

Univerzita Pardubice
Fakulta Chemicko-technologická

Správa barev na tiskovém zařízení HP Latex 335

Diplomová práce

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Kateřina Škarvadová**
Osobní číslo: **C18528**
Studijní program: **N3441 Polygrafie**
Studijní obor: **Polygrafie**
Téma práce: **Správa barev na tiskovém zařízení HP Latex 335**
Zadávací katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

- 1) Z dostupné literatury nastudujte a popište principy správy barev na výstupních zařízeních.
- 2) Seznamte se s kalibrací a charakterizací tiskového zařízení HP Latex 335.
- 3) Pro vybrané substráty proveďte řadu experimentů, ve kterých vyzkoušíte možné přístupy k dosažení dobré reprodukce s aplikací správy barev. Vyzkoušejte v základě 2. přístupy, novou profilaci a zcela novou kalibraci s profilací.
- 4) Získané výsledky podrobně komentujte a přehledně zpracujte ve formě závěrečné práce.

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

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ondřej Panák, Ph.D.**
Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání diplomové práce: **28. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **1. července 2020**

L.S.

prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

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

V Pardubicích dne 28. února 2020

Prohlašuji:

Tuto práci 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 Pardubicích dne 27. 06. 2020

Kateřina Škarvadová

Diplomová 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



PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování Ing. Ondreji Panákovi, Ph.D. za jeho všestrannou pomoc, množství cenných rad, trpělivost a strávený čas vedením této diplomové práce. Taktéž bych chtěla poděkovat Bc. Tomáši Wimmerovi, za jeho ochotu a pomoc při tisku testovacích obrazců. V neposlední řadě bych ráda poděkovala i své rodině, svému snoubenci a všem přátelům, kteří mě při vytváření této práce podpořili a bez jejichž podpory by nebylo možné práci dokončit.

ANOTACE

Práce je věnována kalibraci, tvorbě a testování ICC profilu pro digitální tiskárny se zaměřením na digitální tiskárnu HP Latex 335. Stručně popisuje problematiku správy barev a profilů. Porovnává a popisuje různé možnosti při volbě profilů pro vytvoření co nejvěrohodnější reprodukce předlohy.

KLÍČOVÁ SLOVA

správa barev, ICC profily, digitální tisk

TITLE

The work is devoted to creation and testing of ICC profiles for digital printers, concretely digital printer HP Latex 335. The color and profile management is briefly mentioned in theoretical part. Practical part deals with comparison and description of different options when selecting profiles to create the most reliable reproduction of original.

KEYWORDS

color management, ICC profiles, digital print

OBSAH

ÚVOD	14
1. TEORETICKÁ ČÁST	15
1.1. Správa barev	15
1.2. Základní složky správy barev	15
1.2.1. Prostor propojení profilů.....	15
1.2.2. Profily	18
1.2.3. CMM.....	19
1.2.4. Záměr reprodukce	20
1.3. Tvorba profilů a správa barev	22
1.3.1. Správa barev tiskového zařízení	22
1.4. Testování kvality profilů.....	30
1.4.1. Subjektivní testování.....	30
1.4.2. Objektivní testování	33
2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	35
2.1. Experimentální přístroje	35
2.2. Experimentální postupy	36
2.2.1. Testovací obrazce	36
2.2.2. Tvorba profilu média	40
2.2.3. Nastavení limitu inkoustu pro černou a přetisky	46
2.2.4. Výsledné nastavení kalibrací	47
2.3. Tvorba profilů.....	48
2.3.1. Výběr testovacího obrazce.....	48
2.3.2. Nastavení testovacího obrazce.....	48
2.3.3. Tisk a měření	48
2.3.4. Nastavení profilu.....	48

2.4. Vytvořené profily a postup vyhodnocování.....	49
2.4.1. Vyhodnocení nastavení kalibrace	49
2.4.2. Vyhodnocení nastavení profilů	50
3. Výsledky a vyhodnocení.....	52
3.1. Vyhodnocení kalibrace	52
3.1.1. Omezení celkového plošného pokrytí.....	52
3.1.2. Křivka reprodukce tónu	52
3.1.3. Nastavení limitu inkoustu pro černou a přetisky	53
3.1.4. Celkové vyhodnocení nastavené kalibrace	53
3.1.5. Předpokládaná data a data tisku kalibrace	54
3.1.6. Barvové rozdíly výchozí a vlastní kalibrace.....	55
3.2. Vyhodnocení kvality charakterizace.....	57
3.2.1. Vyhodnocení reprodukce s RGB	57
3.2.2. Vyhodnocení reprodukce CMYK.....	60
4. ZÁVĚR	61
POUŽITÁ LITERATURA	63

SEZNAM ILUSTRCÍ

Obrázek 1: Chromatický diagram CIE _x yY	16
Obrázek 2: Barvový prostor CIELAB	17
Obrázek 3: Tabulkový profil.....	19
Obrázek 4: Záměry reprodukce a) Perceptuální záměr reprodukce.....	20
Obrázek 5: Onyx Rozšířený testovací obrazec pro limit inkoustu	23
Obrázek 6: Defekty v nastavení limitu inkoustu pro černou a chromatickou černou.....	24
Obrázek 7: Ztráta lineárního charakteru inkoustu v tmavých tónech.....	25
Obrázek 8: Testovacího obrazce IT8.7/4.....	26
Obrázek 9: Kontrola gamutu.....	30
Obrázek 10: Grangerova duha	31
Obrázek 11: Testovací obrazce Grey Boat	32
Obrázek 12: Fogra Media Wedge V3.0a	33
Obrázek 13 Prostor CIELAB a vyhodnocované parametry.....	33
Obrázek 14: Tiskárna HP Latex 335.....	35
Obrázek 15: Testovací arch sRGB.....	38
Obrázek 16: Testovací arch CMYK	39
Obrázek 17 Onyx Media manager: Výběr režimu tisku	41
Obrázek 18 Onyx Media manager: Základní nastavení tiskového režimu	41
Obrázek 19 Onyx Media manager: Omezení množství inkoustu	42
Obrázek 20: Onyx Media manager: Kalibrace	42
Obrázek 21: Onyx Media manager: Úprava křivky reprodukce tónu	43
Obrázek 22: Onyx Media manager: Naměřené hodnoty křivky reprodukce	44
Obrázek 23: Onyx Media manager: Linearizační tabulka naměřených hodnot	44
Obrázek 24 Onyx Media manager: Kalibrace odstínu šedé.....	45
Obrázek 25 Onyx Media manager: Limit inkoustu pro černou a přetisky	47
Obrázek 26: Onyx Media manager: Naměřený testovací obrazec pro proměření množství inkoustu.....	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Popis testovacího obrazce IT8.7/4.....	27
Tabulka 2: Použité testovací obrazce sRGB.....	37
Tabulka 3: Použité testovací obrazce pro CMYK	37
Tabulka 4: použité metody a nastavení křivky reprodukce tónu	46
Tabulka 5: Nastavené limity množství inkoustu pro černou a přetisky.....	47
Tabulka 6: Nastavení vlastních kalibrací	47
Tabulka 7: Nastavení profilů	50
Tabulka 8: Vyhodnocení křivky reprodukce tónu za pomoci testovacích obrazců.....	53

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ICC – Mezinárodní konsorcium pro správu barev (International Color Consortium)

LUT – převodové tabulky (lookup table)

TRC – křivka reprodukce tónů (tone reproductive curve)

RGB – červená, zelená, modrá (red, green, blue)

CMYK – azurová, purpurová, žlutá, černá (cyan, magenta, yellow, key (black))

PCS – prostor propojení profilů (profile connection space)

CMM – modul správy barev (Color management module)

CMYKOG – tiskové inkousty azurová, purpurová, žlutá, černá, oranžová a zelená

CMYKRGB – tiskové inkousty azurová, purpurová, žlutá, černá, červená, zelená a modrá

CMYKcLmL – tiskové inkousty azurová, purpurová, žlutá, černá, light azurová a purpurová

LED – světlo emitující dioda (light emitting diod)

UV – ultra fialové záření (ultra violet)

BPC – kompenzace černého bodu (black point compenzation)

TERMINOLOGIE

CIEXYZ: hodnoty barvového stimulu XYZ založeny na standardním kolorimetrickém pozorovateli CIE 1931 definovaného v CIE 15

CIELAB: hodnoty L^* , a^* a b^* vypočteny z *nCIEXYZ* dle CIE 15

nCIEXYZ: hodnoty přepočteny na $Y = 1$, pro adaptaci bílé barvy

ÚVOD

Problematika kalibrace a charakterizace tiskárny je v polygrafii velmi náročnou a diskutovanou disciplínou v oblasti digitálních tiskových strojů. Tato práce celkově popisuje problematiku správy barev a její aplikaci různými způsoby v rámci kalibrace a charakterizace digitálního tiskového zařízení.

Na začátku jsou popsány atributy správy barev a jejich funkce, jakým způsobem ovlivňují kvalitu profilu a tím následnou reprodukci. Věnováno je se i jednotlivým parametrům nastavení kalibrace, které zásadně mohou ovlivnit výslednou reprodukci, jako je nastavení limitu inkoustu a omezení jeho množství, jak v barevné reprodukci, tak i ve způsobu reprodukce černé. Pro nastavení charakterizace je popsána problematika tvorby profilů pro digitální tisková zařízení společně s využitelnými testovacími obrazci pro jejich tvorbu s podmínkami pro jejich proměření.

V neposlední řadě byly uvedeny možnosti pro subjektivní vyhodnocení tisku, kde jsou popsány možnosti získání testovacích obrazců. Objektívni vyhodnocení využívá testovacího obrazce Forga Media Wedge V3.0a a rovnice pro stanovení barvové odchylky, měrné světlosti, sytosti a odstínu.

Experimentální část popisuje postupy kalibrace a charakterizace a jejich úskalí pro digitální tiskové zařízení Hp Latex 335 s využitím substrátu Profit Paper 200, kde je kvalita tisku posuzována za pomoci dvou testovacích archů zahrnující obrazce CMYK a RGB. Obsahem práce jsou postupy nastavení kalibrace v programu Onyx Media Manager, v rámci čehož jsou porovnávány možnosti nastavení křivky reprodukce tónu a limitu v přetisku inkoustů společně s nastavením generování černé. Dále pak jsou popsány postupy a zhotoveno různé nastavení při tvorbě profilů pomocí programu i1Profiler a je porovnán vliv těchto nastavení na výslednou reprodukci. Kalibrace i profily jsou taktéž porovnány s výchozím nastavením.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1. Správa barev

Účelem správy barev je uspokojivá reprodukce barev v celém pracovním procesu. Je to obecný pojem pro proces definování barevných charakteristik v pracovním postupu tak, aby barvy byly sladěny vzhledově mezi různými zobrazovacími médii [1]. Proces správy barev pak zahrnuje měření spektrofotometrem/kolorimetrem, porovnání naměřených hodnot s hodnotami referencí a následnou tvorbu profilu s transformací přes CMM pro reprodukci požadovaného obrazu v požadované barevnosti [1].

V dřívějších dobách správa barev využívala uzavřený systém, kde bylo nutné vytvořit přímou linku mezi každou dvojicí zařízení, které byly využité v pracovním procesu. Veškeré úpravy barevnosti byly prováděny na základě zkušeností obsluhy zařízení, a tedy mohlo dojít k větším nepřesnostem při nastavení [2]. Další nevýhodou bylo při velkém množství zařízení to, že pro n počet zařízení bylo nutné vytvořit n^2 počet vazeb, kde při obměně zařízení mohlo dojít k velké časové prodlevě z důvodu vytvoření nových vazeb [2]. Proto se postupem času začal využívat otevřený systém správy barev, který využívá centrálního uzlu pro propojení mezi zařízeními a je zde popisován vztah mezi přístrojově závislým a nezávislým prostorem. Množství vazeb je redukováno a pro n zařízení je potřeba pouze n vazeb.

ICC, neboli v překladu Mezinárodní konsorcium barev bylo založeno v roce 1993 osmi významnými společnostmi z oboru [3]. Účelem ICC je podpora otevřeného systému správy barev pro správu barev napříč všemi platformami, její standardizace a vývoj architektury. Vybízí dodavatele, aby podporovali formát a pracovní postupy ICC a jejich specifikace jsou široce využívány v mezinárodním měřítku. Na základě hlavní myšlenky ICC byla vytvořena i současně využívána specifikace profilů ICC verze 4.3, která je vyžadována u prodejců.

Otevřený systém správy barev rozděluje barvové prostory do dvou skupin [2]:

- Barvové prostory závislé na zařízení – prostory CMYK nebo RGB, které definují barvu na daném zařízení ze stejných zdrojových dat a její hodnota definuje množství signálu dodávaného zařízením pro rekonstrukci barvy. Tato hodnota však nikterak nedefinuje vzhled dané barvy.
- Barvové prostory nezávislé na zařízení – prostory CIELAB nebo CIEXYZ, které naopak definují barevný vjem, tedy jak má barva vypadat, a to za konkrétních podmínek.

1.2. Základní složky správy barev

Pokud bude charakterizováno zařízení v tiskovém procesu, využívají se k tomuto procesu čtyři základní složky správy barev. Tyto složky jsou pro správnost procesu aplikace správy barev velice důležité a není možné ani jednu vynechat.

1.2.1. Prostor propojení profilů

Základní architektura správy barev je založena na předpokladu referenčního barvového prostoru, který je jednoznačně definován [4]. Systém CIEXYZ umožnil vyjádřit hodnotu barvového stimulu standardního pozorovatele tak, aby bylo možné stanovit prostor propojení profilů neboli PCS, který je uzlovým bodem pro otevřený systém správy barev a je reprezentován barvovými prostory nezávislými na zařízení CIEXYZ a CIELAB [4].

CIEXYZ a CIExyY

CIEXYZ barvový prostor byl definován CIE v roce 1931 [5]. Souřadnice prostoru jsou po přepočtu zobrazovány v chromatickém diagramu CIExyY (Obrázek 1) označovaného často jako CIE1931. [6]. Hodnoty CIEXYZ jsou definovány za pomoci trichromatických funkcí pozorovatele $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$, spektrální intenzitou vyzařování zdroje $P(\lambda)$, reflexním spektrem měřeného objektu $R(\lambda)$ a konstantou k , která zajišťuje, aby maximální možný výtěžek hodnoty Y byl rovný 100 [5]. Konstanta je tedy vybrána tak, aby hodnota Y byla rovna 100 % a aby bylo zamezeno znehodnocení měření vlivem lesku a fluorescence. Tyto hodnoty zvyšují naměřený výsledek tak, aby byla možnost vytvořit maximální odrazivost v absolutní bílé [6]. Vztah mezi těmito veličinami pro výpočet trichromatických hodnot barvového prostoru je popsán v rovnicích 1, 2 a 3,

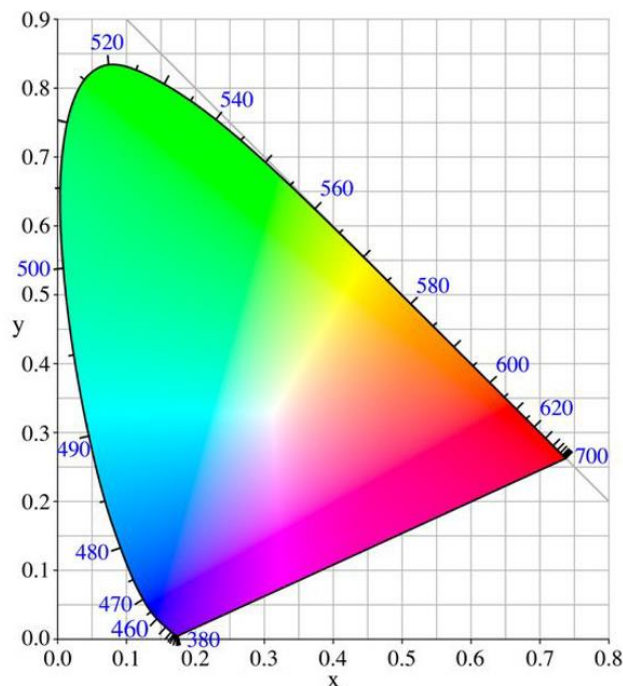
$$X = k \int_{vis} R(\lambda)P(\lambda)\bar{x}(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

$$Y = k \int_{vis} R(\lambda)P(\lambda)\bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

$$Z = k \int_{vis} R(\lambda)P(\lambda)\bar{z}(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

společně se vztahem pro výpočet konstanty k v rovnici 4 [5].

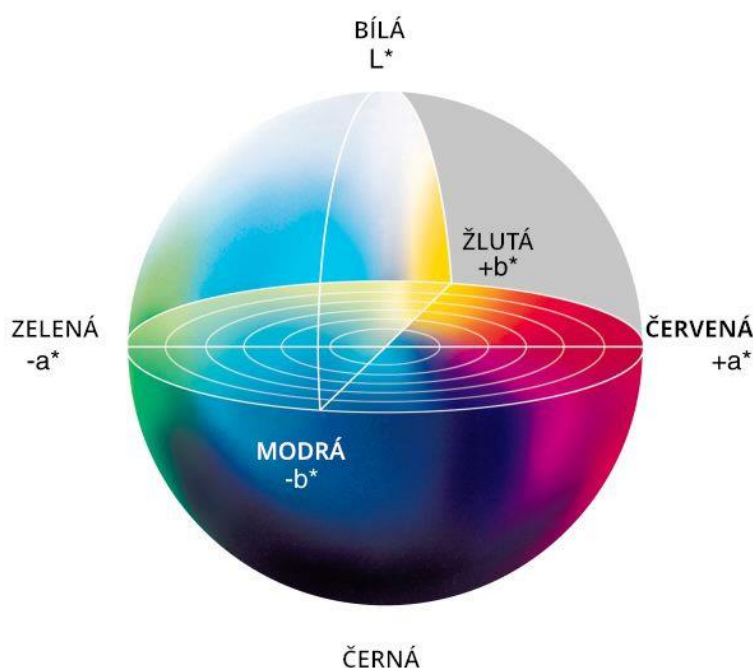
$$k = \frac{100}{\int_{vis} R(\lambda)\bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad (4)$$



Obrázek 1: Chromatický diagram CIExyY (převzato z [7])

CIELAB

Vzhledem k tomu, že jednotlivé hodnoty tristimulů v prostoru CIEXYZ říkají málo o tom, jak barva vypadá, byl v roce 1976 [8] definován barvový prostor CIELAB (Obrázek 2). Barvový prostor CIELAB (převzato z [9]) jehož hodnoty L^* , a^* a b^* definují barevnost měřených hodnot tak, aby mohla být snáze a rychleji popsána naměřená barva a případná změna. Na ose a^* se barevnost v kladných hodnotách posouvá směrem k červené a v záporných hodnotách směrem k zelené [2]. Osa b^* definuje v kladných hodnotách žlutou a v záporných hodnotách modrou barevnost. Osa L^* nemá záporných hodnot a definuje monochromatickou barevnost, kde nulová hodnota je černá a hodnota sto je bílá.



Obrázek 2: Barvový prostor CIELAB (převzato z [9])

Hodnoty L^* , a^* a b^* jsou definovány na základě normalizovaných trichromatických hodnot [8]. Vztah pro výpočet je uveden v rovnicích 5,6,7 a 8 [10].

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - 16 \quad \text{pro } \left(\frac{Y}{Y_0} \right) > 0,008856 \quad (5)$$

$$L^* = 903,3 \left(\frac{Y}{Y_0} \right) \quad \text{pro } \left(\frac{Y}{Y_0} \right) \leq 0,008856 \quad (6)$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} \right] \quad (7)$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{X}{X_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{1/3} \right] \quad (8)$$

V případě rovnic 7 a 8 je-li některý z uvedených poměrů X/X_0 , Y/Y_0 nebo Z/Z_0 (obecně F/F_0) $\leq 0,008856$, je třeba zaměnit výraz $(F/F_0)^{1/3}$ za $7,787 (F/F_0) + 16/116$ [10].

1.2.2. Profily

Profil charakterizuje chování určitého zařízení a je většinou realizován ve formě ICC profilu [2], ICC profily jsou datovým souborem vykonávajícím dvě funkce [11]. První transformace souřadnic barevného kódu (z prostoru závislého na zařízení) do kolorimetrického kódu v PCS (do prostoru nezávislého na zařízení) [2; 8]. Tato první transformace se nazývá dopředná a v tabulkových profilech je označována jako AtoB [9]. Druhá mění kolorimetrický originál (PCS) na barevné podání reprodukčního média do prostoru závislého na zařízení [8]. Tato transformace je nazývána jako zpětná a nese označení BtoA.

Profily zařízení se rozdělují na jednosměrné a obousměrné [2] Jednosměrné profily dokážou převod pouze jedním směrem, a to zejména dopředným převodem AtoB. Tyto profily jsou doménou skenovacích zařízení. Obousměrný profil umožňuje obě konverze, tedy jak dopřednou AtoB, tak zpětnou BtoA.

Dle způsobu výpočtu převodu definujeme profily jako maticové a tabulkové:

Maticové profily

Nejjednodušším způsobem pro převod z jednoho tříkanálového prostoru do druhého jsou maticové profily, které využívají model křivky reprodukce tónu (TRC) [2; 4]. Využívá se hlavně u monitorů, popisuje vztah mezi napětím na elektrodě a vnímaným jasem [12]. Profil je tvořen maticemi o rozměru 3×3 obsahující 9 číslic [11]. Tímto způsobem tak můžeme převádět barvy pouze z tříkanálových prostorů. Jako PCS je zde výhradně využíván barvový prostor CIEXYZ [4]. Tyto profily se využívají zejména v případech, kdy je u zařízení jednodušší charakterizace reprodukce tónu [2].

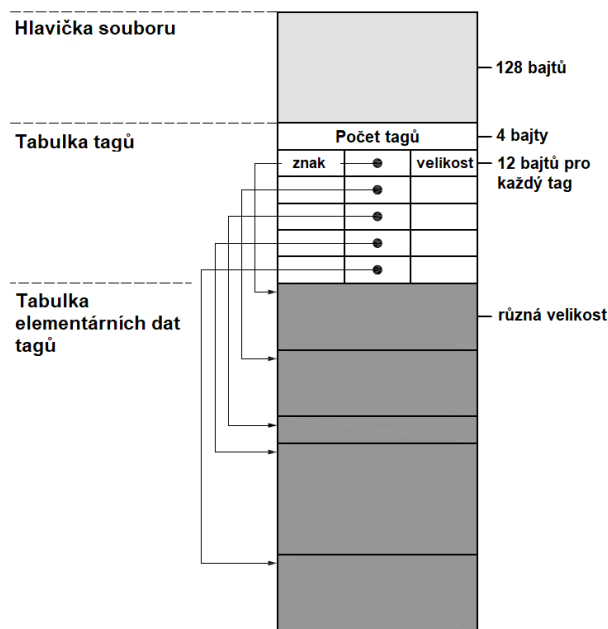
Tabulkové profily

Tabulkové profily se využívají pro přepočítání vyhledávacích tabulek (LUT) [2]. V číslicové tabulce je odpovídající vstupní hodnota přiřazena výstupní hodnotě. Velikost tabulky je limitována počtem barvových bodů, které byly naměřeny při tvorbě profilu, což také limituje přesnost profilu. Na druhou stranu větší množství dat vytváří i větší velikost souboru profilu.

Struktura profilů

Obecně by měl soubor profilu obsahovat jako základní prvky hlavičku, tabulku tagů (značek) a tabulku dat tagů (segmenty značených dat) [4].

Na Obrázek 3 je graficky znázorněn obsah tabulkového profilu. Hlavička souboru by měla obsahovat nezbytné informace, které umožňují přijímajícímu systému správně prohledávat a třídit profil [2; 4]. Mezi tyto základní informace patří například velikost profilu, využitý PCS, barvový prostor dat, preferovaný typ CMM nebo číslo verze profilu [3]. Záhlaví profilu má délku 128 bajtů a obsahuje 18 polí [2]. Každé z těchto polí obsahuje informace o umístění, bitové délce, obsahu a kódování.



Obrázek 3: Tabulkový profil (adaptováno z [13])

Tabulka tagů funguje jako obsah tagů, určuje jaké značky jsou v profilu použity a kde je lze nalézt [2; 4]. Skládá se ze 4 bajtů záznamu, za kterým následuje řada 12 bajtových záznamů s jedním záznamem pro každý tag [4]. Tabulka tagů proto obsahuje $4 + 12n$ bajtů kde n je počet tagů profilu. Každý 12 bajtový tag za informací o počtu tagů je definován po čtyřech bajtech podpisem tagu, offsetu pro definování začátku datového prvku tagu a záznamem identifikujícím délku datového prvku tagu v bajtech.

Tabulka dat tagů popisuje veškerá data popisující dané zařízení. Například data pro nastavení bílého bodu, hodnoty prostoru CIELAB, záměry reprodukce, popis reprodukce tónu (maticové profily) či tabulky hodnot např. pro převod AtoB (tabulkové profily) [2]. První sadu datových prvků tagu musí okamžitě následovat tabulku tagů a všechny datové prvky tagu, musí být vyplněny nejvýše třemi bajty, aby bylo dosaženo hranice 4 bajtů [4]

1.2.3. CMM

Profil barev nemůže obsahovat veškeré barvové hodnoty ve využitých barvových prostorech, je potřeba při správě barev využívat modul správy barev CMM (Color Management Module) [2]. Je to software, který provádí přepočty převodu z a do PCS, pracuje tedy s daty o barvách uložených v profilu zařízení a provádí výpočty na základě vybraného způsobu vykreslení [8; 11]. Různí výrobci nabízejí své vlastní moduly CMM. Těmito výrobci jsou například Adobe, Agfa, Apple, Heidelberg, Kodak, X-Rite [8]. Modul CMM může barvy z nezávislého prostoru CIE XYZ či CIE LAB převést do jiného barvového prostoru a obráceně [8]. Krom toho tyto moduly zajišťují i funkci kompenzaci černého a bílého bodu, možnost úpravy s chromatickou adaptací, renderování, zpětné renderování či mapování barvového gamutu [8].

„Chytré“ CMM

Před zavedením „Chytrých“ CMM, specifikace ICC využívala CMM, kterého funkcí bylo pouze efektivně interpolovat a kombinovat transformace pro specifikovaný záměr vykreslení [14]. Někteří odborníci se však domnívali, že zlepšených transformací by bylo možné

dosáhnout, pokud by profily jednoduše definovaly barevnou charakterizaci zařízení a výpočty pro „nejlepší“ reprodukci by prováděl CMM. Takové CMM jsou často označovány jako „inteligentní“ nebo také „chytré“. Výhodou je, že uživatel je může upravit tak, aby vyhovoval jeho potřebám, a protože transformace barev se počítá v době převodu, je možné ji kombinovat s jakoukoli transformací potřebnou k dosažení vylepšení barvy specifické pro obraz. Avšak protiargumentem je, že získané výsledky jsou vysoce závislé na použitém CMM, což nevyhovuje pracovním postupům.

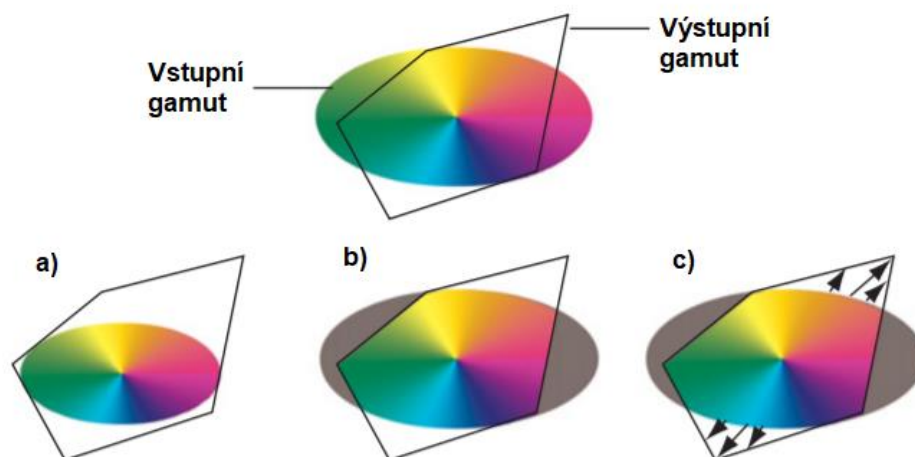
Někteří členové ICC již vyvíjejí inteligentní CMM využívající kolorimetrické tabulky vykreslování v profilu v4 [14]. Pokud se tento vývoj ukáže jako uspokojivý, bude ICC muset rozhodnout, zda je v této oblasti nezbytná aktivita ve snaze nějakým způsobem definovat chování takových CMM, nebo zda je nejlepší ponechat rozhodnutí na prodejcích.

1.2.4. Záměr reprodukce

Každé zařízení má určitý rozsah barevnosti, co se týče reprodukce. Tyto limity nám popisuje gamut a barvy mimo tento gamut nelze reprodukovat [15]. Např. je-li předloha vytvořena na počítači a monitor tohoto počítače má větší gamut, než tiskárna, která se bude používat k tisku, může se stát, že některé barvy tiskárna nebude moci reprodukovat z důvodu toho, že její gamut tyto barvy neobsahuje. V takovém případě je využito záměru reprodukce, který alespoň přibližně barvy reprodukuje dle zvoleného záměru reprodukce.

Vzhledem k tomu, že se obecně gamuty neshodují, ICC v4 stanovuje čtyři záměry reprodukce, které jsou zohledněny pro různé druhy grafiky [4]. Tři z těchto záměrů jsou součástí profilu. Jedná se o media-relativní kolorimetrický, perceptuální a sytostní záměr reprodukce (Obrázek 4). Čtvrtý záměr, ICC-absolutně kolorimetrický je vypočítáván za pomoci modulu správy barev (CMM) z relativně kolorimetrického záměru reprodukce [8].

Při mapování vstupního gamutu do výstupního gamutu může tak dojít ke dvěma dějům [11]. Prvním je komprese, kdy jsou vstupní hodnoty komprimovány do výstupního profilu, kterýžto princip využívají perceptuální a sytostní záměr reprodukce. V druhém případě, dojde k oříznutí gamutu a tento princip je využívám u kolorimetrických záměrů.



Obrázek 4: Záměry reprodukce a) Perceptuální záměr reprodukce
b) Relativní kolorimetrický záměr reprodukce a c) Sytostní záměr reprodukce (adaptováno z [16])

Perceptuální záměr reprodukce

Snaží se o zachování barev jako celku. Zdrojový gamut je zkomprimován tak, aby každá jeho barva byla obsažena v gamutu výstupního zařízení, při čemž jsou zachovány poměry mezi jednotlivými barvami a je doporučován při využití velkého množství barev, které leží mimo gamut cílového zařízení [11]. Obecně se tak tento záměr snaží udržet detaily v celém barevném gamutu za pomoci komprese či exprese dle potřeby na cílový gamut media [5]. Nevýhodou je, že dochází ke změně všech barev a v případě menšího cílového gamutu, kde většina původních barev leží vně tohoto gamutu, je tento převod zbytečný [2].

Ačkoliv podmínky měření pro tento záměr jsou definovány a je podporována zpětná i dopředná transformace, tak vykreslení obsažené v transformaci perceptuálního záměru může být společně s výsledným vzhledem nevyhovující při využití různých perceptuálních záměrů na velmi odlišný gamut referenčního media [11]. Jako řešení v4 se doporučuje využití gamutu s tiskovou pamětí, který popisuje norma ISO 12640-3 v příloze B [17], nazývaný jako perceptuální referenční gamut media [11].

Sytostní záměr reprodukce

Sytostní způsob se nesnaží o zachování přesného barvového odstínu či hodnoty barev, které jsou mimo gamut, ale o zachování sytosti barev [11]. Nejsytější barvy ze zdrojového gamutu jsou tak mapovány na nejsytější barvy cílového gamutu [11]. Barevná reprodukce zde není přesná, a proto se tento záměr doporučuje využívat v případě reprodukce diagramů, grafů či map se znázorněním výšek.

ICC-absolutní kolorimetrický záměr reprodukce

Je určen pro případ, kdy náhled zahrnuje vzhled originálního media a zachovává bílý bod zdrojového media, který je vyjádřen v souřadnicích cílového gamutu [2; 8].

Pokud chceme poukázat na náhled originálního profilu, tak tento záměr poskytuje nejpřesnější kolorimetrickou reprodukci, zejména pokud má náhled představovat vlastnosti cílového media [8]. Což poukazuje na to, že tato metoda je vhodná pro simulaci konečného výstupu na náhledovém či nátiskovém zařízení [2]. Vzhledem k tomu, že je tento záměr vypočítáván pomocí CMM, tak profily v4 mohou podporovat řadu inteligentních CMM funkcí, kde jsou záměry reprodukce počítány v CMM za běhu a výpočet probíhá z hodnot medium-relativního kolorimetrického záměru [8].

Medium-relativní kolorimetrický záměr reprodukce

Na rozdíl od absolutního kolorimetrického záměru se bílý bod zdrojového gamutu posouvá do bílého bodu cílového gamutu a tuto metodu je tak žádoucí využívat při převodu mezi profily při zpracování tiskové zakázky, kde nehrozí větší ztráta detailů [2].

Kolorimetrické záměry všeobecně řeší barvy nacházející se mimo gamut nahrazením nejbližší barvou na okraji gamutu. Způsobů, jakými probíhá projekce barev mimo cílový gamut na okraj cílového gamutu, je velké množství a toto řeší již konkrétní algoritmy. Tento způsob vykreslení umožňuje zachovat velké množství barev zdrojového obrazu a je velmi používán.

Ovlivňující parametry

Při výběru záměru reprodukce je hlavním aspektem, zdali je gamut výstupního media shodný s gamutem reprodukované grafiky. Kolorimetrické záměry se z důvodu využití různých měřících zařízení či CMM liší většinou pouze mírně. U perceptuálních, saturačních záměrů a starších profilů mohou být pozorovány větší rozdíly zapříčiněné definicí černých a bílých hodnot v PCS [8]. Tyto nejasnosti jsou způsobeny zejména kombinací různých profilů od různých dodavatelů. Rozdíly mezi profily budou znatelnější, jsou-li zdrojový a cílový gamut navzájem odlišnější [8].

Dalším parametrem ovlivňující kvalitu je kompenzace černého bodu, kde tuto funkci podporují některé aplikace [2]. Volba kompenzace černého bodu zabraňuje ztrátě detailů ve světlých a tmavých tónech, kdy dojde k pozměnění dynamického rozsahu (mezi zdrojovým a cílovým gamutem profilu).

1.3. Tvorba profilů a správa barev

Prakticky všichni výrobci dodávají k vybranému ať už vstupnímu nebo výstupnímu zařízení generické profily, které popisují průměrnou charakteristiku výrobní série daného zařízení [9]. Tyto generické profily ovšem nepopisují chování konkrétního kusu, a proto se při profesionálním využití nedoporučují [2].

Obecně je prvním krokem při tvorbě profilu kalibrace zařízení, kdy je dané zařízení optimalizováno a jeho výkon je stabilizován [2]. Jednodušeji řečeno, pravděpodobnost úspěšného vytvoření profilu záleží na stabilitě zařízení, tedy takového zařízení, které reaguje na daný podnět stále stejným způsobem [11]. Mění-li se barevná odezva daného zařízení, stává se profil méně přesným. Po stabilizaci zařízení je možné ho optimalizovat, tedy vytvořit stav, kdy bude využit veškerý potenciál daného zařízení, čímž je myšleno využití maximálního dynamického rozsahu a barevného gamutu, při zachování hladké gradace tónů barev [8]. Existují však i případy, kde se záměrně tento maximální potenciál nevyužívá [2].

Následně za využití doporučeného testovacího obrazce (targetu), který je vytištěn na daném zařízení se pomocí příslušného měřícího kolorimetrického zařízení a programu proměří a vyhodnotí tento obrazec a dojde k vytvoření profilu [2]. Testovacích obrazců od různých výrobců je celá řada a liší se kvalitou, cenovou dostupností, množstvím vyhodnotitelných testovacích polí a jejich významem pro dosažení požadované kvality tisku.

1.3.1. Správa barev tiskového zařízení

Výstupní profily lze použít pro stolní zařízení, digitální xerografické tiskárny, velkoformátové inkoustové systémy a konvenční tiskové procesy [15]. Pokud jde o profil ICC, je s těmito zařízeními zacházeno stejně, ale v praxi zjistíme, že pro každý typ technologie existují různé úvahy, jelikož technologie tisku jsou funkčně velmi odlišné a pro každou kategorii tiskáren je nutné zvážit různé aspekty správy barev. V závislosti na tiskovém systému je možné zvážit vytvoření vlastního profilu ICC, nebo použít obecný profil dodaný výrobcem nebo použít standardní profil, kde je nutné, aby bylo zařízení reprezentováno standardizovaným stavem (např. profil FOGRA 51).

Tato kapitola popisuje profily a procesy vyžadované pro správu barev tiskových zařízení se zaměřením na digitální velkoformátové ink-jetové tiskárny.

Obecně ink-jetové tiskárny disponují velmi stabilním tiskem [11], ovšem je řada kalibračních kroků pro zlepšení chování v tiskovém procesu, na kterém je založena následná správa barev [15]. Mezi tyto tiskové podmínky patří nastavení kvality tisku, rozlišení, linearizace (kompenzace nárůstu tónové hodnoty), zarovnání tiskových hlav či specifikace potiskovaného materiálu [2]. Pro jednotlivá nastavení by pak měl být vytvořen samostatný profil, ovlivní-li se těmito nastaveními výsledný tisk. Co ale nelze zanedbat, je vliv změny inkoustu či potiskovaného materiálu, což úzce souvisí i s množstvím použitého inkoustu [2].

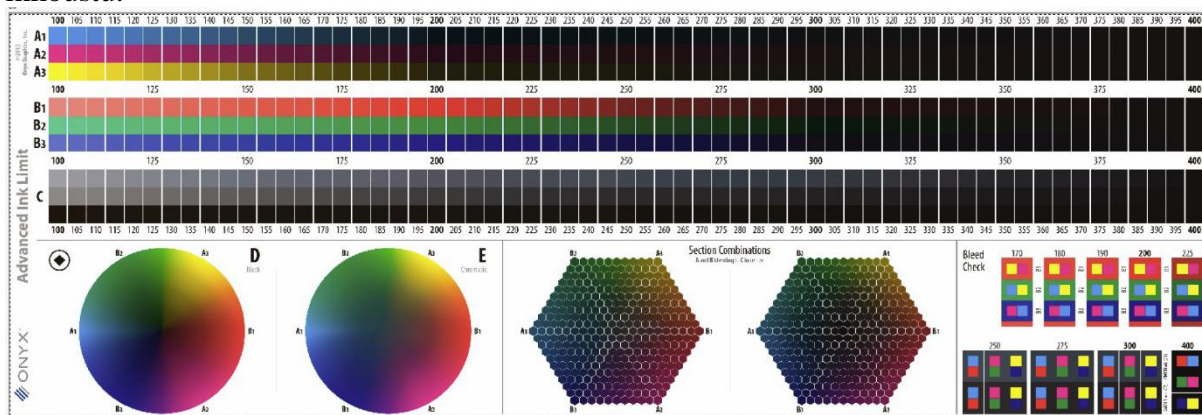
Limit využitého inkoustu

Je získán součtem hodnot barev tiskového stroje, např. maximální možná hodnota pro tiskový proces CMYK je $100\% C + 100\% M + 100\% Y + 100\% K = 400\%$ [15]. V ink-jetovém tisku slouží k zabránění zvlnění substrátu a propíjení inkoustu [15]. Omezení inkoustu se používá ve fázi kalibrace pro inkoustové systémy a snižuje výstup různých kanálů z jejich maximálního výkonu 100% pokrytí inkoustem na nižší počet, který se může pro každý kanál lišit, v závislosti na typu inkoustu a média se hodnoty pohybují mezi 50 až 80 %. Je tedy nutné při nastavování si uvědomit vlastnosti materiálu. Například méně kvalitní papír pojme více inkoustu, než kvalitní fotopapír s hladkým povrchem [15].

Na Obrázku č. 5 je vyobrazen testovací obrazec využívaný programem Onyx Media manager. Zdroje uvádějí dva různé pohledy na nastavení limitu inkoustu.

Prvním je chromatické nastavení limitu inkoustu doporučováno přímo nápovědou Onyx Media Manageru. Tato metoda požaduje nastavení limitu inkoustu testovacích řad A1-A3, B1-B3 a C na hodnoty tak, že je vybrána hodnota, která ještě vykazuje určitou barevnost a nejlépe reprezentuje požadovanou barvu.

Druhou metodou je maximální nastavení limitu inkoustu dle fóra Sign 101 [18]. V tomto nastavení jsou parametry A1-A3, B1-B3 a C nastaveny tak, že se určí hodnota maximálního tištěného pole, které ještě nevykazuje defekty způsobené použitím nadměrného množství inkoustu.



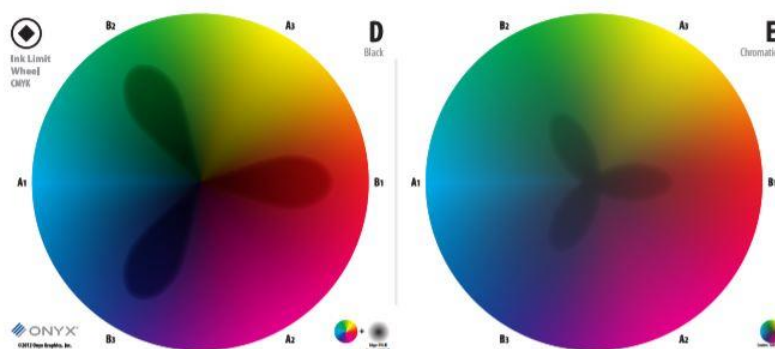
Obrázek 5: Onyx Rozšířený testovací obrazec pro limit inkoustu (převzato z [18])

Obrazce D a E (slouží pro nastavení černé a chromatické černé [19]). Pokud je nastaveno příliš nízké množství inkoustu jsou v obrazci viditelné bílé artefakty ve tvaru lodního šroubu. V tomto případě je doporučováno navýšení hodnoty D o 15 % (pro nastavení černé K) a hodnoty E o 5 % (pro nastavení CMY černé). Dokud artefakty úplně nevymizí. Je-li naopak přebytek barvy, jedná se o tzv. „ink bleeding“ a je nutné naopak hodnoty snížit D o 15 % a E o 5 % a jeho projevem jsou černé artefakty ve tvaru lodního šroubu, které jsou vyobrazeny na Obrázek 6.

Kontrolní obrazec Selection combination (Obrázek 5) by měl vykazovat plynulé přechody chromatického šestiúhelníku [19]. Chyby se mohou vyskytovat při zaznamenání velmi tmavých polí v určité části kruhu, které mohou detekovat příliš vysoký limit inkoustu v jedné ze sekcí A a B. Nežádoucí artefakty na vnějších stranách šestiúhelníku pak mohou vykazovat defekty, které mohou být způsobeny nesprávným nastavením limitu inkoustu. Pokud se v prostřední části projevuje desaturace je nutné navýšit hodnotu parametrů D a E.

Poslední obrazec je pro kontrolu nadměrného množství inkoustu „ink bleedingu“ [19], které se projevuje roztékáním inkoustu na potiskovaném médiu.

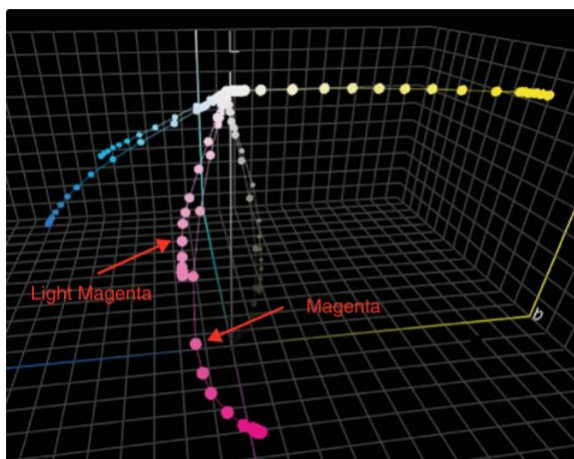
Problémy mohou být způsobeny omezeními inkoustu [19], je tedy potřeba se v některých případech vrátit v kalibraci zpět a přehodnotit nastavení.



Obrázek 6: Defekty v nastavení limitu inkoustu pro černou a chromatickou černou (převzato z [19])

Ztráta lineárního charakteru inkoustu

Ztráta lineárního charakteru inkoustu v tmavých tónech z anglického „hooking“, je defekt inkoustu, ke kterému dochází ve vyšších koncentracích a vyznačuje se změnou barevnosti daného inkoustu [15]. V prostoru CIELAB je tato změna pak viditelná změnou lineárního charakteru (světlejších tónů) měřené barvy, kdy ve tmavých tónech jsou viditelné „háčky“ způsobené vyšší koncentrací inkoustu, které se posouvají do jiného odstínu, viz Obrázek 7 [15]. I přesto, že dochází k ohybu dat, tato vyšší koncentrace inkoustu i tak ovlivňuje velikost gamutu, tedy snížením limitu inkoustu by se mohla ovlivnit i jeho velikost. RIP i profilovací softwary však nabízejí nástroje pro omezování inkoustu, které řeší problém hákování před tiskem samotného testovacího obrazce [15].



Obrázek 7: Ztráta lineárního charakteru inkoustu v tmavých tónech (převzato z [15])

Rozdělení inkoustu

Většina inkoustových zařízení používá pro každý kanál dva inkousty, jeden světlý a druhý normální. Rozdělení tisku mezi světlý a normální inkoust lze ovládat pomocí dialogu v RIP [14]. Aby bylo možné vyhodnotit barvu vytvořenou světlými inkousty, je doporučováno provést analýzu v prostoru CIELAB, kde je možné zpozorovat, že všechny barvy světlých inkoustů jako je světle azurová, světle purpurová a světle černá ve srovnání s normálními inkousty mají menší chromu [15]. U vícebarevných tiskáren se však nejedná pouze o světlé tóny, ale i jiné rozšiřující barvy, kde je třeba při tvorbě profilu využít plug-inu pro rozšíření základní aplikace pro tvorbu profilu [2].

Nastavení média

Tuto možnost poskytují některé ovladače a obsahují hlavně různá média doporučená výrobcem tiskárny [11]. Tento parametr ovlivňuje hlavně množství inkoustu a generování černé barvy a někdy i algoritmus rastrování [11].

Doba schnutí

Často opomíjeným faktorem je doba schnutí, kterou inkousty potřebují pro své úplné zaschnutí a tím i barevné ustálení inkoustu [11]. Nejjednodušší způsob zjištění stability barvy tisku je doba, kdy rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími tisky bude nulový či zanedbatelný.

Nastavení rozlišení

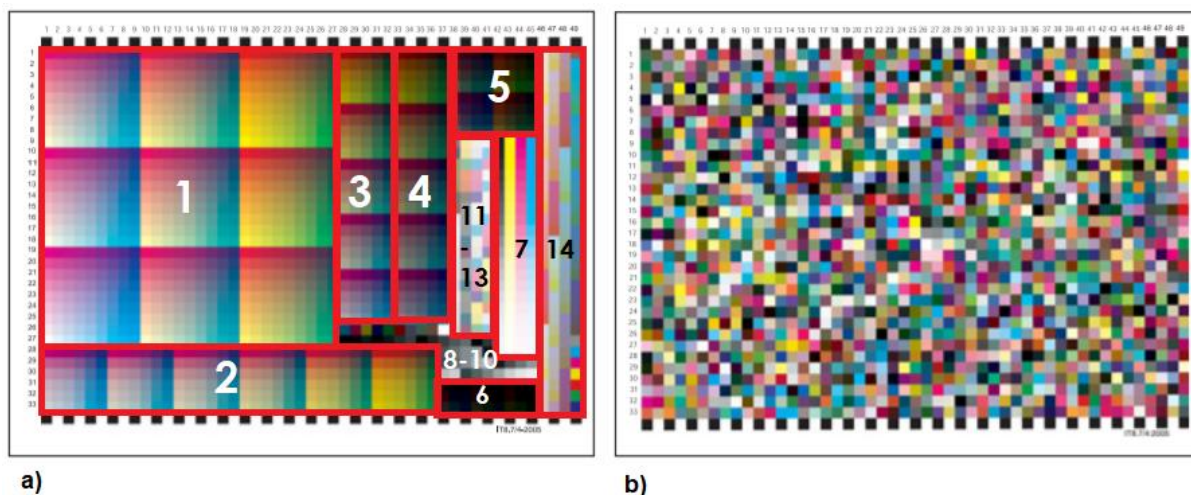
Většina inkoustových tiskáren je z hlediska nastavení různého rozlišení poměrně konzistentní [11], což ale neznamená, že to platí pro všechny tiskárny. Je tedy potřeba provést kontrolu, tu je možné provést vytisknutím testovacího obrazce profilu při různém rozlišení. Tisky se pak vzájemně porovnají na základě změřených hodnot. Je-li průměrná hodnota ΔE_{ab} větší než jedna, nebo maximální hodnota překračuje 6, je příhodné vytvořit profil pro každé rozlišení zvlášť.

Testovací obrazce pro vytvoření profilu

V charakterizaci je studován tiskový proces tiskem na dané tiskárně a dochází zde k měření testovacího obrazce, což je digitální soubor (obvykle ve formátu TIFF), obsahující známé hodnoty (obvykle CMYK, ale může to být také RGB nebo, například CMYK + oranžový +

zelený pro vícebarevné tiskárny) [15]. Nejpřesnější způsob, jak studovat odezvu tiskárny, by bylo vytisknout a změřit každou kombinaci CMYK, což by však bylo časově vysoce náročné, a proto jsou měřeny testovací obrazce, které obsahují podmnožinu kombinací CMYK [15]. Kvalita profilu tiskárny bude záviset na tom, jak dobře je modelováno míchání tiskových barev a na přesnosti tabulky pro vyhledávání barev. K dispozici je několik typů testovacích obrazců [15]. Proto jsou zde poukázány problémy spojené s výběrem, tiskem a měřením testovacího obrazce tiskárny.

Řada IT 8.7. poskytuje testovací obrazce pro více druhů profilování. Testovací obrazce IT 8.7/1 (průhledný materiál) a IT 8.7/2 jsou vytvořeny pro profilování skenerů [15]. IT 8.7/3 a IT 8.7/4 jsou určeny pro tiskové stroje. IT 8.7/3 je jakýmsi předchůdcem IT 8.7/4, který je určený pro charakterizaci CMYK tiskárny. Spodní část obrazce nazývaná se základní sada má 182 obrazců. Rozšířená sada těchto obrazců má 928 obrazců a obsahuje oblasti, které se věnují charakterizaci hodnot CMYK, přetisků i plných barev. IT 8.7/4 je aktualizovanou verzí IT 8.7/3, která je rozšířena na celkových 1617 polí. Poskytuje tak lepší vzorkování barevného prostoru právě zvýšením počtu vzorkovacích bodů, kde změny zahrnují více vzorků na dolním a horním konci jednobarevné stupnice. IT8.7/4 1617 CMYK (Obrázek 8) je doporučován pro všechny tiskové procesy včetně ofsetového tisku, tisku obalů hlubotiskem a flexotiskem a ofsetovým tiskem. Je též používán pro xerografii, inkoustové (i velkoformátové) tiskárny a nátiskové stroje. IT8.7 / 4 je popsána mezinárodní normou ISO 12642-2, která dopodrobna popisuje přiváděný signál CMYK jednotlivých polí na tomto obrazci [20]. Nejnovější verzí je ITC8.7/5 1617x, kde bylo 29 duplicitních testovacích polí na obrazci nahrazeno 29obrazci ve stupních šedi.



Obrázek 8: a) Vizualní a b) náhodně uspořádaná charakterizace Testovacího obrazce IT8.7/4 (adaptováno z [15])

Testovací obrazce jsou dodávány ve „vizuální“ a „náhodné“ verzi, jak je vidět na obrázku č. 8 testovacího obrazce IT8.7/4 [15]. To má svůj důvod, inkoustové tiskárny jsou navrženy tak, aby tiskly neustále se měnící hodnoty pixelů a když budou k tisku uloženy relativně velké oblasti fixních kombinací inkoustu, mohou se vyskytnout problémy s přebytkem či nedostatkem inkoustu v některých plochách. Aby se předešlo těmto problémům, dosahuje se náhodným rozmístěním barvových polí rovnoměrného nanášení inkoustu v každé barvě. Hodnoty barvových ploch jsou tedy mezi vizuální a náhodnou verzí obrazce stejné, změní se pouze rozvržení [11]. Avšak „náhodné“ rozvržení není zcela náhodné, ve skutečnosti jsou zakódované hodnoty a umístění každého barvového pole pečlivě zváženy [15]. Problémem v takovémto uspořádání je to, že je obtížné najít konkrétní plochy pro analýzu, ale i tento

problém má své řešení, protože všechny softwary mohou změnit uspořádání ploch a zobrazit naměřená data ve snadno srozumitelném vizuálním formátu, bez ohledu na použitý testovací obrazec. Pro představu, co takový testovací obrazec obsahuje, je zde popis jednotlivých polí testovacího obrazce IT8.7/4 uveden v Tabulka 1 [21]

Tabulka 1: Popis testovacího obrazce IT8.7/4 [21]

Číslo oblasti	Počet polí	Funkce
1	729	Pole bez černé obsahující kombinace CMY s 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 55%, 70%, 85% a 100% pokrytím.
2	216	Pole s přídavkem 20% černé s kombinací CMY s 0%, 10%, 20%, 40%, 70% a 100% pokrytím.
3	125	Pole s přídavkem 40% černé s kombinací CMY s 0%, 20%, 40%, 70% a 100% pokrytím.
4	125	Pole s přídavkem 60% černé s kombinací CMY s 0%, 20%, 40%, 70% a 100% pokrytím.
5	64	Pole s přídavkem 80% černé s kombinací CMY s 0%, 40%, 70% a 100% pokrytím.
6	27	Pole 100% černé s kombinací CMY s 0%, 40%, 70% a 100% pokrytím.
7	80	Pole C, M, Y a K s plošným pokrytím 100%, 98%, 95%, 90%, 85%, 80%, 75%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 7%, 5%, 3% and 2% (stav nárůst tónové hodnoty)
8	1	Barva substrátu
9	37	Pole s neutrální šedou (CMY) a černou přetiskem 0%, 10%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%. (pro kontrolu vyvážení šedě)
10	9	Pole s primárními barvami a 70% černou (kompatibilní s normou ISO 12642)
11	11	Pole se všemi kombinacemi CMY 0% and 3% (bez opakování polí v oblasti 1 a 7)
12	11	Pole se všemi kombinacemi CMY 0% and 7% (bez opakování polí v oblasti 1 a 7)
13	50	Pole se všemi kombinacemi CMY 0%, 3% a 40% (bez opakování polí v oblasti 1, 7, 11 a 12)
14	132	Pole s kombinací CMY a 10% černé.

ECI 2002 je další náhradou pro testovací obrazec IT8.7 / 3 [15]. Stejně jako IT8.7/4 a IT8.7/5 obsahuje všech 928 barvových polí dle současné normy ISO 12642 [15; 22; 23]. Tabulka testovacího obrazce Evropské barevné iniciativy (ECI) obsahuje 1485 polí, kde tento testovací obrazec je doporučován pro profilování tiskárny a podporován velkým množstvím dodavatelů měřících zařízení [15; 23].

RGB testovací obrazce nejsou prozatím pro tiskové stroje standardizovány, a proto každý systém využívá svůj vlastní testovací obrazec [11].

Tisk testovacího obrazce

Zařízení, jako jsou inkoustové tiskárny a nátisková zařízení, lze klasifikovat jako tiskárny RGB, CMYK nebo polotónové.

U **Tiskáren RGB** je možné tisknout pomocí ovladače tiskárny z dat RGB. Uživatel tiskne přímo z podporované aplikace a ovladač tiskárny provede převod z RGB na dostupné inkousty. Poté provede tisk obrázku pomocí inkoustové sady tiskárny [15]. V tiskovém režimu RGB se konfigurace tiskárny provádí prostřednictvím dialogů ovladačů tiskárny a tiskový stroj výrobce „řídí“ tiskový proces [15]. Existují i varianty, kde se nevyužívají samotné ovladače tiskárny, ale místo toho se využívání knihovny ovladače RGB [15].

Pro tisk na **tiskárně CMYK** je využíván software třetích stran RIP (Rastr Image Procesor). V tomto softwaru se provádí některé linearizační a kalibrační operace před předáním dat do knihovny k tisku [15]. Knihovny tiskáren spravují zbývající část procesu, včetně rozdělení inkoustů na světlé kanály a použití dalších inkoustů. Mezi tyto softwary patří například EFI Fiery XF, ONYX, Kodak Prinergy nebo Esko Automation Engine.

Další možností jsou **tiskárny se světlými inkousty**, např. označení **CMYKLeLm**, říká, že kromě inkoustů plně sytých tónů jsou tiskové barvy doplněny o světlé tóny azurové a purpurové [24]. To dává možnost tiskovému stroji zvýšit kvalitu, což se projevuje omezením viditelnosti tiskových bodů, vyšší plynulostí barvových přechodů a vysokou barvovou věrností. U **těchto tiskáren** většinou řídí proces tisku plně software RIP a to celý, včetně řízení tiskových hlav až do konce tisku [15]. Tedy RIP převede obraz do rastrových bodů, rozdělí inkousty mezi světlými a plnými barvami a mapuje barvy na další inkousty, jako je CMYKOG, CMYKRGB (vícebarevný tisk). Nastaví rozlišení tisku a dá inkoustovým hlavám pokyn k nanesení různých množství inkoustu s ohledem na potiskované médium [15]. Tiskárny řady HP Latex řeší tuto situaci jinak [25]. RIP obstarává správu barev, záměr reprodukce a převod obrazu na tiskové body v CMYK. Po převedení tohoto obrazce do tiskového stroje jsou tiskovým bodům přiřazeny hodnoty CMYKLeLm.

Je důležité, aby použitý režim i rozlišení bylo stejné mezi profilováním a tiskem, jinými slovy stejný režim by měl být použit pro tisk testovací tabulky i následného tisku [15]. Tisk testovacího obrazce je ze souboru TIFF a je důležité jej tisknout bez správy barev či jiné automatické korekce. Během tisku testovacího diagramu je totiž snahou zaznamenat výchozí chování barev zařízení.

Měření testovacího obrazce

Po vytištění obrazce je třeba zkontrolovat několik věcí [15]. Zda jsou na obrazci značky pro hardware k nalezení a rozpoznání ohraničení testovacího obrazce a nebyly například tiskárnou ořezány. Velikost grafu by se neměla během procesu tisku úmyslně měnit a velikost měřených polí nesmí být menší než požadované minimum, které je specifikováno měřícím zařízením.

Jako měřící zařízení se využívají kolorimetry nebo spektrofotometry, nejlépe ty, které jsou podporovány využívaným softwarem pro tvorbu profilu [15]. Ruční přístroje jsou doporučovány spíše pro bodové měření menšího množství polí na testovacím obrazci [11]. XY plotry jsou praktičtější a pohodlnější vzhledem k tomu, že měření celého testovacího obrazce probíhá automaticky. Proužkové čtečky na rozdíl od XY plotrů vyžadují lidskou interakci, ale i tak pro měření profilovacích obrazců jsou rychlé a efektivní.

Norma ISO 13655 stanovuje, jak má být prováděno měření barev a výpočty pro použití v polygrafii [4]. ISO 13655 vyžaduje, aby geometrie měření byla buď 0:45 nebo 45/0, aby do výpočtu trichromatických hodnot (viz kapitola 1.2.1 str.15) byl dosazován standardní 2° pozorovatel a dle potřeby bylo možné využít pozorovací podmínky M0, M1, M2 nebo M3.[4]

Pozorovací podmínky M0 využívají jako zdroj záření žárovku, kde relativní rozdělení spektrální energie blízké standardnímu zdroji A s teplotou chromatičnosti 2856 K (tato teplota nezahrnuje UV záření, a tedy i nejsou pozorovány vlivy s ním spojené [26]). Rozsah měření musí být 400-700 nm.

Pozorovací podmínky M1 využívají zdroje záření pro měření, které by měly odpovídat D50, s teplotou chromatičnosti 5000 K [26], Z této normy ovšem při profilování vyplívají určité potíže, co se týče použitého skutečného zdroje osvětlení pro fluorescenční vzorky např. LED žárovky, kde v praxi mnoho přístrojů skutečně takovéto záření neposkytuje a tím pádem je obtížné získat správný postup takového měření [27].

Pozorovací podmínky M2 nemají přesně definovaný zdroj záření, ale využívá rozsahu měření vlnových délek od 400 nm do 700 nm [26]. Tato podmínka je stanovena z důvodu zamezení fluorescence opticky zjasňujících prvků, kde naměřené záření neobsahuje pod 400 nm žádnou intenzitu.

Norma ISO 13655 umožňuje využití jak černé, tak i bílé standardizované podložky [26]. Bílou podložku je doporučováno využít při substrátech, které nevykazují dokonalou opacitu, protože černá by mohla následně zkreslovat výsledky měření. Černé podložky je tedy využíváno pro plně opacitní substráty.

Taktéž je ICC doporučováno odstranění možnosti polarizačních filtrů u měřících přístrojů, kde tato volba existuje [19]. S tím souvisí i to, že by tisku měla být poskytnuta potřebná doba k zaschnutí a vyvarovat se tak problémům s odlesky ještě nezاسchnuté barvy [27].

Na měření profilu má zásadní dopad uniformita tiskárny a chyba měření. Oba tyto faktory se dají minimalizovat. Jak se uvádí v literatuře [27], i přes to, že je měřené tiskové zařízení kalibrováno, může dojít v průběhu času k určitým odchylkám, proto by měl ideální profil odrážet střední hodnotu tvořenou měřeními několika výtisků během přiměřeného časového rozhraní. Mohou nastat také chyby, které mohou být způsobeny chybou obsluhy nebo špatnou opakovatelností přístroje. Aby jim bylo zabráněno ICC doporučuje též vytvořit profil z několika měření každého testovacího obrazce. Počet měření se následně odvíjí od druhu tiskového zařízení.

Po naměření dat je doporučováno tyto data ukládat. Mohou být pak následně využita k předělání profilu, úpravě generování černé barvy či analyzování gamutu [15].

Vytvoření profilu

O tvorbu profilu se následně stará systém pro vytváření profilu [15]. Ten provádí poměrně velké množství úkonů. Je třeba podle pokynů v programu profilování postupovat krok za krokem. V závislosti na použitém programu existuje řada možností nastavení generování černého kanálu, který obvykle zahrnuje procesy, jako je záměna stupňů šedi (Gray Component Replacement - GCR), záměna barev CMY za černou (Under Color Removal - UCR), limit černé barvy a samostatnou položkou je také nastavení kvality.

Většina výrobců nabízí výchozí nastavení pro černý kanál, takže pro průměrné požadavky je možné jednoduše použít výchozí hodnoty [15]. Pro porozumění této problematice je potřeba vědět, že každý tiskový inkoust (CMY) ovládá třetinu spektra a teoreticky tedy mají všechny tři tiskové barvy pokryté celé spektrum. Většina tiskových barev však obsahuje pigmenty nebo barviva, která nemají dokonalá absorpční spektra a tím pádem není možné jimi vytvořit čistě

černou barvu. Černá barva se tedy využívá ke snížení přiváděného množství procesních barev (CMY) a jejich nahrazení „ekvivalentním“ množstvím černého inkoustu, což zajišťuje menší barvovou spotřebu a lepší kvalitu černých ploch.

Tabulky nemusí obsahovat přímo naměřené body, ale hodnoty v tabulkách jsou vypočteny [11]. Například z profilovacího obrazce o 875 barvových polích může být vytvořena tabulka AtoB obsahující pouze 17 hodnot, které jsou tím pádem spjaty se čtyřmi hodnotami CMYK a třemi hodnotami CIELAB barvového prostoru. Z tabulek je následně nutné při dalším tisku chybějící hodnoty vypočítávat a procesu matematického výpočtu se říká interpolace. Pokud bude hodnot ve vyhledávacích tabulkách málo, může dojít k nepřesné reprodukci barev [15]. Zvýšením množství hodnot ve vyhledávací tabulce je tedy navýšena i přesnost a plynulost transformace, je však také nutné počítat s následným zvětšením profilového souboru [11; 15].

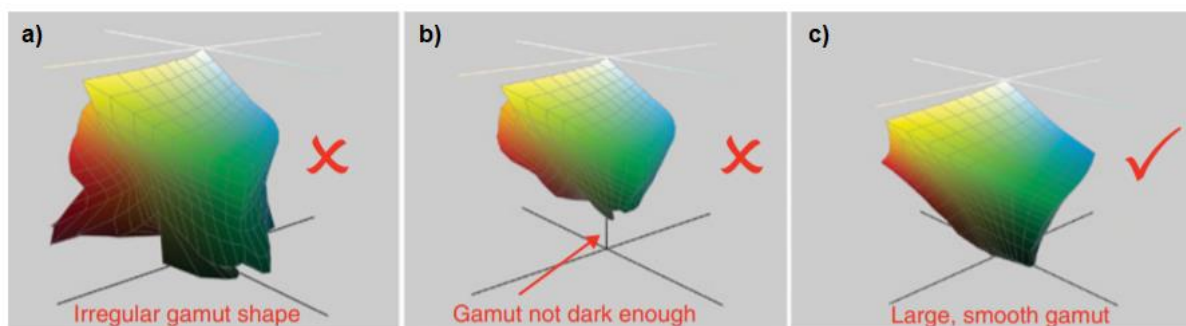
1.4. Testování kvality profilů

Jakmile je profil vytvořen, je ještě před vypuštěním tohoto profilu do výrobního procesu příhodné zkontrolovat jeho kvalitu na základě měření a vizuálního pozorování [15]. Testování kvality profilů tak může být rozdělováno do dvou částí. První částí je subjektivní testování, které je založeno na subjektivním pohledu daného pozorovatele a v některých případech se může lišit [11]. Na druhou stranu objektivní hodnocení kvality profilu je založeno na čistě matematických výpočtech [11].

1.4.1. Subjektivní testování

Kontrola gamutu LUT tabulky

Ke kontrole gamutu vyhledávací tabulky dochází za pomoci třidimenzionálního zobrazení a jsou vyhodnocovány okrajové části 3D modelu, který by měl být hladký a nevykazovat zlomy či prohlubně [15]. V opačném případě tyto vady zaznamenávají chybu měření testovacího obrazce, jak je vidět na Obrázek 9 b. a c. gamutu profilu. Obrázek 9 b. znázorňuje chybu, kdy při tvorbě profilu nebyly naměřeny hodnoty velmi tmavých polí. Správný vzhled gamutu je zobrazen na obrázku 9 c. který má potřebnou hladkost a dynamický rozsah.



Obrázek 9: Kontrola gamutu a) nesprávný tvar gamutu b) gamut není dost tmavý c) velký a hladký tvar gamutu (adaptováno z [15])

Grangerova duha

Je kontrolní obrazec, který je možné vytvořit za pomoci programu Adobe Photoshop, nebo jakýmkoliv dalším programem, který vytváří rastrovou grafiku [11]. Horizontální přechod je vytvořen za pomoci duhového přechodu a vertikálně je vytvořena vrstva přechodu z bílé do černé tak, aby obě vrstvy prosvítaly vzájemně [28]. Na Obrázku 10 je vidět Grangerova duha,

ta by měla vykazovat hladké přechody mezi chromatickým i achromatickým přechodem [11]. Tento test zobrazuje nedostatky dané reprodukce zařízení a je možné jím snadněji zjistit problémy v reprodukci. V duze se mohou zobrazit určité nedostatky dané reprodukcí, anebo profilem, v některých případech je dobré o těchto nedostatcích reprodukce alespoň vědět a v nejlepším případě je odstranit. Častými nedostatky může být mapování, neplynulé přechody, nebo i chybějící barva nebo část barvy v přechodu.

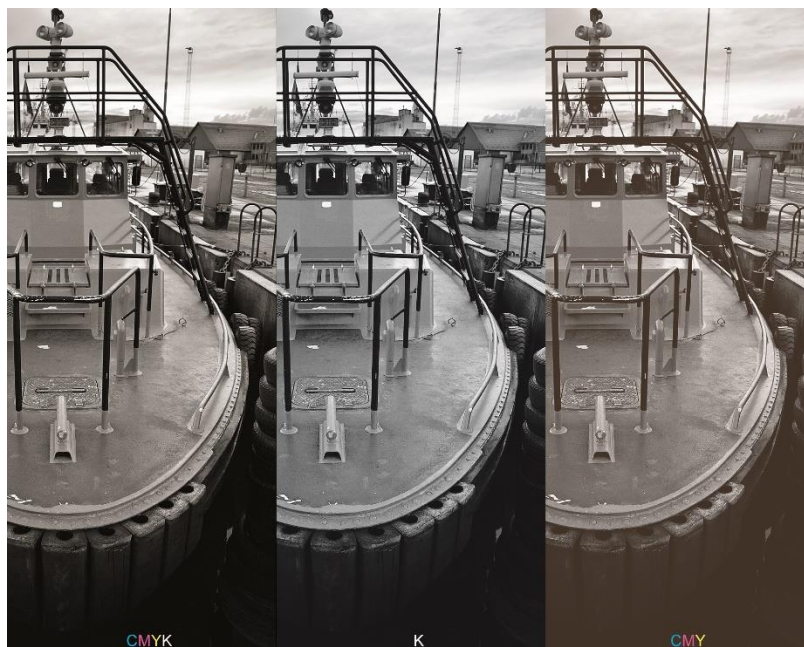


Obrázek 10: Grangerova duha

Volně dostupné kontrolní obrazce

Krom tvorby či využití softwaru pro kontrolu kvality profilu je možné využít i volně stahovatelné testovací obrazce. Ty jsou například dostupné na stránkách Hutch Color, kde je možné stáhnout i obrazce pro objektivní testování [27]. Příkladem takovýchto testovacích obrazců může být CMYK Pecker (se zaměřením na kontrolu C, M, Y a K barevnosti, černé inkoustu a GRC), nebo HSC Screen test 3 porovnávací stupně šedi ve CMYK, K a CMY od PIA a GAFT doplněné o přídatné kontrolní obrazce. Též jsou dostupné testovací obrazce od UGRA/FOGRA, které nabízejí širokou škálu měřitelných parametrů.

Dalším přínosným obrazcem je Grey Boat (Obrázek 11). Tento obrazec obsahuje 3 černobílé obrázky lodi. První obrazec reprodukuje stupně šedi za použití CMYK, druhý za použití K a třetí za použití CMY. Ideálním stavem je, aby všechny tyto obrazce vykazovaly stejnou barevnost.



Obrázek 11: Testovací obrazce Grey Boat (převzato z: [29])

Kontrolní obrazce od dodavatelů

Kontrolní obrazce mohou být také dodávány společně s programem pro tvorbu profilů, případně i s měřicími zařízeními [15]. Například X-Rite i1Profiler nabízí testovací set obrazců pro kontrolu profilů.

Kontrolní obrazce ISO 12640-2

Tato norma obsahuje data, jak pro subjektivní, tak i pro objektivní posouzení RGB nebo CIEXYZ [30]. Obsahuje přirozené a syntetické obrázky. Přirozenými obrázky jsou myšleny fotografie zátiší, portrétů a krajiny. Syntetické obsahují grafy, 2D a 3D počítačovou grafiku a testovací obrazce pro objektivní testování.

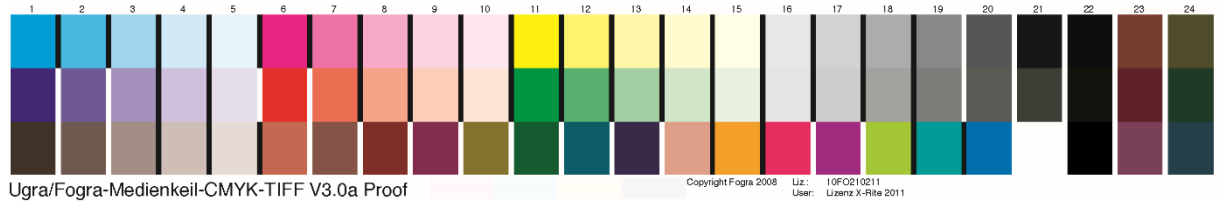
Kontrolní obrazce CMYK z normy ISO 12640

Obsahují stejně jako v normě ISO 12640-2 přirozené a syntetické obrazce. Je možné v rámci ní vyhodnotit reprodukci tisku subjektivně a objektivně z reprodukce dat vycházející z hodnot CMYK [17]. Snímky v normě také obsahují dvě různé hodnoty nastavení ISO. To dává možnost tu stejnou scénu vyfotografovat v kratším čase. Vyšší ISO ovšem způsobuje nežádoucí nižší kvalitu snímků a někdy i patrný šum [31].

1.4.2. Objektivní testování

K objektivnímu testování dochází za pomoci měřicího zařízení a standardních měřicích podmínek. Jsou měřeny barvové odchylky od požadovaných hodnot a dochází k jejich vyhodnocení.

Fogra Media Wedge V3.0a

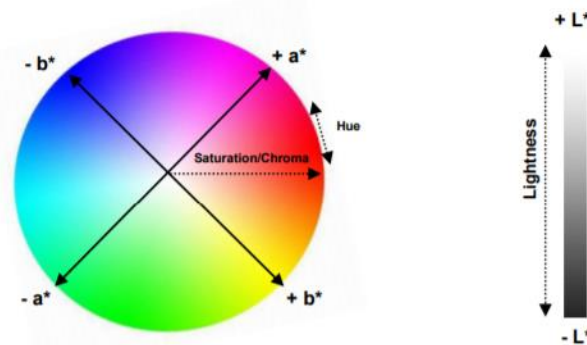


Obrázek 12: Fogra Media Wedge V3.0a

Kontrolní obrazec (Obrázek 12) je určen pro měření při podmínkách měření D50, 2° pozorovatel, bílá podložka, bez využití filtrů, což znamená bez UV nebo polarizačních filtrů s využitím dat ve formátu PDF/X [32]. Tolerance přesností barvy je doporučováno stanovovat pomocí normy ISO 12647/7.

Měření

Mezi běžně využívané barvové odchylky patří ΔE_{ab} (dle CIE 76 definuje vzdálenost mezi dvěma body reprezentující barvy [26]), dále odchylka měrné světlosti, odchylka chromy (měrné čistoty barvy) a odchylka odstínu (Obrázek 13) [33]. V rovnicích 9, 10, 11, 12 a 13 [26] jsou ukázány výpočty těchto odchylek z hodnot barvového prostoru CIELAB.



Obrázek 13 Prostor CIELAB a vyhodnocované parametry měrná světlost (Lightness), Chroma a odstín (Hue)

(převzato z [33])

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (9)$$

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2} \quad (10)$$

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (11)$$

$$\Delta H_{ab}^* = \sqrt{(\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2 - (\Delta L^*)^2} \quad (12)$$

ΔL^* – změna měrné světlosti

a^* – pozice na ose a v barvovém prostoru CIELAB

b^* – pozice na ose b v barvovém prostoru CIELAB

ΔC_{ab}^* – změna chromy

ΔH_{ab}^* – změna odstínu

h_{ab} – úhel, který zaujímá odstín v prostoru os a^* a b^*

Prostor CIELAB je neuniformní, proto je ISO doporučováno namísto ΔE_{ab} použít ΔE_{00} (matematically rozšířený, viz rovnice 13), zejména pro stanovení barevného rozdílu při hodnocení v průmyslového odvětví. ΔE_{00} mění L^* v závislosti na jasů rozsahu hodnot barev [25] a vytváří mezi odchylkami jednotlivých barev uniformitu. Rovnice je dle normy ISO 13655:2017 popisována v následujícím tvaru:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)} \quad (13)$$

$L' = L^*$; $b' = b^*$;

$\Delta C'$ – transformovaná změna chromy

$\Delta H'$ – transformovaná změna odstínu

k_L , k_C a k_H – parametrické faktory

S_L , S_C a S_H – váhové funkce

R_T – rotační funkce

Pro vyhodnocování měření je možné použití volně dostupných nástrojů, které budou časově náročnější nebo investovat a zakoupit programy s různými druhy nástrojů. Například Color Think 2 nebo Chromix Color Think Pro má schopnost vytvářet a upravovat profily, porovnávat transformace vstupů, výstupů, hlavní charakteristiky vytváření profilů, gamuty a měřit posuny parametrů [34]. K dispozici je též spousta bezplatných softwarů, užitečných zdrojů dat a informací pro testování profilů. Například inspektor profilů ICC, který ukazuje úplné informace o profilu a je k dispozici na webových stránkách ICC [35; 11]. Tento program však slouží spíše informativně a je použitelný zejména pro kontrolu správnosti profilu. Druhým příkladem freewaru je ColorLab od X-Rite. Ten nabízí širokou škálu nástrojů, možností úprav, kalkulačku pro kolorimetrické výpočty a mnoho dalších funkcí. V tomto případě se porovnávací funkce používá k řízení transformací. Program porovná naměřené hodnoty s předpovězenými hodnotami profilu a vypočítá ΔE_{ab} . Kromě toho je schopen zvýraznit hodnoty s nejvyšší odchylkou barev, kde je možné vizuálně posoudit, ve kterých hodnotách barev se vyskytuje největší problém.

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1. Experimentální přístroje

HP Latex 335

Tiskárna Hp Latex 335 (Obrázek 14) je velkoformátová digitální inkoustová tiskárna se sedmi tiskovými kazetami (černá, azurová, světle azurová, světle purpurová, purpurová, žlutá, HP Latex Optimiser), s maximálním rozlišením 1200×1200 dpi [36].

Opakovatelnost tisku udávaná výrobcem je v 95% měřených barev průměrná $\Delta E_{00} \leq 2$ u 5% může odchylka dosahovat hodnot $\Delta E_{00} \geq 2$ [32]. Tyto výsledky pocházejí z měření testovacího obrazce o 943 polích podle normy CIE pro osvětlení D50 a v souladu s normou CIE DE2000 podle návrhu normy CIE DS 014-6/E:2012 [36].



Obrázek 14: Tiskárna HP Latex 335 (převzato z [36])

Tiskárna HP Latex 335 je vhodná k tisku materiálů, jakou jsou bannery, samolepící vinylové folie, folie, papír, tapety, plátna, syntetické materiály (tkanina, síťovina, textilie a jiné porézní materiály, které vyžadují podkladovou vrstvu) o maximální šířce 1625 mm (netisknoucí oblast je ze všech stran 5 mm) [36].

Veškeré další informace o nastavení tiskárny jsou obsaženy v uživatelské příručce, která také obsahuje návody pro kalibraci a profilování tiskárny [37]

X-rite i1 Publish Pro 2 a X-Rite i1iO

Sada i1 Publish Pro 2 obsahuje spektrofotometr s příslušenstvím, jako je bílá podložka na měření spolu s kolejnicí pro měření testovacího obrazce po jednotlivých řadách, kalibrační bílé pole (ISO 13655:2009) s ochranným krytem, adaptér na měření jednotlivých polí a další nástroje, které jsou určeny pro měření a profilaci monitorů. Tato sada je doplněna o měřicí stůl s automatickým posuvným ramenem X-Rite i1iO, který je určen pro automatické měření testovacího obrazce.

Spektrofotometr disponuje geometrií měření $45^\circ/0^\circ$ a optikou s prstencovým osvětlením ISO 13655:2009. Je možné využít tři různé podmínky měření dle normy ISO 13655:2009: M0 obsahující UV složku záření ([CIE] Standardní osvětlení typu A, s teplotou chromatičnosti 2856 K, ± 100 K [38]), M1 (Je definováno pro snížení efektu opticky zjasňujících prostředků a jeho spektrální složení odpovídá světelnému zdroji CIE D50 s teplotou chromatičnosti 5000 K [38]) a M2 (V měření nedefinuje UV záření). Rozsah měřitelné vlnové délky je od 380 do 730 nm měřitelný po 10 nm.

Onyx RIP-Queue

Je software určený pro rastrování grafiky do tisku a určuje její rozmístění na potiskovaném mediu. Instalace také umožňuje využít rozšířené funkce pomocí dalších podprogramů.

Onyx Media manager

Je podprogramem Onyx RIP-Queue, který umožňuje nastavení profilu media. Mezi jeho funkce patří tvorba a úprava profilu media a jeho tiskových módů, jinými slovy se jedná zejména o kalibraci přístroje na dané médium a přiřazení příslušného výstupního ICC profilu.

Onyx Job editor

Umožňuje upravit další tiskové parametry tiskové zakázky umístěné v RIP-Queue, nebo je možné otevřít nejdříve zakázku v Job editoru a následně ji umístit do tohoto programu. Mezi zásadní funkce pro účely profilování patří nastavení vstupních a výstupních profilů, zvolení záměru reprodukce, výběr profilu media, tiskový mód a vložení popisků definující tiskové parametry nastavené v předtisku.

i1Profiler

Je program pro tvorbu a řešení kvality využitého profilu, který umožňuje nastavení profilovacího obrazce pro tisk a následné měření spektrofotometrem.

2.2. Experimentální postupy

2.2.1. Testovací obrazce

Byly vytvořeny celkem dva testovací archy. První testovací arch obsahuje hodnoty CMYK a je určen pro stanovení kvality tisku z CMYK hodnot. Druhý testovací arch obsahuje testovací obrazce v hodnotách RGB, vzhledem k tomu, že jsou do tisku na tiskovém zařízení HP Latex 335 na katedře polygrafie a fotofyziky často posílána data s hodnotami RGB, bylo nutné ověřit tuto variantu. Při výběru testovaných fotografií byl kladen důraz na rozmanitost, zastoupení velké škály barevných tónů a odstínů, různých struktur a objektů.

Testovací arch sRGB

Využity byly obrazce pro testování reprodukce RGB obrazu. Ty byly převzaty převážně z normy ISO 12640-2:2004 a jsou popsány v Tabulka 1 a zobrazeny na Obrázek 15. Tyto obrazce byly vybrány na základě potřebné rozmanitosti pro vyhodnocení kvality tiskové reprodukce.

Tabulka 2: Použité testovací obrazce sRGB [30]

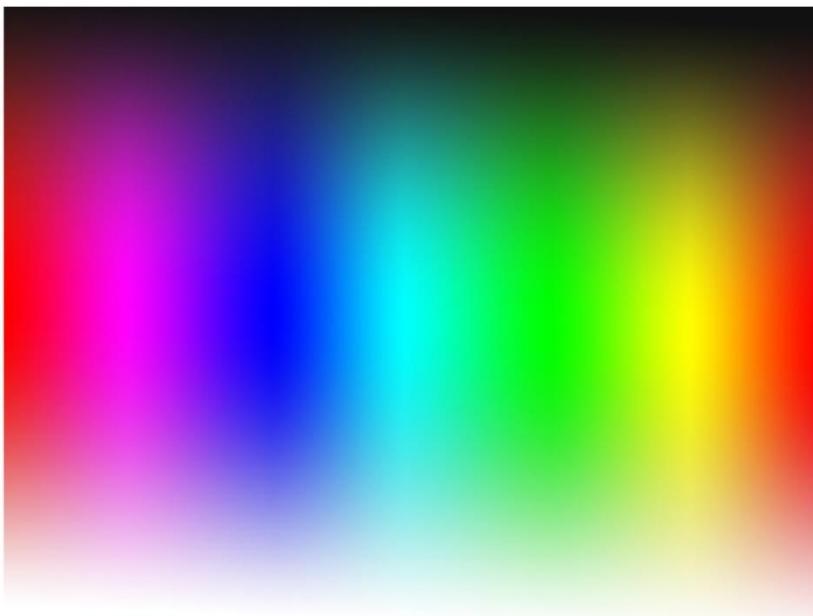
Jméno obrazce	Zdroj	Vyhodnocení
Žena se sklenkou	ISO 12640-2	Pleťové tóny
Květiny	ISO 12640-2	Výrazné tóny barev a kontury v tmavých tónech
Potřeby pro rybaření	ISO 12640-2	Ostrost obrazu a reprodukce obrazu v odstínech šedi
Malba ohně v poli	ISO 12640-2	Barevná přesnost v jemných barvách
Molo	ISO 12640-2	Komplikované geometrické tvary pro vyhodnocení zpracování obrazu
Stříbro	ISO 12640-2	Reprodukce šedé a stříbrného vzhledu lesklých objektů
Klubka	ISO 12640-2	Pro zhodnocení gamutu zařízení
Grangerova duha	vlastní	Vyhodnocení plynulosti přechodů, reprodukce barev

Testovací arch CMYK

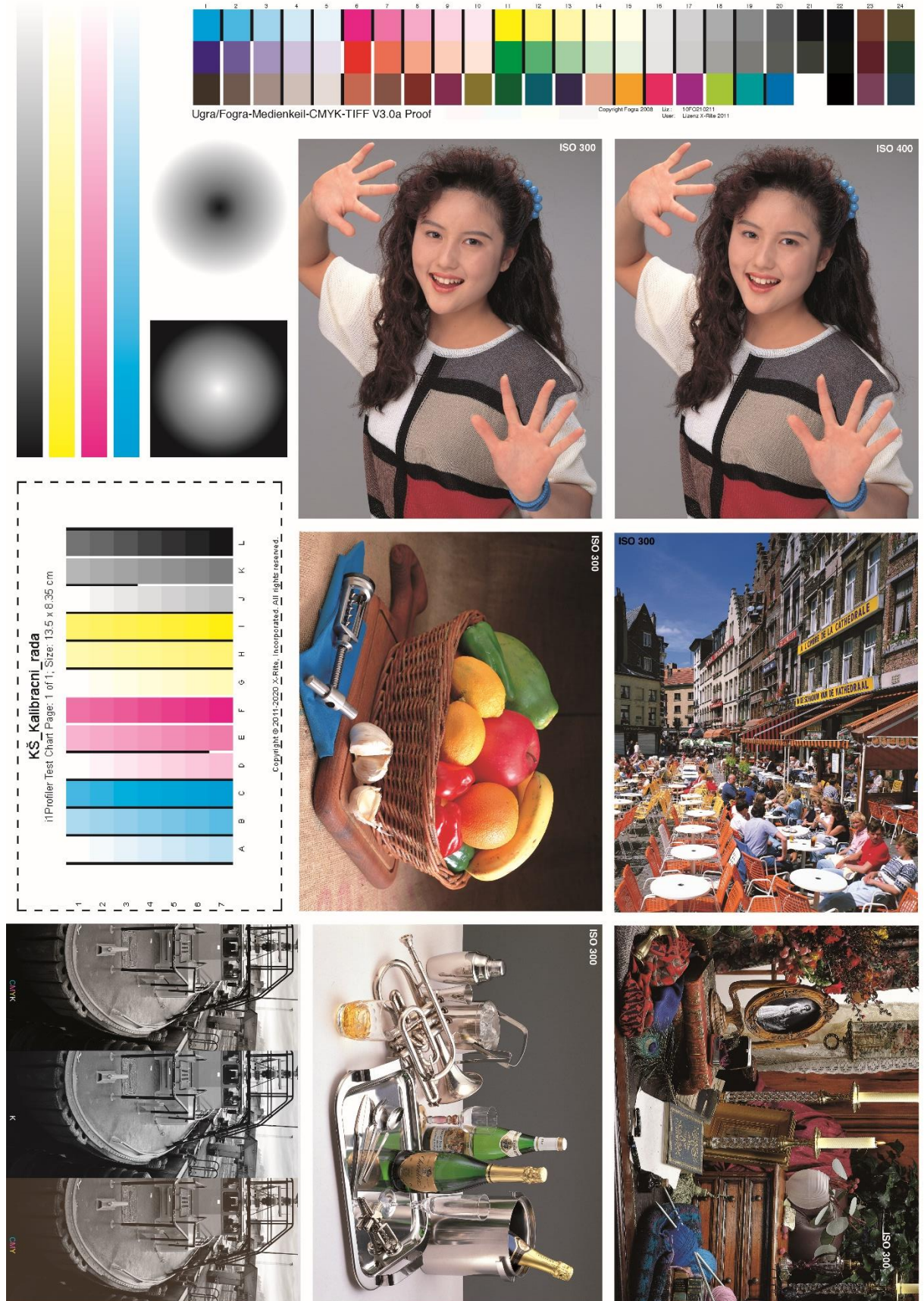
Zde byly využity obrazce z normy ISO 12640-1, vlastní i poskytované programem i1 Profiler. Výsledný arch je na Obrázek 16 a použité obrazce společně důvodem výběru pro vyhodnocení v Tabulka 3.

Tabulka 3: Použité testovací obrazce pro CMYK [17]

Jméno obrazce	Zdroj	Vyhodnocení
Portrét dívky ISO 300	ISO 12640-1	Pleťové tóny, kvalita nastavení citlivosti ISO 300
Portrét dívky ISO 400	ISO 12640-1	Pleťové tóny, kvalita nastavení citlivosti ISO 400
Ovocný košík ISO 300	ISO 12640-1	Kvalita reprodukce hnědých tónů a různých textur
Víno a kovové nádoby ISO 300	ISO 12640-1	Reprodukce skleněných a stříbrných objektů
Pokoj ISO 300	ISO 12640-1	Tmavé tóny, jednotlivé odstíny hnědé a zelené barvy
Kavárna ISO 300	ISO 12640-1	Reprodukce komplikovaných tvarů
Černobílé kruhové přechody	vlastní	Reprodukce přechodu K černé
Přechod CMYK	vlastní	Plynulost barevného přechodu jednotlivých procesních barev
Kalibrační řada	vlastní	Nárůst tónové hodnoty
Fogra media Wedge V3.0a	I1 Profiler	Měření testovacích polí
Grey Boat	Hutch Color	Vyhodnocení reprodukce černé K, CMY a CMY



Obrázek 15: Testovací arch sRBG



Obrázek 16: Testovací arch CMYK

2.2.2. Tvorba profilu média

Pro tvorbu profilu média a následné vytvoření profilu byl vybrán substrát HSW Profit Paper [39]. Jedná se o papír s gramáží 200 g/m² a je certifikovaný pro tisk latexovými inkousty. Mezi jeho další vlastnosti patří satin úprava a pololesklý vzhled.

Tvorba profilu média byla prováděna pomocí Onyx Media manageru. Je nutné podotknout, že nový profil média v tomto případě nebylo možné vytvořit přímo v tomto programu. Při vytvoření nového profilu média a následném pokusu o tisk testovacích obrazců v programu RIP-Queue, program nebyl schopen nastavit nové médium a tiskový mód přímo na tiskovém stroji. Vyskytovala se neshoda média, která znemožňovala provedení tisku. Nový profil media byl tedy vytvořen pomocí panelu tiskového stroje.

Byla tedy vytvořena kopie nejbližšího možného média, tedy Metro Expo 200 (jehož nastavení bylo do této doby využíváno pro substrát HSW Profi Paper 200) a na panelu tiskového stroje byl přepsán název na profilované médium. V Media Manageru byl vybrán nově vytvořený profil media a následně možnost úpravy – v režimu Advance, které umožňuje nejširší nastavení kalibrace.

Tvorba profilu media obsahuje celou kalibraci tiskárny (i tisk testovacích obrazce, kde je možné vyhodnotit tyto obrazce vizuálně nebo případně i provést měření), až po přiřazení výstupního profilu média a tyto kroky jsou popsány v jednotlivých bodech:

- Výběr režimu tisku a potiskovaného media
- Základní nastavení tiskového režimu
- Celkové omezení množství inkoustu: omezení celkového plošného pokrytí
- Kalibrace: nastavení křivky reprodukce tónu
- Limity inkoustu: omezení množství inkoustu pro přetisk a reprodukci CMY a K černé
- ICC profil: přiřazení výstupního profilu

Výběr režimu tisku

Byl ponechán výchozí. Všechny parametry jsou již přednastaveny z kopie vytvořeného profilu média a jeho tiskového módu (Obrázek 17). V tomto případě byl potiskovaným substrátem papír Profit Paper 200 s tiskovým módem 600dpi, 10p_CMYKcm_90_ks. První hodnota, tedy 600 dpi označuje množství tiskových bodů na jeden palec. Dále 10p je označení pro počet průjezdů, což znamená, kolikrát přejede tisková hlava nad danou plochou, než je plně vytištěna. CMYKcm znamená procesní barvy využitě k tisku s plnou sytostí (CMYK) spolu se světlými inkousty (cm). Číslo 90 znamená předdefinované omezení množství inkoustu a označení ks jsou iniciály autora profilu média.

Obrázek 17 Onyx Media manager: Výběr režimu tisku

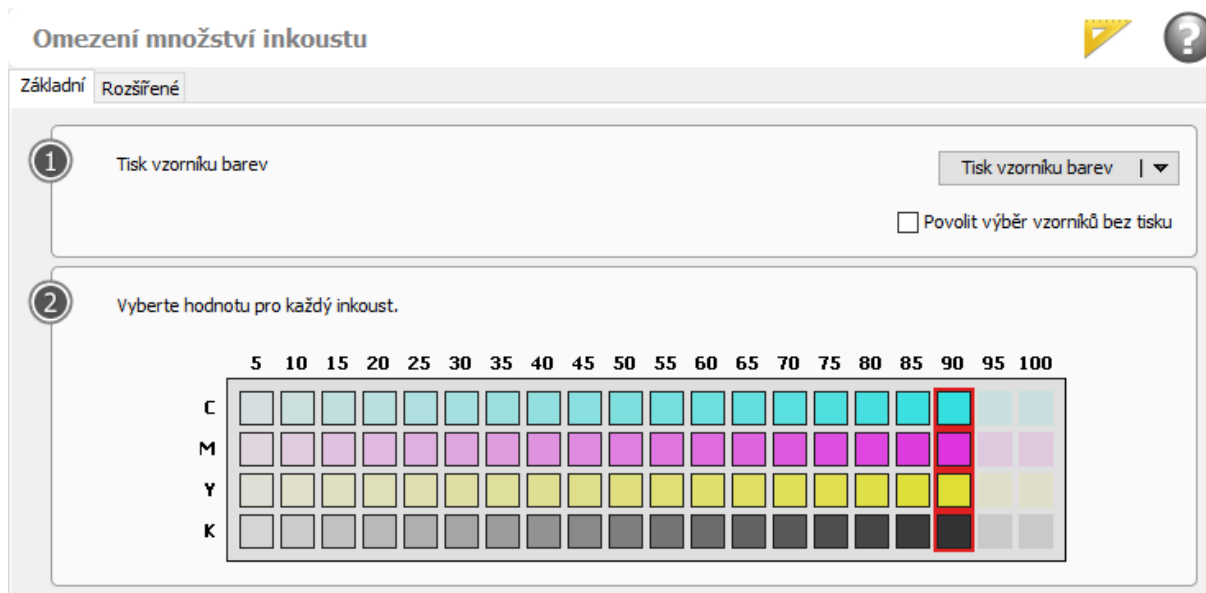
Základní nastavení tiskového režimu

Základní nastavení tiskového režimu poskytuje možnost vytvoření názvu tiskového režimu. Všechny ostatní parametry byly ponechány (Obrázek 18).

Obrázek 18 Onyx Media manager: Základní nastavení tiskového režimu

Omezení celkového plošného pokrytí

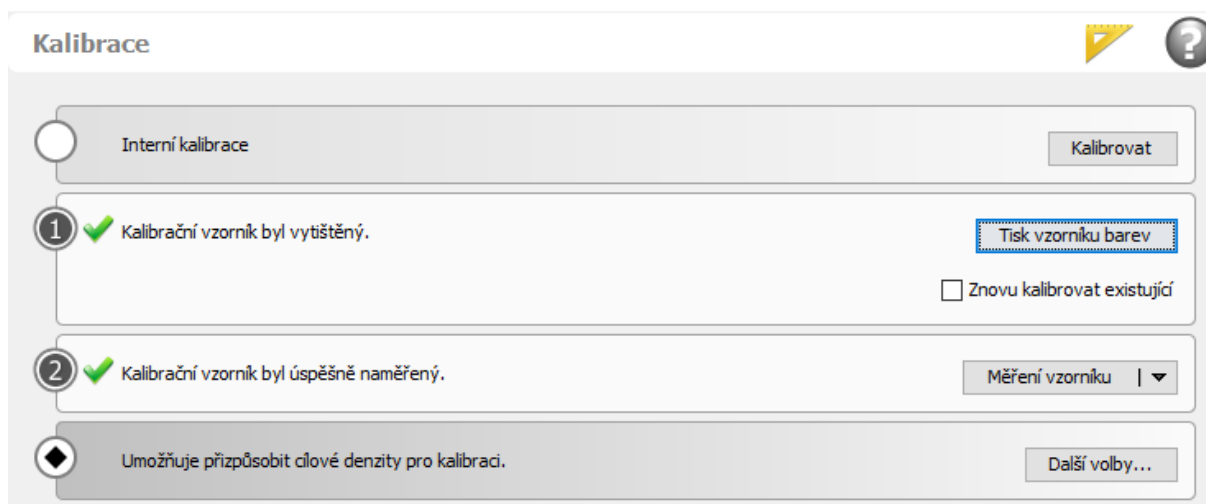
Pro omezení množství inkoustu, jak je proces nazýván v Media Manageru, byl použit režim Basic (Obrázek 19). Rozšířený režim nabízí volbu omezení inkoustu po jednotlivých procentech, ale není zde zahrnuto omezení množství inkoustu pro střední tóny, jako to nabízejí novější verze tohoto softwaru [40]. Z počátku došlo k nastavení na maximální hodnoty (100) přiváděného množství inkoustu do tisku podle vizuálního vyhodnocení. Nicméně při dalším měření a vyhodnocení se tato volba zdála jako nevhodná a došlo i k jejímu proměření viz kapitola 3.1.1 str. 52. pomocí spektrofotometru X-Rite a dle vyhodnocení byly veškeré parametry nastaveny na hodnotu 90.



Obrázek 19 Onyx Media manager: Omezení množství inkoustu

Natavení křivky reprodukce tónu

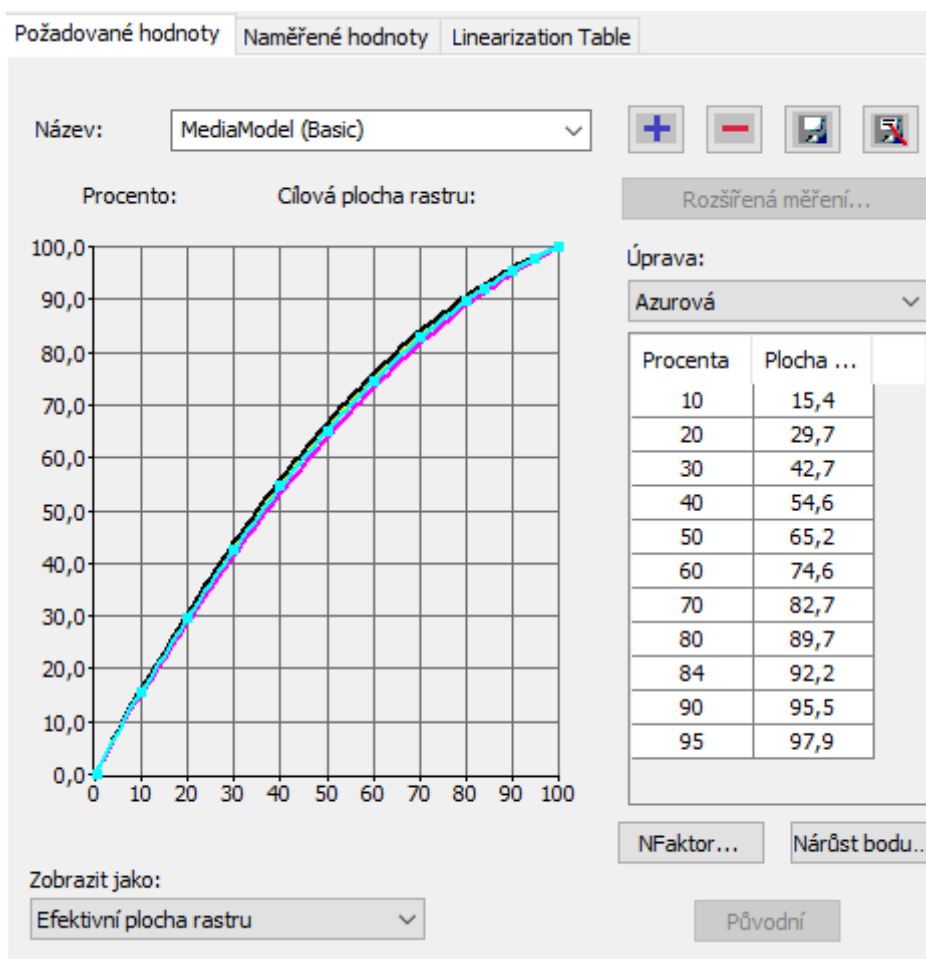
Je v Media manageru nazýváno jako kalibrace, v tomto ohledu, ale spíše znamená nastavení křivky reprodukce tónu a pro její nastavení byl proveden následující postup (Obrázek 20): byl vytištěn vlastní kalibrační vzorník, došlo proměření dle instrukcí programu (tedy proběhla kalibrace na absolutní bílou a změřena sada testovacích polí), v poli pro další volby bylo následně možné nastavení a úprava křivky reprodukce tónů.



Obrázek 20: Onyx Media manager: Kalibrace

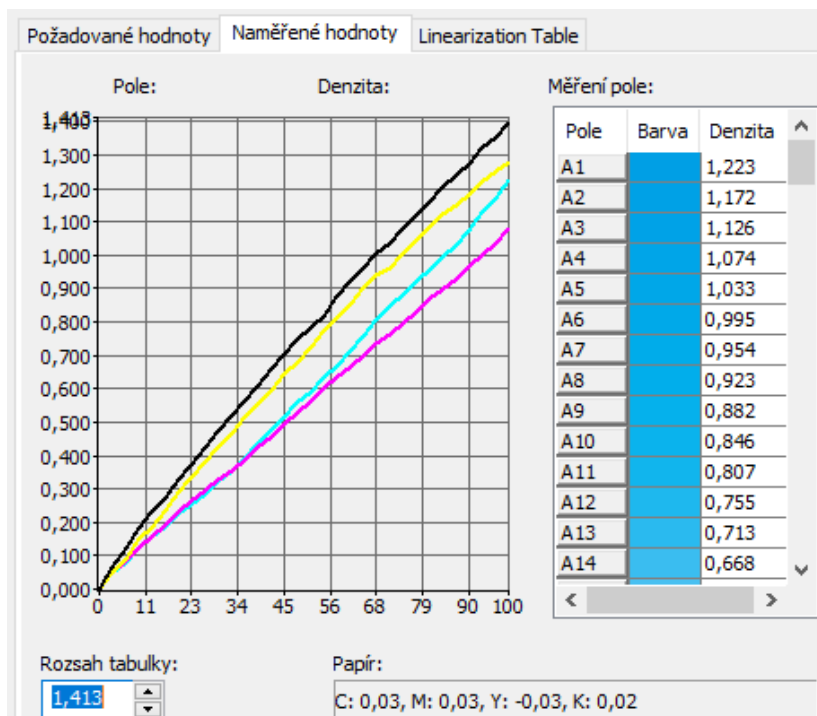
Výchozí nastavení křivky reprodukce tónu

Tato volba z počátku vyobrazí přednastavený model linearizace/kompenzace. Je možné zde upravovat hodnoty všech procesních barev, jak v zobrazeném grafu, tak v tabulce (Obrázek 21). Dále je zásadní hodnota NFaktoru, která upravuje křivku reprodukce ve středních tónech. V tomto modelu je křivka reprodukce nastavena na hodnotu 2, která je doporučována výrobcem softwaru. Na grafu (Obrázek 21) je vidět, že tato hodnota faktoru vede k nelineární křivce reprodukce tónů a v tisku tedy je definován nárůst tónové hodnoty vstupních dat pro tisk. Dále lze zobrazit v nabídce graf zajímavější na ose x přiváděné hodnoty optické hustoty do tisku v závislosti na tónové hodnotě, volba: Zobrazit jako (Obrázek 21).

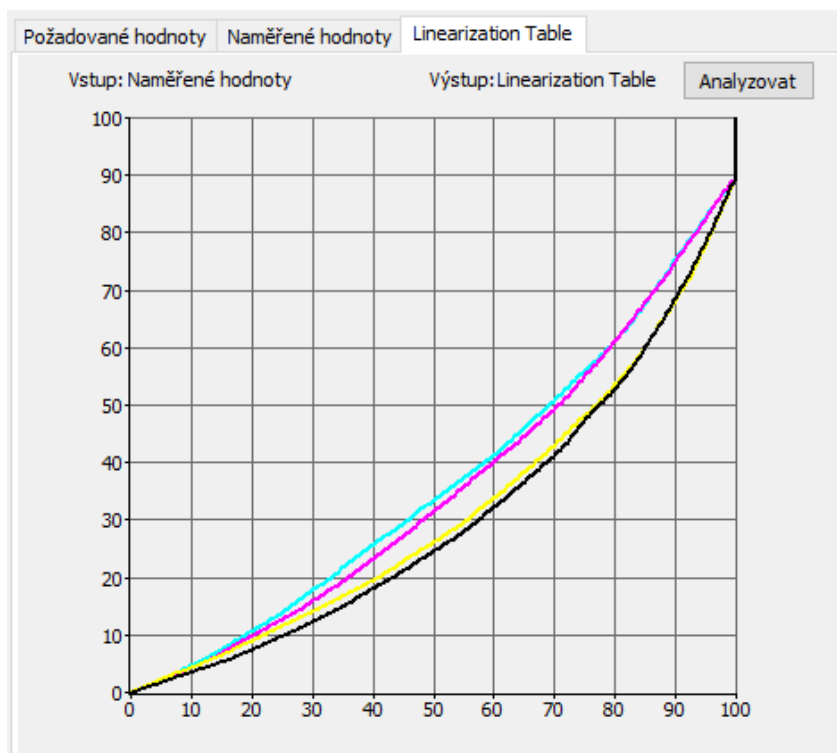


Obrázek 21: Onyx Media manager: Úprava křivky reprodukce tónu, graf efektivní plochy

V dalších záložce je možné pozorovat naměřené hodnoty testovaného obrazce a kompenzační tabulku (Obrázek 22). Zobrazený je také graf znázorňující úpravu kompenzace křivky reprodukce (Obrázek 23).



Obrázek 22: Onyx Media manager: Naměřené hodnoty křivky reprodukce tiskového stroje



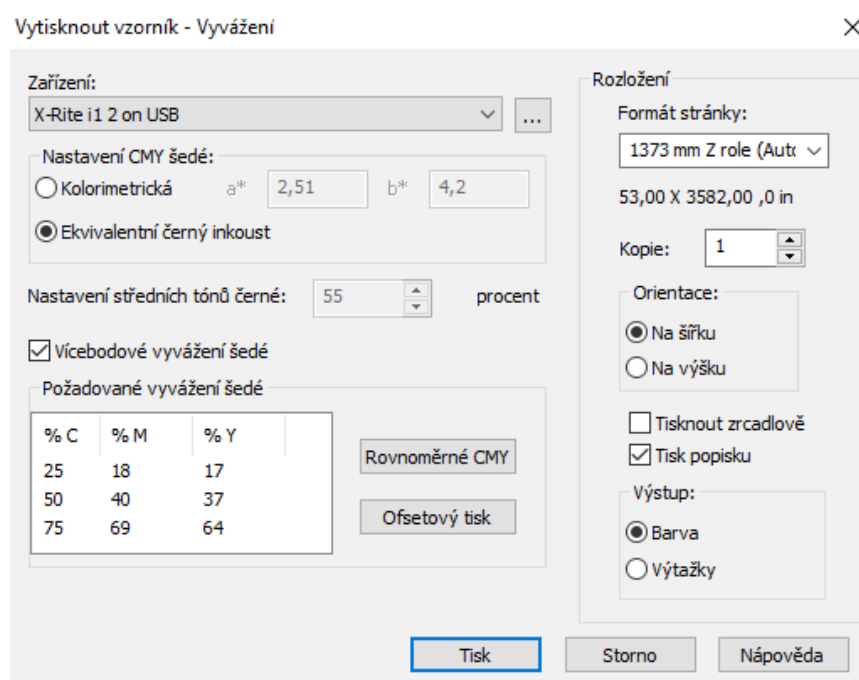
Obrázek 23: Onyx Media manager: Linearizační tabulka naměřených hodnot

Vlastní nastavení křivky reprodukce tónu

Nový model křivky reprodukce bylo možné vytvořit přes modré tlačítko plus. Zde byl možný výběr z více druhů kalibrace. Výběrem **základní křivky denzit** (optických hustot) je stejná kalibrace jako kalibrace výchozí. Je dobře využitelná v případě, že je potřeba poupravit výchozí nastavení křivky reprodukce tónu a stanovit, zda došlo ke zlepšení, nebo zhoršení kvality tisku. Byl vytvořen i zkušební model, kde byl NFaktor nastaven na hodnotu 1, tedy hodnotu, kde křivka reprodukce tónové hodnoty vykazuje lineární charakter, tak jak by v tisku měl vykazovat ideální stav.

Rozšířené odstíny šedé

Je kalibrací pro úpravu odstínu šedé a nastavení CMY černé, která má fixně nastavenou hodnotu NFaktoru na 2. Tato funkce nabízela **Kolorimetrické nastavení** CMY šedé. Kde bylo proměřeno vytištěné 50% pole černého K inkoustu třemi měřeními. Výsledná průměrná hodnota a^* stanovena na 2,51 a b^* na 4,2 byla zadána do programu a následně proběhl tisk testovacího obrazce, proměření spektrofotometrem a vytvoření modelu kalibrace.



Obrázek 24 Onyx Media manager: Kalibrace odstínu šedé

Druhá varianta nastavení spočívala ve změně nastavení plošného pokrytí jednotlivých barev pro vytvoření šedého tónu volba **Ekvivalentního černého inkoustu** (Obrázek 24). Hodnota nastavení středních tónů byla nastavena nejprve na rovnoměrné, a poté se zvýšením množství purpurové a žluté, které by mělo potlačit azurový nádech CMY černé.

Curve 3/G7 P2P cíl

Tato kalibrace by měla taktéž nastavovat odstíny šedé. Nicméně po naměření testovacího vzorce bylo zjištěno, že pro nastavení jednotlivých parametrů je potřeba program Curve 3, který nebyl při vytváření této práce k dispozici, a proto nebyla tato možnost dále využita a zkoumána.

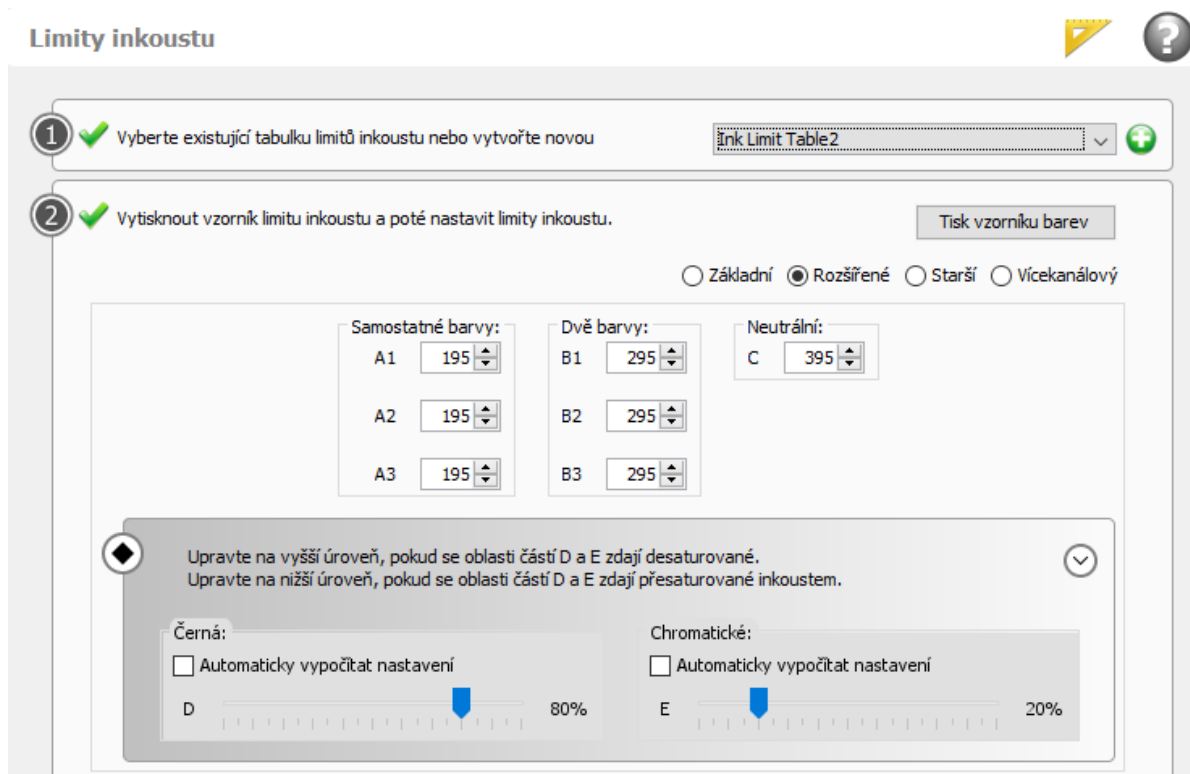
V tabulce č. 4 jsou zobrazeny nastavené parametry veškerých kalibrací, které byly proměřeny a vyhodnoceny (viz Tabulka 8 str. 53).

Tabulka 4: použité metody a nastavení křivky reprodukce tónu

Název	Typ	NFaktor	Nastavení CMY černé			
Výchozí	Media Model	2	-			
Vlastní nastavení	Základní křivky denzit	1	-			
Kolorimetrická	Rozšířené odstíny šedé	2	Kolorimetrická metoda	a^*	b^*	
				2,51	4,2	
Ekvivalentní 1	Rozšířené odstíny šedé	2	Ekvivalentní černý inkoust	C	M	Y
				25	25	25
				50	50	50
				75	75	75
Ekvivalentní 2	Rozšířené odstíny šedé	2	Ekvivalentní černý inkoust	C	M	Y
				25	26	28
				50	51	53
				75	76	78

2.2.3. Nastavení limitu inkoustu pro černou a přetisky

Vzhledem k tomu, že jsou uváděny dva odlišné způsoby pro nastavení (viz kapitola 1.3.1 str. 22), byly i zde otestovány dva různé způsoby nastavení tohoto omezení. Testování proběhlo v rozšířeném režimu (Obrázek 25), který umožňoval nastavení černé a chromatické černé.



Obrázek 25 Onyx Media manager: Limit inkoustu pro černou a přetisky

Pro další zpracování bylo vybráno pro chromatickou metodu nastavení č. 2 a pro maximální metody nastavení limitu inkoustu nastavení č. 6 (Tabulka 5).

Tabulka 5: Nastavené limitu množství inkoustu pro černou a přetisky

nastavení	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C	D	E
1	195	195	195	295	295	295	395	65	15
2								80	20
3								65	15
4	400	400	400	400	400	400	400	30	10
5								45	15
6								65	15
7								75	25
8								90	30

2.2.4. Výsledné nastavení kalibrací

V Tabulka 6 jsou znázorněny dvě vybrané vlastní nastavení kalibrace, které měly být využité pro další vyhodnocení. Označení nastavení limitu inkoustu vychází z Tabulka 6.

Tabulka 6: Nastavení vlastních kalibrací

Označení vlastní kalibrace	1	2
Omezení celkového plošného pokrytí	90	90
Nastavení křivky reprodukce tónu	Výchozí	Výchozí
Nastavení limitu inkoustu pro černou a přetisk	Kolorimetrické č.2	Maximální č. 6

2.3. Tvorba profilů

Program Media manager pouze umožňuje přiřadit již vytvořený ICC profil, který je následně využíván jako výchozí při tisku vybraným profilem media. Bylo tedy nutné využít jiného programu pro vytvoření profilu. Tím programem byl i1 Profiler.

Po otevření programu i1 Profiler a připojení spektrofotometru k počítači je vybrána možnost vytvoření profilu CMYK tiskárny. Vytvoření profilu v i1 Profileru zahrnuje následující postupy:

- Výběr testovacího obrazce
- Nastavení testovacího obrazce
- Tisk a měření
- Nastavení výstupního osvětlení
- Nastavení profilu
- Vytvoření profilu

2.3.1. Výběr testovacího obrazce

Testovací obrazec byl vybrán na základě dostupných obrazců a s ohledem na literaturu viz kapitola 1.3. str. 22. Byl to obrazec IT8.7/4 CMYK random 1P i1iO s náhodným rozmístěním testovacích polí pro měření za pomoci spektrofotometru s posuvným ramenem (kapitola 1.3.1).

2.3.2. Nastavení testovacího obrazce

Rozměry testovacího obrazce byly nastaveny tak, aby co nejlépe pokryly tiskovou plochu s ohledem na plochu měření pomocí automatického stolu iO2. Mód pro měření profilu byl zvolen dual scan, který obsahuje nastavení pro podmínky M0, M1, M2 a opticky zjasňující prostředky. Ostatní parametry byly ponechány jako výstupní. Takto došlo k vytvoření celkem 4 souborů (pro tvorbu 1 profilu) a ty byly uloženy ve formátu TIFF pro další zpracování.

2.3.3. Tisk a měření

V programu Onyx RIP Queue byly vytvořené obrazce otevřeny. Pravým kliknutím myši na tyto obrazce došlo k jejich postupnému otevření v programu Onyx Job Editor. Zde došlo k výběru vytvořeného media Profit Paper 200 a tiskového módu odpovídající kalibraci, kde byl jako první testován mód 600 dpi, 10_pCMYKcm_90_kš. Následně došlo k nastavení bez správy barev (jelikož je nutné, aby profil charakterizoval chování tiskárny), uložení nastavení a zpětně v RIP Queue byl proveden tisk.

V záložce měření v programu i1Profiler byl opět vybrán režim Dual scan, CMYK tiskárna a lesklý papír (i přesto, že se tento papír neřadí mezi lesklé papíry, tak je charakterizován jako středně lesklý a nastavení další volby matt by bylo ještě méně přesné). Testovací obrazce byly postupně proměřeny za pomoci programu a posuvného ramena se spektrofotometrem. Program v této fázi dodává uživateli podrobné instrukce pro správný postup měření.

2.3.4. Nastavení profilu

Výstupní osvětlení bylo nastaveno na D50 a bylo pokračováno k nastavení dalšího bodu, tedy nastavení profilu. To obsahovalo nastavení generování barev (zejména pak černé), perceptuálního záměru reprodukce, tabulek a rozšířené nastavení.

Nastavení generování barev

Nastavení separace je využíváno k převodu barev do výstupních kanálů barvového prostoru využití tiskárny a bylo zde nastavováno převážně nahrazení CMY černé černou K, kde toto nastavení vykazovalo v rámci reprodukce největší vliv viz 3.1.2 str. 52.

Hodnota maximálního množství inkoustu, kterou je možné využít při vytváření separace byla nastavena v každém případě vytvoření profilu na 400.

Nastavení úplného generování černé vytváří úplnou náhradu CMY černé za K černou. Tato volba i přesto, že ušetří spotřebu inkoustu není pro toto měření vhodná a nebyla využívána. Důvodem je, že se využívá v případě, kdy je vedlejší, jak toto nastavení ovlivní další charakteristiky tisku.

Co se týče nastavení inteligentní černé, byla tato možnost vždy zvolena. I přes to, že potlačuje následné další nastavení reprodukce černého kanálu, tak zamezuje tomu, aby byla zajištěna dostupnost černé pro generování všech barev a stejně tak i nastavení použití maximálního množství černé, bylo ponecháno na výchozí hodnotě 100. Naopak potenciál pro nastavení reprodukce černé, jevíly parametry jako začátek reprodukce K černé, křivka reprodukce tónu černé a rozsah černé (s rostoucí hodnotou nastavení černé se zvyšuje použití černé při oddělování sytých barev a snížením omezuje použití černé při separaci na méně sytých barvách a šedých odstínech).

Ostatní nastavení

V rámci nastavení perceptuální reprodukce byly u všech měření hodnoty kontrastu, saturace a neutralizace šedé ponechány na výchozích nastaveních.

Tabulky byly nastavené na nejvyšší velikost, jelikož tato velikost souboru není ještě tak náročná na zpracování softwerem a zajistí vyšší kvalitu profilu.

V rozšíření nastavení byla vybrána Bredfordská chromatická adaptace, verze profilu v4 a bílý bod výchozích podmínek D50.

2.4. Vytvořené profily a postup vyhodnocování

Celkem bylo vytvořeno 6 vlastních profilů s dvěma různými nastaveními kalibrace a každá z těchto nastavení kalibrace měla nastavení profilu jedno výchozí a dvě vlastní. Profily jsou pojmenovány jako Profit paper_600dpi_10p_90_v0-5 (pro zjednodušení jsou uváděny pouze označením v0-v5). Tyto profily pak byly porovnávány vzájemně mezi sebou a s výchozím profilem média Profit Paper 600 dpi, 10p_CMYK_90 a tomu přiřazeným profilem HP_latex_2033_Patches_default_19_05_15.icc (pro zjednodušení je toto nastavení dále uváděno jako vp).

2.4.1. Vyhodnocení nastavení kalibrace

V rámci vyhodnocení kalibrace měly být vyhodnocovány tři různé druhy kalibrací, a to dvě kalibrace vlastní a jedna výchozí. Nicméně při závěrečném vyhodnocování bylo zjištěno, že hodnoty kalibrace maximální a výchozí se shodují. Dodatečnou kontrolou nastavení pro přípravu výtisků bylo zjištěno, že u jistých kombinací došlo k neshodě profilu s kalibrací media. Jedná se konkrétně o tyto kombinace: tisk testovacích archů RGB, CMYK s výchozí kalibrací

s přiřazením profilů v3, v4, v5 (vytvořený s vlastní kalibrací 2). Byly tedy porovnány pouze kalibrace výchozí a vlastní kalibrace 1.

Job Editoru bylo přiřazeno tiskové medium Profit Paper 200, byla vypnuta správa barev a přiřazen tiskový mód s výchozí kalibrací a s vlastní kalibrací 1. Za pomoci i1 Profileru a spektrofotometru bylo provedeno měření testovacího obrazce Fogra Media Wedge V3.0a. Tyto hodnoty byly porovnány mezi sebou i s daty, které by měly být výstupem v rámci nastavené kalibrace. Ty byly získány za pomoci programu Adobe Photoshop, kde byl otevřen testovací obrazec ve formátu TIFF získaný z programu i1 Profiler. Pomocí záložky úprav byl vybrán profil vytvořený pro danou kalibraci a došlo k přiřazení tohoto profilu. Následně opět pomocí záložky úprav byl přiřazen ten samý profil s absolutním kolorimetrickým záměrem reprodukce s nastavením hodnot LAB.

2.4.2. Vyhodnocení nastavení profilů

V rámci tvorby profilů byly nastaveny různé parametry pro jednotlivé kalibrace a tím tak vzniklo celkem šest profilů, které následně bylo možné zkoumat (Tabulka 7). K vizuálnímu vyhodnocení došlo za pomoci testovacího archu RGB, ten byl vybrán pro hlavní vyhodnocení zejména z toho důvodu, že většina tiskových dat využívaných pro tisk na tiskovém stroji HP Latex 335 na Katedře polygrafie a foto fyziky je dodávána v hodnotách RGB.

Tabulka 7: Nastavení profilů

Nastavení profilace							
Profil:	V0	V1	V2	V3	V4	V5	Vp
Celkové pokrytí inkoustu	400	400	400	400	400	400	-
Separace plnou černou	-	-	-	-	-	-	-
Použití inteligentní černé	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
Začátek černé	30	35	35	30	40	40	-
Maximální černá	100	100	100	100	100	100	-
Křivka černé	Med+	Med+	Heavy	Med+	Med	Light+	-
Rozsah černé	50	50	65	30	40	50	-
Kalibrace nastavená při tvorbě profilu							
	Vlastní 1			Vlastní 2			výchozí
Kalibrace nastavená pro tisk testovacích obrazců							
	Vlastní 1			výchozí			

Testovací arch byl nastaven do tisku v Job Editoru následujícím způsobem: vstupní profil byl přiřazen sRGB IEC6 1966_21.icc a jako výstupní profil byl přiřazen jeden z vytvořených profilů. Toto nastavení tedy ukáže, jakým způsobem dochází k reprodukci dat z profilu sRGB

s využitím vytvořeného výstupního profilu. Tisk byl proveden se všemi čtyřmi testovanými záměry reprodukce pro všech sedm profilů v0-vp.

V rámci tohoto vyhodnocení byl vybrán jeden profil, který vykazoval nejlepší nastavení reprodukce z prostoru sRGB a společně profilem vp došlo ke zhodnocení reprodukce v rámci CMYK hodnot. Pro vyhodnocení byl vytištěn testovací arch CMYK, který byl v Job editoru nastaven následovně: vstupní profil Fogra 39, výstupní profil testovaný profil v5 a vp a byly vytištěny s relativním kolorimetrickým záměrem reprodukce s kompenzací černého bodu a perceptuálním záměrem reprodukce s kompenzací černého bodu. Tento tisk byl následně vizuálně vyhodnocen. K objektivnímu vyhodnocení nedošlo, a to z toho důvodu, že k tomu, aby bylo vyhodnocení přesné, je třeba mít data CMYK, která zařízení přivádí do tisku. Jsou tedy upraveny profilem a ty nelze získat. Je možné získat data z programu Adobe Photoshopu, ale ten může převádět hodnoty jiným způsobem než tiskové zařízení, což je dáno modulem správy barev.

3. Výsledky a vyhodnocení

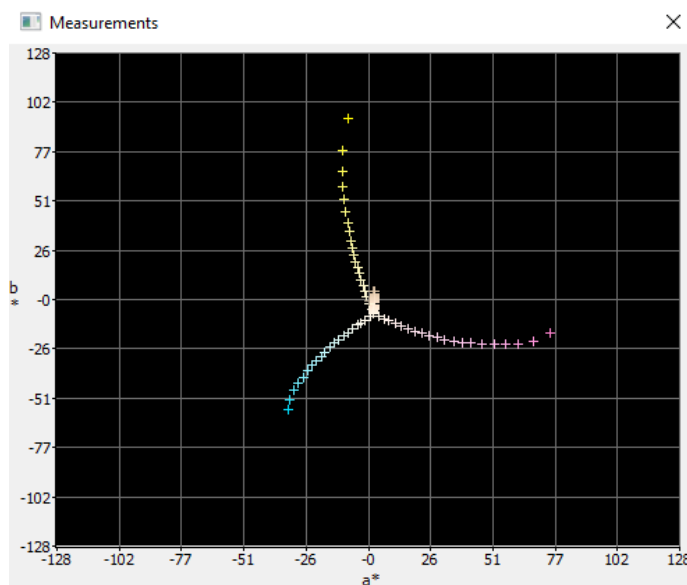
3.1. Vyhodnocení kalibrace

Vyhodnocení kalibrace zahrnuje zhodnocení nastavení úpravy tiskového procesu zejména v rámci tvorby profilu média.

3.1.1. Omezení celkového plošného pokrytí

Při nastavení hodnot dle vizuálního hodnocení se v dalším vyhodnocování vyskytl defekt, který byl zaznamatelný při volbě limitu inkoustu (viz Obrázek 6 str. 24), kde se v plných tónech barev testovacího obrazce D (B1, B2 a B3) a zejména v obrazci E (B1, B2 a B3), vyskytovalo zesvětlení, které nebylo možné potlačit přenastavením parametrů omezení množství inkoustu pro přetisk a reprodukci CMY a K černé. Došlo tedy k proměření.

Proměřené hodnoty testovacího obrazce pro omezení množství inkoustu byly zobrazeny v prostoru a^* a b^* . Hodnoty vykazovaly opravdu pouze mírný hooking (viz Obrázek 26), vzhledem k tomu, že azurová měla lehce vychýlenější hodnoty i v 90 % byly všechny hodnoty nastavené v rámci stejných vah a to na 90 %.



Obrázek 26: Onyx Media manager: Naměřený testovací obrazec pro proměření množství inkoustu

3.1.2. Křivka reprodukce tónu

Při posuzování výsledných tisků nastavení křivky reprodukce tónu (

Tabulka 8) bylo usouzeno, že kalibrace CMY černé, má vliv na výsledný efekt reprodukce v podání Grangerovy duhy, a proto se ukazuje jako nejlepší řešení pro další postupy zvolit výchozí nastavení. Nastavované parametry je možné vidět viz Tabulka 4 str. 46.

Tabulka 8: Vyhodnocení křivky reprodukce tónu za pomoci testovacích obrazců

Název	Grangerova duha	Grey Boat
Výchozí	Nastavení je vyhovující, znatelná přítomnost všech barev a plynulé přechody.	Je patrné převažující zastoupení azurové v CMY černé, které se následně promítá i v obrazci CMYK černé.
Vlastní nastavení	Zúžený přechodový pruh sekundárních barev – maximum modré a zelené barvy ve vertikální poloze vytvořilo sytý pruh dané barvy, který by v následném tisku mohl zapříčinit posterizaci.	Oproti předchozímu nastavení nebyla zpozorována pozitivní ani negativní změna.
Kolorimetrické	Stejně defekty jako vlastní nastavení kalibrace.	I přes to, že se jednalo o nastavení, které by mělo upravovat poměr barvového zastoupení CMY černé, nebyly zpozorovány změny.
Ekvivalentní 1	Stejně defekty jako vlastní nastavení kalibrace navíc s mírnou ztrátou azurové v 1. a 3. třetině horizontální polohy	Mírné potlačení azurové.
Ekvivalentní 2	Stejně defekty jako vlastní nastavení kalibrace navíc se skoro úplnou ztrátou azurové v 1. a 3. třetině horizontální polohy	Výraznější potlačení azurové oproti Ekvivalentní kalibraci 1

3.1.3. Nastavení limitu inkoustu pro černou a přetisky

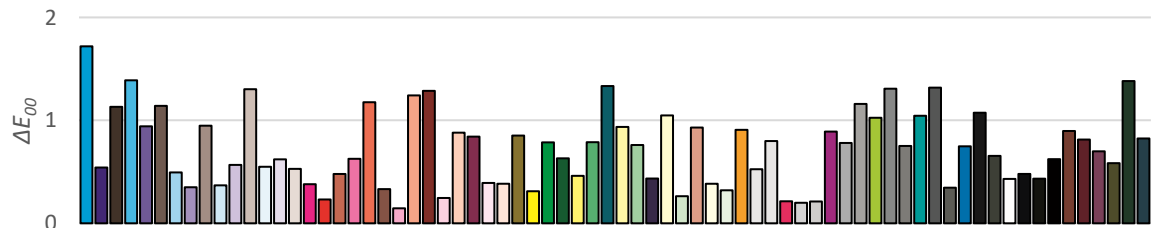
Jednotlivá nastavení i při extrémních změnách nevykazovala nijak výrazné rozdíly. Proto vyhodnocení proběhlo na základě individuálního posouzení nastavených parametrů a vstupního nastavení. Kde pro nastavení chromatické byly předpokládány vyšší hodnoty reprodukce CMY a K a pro nastavení maximální by bylo vhodné použít hodnoty nižší. Bylo vybráno nastavení č. 2 pro chromatickou metodu a nastavení č. 6 pro maximální metodu (Tabulka 5 str. 47).

3.1.4. Celkové vyhodnocení nastavené kalibrace

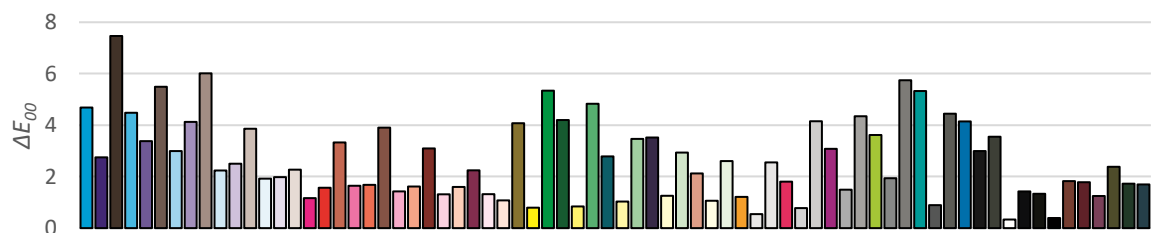
V tomto vyhodnocení byla porovnávána vlastní kalibrace 1, tedy mód 600dpi_10p_-CMYK_90_kš a výchozí kalibrace 600dpi_10p CMYKcm_90.

3.1.5. Předpokládaná a data tisku kalibrace

V rámci normy ISO 12647-7 by povolená odchylka ΔE_{00} mezi požadovanými hodnotami a hodnotami reálného tisku neměla překračovat hodnotu $\Delta E_{00} > 2$ ve všech polích testovacího obrazce. To je i splněno v rámci vlastní kalibrace 1 (Graf 1). Nicméně u výchozí kalibrace tomu tak není, zde rozdíl předpokládaných a naměřených hodnot v některých případech výrazně překračuje povolené barvové odchylky. To může být způsobeno tím, že jako výstupní profil k této kalibraci je využíván generický profil zařízení.

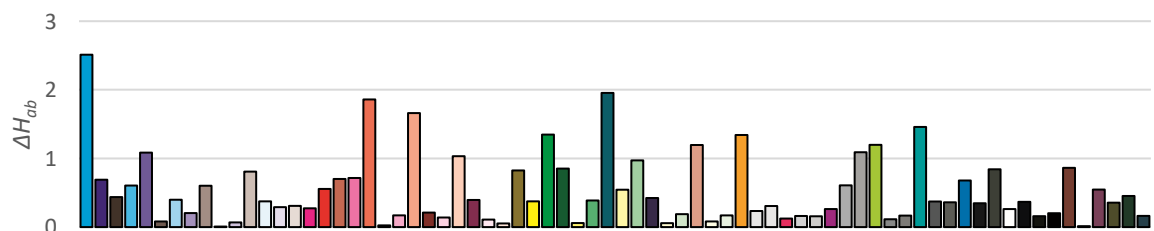


Graf 1: Barvová odchylka tisku vlastní kalibrace 1 a jejich předpokládaných hodnot

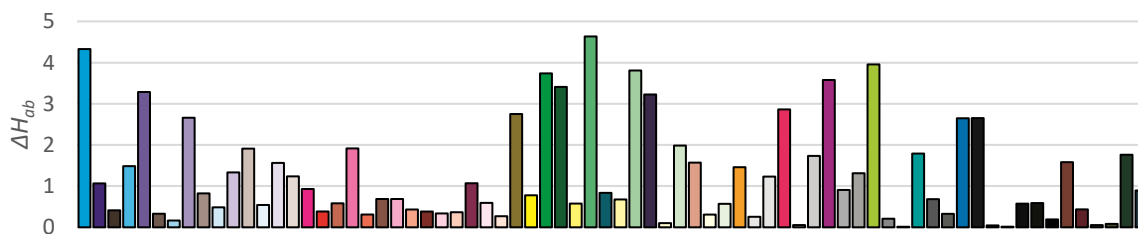


Graf 2: Barvová odchylka tisku výchozí kalibrace a jejich předpokládaných hodnot

Norma ISO 12647-7 také doporučuje, aby odchylka metrického odstínu nepřekračovala hodnotu 2,5. Opět je splněno u vlastní kalibrace (Graf 3), kde je maximální odchylka 2,5. Není překvapující, že naopak u výchozí kalibrace (Graf 4) tento limit dodržen není, vzhledem k tomu, že již byl překročen limit u barvové odchylky. V rámci vyhodnocení jednotlivých polí není zcela patrný nějaký řád, ze kterého by některé skupiny barev vykazovaly vyšší odchylku než jiné.



Graf 3: Odchylka metrického odstínu tisku vlastní kalibrace jejich předpokládaných hodnot



Graf 4: Odchylka metrického odstínu tisku výchozí kalibrace a jejich předpokládaných hodnot

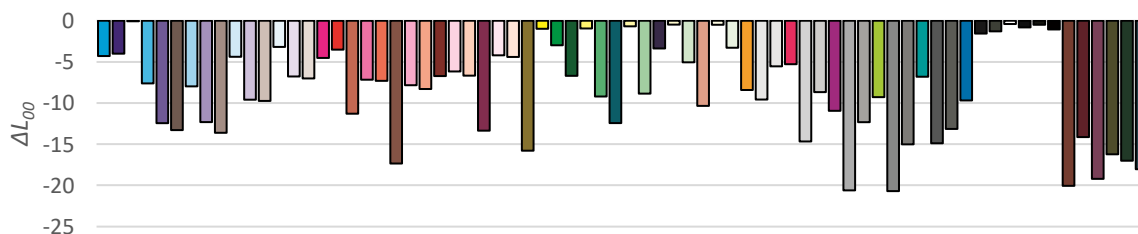
3.1.6. Barvové rozdíly výchozí a vlastní kalibrace

V rámci tohoto měření byly rozdíly reprodukcí vyhodnocovány jak subjektivní, tak i objektivní formou.

Objektivní vyhodnocení

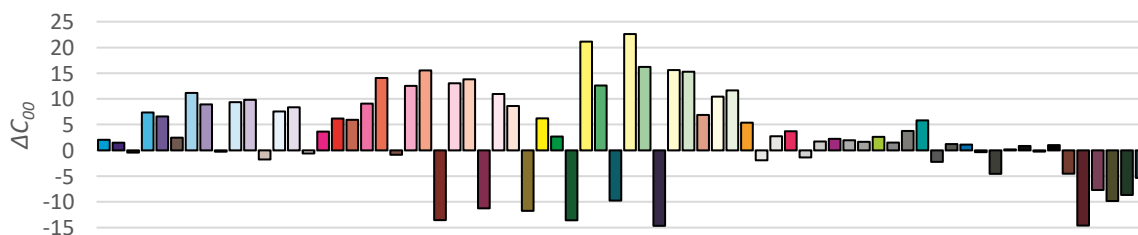
Pro vyhodnocení byly vytvořeny odchylky ΔL_{00} , ΔC_{00} a ΔH_{00} mezi kalibrací výchozí a vlastní kalibrací 1 pro stanovení jejich zásadních rozdílností v těchto jednotlivých parametrech. Tedy odchylka vlastní kalibrace 1 od výchozí v rámci naměřených hodnot tisku.

Z vyhodnocení jasu, je patrné, výchozí kalibrace produkuje barvy s menším jasnem oproti vlastní kalibraci (Graf 5) zejména v rámci tmavších polí testovacího obrazce a polí, které by měly obsahovat stupně šedi.



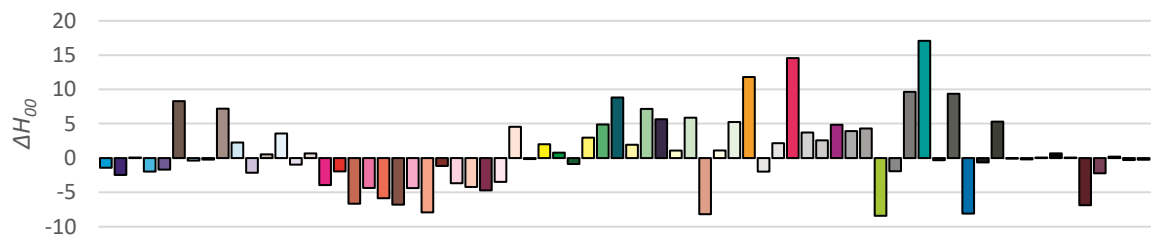
Graf 5: Odchylka měrné světlosti výchozí kalibrace od vytvořené

V rozdílech chromy kalibrací (Graf 6) se ukazuje, že výchozí kalibrace 1 má nižší barevnou měrnou čistotu ve tmavších barevných odstínech, a naopak ve světlejších barevných odstínech je vyšší. Jinými slovy z toho lze vyvodit, že výchozí kalibrace má světlé tóny posunuty více do neutrálních tónů, tedy při zobrazení na osách a^*b^* inkriminují spíše ke středu a tmavé tóny budou vykazovat posun spíše od středu. To v tisku následně může způsobovat jistou nesourodost barev.



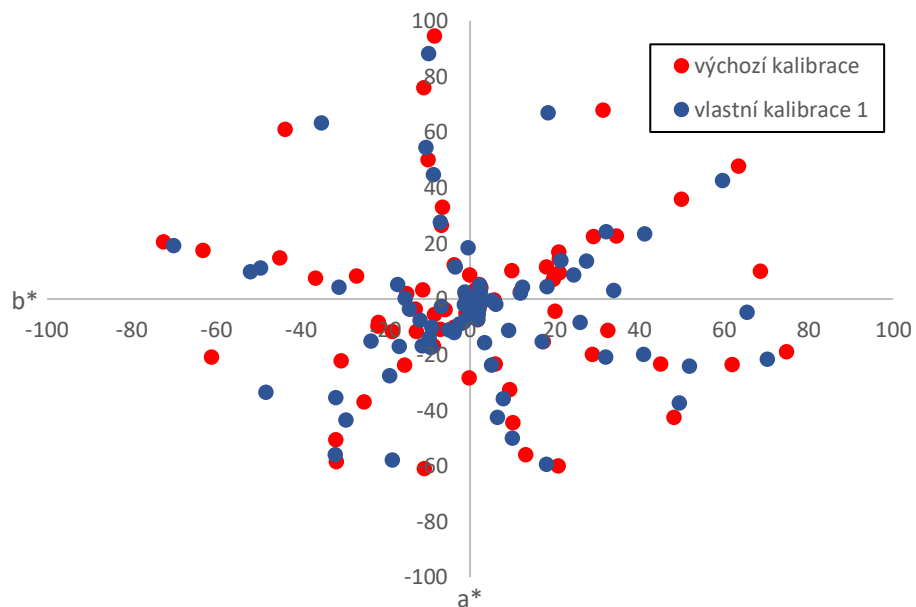
Graf 6: Chromy výchozí kalibrace od vytvořené

Odstíny výchozí kalibrace na rozdíl od vytvořené (Graf 7) vykazují rozdíly odstínu v růžových tónech a i v dalších odstínech, které není možné souhrnně zařadit do určité skupiny barev. Nicméně i velké množství polí vykazuje velice podobné hodnoty odstínu.

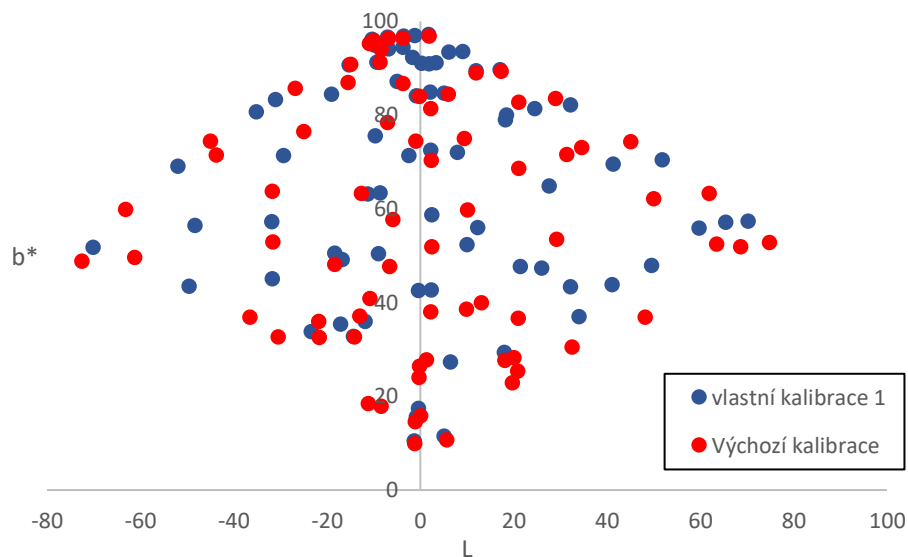


Graf 7: Odchylka odstínu výchozí kalibrace od vytvořené

V rámci zobrazení CIELAB (Graf 8, Graf 9) souřadnic jsou souhrnně patrné všechny již zmíněné rozdíly barevnosti, které byly popsány v rámci objektivního vyhodnocení. Nicméně toto zobrazení přináší i nové poznatky a tím je rozsah barevnosti. Na obou grafech je patrné, že rozsah barev je u výchozí kalibrace větší a dá říct i následně u profilů. Což lze nejvíce zpozorovat v oblasti žluté a červené. Toto bylo způsobeno omezením maximálního množství inkoustu, kde byla hodnota omezena na 90.



Graf 8: Bodový graf a^* a b^* hodnot naměřených kalibrací



Graf 9. Bodový graf $L a^* b^*$ hodnot naměřených kalibrací

Subjektivní vyhodnocení

V CMYK testovacím archu (vytištěných bez správy barev) s vlastní kalibrací je vidět ztelně vysoký rozdíl jednotlivých odstínů, který více či méně postrádá kontrast a barevnou pestrost. Nejvíce ztelné to je na fotografii s kovovými nádobami, kde je kontrast potřebný pro vytvoření metalického vzhledu, dále pak i na ovoci v košíku a portrétu dívky. Naopak kde tato problematika není tolik ztelná jsou hlavně fotografie pokoje a kavárny. Zdá se, že světlé tóny mohly být způsobeny omezením celkového plošného pokrytí inkoustu nebo omezením množství inkoustů v přetiscích a černé.

Testovací arch s výchozí kalibrací naopak jevil správnou pestrost a kontrastnost, což se dalo poznat i porovnáním pruhů barevných přechodů, a i kruhového přechodu černé. Co by se dalo této kalibraci vytknout, je možná trochu větší tmavost ve fotografii pokoje.

Setrvávající problematika v obou kalibracích byla v odstínech šedi (viditelná více ve světlejších tónech) byl vidět nádech azurové barvy, který je způsoben využitím CMY černé pro reprodukci, což potvzoval obrazec Grey boat. V tomto obrazi zejména CMY černá a následně i pak CMYK měla černá barva tento azurový nádech. V obrazi kalibrační řady také splývaly hodnoty plošného pokrytí žluté 45 %, tak že prakticky nebyl ztelný rozdíl v přechodu mezi jednotlivými poli.

3.2. Vyhodnocení kvality charakterizace

V této části vyhodnocení byla porovnáována charakterizace tisku za pomoci jednotlivých profilů a testovacích obrazců.

3.2.1. Vyhodnocení reprodukce s RGB

V rámci tohoto vyhodnocení je tisk za pomoci využitých kalibrací a profilů nejdříve porovnávan jednotlivě a následně jsou z těchto vyhodnocení vyvozeny výsledky. Testovací arch RGB byl vytištěn na základě nastavení vstupního profilu sRGB s využitím výstupních profilů v0-v2, kde byla použita k tisku vlastní kalibrace 1, v3-5, kde byla k tisku využita kalibrace výchozí (nicméně jak již bylo zmíněno, profily byly vytvořeny na základě kalibrace

vlastní 2) a výchozí profil vp byl vytištěn na základně výchozí kalibrace. Postupy jsou zaznamenány viz kapitola 2.4.2 str. 5050.

Profil v0

Co se týče celkového vyhodnocení obrazce, ve všech záměrech reprodukce byl znatelný lehký podtón purpurové barvy, který byl zaznamenán v pleťových tónech portrétu, na obloze fotografie mola a v odlescích fotografie kovového nádobí. Celkově pak fotografie postrádaly kontrastnost, která chyběla například na fotografii jeskynní malby v červených tónech. V Grangerově duze byla upozorována problematika reprodukce přechodu z azurové do zelené, kde se prakticky po celé délce vytrácela barevnost zmíněného přechodu ve všech záměrech reprodukce.

V rámci vyhodnocení různých nastavení záměru reprodukce byly znatelné zejména rozdíly v obrazi Grangerovy duhy, kde hlavně relativní kolorimetrické záměry s i bez kompenzace černého bodu promítaly na rozhraní přechodů od azurové přes okraje přechodů černá-zelená, a zelená-bílá až po žlutou světlý kruh s mírným nádechem azurové. V rámci perceptuálních záměrů reprodukce se tento defekt azurového kruhu promítl také, ale nebyl tolik znatelný. Též bylo zaznamenáno, že v záměrech reprodukcí bez kompenzace černého bodu se vyskytla posterizace černého přechodu.

Další obrazec, který jevil rozdíly v rámci jednotlivých záměrů reprodukce, byl černobílý obrázek rybářského náčiní, který v relativním záměru reprodukce vykazoval přítomnost CMY černé a měl lehký nádech do azurové barvy. V ostatních záměrech byl vzhled černý.

Profil v1

Charakterizace tímto profilem vykazovala prakticky stejné defekty, jako je tomu v reprodukci profilem v0 až na dvě výjimky. Tou první byla fotografie rybářského náčiní. Zde v rámci všech záměrů reprodukce bylo dosaženo stejného vzhledu. Přenastavení počátku K černé na vyšší hodnotu nicméně neslo i svá úskalí v obrazi Grangerovy duhy a zde je i druhá zmíněná výjimka, kde se kromě již zmíněných defektů vyskytly dvě tenké černé linie miniaturních tiskových bodů s minimálními rozestupy. Tyto linie horizontálně rámovaly oblast konce přechodu z černé do zelené a konce přechodu z bílé do žluté a červené.

Profil v2

Opět barevnost oproti profilu v0 a v1 nejevila změny až na obraze Grangerovy duhy a rybářského náčiní. Nastavení profilu v2 pomohlo zbavení se defektu černých linek v obrazi Grangerovy duhy.

Profil v3

Perceptuální záměr reprodukce vykazuje posun červeného odstínu. Ten je viditelný například na obrázku s klubky bavlnek a jeskynní malbě, kde je černá reprodukována spíše v rudých odstínech. Co se týče relativního kolorimetrického záměru reprodukce, tak jsou tyto odstíny spíše popsitelné jako jasnější červená. Do chladnějších a jasnějších odstínů se zdá být posunuta i metalická barva obrázku s nádobím a vínem.

V rámci všech záměrů reprodukcí je fotografie s rybářskými potřebami reprodukována stejně. Jeho reprodukce se zdá být tmavší a je znatelné, že tisk černé je reprodukován více do neutrálních odstínů.

Vzhledem k tomu, že mezi profilem v0 a v3 byly nastavené stejné parametry při tvorbě profilu s různou kalibrací, bylo vhodné porovnat tisk s využitím těchto dvou profilů mezi sebou. V profilu v3 byla oproti profilu v0 na fotografii portrétu znatelná lepší reprodukce pleťových tónů, které dobře kontrastují s tmavým pozadím a i barevnost fotografie bavlnek na testovacím archu se zdá být jasnější. Dá se tedy říct, že toto nastavení kalibrace vedlo k prohloubení kontrastu mezi světlými a tmavými tóny při tisku barevných fotografií. Naopak při porovnání černobílé reprodukce nezdá se nastavení příliš kontrastní.

V rámci Grangerovy duhy (ve všech záměrech reprodukce) byly opět detekovány problémy reprodukcí přechodu azurové a zelené, stále se v tisku vyskytuje jemně azurový kruh zaznamenaný hlavně v relativních kolorimetrických záměrech reprodukce a při delším zkoumání je zjištělý i v perceptuálních záměrech, jak v profilu v1 tak v profilu v3 se vyskytovala horizontální linie tiskových bodů na přechodu černá-zelená, bílá-žlutá, bílá červená. Nicméně tímto nastavením volby kalibrace pro profil v3 bylo zabráněno posterizaci v přechodu černé.

Profil v4

Oproti tisku s využitím profilu v3 nebylo zaznamenáno mnoho změn. Nicméně se podařilo v rámci nastavení profilu odstranit černé linie tiskových bodů na přechodech bílé a černé v Grangerově duze.

Profil v5

Využití profilu v5 je prakticky srovnatelné s využitím profilu v4 pro tisk. Ale i zde byly nalezeny mírné nuance. V pleťových tónech se zdá lehce větší kontrast, který je zaznamenaný i ve stínování nitěk klubiček a stínech květin. Z toho vyplývá, že v rámci vykreslení tak lépe vynikne trojrozměrný efekt jednotlivých objektů.

Profil vp

Reprodukce s využitím výchozího profilu a výchozí kalibrace vykazuje v Grangerově duze stejné nuance, jako vlastní nastavení. Byly zde zaznamenány linie tiskových bodů na přechodech černé a bílé, azurový kruhový artefakt viditelný nejvíce opět v relativních kolorimetrických záměrech reprodukce a chybějící azurová v přechodu azurová-zelená.

V rámci reprodukce černobílého obrázku rybářských potřeb bylo vidět dobré skloubení hodnot CMY a K, kde tyto obrazce vizuálně vykazovaly dobrý černobílý vzhled, a to na všech arších s různými záměry reprodukce.

V porovnání tisku s využitím profilu v5 u profilu vp měly pleťové tóny menší barevný nádech a nebyly tolik kontrastní s barevným pozadím, jako je tomu u profilu v5. U profilu vp byl vyšší kontrast postrádán i u fotografie s kovovými nádobami, kde je na druhou stranu nutné zmínit, že metalické barvy byly oproti profilu v5 více zabarveny do chladných tónů.

Výsledné vyhodnocení

V rámci využití záměrů reprodukce bylo vyhodnoceno, že záměry reprodukce s kompenzací černého bodu mohou částečně zachránit vzhled výsledného tisku v případě zvolení špatné kalibrace, nebo i nastavení reprodukce černé při tvorbě profilu. U profilů v0-v2 vytištěných s kompenzací černého bodu nebyla tedy chybná volba kalibrace v přechodu černé v rámci obrazce Grangerovy duhy zaznamenaná.

Co se týče perceptuálního záměru reprodukce a relativního kolorimetrického byl jediným znatelným rozdílem kruhový azurový artefakt na Grengerově duze výrazně znatelnější na relativním kolorimetrickém záměru reprodukce. To může být tím, že mezi gamuty vstupního a výstupního profilu jsou velké rozdíly v rozsahu, a je tedy vhodnější použít perceptuální záměr reprodukce.

Nejlepší reprodukce v rámci využití kalibrace č. 1 je určitě tisk s využitím profilu v2, kde bylo možné zamezit alespoň různé barevnosti reprodukce černobílé fotografie a černé linie v přechodech černé a bílé Grangerovy duhy. Nicméně využití tohoto nastavení tisku se nezdá být jako správná volba pro kvalitní tisk. Nicméně, kdyby k tisku mělo dojít, tak by bylo příhodné omezit se na tisk se záměry reprodukce s kompenzací černého bodu, aby tak bylo předcházeno posterizaci v přechodu černé a tmavých barev.

Tisk vytvořený s profilem, který se neshoduje s kalibrací media v5 se kupodivu zdá barevně vyváženější oproti profilu vp. Proto v rámci tohoto vyhodnocení profilů by mohl být vhodnou volbou pro kvalitní reprodukce s přiřazením výchozího profilu sRGB. Nicméně je nutno podotknout, že pokud by chtěla být do budoucna vyhodnocována data subjektivním způsobem, tak by to za pomoci tohoto profilu nebylo možné. V rámci toho by mohl být využit tisk výchozího profilu vp s výchozí kalibrací, který taktéž disponoval kvalitní reprodukcí a až na opravdu menší ztrátu barevného nádechu v pleťových odstínech a lehký náznak modré ve světlých tónech stupňů šedi oproti v5 i tak však byla jeho kvalita reprodukce velmi dobrá.

3.2.2. Vyhodnocení reprodukce CMYK

V rámci vyhodnocení reprodukce CMYK došlo k subjektivnímu vyhodnocení s postupy viz kapitola 2.4.2 str.50.

V rámci různých záměrů reprodukce nebyly vizuálně rozeznatelné rozdíly tisku. Nicméně je nutné říci, že využití profilů splnilo svůj účel. Byl potlačen efekt CMY černé, kde v rámci její reprodukce byla znatelná převaha azurového inkoustu oproti tisku bez správy barev. A celkově došlo v obou případech ke kvalitní reprodukci, která vykazovala pestré barvy, kvalitní kontrast a ostrost. U obou profilů zůstal ovšem zachován efekt slévání se žlutého přechodu v kalibrační řadě.

Nicméně mezi využitými profily menší rozdíl byl nakonec opět rozpoznán. Ve výchozím profilu nebyla převaha azurové ve stupních šedi zcela potlačena a tvořila tak jemný nádech modré na šedém pozadí portréту dívky, ve fotografii kovového nádoby a samozřejmě i v Grey oboat obrazci. Což jen potvrdilo výsledky v rámci vyhodnocení využití těchto profilů se vstupním záměrem reprodukce sRGB.

4. ZÁVĚR

Předmětem této diplomové práce bylo stanovení postupu správy barev pro tiskový stroj HP Latex 335 pro vybrané medium. Podrobně popsány jsou vyhodnocení v rámci vlastní a výchozí kalibrace subjektivním i objektivním způsobem. Popisován je i vliv na kvalitu reprodukce za pomoci vytvořených profilů a profilu výchozího.

Z vyhodnocení vlastní kalibrace se dá říct, že všechna nastavení zásadně ovlivňují výsledný vzhled tisku. V křivkách reprodukce tónu bylo možné si vybrat z více typů nastavení. Některé sloužily pouze pro nastavení křivky reprodukce tónu a jiné sloužily i pro kalibraci CMY černé. Bylo zjištěno, že nastavení CMY černé mají ovšem zásadní vliv i na ostatní barvy. Nastavení limitu inkoustu pro černou a přetisky nejevilo na testovacím obrazi přiřazeným programem Media Manager prakticky žádný vliv. Nicméně při dalším zkoumání v rámci vytvoření profilů, se nastavení limitu inkoustu negativně projevilo, což bylo zejména znatelné v posterizaci černého přechodu Grangerovy duhy např. na profilu v0. Omezení plošného pokrytí, které bylo pozměněno na nižší hodnoty, pak chyby nastavení kalibrace umocnilo, tiskem velice světlých tónů všech barev.

V rámci porovnání kalibrace vlastní a výchozí se celkově jako nejlepší volba jevila kalibrace výchozí, která na rozdíl od vlastní kalibrace nepostrádala sytost barev a kontrast. Tvorba vlastní kalibrace je velice složitý proces a v některých jejích aspektech bylo složité správné určení kvality nastavených hodnot. Proto v rámci těchto získaných zkušeností je spíše doporučováno, pokud je možnost, využití kalibrace charakteristicky nejbližšího substrátu, jako tomu bylo u kalibrace výchozí, která byla původně získána z papíru HSW Metro Expo 200, nebo již kalibraci pro substrát nastavenou.

V rámci tvorby vyhodnocení profilů byl porovnáván tisk výchozího profilu s výchozí kalibrací vp a tisk vlastní kalibrace 1 s třemi různými profily (v0-v2) společně s tiskem za použití výchozí kalibrace a třech vlastních profilů (v3-v5) vytvořených na základě vlastní kalibrace 2 (neshoda kalibrace s profilem).

Byly vyhodnocovány tiskové archy RGB s přiřazeným vstupním profilem sRGB v rámci záměru reprodukce relativního kolorimetrického, perceptuálního a to s i bez kompenzace černého bodu. Zde došlo k závěru, že i když v nastavení byla neshoda profilu s kalibrací media, tak tisk s využitím profilu v5 společně s výchozím nastavením je velice kvalitní a jeho kvalita je velmi podobna reprodukci s výchozím profilem, kde se ovšem zdají být méně pestré střední tóny. Příliš světlý tisk s využitím profilů s vlastní kalibrací nebylo možné považovat za kvalitní. Z jednotlivých porovnání záměrů reprodukce pak vyplývá, že je dobré využít volbu s kompenzací černého bodu, která zamezí chybám v reprodukci černé barvy, které mohly být například vytvořeny při kalibraci.

Tisk CMYK hodnot proběhl v nastavení přiřazeného vstupního profilu FOGRA 39 (relativní kolorimetrický a perceptuální záměr oba s kompenzací černého bodu), kde bylo rozhodnuto, který z profilů v5 a vp plní lépe svojí funkci. I když rozdíly nebyly nikterak zásadní, výchozímu profilu se úplně nepodařilo odstranit nádech azurové ve světlejších neutrálních tónech, a proto je lepší volbou pro kvalitní reprodukci profil v5.

I když proběhla neshoda profilu s kalibrací media, byl tímto způsobem vytvořen profil, který vytváří kvalitní reprodukce. Nicméně pro další postupy, a to hlavně z důvodu toho, aby mohlo dojít k porovnání přiváděných dat do tisku a dat vytištěných by bylo nejhodnějším postupem pro výchozí kalibraci vytvoření vlastního profilu a porovnávat pouze záměry reprodukce

s kompenzací černého bodu. Tím se předejde vyhodnocování velkého množství dat, a tak i pravděpodobnosti chybného nastavení. Z důvodu časové náročnosti, již tato možnost nebyla v rámci závěrečné práce prozkoumána.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *ColorWiki* [online]. Seattle (Washington): CHROMiX, Inc., 2010 [cit. 2019-10-4]. Dostupné z: http://www.colorwiki.com/wiki/ColorWiki_Home
- [2] KAPLANOVÁ, Marie. *Moderní polygrafie*. 1. vyd. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2009. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [3] *International Color Consortium* [online]. Reston: International Color Consortium, 2012 [cit. 2019-10-24]. Dostupné z: <http://www.color.org/index.xalter>
- [4] PROFILE VERSION 4.3.0.0. *Specification ICC.1:2010: Image technology colour management — Architecture, profile format, and data structure*. 1. (Reston VA): International Color Consortium, 2010.
- [5] OHTA, Noboru a Alan R. ROBERTSON. *Colorimetry* [online]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2005 [cit. 2020-05-02]. DOI: 10.1002/0470094745. ISBN 9780470094747.
- [6] TEZAUER, Radka. Měření a míchání barev. In: *Paladix* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.paladix.cz/clanky/mereni-a-michani-barev.html>
- [7] *The CIE-xyY chromaticity diagram* [online]. In: . [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/The-CIE-xyY-chromaticity-diagram_fig2_226067044
- [8] GREEN, Phil a Michael KRISS, ed. *Color Management : Understanding and Using ICC Profiles*. New York: Wiley, 2010. ISBN 978-0-470-05825-1.
- [9] *2D diagram* [online]. In: . [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://kopina.cz/terminologie/36958/lab/>
- [10] LINDBLOOM, Bruce. *Useful Color Equations* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn_Spect_to_XYZ.html
- [11] FRASER, Bruce, Chris MURPHY a Fred BUNTING. *Real world color management: industrial-strength production techniques*. 2nd ed. Berkley: Peachpit Press, 2005. ISBN 978-0321267221.

- [12] HRABČÍK, Oldřich. *Systém identifikace barevných profilů zobrazovacích zařízení*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v brně. Vedoucí práce Ing. Petr Peyovský.
- [13] *ICC Profile Anatomy* [online]. In: . [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: http://www.color.org/events/toronto/10Differences_between_ICC_profile_versions.pdf
- [14] *White Paper 7: The role of ICC profiles in a colour reproduction system* [online]. In: . s. 11 [cit. 2019-11-01]. Dostupné z: http://www.color.org/ICC_white_paper_7_role_of_ICC_profiles.pdf
- [15] SHARMA, Abhay. *Understanding color managemnet*. Second Edition. Toronto: Wiley, 2018. ISBN 978-1119223634.
- [16] *Color Rendering Intent* [online]. In: . [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://lehcan.wordpress.com/utopics/22-2/>
- [17] ISO 12640. *Graphic technology — Prepress digital data exchange: Part 3: CIELAB standard colour image data (CIELAB/SCID)*. 3. Geneva: Mezinárodní organizace pro normalizaci, 2007.
- [18] Advanced Ink limits in Onyx - How to evaluate charts: Discussion in 'RIP Software & Color Management' started by hazartilrot, Nov 3, 2018. *Signs 101* [online]. 2015 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://signs101.com/threads/advanced-ink-limits-in-onyx-how-to-evaluate-charts.150401/>
- [19] *Using the Ink Limit Wheel & HIVE Images* [online]. In: . s. 4 [cit. 2020-06-09]. Dostupné z: https://www.lfpc.es/wp-content/uploads/2013/05/Using_the_Ink_Limit_Wheel__Hive.pdf
- [20] 'ISO 12642-2 / ANSI IT8.7/4 Visual' Test Chart with 1617 Patches. *Prinect Color Toolbox 2019* [online]. [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: http://www.content-lib.de/Prinect_Color_Toolbox/Version2019/en/index.htm#t=Prinect%2Ftestforms%2Ftestforms-7-.htm
- [21] *ANSI IT8.7/4 Visual' Test Chart with 1617 Patches* [online]. In: . [cit. 2020-05-02].
- [22] ISO 12642-2. *Graphic technology — Input data for characterization of 4-color process trinting: Part 2: Expeded data set*. 1. Geneva, 2007.

- [23] *White Paper 3: ICC Recommendations for Color Measurement* [online]. In: . s. 7 [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: http://www.color.org/ICC_white_paper3measurement.pdf
- [24] CHANG-HWAN, Son, Park HYUNG-MIN a Ha YEONG-HO. Improved Color Separation Based on Dot-Visibility Modeling and Color Mixing Rule for Six-Color Printers. *Journal of Imaging Science and Technology* [online]. 2011, **2011**(55) [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/275839127>
- [25] *HP Latex5x0and 3x0 Printer Series: TECHNICAL DOCUMENT. Understanding contone printers* [online]. In: . s. 7 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <https://hpllatexknowledgecenter.com/storage/app/uploads/public/5b2/8b9/99c/5b28b999c82fc958775930.pdf>
- [26] ISO 13655. *Graphic technology — Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images*. 3. Geneva: Mezinárodní organizace pro normalizaci, 2017.
- [27] KRAUSHAAR, Andreas. *ProcessStandard Digital* [online]. Aschheim (Munich): Fogra Research Institute for Media Technologies, 2018 [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.fogra.org/en/fogra-standardization/digital-printing-2-48/digital-printing-standardization.html>
- [28] *Color Hutch: Images and targets* [online]. [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: http://www.hutchcolor.com/Images_and_targets.html
- [29] *GrayBoat.jpg (1.2 M- CMYK)* [online]. In: . [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: http://www.hutchcolor.com/Images_and_targets.html
- [30] *ISO 12640-2:2004: Graphic technology — Prepress digital data exchange — Part 2: XYZ/sRGB encoded standard colour image data (XYZ/SCID)*. 1. 2004.
- [31] Co to je ISO – základy fotografování. *Amaze* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.amaze.cz/zaklady-fotografovani-iso/>
- [32] DR. KRAUSHAAR, Andreas. *Fogra Media Wedge CMYK V3.0* [online]. In: . Munich, s. 10 [cit. 2020-06-14]. Dostupné z: https://www.colourmanagement.net/PDF/ugra_fogra-media-wedge-v3-0b.pdf

- [33] MOKRZYCKI, Wojciech a Maciej TATOL. *Colour difference ΔE - A survey* [online]. In: . Olsztyn: Faculty of Mathematics and Informatics, s. 25 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://wisotop.de/assets/2017/DeltaE-%20Survey-2.pdf>
- [34] INTERNATIONAL COLOR CONSORTIUM. *ICC Profile Inspector* [online]. Reston [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <http://www.color.org/profileinspector.xalter>
- [35] *Defining and Communicating Color: The CIELAB System* [online]. Sappi Fine Paper North America, 2013, , 8 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/sappietc/Defining%20and%20Communicating%20Color.pdf>
- [36] *HP* [online]. Prague BB Centrum-Delta, 2020 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www8.hp.com/cz/cs/commercial-printers/latex-printers/335.html>
- [37] MICROSOFT CORPORATION. *Řada tiskáren HP Latex 300: Uživatelská příručka* [online]. In: . HP Development Company, L.P., s. 196 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c05269094>
- [38] O'CONNOR, Kevin a Raymond CHEYDLEUR. *The M Factor... What Does It Mean?: Successful Color Management of Papers with Optical Brighteners* [online]. X-Rite, 2012, , 5 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/literature/17/17-500_17-599/17-510_m_factor_what_does_it_mean/17-510_m_factor_en.pdf
- [39] *HWS Signall* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: https://www.hsw.cz/zbozi/profit-poster-paper-satin-200g_28317/
- [40] *Fast & Simple Media Profiling in Version X10* [online]. ONYX TV, 2010 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=7ccjr9_saS0