,08	58,99	38,67	-2,92	2,99	11,67	12,40
	19.05.2021	24	29	51,91	55,37	35,57	-1,09	-0,63	8,57	8,66
26.05.2021	31.05.2021	23	30	50,59	58,17	39,00	-2,41	2,17	12,00	12,43
	08.06.2021	25	42	49,96	58,90	39,14	-3,04	2,90	12,14	12,85
	15.06.2021	24	37	49,58	58,75	37,36	-3,42	2,75	10,36	11,25
	22.06.2021	27	50	50,72	58,10	37,75	-2,28	2,10	10,75	11,19
07/2021	15.07.2021	26	44	52,96	54,26	36,35	-0,04	-1,74	9,35	9,51

**Příloha N** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu green tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Green										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	52,47	-34,82	13,65	-0,53	8,18	-0,35	8,20
	23.10.2020	24	36	55,75	-35,21	20,11	2,75	7,79	6,11	10,28
	02.11.2020	23	44	53,64	-34,13	14,38	0,64	8,87	0,38	8,90
	10.11.2020	22	29	51,05	-41,94	8,79	-1,95	1,06	-5,21	5,66
	22.11.2020	22	25	51,18	-41,67	9,20	-1,82	1,33	-4,80	5,30
	27.11.2020	23	24	50,19	-43,03	10,04	-2,81	-0,03	-3,96	4,86
	07.12.2020	23	27	50,08	-43,70	9,49	-2,92	-0,70	-4,51	5,42
	18.12.2020	23	23	49,14	-43,38	10,21	-3,86	-0,38	-3,79	5,42
	08.01.2021	22	20	49,05	-44,07	9,25	-3,95	-1,07	-4,75	6,27
	21.01.2021	22	20	49,07	-44,63	9,81	-3,93	-1,63	-4,19	5,97
	29.01.2021	22	21	49,54	-43,57	9,11	-3,46	-0,57	-4,89	6,02
	09.02.2021	21	17	48,01	-44,62	8,06	-4,99	-1,62	-5,94	7,93
	16.02.2021	21	18	48,18	-44,80	8,83	-4,82	-1,80	-5,17	7,29
	24.02.2021	22	22	49,35	-45,37	9,43	-3,65	-2,37	-4,57	6,31
	03.03.2021	21	21	49,28	-44,63	9,98	-3,72	-1,63	-4,02	5,71
	10.03.2021	21	18	49,30	-44,82	9,95	-3,70	-1,82	-4,05	5,78
	17.03.2021	23	20	48,81	-43,71	7,90	-4,19	-0,71	-6,10	7,43
	26.03.2021	23	21	47,67	-49,26	12,84	-5,33	-6,26	-1,16	8,30
	09.04.2021	23	18	48,32	-47,07	12,80	-4,68	-4,07	-1,20	6,32
	12.04.2021	23	23	47,58	-49,78	12,39	-5,42	-6,78	-1,61	8,83
	23.04.2021	23	20	48,93	-44,90	8,72	-4,07	-1,90	-5,28	6,93
	29.04.2021	24	23	49,42	-45,81	12,41	-3,58	-2,81	-1,59	4,82
	13.05.2021	23	40	50,80	-46,06	14,97	-2,20	-3,06	0,97	3,89
	19.05.2021	24	29	52,44	-45,12	12,27	-0,56	-2,12	-1,73	2,79
26.05.2021	31.05.2021	23	30	50,02	-47,50	13,55	-2,98	-4,50	-0,45	5,42
	08.06.2021	25	42	49,33	-46,60	11,28	-3,67	-3,60	-2,72	5,82
	15.06.2021	24	37	49,08	-47,92	12,50	-3,92	-4,92	-1,50	6,47
	22.06.2021	27	50	51,01	-44,68	13,04	-1,99	-1,68	-0,96	2,78
07/2021	15.07.2021	26	44	50,61	-45,06	11,51	-2,39	-2,06	-2,49	4,02

**Příloha O** – naměřené souřadnice barvového prostoru CIELAB a vypočítané souřadnice změny barevného odstínu pro barvu blue tištěnou na bezdřevý nenatíraný papír (PS5)

Blue										
Kalibrace	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
	23.10.2020	24	36	33,11	10,60	-40,03	-5,89	1,60	-10,03	11,74
	23.10.2020	24	36	29,16	10,09	-42,42	-9,84	1,09	-12,42	15,88
	02.11.2020	23	44	33,86	10,21	-39,46	-5,14	1,21	-9,46	10,83
	10.11.2020	22	29	35,14	5,75	-41,67	-3,86	-3,25	-11,67	12,71
	22.11.2020	22	25	35,20	5,87	-41,20	-3,80	-3,13	-11,20	12,23
	27.11.2020	23	24	33,43	7,25	-41,74	-5,57	-1,75	-11,74	13,11
	07.12.2020	23	27	33,47	7,38	-41,77	-5,53	-1,62	-11,77	13,10
	18.12.2020	23	23	32,86	7,26	-41,40	-6,14	-1,74	-11,40	13,06
	08.01.2021	22	20	31,91	8,70	-41,63	-7,09	-0,30	-11,63	13,62
	21.01.2021	22	20	31,97	8,15	-42,08	-7,03	-0,85	-12,08	14,00
	29.01.2021	22	21	32,03	8,17	-42,46	-6,97	-0,83	-12,46	14,30
	09.02.2021	21	17	32,90	5,49	-41,81	-6,10	-3,51	-11,81	13,75
	16.02.2021	21	18	31,22	7,85	-42,56	-7,78	-1,15	-12,56	14,82
	24.02.2021	22	22	32,36	6,68	-43,26	-6,64	-2,32	-13,26	15,01
	03.03.2021	21	21	33,88	5,79	-41,84	-5,12	-3,21	-11,84	13,29
	10.03.2021	21	18	31,94	8,03	-42,17	-7,06	-0,97	-12,17	14,10
	17.03.2021	23	20	32,16	7,82	-42,09	-6,84	-1,18	-12,09	13,94
	26.03.2021	23	21	30,57	6,81	-42,07	-8,43	-2,19	-12,07	14,88
	09.04.2021	23	18	30,98	6,87	-42,00	-8,02	-2,13	-12,00	14,59
	12.04.2021	23	23	30,78	6,42	-42,60	-8,22	-2,58	-12,60	15,26
	23.04.2021	23	20	33,18	5,01	-41,72	-5,82	-3,99	-11,72	13,68
	29.04.2021	24	23	32,58	6,87	-41,70	-6,42	-2,13	-11,70	13,51
	13.05.2021	23	40	32,63	10,11	-41,37	-6,37	1,11	-11,37	13,08
	19.05.2021	24	29	34,30	9,18	-41,61	-4,70	0,18	-11,61	12,53
26.05.2021	31.05.2021	23	30	32,20	8,73	-42,40	-6,80	-0,27	-12,40	14,14
	08.06.2021	25	42	31,48	8,60	-42,88	-7,52	-0,40	-12,88	14,92
	15.06.2021	24	37	32,17	7,37	-42,18	-6,83	-1,63	-12,18	14,06
	22.06.2021	27	50	33,80	8,05	-41,61	-5,20	-0,95	-11,61	12,76
07/2021	15.07.2021	26	44	33,72	6,63	-42,39	-5,28	-2,37	-12,39	13,68