

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Stanovení profilu u velkoformátových inkjetových
tiskáren

Autor práce: Jan Půlpán

Vedoucí práce: Ing. Jan Pidanič

Bakalářská práce
2012

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Půlpán**
Osobní číslo: **I09048**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu: **Stanovení profilu u velkoformátových inkjetových tiskáren**
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky**

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

V teoretické části provedte rozbor správy barev v tiskovém procesu s popisem jednotlivých parametrů. Navrhněte metodiku optimálního stanovení ICC profilu u inkjetových tiskáren. Součástí bakalářské práce bude i srovnání softwarů pro stanovení ICC profilů a rozbor principu funkce spektrofotometru.

Praktická část bude obsahovat stanovení profilů velkoformátové tiskárny pro různé druhy tiskových materiálů s podrobným rozbohem vlivu jednotlivých parametrů na výsledný profil.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

Kaplanová, M. Moderní polygrafie. Svaz polygrafických podnikatelů, Praha, 2010.

Green, P. Color Management: Understanding and using ICC profiles, Wiley, 2010.

Homann, J. P. Digital Color Management. Springer, 2008

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Pidanič

Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **12. prosince 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **11. května 2012**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.

děkan



L.S.



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. března 2012

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, 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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 11. 05. 2012

Jan Půlpán

Poděkování

Poděkování patří především vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Pidaničovi. Poděkování patří také reklamnímu studiu Jirout reklamy, za skvělou spolupráci a přístup k tiskovým strojům a softwarovému vybavení. V neposlední řadě také fakultě Elektrotechniky a Informatiky Univerzity Pardubice za zapůjčení měřícího vybavení.

Anotace

Tato práce se zabývá tvorbou barevných profilů digitálních inkoustových tiskáren a rozбором parametrů, které s tvorbou souvisí. Čtenář je postupně seznámen se všemi informacemi, které jsou důležité pro tvorbu barevných profilů v tiskařské praxi.

Klíčová slova

ICC profil, barevný profil, správa barev, CMYK, inkjetová tiskárna

Title

Creating of ICC profiles for inkjet printers.

Annotation

This work deals with creation of color profile of inkjet printer and with color profile parameters analysis. The reader is gradually introduced to all the informations which are important to create color profiles in printing practice.

Keywords

ICC profile, color profile, color management, CMYK, inkjet printer

Obsah

Seznam zkratk	8
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
Úvod	10
1 Barvy, barevné prostory	11
1.1 Barvy.....	11
1.2 Atributy barev.....	13
1.3 Barevné prostory.....	15
1.3.1 Barevný prostor RGB.....	16
1.3.2 Barevný prostor CMY.....	16
1.3.3 Barevný prostor CMYK.....	17
1.3.4. Převody mezi barevnými prostory.....	17
2 Tisk	19
2.1 Digitální inkjetový tisk.....	19
2.2 Piezoelektrický tisk.....	20
2.3 Mimaki JV3 – 160.....	20
2.4 Mimaki JV5 – 160.....	21
2.5 Použité technologie.....	23
2.6 Zpracování dat pro tiskárnu (RIP proces).....	24
3 Spektrofotometr	25
3.1 Princip spektrofotometru.....	25
3.2 Spektrofotometr i1pro.....	26
4 Správa barev	27
4.1 Účel správy barev.....	27
4.2 ICC profily.....	28
4.3 Tvorba ICC profilu.....	28
4.4 Důležité parametry při tvorbě profilu.....	29
4.5 Srovnání software pro tvorbu ICC profilů.....	31
5 Hodnocení kvality tisku	33
5.1 Hodnocení obecně.....	33
5.2 Hodnocení barev.....	34
5.3 Deformace tiskových bodů a kontrola soutisku.....	35
6 Praktická část	36
6.1 Metodologie měření.....	36
6.2 Měření.....	36
6.3 Tvorba profilů.....	41
6.4 Ověření parametrů tvorby profilu.....	43
6.3 Výsledné barevné profily.....	47
Závěr	49
Literatura	50
Přílohy	52

Seznam zkratek

ICC	International Color Consortium [12]
R	Red (červená barva)
G	Green (zelená barva)
B	Blue (modrá barva)
C	Cyan (azurová barva)
M	Magenta (purpurová barva)
Y	Yellow (žlutá barva)
K	Key (černá barva)
RGB	Barevný prostor založený na aditivním míchání barev
CMY	Barevný prostor založený na subtraktivním míchání barev
CMYK	Barevný prostor využívaný v tiskových zařízeních
CIEYxy	Barevný prostor založený na vnímání lidským zrakem
CIELUV	Barevný prostor založený na vnímání lidským zrakem
CIELAB	Barevný prostor založený na vnímání lidským zrakem
CIE L*a*b	Barevný prostor založený na vnímání lidským zrakem
NIP	Non Impact Printing (vystřelování kapek inkoust)
RIP	Raster Image Processor (software pro zpracování tiskových dat)
PCS	Profile Connection Space (Prostor propojení profilů)
GCR	Gray Color Replacement (nahrazení šedé složky)
UCR	Under Color Removal (jiná metoda nahrazení šedé složky)
NoK	No Key (tisk bez černé barvy)
MaxK	Max Key (tisk s maximem černé barvy)

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Barevné spektrum [1]	11
Obrázek 2 - Aditivní míchání [2]	12
Obrázek 3 - Subtraktivní míchání [2]	12
Obrázek 4 - Světelný filtr [1]	13
Obrázek 5 - Reálné barvy [1]	13
Obrázek 6 - Změna jasu [3]	14
Obrázek 7 - Změna sytosti [3]	14
Obrázek 8 - Změna odstínu [3]	15
Obrázek 9 - RGB prostor [2]	16
Obrázek 10 - CMY prostor [2]	17
Obrázek 11 – Gamut [4]	18
Obrázek 12 - Mimaki JV3 – 160 [5]	20
Obrázek 13 – Mimaki JV5 - 160 [6]	22
Obrázek 14 - Proměnlivá velikost bodu [6]	23
Obrázek 15 - Tiskové hlavy [6]	23
Obrázek 16 - RIP schéma [19]	24
Obrázek 17 - Princip spektrofotometru [9]	25
Obrázek 18 - i1pro [11]	26
Obrázek 19 - Uzavřený systém správy barev [3]	27
Obrázek 20 - Otevřený systém správy barev [3]	28
Obrázek 21 - Perceptuální převod gamutu [16]	30
Obrázek 22 - Odrazivost barev [3]	34
Obrázek 23 - Změna tloušťky barvové plochy [3]	34
Obrázek 24 - Deformace tiskových bodů [3]	35
Obrázek 25 - Mimaki JV3 -160	37
Obrázek 26 - Mimaki JV5 – 160	37
Obrázek 27 - Měření density	38
Obrázek 28 - Linearizace	39
Obrázek 29 - Tisk testovacích chartů	40
Obrázek 30 - Měření testovacího chartu	40
Obrázek 31 – Měření testovacích stripů	41
Obrázek 32 - Profile Maker	42
Obrázek 33 - Profile Maker, Separation	42

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Mimaki JV3 – 160 [5]	21
Tabulka 2 - Mimaki JV5-160 Parametry [6]	22
Tabulka 3 - Parametry i1pro [10]	26
Tabulka 4 - Srovnání software pro tvorbu profilů [15]	32
Tabulka 5 - výchozí nastavení profilu	43
Tabulka 6 - Profily JV3	47
Tabulka 7 - Profily JV5	48

Úvod

Cílem této práce je vysvětlení principů správy barev a použití těchto principů pro tvorbu barevných profilů. Hlavním důvodem pro tvorbu barevných profilů je zachování barevné věrnosti na rozdílných zobrazovacích zařízeních. Tato práce je zaměřena na tvorbu barevných profilů velkoformátových, digitálních, inkoustových tiskáren a na problematiku, která s tvorbou souvisí.

Práce obsahuje seznámení se základní problematikou barev, jejich vznikem, mícháním a vlastnostmi. Tyto znalosti jsou nezbytné pro pochopení principu barevných prostorů a správy barev, která s nimi úzce souvisí. Správné využití správy barev a vytvoření barevného profilu, umožňuje dosáhnout barevné shody na odlišných zobrazovacích zařízeních. K vytváření barevných profilů je zapotřebí přístroj, který změří odchylky jednotlivých barev od stanovených referenčních hodnot – spektrofotometr. V práci jsou také rozebrány principy tiskáren, pro které budou profily vytvářeny. Postup vytváření barevných profilů, který je vysvětlen v poslední části práce by měl usnadnit a přiblížit tvorbu barevného profilu i laické veřejnosti. Vysvětlení a ověření jednotlivých parametrů navíc umožňuje vytvořit výsledný profil dle vlastních potřeb a požadavků.

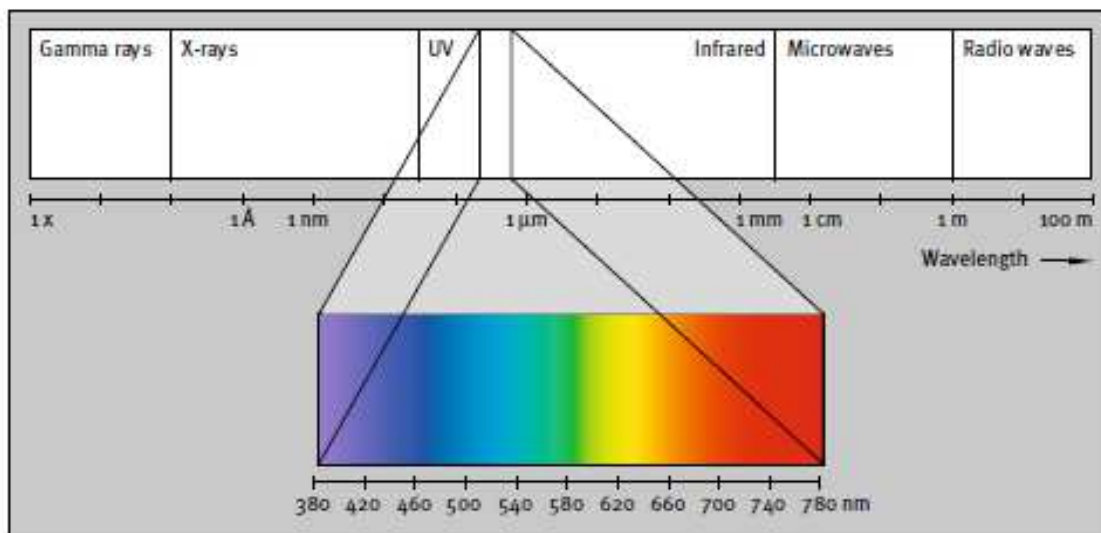
Barevné profily vytvořené v rámci této práce budou používány v reálném tiskovém procesu.

1 Barvy, barevné prostory

Správa barev se zabývá řízenými převody barevných prostorů mezi zařízeními s rozdílnými barevnými rozsahy. Pro pochopení správy barev a metodiky vytváření ICC profilů, je nutné porozumět problematice barev, jejich vzniku a míchání. V této kapitole bude také vysvětlena problematika jednotlivých barevných prostorů.

1.1 Barvy

Viditelné světlo představuje malou část spektra elektromagnetického záření. Jedná se o vlnové délky 380 nm až 780 nm. Výsledná barva, kterou vidíme, tedy závisí na konkrétní vlnové délce záření. Od nejkratší vlnové délky se barvy mění od fialové, přes modrou, zelenou, žlutou a oranžovou, k červené. Na svých okrajích přechází viditelné spektrum do Ultrafialové a Infračervené oblasti. Rozložení celého spektra elektromagnetického záření a detailnější popis barevného spektra je na obrázku 1.

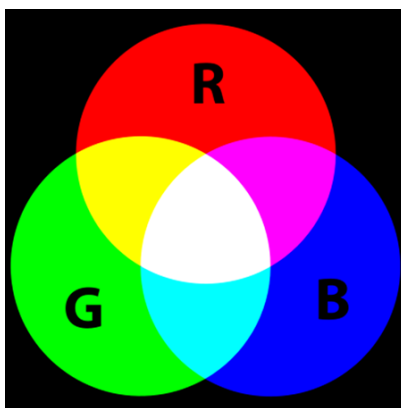


Obrázek 1 - Barevné spektrum [1]

Barva je tedy elektromagnetické záření o dané vlnové délce. Pokud se jedná o míchání barev například ve výpočetní technice, existují dva typy míchání – aditivní a subtraktivní. V obou případech se výsledná barva skládá z tří základních barev a pomocí těchto barev a jejich vhodného poměru je možno vyjádřit libovolnou barvu.

Aditivní míchání

Základem aditivního míchání je sčítání tří základních barev. Základní barvy aditivního míchání jsou červená (R – Red), zelená (G – Green) a modrá (B – Blue). Doplňkové barvy tohoto míchání jsou azurová (C – Cyan), purpurová (M – Mangeta) a žlutá (Y – Yellow). Součtem všech tří barev pak vznikne barva bílá.

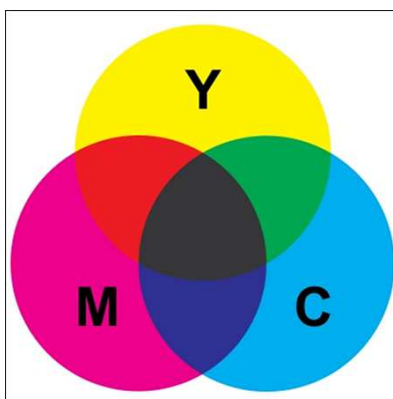


Obrázek 2 - Aditivní míchání [2]

Příkladem může být obrazovka monitoru, kdy máme pro každý bod na obrazovce tři zdroje světla - RGB. Výsledná barva závisí na intenzitě jednotlivých složek.

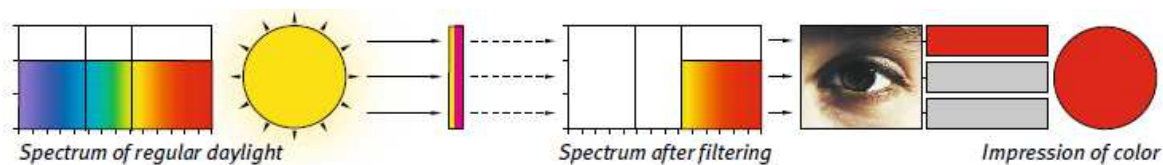
Subtraktivní míchání

Při tomto míchání barev dochází k odečítání složek světla obsažených ve spektru. Máme-li světelné spektrum obsahující všechny barvy, pak pomocí vhodných filtrů můžeme požadované barevné složky odstranit. Základní a doplňkové barvy jsou oproti míchání aditivnímu prohozené. Základní jsou C, M, Y a doplňkové R, G, B. Každá z barev C, M, Y tedy omezuje (absorbuje) jednu část spektra a zbylé dvě odráží. Například žluté světlo vznikne složením R a G (v RGB modelu), neobsahuje tedy modrou složku. Při dopadu bílého světla tedy žlutý pigment (v CMY modelu) modrou složku pohlcuje a zpět odráží pouze kombinaci červené a zelené složky, což je žlutá barva [14].



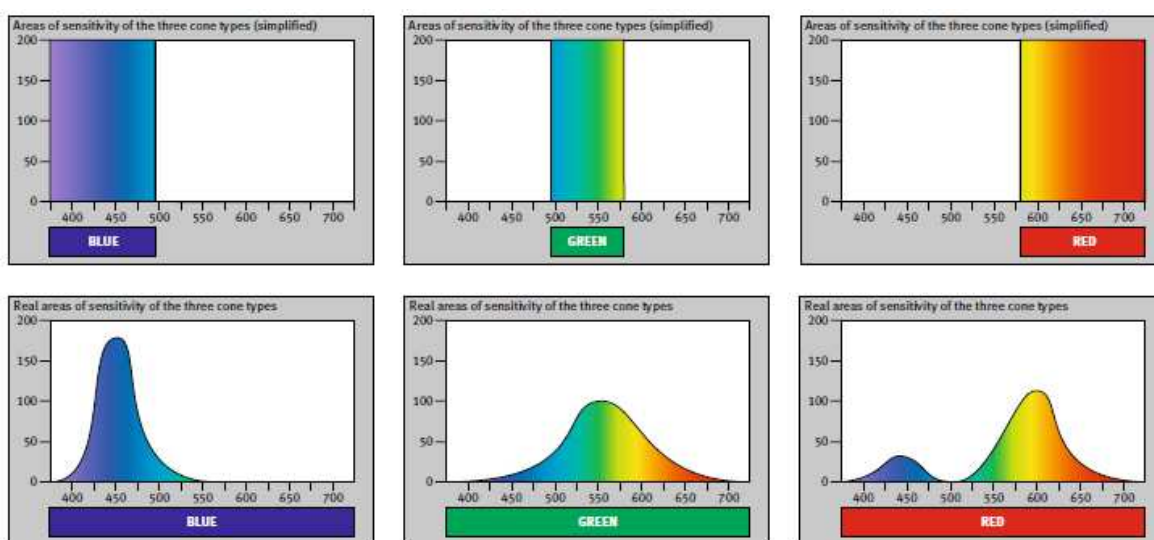
Obrázek 3 - Subtraktivní míchání [2]

Praktickým příkladem může být odfiltrování barev ze spektra slunečního záření na obrázku 4.



Obrázek 4 - Světelný filtr [1]

V reálném případě samozřejmě není možné odfiltrovat přesně dvě části spektra a jednu ponechat. Reálné spektrum nemá obdélníkový tvar. Na obrázku 3 je znázorněn rozdíl mezi ideálním (horní řada) a skutečným (dolní řada) tvarem spektra.



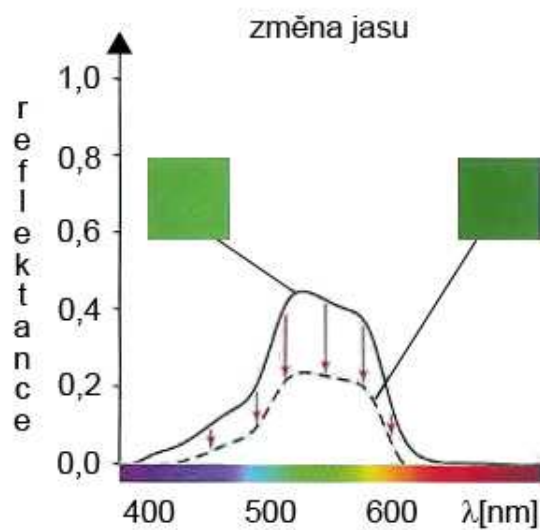
Obrázek 5 - Reálné barvy [1]

Barva jako subjektivní vjem je obvykle popsána názvem (černá, bílá, modrá, zelená). Pro objektivní popis barvy slouží její atributy, které se dělí na absolutní a relativní.

1.2 Atributy barev

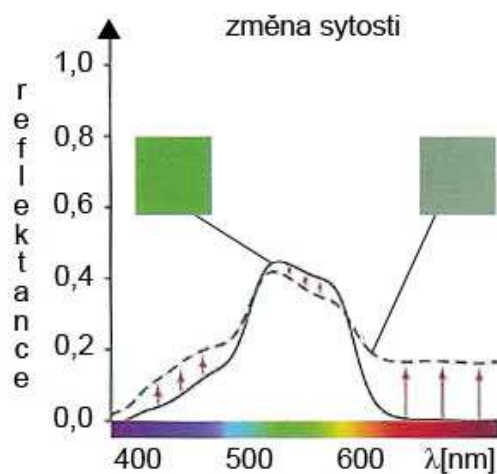
Absolutní atributy

Jas (brightness) je množství světla, které objekt vyzáří (odrazí). Při změně jasu barvy, dojde ke změně intenzity světla, ale rozložení ve spektru zůstane zachováno.



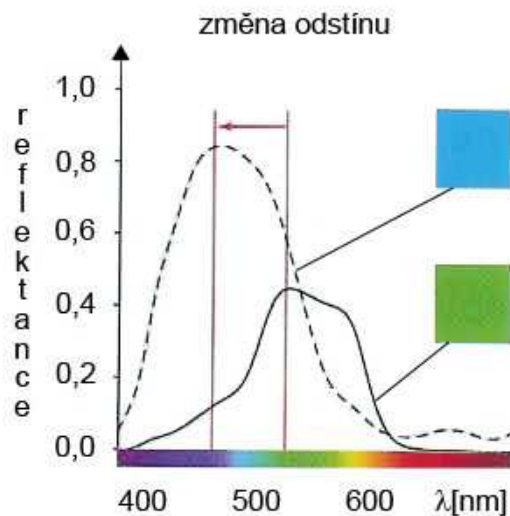
Obrázek 6 - Změna jasu [3]

Sytost (colorfulness) je intenzita barvy. Podle ní rozlišujeme barvy pestré (spektrální barvy) a nepestré (černá, šedá, bílá). Při změně sytosti zůstává intenzita světla zachována, ale barva se jeví matnější (zmenšení sytosti), nebo pestřejší (zvětšení sytosti).



Obrázek 7 - Změna sytosti [3]

Odstín (hue) je dán změnou polohy dominantního pásu ve spektru. Například pro zelenou barvu je dominantní pás v okolí vlnové délky 550 nm, pro modrou je to zhruba v okolí 480 nm.



Obrázek 8 - Změna odstínu [3]

Relativní atributy

Zachycují atributy barev při změně světelných podmínek. Příkladem může být pozorování barvy na slunečním světle a poté pod zářivkou.

- Světlost (lightness), je poměr jasu pozorovaného vzorku a stejně osvětleného referenčního vzorku
- Chroma, je poměr sytosti barvy pozorovaného vzorku a stejně osvětleného referenčního vzorku
- Saturace (saturation), je poměr sytosti barvy k jejímu jasu

I přes tyto zavedené atributy, zůstává vjem barvy z hlediska lidského oka subjektivní. Faktory ovlivňující výsledný vjem barvy jsou:

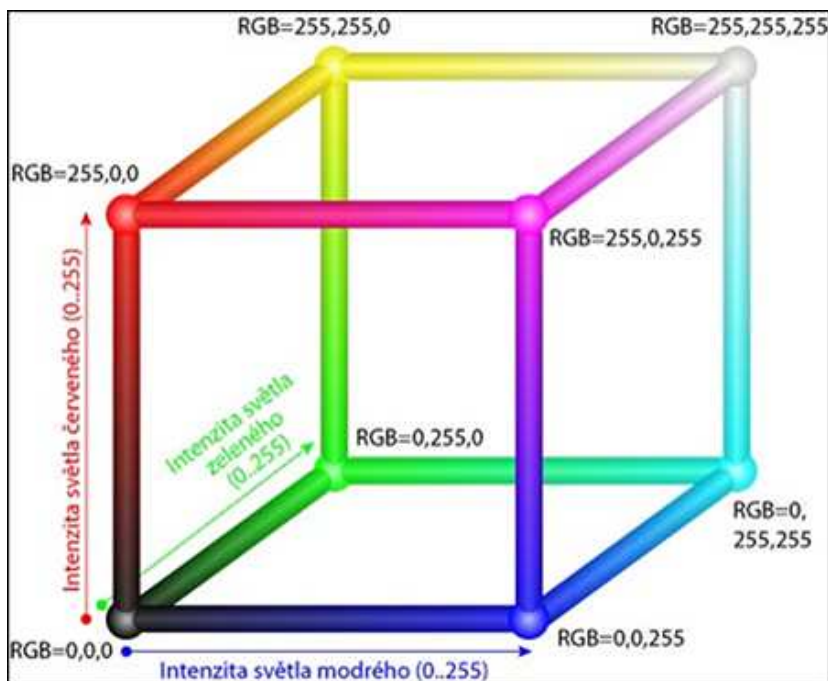
- Intenzita světla a jeho spektrální charakter
- Prostředí, kterým se světlo šíří
- Povrch pozorovaného předmětu (odraz a absorpce světla)
- Lidské oko a jeho schopnosti zachytit a rozeznat barvy

1.3 Barevné prostory

Barevný prostor, je systém pro přesný popis barev. Barevné prostory se dělí na přístrojově nezávislé a přístrojově závislé. Přístrojově nezávislé popisují barvy na základě jejich vnímání lidským zrakem, jedná se například o prostory CIEYxy, CIELUV a CIELAB [3]. Barevné prostory přístrojově závislé, jsou prostory RGB a CMY, případně CMYK. Každé konkrétní barvě jsou přiděleny tři souřadnice v barevném prostoru, které vyjadřují „intenzitu“ jednotlivých spektrálních složek. Konečná interpretace těchto barevných souřadnic pak závisí na daném výstupním zařízení, nebo na zvoleném barevném profilu.

1.3.1 Barevný prostor RGB

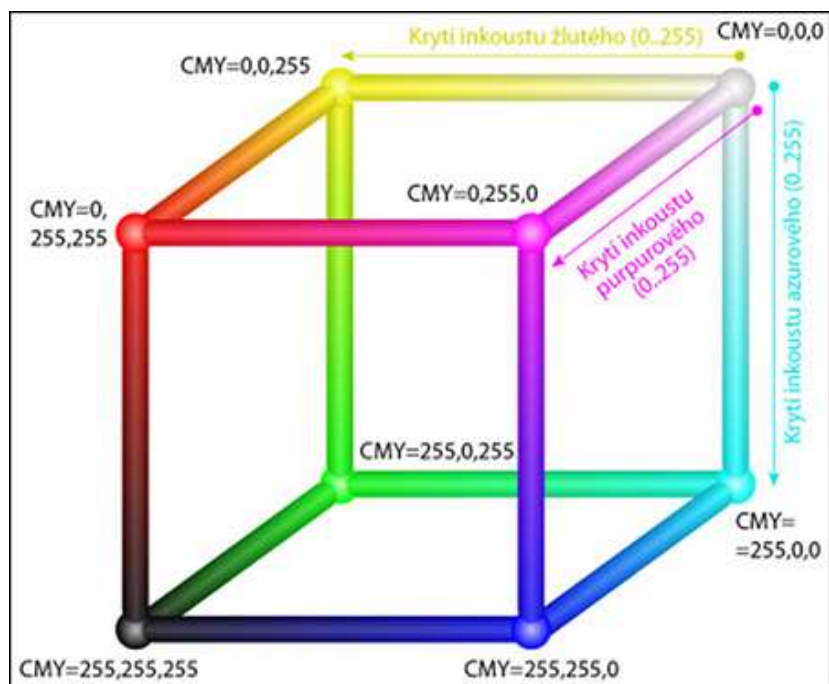
Jedná se o krychlový barevný prostor, který vychází z principu aditivního míchání barev. Na osách krychle jsou složky červené, zelené a modré barvy. Tyto složky mají stejný rozsah hodnot, v digitálním zpracování skoro vždy 0 – 255. Pokud jsou hodnoty všech složek rovny nule, jedná se o černou barvu. Maximální hodnoty u jednotlivých barvonosných složek vytváří barvu bílou. Barevný prostor RGB využívají například monitory a televize.



Obrázek 9 - RGB prostor [2]

1.3.2 Barevný prostor CMY

Tento barevný prostor, je také krychlový, stejně jako předešlý. Barevný prostor CMY je k prostoru RGB inverzní. Na osách krychle se vyskytují složky azurové (C), purpurové (M) a žluté (Y) barvy. Rozsah hodnot barev je opět 0 – 255. Nulové hodnoty složek reprezentují bílou a maximální hodnoty černou. Barevný prostor CMY se využívá ve většině tiskových zařízení.



Obrázek 10 - CMY prostor [2]

1.3.3 Barevný prostor CMYK

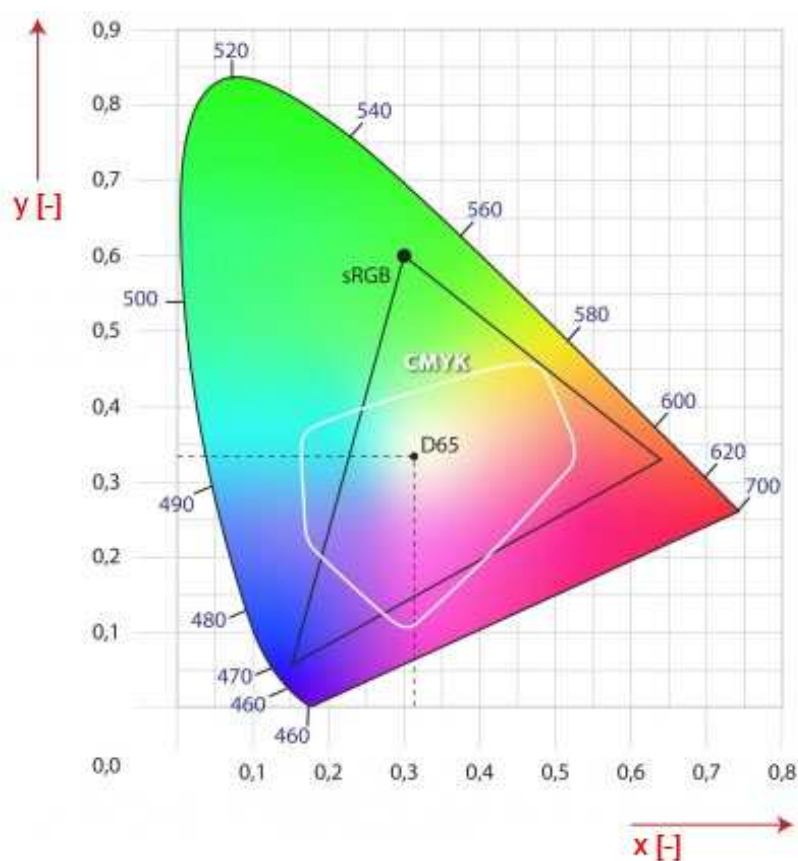
V ideálním případě, kdy by každá z barev CMY pohlcovala přesně jednu třetinu spektra, by černá barva nebyla potřeba. Skutečnost je ovšem jiná. Černá barva, která vznikne smícháním barev CMY je nedokonalá, málo sytá a nevěrohodná. Je to z důvodu nedokonalých a pěvně nestandardizovaných základních barev (inkousty od různých výrobců se mohou barevně lišit – vždy to bude CMYK, ale budou zde lehké barevné odchylky). K doplnění subtraktivního základu se tedy využívá ještě samostatná černá barva, která zajistí lepší reprodukci černé. Pokud chceme velmi tmavou černou, je možno využít metodu tzv. bohaté černé, kdy se nejprve černá smíchá z CMY a poté ještě překryje samostatnou černou barvou. Výhody použití samostatné černé barvy:

- Tisk textu – text je většinou tištěn černě a obsahuje drobné detaily, tisk z barev CMY by tedy vyžadoval naprosto přesný soutisk
- Schnutí - kombinace 100% všech barev CMY prosakuje papír, barvy déle schnou, mohou se rozmazat
- Nedokonalá reprodukce černé – jen z CMY nelze udělat přesnou černou
- Ekonomická úspora – černý inkoust je levnější

1.3.4. Převody mezi barevnými prostory

Různá zařízení, používající odlišné barevné prostory, mají různý barevný rozsah – Gamut. Odlišný barevný rozsah, mají často i zařízení, používající stejný barevný prostor. Rozdílná interpretace barevných souřadnic je dána konstrukcí a druhem použité technologie konečného zařízení. Na obrázku 11 vidíme chromatický diagram prostoru CIEYxy, který vymezuje všechny barvy vnímané standardním pozorovatelem [3]. Každá barva se dá definovat (a je definována) svými barevnými souřadnicemi x a y (osy grafu). Diagram je

ohraňován křivkou spektrálních barev, na jeho okrajích jsou vidět zapsané vlnové délky. Vlnové délky 460 nm a 700 nm jsou spojeny úsečkou nespektrálních barev. Bod D65 je definován zdroj záření denního světla o určité teplotě chromatičnosti, existují další podobně definované body – D50, D75 atd... [3]. Pro pochopení rozdílných barevných rozsahů jsou ovšem nejdůležitější ohraňování prostorů CMYK a RGB. Protože celý diagram představuje všechny barvy, které jsou definovány, je patrné, že prostory CMYK a RGB mají jen vymezený barevný rozsah a tedy limitované schopnosti reprodukce barev. Oba prostory mají navíc své barevné rozsahy odlišné. Při převodu z prostoru RGB do prostoru CMYK, je nutné zvolit vhodnou metodu nahrazení barev, které cílový barevný prostor nedokáže zobrazit. Prioritou je co nejvěrnější zachování barevné věrohodnosti. Označení sRGB znamená standardní barevný prostor RGB, dalším často používaným je Adobe RGB, který má větší barevný rozsah.



Obrázek 11 – Gamut [4]

Existuje několik metod převodu mezi jednotlivými gamuty. Jejich název je odvozen od způsobu, jakým je nahrazována barva, kterou neumí cílový prostor zobrazit. Jedná se o metody:

- Sytostní metoda [3] [16]
- Percentuální metoda [3] [16]
- Kolorimetrická metoda [3] [16]
 - Absolutní
 - Relativní

2 Tisk

Praktická část práce (tvorba ICC profilu), bude prováděna na digitální inkjetové tiskárně. Následující kapitola obsahuje popis tiskárny, tiskových parametrů a tiskového procesu.

2.1 Digitální inkjetový tisk

Při digitálním tisku probíhá veškerý tisk přímo z digitálních podkladů, které jsou přeneseny do tiskového stroje. Díky tomu může být výhodou při tisku malonákladových tiskových úloh. Používá se také označení NIP (Non-Impact Printing), protože při přenosu barvy na médium není hlavním faktorem mechanický tlak. Oproti klasickým technikám se také používají jiné konstrukce tiskových strojů a speciální tiskové barvy. Protože data pro tisk přicházejí v digitální podobě, je nutné, aby každý tiskový stroj obsahoval systém pro jejich zpracování. Výhodou zachování digitálních dat až do fáze tisku je značné zrychlení a zlevnění tiskového procesu.

Inkjetový nebo také inkoustový, či tryskový tisk je podskupinou digitálního tisku. Z principu vytváření obrazu se jedná o nejjednodušší digitální techniku tisku, kdy je inkoust vystřikován přímo na médium. Ve většině případů je inkjetový tisk využíván jako přímá tisková technika. Tisková hlava je přímo nad potiskovaným materiálem. Do tiskové hlavy je z jedné strany přiváděn inkoust a na straně druhé je deska s tryskami, které vystřikují inkoust na médium. Je-li médium širší než tisková hlava, pohybuje se tisková hlava kolmo ke směru pohybu média. Tak je možné dosáhnout částečného překrytí tiskových vrstev a tím i vyšší kvality tisku. Tato skutečnost bohužel omezuje rychlost tisku. Produkční tiskové stroje mají několik tiskových hlav z důvodu pokrytí celé šíře tisku. Tisk pak může probíhat kontinuálně. Existují tři základní principy inkjetových tiskáren:

- Piezoelektrický
- Termální [17]
- Elektrostatický (v současné době ve fázi vývoje) [3]

V této práci budou použity pouze tiskárny pracující na piezoelektrickém principu.

Jedním z důležitých parametrů každé tiskárny je rozlišení tisku. Kapky inkoustu dopadající na potiskovaný materiál vytvářejí tiskové body, velikost a rozložení těchto bodů jsou dány programem zpracovávajícím data digitální předlohy. Protichůdnými faktory jsou pak rychlost a kvalita tisku. Vysokou kvalitu tisku poskytují tiskové hlavy s vysokým rozlišením, ale jsou pomalé. To se v současné době řeší proměnlivou velikostí tiskové kapky. Tisková hlava vystřelí tiskové kapky v sérii krátkých pulsů a podle jejich počtu se odvíjí výsledná velikost kapky.

2.2 Piezoelektrický tisk

Využívá technologii drop-on-demand, kapky jsou tedy vystřelovány „jen když mají dopadnout“. Princip je založen na deformaci krystalu, při které dochází k jeho nabití. V tiskárnách se využívá obráceného piezoelektrického jevu, tedy změny tvaru krystalu při přivedení napětí. Zvětšením piezoelektrického prvku dojde k zvýšení tlaku v trysce s inkoustem a vypuzení kapky. Využívá se přitom efektu akustické rezonance, kdy jsou deformace krystalu řízeny náběžnými a sestupnými hranami řídicího signálu, tyto změny se sečtou a výsledná tlaková vlna vytlačí inkoust z trysky. Podle způsobu deformace krystalu se rozlišují čtyři druhy deformace – smrštění, stlačení, ohyb a stříh. Nejvíce jsou využívány poslední dvě. Kvůli náročné technologické výrobě jsou piezoelektrické tiskové hlavy dražší, výhodou je ale univerzálnost použití pro téměř jakékoliv inkousty i jiné funkční kapaliny a dlouhá životnost. Na piezoelektrickém principu jsou založeny tiskárny Mimaki, se kterými bude prováděno vytváření profilu.

2.3 Mimaki JV3 – 160

Mimaki JV3 je velkoformátová, inkjetová tiskárna, která pro tisk využívá solventní inkoust. Solventní inkoust je typ inkoustu, který není založen na vodní bázi. Díky své přilnavosti na materiály, které neabsorbují inkoust, se využívá se hlavně pro tisk na venkovní plochy. Solventní inkoust mnohem méně bledne a je odolnější vůči vodě a poškrábání. Tisková hlava při jednom „přejetí“ média pokryje pruh široký 2,5 cm.



Obrázek 12 - Mimaki JV3 – 160 [5]

Tabulka 1 - Mimaki JV3 – 160 [5]

Hlava	piezoelektrická, tisk na vyžádání, čtyři hlavy v řadě, každá 2 řady trysek po 180
Max. šířka tisku	1610 mm
Příkon	max. 1500 VA
Tiskové režimy: Rozlišení (dpi)	360 x 360 dpi, jedno/obousměrně 360 x 540 dpi, jedno/obousměrně 360 x 720 dpi, jedno/obousměrně 720 x 720 dpi, jedno/obousměrně 720 x 1440 dpi, jedno/obousměrně 1440 x 1440 dpi, jedno/obousměrně
Velikost média	210 – 1610 mm
Vyhovuje standardům	VCCI, FCC, UL, CE, CB
Prach	odpovídající běžnému kancelářskému prostředí
Vnější průměr role	max. 180mm
Počet trysek	Celkem 1440
Objem	čtyřbarva: 220ml/zásobník (440ml/barva), šestibarva: 220ml/zásobník (220ml/barva)
Hmotnost	175 kg
Inkoust	solventní inkousty s IC čipem
Napájení	AC 100 - 240V ±10%, 50/60Hz ±1Hz
Rozhraní	IEEE-1394 (FireWire) IEEE-1284 (paralelní Centronics)
Rozměry (š x v x h)	2 660 × 750 × 1 240mm
Hmotnost role	max. 25 kg
Teplota	20°C - 35°C
Vlhkost	35 - 65 %
Nůž	osa Y
Vnitřní průměr média	2" nebo 3"
System dodávání inkoustu	kontinuální s indikací nízkého stavu inkoustu v zásobníku

2.4 Mimaki JV5 – 160

Mimaki JV5 je novější model z řady velkoformátových tiskáren Mimaki. Má čtyři nové tiskové hlavy uspořádané do šachovnice. Každá hlava má 1440 trysek a šíře tisku při jednom „přejetí“ média je 10 cm.



Obrázek 13 – Mimaki JV5 - 160 [6]

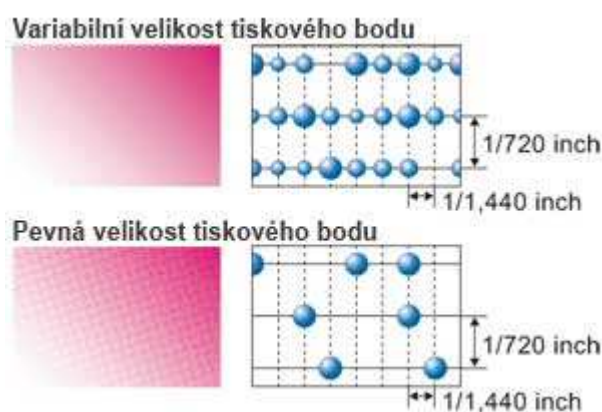
Tabulka 2 - Mimaki JV5-160 Parametry [6]

Hlava	piezoelektrická, tisk na vyžádání, čtyři hlavy v matici
Max. šířka tisku	1620 mm
Příkon	max. 3600 VA
Tiskové režimy: Rozlišení (dpi)	720×540 dpi, jedno/obousměrně 540×900 dpi, jedno/obousměrně 540 nebo 720×720 dpi, jedno/obousměrně 540 nebo 720×1080 dpi, jedno/obousměrně 720×1440 dpi, jedno/obousměrně 1440×1440 dpi, jedno/obousměrně
Velikost média	297 – 1630 mm
Vyhovuje standardům	VCCI Class A, FCC Class A, UL 60950, CE Marking (EMC Directive, Low Voltage Directive), CB Report, RoHS
Vnější průměr	200 mm
Počet trysek	Čtyři hlavy, každá 1440 trysek
Objem	6 barev: 440 ml/zásobník × 2ks / barvu (880ml /barva) 4 barvy: 440 ml/zásobník × 4ks / barvu (1760ml/barva)
Hmotnost	333kg
Inkoust	typ ES3, HS nebo Eco-HS I
Napájení	AC 200 - 240V ±10%, 50/60Hz ±1Hz, 15A
Rozhraní	USB 2.0
Rozměry (š x v x h)	3120 x 1050 x 1540 mm
Hmotnost média	max. 38 kg
Teplota	20°C - 35°C
Vlhkost	35 - 65 %
Nůž	osa Y, nůž na hlavě
Vnitřní průměr média	2" nebo 3"
Systém dodávání inkoustu	Automatické přepnutí na druhý zásobník

2.5 Použité technologie

Proměnlivá velikost tiskového bodu

Tisková hlava může produkovat kapky inkoustu o třech různých velikostech. Proměnlivá velikost bodů zaručuje vysoké vizuální rozlišení tisku, jemné barevné přechody a celkově tisk bez zrnitého vzhledu a na první pohled viditelného rastrování.

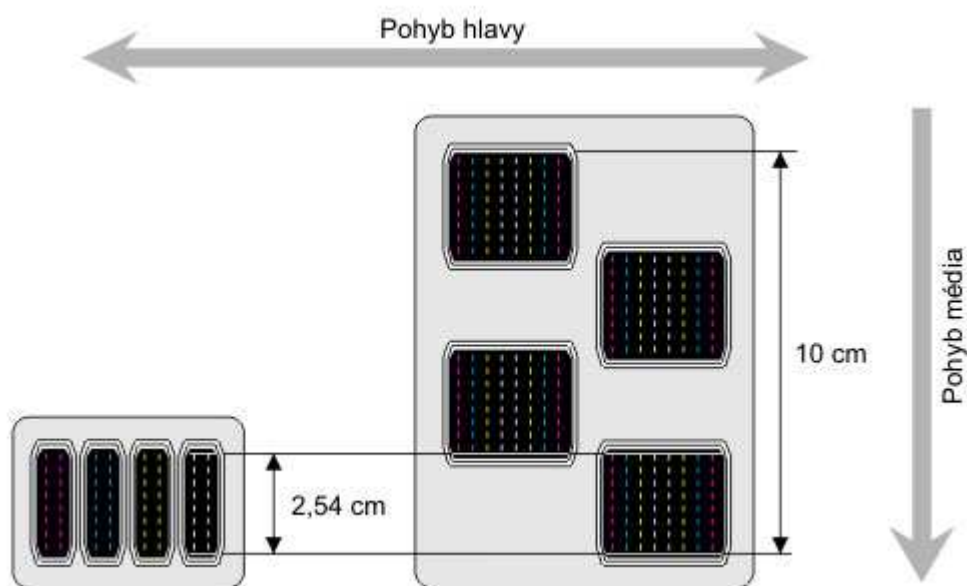


Obrázek 14 - Proměnlivá velikost bodu [6]

Tiskové hlavy

Obrázek 15 ukazuje rozdíl mezi tiskovými hlavami obou zmíněných modelů. Šíře tisku JV3 (vlevo) je 2,5 cm, u JV5 (vpravo) je to 10 cm díky zdokonalení a uspořádání tiskových hlav. Režimy tisku jsou:

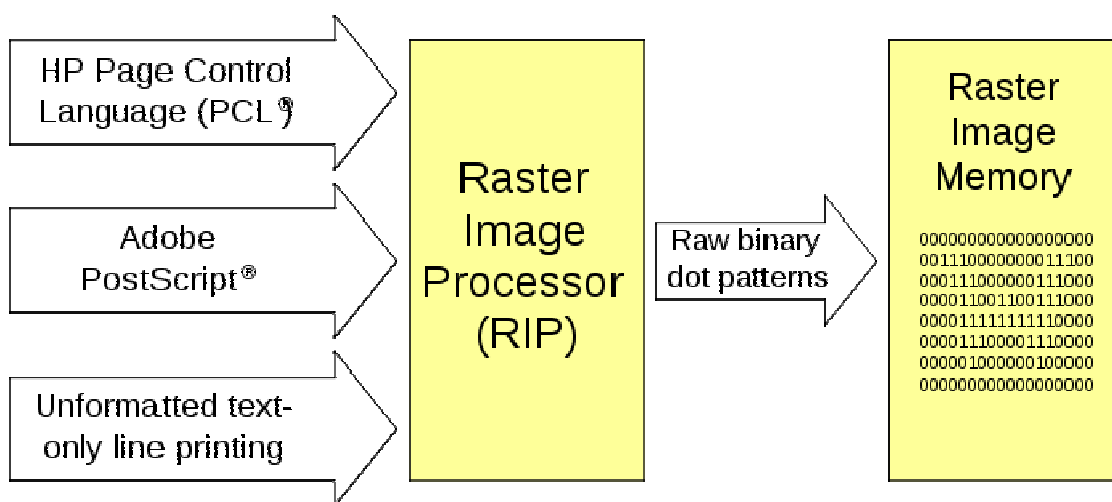
- čtyřbarevný – CMYK
- šestibarevný - CMYK, LC, LM.



Obrázek 15 - Tiskové hlavy [6]

2.6 Zpracování dat pro tiskárnu (RIP proces)

Celý tiskový proces začíná v počítači grafickým návrhem dat. Tisková data (ať už se jedná o text či obrázek) je před vlastním tiskem nutné převést do podoby, kterou bude tiskárna schopna zpracovat a následně data správně vytisknout. Tento proces se nazývá Raster Image Processing. RIP proces je možné realizovat přímo v HW tiskárny, či pomocí speciálních SW, tzv. softwarový RIP. V současné době je častější použití SW RIPu, díky větší univerzálnosti použití. Zařízení, nebo software, vykonávající tuto činnost se nazývá Raster Image Processor, neboli RIP. Jedná se tedy o proces, kdy jsou tisková data převedena do podoby binárních dat, tvořených „1“ a „0“. Jednoduché nastínění RIP procesu je na obrázku 16.



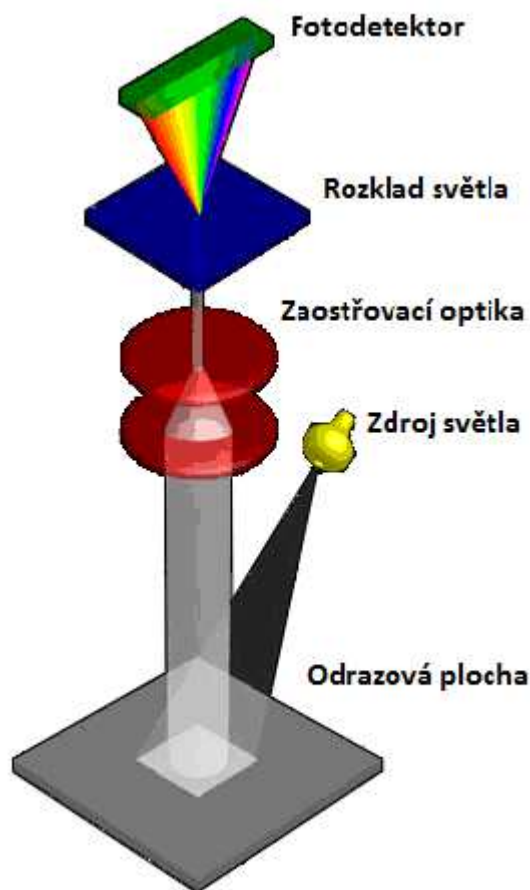
Obrázek 16 - RIP schéma [19]

3 Spektrofotometr

Měření barevných odchylek na tisknutých barvách bude prováděno spektrofotometrem. V této části je rozebrán základní princip spektrofotometru.

3.1 Princip spektrofotometru

Spektrofotometr v polygrafii slouží k měření odrazových spekter barevných vzorků v oblasti viditelného záření. Světlo odražené zkoumaným vzorkem dopadá na difrakční mřížku (monochromátor), zde se v rozsahu viditelného spektra (380 – 750 nm) rozkládá dle vlnových délek. Světlo z monochromátoru vychází pro každou vlnovou délku pod různými úhly. Dále dopadá na řádkový fotodetektor (uspořádané pole fotodiód) a každá fotodióda zaznamenává určitý rozsah vlnových délek (úhlový rozsah), standardně 5 nebo 10 nm.



Obrázek 17 - Princip spektrofotometru [9]

Před zahájením měření je nutné zvolit standardní zdroj osvětlení a typ pozorovatele, čímž budou vymezena spektra trichromatických členitelů. Pomocí nich se stanoví barvové souřadnice prostoru CIE L^*a^*b . Ty se pak mohou přepočítat na požadované hodnoty RGB nebo CMYK.

3.2 Spektrofotometr i1pro

Pro měření bude použit spektrofotometr firmy X-Rite i1pro [10].

Tabulka 3 - Parametry i1pro [10]

Spektrální analyzátor	Holografická difrakční mřížka se 128 pixelovým diodovým polem	Rozhraní	USB 1,1
Optické rozlišení	10 nm	Rozměry	151 x 66 x 67
Vzorkovací interval	3,5 nm	Váha	185 g
Spektrální rozsah	380 nm – 730 nm Krok 10 nm	Příslušenství	Kalibrační deska, USB kabel, držák na monitor, posuvný měřák, lehká měřicí hlava
Měřicí apertura	4,5 mm průměr	Filtry	Žádný nebo UV (filtry jsou neměnitelné)
Geometrie měření	45°/0° prstencová osvětlovací optika, DIN 5033	Typ	Hlavě měřicí kosinově upravené difúzní světlo
Světelný zdroj	Plněný Wolframem (typ A)	Poloměr	6,0 mm
Formát dat	Spektrální záření (mW/nm/m ² /sr) Jas Y(cd/m ²)	Formát Dat	Spektrální ozáření (mX/nm/m ²) Osvětlení Y (lux)
Měřicí rozsah	0,2 – 300 cd/m ²	Zdroj	Napájeno z USB



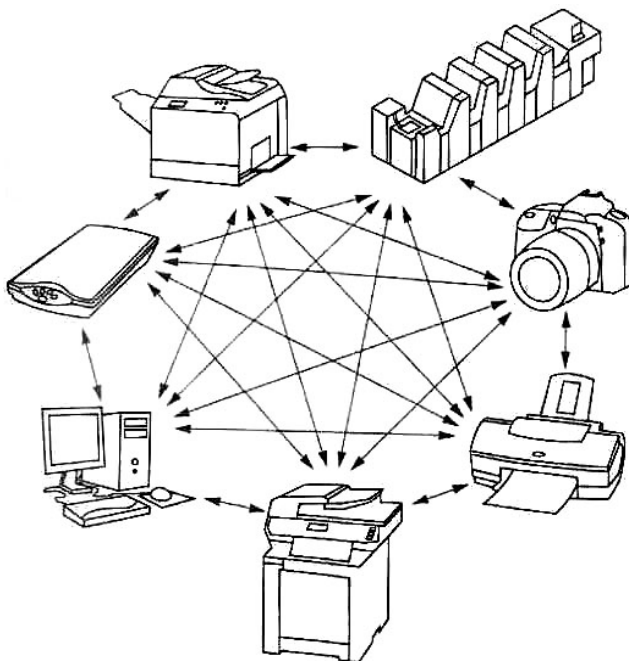
Obrázek 18 - i1pro [11]

4 Správa barev

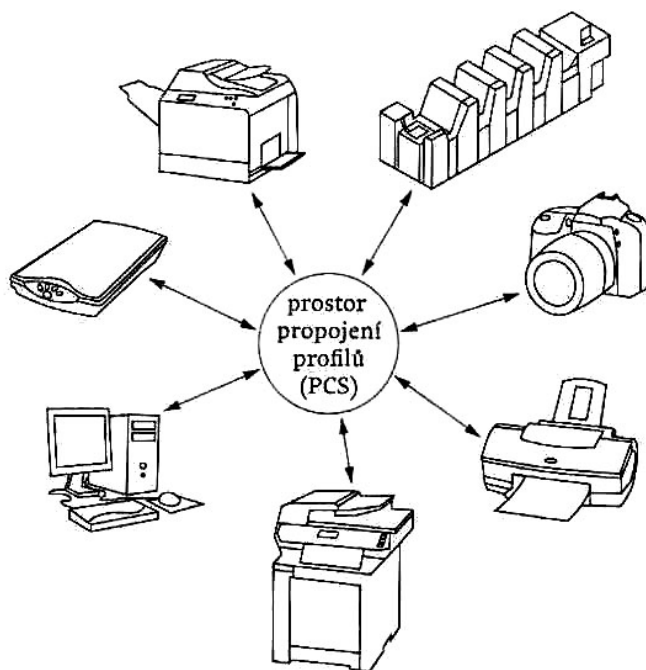
V této kapitole je vysvětlena podstata správy barev (Color Management), proč se zavádí a jaké má výhody a nevýhody. Také budou zmíněny principy otevřeného a uzavřeného systému zprávy barev. V další části bude vysvětlen význam ICC profilů, a jejich vlastností. Dalším bodem je tvorba ICC profilu a parametry, které je možno při tvorbě měnit. Poslední část této kapitoly nabízí srovnání softwarů pro tvorbu ICC profilů.

4.1 Účel správy barev

System správy barev byl zaveden kvůli nevěrohodnosti zobrazení jedné stejné barvy na různých zařízeních. Příkladem může být zobrazení grafické předlohy na monitoru a její vytištění, v rozdílných zařízeních budou barvy odlišné (v ideálním světě, kde by všechna zařízení měla stejný barevný rozsah, by nebyla správa barev nutná). Rozdílnost barev je dána odlišným mícháním barev, zatím co v monitoru je použito aditivní míchání, tiskárna využívá míchání subtraktivního. Rozdílnost barev se ale může objevit (a objevuje!) i u různých dvou zařízení, které reprodukuje obraz na stejném principu (dva různé LCD monitory, dvě různé tiskárny). Cílem správy barev je zajistit co nejvěrnější zobrazení barev (existují standardizované vzorníky barev se kterými je možno porovnávat). V dřívější době bylo k reprodukci obrazu využíváno menšího počtu zařízení, a každé zařízení (monitor, skener, atd.) mělo definováno svůj vztah ke všem okolním zařízením (tiskárna, fotoaparát, atd.). Tomuto systému se říká uzavřený systém správy barev. Dnes se uplatňuje tzv. otevřený systém správy barev, kdy má každé zařízení definováno svůj vztah pouze k PCS (Profile Connection Space – Prostor propojení profilů). Tento vztah se nazývá barvový profil a je realizován ICC profilem, který je vytvořen dle pravidel daných mezinárodní asociací ICC (International Color Consortium) [12].



Obrázek 19 - Uzavřený systém správy barev [3]



Obrázek 20 - Otevřený systém správy barev [3]

4.2 ICC profily

ICC profil je tedy soubor dat, který jasně definuje vztah mezi daným vstupním, případně výstupním zařízením (RGB, CMYK) a nezávislým prostorem PCS. Snaha je zaměřena na co nejvěrnější zobrazení správných barev (ve vztahu k vzorníku). Pomocí dat obsažených v ICC profilu tedy systém nahradí barvy, které nemůže cílové zařízení (např. tiskárna) zobrazit, barvami co nejbližšími originálu. Jedná se v podstatě o převod mezi barevnými prostory (viz. 2.2.4). Podle možnosti konverze jedním nebo oběma směry lze profily rozdělit na:

- Jednosměrné
- Obousměrné

Dle způsobu přepočtu hodnot při převodu rozlišujeme profily na:

- Maticové - provádějí konverzi jednoho tříkanálového prostoru do druhého pomocí matematického modelu matic 3×3
- Tabulkové - nejsou omezeny na tříkanálová zařízení a k přepočtu využívají vyhledávacích tabulek

Existují dvě verze profilů v2 a v4. Bude použita novější v4 [12].

4.3 Tvorba ICC profilu

Většina výrobců dodává svá zařízení se základními barvovými profily, které ovšem nepopisují chování jednotlivého kusu, ale průměrné charakteristiky celé výrobní série. Pro profesionální využití v praxi jsou tyto profily nedostačující. Je tedy nutné barvový profil

(ICC profil) vytvořit. Barvový profil lze vytvořit pro všechna vstupní i výstupní zařízení (monitor, skener, tiskárna, atd...). Pro účel této práce se budeme zabývat pouze tvorbou profilu tiskového – ICC profilu digitální tiskárny. Obecný postup při tvorbě profilu tiskového zařízení sestává z několika kroků:

1. Výběr typu zařízení
2. Definice tiskových podmínek (druhy papíru, použitý inkoust, rozlišení)
3. Tisk testovacího obrazce
4. Změření vytištěného testovacího obrazce (pomocí spektrofotometru)
5. Načtení změřených a referenčních hodnot do aplikace pro tvorbu profilu
6. Vygenerování profilu

4.4 Důležité parametry při tvorbě profilu

Po naměření potřebných dat, se dostáváme k samotnému vytvoření profilu. To je ovlivněno několika důležitými a ve většině případů volitelnými nastaveními. Různým nastavením parametrů, dosáhneme různých barevných shod či neshod při výsledném tisku.

Velikost profilu (Profile Size)

Udává velikost výstupního souboru s profilem. Nastavit můžeme buď default (750 K) nebo large (cca 3MB). Většinou postačí menší velikost, avšak v některých případech je při zvolení větší velikosti výsledná kvalita znatelně lepší (např. pro nelineární systémy). Doporučené nastavení je large.

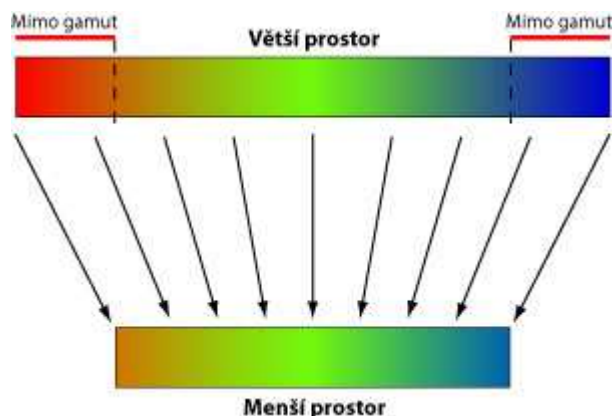
Mapování gamutu (Gamut Mapping)

Jedná se o techniky převodu barevného rozsahu jednoho zařízení do zařízení druhého (viz 2.3.4). Pro tiskárny jsou k dispozici 3 varianty:

- Colorful – snaha o maximální sytost barev a čisté primární barvy
- Classic – důraz na reprodukci stupňů jasu a detailů
- Chroma Plus – vyšší sytost barev a co nejmenší ztráta detailů

Metoda převodu barev (Perceptual Rendering Intent)

Toto nastavení, stejně jako mapování gamutu, souvisí s technikou převodu barevného rozsahu mezi jednotlivými zařízeními. Perceptuální metoda nahrazuje barvy mimo gamut posunutím celého barevného rozsahu (obrázek 21). Zůstanou tedy zachovány vztahy mezi jednotlivými barvami, ale všechny barvy se mírně změní. Tato volba umožňuje zvolit typ perceptuální metody podle druhu média, “Neutral Gray“ pro bezbarvý papír a “Paper-Colored Gray“ pro papíry s barevným nádechem. Doporučené nastavení je neutral gray.



Obrázek 21 - Perceptuální převod gamutu [16]

Separace (Separation)

Definuje způsob nahrazování šedé složky při tisku. Soutisk barev CMY neprodukuje dostatečně kvalitní černou barvu, je tedy dle nastavení separace nahrazován barvou K (Key – černá barva) [18]. Je zde několik základních možností nastavení:

- GCR1 – nahrazení 20% šedé složky
- GCR2 – nahrazení 40% šedé složky
- GCR3 – nahrazení 60% šedé složky
- GCR4 – nahrazení 80% šedé složky
- UCR – nahrazení šedé složky jen ve velmi tmavých oblastech dokumentu
- NoK – nepoužije se K
- MaxK – použití maximálního množství K

Zatímco nahrazení šedé složky pomocí GCR (Gray Component Replacement – Nahrazení šedé složky) se uplatňuje v celém dokumentu, UCR (Under Color Removal – odstranění podkladové barvy) se uplatní jen ve velmi tmavých částech. Nastavení většího nahrazení šedé složky vede k úspoře inkoustu a kratší době zasychání, ale může znamenat zhoršení kvality šedých přechodů.

Začátek tisku černé barvy (Black Start)

Udává, v jakou chvíli se začíná tisknout černou barvou. Hodnoty jsou udávány v procentech. Pokud je hodnota nastavena například na 20%, znamená to, že černá barva začíná tisknout jakmile všechny kanály CMY dosáhnou, nebo překročí 20% pokrytí. Znamená to tedy celkem 60% z celkového inkoustového pokrytí. Rozsah hodnot je 0 – 90.

Maximum černé (Black Max)

Specifikuje maximální pokrytí černou barvou, doporučená hodnota je 95%, což by mělo zajistit detailnější vykreslení tmavých přechodů (pomocí CMY).

Maximální pokrytí inkoustem (CMYK Max)

Udává maximální pokrytí inkoustem při tisku (ink limit). Maximální hodnota je 400%, tedy 100% od každé složky. Pokrytí inkoustem je ovlivněno i RIPem. Je-li ink limit snížen už v RIPu, měla by tato hodnota při tvorbě profilu zůstat na 400%, případně na 395% pokud respektujeme maximum černé 95%.

Definování černého bodu (Define Black Point)

Tyto čtyři hodnoty (jednotlivě pro C, M, Y, K) udávají kolik procent tiskových bodů bude použito pro černý bod. Jde o definici absolutní černé. Toto nastavení je závislé na hodnotách CMYK Max a Black Max. Nelze ho samostatně změnit bez ovlivnění hodnot CMYK Max a Black Max.

Šířka černé (Black Width)

Specifikuje jaké množství černé barvy se použije v nasycených barevných oblastech snímku. Ovlivňuje způsob nahrazování černé u GCR. Snížení se projeví snížením množství černé barvy v barevných oblastech. Toto nastavení má malý vliv na černé oblasti snímku. Doporučené nastavení je maximální hodnota.

Volba světelného zdroje (Viewing Light Source)

Umožňuje určit, pod jakým světlem bude výsledný výtisk pozorován. Komisí ICC, je definováno několik typů osvětlení, pro různé oblasti a denní doby. Nejpoužívanějším standardizovaným zdrojem osvětlení je D50.

Korekce pro optické zjasňovače (Correct for Optical Brightener)

Pokud lze toto políčko zaškrtnout, tak program v materiálu detekoval optické zjasňovače. Tyto fluorescenční barvy dělají papír jasnější tím, že absorbují UV záření a odráží ho zpět v modré části spektra. Profily pak mohou vypadat nažloutle. Zaškrtnutím této volby se vliv zjasňovačů kompenzuje.

4.5 Srovnání software pro tvorbu ICC profilů

Pro vytváření a práci s ICC profily existuje velké množství programů, které se většinou liší hlavně uživatelským rozhraním či podporou některých nadstandardních funkcí. Každý výrobce softwaru většinou nabízí několik alternativ jednoho produktu s různými funkcemi a cenou. Existuje i řada Open source programů. Z hlediska měření a práce s naměřenými daty se většinou programy v principu moc neliší. Několik variant softwarových nástrojů pro tvorbu profilů je v tabulce 4.

Tabulka 4 - Srovnání software pro tvorbu profilů [12]

Výrobce / Program	Měření	Tvorba profilů	Úpravy profilů	Porovnávání profilů	Konverze profilů	Podpora ICC v4	Podpora spojení profilů	Orientační cena
Adobe systems / Adobe Photoshop	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	23 000 Kč
X – Rite / Profile Maker 5	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	43 000 Kč
X – Rite / Monaco Profiler Platinum	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	36 000 Kč
Heidelberg / Prinect Color Toolbox	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	43 000 Kč
Color Solutions / BasICColor devil	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	72 000 Kč
The MathWorks / Matlab Image Processing Toolbox	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	9 000 Kč (doplňk) + 100 000 Kč (Matlab)
X – Rite / i1Pro Publish	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	ANO	NE	55 000 Kč
Kodak / ColorFlow	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	50 000 Kč
HP / Designjet Z3100	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	126 000 Kč (včetně tiskárny)
Alwan Color Expertise / CMYK Optimizer	NE	ANO	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	139 000 Kč
GMG Color / GMG Production Suite	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	75 000 Kč

5 Hodnocení kvality tisku

Po správném nastavení tiskárny, změření potřebných dat a vytvoření barevného profilu, je možné začít s tiskem. Vytisknutá data je třeba objektivně zhodnotit. Hlavní důraz této práce je kladen na hodnocení barev a barevné shody výtisku.

5.1 Hodnocení obecně

Kvalitu výsledného tisku je velice obtížné hodnotit z důvodů subjektivních hodnocení jednotlivých pozorovatelů. Přesto jsou důležitá objektivní a měřitelná kritéria hodnocení kvality. Dá se předpokládat, že očekávání zákazníka splní spíše výsledný produkt, který tyto parametry splňuje. Některé dílčí faktory ovlivňující barevnou shodu tisku:

- Grafický návrh
- Potiskovaný materiál
- Příprava tisku
- Tisk
- Zušlechťování a dokončování

Za kvalitní výtisk je možno považovat ten, který splňuje požadavek barevné věrnosti a reprodukce detailů. K tomu nám zásadním způsobem pomáhá řízení barev a správné vytváření ICC profilů. Pro všechny metody tisku existují mezinárodní normy, které udávají standardní postupy měření, porozumění jednotlivým parametrům a příčinám jejich změny. Pro vizuální hodnocení výtisku je možno použít koloristickou skříň. Koloristická skříň umožňuje volbu standardizovaných zdrojů osvětlení, což umožňuje simulaci světelných podmínek, za kterých bude výsledný produkt pozorován. Ve většině případů toto zařízení k dispozici nemáme a postačí vizuální posouzení na denním světle. Posuzované parametry při hodnocení tisku jsou:

- Reprodukce tónů (stupňů šedé)
- Reprodukce barev (odstínů)
- Reprodukce detailů

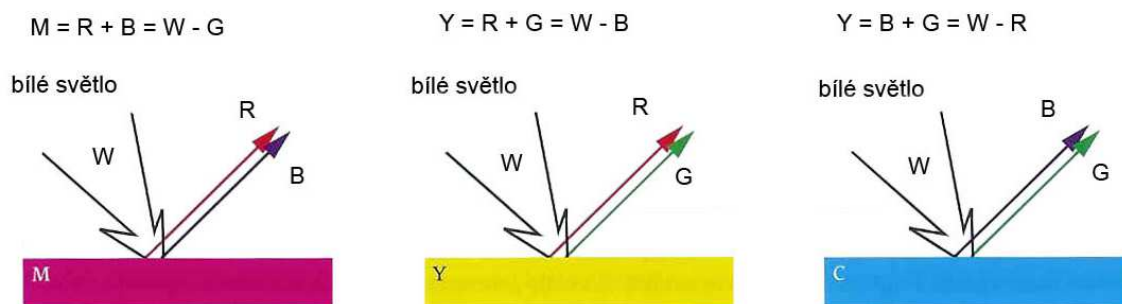
Při reprodukci obrazu rozkladem do sítě bodů se využívá skutečnosti, že lidské oko není schopno rozeznat dva body, které jsou k sobě blíže než 0,2 mm. Tyto dva body pak vidí jako souvislou plochu. Výsledná barevnost je tedy dána celkovým pokrytím plochy jednotlivými barevnými složkami.

5.2 Hodnocení barev

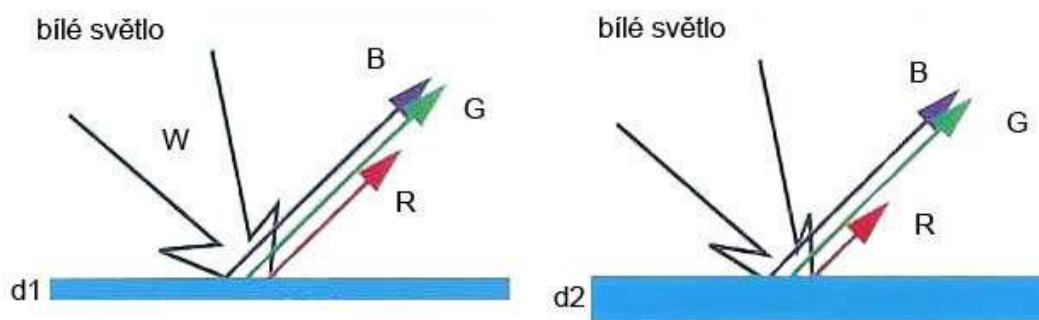
Při objektivním hodnocení barev, je kladen důraz na co největší přiblížení reálným podmínkám pozorování a simulaci barevného, obrazového vjemu pozorovatele. Vjem barvy je ovlivněn třemi faktory:

- Pozorovaná barevná plocha
- Osvětlení
- Citlivost zraku

Za podmínek standardního osvětlení a pozorovatele se měření zužuje na měření optických vlastností barevné plochy – schopnost absorbovat nebo odrážet dopadající světlo (obrázek 22). Změna podílu odraženého a absorbovaného záření se projeví při změně sytosti vybarvení. Sytost je možno měnit změnou tloušťky barvové plochy (obrázek 23), vydatností barvy, či změnou plošného pokrytí (velikost tiskových bodů).



Obrázek 22 - Odrazivost barev [3]



Obrázek 23 - Změna tloušťky barvové plochy [3]

Tónová hodnota

Nahrazuje dříve používaný termín plošné pokrytí. Při reprodukci obrazu se obraz rozloží do pravidelné sítě tiskových bodů, každý tiskový bod je uprostřed síťové buňky a z určité části ji vyplňuje. Tónová hodnota udává míru vyplnění síťové buňky tiskovým bodem. Udává se v procentech.

Tiskový kontrast

Určuje nejmenší množství barvy, kterým se dosáhne největší optické hustoty výtisku. Roste s tloušťkou barvové vrstvy k maximu, s dalším zvětšováním a překrýváním tiskových bodů klesá. Citlivě reaguje na jevy způsobující změnu tvaru tiskových bodů a na tloušťku barvové vrstvy. Udává se v procentech.

Přijímavost tiskových barev

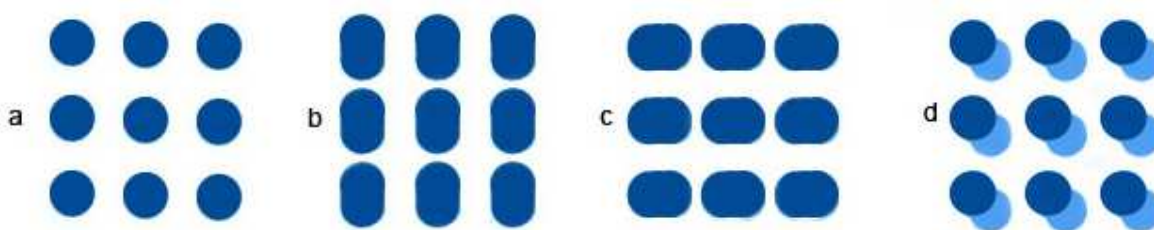
Vyjadřuje schopnost barvy přijmout další vrstvu barvy při tisku do mokré. Je ovlivněna viskozitou, lepivostí, rychlostí zasychání, tloušťkou barvové vrstvy, pořadím barev při tisku a samozřejmě konstrukcí tiskového stroje. Špatná přijímavost barev se na tisku projeví výraznou změnou barevného odstínu.

Chyba odstínu a čistota procesních barev

Procesní barvy tisku CMYK, nejsou barvy ideální (ideální barvy by vždy jednu třetinu spektra absorbovali a dvě třetiny odrazili). Jejich spektrální vlastnosti určují vlastnosti pigmentů, které se mohou u různých výrobců lišit. K měření čistoty barev se užívá denzitometru. Toto měření je vhodné například pro zjištění barevné shody u barev různých výrobců na jednom tiskovém stroji.

5.3 Deformace tiskových bodů a kontrola soutisku

Ideální kruhový tiskový bod může být různými vlivy deformován, rozmazán, či zdvojen. Tyto deformace vznikají v důsledku smyku (ve směru tisku i kolmo na směr tisku), nebo se jedná o mechanické defekty způsobené tiskovým strojem.



Obrázek 24 - Deformace tiskových bodů [3]

a) Ideální body; b) Smyk ve směru tisku; c) Smyk kolmo na směr tisku; d) Vytváření stínových obrazů

Dalšími kontrolovanými parametry mohou být kontrola soutisku procesních barev a měření lesku. Těmito parametry se zabývat nebudeme.

6 Praktická část

V první části je uveden obecný popis metodologie tvorby profilu. V části druhé je postup vlastního měření, od nastavení tiskárny, přes práci se spektrofotometrem. Třetí část je zaměřena na samotné vytvoření profilu s různými parametry.

6.1 Metodologie měření

Metodologie stanovení ICC profilů je zde uvedena v co nejvyšší obecnosti, a to z důvodu odlišnosti stanovení jednotlivých profilů pomocí různých SW pro vytváření profilů.

1. Instalace potřebného softwaru a zařízení (tiskárna, RIP software, software pro tvorbu ICC profilu, spektrofotometr)
2. Linearizace tiskárny – vytištění testovacích obrazců pro linearizaci (příloha 1), stanovení odchylek v množství procesních barev CMYK (pomocí spektrofotometru) a následné linearizování průběhů pro jednotlivé barvy (dělá se v RIP softwaru). V RIP softwaru můžeme nastavit ink limit (lze udělat i později při tvorbě profilu)
3. Vytištění testovacích obrazců pro tvorbu profilu (příloha 2). Testovací obrazce se liší pro jednotlivé druhy spektrofotometrů.
4. Změření vytištěných testovacích obrazců v softwaru, který je k tomu určen (volba spektrofotometru a typu referenčních testovacích obrazců). Uložení naměřených dat (často formát .txt)
5. Tvorba ICC profilu – nastavení požadovaných parametrů (viz. 4.4) a uložení výsledného profilu

6.2 Měření

Postup vlastního měření, které bylo prováděno na tiskárnách Mimaki JV3 – 160 (obrázek 25) a Mimaki JV5 – 160 (obrázek 26).



Obrázek 25 - Mimaki JV3 -160



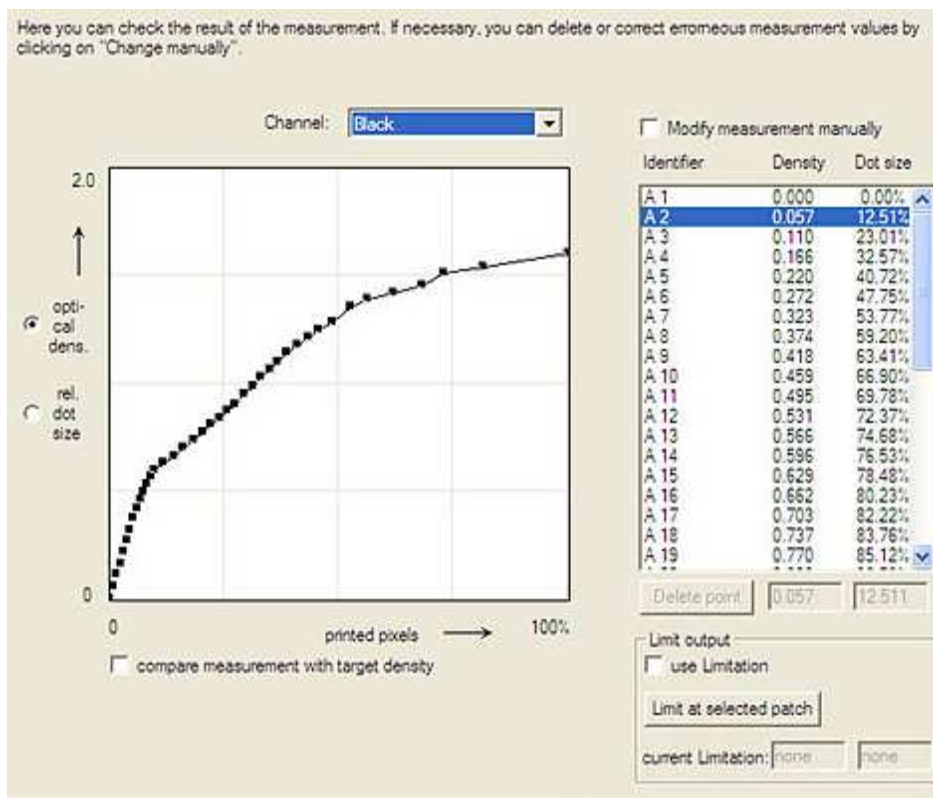
Obrázek 26 - Mimaki JV5 – 160

Prvním krokem bylo stanovení ink limitu. Dále pak vytištění a změření testovacích obrazců pro linearizaci tiskárny (obrázek 27, příloha 1). Typ těchto obrazců a počet dílků na řádek je možno volit dle svého uvážení, v našem případě jsme použili 20 dílků na řádek. Zleva doprava jsou postupně tištěny jednotlivé procesní barvy CMYK se zvyšující se densitou (hustotou).



Obrázek 27 - Měření density

Zvyšování density je v podstatě zvyšování počtu tiskových bodů na jednotku plochy, tím pádem i zvyšování vydaného množství barvy. Ze závislosti množství vydané barvy na množství tiskových bodů lze sestavit křivku (obrázek 28). Tato křivka má po změření nelineární průběh, našim úkolem při linearizaci je tento průběh upravit tak, aby byl co nejlineárnější (co nejvíce podobný přímce). Toto se provede pro všechny čtyři procesní barvy CMYK. Je také nevhodné tisknout nepřetržitě maximální densitou, při linearizaci se proto omezuje zhruba na 99,5 %. Celý tento proces se provádí v RIPu.



Obrázek 28 – Linearizace [20]

Po dokončení linearizace přichází na řadu tisk testovacích chartů pro samotný profil (obrázek 29, příloha 2). Testovacích chartů jsou různé druhy, pro měření (obrázek 30) byly použity ECI 2002 CMYK i1 (A4). Jedná se zde pro každý profil o 5 x A4, na každé straně je 18 x 20 barevných polí, tedy celkem 1800 polí. Na samotném chartu je uvedeno 1780, některá jsou tedy zřejmě brána jako orientační (začátek, konec, atd...).

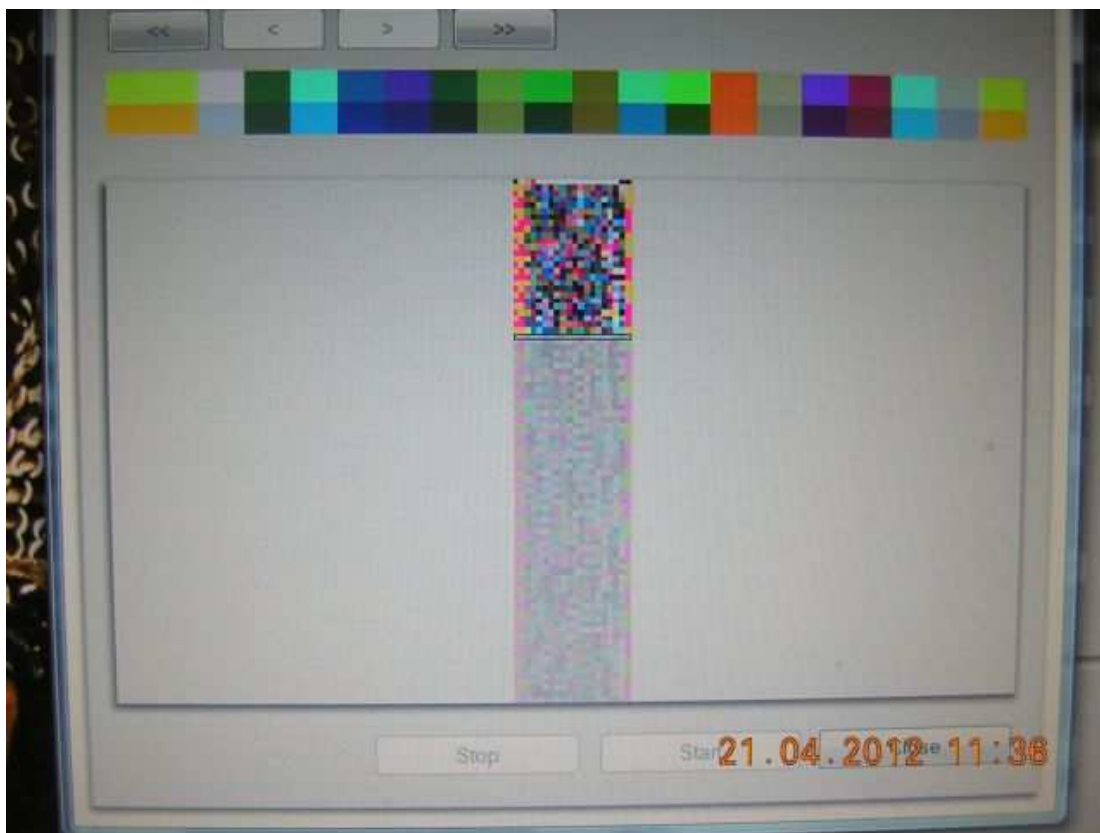


Obrázek 29 - Tisk testovacích chartů



Obrázek 30 - Měření testovacího chartu

Na obrázku 31, je zachycen průběh měření. Celý testovací chart má 90 řádků, v horní části obrázku je zachycen rozdíl mezi správnými a změřenými (vytištěnými) barvami.

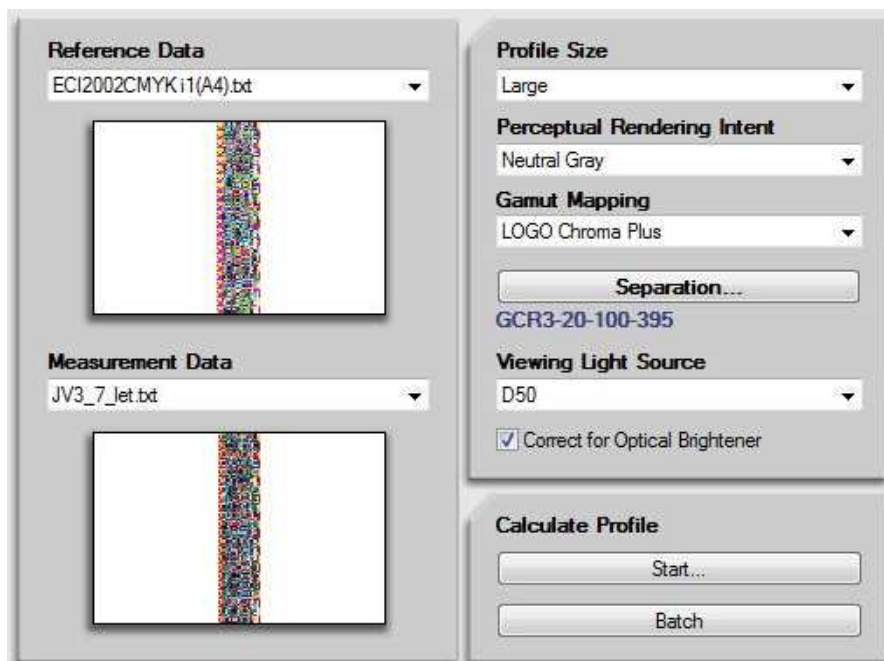


Obrázek 31 – Měření testovacích stripů

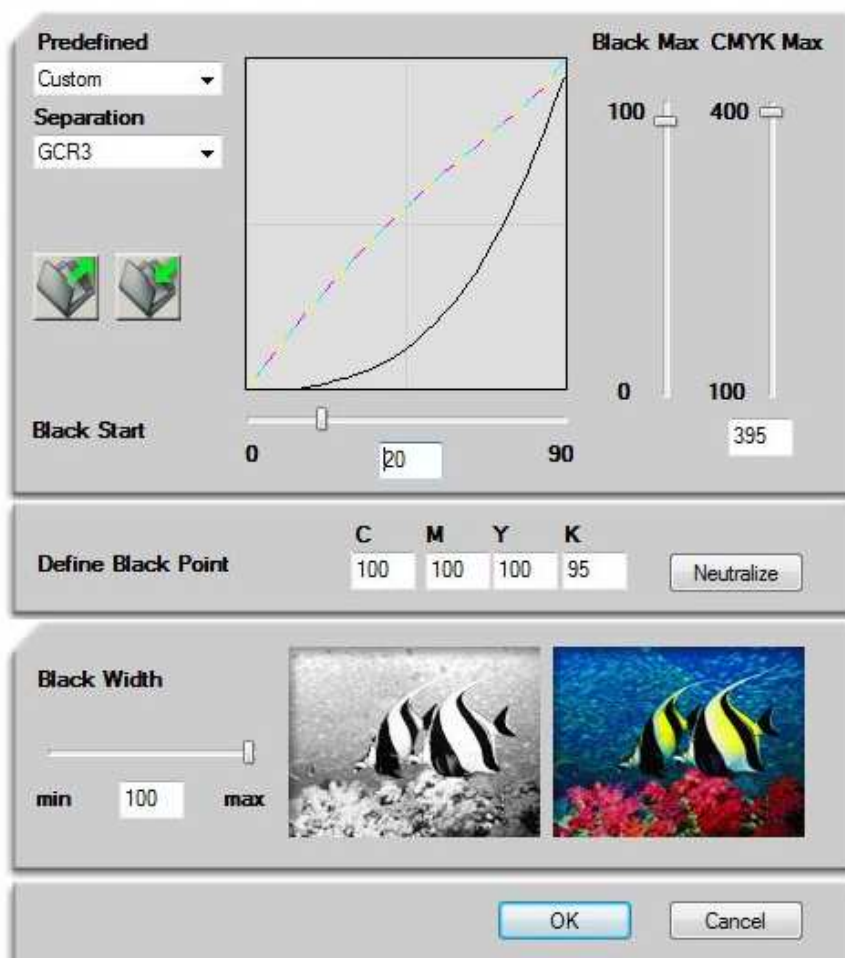
Výstupem měření je textový soubor, ve kterém jsou uvedeny odchylky jednotlivých atribut každého barevného pole. Tento soubor je možno importovat i do jiných programů pro vytváření profilů.

6.3 Tvorba profilů

Po změření potřebných dat je možno vytvořit ICC profil. Je možno nastavit různé parametry, které ovlivní výsledný vzhled (viz. 4.4). Pokud chceme dosáhnout stejných barev na různých tiskárnách a různých papírech, budou se nastavení parametrů lišit. Pokud je našim cílem vytvořit profil s co nejlepší barevnou shodou, je nutné postupně vyzkoušet změny různých nastavení a jejich vliv na výsledný tisk. V praxi to pak znamená změnu jednoho parametru, vytištění požadovaných dat a vizuálního porovnávání podobnosti s vzorníkem barev. Pokud jsou barvy věrohodné je toto nastavení správné, pokud nejsou, opakuje se postup s různými parametry, jejich změnami a kombinacemi. Uživatelské rozhraní jednoho ze softwarů pro tvorbu barevných profilů je na obrázcích 32, 33.



Obrázek 32 - Profile Maker



Obrázek 33 - Profile Maker, Separation

6.4 Ověření parametrů tvorby profilu

Jednotlivé parametry jsou ověřovány na vzorníku barev, který je v praxi běžně používán. Referenčním profilem pro rozbor jednotlivých parametrů je profil s nastavením:

Tabulka 5 - výchozí nastavení profilu

Parametr	Nastavení
Velikost profilu	Large
Perceptuální metoda převodu barev	Neutral Gray
Mapování Gamutu	Colorful
Separace	GCR3
Začátek tisku černé barvy	40
Maximum černé barvy	95
Maximální pokrytí inkoustem	395
Definice černého bodu	100 / 100 / 100 / 95 (C / M / Y / K)
Šířka černé	100
Světelný zdroj	D50
Korekce pro optické zjasňovače	NE

Postupně jsou u jednotlivých profilů měněny samostatné parametry a je zkoumán jejich vliv na výsledné barvy. Testovací profily jsou vytištěny tiskárnou Mimaki JV3 – 160 na bílou PVC folii DIGIT [21]. Tato fólie umožňuje například polep automobilů s trvanlivostí 3 – 5 let. Perceptuální metoda převodu barev zůstává na nastavení Neutral Gray, protože se jedná o bílou fólii. Fólie neobsahuje optické zjasňovače a nastavení světelného zdroje zůstává na D50.

Mapování Gamutu (Gamut mapping)

Tento parametr je zkoumán pro tři nastavení – Colorful (příloha 3), Chroma Plus (příloha 4) a Classic (příloha 5). Obecně se dá říci, že varianta Colorful nabízí sytější barvy, zatímco Chroma Plus a Classic mají barvy světlejší a jsou si hodně podobné. Ve variantě Colorful, je u zelených odstínů M&M reality vyšší sytost dána vyšší koncentrací tiskových bodů, Chroma Plus a Classic jsou totožné. Standardní červená a tmavá červená jsou u varianty Colorful opět tmavší, tentokrát díky zvýšení počtu černých tiskových bodů. U zbylých dvou voleb, se standardní červená shoduje a tmavá červená je u Classic lehce tmavší než u Chroma Plus, opět díky černým tiskovým bodům. Modrá (cyan) a tmavě modrá jsou u Colorful tmavší, je vidět vyšší koncentrace tiskových bodů a přidání černých bodů. U Chroma Plus a Classic bez rozdílu. Next Reality – zelená, modrá, světle modrá,

zde jsou mezi jednotlivými vzorky pouze nepatrné rozdíly. Oranžová – Fajn Radio, zde je u Colorful dobře patrná velká koncentrace černých bodů a tím i tmavší dojem barvy. U Classic je koncentrace černých bodů zhruba poloviční a u Chroma Plus jich je minimum. Oranžová – Pešek, Colorful obsahuje oproti zbylým dvěma lehce zvýšené množství černých bodů, nicméně na výsledný barevný vjem to má minimální vliv. Šedivá je na všech třech vzorcích shodná. Dům realit – šedivá, červená, červená tmavá, u Colorful je znatelné vyšší množství černých tiskových bodů a tím i tmavší barvy, zbylé dva vzorky jsou téměř totožné. Advisoria – tyrkysová, minimální rozdíly. Advisoria – zelená tmavá, u Colorful lehce tmavší, větší počet černých bodů. Žlutá – žlutková, bez rozdílu mezi vzorky. Žlutá - standard, u Chroma Plus a Classic je složena pouze ze žluté a znatelných bodů purpurové (u Classic větší koncentrace bodů purpurové), u Colorful jsou patrné i azurové body a barva působí tmavěji. V případě potřeby lehce tmavších odstínů volíme variantu Colorful, jinak jednu ze zbylých dvou.

Separace (Separation)

Nastavení separace má v základu pět možností: UCR (příloha 6), GCR1 (příloha 7), GCR2 (příloha 8), GCR3 (příloha 9) a GCR4 (příloha 10). Separace definuje metodu nahrazení šedé složky černou barvou. Nejvíce se tedy projevuje v šedých a tmavých odstínech. Ve velmi tmavých odstínech už rozdíly tak patrné nejsou. Na plných barevných plochách jsou rozdíly nejvíce viditelné mezi variantami GCR1 a GCR4. Mezi jednotlivými kroky GCR (1 – 2 – 3 – 4) jsou také malé rozdíly, ale nejsou tak dobře viditelné. První barva, na které jsou patrné znatelné rozdíly je červená – tmavá. U UCR je patrné menší množství černých bodů a tím pádem lehce vyšší světlost. Volby GCR1 – GCR4 u této barvy vypadají shodně. Další barva, na které jsou znatelné rozdíly, je šedivá. Rozdíly jsou zde dobře znatelné i mezi jednotlivými kroky GCR. Při pohledu přes lupu, je dobře patrné zvyšování počtu černých bodů (od UCR přes GCR1 až po GCR4) a tedy nahrazování šedé složky černou barvou. Ještě lépe je rozdíl vidět na šedivé – Dům realit. Zvyšování procentuálního nahrazení šedé složky, se projevuje zvyšováním počtu a velikosti černých bodů v barevné ploše a jejím viditelným „tmavnutím“. Stejně rozdíly jsou ještě částečně viditelné na tyrkysové – Advisoria. Ostatní barvy zůstávají při změně separace beze změny, nebo jsou změny naprosto minimální.

Začátek tisku černé barvy (Black Start)

Udává, na kolika procentech musí být výdej barvy z kanálů CMY, aby začala tisknout černá barva. Čím je hodnota menší, tím začíná černá barva tisknout dříve. Se snižujícím se nastavením této hodnoty, se v čím dál světlejších barvách objevuje více černých bodů. Toto nastavení má minimální vliv na světlé a samostatné, základní tiskové barvy CMY. Zkoumány jsou tři hodnoty tohoto nastavení: 0 (příloha 11), 40 (příloha 12), 80 (příloha 13). Důležitým faktem je, jaké procento černé barvy (černých bodů) mají jednotlivé barvy správně obsahovat (barvy, které neobsahují černé body nebudou ovlivněny). Při obecném porovnání jednotlivých vzorků je znatelné, že čím později začíná černá barva tisknout, tím světlejší jsou ovlivňované barvy (0 – tmavší barvy, 80 – světlejší barvy). Rozdíly jsou

dobře patrné hned na prvních dvou barvách M&M reality. U hodnoty 0 jsou dobře patrné černé body, které u zbylých dvou vzorků díky nastavení chybí. Rozdíl mezi hodnotami 40 a 80 už je minimální. Další barvou se znatelným rozdílem je červená – tmavá. Barvy pro nastavení 0 a 40 jsou shodné, ale pro nastavení 80 už je vidět, že je barva o své černé body „ořezána“ a je světlejší. Modrá – tmavá, pro nastavení 0 má barva všechnu černou co potřebuje a u dalších dvou vzorků je opět o černé body ochuzena. Next reality – zelená, modrá, modrá světlá, u všech těchto barev, je pro nastavení 0 dobře patrný obsah černých bodů, barvy se jeví sytější a věrohodnější. Pro hodnoty 40 a 80 jsou rozdíly opět neznatelné. Dva následující oranžové odstíny zůstávají změnou parametru neovlivněny. Další rozdíly jsou dobře patrné na šedých odstínech, které s vysokým nastavením začátku tisku černé barvy postrádají svou plnost a věrohodnost, černé body chybí a soutisk CMY je zkrátka nedokáže nahradit. Dům realit – červená, červená tmavá, pro nastavení 0 a 40 je černých bodů dostatek a barvy jsou shodné. U nastavení 80, už je opět znát absence černých bodů a výsledná barva je světlejší. Tyrkysová barva – Advisoria vykazuje stejný efekt jako šedé odstíny, se zvyšující se hodnotou nastavení viditelně klesá počet černých bodů a barva se jeví světlejší. Advisoria – zelená tmavá, u této barvy je při prvních dvou hodnotách nastavení (0, 40) patrné rastrování a barva vypadá světlejší než při hodnotě 80. Pozdější přísun černé barvy umožňuje lepší smíchání pouze s použitím CMY a barva se jeví plnější a tmavší. Na žlutých odstínech se změna parametru projevuje minimálně. Ideální nastavení tohoto parametru by mohlo být mezi hodnotami 10 – 40.

Maximum černé barvy (Black Max)

Toto nastavení udává procentuální, horní hranici pro výdej černé barvy. Pokud je tato hodnota malá, použije se menší množství černých tiskových bodů a barvy nejsou syté, jeví se jako vybledlé. U některých barev ovšem může být malý počet černých tiskových bodů žádoucí. Toto nastavení opět nemá vliv na samostatné, základní barvy CMY a na odstíny, které jsou míchány bez použití černé barvy. Testována jsou tři nastavení: 20 (příloha 14), 50 (příloha 15), 95 (příloha 16). Obecně se dá říci, že se zvyšováním maxima černé získávají barvy na sytosti a věrohodnosti. První barvy, na kterých je možno pozorovat rozdíly, jsou červená standard a červená tmavá. S nastavením 20 je v barevných plochách minimum černých bodů a barvy vypadají jako vybledlé. Při nastavení 50 je počet černých bodů vyšší a barvy nabývají na sytosti, ovšem v poměru k ostatním barvám CMY, které mají své maximum na 100 (každá) je to stále málo. Pro nastavení 95 jsou už barvy pěkně syté, s dostatkem černých bodů. Stejný efekt je znatelný na všech ostatních barvách kromě obou zelených – M&M reality, modré (cyan), zelené – Next reality a obou žlutých. Vždy se jedná o počet černých tiskových bodů v barevné ploše a jeho omezení. Správná hodnota toho parametru je dosti závislá na ink limitu, měla by být zhruba na stejné úrovni, jako výdej z ostatních barevných kanálů.

Maximální pokrytí inkoustem (CMYK Max, Ink limit)

Toto nastavení ovlivňuje celkovou výdej inkoustu ze všech základních barev CMYK (maximum je celkem 400%). Zkoumáno je pro nastavení 200% (příloha 17), 300%

(příloha 18) a 395% (příloha 19). V jednotlivých profilech ovšem není výdej z jednotlivých kanálů rovnoměrná, protože parametr Maximum černé zůstává na hodnotě 95%. U jednotlivých variant je tedy černá vždy 95% a zbytek se rozdělí mezi ostatní kanály. Pokud je tedy nastavení ink limitu na 200% zbývá na ostatní složky 35 % (každá). Výpočet je jednoduchý:

$$x = (200 - 95) / 3 = 35$$

Stejně tak pro nastavení ink limitu 300 % nebo 395 %:

$$x = (300 - 95) / 3 = 68$$

$$x = (395 - 95) / 3 = 100$$

Nastavení černého bodu je pak přímo závislé na těchto hodnotách a nedá se ručně měnit, pro ink limit 200 to bude 35 / 35 / 35 / 95 (C / M / Y / K) a pro ink limit 300 bude černý bod 68 / 68 / 68 / 95 (C / M / Y / K). Ink limit tedy v tomto sledovaném nastavení ovlivňuje pouze výdej z kanálů CMY a ne z kanálu K. Snížení hodnoty ink limitu se projeví u barev, jejichž sytost tuto hodnotu přesahuje. Příklad:

Ink limit je nastaven na 200 (součet ze všech kanálů). Tiskneme hnědou 0/100/100/25 (složky C/M/Y/K) a žlutou 0/20/100/0. Hnědá barva přesahuje ink limit 200, bude tedy světlejší, než by měla správně být. Žlutá barva ink limit 200 nepřesahuje a zůstane zachována beze změny. Obecně pro všechny ovlivněné barvy platí, že jsou málo pestré a obsahují velké množství šedé složky. Barevná plocha jednoduše obsahuje velké množství černých bodů a malé množství CMY bodů, což plyne z nastavení profilu. Z toho také plyne, že změny tohoto nastavení nemají téměř žádný vliv na šedé odstíny. Ovlivněné barvy na vzorníku jsou červená tmavá, Dům realit červená a Dům realit červená tmavá, Advisoria tyrkysová a Advisoria zelená tmavá, vše při nastavení 200% ink limitu. V procesu tisku, je již ink limit snížen v RIP softwaru na 280 %. Tato hodnota je naprosto dostačující pro vykreslení téměř všech barev a dochází ke značné úspoře inkoustu, což je výhoda z ekonomického hlediska. Výsledný efekt je tedy ten, že snížení ink limitu je ovlivněno jak vytvořeným profilem, tak RIP softwarem.

Šířka černé barvy (Black Width)

Změna šířky černé barvy se na testovaném vzorníku barev neprojevila.

6.3 Výsledné barevné profily

Po ověření vlivu jednotlivých parametrů přichází na řadu tvorba barevných profilů pro obě tiskárny a tři druhy fólií. Jako správné nastavení pro Mimaki JV3 – 160 se jeví profil o parametrech:

Tabulka 6 - Profily JV3

Parametr	Nastavení
Velikost profilu	Default
Perceptuální metoda převodu barev	Neutral Gray
Mapování Gamutu	Classic
Separace	GCR2
Začátek tisku černé barvy	20
Maximum černé barvy	80
Maximální pokrytí inkoustem	320
Definice černého bodu	80 / 80 / 80 / 80 (C / M / Y / K)
Šířka černé	100
Světelný zdroj	D50
Korekce pro optické zjasňovače	NE (ANO u 7 let fólie)

Mapování gamutu je zvoleno Classic z důvodu zachování čitelných světlých odstínů. Separace GCR2 se jeví jako zlatá střední cesta v nahrazení šedé složky. Začátek tisku černé barvy je zvolen 20 – do velmi světlých odstínů by se černá dostat neměla a ostatní barvy by o ni neměly být ochuzeny. Nastavení Maxima černé vychází z ink limitu, který je 320 %, tedy 80 % pro každý barevný kanál (a na 280 % je snížen v RIPu). Ink limit byl zvolen 320 %, protože při dalším zvyšování ink limitu, už není tolik patrný nárůst kvality barevné plochy a dochází jen ke zvětšování tloušťky inkoustové vrstvy. Velikost profilu byla zvolena na výchozí, protože vliv tohoto parametru na vzorník barev nebyl znatelný. Perceptuální metoda převodu barev zůstává na Neutral Gray, protože všechny fólie jsou bílé. Změna šířky černé se ve vzorníku neprojevila a zůstává tak na doporučeném nastavení 100. Světelný zdroj D50 je taktéž doporučeným nastavením. Profil je tištěn na tři druhy fólií:

- 3 – 5 letá [21] (příloha 23)
- 7 letá [22] (příloha 24)
- 3M [23] (příloha 25)

Po porovnání vzorníků barev na jednotlivých fóliích je barevná shoda na slušné úrovni a odchylky jsou pouze minimální.

Výchozí stanovisko tvorby profilů pro Mimaki JV5 – 160 vychází z analýzy prováděné na Mimaki JV3 – 160. Jako profil se správným nastavením se jeví:

Tabulka 7 - Profily JV5

Parametr	Nastavení
Velikost profilu	Large
Perceptuální metoda převodu barev	Neutral Gray
Mapování Gamutu	Classic
Separace	UCR
Začátek tisku černé barvy	40
Maximum černé barvy	60
Maximální pokrytí inkoustem	240
Definice černého bodu	60 / 60 / 60 / 60 (C / M / Y / K)
Šířka černé	100
Světelný zdroj	D50
Korekce pro optické zjasňovače	NE (ANO u 7 let fólie)

Mapování gamutu bylo zvoleno na Classic z důvodu zamezení přidávání nadbytečných černých bodů. Nastavení separace na UCR, začátku tisku černou na 40 a ink limitu na 240% by mělo zajistit míchání barev s větším použitím CMY a nižší nahrazování šedé složky. Pozdějším začátkem přidávání černých tiskových bodů, by měly zůstat neovlivněny světlé barvy. Nízký ink limit zaručuje nižší spotřebu inkoustu. Perceptuální metoda převodu opět zůstává na Neutral Gray, světelný zdroj D50 a šířka černé 100. Profily jsou opět tištěny na tři druhy PVC fólií:

- 3 – 5 letá (příloha 26)
- 7 letá (příloha 27)
- 3M (příloha 28)

Jelikož tiskárna používá jiné tiskové hlavy a odlišnou technologii tisku, včetně techniky míchání barev, není výsledná barevná shoda na takové úrovni jako u JV3 – 160 pro kterou byly parametry ověřovány. Barvy na jednotlivých fóliích se až na minimální vyjímky shodují, ovšem odchylky od barevného vzorníku jsou u některých barev značné.

Závěr

Cílem této práce bylo přiblížení procesu tvorby barevných profilů pro inkjetové tiskárny, vysvětlení veškeré problematiky, která s tvorbou souvisí a rozbor vlivu jednotlivých parametrů při vytváření profilu. V teoretické části byly rozebrány potřebné informace týkající se teorie barev a barevných profilů, použitých tiskáren a spektrofotometru.

Samotný postup tvorby profilu sestává z vytištění testovacích chartů a změření barevných odchylek. Dalším krokem, je tvorba několika profilů z naměřených dat, tyto profily jsou využity pro analyzování vlivu jednotlivých parametrů. Podle vyhodnocení těchto vlivů se vytvoří výsledný barevný profil (opět z naměřených dat). Analýza měněných parametrů byla prováděna na velkoformátové tiskárně Mimaki JV3 – 160 při tisku na samolepící PVC fólii DIGIT s trvanlivostí 3 – 5 let. Výsledné profily jsou vytištěny na dvou tiskárnách (Mimaki JV3 – 160, Mimaki JV5 – 160) a na třech druzích samolepících fólií (3 – 5 let, 7 let, 3M). Vliv nastavení parametrů při tvorbě profilu je v obecném měřítku stejný, avšak pro rozdílné tiskárny je nutné mít jednotlivé vlivy ověřené. Profily vytvořené pro tiskárnu Mimaki JV3 – 160, mají na různých fóliích barevnost téměř shodnou a odchylky od vzorníku barev jsou také na slušné úrovni. Profily vytvořené pro tiskárnu Mimaki JV5 – 160, mají na různých fóliích barevnost také téměř shodnou, ale odchylky od vzorníku barev jsou u některých barev velké. Je to způsobeno odlišnými parametry tiskárny a skutečností, že veškeré analýzy byly prováděny pro tiskárnu Mimaki JV3 – 160.

Nesrovnalosti u profilů pro tiskárnu Mimaki JV5 – 160 by bylo možné odstranit samostatnou analýzou, stejnou jaká byla prováděna pro JV3 – 160. Vhodným pokračováním této práce by mohlo být využití znalostí vlivu jednotlivých parametrů a jejich další zkoumání pro tvorbu nestandardních barevných profilů.

Literatura

- [1] HOMANN, Jan-Peter. *Digital Color Management: Principles and Strategies for the Standardized Print Production*. Berlín: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. ISBN 978-3-540-67119-0.
- [2] Barevné modely. ŠIML, David. *Poster Bar: Plakáty na zed'* [online]. 2010 [cit. 2012-02-1]. Dostupné z: <http://www.posterbar.cz/rady/barevne-modely>
- [3] PROF. RNDR. MARIE KAPLANOVÁ, CSc., a kolektiv. *Moderní polygrafie*. 2. vyd. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2010. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [4] Barevný model CMYK je subtraktivní míchání barev. *PHOTO TV* [online]. 2011 [cit. 2012-02-1]. Dostupné z: <http://www.phototv.cz/index.php?page=cataltxt&grouptxt=1&recid=40&lang=CZ>
- [5] Mimaki JV3 - 160SP. *Electron* [online]. 1997 - 2012 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.electron.cz/index.php/bazar/13-mimaki-jv3-160sp>
- [6] Velkoplošná solventní tiskárna Mimaki JV5-160S. *Electron* [online]. 1997 - 2012 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://www.electron.cz/index.php/velkoplosne-tiskarny/solventni-tiskarny/mimaki-jv5-160s>
- [7] *Mimaki: Mimaki Engineering co., LTD.* [online]. 2012 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://www.mimaki.co.jp/eng/>
- [8] Raster Image Processor. *Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. 20.8.2011 [cit. 2012-05-2]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Raster_image_processor
- [9] Spectrophotometer. *Photowiki* [online]. [cit. 2012-02-11]. Dostupné z: <http://www.prophotowiki.com/w/index.php/Image:Spectrophotometer.jpg>
- [10] X-Rite i1 Pro Review. *TFT Central* [online]. 19.1.2011 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: http://www.tftcentral.co.uk/reviews/i1_pro.htm
- [11] Eye-One Spectrophotometer. *Colorcritical* [online]. 31.3.2007 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://colorcritical.wordpress.com/2007/03/31/eye-one-spectrophotometer/>
- [12] *INTERNATIONAL COLOR CONSORTIUM* [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.color.org/index.xalter>
- [13] *Mimaki.cz* [online]. 1997 - 2012 [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.mimaki.cz/>
- [14] CMYK. *Wikipedie* [online]. 17. 4. 2012 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/CMYK>

- [15] Inkoustový tisk včera, dnes a zítra. *Fakulta informatiky Masarykovy univerzity* [online]. 2008 [cit. 2012-03-2]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2004/xmacuga.htm>
- [16] Vše o světle – 10. Správa barev (color management). *Fotografování* [online]. 2012 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.fotografovani.cz/fotopraxe/zakladni-postupy1/vse-o-svetle-10-sprava-barev-color-management--152142cz>
- [17] Inkoustový tisk. *Grafika.cz* [online]. 17.1.2002 [cit. 2012-03-2]. Dostupné z: <http://www.grafika.cz/rubriky/stolni-tiskarny/inkoustovy-tisk-129988cz>
- [18] GCR: Gray Component Replacement. *Color Rendering Intent for Graphic Artists* [online]. [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: http://graphics.tech.uh.edu/student_work/color_rendering_intent/gcr.html
- [19] GMG Production Suite. *GMG Color* [online]. 2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.gmgcolor.com/english/products/productionsuite.html>
- [20] Review: StudioPrint 10 RIP. *DP&I* [online]. 9.6.2003 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.dpandi.com/newsreviews/reviews/studioprint/index.html>
- [21] Digital Printing Media. *Poli-tape group* [online]. [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: http://en.poli-flex.de/pages/product/digital_printing_media/digital.html
- [22] *Spandex Graphics: Image Perfect IP 2810-101*. 2007. Dostupné z: http://www.spandex.com/Images/Spandex_ImagePerfect_Datasheet_IP2810-101_tcm36-5524.pdf
- [23] 3m Scotchcal Graphic Film. *3M* [online]. 2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.3m.com/product/information/Scotchcal-Graphic-Film.html>
- [24] *Profiling Inkjet Printers: Need to Know*. 29.8.2005. Dostupné z: <http://www.mutoh.com/pdf/ProfileMakerInkjetN2K.pdf>

Přílohy

1. Testovací obrazec – linearizace
2. Testovací obrazec – měření odchylek
3. Vzorník – Colorful
4. Vzorník – Chroma Plus
5. Vzorník – Classic
6. Vzorník – UCR
7. Vzorník – GCR1
8. Vzorník – GCR2
9. Vzorník – GCR3
10. Vzorník – GCR4
11. Vzorník – Black Start 0
12. Vzorník – Black Start 40
13. Vzorník – Black Start 80
14. Vzorník – Black Max 20
15. Vzorník – Black Max 50
16. Vzorník – Black Max 95
17. Vzorník – CMYK Max 200
18. Vzorník – CMYK Max 300
19. Vzorník – CMYK Max 395
20. Vzorník – Black Width 0
21. Vzorník – Black Width 50
22. Vzorník – Black Width 100
23. Vzorník – JV3 5 let výsledný profil
24. Vzorník – JV3 7 let výsledný profil
25. Vzorník – JV3 3M výsledný profil
26. Vzorník – JV5 5 let výsledný profil
27. Vzorník – JV5 7 let výsledný profil
28. Vzorník – JV5 3M výsledný profil