

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Měření tiskových parametrů ink-jet tiskáren

Jana Vodičková

Bakalářská práce

2014

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jana Vodičková**
Osobní číslo: **I10533**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu: **Měření tiskových parametrů ink-jet tiskáren**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky**

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

Prostudujte literaturu týkající se měření tiskových parametrů z tiskových archů metodou spektrální fotometrie. Popište v praxi používané tiskové parametry vhodné pro vyhodnocování kvality průmyslového tisku a testovací prvky, na kterých jsou obvykle vyhodnocovány. Popište principy barevného tisku ink-jet tiskáren.

Prostudujte manuál sestavy spektrofotometru i1Pro, popište jeho základní parametry a možnosti použití v oblasti měření kvality v tiskových technologiích.

V experimentální části práce proveďte tisk testovacího archu formátu A4 TestKE1 pro měření vybraných tiskových parametrů na ink-jet tiskárně a na čtyřbarevném tiskovém stroji Man Roland 304 po 20ti výtiscích. Proveďte měření tiskových parametrů s využitím spektrofotometru i1Pro, proveďte jejich statistické vyhodnocení a porovnejte výsledky obou typů tisku. V závěrech práce proveďte vyhodnocení vhodnosti používání popsaných tiskových parametrů v oblasti inkjetového tisku.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

KAPLANOVÁ, Marie. Moderní polygrafie. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2010, 391 s. ISBN 978-80-254-4230-2.

DVOŘÁKOVÁ, Zdeňka.áDTP a předtisková příprava: kompletní průvodce od grafického návrhu po profesionální tisk. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2008, 288 s. ISBN 978-80-251-1881-8.

ŠTEFÁČEK, P.áMěření tiskových parametrů barevných tiskovin. Univerzita Pardubice, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.

DOHNAL, Miroslav.áFyzikální základy reprodukce obrazu. Vyd. 2. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007, 165 s. ISBN 978-80-7194-945-9.


Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Pidanič, Ph.D.

Katedra elektrotechniky


Datum zadání bakalářské práce: **20. prosince 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2014**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan

L.S.



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2014

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 5. 5. 2014

Jana Vodičková

Poděkování

Především bych chtěla poděkovat panu Ing. Miroslavu Fribertovi, Dr. za cenné odborné informace a dohled při vypracování této bakalářské práce. Mé poděkování patří i vedoucímu práce panu Ing. Janu Pidaničovi, Ph.D. za odborné rady a podporu. Další poděkování bych chtěla věnovat fakultě elektrotechniky a informatiky Univerzity Pardubice za zapůjčené vybavení, dále fakultě chemicko-technologické Univerzity Pardubice hlavně technologickému pavilonu v Doubravicích, také za půjčení vybavení. Děkuji také mé rodině a přátelům za podporu a pochopení.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je měření tiskových parametrů pro určení kvality tisku z tiskových archů metodou spektrální fotometrie. V teoretické části práce jsou uvedeny základní znalosti potřebné k porozumění problematiky. Měřenými tiskovými parametry a prvky jsou optická hustota, tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty, tiskový kontrast a přijímatost tiskových barev. V praktické části se dozvíme o použitých přístrojích a postup měření. Tiskové archy jsou tištěny na ofsetovém tiskovém stroji Man Roland 304, inkjetovém tiskovém stroji Mimaki JV33-160 a inkjetovém UV tiskovém stroji Octopus II. Naměřené a vypočtené parametry jsou uváděny v tabulkách a doplněny grafy. Závěrem této práce je vyhodnocení a porovnání naměřených a vypočítaných dat pro tři typy tiskových strojů.

Klíčová slova

RGB, CMYK, Spektrofotometr, tiskový stroj, barvový prostor, parametry, optická hustota, tónová hodnoty, nárůst tónové hodnoty, tiskový kontrast, přijímatost tiskových barev, ofsetový tisk, inkjetový tisk, inkjetový UV tisk

Title

Measurement of printing parameters of inkjet printers

Annotation

The objective of bachelor thesis is aimed to measurement of printing parameters for determining the print quality of the printing sheets by spectral photometry. The theoretical part provides basic knowledge needed to understand the issues. Measured printing parameters and elements are optical density, tone value and increasing of tone value, print contrast and receptivity of printing colors.

In the practical part contains information about machines and the measurement. Printing sheets will be printed on an offset printing machine Man Roland 304, inkjet printer Mimaki JV33-160 and inkjet UV printing machine Octopus II. Measured and calculated parameters will be presented in tables and supplemented in graphs. The conclusion of this work is the evaluation and comparison of measured and calculated data for the three types of printing machines.

Keywords

RGB, CMYK, Spectrophotometer, printing machine, color space parameters, optical density, tone value increase of tonal values, print contrast, receptivity inks, offset printing, inkjet printing, UV inkjet printing

Obsah

Seznam zkratek.....	8
Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	10
Úvod.....	11
1 Teoretická část.....	13
1.1 Popis a reprodukce barev.....	13
1.1.1 Vnímání barev lidským okem.....	13
1.1.2 Numerické atributy barev.....	15
1.1.3 Objektivní popis barev.....	16
1.2 Vlastnosti barvových vrstev.....	19
1.2.1 Aditivní míchání barev.....	19
1.2.2 Subtraktivní míchání barev.....	20
1.2.3 Reprodukce barev v tisku.....	20
1.3 Barvové prostory.....	21
1.3.1 Závislé barvové prostory.....	21
1.3.2 Nezávislé barvové prostory.....	23
1.4 Tiskové technologie.....	24
1.4.1 Ofsetový tisk.....	24
1.4.2 Inkjetový tisk.....	26
1.4.3 UV inkjetový tisk.....	29
1.5 Kvalita tisku a její hodnocení.....	29
1.5.1 Parametry pro hodnocení kvality tisku.....	29
2 Praktická část.....	33
2.1 Zadání.....	33
2.2 Použité přístroje.....	33
2.2.1 Ofsetová tiskárna Man Roland 304.....	33
2.2.2 Inkoustová tiskárna Mimaki JV33 - 160.....	34
2.2.3 Inkoustová UV tiskárna Octopus II.....	36
2.2.4 Spektrofotometr i1Pro.....	37
2.2.5 Software GretagMacbeth KeyWizard TM.....	38
2.3 Postup měření.....	39
2.4 Naměřené a vypočtené hodnoty.....	41

2.4.1	Optická hustota	41
2.4.2	Tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty.....	45
2.4.3	Tiskový kontrast	48
2.4.4	Přijímavost tiskových barev	50
Závěr		52
Literatura		54
Příloha A – Tiskové archy		56

Seznam zkratek

B	Blue (modrá barva)
C	Cyan (azurová barva)
G	Green (zelená barva)
K	Key (černá barva)
M	Magenta (purpurová barva)
R	Red (červená barva)
Y	Yellow (žlutá barva)
CIE	Mezinárodní komise pro osvětlení (Commission Internationale de l'Eclairage)
CIELAB	Barvový prostor LAB založený na vnímání lidským okem
CIExy	Chromatický diagram
CMY	Barvový prostor založený na subtraktivním míchání barev
CMYK	Barvový prostor využíván pro tiskové zařízení, zkratka procesních barev (azurové, purpurové, žluté a černé)
RGB	Barvový prostor založený na aditivním míchání barev
UV	Ultrafialové záření

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Viditelné spektrum a spektrální barvy	13
Obrázek 2 - Stavba lidského oka	14
Obrázek 3 - Relativní spektrální citlivost jednotlivých druhů čípků.....	14
Obrázek 4 - Křivka spektrální odrazivosti.....	15
Obrázek 5 - Trichromatické členitelé pro 2° pozorovatele	17
Obrázek 6 - Chromatický diagram CIExy	18
Obrázek 7 - Aditivní míchání barev	19
Obrázek 8 - Subtraktivní míchání barev	20
Obrázek 9 - Krychlový barvový prostor RGB	22
Obrázek 10 - Barvový prostor CMY	22
Obrázek 11 - Jedna a táž barva definována hodnotami CMYK na různých papírech.....	23
Obrázek 12 - Dva druhy barvového prostoru CIELAB.....	23
Obrázek 13 - Schéma ofsetové tiskové jednotky pro ofset s vlhčením	25
Obrázek 14 - Schéma ukládání tiskové barvy na tiskové formě v ofsetovém tisku s vlhčením a bez vlhčení	25
Obrázek 15 - Schéma binárního (a) a vícenásobného (b) kontinuálního tisku.....	27
Obrázek 16 - Schéma funkce inkjetové tiskové hlavy pro tisk technologií drop-on-demand	27
Obrázek 17 - Termální inkjetový tisk: tvoření kapky.....	28
Obrázek 18 - Piezoelektrický inkjet tisk: nejpoužívanější dva typy deformace piezoelektrického krystalu.....	28
Obrázek 19 - Vliv přijímatosti tiskových barev do suché a mokré barvy a vlivu pořadí ...	32
Obrázek 20 - Tiskový stroj Man Roland 304	34
Obrázek 21 - Proměnlivá velikost tiskového bodu.....	34
Obrázek 22 - Parametry inkoustové tiskárny Mimaki JV33-160.....	35
Obrázek 23 - inkjetová tiskárna Mimaki JV33 - 160	36
Obrázek 24 - Inkjetová UV tiskárna Octopus II.....	37
Obrázek 25 - Spektrofotometr i1Pro	38
Obrázek 26 - Druhé tlačítko hlavní nabídky GretagMacbeth KeyWizard TM, připojení v pořádku a nepřipojeno	39
Obrázek 27 - Hlavní okno nabídky GretagMacbeth KeyWizard TM	39
Obrázek 28 - Okno " Program settings "	40
Obrázek 29 - Graf ofsetového tisku: optická hustota cyan.....	42
Obrázek 30 - Graf ofsetového tisku: optická hustota magenta.....	42
Obrázek 31 - Graf ofsetového tisku: optická hustota yellow	42
Obrázek 32 - Graf inkjetového tisku: optická hustota cyan	43
Obrázek 33 - Graf inkjetového tisku: optická hustota magenta	43
Obrázek 34 - Graf inkjetového tisku: optická hustota yellow	44
Obrázek 35 - Graf inkjetového UV tisku: optická hustota cyan.....	44
Obrázek 36 - Graf inkjetového UV tisku: optická hustota magenta.....	45
Obrázek 37 - Graf inkjetového UV tisku: optická hustota yellow	45

Obrázek 38 - Graf tónové hodnoty ofsetového tisku.....	46
Obrázek 39 - Graf nárůstu tónové hodnoty ofsetového tisku.....	46
Obrázek 40 - Graf tónové hodnoty inkjetového tisku	47
Obrázek 41 - Graf nárůstu tónové hodnoty inkjetového tisku	47
Obrázek 42 - Graf tónové hodnoty inkjetového UV tisku	48
Obrázek 43 - Graf nárůstu tónové hodnoty inkjetového UV tisku.....	48
Obrázek 44 - Graf tiskového kontrastu ofsetového tisku	49
Obrázek 45 - Graf tiskového kontrastu inkjetového tisku.....	49
Obrázek 46 - Graf tiskového kontrastu inkjetového UV tisku	50
Obrázek 47 - Graf přijímatosti tiskových barev ofsetového tisku.....	50
Obrázek 48 - Graf přijímatosti tiskových barev inkjetového tisku	51
Obrázek 49 - Graf přijímatosti tiskových barev inkjetového UV tisku.....	51

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Ofsetový tisk: optické hustoty.....	41
Tabulka 2 - Inkjetový tisk: optická hustota	43
Tabulka 3 - Inkjetový UV tisk: optická hustota	44
Tabulka 4 - Ofsetový tisk: tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty.....	45
Tabulka 5 - Inkjetový tisk: tónová hodnoty a nárůst tónové hodnoty.....	46
Tabulka 6 - Inkjetový UV tisk: tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty	47
Tabulka 7 - Tiskový kontrast.....	49
Tabulka 8 - Ofsetový tisk: přijímatost tiskových barev.....	50
Tabulka 9 - Inkjetový tisk: přijímatost tiskových barev	51
Tabulka 10 - Inkjetový UV tisk: přijímatost tiskových barev	51

Úvod

Cílem této bakalářské práce je měření tiskových parametrů z tiskových archů metodou spektrální fotometrie. Seznámení se s tiskovými parametry pro hodnocení kvality tisku a jejich prvky, s použitým spektrometrem a jeho využívajícím softwerem.

Bakalářská práce obsahuje v kapitole popis a reprodukce barev potřebné znalosti pro pochopení této problematiky, jako jsou vnímání barev lidským okem, numerické atributy barev - absolutní a relativní atributy, objektivní popis barev, kde jsou obsažené trichromatičtí členitelé a chromatický diagram CIExy. Další kapitolou teoretické části je pod názvem vlastnosti barvových vrstev, která obsahuje aditivní a subtraktivní míchání barev a reprodukci barev v tisku. Kapitola barvové prostory obsahuje závislé a nezávislé barvové prostory. Tyto barvové prostory definují barvy dle své pozice v prostoru. Uvedené závislé barvové prostory jsou RGB a CMYK, nezávislé jsou CIELAB. Tiskové technologie je kapitola o použitých tiskových technologiích jako jsou ofsetový, inkjetový a inkjetový UV tisk. V podkapitole ofsetového tisku se dozvíme, že ofset pracuje na dvou principech a to na klasickém vodnatém a bezvodnatém. Inkjetový tisk zahrnuje digitální technologii tisku, kde tisk spočívá v reprodukci proudu kapiček, které se rozdělují na jednotlivé kapky vystříknuté tryskou. Dle tohoto proudu kapiček lze rozdělit inkjetový tisk na dva základní principy a to na kontinuální a princip technologie drop-on-demand, která se dělí dle způsobu vystříknutí kapky na termální a piezoelektrický inkjetový tisk. Další zmíněnou technologií je inkjetový UV tisk, který je na stejném principu jako klasický inkjetový tisk, ale s přidanými prvky pro vytvrzení UV lampou. Poslední kapitola teoretické části zahrnuje kvalitu tisku a její hodnocení, kde se seznámíme jak vnímáme kvalitu tisku a jakými parametry a prvky kvalitu tisku poznat. Těmito uvedenými parametry a prvky jsou optická hustota, tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty, tiskový kontrast a přijímatost tiskových barev. U těchto parametrů a prvků máme uvedené vztahy pro jejich výpočet.

V praktické části bakalářské práce je uvedeno zadání práce, kde se měří tiskové parametry spektrofotometrem i1Pro tři typy tiskových archů. Tiskové archy byly vytvořeny pomocí tří typů tiskových technologiích a tedy na třech různých tiskových strojů. Použité barvy pro ofsetový tisk jsou Novavit 908 Bio na papír Magnostar. Barvy pro inkjetový tisk byly použity Solvent-Based Ink (PRMS 33) a pro inkjetový UV tisk použité barvy Inkjet For RTR C1XXX (XXX je označený barev), oba inkjetové tisky byly tištěny na potiskový materiál ORAJET 3164G-010. Tiskové stroje pro ofsetový tisk Man Roland 304, pro inkjetový tisk Mimaki JV33-160 a pro inkjetový UV tisk Octopus II jsou popsány v kapitole použité přístroje. Tato kapitola obsahuje i použitý spektrofotometr i1Pro a jeho pracovní podmínky a software pracující se spektrofotometrem i1Pro GretagMacbeth KeyWizard TM, pomocí kterých zjišťujeme optické hustoty a další prvky pro výpočet tónové hodnoty a nárůstu tónové hodnoty, tiskového kontrastu, přijímatosti tiskových barev. Dále praktická část bakalářské práce obsahuje postup měření, naměřené a vypočtené hodnoty, které jsou uvedeny v tabulkách a zobrazeny grafy.

V závěru této práce je vyhodnocení a porovnání naměřených a vypočtených parametrů. Vyhodnocování je rozděleno po jednotlivých parametrech a to v pořadí optická hustota, tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty, tiskový kontrast, přijímatost tiskových barev. Porovnání jednotlivých typů tiskových strojů pomocí naměřených dat a vhodnost použití. Na konec je uvedeno jaké tiskové parametry jsou vhodné k určení kvality tisku pro inkjetový tisk.

1 Teoretická část

1.1 Popis a reprodukce barev

Výslednou kvalitu tisku nejvíce ovlivňuje technologie reprodukce barev. Vnímání barev je závislé jak na barevném objektu, tak na intenzitě a spektrálním charakteru osvětlení. Dopadající světlo na osvětlený objekt je částečně odraženo i absorbováno. Spektrální propustnost nebo odrazivost osvětleného objektu upravuje vyzářené světlo zdrojem. Důležité pro vnímání barev je také, jak lidské oko zvládne zachovat a transformovat optickou informaci a její následné zpracování do vizuálního vjemu. Vjem barvy je závislý na vnímání lidským okem, tedy subjektivním atributem, ale pro hodnocení reprodukce barev je nedostačující.

Světlo je elektromagnetické vlnění (záření), které vnímáme lidským okem, tudíž ve viditelném spektru elektromagnetických vln o vlnových délkách v rozmezí 380 nm až 780 nm. V tomto rozmezí je každé vlnové délce určena spektrální barva.

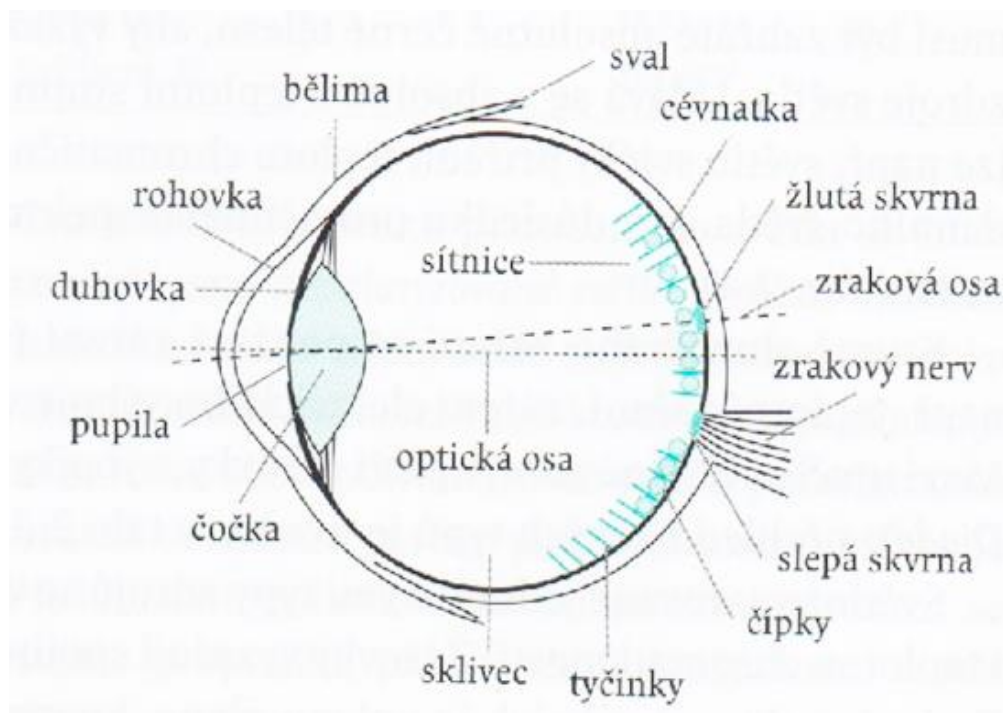


Obrázek 1 - Viditelné spektrum a spektrální barvy

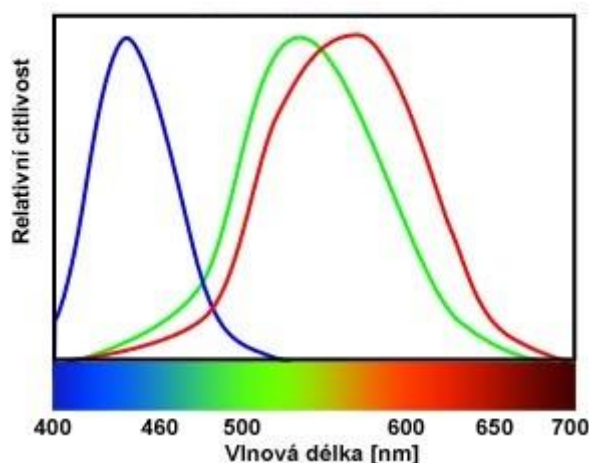
1.1.1 Vnímání barev lidským okem

Zrak je jeden ze smyslů, který umožňuje vnímat okolní světelné podněty. Vizuální vjem v sobě zahrnuje rozlišení šedých i barevných tónů a také prostorových struktur.[2] Oko je zhruba kulovitého tvaru, jeho obal se skládá ze tří vrstev. Vnější vrstva je tvořena bělímou, jejíž vnější plocha je bílá a rohovkou, která je průhledná. Střední vrstva oka obsahuje cévnatku, prstencové ciliární těleso a duhovku. Na vnitřní stranu bělímou přiléhá cévnatka, ciliární těleso je k bělímě přichyceno a z vnější strany splývá s obvodem duhovky. Duhovka je těsně před oční čočkou a její šterbina reguluje množství vstupujícího světla do oka, se nazývá zornice (pupila).

Vnitřní vrstva se nazývá sítnice, je citlivá na světlo a obsahuje dva druhy fotoreceptorů. A to čípky (cca 6 milionů v lidském oku), pomocí kterých vidíme barevně a jsou nejcitlivější ve žluté oblasti spektra. Čípky se rozdělují do tří skupin dle citlivosti na červenou (Red), modrou (Blue) a zelenou (Green) oblast viditelného spektra. Tyčinky (cca 100 milionů) jsou citlivé na jas světla a jsou nejcitlivější v zelené oblasti spektra.



Obrázek 2 - Stavba lidského oka

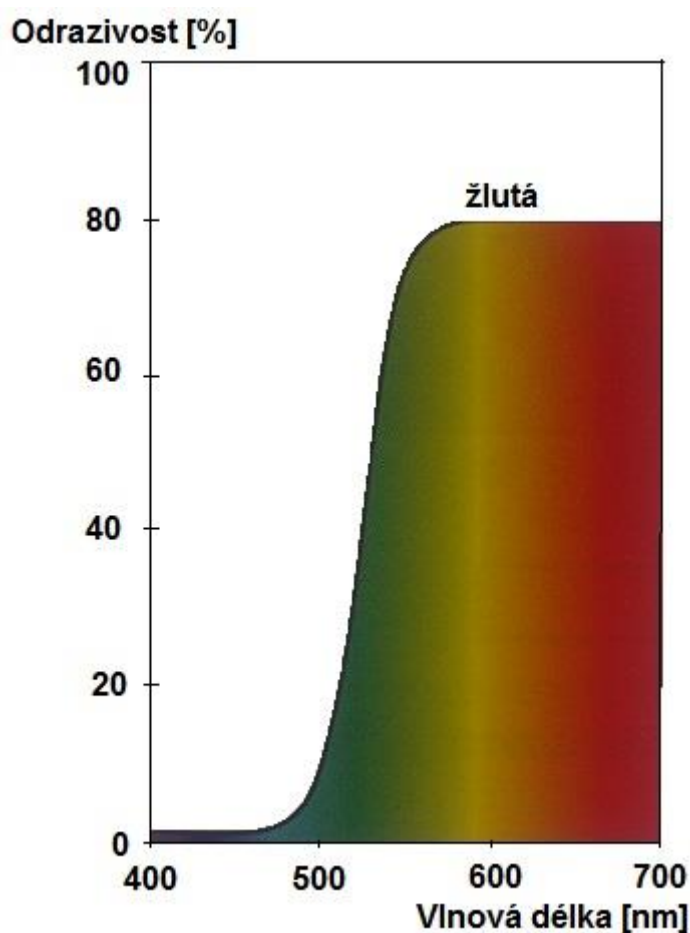


Obrázek 3 - Relativní spektrální citlivost jednotlivých druhů čípků

1.1.2 Numerické atributy barev

Pro objektivní hodnocení barev bylo třeba definovat numerické veličiny, které charakterizují vlastnosti barev tak, jak je vnímá člověk. Barva je kombinací achromatických složek (neutrální - nepestré: černá, bílá, šedá; liší se v odstínu stejné barvy) a chromatických složek (pestré: modrá, červená). Atribut barvy je numerická hodnota zrakového vjemu člověka. Ten je obvykle popisován názvem barvy (fialová, modrá, atd.) nebo dalšími přívlastky (tmavá, světlá, sytá).

Atribut barvy je charakteristika barvy, popis významných vlastností. To ale pro práci s barvami v kolorimetrické praxi nestačí. Nejpřesnější charakteristikou barvy odraženého světla od objektu je křivka spektrální odrazivosti. Je to funkční závislost množství odraženého světla od osvětleného objektu v závislosti na vlnové délce světelného záření. Je možné ji získat měřením pomocí spektrálních fotometrů.



Obrázek 4 - Křivka spektrální odrazivosti

Tato charakteristika je však pro praktické využití v oblastech různých technologií nevýhodná, proto byly definovány jednodušší numerické atributy barev. Atribut barvy je tedy numerická charakteristika barvy, která popisuje její významné vlastnosti. Atributy barev se dělí na absolutní a relativní.

Absolutní atributy

- **Jas, jasnost (Brightness),**

je to vizuální atribut vjemu způsobený množstvím světla odraženého nebo vyzařovaného objektem. Tedy jeden objekt je jasnější než druhý;

- **Sytost (Colourfulness),**

je to vizuální atribut vjemu, který je spojen se spektrální čistotou barvy (více či méně pestrá, tedy více nebo méně barevná). Podle sytosti se barvy dělí na pestré (chromatické) a nepestré (achromatické);

- **Odstín - barevný tón (Hue),**

je to vizuální atribut vjemu určité barvy, který je dán oblastí hlavních barev v jejím spektru.

Relativní atributy

- **Měrná světlost (Lightness),**

je relativním (poměrným) vyjádřením jasu zkoumaného vzorku a jasu stejně osvětleného bílého referenčního vzorku; [1]

- **Chroma,**

je poměrným vyjádřením sytosti barvy testovaného vzorku k jasu bílého vzorku při stejném osvětlení;

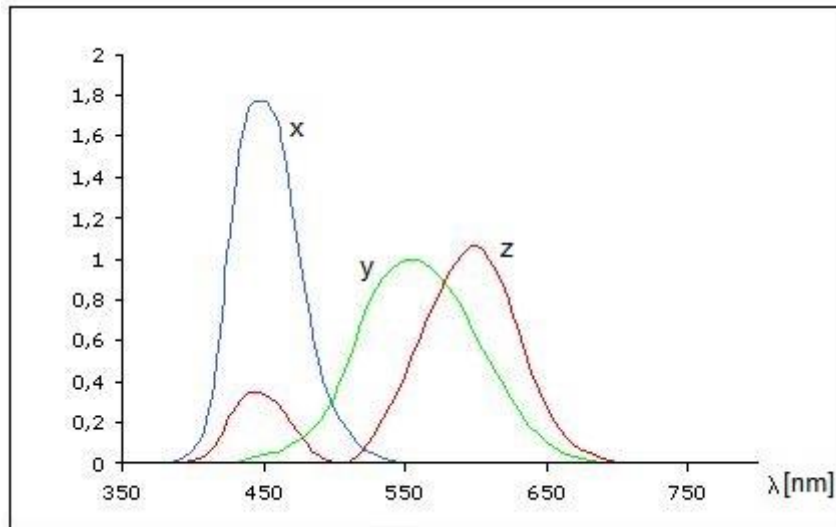
- **Saturace (Saturation),**

je poměrným vyjádřením jasu barvy a její sytosti.

1.1.3 Objektivní popis barev

Trichromatičtí členitelé

Vzhledem k tomu, že každý člověk vnímá stejnou barvu odlišně, bylo třeba definovat tzv. standardního pozorovatele, což je v podstatě funkce spektrální citlivosti průměrného oka. V roce 1931 a 1964 stanovila a doporučila komise CIE veličiny průměrné spektrální citlivosti lidského oka na základě měření na vzorku experimentujících osob. Výsledkem jsou funkce tzv. trichromatických členitelů $r(\lambda)$, $g(\lambda)$, $b(\lambda)$ pro 2° a 10° standardního pozorovatele, pro barvový model RGB a $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ pro barvový model XYZ.



Obrázek 5 - Trichromatické členitelé pro 2° pozorovatele

Trichromatické členitelé mají velký vliv na výpočet trichromatických hodnot X, Y a Z, které objektivně určují každou barvu. Trichromatické hodnoty lze vyjádřit z těchto rovnic:

$$X = k \times \int Mc(\lambda) \times R(\lambda) \times x(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \times \int Mc(\lambda) \times R(\lambda) \times y(\lambda) d\lambda \quad (1.1)$$

$$Z = k \times \int Mc(\lambda) \times R(\lambda) \times z(\lambda) d\lambda$$

$$k = \frac{100}{\int Mc(\lambda) \times R(\lambda) \times y(\lambda) d\lambda} \quad (1.2)$$

kde

k - konstanta,

$M_e(\lambda)$ - spektrální intenzita světelného zdroje,

$R(\lambda)$ - koeficient odrazu (spektrální odrazivost povrchu vzorku),

$x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ - trichromatické členitelé pro standardního pozorovatele.

Konstanta k způsobuje, že hodnota $Y = 100$.

Chromatický diagram CIExy

Chromatický diagram CIExy definovala komise CIE v roce 1931, je znám i pod pojmem diagram chromatičnosti, který definuje všechny barvy standardním pozorovatelem. Určení barev je dáno barvovými souřadnicemi x, y a hodnotou Y, který znázorňuje hodnotu jasu. Lze je vyjádřit z předchozích rovnic (1.1) trichromatických hodnot X, Y, Z.

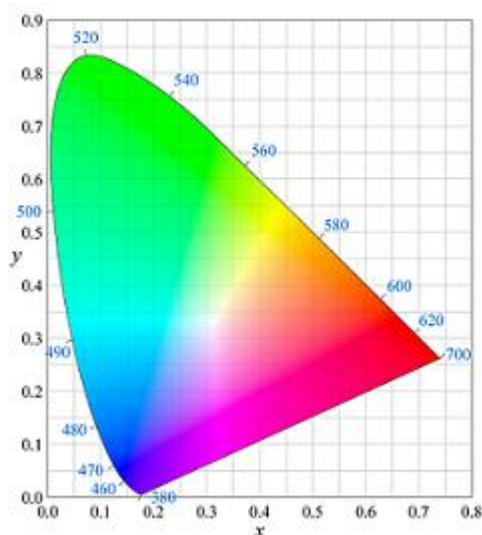
$$\begin{aligned}x &= \frac{X}{(X + Y + Z)} \\y &= \frac{Y}{(X + Y + Z)} \\z &= \frac{Z}{(X + Y + Z)}\end{aligned}\tag{1.3}$$

Z těchto rovnic platí:

$$x + y + z = 1\tag{1.4}$$

z čehož vyplývá, že nám postačí dvě souřadnice.

Hranice chromatického diagramu CIExy představují křivku spektrálních barev a úsečku nespektrálních barev. Křivka je znázorněna od modrého bodu přes zelený bod k bodu červenému, úsečka je vedena od červeného bodu k modrému (viz. obrázek číslo 6). Barva v těžišti diagramu záleží na hodnotě Y, která se mění od hodnoty Y=100, kdy je bílá až po hodnotu Y=0, kdy barva tmavne po černou barvu. Pomocí souřadnic x, y lze vyjádřit chromatičnost.



Obrázek 6 - Chromatický diagram CIExy

1.2 Vlastnosti barvových vrstev

V tiskových technologiích se barvy tiskových objektů realizují nanášením vrstev tiskových barev obvykle tzv. procesních barev CMYK (Cyan-azurová, Magenta-purpurová, Yellow-žlutá, black-černá. Prostřednictvím vnějšího zdroje světla, které se odráží od těchto vrstev, vnímáme barvy. Je-li barvová vrstva osvětlena bílým světlem, jeví se po odrazu jako barevná v důsledku absorpce některých vlnových délek. Barva barvové vrstvy se mění také s každou změnou barvy osvětlení (metamerismus). [3]

Určitou konkrétní barvu při reprodukci barevných objektů získáváme pomocí aditivního nebo subtraktivního míchání barev.

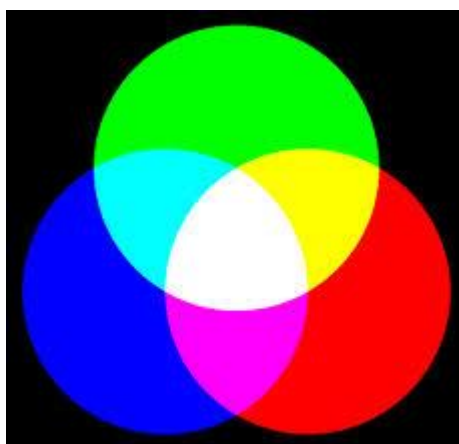
1.2.1 Aditivní míchání barev

U aditivního míchání barev spektrální složky sčítáme. Kterékoliv barevné světlo (i bílé) je složeno ve vhodném poměru ze tří primárních světél, tedy červené (R-red), zelené (G-green) a modré (B-Blue). Při aditivním míchání barev výsledný jas světla je shodný součtu jasů primárních světél.

Toto lze vyjádřit vztahem:

$$A_1 =: r \times R + g \times G + b \times B \quad (1.5)$$

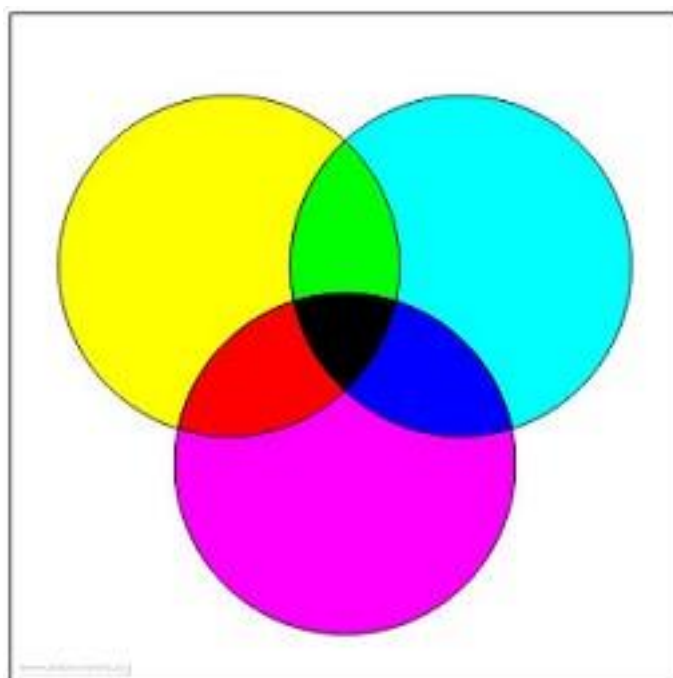
kde znak =: značí operaci míchání světél; A_1 je výsledné světlo; r, g, b je jas světél R, G, B. Pokud nám vznikne bílé světlo při součtu dvou barevných světél, potom se barvám těchto světél říká *doplňkové* nebo *sekundární*. Doplnkovými barvami barev R (červené), G (zelená), B (modrá) jsou azurová (C - cyan), purpurová (M - magenta), žlutá (Y - yellow) barva. Např. pro zobrazení na monitoru s použitím R, G, B barevných světél se používá aditivní míchání barev.



Obrázek 7 - Aditivní míchání barev

1.2.2 Subtraktivní míchání barev

U subtraktivního míchání barev spektrální složky odečítáme. Toho docílíme při absorpci např. v barvové vrstvě nanesené na potiskovaný materiál. Konečná odražená barva je shodná barvě doplňkové k barvě absorbovaného světla z bílého světla, např. purpurová barvová vrstva absorbuje zelenou složku spektra a odráží modrou a červenou složku. U subtraktivního míchání jsou *primární barvy* C, M, Y a *sekundární barvy* R, G, B. Pro tisk se používá subjektivní míchání barev.



Obrázek 8 - Subtraktivní míchání barev

1.2.3 Reprodukce barev v tisku

Většina tiskových technik neumí využívat plynulou změnu světlosti při reprodukci obrazu tiskem. Proto byla vyvinuta nová technologie zvaná jako autotypie, která rovnoměrně umísťuje tiskové body jednotlivých tiskových barev s různou velikostí na potiskovaný materiál a tím docílí plynulé změny světlosti. Většími tiskovými body jsou tisknuty tmavší barvy, světlejší tóny barev tiskneme menšími tiskovými body. Při vnímání světlosti, pokud použijeme menší tiskové body, se může projevit odrazivost potiskového materiálu. Barevné obrazy, které rozdělíme na rovnoměrnou síť tiskových bodů, nejčastěji reprodukuje čtyřmi procesními barvami CMYK.

1.3 Barvé prostory

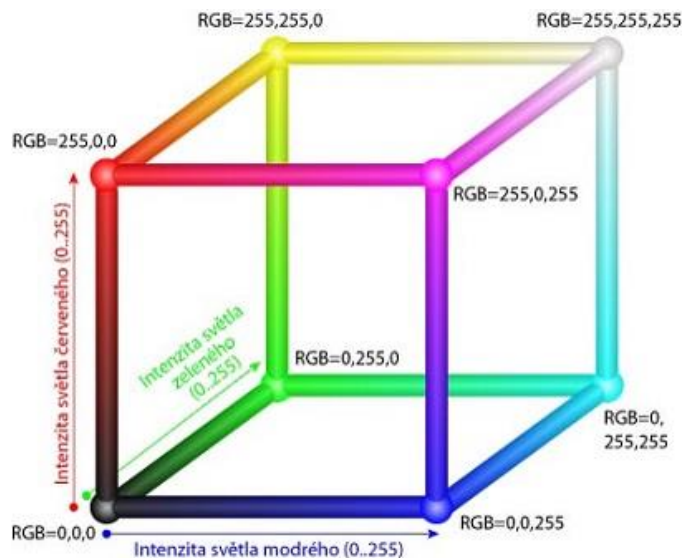
Jednotlivé barvy musíme umět popsat a definovat, abychom vyloučili barevné odchylky, které vznikají během zpracování. Proto využíváme barvé prostory, ve kterých jsou barvy definovány svou prostorovou pozicí. Existuje několik barvových prostorů, které se liší v principu popisu a reprodukce barev, například na způsobu vnímání barev lidským okem, míchání tiskových barev nebo na fyzikálním popisu jednotlivé barvy. Barvé prostory dělíme na nezávislé a závislé.

1.3.1 Závislé barvé prostory

Závislé barvé prostory jsou ty, kde souřadnice prostoru požadované barvy závisí na vlastnostech zařízení, kterým je barva zobrazena nebo vytvořena. Barva je popsána tak, jak ji prezentuje konkrétní zařízení. Závislé barvé prostory udávají jak danou barvu připravit, ale výsledná barva se bude lišit od objektivní barvy určené souřadnicemi X, Y, Z. Závislé barvé prostory jsou prostory RGB a CMYK (prostory RGB jsou pro konkrétní monitory a skenery, prostory CMYK pro tiskové podmínky, tiskové barvy a papíry - existuje tedy více prostorů RGB a CMYK, ne pouze jeden).

Prostor RGB

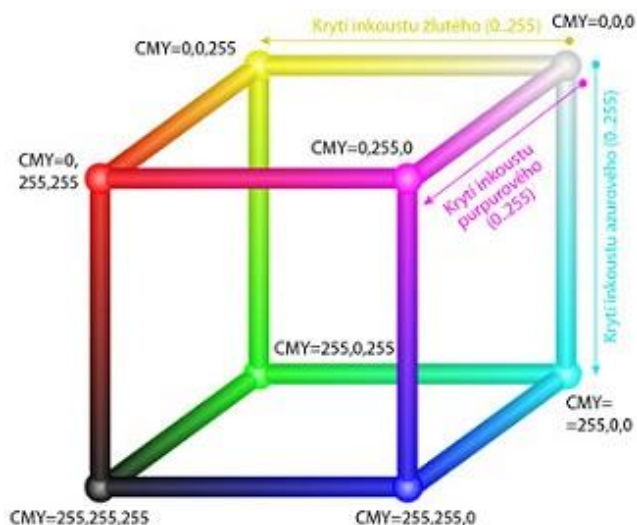
Barvé prostory RGB používají princip aditivního míchání barev. Tyto barvy se skládají ze tří složek: červené (Red), zelené (Green) a modré (Blue) barvy. Soustředěním jednotlivých zdrojů barev na bílou podložku při smíšení např. červeného a modrého světla nám vznikne na podložce purpurová barva nebo-li Magenta. Smíšením červeného a zeleného světla vznikne žluté světlo (Yellow), smíšením zeleného a modrého světla vznikne azurová (Cyan). Barvy jsou v prostoru RGB definovány číselnými hodnotami v rozsahu 0 - 255 třemi základními barvami RGB (např. pro žlutou barvu RGB = 255, 255, 0). RGB barvový prostor je závislý na konkrétním zařízení, tedy udává informaci, jak bude barva vypadat v tomto zařízení, ale na jiném zařízení může být výsledná barva třeba více zabarvena do červeného barevného odstínu, i když zadaná data budou shodná.



Obrázek 9 - Krychlový barvový prostor RGB

Prostor CMYK

Barvé prostory CMYK pracují na principu subtraktivního míchání barev. *Primární (základními) barvy* jsou azurová (C - cyan), purpurová (M - magenta), žlutá (Y - yellow). Míšením azurové a purpurové barvy vzniká modrá barva, míšením purpurové a žluté barvy vznikne červená barva, míšením azurové a žluté vznikne zelená barva. Barvy jsou v prostoru CMYK vyjádřeny spojením základních tiskových barev (v procentech). CMYK barvový prostor je závislý na konkrétním zařízení, jako barvový prostor RGB. CMYK je přesněji závislý spíše na tiskových podmínkách, kde je důležitý způsob tisku, ale také použitý materiál a tiskové barvy - inkousty či tonery. Výslednou barevnost tisku může ovlivnit třeba jiný druh papíru, kde každý papír má určitý barevný nádech a vlastnost, i když zadané hodnoty CMYK jsou shodné.



Obrázek 10 - Barvový prostor CMY



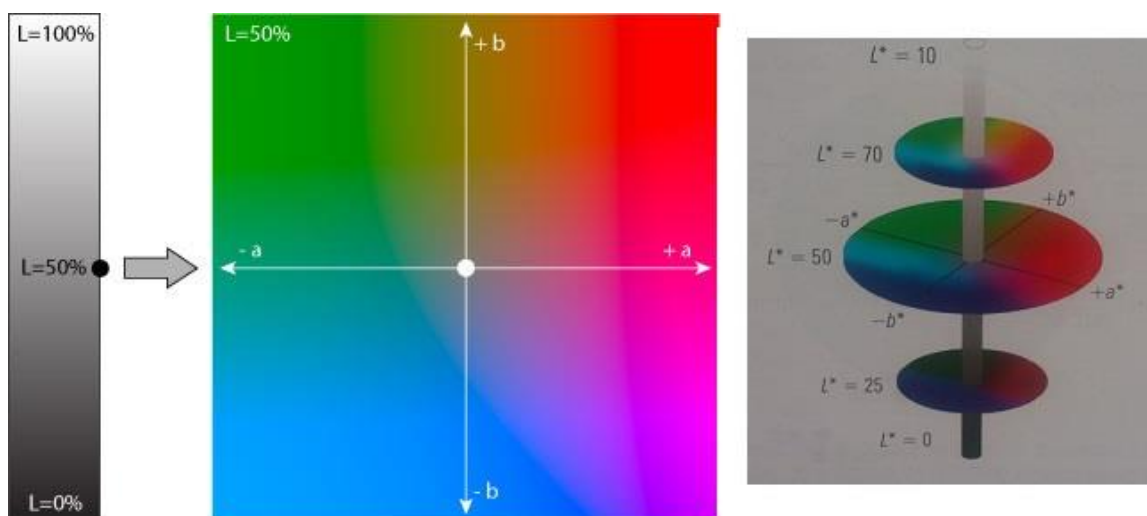
Obrázek 11 - Jedna a táž barva definována hodnotami CMYK na různých papírech

1.3.2 Nezávislé barvové prostory

Nezávislé barvové prostory jsou ty, kde souřadnice prostoru požadovanou barvu definují ze samotného vjemu barvy lidským okem, a nezávisí tedy na vlastnostech zařízení. V tomto nezávislém prostoru má každá viditelná barva své určité hodnoty. Nezávislé barvové prostory se používají pro objektivní a jednoznačný popis barev a pro systém správy barev. Nejpoužívanější jsou barvové prostory CIE LAB a CIE XYZ pro grafický průmysl (k úpravě v aplikacích např. Photoshopu).

Barvový prostor CIE LAB = CIE $L^*a^*b^*$ (CIE LUV = CIE $L^*u^*v^*$)

V roce 1972 navrhla komise CIE použít dva náhradní barevné prostory CIE LAB a CIE LUV, které vycházejí z prostoru CIE XYZ. V těchto barevných prostorech se získávají hodnoty souřadnic polohy barvy přepočtem z trichromatických složek dané barvy a osvětlení. CIE LAB a CIE LUV jsou pravoúhlé s nepestrými barvami (stupně šedi, bílá, černá) ve vertikální ose, která vyjadřuje světlost L (měrná světlost). Horizontální souřadnice a^* a b^* resp. u^* a v^* , jsou vyjádřené z chromatického diagramu, ve směru a^* resp. u^* leží červené a zelené hodnoty barvy a ve směru b^* resp. v^* hodnoty žluté a modré barvy.



Obrázek 12 - Dva druhy barvového prostoru CIELAB

Další barvové prostory

- **HSB (HSV) prostor,**

barvový prostor HSB je založen na způsobu přirozeného vnímání barev lidským okem, model zaujímá prostor šestibokého jehlanu. Někdy se také označuje jako HSV. Z názvu HSB lze vyčíst, že H je od slova Hue (Odstín), S jako Saturation (Sytost) a B jako Brightness (Jas) popř. V (Value). Barvy jsou v tomto prostoru charakterizovány pomocí tří složek a to odstínu, sytosti a jasu barvy. Odstín znázorňuje hlavní spektrální barvu, sytost stanovuje příměsí ostatních barev, tedy spektrální čistotu a jas určuje množství bílého světla.

- **Munsellův prostor,**

Munsellův barvový prostor je také založen na přirozeném způsobu vnímání barev lidským okem. Tento prostor pracuje se třemi základními složkami a to odstínem (barevný tón), sytostí a jasnem (jak je to u HSB prostoru). Byla zavedena úprava, která vycházela z prostorů RGB a CMYK, kde bylo obsaženo všech šest základních barev.

- **HLS prostor,**

Vychází z prostoru HSV (HSB), který je znázorněn do šestibokého dvojkuželu, kde středová osa (achromatická) dvojkuželu odpovídá světlosti L (Lightness). Uprostřed osy má hodnotu $L^* = 50$ (barvy jsou pestré). Bod $L^* = 0$ znázorňuje černou barvu a $L^* = 100$ bílé barvě. Obvod jehlanu znázorňuje barevný tón (odstín)- H (Hue) určený ve stupních od 0° do 360° nebo v radiánech. Sytost je určena vzdáleností od osy L^* , při větší vzdálenosti od středu kuželu je barva sytější.

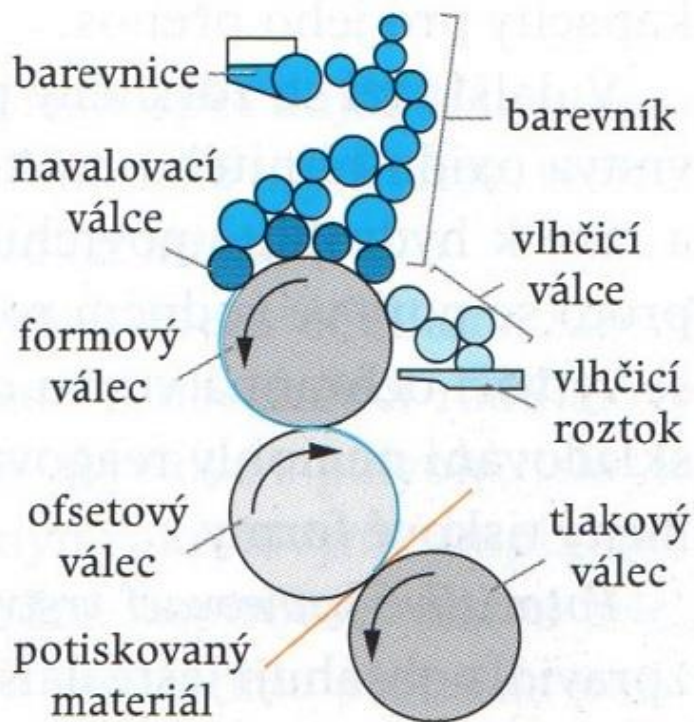
1.4 Tiskové technologie

1.4.1 Ofsetový tisk

Ofsetový tisk je zařazen do nepřímé tiskové techniky, kde se přes ofsetový válec s pryžovým potahem přenáší barva z tiskové formy na materiál (papír). Jak je znázorněno na obrázku 13, jednotka ofsetového tisku je složena ze tří tiskových válců, tedy formového, ofsetového a tlakového, a dalších válců na nanášení barvy a vlhčícího roztoku (většinou je to voda s příměsí, která upravuje tvrdost vody a další její vlastnosti). Proto je ofsetový tisk nazýván technologií tisku z plochy.

Ofsetový tisk se dělí na dva základní principy tisku a to na klasický ofset (ofset s vlhčením) a bezvodnatým nebo pod jiným názvem jako suchým ofsetem (ofset bez vlhčení). U nejpoužívanějšího klasického ofsetu se využívá tisková barva i vlhčící roztok, tento roztok se nanáší jako první na tiskovou formu a následně tisková barva, případně se mohou nanášet současně. Jednotlivé fáze klasického ofsetové tisku: netisknoucí místa potáhne vlhčící roztok v tenké vrstvě, tisknoucí místa potáhne tisková barva. Obraz vytvořený na formě barvou, je mechanicky přemístěn na ofsetový válec a dále z něj na

potiskovaný materiál. Tedy netiskneme čistou barvou, ale velmi jemnou emulzí vlhčícího roztoku v barvě.



Obrázek 13 - Schéma ofsetové tiskové jednotky pro ofset s vlhčením



Obrázek 14 - Schéma ukládání tiskové barvy na tiskové formě v ofsetovém tisku s vlhčením a bez vlhčení

Jelikož klasický ofsetový tisk měl i určité nedostatky z důvodu použitého vlhčícího roztoku, objevila se snaha o jeho vynechání, proto se zavedl bezvodý ofset. V této technice tisku jde o tisk čistou barvou, tedy určité nedostatky, způsobené vlhčícím roztokem, klasického ofsetu mizí. Proces bezvodého ofsetového tisku je realizován pomocí silikonové vrstvy na tiskové formě, když po odstranění silikonu vzniká prohloubené tisknoucí místo. Stěny těchto prohloubených míst (jamek) tvoří silikonová pryž, která při tisku zabraňuje rozšíření tiskového bodu. Tiskové barvy pro bezvodý ofsetový tisk jsou velmi viskózní s nižší lepivostí než barvy klasického ofsetu, mají vysoký lesk a rychle zasychají.

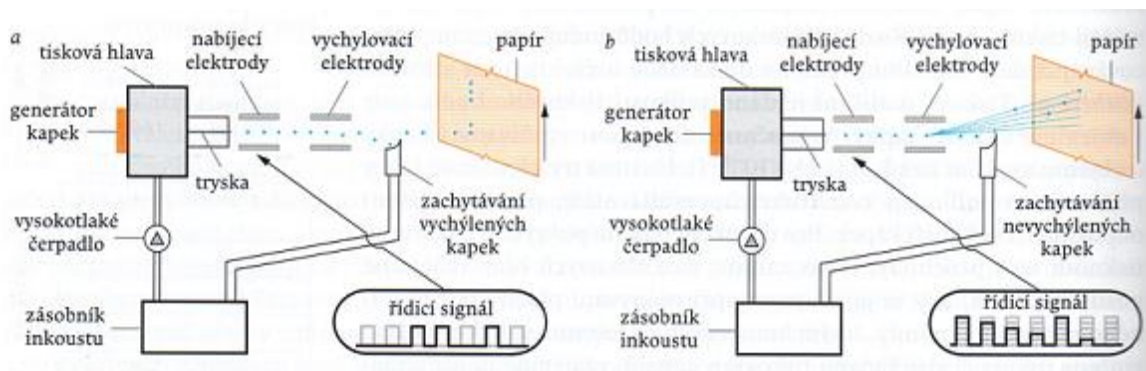
1.4.2 Inkjetový tisk

Inkjetový tisk z ohledu vytvoření obrazu je nejjednodušší digitální tiskovou technikou. Používané české názvy pro inkjetový tisk jsou inkoustový nebo tryskový tisk. Proces tisku spočívá v proudu kapaliny, které se později rozdělují na jednotlivé kapičky vystříknuté tenkou tryskou. Většinou se inkjet tisk používá jako přímá tisková technika, tedy tisková hlava tvořená skupinou kanálů je umístěna nad potiskové médium. Do těchto kanálů vstupuje inkoust z jedné strany a z druhé strany jsou kanály ukončeny deskou s tryskami. Tiskové body jsou vytvořeny jednotlivými kapkami inkoustu dopadající na potiskovaný materiál. Rozložení těchto tiskových bodů určuje program s daty digitální předlohy. Tiskové rozlišení odpovídá velikosti tiskového bodu, tedy i objemu tiskové kapky. Dalším řešením je tisková hlava se dvěma či více řadami tiskových kanálů vzájemně posunutých nebo jednou řadou nakloněnou o určitý úhel.

Dle produkce proudu kapek lze inkjetový tisk rozdělit do dvou základních principů a to na kontinuální tisk a na technologii drop-on-demand, která se dále dělí na termální a piezoelektrický inkjetový tisk.

Kontinuální tisk

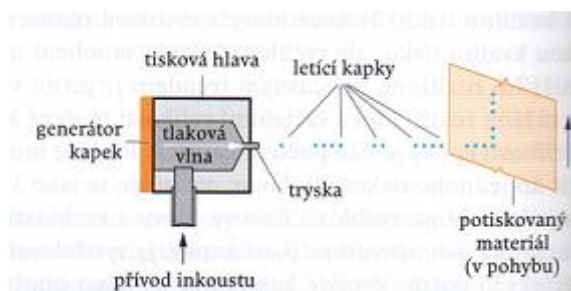
Při technologii kontinuálního tisku je inkoust vytvářen do proudu kapek určitého objemu. Proud je vychylován z přímého směru dvěma páry elektrod při periodickém tlakovém působení piezoelektrického krystalu. Elektrodami nenabitě kapky dopadají na potiskové médium, zatímco nabitě kapky jsou vychýleny z přímého směru a zpět vráceny do inkoustového zásobníku. Tento proces se označuje jako binární vychylování. Proces, při kterém velikost elektrického náboje kapky má vliv na její místo dopadu, se nazývá vícenásobné vychylování. Což znamená, že nenabitá kapička v přímém směru je zachycena a vrácena zpět do inkoustového zásobníku, zatímco kapička s různě velkou hodnotou elektrického náboje je vychýlena dle velikosti onoho náboje a dopadá na potiskové médium do různých míst.



Obrázek 15 - Schéma binárního (a) a vícenásobného (b) kontinuálního tisku

Technologie drop-on-demand

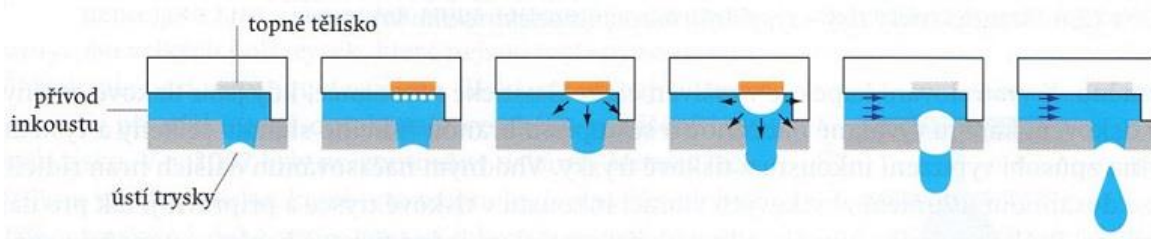
Technologie drop-on-demand generuje pomocí digitálních tiskových dat elektrické impulsy, které způsobí vystřelení kapiček tvořících obraz na potiskovaný materiál.



Obrázek 16 - Schéma funkce inkjetové tiskové hlavy pro tisk technologií drop-on-demand

- **Termální inkjetový tisk**

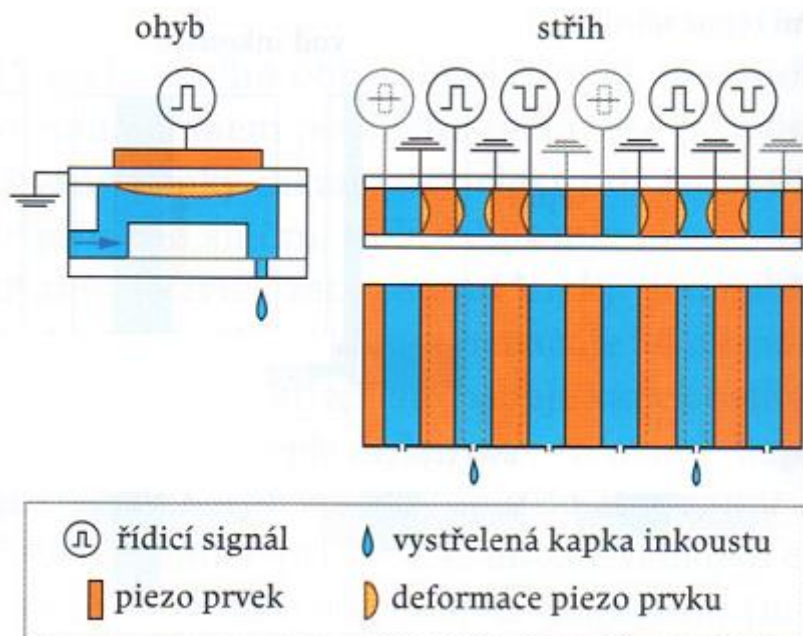
Principem termálního inkjet tisku je tlak odpařené kapalně fáze inkoustu tvořící kapku. Ze zásobníku je inkoust přiveden do tiskové hlavy, která zahrnuje topné tělísko v nejbližší blízkosti trysky. K odpaření malého množství inkoustu dojde při průchodu elektrického proudu topným tělískem. Zvětšující se tlak v tiskové hlavě vypudí kapku inkoustu z trysky, při klesnutí tlaku vyvolaného poklesu inkoustu nastane v zásobníku doplnění inkoustem. U termální technologie se klade důraz na vlastnosti inkoustu. Pro termální tisk se využívají jen inkousty ředitelné vodou, tedy hlavní obsaženou složkou je voda. Důležitou vlastností inkoustu je neupínavost (připékání) k topnému tělísku odolnost vůči tepelnému namáhání.



Obrázek 17 - Termální inkjetový tisk: tvoření kapky

- **Piezelektrický inkjetový tisk**

Princip piezelektrického inkjet tisku je vystřikování kapiček z tiskové hlavy tzv. obráceným piezelektrickým jevem. Tento jev se zakládá na změně rozměru krystalu při elektrickém napětí řídicího signálu. Jakmile elektrické napětí ustane, krystal se vrátí do původního stavu. Rozměrové změny a ty jsou příčinou změny objemu tiskového kanálu. V tiskovém naplněném kanálu se vytvoří a následně tlakové změny v inkoustové náplni. Výsledná tlaková vlna vyvolá vystřelení inkoustové kapky z tiskové trysky. Rozdělení piezelektrických tiskových hlav dle způsobu deformace piezelektrického prvku je nejčastěji stříh, ohyb, dalšími způsoby jsou stlačení, smrštění. U technologie piezelektrické lze použít jak inkousty vodou ředitelné, tak i např. olejovými, rozpouštědlovými, UV tvrzenými a tavnými, ale také různými funkčními kapalinami jako je např. lak, lepidlo. U piezelektrických tiskových hlav je životnost a spolehlivost vyšší než u termálních tiskových hlav.



Obrázek 18 - Piezelektrický inkjet tisk: nejpoužívanější dva typy deformace piezelektrického krystalu

1.4.3 UV inkjetový tisk

UV inkjet tisk je používán u UV vytvrditelných speciálních barev. Tyto barvy jsou upraveny tak, aby splnily požadavky jak ekologické, tak ekonomické, například snížení energetické náročnosti. Při UV vytvrzování nedochází k uvolňování škodlivých látek do ovzduší a po tisku barvy nezapáchají, je odstraněn problém se zasychání tisku - tisk je okamžitě suchý. Pro tisk UV inkjetovým strojem je použita technologie jako u klasického inkjet tisku, ale s aplikovanými přídatnými zařízeními. Tyto zařízení jsou UV zdroje, chladicí systém, řídicí a kontrolní členy. Další výhodou UV inkjet tisku je různost použití potiskového materiálu (papír, plasty, dřevo, keramika).

1.5 Kvalita tisku a její hodnocení

Kvalita tisku je často takové subjektivní hodnocení, které vzbuzuje pozitivní pocity a uspokojení z výsledku reprodukce. Nekvalita je opakem kvality, tedy vzbuzení negativních pocitů a nespokojenosti, zklamání z očekávaných požadavků výrobku. Pro hodnocení kvality tisku lze najít mnoho kritérií a požadavků, přesto předpokládáme, že kvalitní výrobek bude splňovat specifické měřitelné parametry. Kvalitu tisku ovlivňuje několik faktorů spolu propojených. Což znamená, že i chyba na začátku projektu může mít velký vliv na správném zhotovení výrobku.

1.5.1 Parametry pro hodnocení kvality tisku

Vzájemným působením tří faktorů - reprodukované barevné plochy, citlivosti zrkového systému a osvětlení je výsledkem barevný vjem. Při měření parametrů kvality barevné reprodukce se měření v podstatě redukuje na měření optických vlastností barevné plochy, tedy na měření podílu dopadajícího světla a odraženého světla při vlnových délkách viditelného spektra v intervalu od 380 nm do 730 nm. K tomu se používá denzitometrie nebo spektrofotometrie.

Denzitometry a spektrofotometry jsou přístroje, které měří intenzitu odraženého nebo procházejícího světla, převádí jej na digitální signál a provádí výpočet optické hustoty či souřadnice barvového prostoru CIELAB. Denzitometry zajišťují optické hustoty barev plných i autotypických ploch, vybarvení jednotlivého tisku v celé ploše tisku a pro výpočet dalších parametrů pro zjištění kvality tisku. Spektrofotometry měří v oblasti viditelného spektra odražené světlo z barevných ploch, za standardních podmínek (parametry osvětlení, trichromatických členitelů pozorovatele), které jsou uloženy v přístroji. Kromě kompletního změření křivky spektrální odrazivosti lze spektrofotometrem zjistit také optické hustoty a z ní odvozené parametry pro zjištění kvality tisku.

Optická hustota

Optickou hustotu v praxi také nazýváme jako denzitu. Optickou hustotu (odrazovou) lze vyjádřit pomocí vztahu pro reflektanci $R(\lambda)$, což je podíl odraženého světla. Tedy vztah pro odrazovou optickou hustotu $D_R(\lambda)$ platí

$$D_R(\lambda) = \log \frac{1}{R(\lambda)} \quad (1.6)$$

Vztah pro reflektanci $R(\lambda)$

$$R = \frac{I_R}{I_0} \quad (1.7)$$

potom

$$D_R(\lambda) = -\log \left(\frac{I_R(\lambda)}{I_0(\lambda)} \right) \quad (1.8)$$

kde

I_0 - je intenzita dopadajícího světla,

I_R - intenzita odraženého světla.

Tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty

Pro zjištění tónové hodnoty A , která se udává v procentech, je třeba naměřit optickou hustotu plně barevné plochy D_s , tónové plochy D_t a nepotištěná plocha materiálu D_0 . Tedy optická hustota s hodnotou 100 % je plná barevná plocha, pro hodnotu 0 % je plocha nepotištěná. Vztah pro tónovou hodnotu popisuje Murrayova-Daviesova rovnice

$$A[\%] = 100 \times \frac{1 - 10^{-(D_t - D_0)}}{1 - 10^{-(D_s - D_0)}} \quad (1.9)$$

kde

D_s - optická hustota plně barevné plochy,

D_t - optická hustota měřené plochy,

D_0 - optická hustota nepotištěného materiálu.

Při vypočítání tónové hodnoty použitím této (1.9) rovnice se ukázalo, že nelze využít všech druhů papíru, protože některé druhy papíru neudávají skutečný podíl pokryté barevné plochy. Je způsobeno difuzí a rozptylem světla v papíru, že naměřené optické hustoty mají větší hodnoty, než jsou skutečné. Tomu to jevu říkáme optický přírůstek tónové hodnoty.

Proto Yule a Nielsen zavedli do rovnice (1.9) korekční faktor n , který je závislým parametrem na potiskovém materiálu. Vlastnosti korekčního faktoru ovlivňují podíl rozptýleného světla. Příkladem je nenatíraný papír s hodnotou 2,7 a papír natíraný s hodnotou 1,65.

Potom rovnice s použitým korekčním faktorem

$$A[\%] = 100 \times \frac{1 - 10^{\frac{-(D_t - D_0)}{n}}}{1 - 10^{\frac{-(D_s - D_0)}{n}}} \quad (1.10)$$

Tiskový kontrast

Rozdíl optické hustoty plné a 75% tónové hodnoty je definován jako relativní tiskový kontrast. Tento relativní tiskový kontrast je vztažený k rozdílu optické hustotě plné plochy a optickou hustotou nepotiskovaného materiálu D_0 .

$$K[\%] = 100 \times \frac{D_s - D_{t75}}{D_s - D_0} \quad (1.11)$$

Kde

D_s - optická hustota plné barevné plochy (tedy 100%),

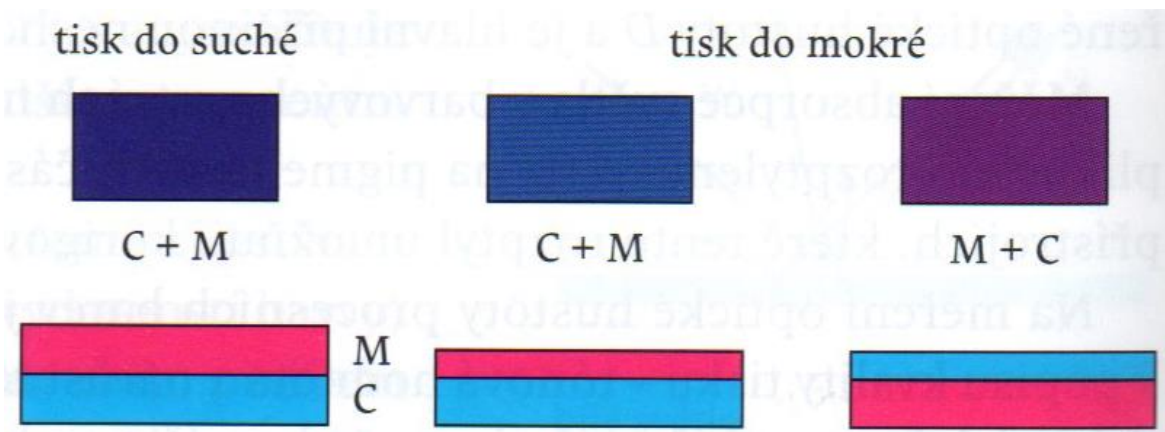
D_{t75} - optická hustota měřené tříčtvrteční plochy (tedy 75% nebo 80%),

D_0 - optická hustota nepotiskovaného materiálu.

Relativní tiskový kontrast citlivě reaguje na všechny změny jako např. tloušťkou barvové vrstvy, s kterou se zvětšuje k maximální hodnotě tiskového kontrastu, ale při dalším zvětšení hodnoty už klesá, protože se tiskové body překrývají a narůstají.

Přijímatost tiskových barev (trapping)

Parametr definující vlastnost barvy přijímat při tisku další vrstvu jiné barvy, se nazývá přijímatost tiskových barev T (trapping). Vlastnosti ovlivňující tento parametr jsou hlavně fyzikální vlastnosti barev, ale také tloušťka barvové vrstvy, zda je přetisknutá barevná vrstva tištěná na suchou či mokrou vrstvu barvy, záleží i na jejich tištěném pořadí. Další ovlivňující faktor je konstrukce tiskového stroje a jeho tiskový tlak. Změnu barevného odstínu může způsobit také špatná přijímatost barev.



Obrázek 19 - Vliv přijímavosti tiskových barev do suché a mokré barvy a vlivu pořadí

Pro výpočet přijímavosti tiskových barev T se používá Preucilův vztah

$$T[\%] = 100 \times \frac{D_{1+2} - D_1}{D_2 - D_0} \quad (1.12)$$

kde

D_{12} - optická hustota plné plochy přetisku první barvy druhou barvou,

D_1 a D_2 - optické hustoty plných ploch první tištěné barvy a druhé tištěné barvy,

D_0 - optická hustota nepotíštěného materiálu.

2 Praktická část

2.1 Zadání

Zadáním praktické části práce je naměřit tiskové parametry z tiskových archů metodou spektrální fotometrie a navrhnout tiskové parametry vhodné pro vyhodnocování kvality inkjet tisku a testovací prvky na kterých jsou vyhodnocovány. Tyto parametry v oblasti průmyslového tisku jsou: optická hustota plných ploch procesních barev cyan, yellow, magenta, dále tónové hodnoty a jejich nárůst, tiskový kontrast a přijímatost tiskových barev. Dále cílem práce je seznámit se se spektrofotometrem i1Pro, na kterém tyto tiskové parametry a prvky naměříme a se softwarem GretagMachbeth KeyWizard™. V praktické části jsou popsány principy tiskových technologií tisku, které byly použity při tisku testovaných tiskových archů. Závěrem jsou v práci prezentovány jednotlivé naměřené a vypočtené parametry u jednotlivých technologií a posouzena možnost jejich použití pro kontrolu kvality inkjet tisku.

2.2 Použité přístroje

2.2.1 Ofsetová tiskárna Man Roland 304

Tiskový stroj německé výroby se vyznačuje bohatou výbavou, pro řízení a regulaci barev pomocí denzitometrického měření tiskových parametrů. Man Roland 304 je čtyřbarevný ofsetový tiskový stroj, který svou maximální rychlostí vytiskne až 16 000 tiskových archů za hodinu. Ofsetová technologie je popsána v teoretické části této práce. Základem je ofsetová tisková jednotka, která se skládá z formového, ofsetového a tlakového válce, a dalších válců pro nanášení barvy na potiskový materiál. Jeho maximální rozměr papíru je 530 x 740 mm (B2) s tloušťkou potisknutého materiálu 0,04 - 0,6 mm.

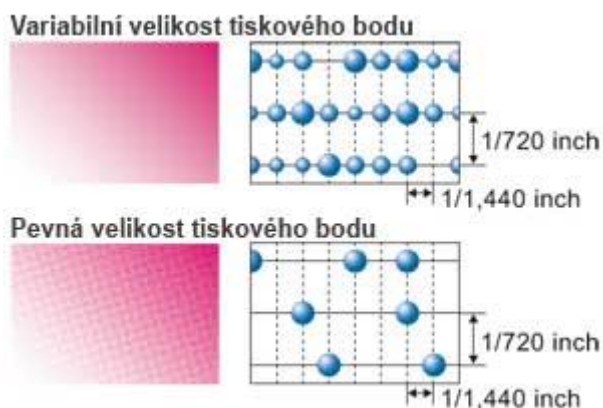
Pro tisk tiskových archů strojem Man Roland 304 byl pro účely této práce použit papír Magnostar od výrobce Sappi, lesklá křída 135 g. Použité barvy pro ofsetový tisk byly od výrobce BASF K+E, Novavit 908 Bio.



Obrázek 20 - Tiskový stroj Man Roland 304

2.2.2 Inkoustová tiskárna Mimaki JV33 - 160

Inkjetová tiskárna Mimaki JV33 - 160 pracuje pomocí piezoelektrické tiskové hlavy a technologie drop on demand, kdy se vystřelí kapka jen tehdy, pokud má opravdu dopadnout. Snadnou kalibraci a údržbu poskytuje vysokorychlostní piezoelektrická tisková hlava obsahující 180 trysek v osmi řadách, to také zaručuje přesnost tisku. Pro vysoké rozlišení tisku využívá tisková hlava schopnost vytvářet tři různé velikosti kapek inkoustu. Jak je znázorněno na obrázku 21 pomocí tří velikostí kapek, lze odstranit zrnitého dojmu tisku, který může být způsoben právě pevnou velikostí kapky tisku.



Obrázek 21 - Proměnlivá velikost tiskového bodu

Tiskárna Mimaki JV33 - 160 má k dispozici inteligentní trojtý systém vyhřívání. Kde umožňuje nastavit teplotu vyhřívání média dle použitého materiálu, přispívá i k vyšší kvalitě tisku, kde urychluje schnutí inkoustu.

Model		JV33-160
Max. šířka tisku		1.610mm
Tisková hlava	Metoda tisku	piezoelektrická hlava, tisk na vyžádání
	Počet trysek	jedna hlava, 180 trysek v osmi řadách
Rozlišení tisku		540, 720, 1.440dpi
Tiskové režimy (posuv hlavy × posuv média)		540×720dpi 540×900dpi 540×1.080dpi 720×540dpi 720×720dpi 720×1.080dpi 720×1.440dpi 1.440×1.440dpi
Inkousty	Typ	solventní SS21, NEHS ekosolventní ES3, ESU pigmentové na vodní bázi sublimační na vodní bázi
	Obsah zásobníku	čtyřbarva: 440ml/zásobník (880ml/barva) šestibarva: 440ml/zásobník (440ml/barva)
	Dodávání inkoustu	kontinuální s indikací nízkého stavu inkoustu v zásobníku
Média	Max. šířka	1.620mm
	Vnější průměr role	max. 180mm
	Vnitřní průměr role	2" nebo 3"
	Hmotnost role	max. 25 kg
	Tisková strana	vnější
Vyhřívání		trojitě (před / tisk / sušení)
Nůž		osa Y, automatické nebo poloautomatické odříznutí
Navíjecí zařízení		obousměrný motor, regulace tahu
Rozhraní		USB 2.0
Napájení		AC 220 - 240V ±10%, 50/60Hz ±1Hz
Příkon		max. 1.440VA
Pracovní prostředí	Pracovní teplota	20°C - 35°C
	Vlhkost	35 - 65 % (bez kondenzace)
	Prašnost	odpovídající běžnému kancelářskému prostředí
Rozměry (Š × H × V)		2.538 × 739 × 1.424mm
Hmotnost		160kg

Obrázek 22 - Parametry inkoustové tiskárny Mimaki JV33-160

Při tisku tiskových archů inkjetovým tiskovým strojem Mimaki JV33 - 160 byl použit papír od firmy Orafol, měkká PVC fólie ORAJET 3164G - 010 lesklá. Použité barvy při tisku od firmy Bordeaux - FUZE MS33, Solvent - Based Ink (PRMS 33). Tyto barvy mají velmi nízkou úroveň zápachu, zářivé barvy.



Obrázek 23 - inkjetová tiskárna Mimaki JV33 - 160

2.2.3 Inkoustová UV tiskárna Octopus II

Olomoucká firma Grapo vyrábí tiskárnu Octopus II s barvami tvrzenými UV světlem. Posun tiskového materiálu je vytvořen nekonečným pásem připevněn na dvouh válkách. Tiskový materiál je přidržován vzduchovým přísáváním. Tiskárna Octopus II obsahuje čtyři piezoelektrické hlavy, každá hlava pro CMYK inkousty má systém pro kontrolu teploty, které získávají data z čidel umístěných v tiskových hlavách. Tyto hlavy jsou umístěny na běžci, kterým můžeme měnit výšku až 40 mm, maximální rychlost tisku je 45 m²/hod. Inkoust se přesouvá ze čtyř kovových nádrží do mezinádrží a pod tlakem je natlačen do tiskových hlav. Na výstupu z tiskárny je zabudována lampa s velmi silným UV zářením, tato lampa je chlazená vzduchovým ventilátorem. Tiskárna Octopus II zvládne tisk jak ohebných, tak i neohebných materiálů s maximální šířkou 2050 mm a tloušťkou 40 mm.

Při tisku tiskových archů inkjetovým UV tiskovým strojem Octopus II byl použit papír od firmy Orafol, lesklá měkká PVC fólie ORAJET 3164G - 010. Použité barvy byly od firmy Fujifilm Color + digital ink system, dodané firmou Seriol, Inkjet For RTR C1XXX, kde XXX znamená odstín barev, tedy Black (černá) má označení 004, Cyan (azurová) 215, Magenta (purpurová) 867 a yellow (žlutá) 052.



Obrázek 24 - Inkjetová UV tiskárna Octopus II

2.2.4 Spektrofotometr i1Pro

Spektrofotometry pro měření odrazových spekter barevných ploch měřeného materiálu ve viditelném spektru záření, jsou nazývány v polygrafii odrazovými fotometry. Z odrazových spekter se převádí získaná data na digitální signál a lze provést výpočet optických hustot a dalších odvozených parametrů či souřadnic barvového prostoru CIELAB, které určují kvalitu tisku. Spektrofotometry mohou mít v sobě zahrnutý geometrii optického uspořádání 0:45 či 45:0 a mohou mít polarizační filtr pro snímání mokrých barev. Spektrofotometry se dělí na přenosné nebo-li ruční a skenovací, s možností využít automatické proměření. Ve spektrofotometrech světlo nerozkládá dle vlnových délek v rozsahu viditelného spektra optický filtr, ale je nahrazen difrakční mřížkou (monochromátor). Světlo vycházející z difrakční mřížky, pro každou vlnovou délku pod různým úhlem, dopadá na řádkový fotodetektor. Ten je složen z fotodiod, kde každá fotodioda zachycuje určitý úhlový rozsah dopadajících paprsků, tedy i jistý spektrální rozsah vlnových délek.

Velký význam při každém měření je stanovit si standardní podmínky měření, tedy standardní zdroj osvětlení, kde platí typy pro denní světlo D50 a D65 a pro umělé osvětlení typ A. Další podmínka měření je typ pozorovatele definující spektra trichromatických členitelů \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} .

Spektrofotometr i1Pro od firmy X-Rite je měřicí přístroj, který využíváme k řešení problému shody barev na různých reprodukčních zařízeních . Lze s ním také kalibrovat monitory (LCD, CRT), projektory, digitální fotoaparáty, plotry, některé typy tiskových strojů a další.

Pracovní podmínky spektrofotometru i1Pro

Při měření se spektrofotometrem je důležité dodržovat standardní pracovní podmínky, ale také pracovní podmínky určené od výrobce. V první řadě je nezbytné nainstalovat potřebný software pro správný chod spektrofotometru a dobrou komunikaci s počítačem.. K tomu nám slouží rozhraní USB portu. Dle bezpečnostních informací se spektrofotometr i1Pro nemá používat v prostředí s teplotou nižší než 10°C a vyšší než 35°C, nebo vystavovat silnému elektromagnetickému záření a v prostředí, kde hrozí nebezpečí výbuchu. Měl by být chráněn před chemickými látkami, silnými vibracemi a mechanickým nárazům.



Obrázek 25 - Spektrofotometr i1Pro

2.2.5 Software GretagMacbeth KeyWizard TM

Použitý program GretagMacbeth KeyWizardTM je vhodný pro vkládání naměřených dat, připojeným snímacím zařízením, do libovolné aplikace Windows, v které dále můžeme data zpracovávat. Připojeným zařízením, v našem případě je to spektrofotometr i1Pro, změříme vzorek optických hustot plných ploch a vložíme předem zadaná data pro měření do aktuálně otevřené aplikace, např. Excel. Pomocí programu GretagMacbeth KeyWizardTM lze automaticky zjistit potřebné hodnoty pro další zpracování jako jsou denzity D_C , D_Y , D_M , D_K , hodnoty R, G, B nebo L, A, B hodnoty snímané barvy.

2.3 Postup měření

V první řadě musíme nainstalovat pomocný software GretagMacbeth KeyWizard™ pro správný chod připojeného měřicího zařízení spektrofotometru i1Pro. Připojíme spektrofotometr i1Pro do USB portu a spustíme instalační program " Setup.exe ". Po dokončení instalace dvojklikem poklepáme na ikonu GretagMacbeth KeyWizard™. Stiskneme tlačítko " Setup - asistent ". V nabídce " COM-port settings " vybereme položku " Port " pro připojení jednotky. Pokud je připojení v pořádku zobrazí se ikonka v hlavním oknu nabídky jako je znázorněno na obrázku 26. V nabídce " General settings " si vybereme podmínky měření a požadované funkce.



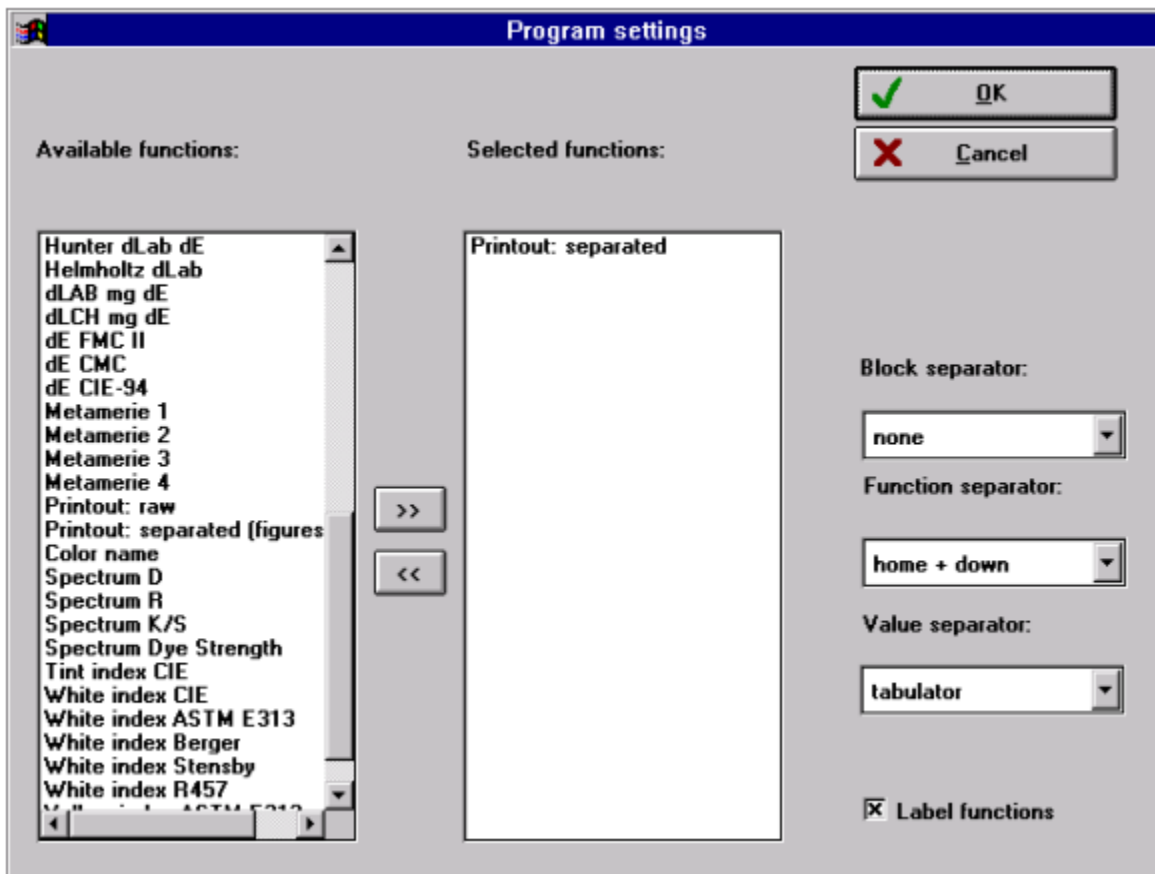
Obrázek 26 - Druhé tlačítko hlavní nabídky GretagMacbeth KeyWizard™, připojení v pořádku a nepřipojeno

Hlavní okno nabídky obsahující tři tlačítka je znázorněn na obrázku 27, kde první tlačítko slouží ke spuštění průvodce nastavení GretagMacbeth KeyWizard™. Druhé tlačítko ukazuje, zda je měřicí zařízení správně připojeno, pokud není, lze tím dosáhnout kliknutí na toto tlačítko (obrázek 26). Třetí tlačítko spouští kalibraci pro měření.



Obrázek 27 - Hlavní okno nabídky GretagMacbeth KeyWizard™

Kliknutím na záložku " Settings " se otevře dialog " Program Settings ", který je využíván ke konfiguraci programu (viz obrázek 28), kde zvolíme funkce, které chceme měřit. Pro naše účely jsme volili " Density all ", " RGB " a " Spectrum R ".



Obrázek 28 - Okno " Program settings "

Po připojení spektrofotometru a nastavení programu musíme při každém měření zkalibrovat přístroj. To provedeme tak, že vložíme přístroj do podstavce s bílým vzorkem a spustíme kalibraci pomocí třetího tlačítka v hlavní nabídce programu.

V příloze jsou zobrazeny motivy tiskových archů, které byly vytisknuty na ofsetovém tiskovém stroji a na obou inkjetových tiskárnách. Archy byly pak použity pro měření popisovaných tiskových parametrů.

Po zkalibrování přístroje můžeme začít s měřením připravených tiskových archů, které postupně vložíme do přidavného nástavce s pravítkem. Zaměříme požadovaný vzorek a stiskneme postranní tlačítko na levé straně spektrofotometru k zachycení snímku. Získané data vložíme do připraveného otevřeného programu Excel (lze použít i jinou aplikaci Windows).

Nejdříve si takto změříme optické hustoty (denzity) plných ploch barev Cyan, Yellow a Magenta. Naměřené optické hustoty plných ploch budeme potřebovat k výpočtu tónové hodnoty a k jejímu nárůstu tónové hodnoty. Další co potřebujeme pro výpočet je optická hustota nepotištěného materiálu a optické hustoty tónových ploch od 90% do 10%. Naměřená data později dosadíme do vzorce (1.9) k výpočtu tónové hodnoty.

K výpočtu tiskového kontrastu potřebujeme již naměřené hodnoty z optických hustot plných ploch, tedy 100 % tónové hodnoty a naměřenou tónovou hodnotu 80 %, optickou hustotu nepotištěného materiálu. Tyto hodnoty se dosazují do vztahu (1.11), ale jen se změnou hodnoty D_t , kde místo 75 % bude použita 80 % tónová hodnota.

Naměříme opět optickou hustotu nepotištěného materiálu, optickou hustotu plné plochy první barvy D_1 , optickou hustotu plné plochy druhé barvy D_2 a přetisk první barvy druhou D_{1+2} pro výpočet přijímatosti tiskových barev. Tyto naměřené hodnoty se dosadí do vztahu (1.12).

Tento postup opakujeme u každého tiskového archu jednotlivých technologií.

2.4 Naměřené a vypočtené hodnoty

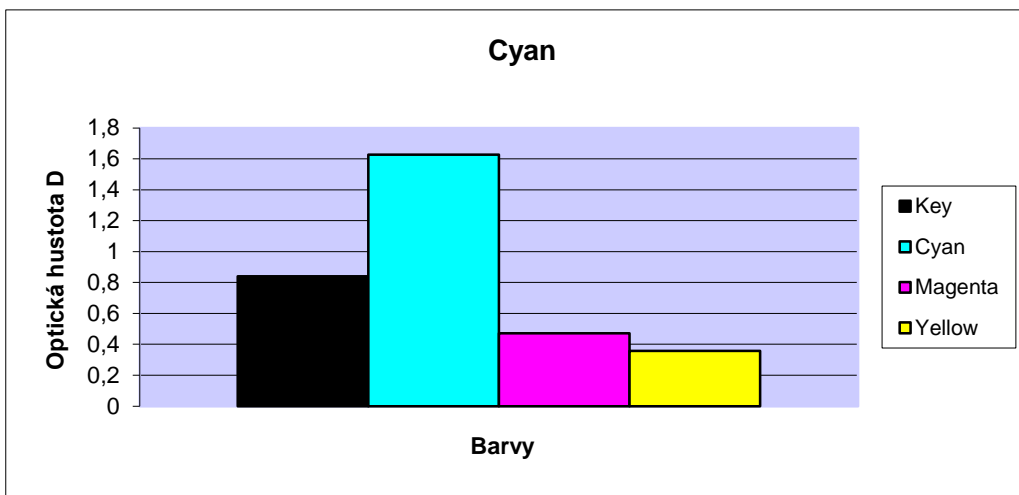
Pro přehlednost jsou z naměřených a vypočtených hodnot vytvořené tabulky, popř. zobrazen graf. Každý měřený vzorek byl měřen pětkrát a tyto naměřené hodnoty zprůměrovány, v tabulkách jsou prezentovány průměrné hodnoty.

2.4.1 Optická hustota

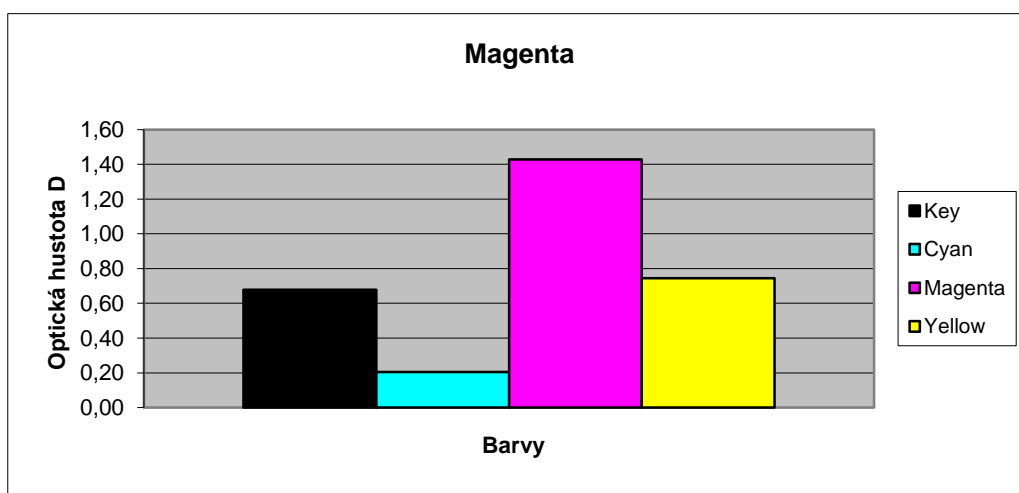
Naměřené optické hustoty plných ploch pro ofsetový tisk tiskový stroj Man Roland 304 jsou uvedeny v tabulce 1. Naměřené hodnoty inkjetového tisku s tiskovým strojem Mimaki JV33 - 160 jsou uvedeny v tabulce 2, hodnoty UV inkjetového tisku s tiskovým strojem Octopus II jsou v tabulce 3. K těmto naměřeným hodnotám jsou zobrazeny pro jednotlivé barvy grafy k uvedeným tiskovým technologiím.

Tabulka 1 - Ofsetový tisk: optické hustoty

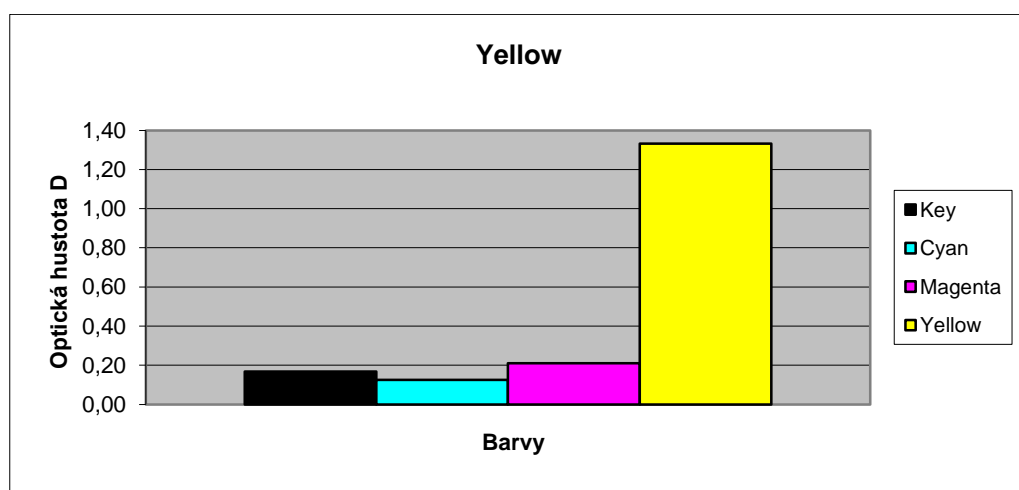
Barva	D_K	D_C	D_M	D_Y
Cyan	0,84	1,63	0,47	0,36
Magenta	0,68	0,20	1,43	0,74
Yellow	0,17	0,13	0,21	1,33



Obrázek 29 - Graf ofsetového tisku: optická hustota cyan



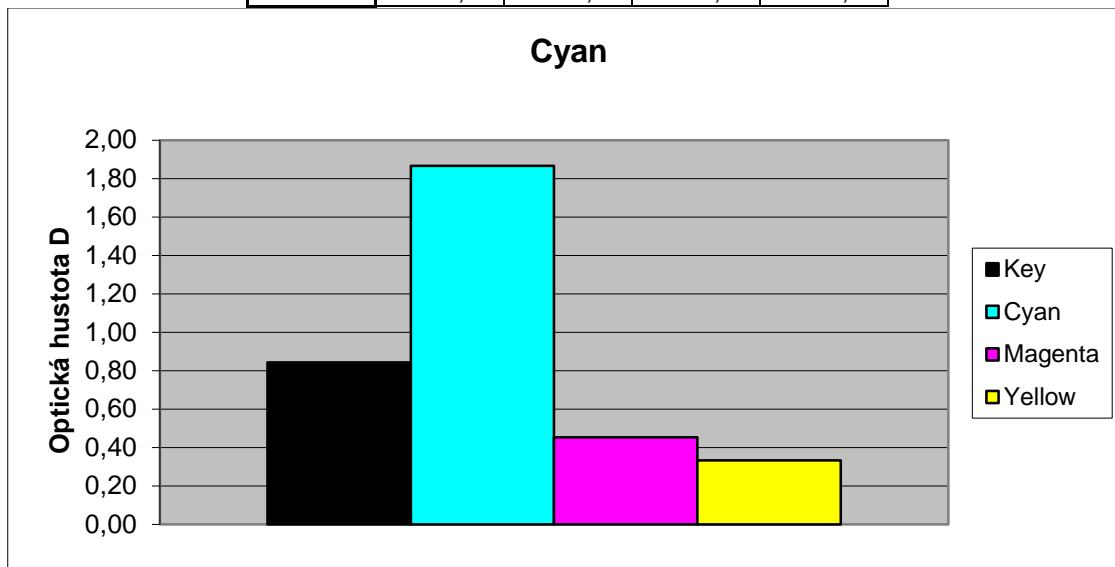
Obrázek 30 - Graf ofsetového tisku: optická hustota magenta



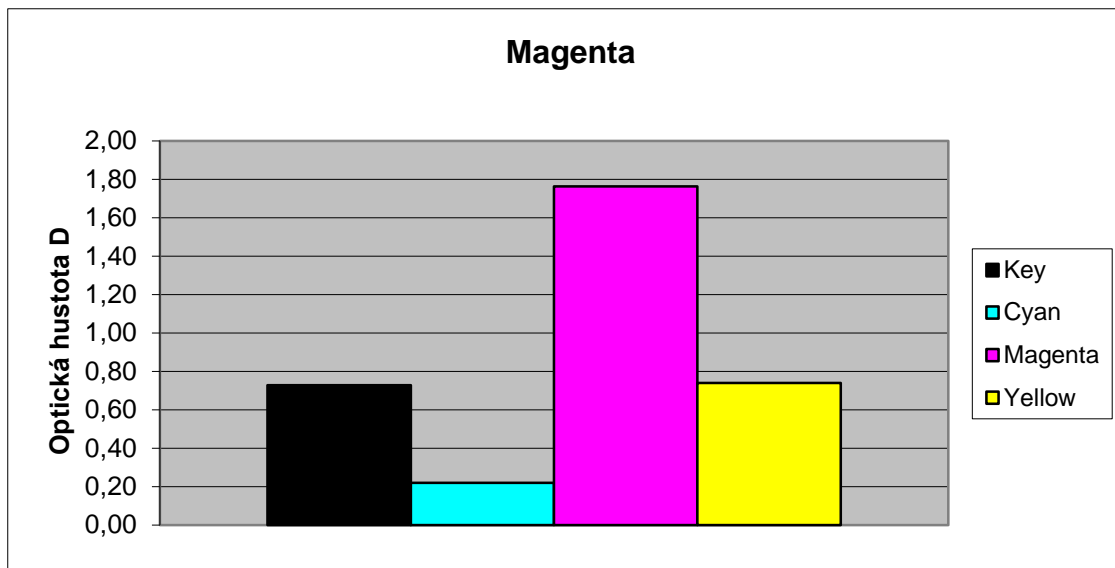
Obrázek 31 - Graf ofsetového tisku: optická hustota yellow

Tabulka 2 - Inkjetový tisk: optická hustota

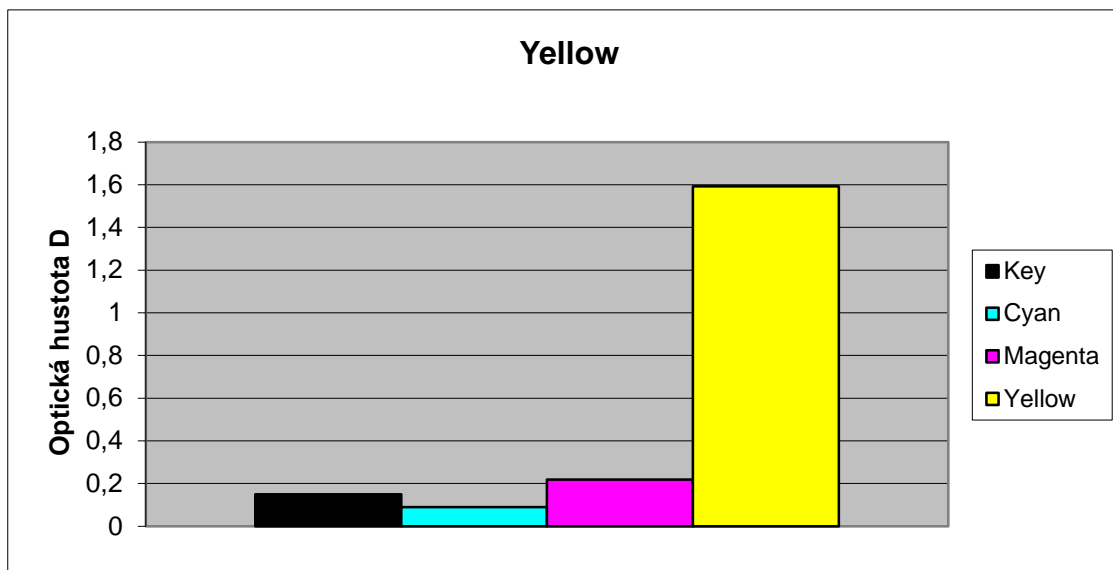
Barva	D_K	D_C	D_M	D_Y
Cyan	0,84	1,87	0,45	0,33
Magenta	0,73	0,22	1,76	0,74
Yellow	0,15	0,09	0,22	1,59



Obrázek 32 - Graf inkjetového tisku: optická hustota cyan



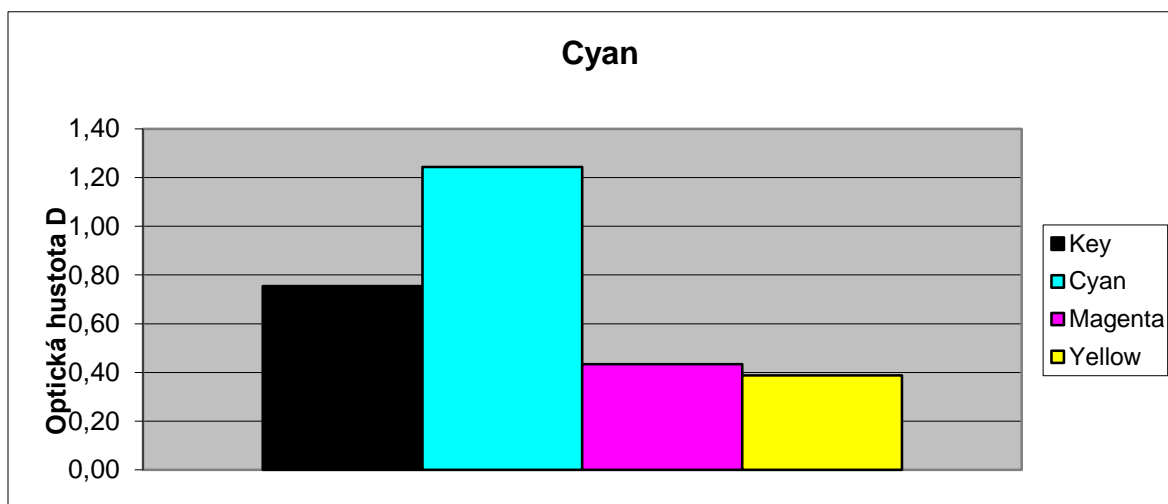
Obrázek 33 - Graf inkjetového tisku: optická hustota magenta



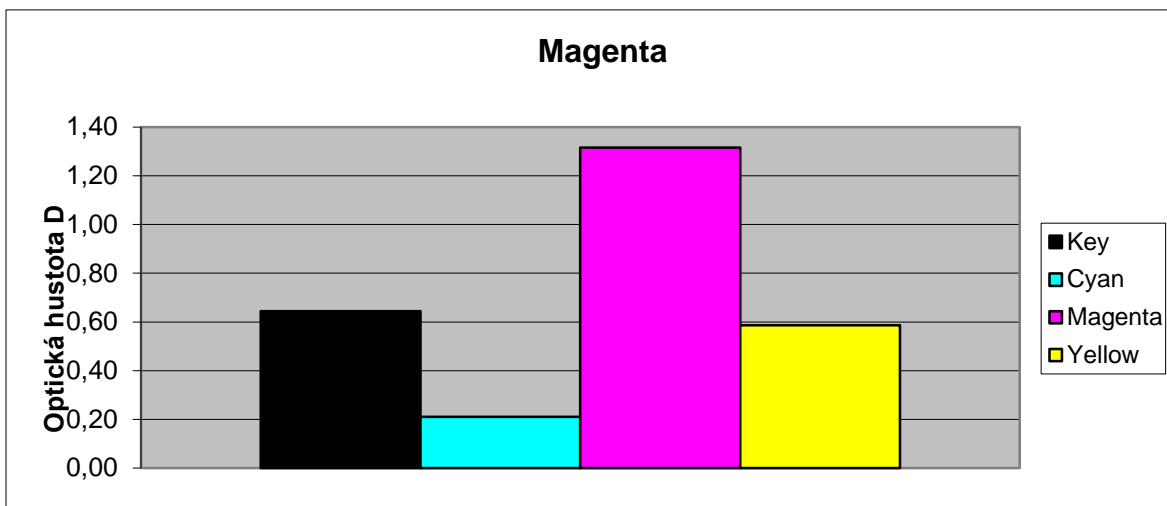
Obrázek 34 - Graf inkjetového tisku: optická hustota yellow

Tabulka 3 - Inkjetový UV tisk: optická hustota

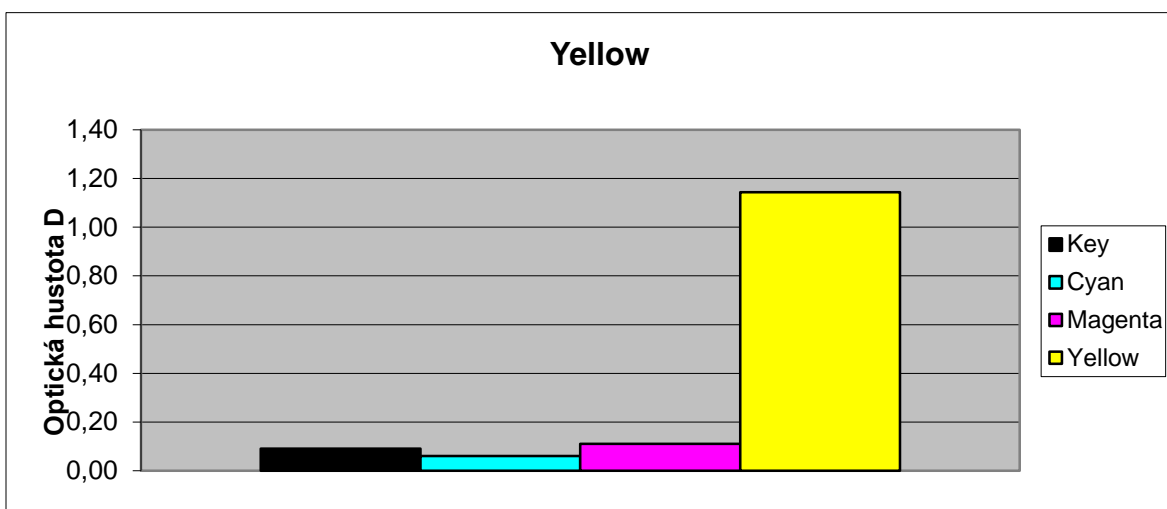
Barva	D_K	D_C	D_M	D_Y
Cyan	0,75	1,24	0,43	0,39
Magenta	0,64	0,21	1,32	0,59
Yellow	0,09	0,06	0,11	1,14



Obrázek 35 - Graf inkjetového UV tisku: optická hustota cyan



Obrázek 36 - Graf inkjetového UV tisku: optická hustota magenta



Obrázek 37 - Graf inkjetového UV tisku: optická hustota yellow

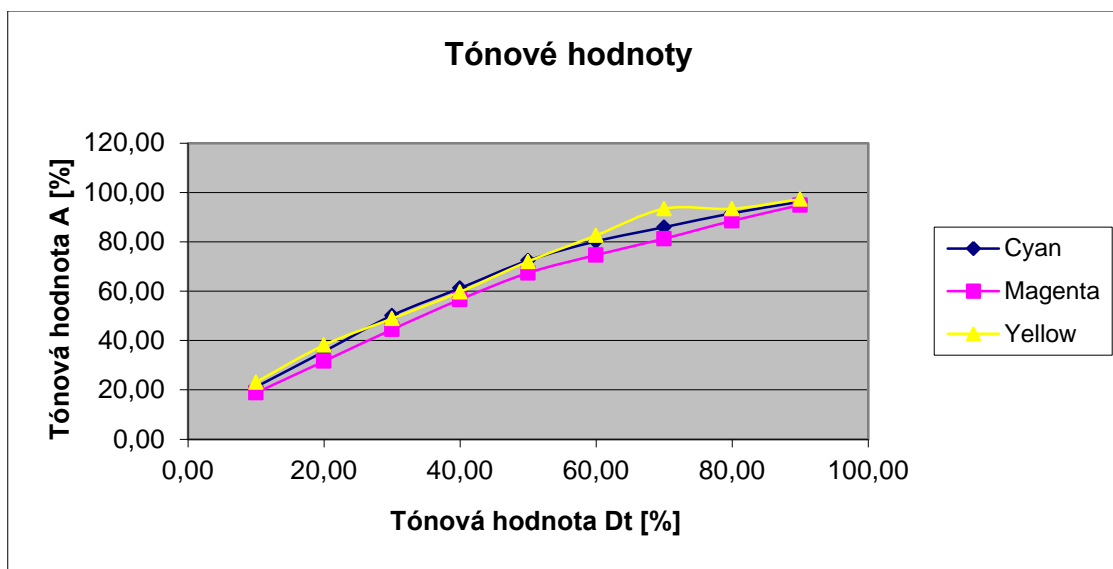
2.4.2 Tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty

Parametry tónové hodnoty a nárůst tónové hodnoty, jsou vypočítané z průměrovaných naměřených hodnot, které jsou uvedeny v tabulce 4 pro tiskový stroj Man Roland 304 ofsetového tisku. V tabulce 5 pro tiskový stroj Mimaki JV33 - 160 inkjetového tisku a parametry pro tiskový stroj Octopus II UV inkjetového tisku v tabulce 6. K těmto tabulkám jsou pro přehlednost uvedeny grafy tónové hodnoty a nárůstu tónové hodnoty.

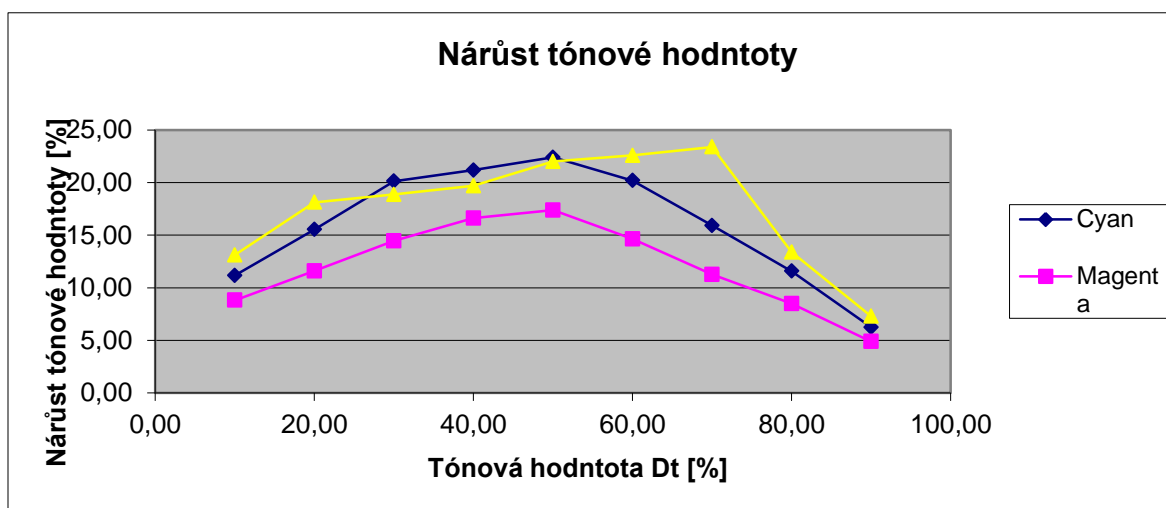
Tabulka 4 - Ofsetový tisk: tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty

Tónová hodnota [%]	A Cyan[%]	Nárůst C[%]	A Magenta[%]	Nárůst M[%]	A Yellow[%]	Nárůst Y[%]
90	96,24	6,24	94,88	4,88	97,28	7,28
80	91,58	11,58	88,48	8,48	93,39	13,39
70	85,91	15,91	81,26	11,26	93,39	23,39
60	80,19	20,19	74,64	14,64	82,59	22,59

Tónová hodnota [%]	A Cyan[%]	Nárůst C[%]	A Magenta[%]	Nárůst M[%]	A Yellow[%]	Nárůst Y[%]
50	72,40	22,40	67,38	17,38	72,01	22,01
40	61,18	21,18	56,62	16,62	59,69	19,69
30	50,13	20,13	44,45	14,45	48,87	18,87
20	35,54	15,54	31,59	11,59	38,13	18,13
10	21,17	11,17	18,81	8,81	23,11	13,11



Obrázek 38 - Graf tónové hodnoty ofsetového tisku

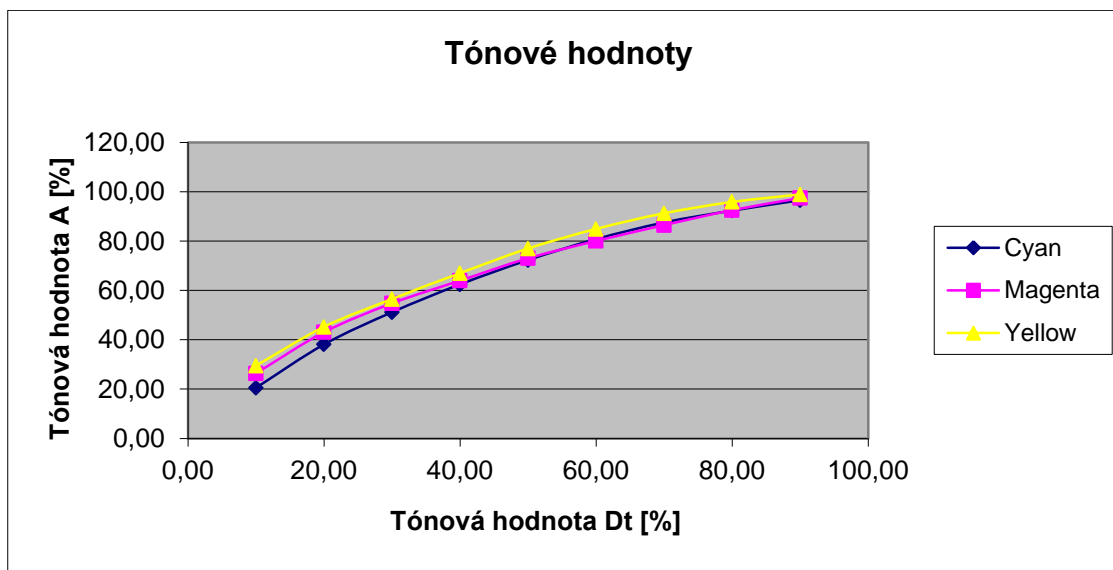


Obrázek 39 - Graf nárůstu tónové hodnoty ofsetového tisku

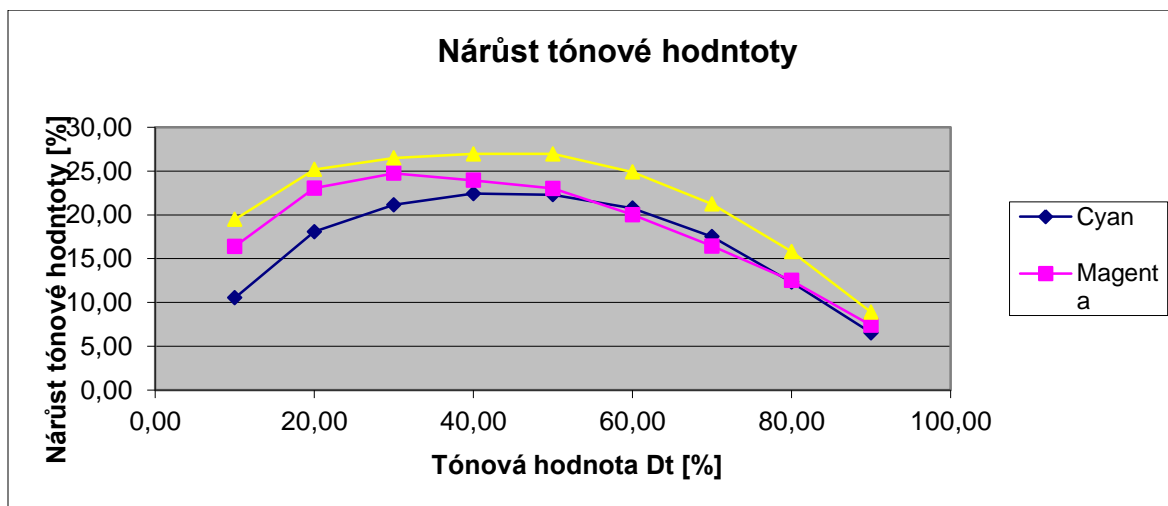
Tabulka 5 - Inkjetový tisk: tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty

Tónová hodnota [%]	A Cyan[%]	Nárůst C[%]	A Magenta[%]	Nárůst M[%]	A Yellow[%]	Nárůst Y[%]
90	96,53	6,53	97,38	7,38	98,88	8,88
80	92,33	12,33	92,50	12,50	95,82	15,82
70	87,51	17,51	86,44	16,44	91,24	21,24

Tónová hodnota [%]	A Cyan[%]	Nárůst C[%]	A Magenta[%]	Nárůst M[%]	A Yellow[%]	Nárůst Y[%]
60	80,76	20,76	80,01	20,01	84,90	24,90
50	72,29	22,29	73,01	23,01	76,97	26,97
40	62,43	22,43	63,94	23,94	66,96	26,96
30	51,14	21,14	54,74	24,74	56,50	26,50
20	38,08	18,08	43,05	23,05	45,20	25,20
10	20,52	10,52	26,39	16,39	29,48	19,48



Obrázek 40 - Graf tónové hodnoty inkjetového tisku

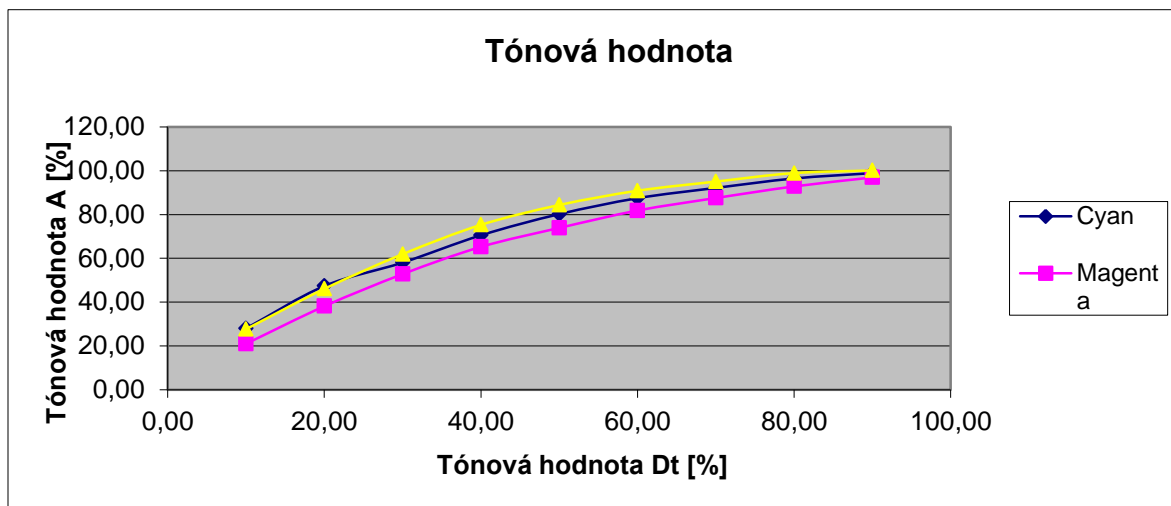


Obrázek 41 - Graf nárůstu tónové hodnoty inkjetového tisku

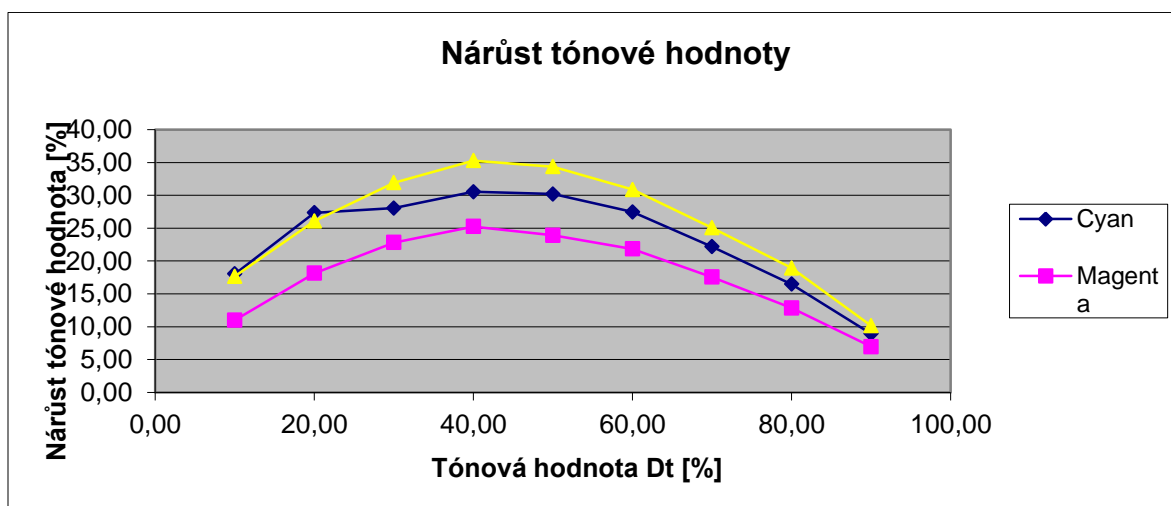
Tabulka 6 - Inkjetový UV tisk: tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty

Tónová hodnota [%]	A Cyan[%]	Nárůst C[%]	A Magenta[%]	Nárůst M[%]	A Yellow[%]	Nárůst Y[%]
90	98,94	8,94	96,94	6,94	100,14	10,14
80	96,49	16,49	92,85	12,85	98,95	18,95

Tónová hodnota [%]	A Cyan[%]	Nárůst C[%]	A Magenta[%]	Nárůst M[%]	A Yellow[%]	Nárůst Y[%]
70	92,17	22,17	87,56	17,56	95,06	25,06
60	87,48	27,48	81,84	21,84	90,88	30,88
50	80,20	30,20	73,90	23,90	84,36	34,36
40	70,53	30,53	65,25	25,25	75,30	35,30
30	58,06	28,06	52,81	22,81	61,92	31,92
20	47,35	27,35	38,14	18,14	46,07	26,07
10	28,03	18,03	21,00	11,00	27,67	17,67



Obrázek 42 - Graf tónové hodnoty inkjetového UV tisku



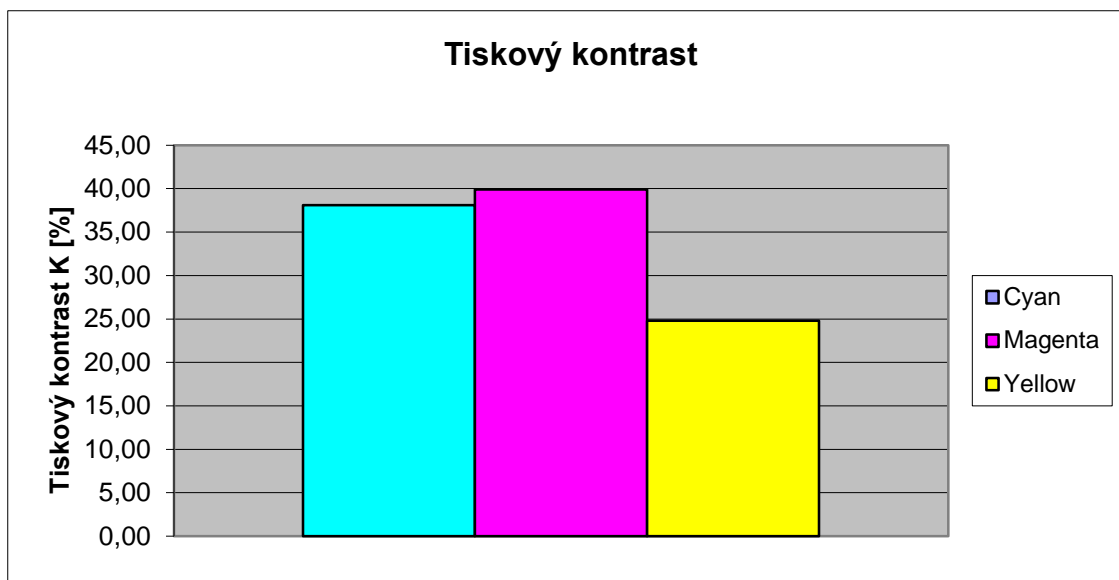
Obrázek 43 - Graf nárůstu tónové hodnoty inkjetového UV tisku

2.4.3 Tiskový kontrast

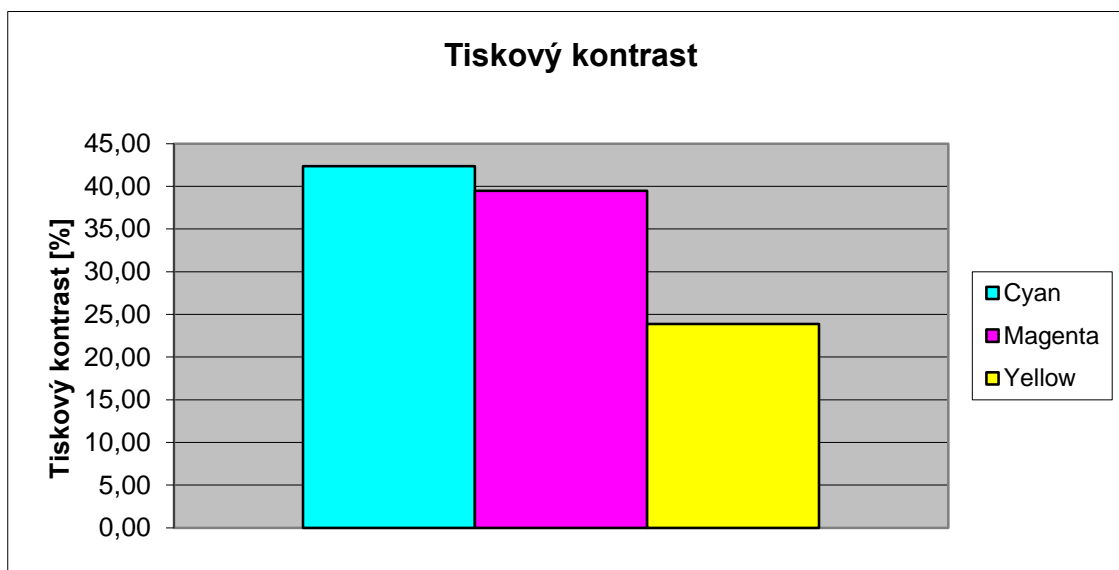
Vypočtené parametry tiskového kontrastu jednotlivých typů tiskových strojů jsou uvedeny v tabulce 7 jak pro ofsetovou technologii, tak pro inkjetovou a UV inkjetovou technologii. Ke každému typu tisku je přidělen graf zobrazující tiskový kontrast.

Tabulka 7 - Tiskový kontrast

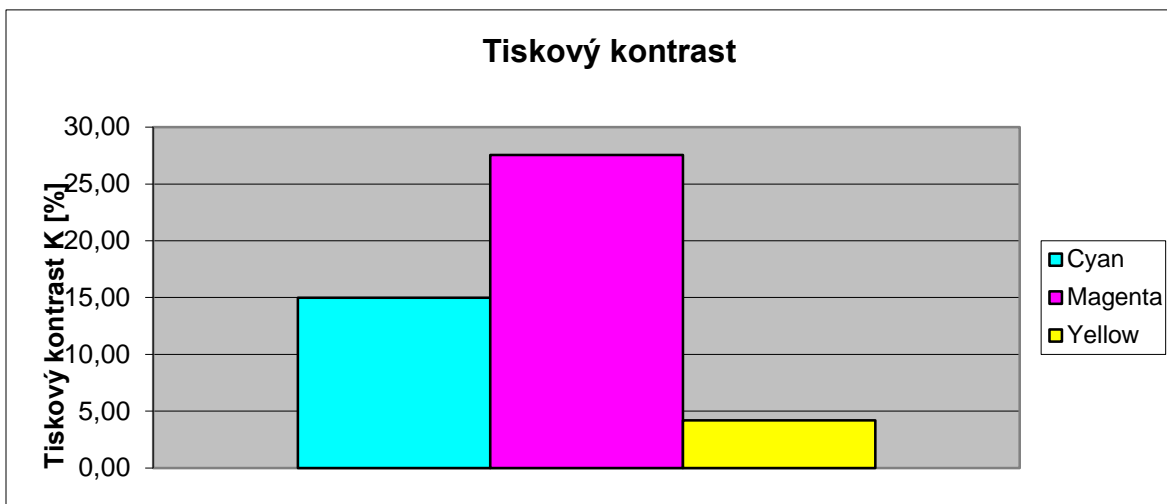
Typ tisku	Barva	Tisk.kontrast K [%]
ofset	Cyan	38,11
	Magenta	39,91
	Yellow	24,79
inkjet	Cyan	42,35
	Magenta	39,48
	Yellow	23,87
inkjet UV	Cyan	14,98
	Magenta	27,55
	Yellow	4,21



Obrázek 44 - Graf tiskového kontrastu ofsetového tisku



Obrázek 45 - Graf tiskového kontrastu inkjetového tisku



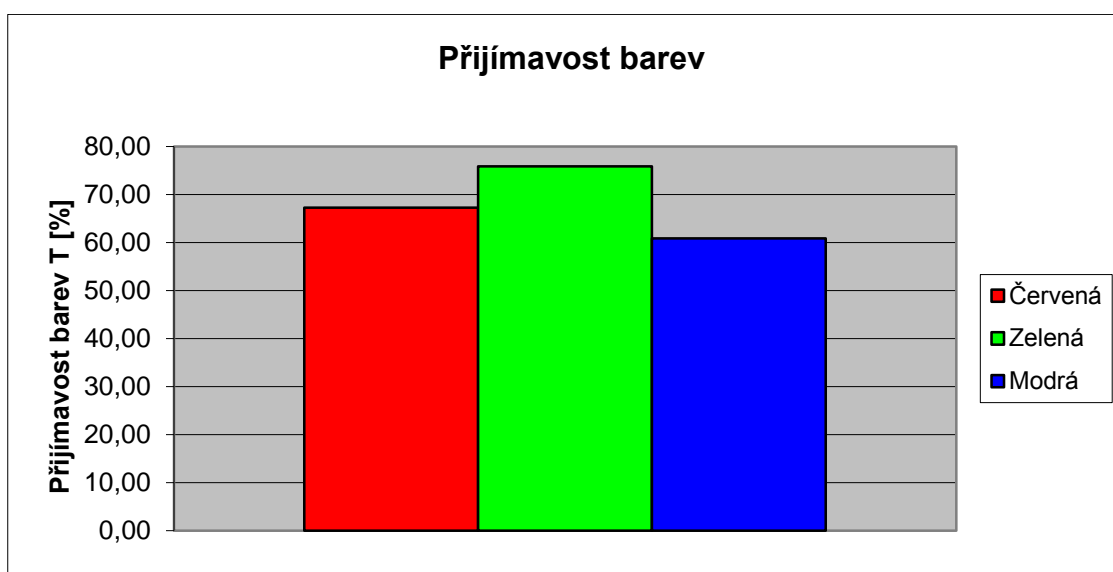
Obrázek 46 - Graf tiskového kontrastu inkjetového UV tisku

2.4.4 Přijímatost tiskových barev

Přijímatost tiskových barev je zobrazena v tabulce 8, tisknutý arch tiskovým strojem Man Roland 304 ofsetového tisku a v grafu (obrázek 47) je vyobrazena přijímatost RGB barev. S tiskovým strojem Mimaki JV33 - 160 je přijímatost tiskových barev uvedena v tabulce 9 technologií inkjet a zobrazený graf přijímatosti je na obrázku 48. Tabulka 10 je pro tiskový stroj Octopus II UV inkjetové technologie a vyzobrazen její graf na obrázku 49.

Tabulka 8 - Ofsetový tisk: přijímatost tiskových barev

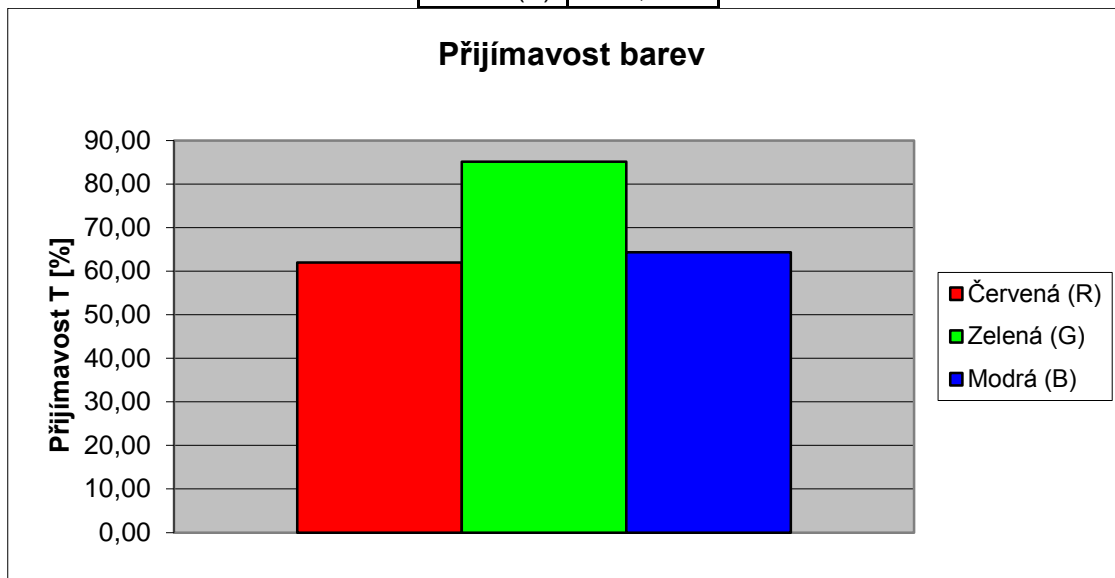
Barva	Přijímatost T[%]
Červená (R)	67,23
Zelená (G)	75,82
Modrá (B)	60,86



Obrázek 47 - Graf přijímatosti tiskových barev ofsetového tisku

Tabulka 9 - Inkjetový tisk: přijímovost tiskových barev

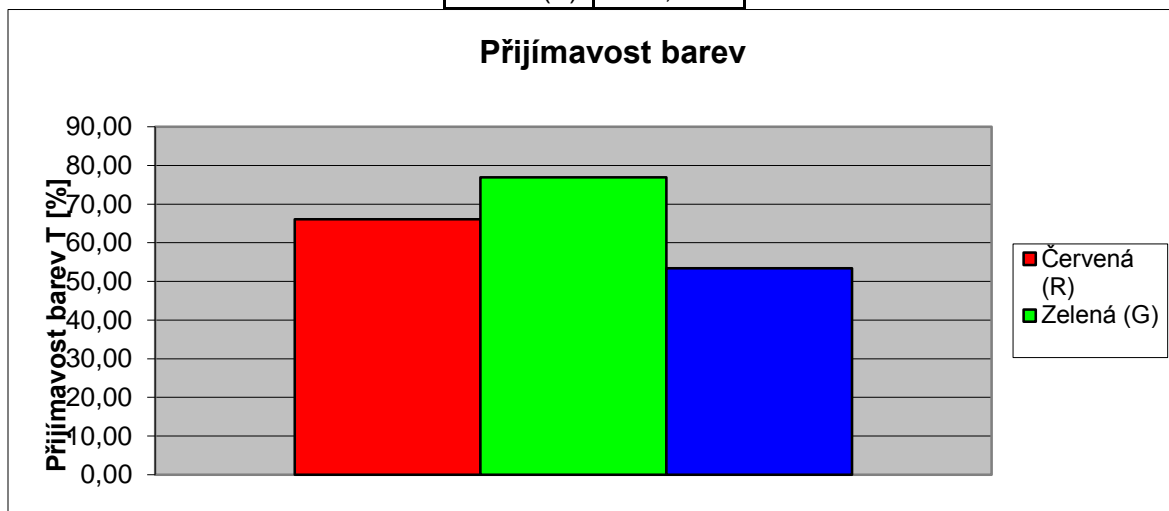
Barvy	Přijímovost T[%]
Červená (R)	62,00
Zelená (G)	85,13
Modrá (B)	64,34



Obrázek 48 - Graf přijímovosti tiskových barev inkjetového tisku

Tabulka 10 - Inkjetový UV tisk: přijímovost tiskových barev

Barva	Přijímovost T[%]
Červená (R)	66,09
Zelená (G)	76,91
Modrá (B)	53,37



Obrázek 49 - Graf přijímovosti tiskových barev inkjetového UV tisku

Závěr

Účelem této bakalářské práce bylo naměřit a vypočítat tiskové parametry z tiskových archů, určující kvalitu tisku pro tři tiskové technologie metodou spektrální fotometrie, pomocí spektrofotometru i1Pro. Prvním tiskovým strojem byl Man Roland 304 ofsetové technologie, druhým tiskový stroj Mimaki JV33 - 160 klasické inkjetové technologie a třetím byl tiskový stroj Octopus II UV inkjetové technologie.

Dále bylo cílem ze získaných parametrů, což jsou optické hustoty, tónové hodnoty a nárůst tónové hodnoty, tiskový kontrast a přijímatost tiskových barev, provést jejich vyhodnocení a porovnání. Tiskové archy byly navrženy z kombinací barev Cyan, Magenta a Yellow. Jednotlivé barvy jsou uvedeny od 0 % tónové hodnoty až do 100 % tónové hodnoty. Přetiskem barev Yellow (žlutá) a Magenta (purpurová) vznikne barva Red (červená), která je také uvedena v tiskových arších. Přetiskem barev Magenta a Cyan (azurová) vznikne barva Blue (modrá) a z barev Yellow a Cyan vznikne Green (zelená), které jsou také uvedeny v tiskových arších.

Optické hustoty plných ploch jednotlivých barev C, M, Y byly měřeny na vzorcích se 100 % tónovou hodnotou z tiskových archů pro všechny typy tiskových strojů. Nejvyšší naměřené hodnoty měla tiskárna Mimaki JV33 - 160 inkjetového tisku. O něco nižší hodnoty, než měl tiskový stroj Mimaki JV33 - 160, měl tiskový stroj Man Roland 304 ofsetového tisku. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u tiskového stroje Octopus II s technologií UV inkjekt.

Tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty byla měřena pro jednotlivé barvy C, M, Y na tiskových arších z pozic tónových hodnoty od 10 % do 90 %. Opět pro stroje Man Roland 304, Mimaki JV33 - 160 a Octopus II. Naměřené hodnoty a hodnoty optických hustot, nepotíštěného materiálu dosadíme do vzorce (1.9) pro výpočet tónové hodnoty. Tónové hodnoty tiskových strojů Man Roland 304 a Mimaki JV33 - 160 jsou velice podobné jen nárůst tónové hodnoty je trochu víc rozdílný u barvy Cyan, což odpovídá rozdílu tónové hodnoty. Tiskový stroj Octopus II má tónové hodnoty o něco vyšší než ostatní uvedené tiskové stroje. Jen u barvy Magenta má tónovou hodnotu nižší než tiskový stroj Mimaki JV33 - 160, ale zase vyšší než tiskový stroj Man Roland 304. Celkově má nejnižší nárůst tónové hodnoty ofsetový tiskový stroj Man Roland 304 a nejvyšší nárůst tónové hodnoty má tiskový stroj Octopus II.

Tiskový kontrast byl měřen na tiskových arších z 80 % tónové plochy u všech třech tiskových strojů. Pro dosažení do rovnice (1.11) je potřeba ještě zjistit hodnoty optické hustoty a nepotíštěného materiálu. Tiskový kontrast je velice podobný u tiskových strojů Man Roland 304 a Mimaki JV33 - 160. U tiskového stroje Octopus II jsou hodnoty tiskového kontrastu o dost nižší. Např. hodnoty ofsetového a klasického inkjetového tisku jsou okolo 40 % pro barvu Cyan, ale pro UV inkjetový tisk jsou hodnoty pro barvu Cyan cca 15 %. Celkově nejnižší hodnoty tiskového kontrastu obsahovala barva Yellow. Nejvyšší hodnotu tiskového kontrastu obsahovala u tiskových strojů Man Roland 304 a Octopus II barva Magenta. U tiskového stroje Mimaki JV33 - 160 nejvyšší hodnotu

obsahovala barva Cyan. Ideální tiskový kontrast je definován nejnižším množstvím tiskové barvy, což lze dokázat nejvyšší hodnotou optické hustoty.

Přijímavost tiskových barev je měřena dle vzorce (1.12), kde je zapotřebí naměřit optické hustoty plných ploch první tiskové barvy a druhé tiskové barvy a přetisk první barvy druhou. Pro znázornění byla vypočítána přijímavost tiskových barev u všech tiskových strojů, i když u inkjetového tisku nelze určit která barva byla tištěná jako první, protože se barvy míchají. Pro ilustraci bylo zvolen přetisk pro červenou barvu Yellow - Magenta, kdy Yellow byla tisknuta jako první barva a Magenta jako druhá (Y - M), zelenou Yellow - Cyan (Y - C), tedy Yellow opět jako první a Cyan jako druhá a modrou Magenta - Cyan, kde Magenta je barvou první a Cyan druhou (M - C). Kde nám vycházely hodnoty přijímavosti tiskových barev od 60,86 % do 75,82 % pro tiskový stroj Man Roland 304, hodnoty od 62 % do 85,13 % pro tiskový stroj Mimaki JV33 - 160 a pro tiskový stroj Octopus II hodnoty od 53,37 % do 76,91 %.

Po změření a vyhodnocení všech tiskových parametrů pro určení kvality tisku z tiskových archů měřené spektrofotometrem i1Pro, získáme z porovnání tiskových strojů Man Roland 304, Mimaki JV33 - 160 a Octopus II závěr, že nejkvalitnější je inkjetový tiskový stroj Mimaki JV33 - 160. Nejhůře dopadl tiskový stroj Octopus II, kde u 90 % tónové plochy jsme naměřili tónovou hodnotu 100,14 %. Ale pro zvolené tiskového stroje a tedy i tiskové technologie musíme zvážit i jiné parametry jako jsou například druh potiskového material, použité barvy pro tisk, administrativní factory a další.

Tiskový stroj Man Roland 304 využívající ofsetovou technologii je výhodnější využít při větším množství tisku. Což inkjetový tisk je zase vhodnější pro menší množství tiskových archů. Tiskový stroj Man Roland 304 a tiskový stroj Mimaki JV33 - 160 si jsou ve výsledcích dost podobné. Pokud by jsme chtěli tisknou na netradiční materiál, bylo by vhodnější využít UV inkjetový tisk, který je i vhodnější v odolnosti tiskových barev.

V oblasti inkjetového tisku není vhodné používat pro kvalitu tisku tiskový parameter přijímavost tiskových barev. Jak už bylo zmíněno, barvy se při přetisku na inkjetových tiskových strojích míchají a tedy nelze určit, která barva byla vytisknuta jako první. Vhodné tiskové parametry pro hodnocení kvality tisku, které jsme si přiblížili v teoretické části této práce, jsou optická hustota, tónová hodnota a nárůst tónové hodnoty a tiskový kontrast.

Literatura

- [1] KAPLANOVÁ, Marie. Moderní polygrafie. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2010, 391 s. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [2] DVOŘÁKOVÁ, Zdeňka. DTP a předtisková příprava: kompletní průvodce od grafického návrhu po profesionální tisk. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2008, 288 s. ISBN 978-80-251-1881-8.
- [3] DOHNAL, Miroslav. Fyzikální základy reprodukce obrazu: kompletní průvodce od grafického návrhu po profesionální tisk. Vyd. 2. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2007, 165 s. ISBN 978-80-7194-945-9.
- [4] ŠTEFÁČEK, P. Měření tiskových parametrů barevných tiskovin. Univerzita Pardubice, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.
- [5] Polygrafické minimum. 3. aktualizované vyd. Bratislava: TypoSet, 2008, 262 s. ISBN 80-967-8113-8.
- [6] FRIBERT, Miroslav. Počítačová grafika v předtiskových operacích. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1998, 60 s. ISBN 80-719-4153-0.
- [7] POSPÍŠILOVÁ, Jana a Lenka ROUŠAROVÁ. Barvové prostory. Praha, 2010. Dostupné z: http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/sp/2010/soul/pospisilova_rousarova_sp.pdf. Seminární práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA STAVEBNÍ.
- [8] KALČICOVÁ, Andrea. Vscht [online]. 2000 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://web.vscht.cz/~kalcicoa/POCPRE/o_webu.html
- [9] AZ Reprodukce Barev. AZ Reprodukce Barev [online]. 2008 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.reprodukce-barev.org/?menu=1>
- [10] Tigris. Tigris - Ofsetový tisk [online]. 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.tigris.cz/ofsetovy-tisk.html>
- [11] Inkoustové tiskárny. Inkoustové tiskárny [online]. 2005 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://www.tiskarny.ic.cz/inkoustove_tiskarny.htm
- [12] Princip tisku. Spsemoh [online]. 2000 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://www.spsemoh.cz/vyuka/ms-dos/pr_tisku.htm
- [13] NOUSEK, Pavel. Princip tisku inkoustových tiskáren. Tábor, 2004/2005. Dostupné z: http://www.kpsoft.eu/_techinfo/00076/Inkoustove_tiskarny.pdf. Závěrečná ročníková práce. Střední průmyslová škola strojnická Tábor.
- [14] Mimaki. Mimakiusa [online]. 2013 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.mimakiusa.com/bid/9/eid/278/>

- [15] Ofset. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ofset>
- [16] Tvorba tiskovin pro cestovní ruch. Mmr [online]. 2006 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://www.mmr.cz/getmedia/5160c84a-a730-42a5-a757-6afa56877e88/GetFile4_3
- [17] Inkoustový tisk včera, dnes a zítra. Fi.muni [online]. 2004 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2004/xmacuga.htm>
- [18] Velkoplošná solventní tiskárna Mimaki JV33-130 (160). Electron [online]. 1997-2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.electron.cz/index.php/velkoplosne-tiskarny/solventni-tiskarny/mimaki-jv33-130-160>
- [19] Mimaki JV33-160. Spandex [online]. 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://www.spandex.com/CZ/hardware_stroje_zarizeni/tiskarny/znacky/Mimaki/JV33/Mimaki_JV33-160.aspx#.UOLGVPI_s9I
- [20] Grapo Octopus II. Large-format-printers [online]. 2009 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://www.large-format-printers.org/cs/UV-curable_flatbed_roll-fed_hybrid_combo_wide-format_inkjet_printer_reviews_prices_comparisons/GRAPO-Octopus-II_KonicaMinolta-printheads_roll-to-roll-signage_billboards_building-wrap_vehicle-wrap.php
- [21] Octopus a barvy tvrzené UV světlem. Noviny pro grafický průmysl [online]. 2004, č. 9 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.grafie.cz/file.php?nid=6143&oid=1004260>
- [22] Digitální velkoformátový tisk nezná hranic. Strategie.e15 [online]. 2010 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://strategie.e15.cz/prilohy/s-print/digitalni-velkoformatovy-tisk-neznahranic-468333>
- [23] Spektrofotometrie. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Spektrofotometrie>
- [24] Orajjet 3164. Orafol [online]. 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.orafol.com/gp/europe/en/products/inkjet-printing-solvent-based-product-details/items/orajjet-3164>
- [25] Tisk a moderní technologie. Kodiak [online]. 2008 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.kodiak.cz/cs/nase-nabidka/tisk-a-moderni-technologie/>
- [26] Manuál KeyWizard. Xrite [online]. 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://www.xrite.com/documents/literature/gmb/en/KeyWizard_Manual_en.pdf
- [27] Fuse MS 33. Visualformix [online]. 2014 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: http://www.visualformix.com/product_info.php?manufacturers_id=10&products_id=230

Příloha A – Tiskové archy

