

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Tereza Drnovcová

Univerzita Pardubice
Fakulta Chemicko-technologická

Vliv tiskové barvy na její prorážení na tenkých tiskových papírech
Diplomová práce

2023

Tereza Drnovcová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza Drnovcová**
Osobní číslo: **C21527**
Studijní program: **N0531A130013 Polygrafie**
Téma práce: **Vliv tiskové barvy na její prorážení na tenkých tiskových papírech**
Téma práce anglicky: **The influence of printing ink on its print-through on thin printing papers**
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

1. Prostudujte odbornou literaturu zaměřenou na problematiku prorážení tiskové barvy. Zaměřte se především na vliv tiskové barvy na hodnoty prorážení. Získané poznatky zpracujte v teoretické části práce.
2. V rámci experimentální části práce proveďte a vyhodnoťte testy prorážení tiskové barvy pro dodané typy tenkých tiskových papírů a různé druhy ofsetových tiskových barev.
3. Získané výsledky diskutujte v závěrečné části práce.

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

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Hana Holická, Ph.D.**
Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání diplomové práce: **28. února 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **5. května 2023**

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Tomáš Syrový, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Vliv tiskové barvy na její prorážení na tenkých tiskových papírech jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 5. 5. 2023

Tereza Drnovcová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí své diplomové práce Ing. Haně Holické, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce a za všechny čas, který mi věnovala. Mé poděkování patří též mé rodině, především mé mamince, která mě trpělivě a s velkou láskou podporovala a bez jejíž podpory by nebylo možné tuto práci a studium dokončit. Děkuji i svým přátelům a spolužákům za podporu při studiu.

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



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

**MS
MT**
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

ANOTACE

Cílem této práce bylo vyhodnocení vlivu tiskové barvy na její prorážení na tenkých tiskových papírech. Byly testovány tři druhy archových ofsetových tiskových barev na čtyřech druzích tenkých tiskových papírů s plošnou hmotností 40 g/m². Tiskové barvy byly procesní černé – Brancher LOGO 18000 (vysoce koncentrovaná barva na bázi rostlinných olejů), Epple Premium Print (barva na bázi rostlinných olejů) a SunLit Legend (barva na bázi kombinace rostlinných a minerálních olejů). Součástí experimentální části je stanovení drsnosti PPS, tloušťky, opacity a tiskové penetrace testovaných papírů, stanovení viskozity a meze toku testovaných tiskových barev. Prorážení tiskové barvy bylo hodnoceno na základě měření světelného činitele odrazu a barvové odchylky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Prorážení tiskové barvy, archové ofsetové tiskové barvy, tiskové barvy na bázi minerálních olejů, tiskové barvy na bázi rostlinných olejů, tenké tiskové papíry

TITLE

The effect of printing ink on print-through on thin printing papers

ANNOTATION

The aim of this work is to evaluate the influence of printing ink on print-through on thin printing papers. Three types of sheet-fed offset printing inks were tested on four thin printing papers with an area weight of 40 g/m². The printing inks were processed black – Brancher LOGO 18000 (highly concentrated vegetable oil-based ink), Epple Premium Print (vegetable oil-based ink) a SunLit Legend (combined vegetable and mineral oil-based ink). Part of the experimental part is the determination of PPS roughness, thickness, opacity, printing penetration of the tested papers, viscosity, and flow limit of the tested printing inks. Print-through was evaluated by two methods, using the luminous reflectance factor and color deviation.

KEYWORDS

Print-through, sheet offset printing inks, mineral oil-based printing inks, vegetable oil-based printing inks, thin printing papers

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ	11
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	15
ÚVOD	16
TEORETICKÁ ČÁST	17
1.1 Tisková barva.....	17
1.1.1 Složky tiskových barev	17
1.1.1.1 Filmotvorné látky.....	17
1.1.1.2. Rozpouštědla.....	17
1.1.1.3 Koloranty	17
1.1.1.4 Aditiva	19
1.1.2. Výroba tiskových barev	19
1.1.3. Mechanismy zasychání tiskových barev.....	19
1.1.3.1 Penetrace tiskových barev	19
1.1.3.2 Odpařování tiskových barev	20
1.1.3.3 Oxypolymerace	20
1.1.3.4 Vytvrzování barev UV a EB zářením	20
1.1.4 Vlastnosti tiskových barev	21
1.1.4.1 Reologické vlastnosti tiskových barev	21
1.1.4.1.1 Viskozita	21
1.1.4.1.2 Lepivost	23
1.1.4.2 Optické vlastnosti tiskových barev	23
1.1.4.2.1 Vydatnost tiskové barvy	23
1.1.4.2.2 Světlostálost tiskové barvy	23
1.1.4.2.3 Transparence a opacita.....	24
1.1.4.2.4 Lesk tiskové barvy	24
1.1.4.3 Ostatní vlastnosti tiskových barev	24
1.1.5 Ofsetové tiskové barvy	24
1.1.6 Ekologické tiskové barvy.....	25
1.2 Tenké tiskové papíry.....	27
1.3 Interakce papíru a tiskové barvy.....	28
1.4 Prorážení tiskové barvy	28
1.4.1 Vliv tiskové barvy na její prorážení.....	29
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	34

2.1 Experimentální materiály	34
2.1.1 Tiskové barvy	34
2.1.2 Tenké tiskové papíry	34
2.2 Experimentální přístroje	34
2.2.1 Parker Print Surf (PPS)	34
2.2.2 SOMET K 026900	34
2.2.3 UltraScan VIS HunterLab	34
2.2.4 HAAKE RotoVisco 1	34
2.2.5 IGT High speed inking unit 4	35
2.2.6 IGT Amsterdam 2	35
2.2.7 X-Rite GretagMacbeth SpectroEye	35
2.2.8 Analytické váhy KERN ABS 220-4	35
2.3 Experimentální metody a výsledky	35
2.3.1 Drsnost PPS	35
2.3.2 Tloušťka papíru	36
2.3.3 Opacita papíru	36
2.3.4 Tisková penetrace papíru	37
2.3.5 Viskozita tiskových barev	38
2.3.6 Příprava tiskových vzorků	39
2.3.7 Stanovení optické hustoty tisku	39
2.3.8 Stanovení prorážení tiskové barvy	41
2.3.8.1 Vyhodnocení prorážení tiskové barvy Brancher LOGO 18000	42
2.3.8.2 Vyhodnocení prorážení tiskové barvy Epple Premium Print	50
2.3.8.3 Vyhodnocení prorážení tiskové barvy SunLit Legend	58
2.3.8.4 Porovnání metod hodnocení prorážení tiskové barvy – PT , ΔE	66
2.3.8.5 Vliv dávkovaného množství barvy (0,2 a 0,35 ml) na hodnoty prorážení tiskové barvy a penetračního indexu	70
ZÁVĚR	75
POUŽITÁ LITERATURA	75
SEZNAM PŘÍLOH	79

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1: Toková křivka newtonovských a nenevtonovských kapalin [9]	22
Obrázek 2: Závislost zdánlivé viskozity na čase u kapalin vykazující tixotropní a reopexní chování [11]	22
Obrázek 3: Schématické znázornění způsobu měření jednotlivých světelných činitelů odrazu [24].....	30
Obrázek 4: Schématické znázornění způsobů měření jednotlivých metod hodnocení prorážení tiskové barvy [33].....	32

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Obsah složek ofsetových tiskových barev [3]	25
Tabulka 2: Dělení grafických papírů a jejich využití [19].....	27
Tabulka 3: Průměrné hodnoty drsnosti PPS testovaných vzorků papírů.....	36
Tabulka 4: Průměrné hodnoty tloušťky testovaných vzorků papírů.....	36
Tabulka 5: Průměrné hodnoty opacity testovaných vzorků papírů	37
Tabulka 6: Průměrné hodnoty tiskové penetrace testovaných vzorků papírů	37
Tabulka 7: Hodnoty viskozity při nekonečné smykové rychlosti (η_{∞}) a meze toku (τ_M) testovaných barev měřené při teplotě 23 °C	39
Tabulka 8: Průměrné hodnoty optické hustoty tiskových vzorků potisknutých tiskovou barvou Brancher 18000.....	40
Tabulka 9: Průměrné hodnoty optické hustoty tiskových vzorků potisknutých tiskovou barvou Epple Premium Print.....	40
Tabulka 10: Průměrné hodnoty optické hustoty tiskových vzorků potisknutých tiskovou barvou SunLit Legend.....	41
Tabulka 11: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	42
Tabulka 12: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	42
Tabulka 13: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	43
Tabulka 14: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	43
Tabulka 15: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	44

Tabulka 16: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	44
Tabulka 17: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	45
Tabulka 18: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	45
Tabulka 19: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	46
Tabulka 20: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	46
Tabulka 21: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	47
Tabulka 22 Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	47
Tabulka 23: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	48
Tabulka 24: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	48
Tabulka 25: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	49
Tabulka 26: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000	49
Tabulka 27: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print	50
Tabulka 28: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print	50
Tabulka 29: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print	51

Tabulka 30: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print	51
Tabulka 31: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print	52
Tabulka 32: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print.....	52
Tabulka 33: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print	53
Tabulka 34: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print.....	53
Tabulka 35: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print	54
Tabulka 36: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print	54
Tabulka 37: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print	55
Tabulka 38: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print	55
Tabulka 39: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print	56
Tabulka 40: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print	56
Tabulka 41: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print	57
Tabulka 42: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print	57
Tabulka 43: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend	58
Tabulka 44: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend ...	58

Tabulka 45: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend	59
Tabulka 46: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend ...	59
Tabulka 47: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend ..	60
Tabulka 48: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend	60
Tabulka 49: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend...	61
Tabulka 50: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend.	61
Tabulka 51: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend	62
Tabulka 52: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend	62
Tabulka 53: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend	63
Tabulka 54: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend	63
Tabulka 55: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend	64
Tabulka 56: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend	64
Tabulka 57: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend	65
Tabulka 58: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend	65

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

IČ záření – infračervené záření

UV záření – ultrafialové záření

EB záření – záření elektronového paprsku

SCR – Superkalandrované hlubotiskové papíry

SCO – Superkalandrované ofsetové kotoučové papíry

ULWC papíry – tenké, lehce natírané papíry

LWC papíry – silnější, lehce natírané papíry

MWC papíry – středně natírané papíry

LOWC papíry – lehce natírané papíry pro kotoučový tisk

MWC papíry – středně natírané papíry

HWC papíry – silně natírané papíry pro archový ofset

ÚVOD

Tenké tiskové papíry mají určité specifické vlastnosti, tou nejtýpčtější je nízká plošná hmotnost v rozmezí od 25 do 60 g/m². Používají se především pro tisk příbalových letáků, proto je hlavním požadavkem na tyto papíry schopnost vytvářet velké množství skladů a vysoká rozlišitelnost tisku.

Tiskovou technologií, kterou se tisknou příbalové letáky, je archový nebo kotoučový ofset. Klasické tiskové barvy pro tyto technologie byly založeny na bázi minerálních olejů, které jsou z ekologického hlediska nahrazovány oleji rostlinnými, které mohou dát tiskové barvě odlišné vlastnosti.

Hlavním problémem při tisku na tenké tiskové papíry může být prorážení tiskové barvy, které ovlivňuje tisková barva, potiskovaný materiál a tiskové podmínky. Tento negativní jev vzniká pronikáním tiskové barvy na rubovou stranu potiskovaného papíru a zhoršuje čitelnost oboustranného tisku, která je u příbalových letáků velmi důležitá.

Cílem této práce bylo zjistit, jaké vykazují v současné době komerčně dostupné ekologické ofsetové tiskové barvy hodnoty prorážení na tenkých tiskových papírech. Pro testování byly zvoleny tři ofsetové archové tiskové barvy od různých výrobců. Barvy byly procesní černé – Brancher LOGO 18000, Epple Premium Print, SunLit Legend. Tisk byl testován na čtyřech druzích tenkých tiskových papírů o plošné hmotnosti 40 g/m².

TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Tisková barva

Tisková barva slouží k přenosu informace z tiskové formy na potiskovaný materiál [1]. Musí být zvolena tak, aby vytištěná informace byla dobře viditelná po předpokládanou dobu životnosti tiskoviny. Tisková barva musí být volena s ohledem na tiskovou technologii, potiskovaný materiál a využití tiskoviny (např. tiskoviny do exteriéru musí být tištěny barvami, které jsou světlostálé).

1.1.1 Složky tiskových barev

Tiskové barvy jsou z fyzikálního hlediska dvoufázovou disperzní soustavou, základní složky soustavy tvoří pojiva, rozpouštědla, koloranty a aditiva [1, 2].

1.1.1.1 Filmtvorné látky

Základem pojiv jsou filmtvorné látky, což jsou většinou synteticky připravené vysokomolekulární látky [1, 3]. Při výrobě pojiva může být použito i více filmtvorných látek. Jako přírodní suroviny pro přípravu filmtvorných látek se využívají vysychavé a polovysychavé rostlinné oleje (lněný, sójový či tungový olej), přírodní tvrdé pryskyřice (kalafuna), kaučuk, vosky, asfalty a celulóza. Tyto suroviny jsou většinou chemicky modifikovány.

1.1.1.2. Rozpouštědla

Rozpouštědla a ředidla zajišťují tekutost tiskové barvy [4]. Důležitou schopností rozpouštědel je jejich rozpouštěcí schopnost pro použité pojivo a další složky barvy [1]. Rozpouštědla ovlivňují rychlost schnutí natištěného filmu. Rozpouštědla a ředidla se volí podle použité tiskové techniky, a především podle typu barevníku v tiskovém stroji. Dále jsou vybírána tak, aby nepoškozovala tiskové formy, potahy ofsetových válců apod. Při volbě rozpouštědla se musí dodržovat toxikologické, ekologické, hygienické a požárně bezpečnostní podmínky z důvodu těkavosti těchto látek.

Organickými rozpouštědly tiskových barev jsou alkoholy (ethanol, isopropylalkohol, n-propylalkohol), jejich estery (acetáty), alifatické uhlovodíky (alkany, cykloalkany), aromatické uhlovodíky (toluen), látky se dvěma funkčními skupinami a ketony (methylethylketon, methylisobutylketon) [1].

Pro pastózní barvy (ofsetové, knihtiskové) se používají ropné frakce jako jsou benzíny a minerální oleje [1]. Jedná se o směsi alifatických uhlovodíků s podílem cykloalkanů, které neobsahují aromatické uhlovodíky.

Aby byly tiskové barvy ekologičtější, tak se alespoň z části nahrazují minerální oleje obnovitelnými surovinami např. rostlinnými oleji (sójový olej) nebo methylestery či ethylestery vyšších mastných kyselin [1].

Vhodným rozpouštědlem z ekologického, toxického, ale i ekonomického hlediska je voda. Avšak ta má omezené rozpouštěcí schopnosti, vysoké výparné teplo a nános vodové barvy má po usušení zvýšenou citlivost vůči působení vlhkosti [1].

1.1.1.3 Koloranty

Koloranty jsou barviva či barevné pigmenty, které dodávají barvám barevný odstín [3]. Jsou to látky schopné absorpce nebo emitace světla [1]. Barviva se liší od barevných pigmentů velikostí

částic. Malé částičky barviva tvoří s příslušným rozpouštědlem pravý roztok, tedy se rozpouští. Oproti tomu barevné pigmenty jsou větší částice, které tvoří s příslušným rozpouštědlem disperzi, tedy mohou po delším stání sedimentovat [3].

Publikace M. Kaplanové [1] uvádí, že chemická a krystalická struktura, velikost a tvar částic, určují barevnost pestrých pigmentů. Pestré pigmenty musejí obsahovat skupiny atomů, které jsou schopné selektivně absorbovat světlo – chromofory, a dále auxochromy, které zesilují barvu. Chromofory jsou nenasycené skupiny např. azoskupina nebo karbonylová skupina. Auxochromy jsou např. hydroxylová skupina, sulfoskupina a aminioskupina.

Dále je v publikaci Moderní polygrafie [1] uvedeno, že hlavními parametry pigmentů jsou obvykle velikost částic, barvitost a barevná stálost. Velikost částic pigmentů musí být menší, než je tloušťka výsledného barvového filmu, která závisí na použité tiskové technice. Sytost barvy při stejné objemové koncentraci roste s poklesem velikosti částic pigmentů. Opacita tiskové barvy neboli neprůsvitnost dosahuje maxima v rozmezí velikosti částic od 0,2–0,4 μm . Nanopigmenty jsou částice menší než 0,1 μm a vykazují požadovanou barevnou sytost a transparentci. Pigmenty s touto velikostí částic se používají v pigmentových inkoustech pro inkjetový tisk. Velikost částic pigmentů závisí na krystalické formě pigmentu a stupni jejich aglomerace tedy na shlukování částic.

Publikace [1] dále popisuje schopnost pigmentu změnit barevný odstín jiné látky. Tato schopnost se nazývá barvitost. Barevná stálost pigmentu je schopnost nezměnit odstín při působení světla nebo tepla. UV záření má velký vliv na změnu odstínu. Pigmenty používané pro výrobu UV barev musejí být stálé a také barvy pro tiskoviny, které jsou vystaveny přímému slunečnímu záření musejí obsahovat pigmenty s dostatečnou světlostálostí. Barvy zasychající odpařením kapalných složek za vyšší teploty musejí obsahovat tepelně odolné pigmenty, aby nedošlo při zasychání k jejich poškození.

Důležitými vlastnostmi pigmentů jsou odolnost proti chemikáliím (rozpouštědlům, kyselinám, alkáliím, tenzidům), dispergovatelnost v pojivech, kryvost a textura, tj. tvrdost pigmentu bez ohledu na velikost částic [1].

J. Bartoň [3] uvádí, že koloranty můžeme rozdělit podle původu na přírodní a syntetické. Přírodní pigmenty a barviva jsou anorganické tedy minerální látky nebo organické např. rostlinné – indigo, živočišné – purpur. Syntetické koloranty se dělí na anorganické, které jsou bílé, černé, bronzové a na organické, kde se používají azopigmenty – žluté, oranžové, červené, ftalocyaninové pigmenty – modré, zelené, antrachinonové a chinakridonové pigmenty – fialové, modré, oranžové, červené.

Organické pigmenty mají lepší barvitost, nižší hustotu, jasnější odstíny, měkkou strukturu a vysokou transparentnost oproti anorganickým pigmentům. Pro procesní barvy v přímých tiskových technikách a pro systémy míchání barev např. Pantone se používají organické pigmenty [1].

Publikace K. Vnuka [5] a M. Kaplanové [1] dělí pigmenty na černé, bílé a pestré. Nejvíce používaný černý pigment v polygrafii jsou saze, které jsou čistým amorfním uhlíkem. Mají výbornou kryvost, barvitost a stálost vůči světlu a teplu. Avšak mají špatnou mísitelnost s jinými pigmenty. Pomocí krášlidel – modrých nebo fialových barviv, může být vyretušován nahnědlý odstín sazí.

Nejvíce používaný bílý pigment je titanová běloba [1]. Titanová běloba má vynikající barvitost i kryvost, dobrou světlostálost a chemickou odolnost. Dále velice používaným bílým pigmentem je zinková běloba, která má menší odolnost vůči alkáliím a kyselinám a malou kryvost. Do tiskových barev mohou být přidávána plniva, která jsou nerozpustnými složkami a neovlivňují barevný odstín. Používají se bílé anorganické prášky např. kaolin, oxid vápenatý, hydroxid hlinitý a bentonit.

1.1.1.4 Aditiva

Aditiva neboli speciální přísady upravují vlastnosti tiskových barev např. způsob schnutí, rychlost schnutí a aroma [3, 4].

Pro úpravu povrchových vlastností barvových vrstev se používají přírodní i syntetické vosky, které zlepšují odolnost vůči oděru a kluznost [1]. Do ofsetových archových tiskových barev se přidávají sušidla, která urychlují oxypolymerační zasychání barev. Tenzidy neboli smáčedla a dispergátory přispívají k dispergaci pigmentu a homogenizaci barvy při její výrobě. Proti želatinaci barev při skladování se přidávají antioxidanty. Dalšími aditivami mohou být látky upravující reologické vlastnosti, látky proti prášení, přísady proti obtahování, komplexotvorné látky, odpěňovače, biocidy a další.

1.1.2. Výroba tiskových barev

Tiskové barvy se připravují podle předem stanovených receptur [5].

Výrobě tiskových ofsetových barev se věnují H. Holická [6] a J. Bělousová [7] ve svých přednáškách. V první fázi výroby tiskových barev se připravuje pojídlo. Pojídlo vzniká ve speciálním reaktoru z pryskyřice a rozpouštědel při vysoké teplotě. Následně se rozmělní pigment a disperguje se v pojidle. Pro dispergaci pigmentu v pojidle se používají rychloobrátková míchadla nebo kulové mlýny. Kulový mlýn je válcová nádoba naplněná ocelovými nebo keramickými kuličkami, které při otáčení mlýnu rozbíjejí shluky pigmentu. Pastózní barvy se připravují dispergací pigmentu v pojidle pomocí tríválcového mlýnu. Tento mlýn je složen ze tří válců s různou rychlostí otáčení. Štěrbínou mezi válci prochází tisková barva, dochází zde k rozetření pigmentu a jeho smáčení pojidlem. Následně se barvy plní do nádob.

1.1.3. Mechanismy zasychání tiskových barev

Velmi důležitou vlastností tiskových barev je způsob schnutí. Přejít barvy z tekutého stavu do tuhého stavu se nazývá zasychání. Výsledkem tohoto procesu je film, který obsahuje zafixované pigmenty na povrchu potiskovaného materiálu. O výsledném filmu nerozhoduje pouze tisková barva, ale i potiskovaný materiál [1, 3].

Pojiva a rozpouštědla ovlivňují způsob zasychání tiskových barev. Při fyzikálním mechanismu schnutí dochází k odstranění rozpouštědla z natištěného filmu odpařením nebo zapíjením do struktury porézního potiskovaného materiálu. Oxypolymerace, vytvrzování UV a EB zářením, kondenzace a jiné chemické reakce patří k chemickým mechanismům zasychání barev [1].

1.1.3.1 Penetrace tiskových barev

Penetrace neboli zasychání tiskových barev zapíjením se vyskytuje u novinového tisku a při tisku rychleschnoucími barvami [3]. Tyto barvy obsahují relativně nízkoviskózní rozpouštědla s nepatrnou těkavostí [1]. Využívají se především minerální oleje a estery vyšších mastných kyselin [1, 3].

Při styku tiskové barvy s papírem se zapíjí minerální olej s částí rozpuštěných filmotvorných látek. Dochází k oddělení pigmentů, které jsou zadrženy na povrchu papíru a jsou zafixovány částí filmotvorných látek [1, 3].

J. Bartoň [3] ve své publikaci popisuje problematiku rotačních barev. U rotačních barev může docházet k prorážení tiskové barvy na opačnou stranu potiskovaného materiálu. Je to způsobeno tím, že rotační barvy mají větší smáčivost (z důvodu rychlého tisku) a tím snadněji pronikají do papíru. Aby se zabránilo prorážení tiskové barvy, také se používají barvy obsahující cyklizovaný kaučuk. Kaučuk způsobuje, že při styku se substrátem vniká do jeho

povrchu pouze minerální olej a vysokomolekulární filmotvorná látka zůstává na povrchu a fixuje pigmenty obsažené v barvě. Tím dochází k vytvoření pevného filmu na potiskovaném materiálu a použitý minerální olej je použit v tak malém množství, že nedochází k prorážení tiskové barvy.

Rychlost penetrace je ovlivněna teplotou, porozitou potiskovaného materiálu a jeho fyzikálně chemickým charakterem [1, 3]. Tento proces zasychání tiskových barev je poměrně rychlý. Většina rozpouštědla se vsákne do materiálu během prvních pár sekund po styku tiskové barvy s potiskovaným materiálem [1].

1.1.3.2 Odpařování tiskových barev

Odpařováním zasychají tiskové barvy pro flexotisk a hlubotisk [1]. Flexotiskové a hlubotiskové barvy zasychají při zvýšené teplotě (ohřevem IČ zářením nebo horkým vzduchem). Tyto barvy obsahují těkavá organická rozpouštědla (ketony, toluen, alkoholy, estery atd.).

Odpařením rozpouštědla zasychají také heatsetové ofsetové tiskové barvy obsahující minerální oleje s teplotou varu 240-260 °C [1].

1.1.3.3 Oxypolymerace

Oxidací a síťovou polymerací zasychají tiskové barvy, které obsahují vysychavé rostlinné oleje [1]. Tiskové barvy zasychající oxypolymeračním mechanismem se využívají pro potisk nesavých materiálů (kovové fólie, polymerní fólie, celofán, plastické hmoty apod.) [1, 3].

Po nánosu tiskové barvy probíhá v pojídlech oxidace a polymerace a barva pozvolně houstne až do vzniku tuhé pružné hmoty, která zadržuje pigmenty na povrchu potiskovaného materiálu, jak uvádějí ve svých publikacích M. Kaplanová [1] a J. Bartoň [3]. Průběh oxypolymerace je poměrně složitý. Oxypolymerační zasychání tiskových barev je ovlivněno řadou faktorů. Aby reakce proběhla, musí být přítomný kyslík. Z toho důvodu je nutné zajistit přístup vzduchu k naneseným barvám.

Proces oxidace vysychavých olejů je proces exotermní a může být urychlen IČ zářením a horkým vzduchem [1, 3].

Rychlost zasychání ovlivňují použité pigmenty. Např. chromová žluť urychluje zasychání, na rozdíl od sazí, které zasychání zpomalují. Pro urychlení schnutí se používají různé druhy sušidel jako jsou sloučeniny kovů (kobalt), které působí jako katalyzátory síťované polymerace [3].

1.1.3.4 Vytvrzování barev UV a EB zářením

Vytvrzování UV barev a laků je založeno na kopolymeraci reaktivních oligomerů s monomery [1]. Fotoiniciátory při iniciaci absorbují energii ve formě UV záření a přecházejí do aktivního stavu. Může docházet k rozpadu aktivovaných molekul iniciátoru přímo na částice schopné zahájit polymeraci. Nebo může dojít ke vzniku takových částic až reakcemi aktivovaných molekul iniciátoru s koiniciátory nebo aktivátory a podle toho dochází k radikálovému, kationtovému nebo aniontovému mechanismu polymerace. V polygrafii se využívá radikálová UV polymerace (s akrylovými monomery) a kationtová UV polymerace (s epoxidovými či vinyletherovými monomery).

Druhy fotoiniciátorů popisuje J. Bartoň ve své publikaci [3]. Jako fotoiniciátory UV polymerace se využívají nenasycené polyestery. Důležité je, aby pojídlem byla látka schopná fotopolymerace. K urychlení polymerace se používají iniciátory a senzibilizátory jako jsou sulfochloridy, thiofenoly, deriváty akrudinů a organické peroxidy.

Při vytvrzování EB barev se využívá vysoké kinetické energie elektronů a tím dochází ke vzniku reaktivních částic tedy k vyvolání polymerace. Stupeň síťování mají EB barvy vyšší než UV barvy, tudíž nedochází k problémům s vytvrzením silnějších vrstev [1].

V polygrafii se využívá spíše UV vytvrzování než EB vytvrzování. Výhodou těchto mechanismů je vysoká rychlost schnutí a také dokonalé využití surovin. Veškerý materiál nanesený na substrát zůstává součástí vytvrzeného filmu [1].

1.1.4 Vlastnosti tiskových barev

Tiskové barvy mají širokou škálu vlastností, které určují jejich použitelnost a vhodnost v tiskovém procesu. Vlastnosti tiskových barev se dělí na fyzikální (reologické), optické a ostatní [8].

1.1.4.1 Reologické vlastnosti tiskových barev

Fyzikální vlastnosti tiskových barev neboli reologické vlastnosti jsou především viskozita a lepidivost [1, 3].

1.1.4.1.1 Viskozita

Každá tisková technika využívá barvu s odlišnou viskozitou. Viskozitě tiskových barev se věnuje M. Kaplanová [1] a J. Bartoň [3] ve svých publikacích a článek o složení tiskových barev [8]. Vysoce viskózní tiskové barvy se používají pro ofset a knihtisk, naopak nízkoviskózní barvy jsou flexotiskové a hlubotiskové. Dynamická viskozita je velikost vnitřního tření proudící tekutiny. Tisková barva je složena z molekul či atomů, které na sebe při pohybu ve směru vektoru rychlosti narážejí a tím vzniká vnitřní tření. Pastózní tisková barva neteče, chová se jako těleso. Až při působení fyzikálních sil na barvu např. při tření mezi válci, její viskozita klesá. Viskozita tiskové barvy má vliv na nárůst tiskového bodu a vyšší viskozita způsobuje menší hodnoty prorážení tiskové barvy do struktury papíru, ale zároveň může způsobovat vytrhávání vláken z papíru. Podle viskozity se dělí tekutiny na newtonovské kapaliny a nenevtonovské kapaliny.

Newtonovské kapaliny jsou označovány jako ideální kapaliny a platí pro ně Newtonova rovnice [1, 3, 8, 9, 10]. Mají konstantní hodnotu viskozity nezávislou na smykové rychlosti. Jejich toková křivka má lineární průběh. Mezi tyto kapaliny se řadí nízkomolekulární látky (např. rozpouštědla a ředidla tiskových barev) [10].

Tiskové barvy, viskózní roztoky či kapalné pryskyřice patří mezi nenevtonovské kapaliny [10]. Jejich viskozita se značí jako zdánlivá viskozita a mění se v závislosti na smykové rychlosti [1, 3, 8, 9, 10]. Pro popis těchto látek se musí stanovit celá toková křivka a podle jejího charakteru se dělí kapaliny na pseudoplastické, nebo dilatantní a neplatí pro ně Newtonova rovnice.

Tokové křivky newtonovských a nenevtonovských kapalin jsou zobrazeny na obrázku 1.

Zdánlivá viskozita pseudoplastických kapalin klesá se zvyšující se smykovou rychlostí [1, 3, 8, 10]. Tyto kapaliny vykazují určitou míru uspořádanosti nadmolekulárních struktur, které jsou rozrušovány při vyšších smykových rychlostech a molekuly jsou orientovány ve směru toku, čímž je usnadněno proudění [10].

U dilatantních kapalin zdánlivá viskozita roste se zvyšující se smykovou rychlostí [1, 3, 8, 10]. Makromolekuly a suspenzní částice se při vyšších rychlostech toku shlukují a tím si překážejí v pohybu. Při nízkých smykových rychlostech se vzájemně neovlivňují [10].

Plastické kapaliny obsahují navíc plastickou složku deformace, která se projevuje tím, že při malých smykových napětích nenastává tečení, ale plastická deformaci jako u tuhého tělesa [1, 3, 8, 10]. Až po překročení určité kritické hodnoty napětí (meze toku) začne kapalina téct

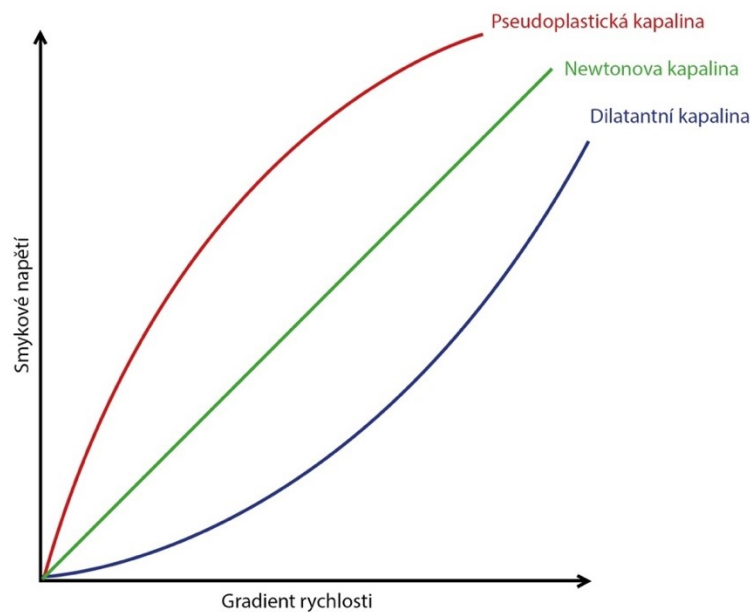
dilatantním nebo pseudoplastickým způsobem. Pokud se kapalina za mezí toku chová jako newtonovská, tak se označuje jako binghamská kapalina.

Organizovaná struktura v kapalinách může vznikat nebo být rozrušována v závislosti na čase [1, 3, 8, 10]. Podle toho rozdělujeme kapaliny na tixotropní nebo reopexní.

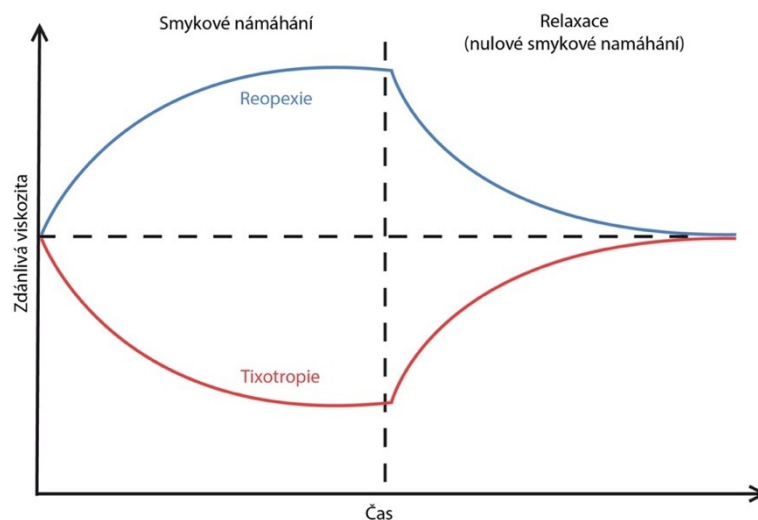
Když při konstantním namáhání zdánlivá viskozita klesá s dobou jeho působení a následně vzrůstá, pokud napětí přestane působit, jedná se o tixotropní kapalinu [1, 3, 8, 10]. Tyto tekutiny jsou v klidovém stavu ve formě gelu a při vysokých rychlostních gradientech jsou ve formě solů.

U reopexních kapalin zdánlivá viskozita roste s dobou, po kterou působí konstantní smykové napětí [1, 3, 8, 10]. Zdánlivá viskozita se snižuje po ukončení působení smykového napětí.

Tixotropní a reopexní chování kapalin je zobrazen na obrázku 2.



Obrázek 1: Toková křivka newtonovských a neneutronovských kapalin [9]



Obrázek 2: Závislost zdánlivé viskozity na čase u kapalin vykazující tixotropní a reopexní chování [11]

Ofsetové tiskové barvy jsou pseudoplastické kapaliny s mezí toku, které můžeme hodnotit podle následující Cassonovy rovnice 1 [10].

$$\tau^{\frac{1}{2}} = \eta_{\infty}^{\frac{1}{2}} \cdot D^{\frac{1}{2}} + \tau_M^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

τ – smykové napětí [Pa]

η_{∞} – viskozita při nekonečné smykové rychlosti [Pa·s]

D – smyková rychlost [s^{-1}]

τ_M – mez toku [Pa]

Pro hodnocení barev jsou důležitými parametry mez toku (τ_M) a viskozita při nekonečné rychlosti (η_{∞}) [10]. Tyto parametry charakterizují chování barev při tisku v závislosti na jejich složení. Mez toku popisuje chování tiskové barvy v barevnici tiskového stroje, kde je relativně v klidu a je vystavena jen malé smykové rychlosti. Mez toku tiskových barev také určuje tloušťku barvového filmu, který se bez stékaní udrží na vertikálním povrchu. Viskozita při nekonečné rychlosti popisuje chování tiskové barvy mezi rotujícími válci barevníku a její chování při přenosu na potiskovaný materiál, kdy dochází k rozrušení vnitřní struktury vlivem vysoké smykové rychlosti.

1.1.4.1.2 Lepivost

Lepivost tiskových barev je práce potřebná pro rozštěpení tiskové barvy mezi válci. Lepivost barvy roste s viskozitou barvy a klesá s rychlostí rotace barvových válců a s teplotou. Při tisku „mokrá do mokré“ je důležité, aby lepivost po sobě jdoucích barev klesala a nedocházelo ke zpětnému přenosu tiskové barvy z papíru na tiskový válec [8].

1.1.4.2 Optické vlastnosti tiskových barev

Optické vlastnosti tiskových barev ovlivňují vizuální vjem výsledné tiskoviny. Tisk využívá barvy procesní (barvotiskové, škálové, výtažkové) a barvy integrovaných mísicích systémů (HKS, Pantone) a další pestré barvy. Důležitými optickými vlastnostmi tiskových barev jsou vydatnost, světlostálost, transparence, opacita a lesk [8].

1.1.4.2.1 Vydatnost tiskové barvy

Vydatnost tiskové barvy popisuje článek zabývající se vlastnostmi tiskových barev [8]. Vydatnost je schopnost tiskové barvy při co nejmenším nánosu barvového filmu dosáhnout požadované optické hustoty. Vydatnost se vyjadřuje velikostí potisknuté plochy materiálu 1 g tiskové barvy. Tato vlastnost tiskových barev ovlivňuje barvovou odchylku ΔE .

1.1.4.2.2 Světlostálost tiskové barvy

Tiskoviny podléhají působení chemických, fyzikálních i biologických vnějších vlivů a tím dochází ke změně odstínu, změně lesku, praskání či loupání barvy. Světlostálost tiskové barvy je ovlivněna UV zářením, které způsobuje největší barevné změny [1, 8].

Světlostálost tiskových barev je důležitá u tiskovin, které přicházejí do styku s přímým slunečním zářením např. exteriérové tištěné reklamy. Při nízké světlostálosti dochází k blednutí, změně barevného odstínu, změně jasu a sytosti či žloutnutí barvového filmu na tiskovině [1]. K hodnocení světlostálosti se používá stupnice 1–5 nebo 1–8. Barvy s vysokou světlostálostí jsou hodnoceny číslem 5 nebo 8 [1, 8].

1.1.4.2.3 Transparence a opacita

Transparenci popisuje článek o vlastnostech tiskových barev [8] a uvádí, že transparence je mírou propustnosti látky tedy hustota světelného toku po průchodu látkou podělena hustotou světelného toku dopadajícího na těleso. Světelný tok je míra světelné energie, která vychází ze světelného zdroje. Hustota světelného toku je většinou odlišná před a po průchodu materiálem. Před průchodem materiálem bývá větší, protože část se pohltí tělesem. Transparence tiskových barev vyjadřuje míru propustnosti světla skrz barvovou vrstvu. Převrácenou hodnotou transparence je opacita. Opacita tiskových barev vyjadřuje schopnost překrýt barvu jinou barvou [8]. Míru opacity, respektive transparenci tiskové barvy ovlivňuje tloušťka barvové vrstvy, velikost částic pigmentů a jejich koncentrace [1]. Procesní barvy CMY musejí mít vyšší míru transparence, aby docházelo k subtraktivnímu mísení barev a nedocházelo k tisku změněného odstínu [1, 8].

1.1.4.2.4 Lesk tiskové barvy

Lesk je schopnost povrchu tělesa odrážet dopadající paprsky světla, jak je uvedeno v článku zabývajícím se vlastnostmi tiskových barev [8] a v literatuře M. Kaplanové [1]. Lesk se dělí na kovový (kovy a sulfidy), polokovový (průsvitné materiály s vysokou odrazivostí) a nekovový (průhledné a průsvitné materiály). Pro měření lesku se využívají leskoměry, které obsahují světelný zdroj, který osvítí povrch materiálu. Poté přístroj vyhodnotí lesk z množství odražených paprsků. Referenční plochou měření lesku je černá skleněná destička, která je 100% lesklá. Když je na měřené ploše povrchu naměřena hodnota lesku menší než 6 %, je materiál vyhodnocen jako matný. Pokud je hodnota lesku mezi 6 a 30 %, materiál je polomatný. Vysoce lesklé materiály mají hodnotu lesku nad 70 %.

Lesk tiskových barev je schopnost tiskové barvy odrážet dopadající světelné paprsky. Závisí na hladkosti povrchu barvového filmu po zaschnutí. Tato vlastnost barev je ovlivněna povrchem potiskovaného materiálu (hladkost), mírou nasákavosti jeho povrchu, dále velikostí a tvarem pigmentových částic, množstvím pojiv v tiskové barvě a mechanismem zasychání tiskových barev [1, 8].

1.1.4.3 Ostatní vlastnosti tiskových barev

Publikace zabývající se vlastnostmi tiskových barev [1, 5, 8] uvádějí, že podle účelu tiskoviny a potiskovaného materiálu se volí tiskové barvy, které mají požadované vlastnosti. Tiskoviny, které přicházejí do styku s žíravinami (obaly na mýdla, sodu, čisticí prostředky) jsou tištěny barvami, které jsou stálé proti alkáliím. Dále tiskové barvy pro potisk obalů na potraviny musí splňovat mnoho kritérií jako stálost vůči tukům (obaly na máslo a sýry), odolnost vůči kaseinu (obaly na sýry), dále nesmí být barvy jedovaté a škodlivé lidskému zdraví a také tiskové barvy nesmí mít silný zápach. Další vlastností tiskových barev je stálost proti parafinu (kelímky na nápoje) a stálost proti teplu (potisk plechu).

Důležitou vlastností tiskových barev pro tiskaře je rychlost schnutí, která se dá ovlivnit přidávkem sušidel. Krycí schopnost může tiskař ovlivnit přidávkem krycích bělob. Další vlastností tiskových barev je odolnost vůči otěru, tendence k obtahování a lepení a tvoření škraloupů [1, 5, 8].

1.1.5 Ofsetové tiskové barvy

Ofsetový tisk je nepřímou tiskovou technikou a nanáší na potiskovaný materiál nejnižší tloušťku přeneseného barvového filmu (suchý film 1–2 μm), jak popisuje literatura M. Kaplanové [1]. Ofsetové tiskové barvy jsou pastózní (zdánlivá viskozita 2–100 Pas) a vykazují pseudoplastické a tixotropní chování. Kvůli přenosu tenkého filmu barvy musí mít velký podíl

pigmentů. Kapalně složky ofsetové barvy nesmějí být těkavé za normální teploty nebo mírně zvýšené teploty, aby nedocházelo k jejímu zasychání na válcích barevníku nebo na tiskové formě.

Ofsetový tisk s vlhčením využívá tiskové barvy, které při tisku přijímají vlhčící roztok a vytvářejí stabilní emulzi typu voda v oleji. Při tiskové ofsetové technologii bez vlhčení se do tiskových barev přidává silikonový olej, aby nedocházelo k zabarvení netisknoucích míst. Pro tisk čtyřmi procesními barvami se vyžadují barvy s dobrou přijímatelstím barev při přetisku [1].

Rozdíly mezi archovými a kotoučovými ofsetovými barvami jsou v jejich recepturách a fyzikálních vlastnostech [1]. Kotoučové barvy vykazují nižší zdánlivou viskozitu než archové barvy a novinové barvy mají nižší zdánlivou viskozitu než heatsetové barvy. Heatsetové barvy pro kotoučový tisk zasychají působením horkého vzduchu nebo IČ záření a používají se pro tisk natíraných papírů. Coldsetové barvy zasychají při pokojové teplotě a jsou to barvy např. pro tisk novin. Obsah jednotlivých složek ofsetových kotoučových a archových tiskových barev je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Obsah složek ofsetových tiskových barev [3]

Složka	Kotoučový ofset		Archový ofset [%]
	Heatset [%]	Coldset [%]	
Pigment	10–20	10–20	10–20
Tvrdé pryskyřice	20–30	5–20	25–35
Alkydové pryskyřice	5–15	0–5	5–15
Minerální olej	20–40	30–55	0–30
Rostlinný olej	0–10	(30–55)	30–0
Aditiva	8–10	1–5	8–12
Sušící prostředky	–	–	1–8

Na ofsetové tiskové barvy je kladeno velké množství odlišných požadavků. Z tohoto důvodu byla vyvinuta řada ofsetových barev např. univerzální barvy pro natíraný i nenatíraný papír, barvy pro kotoučový tisk na různé typy papírů, vysoce lesklé barvy na leskle natíraný papír, UV barvy pro obalový tisk, barvy pro ofset bez vlhčení atd. [1].

Ofsetové barvy se dodávají v různých úpravách. Aby archové barvy nezasychaly v barevníku při tisku nebo na tiskové formě, tak obsahují antioxidanty. Tyto barvy se označují semifresh nebo fresh a mají delší dobu zasychání [1].

1.1.6 Ekologické tiskové barvy

Článek zabývající se odpady v polygrafii [12] upozorňuje na problém polygrafické výroby, což je různorodost produkovaného odpadu. Složení odpadů tiskáren je rozdílné v závislosti na jejich zaměření. Avšak každá tiskárna musí řešit nakládání se zbytky tiskových barev. Větší tiskárny využívají dodavatelský způsob získávání tiskových barev. Tiskové barvy jsou dodávány ve velkých barelech, které se po vypotřebování vrací výrobci, tudíž je zodpovědnost za zpracování zbylých tiskových barev na dodavatelské firmě. Menší tiskárny mají dvě zákonné možnosti nakládání s odpady. Mohou se sami zbavovat odpadu – zajistí odvoz odpadu a jeho

odstranění povoleným způsobem. Nebo si mohou zajistit firmu, která má oprávnění na zacházení s odpadem a veškerá zodpovědnost za odstraňování spadá na tuto firmu.

Tiskové barvy jsou zahrnuty do skupiny 08 03 (odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání tiskařských barev) podle katalogu odpadů. Odpady jsou dále rozděleny na odpadní tiskařské barvy, kaly tiskařských barev, vodné kaly obsahující tiskařské barvy, vodné kapalné barvy [12].

Při výrobě tiskových barev by měl být brán ohled na životní prostředí. Každá tisková technika má jiné složení tiskových barev. Z toho důvodu se liší charakter odpadu tiskových barev a jejich obsah nebezpečných látek. Běžně používané tiskové ofsetové barvy zatěžují životní prostředí a některé mohou škodit i lidskému zdraví.

Jak uvádí článek zabývající se trendy v oblasti tiskových barev [13], s vývojem nových výrobních tiskových technologií je důležitý i vývoj tiskových materiálů, z nichž jsou největší nároky kladeny na tiskové barvy, papíry a všechny potiskované substráty. V poslední době je kladen velký důraz na vývoj nových výrobních systémů barev, které mají větší světlostálost, rychlejší zasychání a jiné vylepšené barvové vlastnosti, ale také se zvyšují požadavky na ekologii. I když se v dnešní době využívá ve velké míře elektronické publikování, tak se stále využívají tištěné obaly, knihy, noviny a časopisy, etikety atd., které nelze elektronicky nahradit.

Proces tisku, výroba tiskových substrátů a výroba barev se nedá označit za ekologický proces. Z tohoto důvodu by se mělo změnit složení tiskových barev, aby v tak velké míře negativně neovlivňovalo životní prostředí.

Jak je uvedeno v článku o ofsetových barvách [14], při výrobě ofsetových barev se používají vysychavé rostlinné oleje a nevysychavé ropné minerální oleje. Výběr oleje souvisí s použitým typem pryskyřice a s požadovanými vlastnostmi tiskové barvy.

Standardní barva pro archový ofsetový tisk obsahuje 32–45 % minerálního a rostlinného oleje [1]. Aby byly barvy ekologičtější, mohou být minerální oleje nahrazeny rostlinnými oleji [15] například slunečnicovým olejem [16], olejem z hroznových semen [16], sójovým olejem [14, 15], lněným olejem [14] nebo palmovým olejem [17]. Alkydové pryskyřice mohou být nahrazeny přírodními pryskyřicemi jako je Pinus Pinaster [18].

Při porovnání tiskových barev obsahujících obnovitelné rostlinné oleje nebo přírodní pryskyřice s běžně používanými ofsetovými barvami bylo zjištěno, že tyto ekologičtější tiskové barvy mají rozdílné tiskové vlastnosti než konvenční ofsetové barvy [16, 18]. Ve studii [18] byla testována barva s pryskyřicí Pinus Pinaster a ta vykazovala vysoké hodnoty lepivosti na rozdíl od konvenčních ofsetových barev, tudíž by musel být přidán do barvy i minerální olej, který by upravil její vlastnosti. Dále ve studii [14] bylo zjištěno, že barvy obsahující rostlinné oleje mají vyšší lesk a lepší světlostálost než běžně používané ofsetové barvy.

Všechny složky ofsetových barev nemůžeme nahradit přírodními surovinami, například organické pigmenty nelze nahradit, takže není možné vytvořit ofsetovou barvu, která by obsahovala pouze přírodní a znovu obnovitelné látky [15]. Avšak je možné vytvořit ofsetovou barvu, která po vytištění na papír, který je možno recyklovat, nebude činit problémy s recyklací papíru a bude možné snadněji čistit tiskový stroj od tiskové barvy přípravky, které neobsahují tak velké množství těkavých látek jako přípravky používané pro čištění běžných ofsetových barev [14, 18].

Z ekologického hlediska musí být brán ohled i na zpracování přebytečných tiskových barev. Zbytkové tiskové barvy patří do nebezpečného odpadu a jsou určeny k likvidaci ve spalovnách nebo se ukládají na skládky nebezpečného odpadu [12]. Tento proces odstranění přebytečných barev je neekologický, proto je v dnešní době snaha o výrobu recyklovaných barev, které se připravují z těchto zbytkových barev [4].

1.2 Tenké tiskové papíry

Tiskové papíry se rozlišují podle plošné hmotnosti na papír (plošná hmotnost do 150 g/m²), karton (plošná hmotnost od 150 g/m² do 250 g/m²) a lepenku (plošná hmotnost větší než 250 g/m²) [1, 3, 4]. Tenké tiskové papíry mají nízkou plošnou hmotnost (25–60 g/m²).

Podle publikací [3, 4, 19] se tiskové papíry mohou dělit podle podílů jednotlivých typů vlákniny a povrchové úpravy. Papír obsahující maximálně 5 % dřevnatých vláken je označován za bezdřevý papír. Střednějemné papíry jsou vyrobeny ze směsi dřevoviny a buničiny, obsah dřevoviny je maximálně 50 %. Avšak v současné době se tento druh papíru takto neoznačuje a používá se pouze rozlišení „bzdřevý“ nebo „dřevitý“ papír. Tabulka 2 uvádí využití dřevitých a bezdřevých papírů.

Tabulka 2: Dělení grafických papírů a jejich využití [19]

Dřevité papíry		Bzdřevé papíry	
Nenatírané	Natírané	Nenatírané	Natírané
Novinové papíry	ULWC papíry – tenké, lehce natírané papíry	Ofsetové papíry	LOWC papíry – lehce natírané papíry pro kotoučový tisk
Voluminózní papíry	LWC papíry – silnější, lehce natírané	Hlubitiskové papíry	MWC papíry – středně natírané papíry
SCR – Superkalandrované hlubitiskové papíry	MWC papíry – středně natírané papíry	Voluminózní papíry	HWC papíry – silně natírané papíry pro archový ofset
SCO – Superkalandrované ofsetové kotoučové papíry	grafické papíry s malým podílem recyklovaného papíru	Tenké tiskové papíry	Tenké tiskové papíry

Práce A. Svobodové [20] uvádí, že tenké tiskové papíry patří do kategorie bezdřevých papírů a mohou být bez povrchové úpravy tedy nenatírané nebo s povrchovou úpravou natírané. Tyto papíry obsahují sulfátovou buničinu, která se rozděluje na krátkovláknitou sulfátovou buničinu a dlouhovláknitou sulfátovou buničinu. Poměr těchto sulfátových buničin závisí na plošné hmotnosti tenkých papírů. Papíry s nízkou plošnou hmotností mají poměr buničin 50:50. Poměr krátkovláknité sulfátové buničiny může být navýšen až na 70 % a tím dochází ke zvýšení plošné hmotnosti papíru.

Aby bylo při nízké plošné hmotnosti tenkých tiskových papírů dosaženo dostatečné opacity (okolo 90 %), přidávají se do papíru plnidla jako je kaolín, srážený uhličitán vápenatý či hydroxid hlinitý, jak je uvedeno v diplomových pracích [20, 21]. Plnidla pozitivně ovlivňují kromě opacity i bělost a uzavřenost povrchu papíru. Aby bylo dosaženo potřebné bělosti papíru, přidávají se do tenkých papírů barviva a opticky zjasňující prostředky, které zvyšují bělost při denním osvětlení.

Výhodou tenkých tiskových papírů je vysoká pevnost v tahu, kvalitní povrchová úprava a potiskovatelnost běžnými tiskovými technikami (ofset, hlubitisk, flexotisk) i digitálním tiskem [22]. Další pozitivní vlastností tenkých tiskových papírů je vytvářet velké množství skladů. Tato vlastnost je využita u tenkých papírů používaných pro tisk příbalových letáků, kdy naskládaný papír má minimální objem složeného archu. Dále se tenké papíry používají pro tisk letáků, diářů, skript, učebnic, slovníků, encyklopedií, jízdných řádů, biblí, náboženské literatury a dalších [21].

1.3 Interakce papíru a tiskové barvy

Interakce papíru a tiskové barvy ovlivňuje tiskovou kvalitu, jak uvádí J. Gebrtová ve své práci [23]. Pro dosažení kvalitní produkce se musí podle typu tisku vhodně zvolit tiskový papír a tisková barva, aby byla zajištěna vhodná adheze tiskové barvy k papíru, rychlé a dokonalé zasychání tiskové barvy. Vhodné je, aby pojídlo s pigmentem zůstávalo na povrchu potiskovaného materiálu a tam bylo v tenké vrstvě rovnoměrně rozloženo. Následkem pórovité struktury papíru dochází k penetraci oleje a pigmentů do papíru. Tím se část pigmentu z povrchu papíru dostává do jeho struktury a barva může být viditelná na opačné straně papíru, tedy může docházet k prorážení tiskové barvy [1, 3, 24].

Ofsetová tisková barva je při tisku přenášena za pomoci tlaku v nipu na potiskovaný papír [1]. Tím dochází ke vtlačování barvy do struktury papíru. Interakce papíru a tiskové barvy je ovlivněna kapilárním systémem papíru. Když barva penetruje do kapilár papíru, dochází k laminárnímu toku, který je popsán Hagenovým a Poiseilleovým zákonem – objemový tok viskózní tekutiny při laminárním proudění trubici kruhového průřezu je přímo úměrný tlakovému spádu a čtvrté mocnině poloměru trubice a je nepřímo úměrný dynamické viskozitě [25]. Následující rovnice (2) popisuje Hagen Poiseilleův zákon.

$$Q_v = \frac{\pi r^4}{8\eta} \cdot \frac{\Delta p}{l} \quad (2)$$

Q_v – objemový tok tekutiny v trubici

r – poloměr trubice

Δp – rozdíl tlaků na začátku a konci trubice

η – viskozita tekutiny

l – délka trubice

Díky kapilárnímu tlaku dochází k absorpci tiskové barvy i po opuštění nipu, tedy když už nepůsobí tiskový tlak [1]. V nipu působí také kapilární síly, ale jejich velikost je nevýznamná ve srovnání s tiskovým tlakem. Kapilární tlak je přímo úměrný povrchovému napětí tiskové barvy a je nepřímo úměrný poloměru kapilár ve struktuře papíru.

Interakce papíru a tiskové barvy je také ovlivněna povrchovými úpravami tiskových papírů [23]. Nenatírané papíry mají otevřený a nerovný povrch, který je tvořen póry a kapilárami. Pro rovnoměrné vybarvení je potřeba u těchto papírů nanášet větší objem tiskové barvy, což má za následek vyšší hodnoty prorážení tiskové barvy a delší zasychání. Hladkost papíru ovlivňuje příjem tiskové barvy. Hladký povrch papíru zlepšuje kontakt tiskové formy s povrchem papíru. Klížené papíry mají nižší penetraci než neupravené papíry. Natírané papíry mají odlišný povrch. Povrchová struktura papíru je uzavřena vrstvou nátěru. Při nanesení tiskové barvy zůstává pigment na povrchu papíru a neproniká do jeho pórů.

Kromě penetrace tiskové barvy do papíru dochází důsledkem tlaku také k roztékání tiskové barvy po povrchu potiskovaného papíru [1].

1.4 Prorážení tiskové barvy

Prorážení tiskové barvy definují Y. Yang [26] a M. Hoc [24] ve svých výzkumech jako negativní jev, ke kterému může docházet při potiskování papíru. Prorážení tiskové barvy ovlivňuje kvalitu tisku, zejména u oboustranného tisku. Tisková barva je nanesena v tiskovém stroji na papír a následně proniká do jeho pórovité struktury. Prorážení tiskové barvy spočívá v tom, že barva natisknutá na jednu stranu papíru proniká nadměrně do jeho pórovité struktury směrem k protilehlé straně papíru. Tento jev způsobuje vzájemné rušení grafických informací zobrazených na obou stranách papíru. Pokud jsou hodnoty prorážení tiskové barvy příliš vysoké, zhoršuje se tisková kvalita na zadní straně tiskoviny a může docházet ke zhoršení

čitelnosti tištěné informace. Když je na protilehlé straně papíru obrazová informace, tak se ve světlých částech snižuje čistota obrazu. Nejvíce okem viditelné prorážení tiskové barvy je, pokud je tištěn tučný řez písma nebo jsou tištěny velké plochy (tmavé obrazy s plnou plochou). M. Hoc [24] ve své publikaci uvádí, že prorážení tiskové barvy může být ovlivněno různými faktory souvisejícími jak s vlastnostmi papíru, tak s vlastnostmi tiskové barvy, tloušťkou vrstvy tiskové barvy a podmínkami tisku. Dá se vyjádřit jako důsledek tří jevů: průsvitností papíru, separace a penetrace rozpouštědla tiskové barvy (oleje) do struktury papíru a penetrace pigmentů tiskové barvy do struktury papíru.

Celková hodnota prorážení tiskové barvy se stanoví podle normy *SCAN-P 36:02* [27] výpočtem z následující rovnice 3.

$$PT = \log \frac{R_{\infty B}}{R_{PB}} \quad (3)$$

PT – prorážení tiskové barvy

$R_{\infty B}$ – světelný činitel odrazu spodní strany nepotíštěného papíru měřený na opacitní vrstvě papíru

R_{PB} – světelný činitel odrazu spodní strany potíštěného papíru měřený na opacitní vrstvě papíru

Práce Ž. Krčmářové [28] se zabývá hodnocením vlivu vlastností papíru na prorážení tiskové barvy. Tiskové papíry s malou tloušťkou vykazují vyšší hodnoty prorážení tiskové barvy než papíry s vyšší tloušťkou. Prorážení tiskové barvy ovlivní opacita papíru a koeficient rozptylu světla. Když jsou tyto dvě vlastnosti papíru vyšší, tak se snižuje prorážení tiskové barvy. Dále je důležitá drsnost papíru. Vysoká drsnost papíru způsobuje nerovnoměrné pokrytí tiskovou barvou, a tudíž dochází k rozdílným hodnotám prorážení tiskové barvy v různých místech papíru. Tím je vyvolán rušivější dojem, než když jsou hodnoty prorážení tiskové barvy vysoké, ale ve všech místech konstantní.

V práci T. Drnovcové [29] byl testován vliv podmínek tisku na prorážení tiskové barvy. Byl testován vliv tiskového tlaku, tiskové rychlosti a množství barvy nanesené na potiskovaný materiál. Hodnoty prorážení tiskové barvy se zvyšují se zvyšujícím se tiskovým tlakem. Zvýšení tiskové rychlosti způsobuje snížení prorážení tiskové barvy. Při zvyšování množství tiskové barvy se hodnoty prorážení barvy zvyšují.

1.4.1 Vliv tiskové barvy na její prorážení

Tisková barva je parametrem ovlivňujícím prorážení tiskové barvy, jak uvádí články [1, 3, 24]. Tisková barva musí být zvolena tak, aby vyhovovala použité tiskové technologii, potiskovanému materiálu a charakteru tiskoviny. Při hodnocení prorážení tiskové barvy z hlediska vlivu tiskové barvy musí být brán ohled i na vliv tiskové technologie, vliv tiskových podmínek a vliv potiskovaného materiálu.

První z vlastností, která ovlivňuje prorážení tiskové barvy, je její viskozita. Barva s vyšší viskozitou bude vykazovat menší hodnoty prorážení tiskové barvy, protože nebude snadno pronikat kapilárním systémem struktury papíru. Každá tisková technika požaduje tiskovou barvu s pro ni charakteristickou viskozitou. Proto není možné využívat při ofsetovém tisku viskóznější barvu, než je doporučeno, i když by bylo s touto barvou dosaženo nižších hodnot prorážení. Viskozita tiskové barvy ovlivňuje i jiné parametry tiskoviny jako je např. optická hustota a nárůst tiskového bodu [1, 3, 5, 9].

Prorážení tiskové barvy je dále ovlivněno množstvím tiskové barvy nanesené na papír [24]. Tiskové papíry se navzájem liší v přijímavosti tiskové barvy, to je v množství barvy potřebné k dosažení určité hodnoty optické hustoty tisku. Rozdílné množství barvy nanášené na různé papíry k dosažení dané hodnoty optické hustoty tisku se tedy projeví ve změně hodnot prorážení tiskové barvy. Z toho důvodu se doporučuje provádět hodnocení prorážení tiskové barvy

na různých papírech buď při stejné hodnotě optické hustoty tisku, nebo při stejném množství přenesené barvy.

Množství tiskové barvy přenesené na papír může negativně ovlivnit prorážení u vícebarevného tisku [30], kde je množství nanesené barvy vyšší než u jednobarevného tisku. Při tisku několika vrstev barvy na sebe roste také množství kapalných rozpouštědel, která jsou z barvy separována a odvedena do struktury papíru, díky čemuž se zvyšuje hodnota prorážení tiskové barvy.

Tisková barva, která představuje disperzi pigmentů v pojidle s dalšími aditivami, je při tisku vtlačována do struktury papíru [24]. Když papír opouští nip tiskového stroje, začíná se uplatňovat kapilární systém papíru. Rozpouštědlo (olej) se odděluje z tiskové barvy a penetruje do struktury papíru. Spolu s olejem proniká do struktury papíru i malé množství pigmentů. Penetrace oleje a pigmentů je ovlivněna velikostí pigmentů a pórů v papíru. Pigmenty, které jsou menší než póry papíru, pronikají do struktury papíru spolu s rozpouštědlem a mohou být pozorovatelné na opačné straně papíru. Větší pigmenty zůstávají na povrchu a jsou zafixované filmotvornými látkami tiskových barev. [1, 3, 9, 24].

Prorážení tiskové barvy je výsledkem tří rozdílných fyzikálních faktorů [31, 33]: průsvitnosti papíru, separace a penetrace rozpouštědla a penetrace pigmentů. Celková hodnota prorážení tiskové barvy (PT) je tedy dána součtem tří složek, které jsou uvedeny v rovnici 4 a způsob měření jednotlivých činitelů odrazu znázorňuje obrázek 3 [24].

$$PT = PT_{ST} + PT_{VS} + PT_{PP} = \log \frac{R_{\infty}}{R_0} + \log \frac{R_{qx}}{R_q} + \log \frac{R_x}{R_{qx}} \quad (4)$$

PT – celkové prorážení tiskové barvy

PT_{ST} – prorážení tiskové barvy vlivem průsvitnosti papíru

PT_{VS} – prorážení tiskové barvy vlivem oddělení a penetrace oleje z tiskové barvy

PT_{PP} – prorážení tiskové barvy vlivem penetrace pigmentů z tiskové barvy

R_{∞} – světelný činitel odrazu nepotíštěného papíru naměřený na opacitní vrstvě papíru

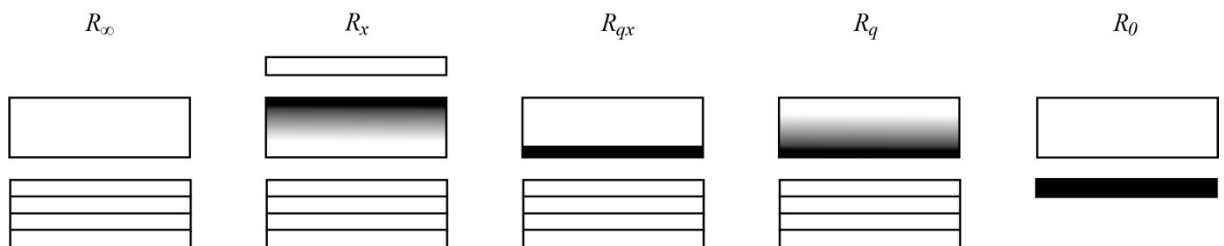
R_0 – světelný činitel odrazu nepotíštěného papíru naměřený na černé podložce

R_x – světelný činitel odrazu nepotíštěného papíru položeného na potíštěném papíru a naměřený na opacitní vrstvě papíru

R_q – světelný činitel odrazu zadní strany potíštěného papíru naměřený na opacitní vrstvě papíru

R_{qx} – světelný činitel odrazu zadní strany potíštěného papíru po extrakci oleje naměřený na opacitní vrstvě papíru

První složka (PT_{ST}) je ovlivněna optickými vlastnostmi papíru, zatímco druhá (PT_{VS}) a třetí (PT_{PP}) jsou ovlivněny penetrací tiskové barvy [24].



Obrázek 3: Schématické znázornění způsobu měření jednotlivých světelných činitelů odrazu [24].

Minerální olej má přibližně stejný index lomu jako celulósová vlákna, což znamená, že když olej penetruje mezi vlákna a do vláken, struktura papíru se stává více transparentní [24]. Čím větší množství oleje se oddělí z tiskové barvy a vyplňuje póry vláknité struktury, tím větší je efekt prorážení tiskové barvy. Olej absorbovaný ve struktuře papíru snižuje opacitu papíru, a tudíž ovlivňuje prorážení barvy. Jelikož minerální olej je prakticky bezbarvý, neovlivní to

absorpci světla a snížení opacity může být tedy vysvětleno výhradně změnou koeficientu rozptylu světla.

Složka prorážení tiskové barvy ovlivněná separací oleje může být stanovena při extrakci oleje z potišťeného papíru. Reflektance měřená před extrakcí R_q a po extrakci R_{qx} může být potom použita k výpočtu složky PT v důsledku separace rozpouštědla – oleje PT_{VS} . Prorážení tiskové barvy vlivem oddělení a penetrace oleje z tiskové barvy se vypočítá podle vztahu 5.

$$PT_{VS} = \log \frac{R_{qx}}{R_q} \quad (5)$$

PT_{VS} – prorážení tiskové barvy vlivem oddělení a penetrace oleje z tiskové barvy

R_{qx} – světelný činitel odrazu zadní strany potišťeného papíru po extrakci oleje naměřený na opacitní vrstvě papíru

R_q – světelný činitel odrazu zadní strany potišťeného papíru naměřený na opacitní vrstvě papíru

Částice pigmentů s průměrnou velikostí 2–5 μm nejsou schopny dostat se spolu s olejem do struktury papíru a převážně zůstávají v povrchové vrstvě. Pigmentové částice zůstávají na povrchu nejen kvůli jejich velikosti, ale také proto, že velmi snadno tvoří větší agregáty, a tudíž se obtížně dostávají spolu s olejem do struktury papíru. K penetraci pigmentů dochází pravděpodobně v důsledku lineárního tlaku aplikovaného v nipu k zajištění přenosu barvy z válce na papír. Penetrace pigmentů může být stanovena ze vztahu 6.

$$PT_{PP} = \log \frac{R_x}{R_{qx}} \quad (6)$$

PT_{PP} – prorážení tiskové barvy vlivem penetrace pigmentů z tiskové barvy

R_x – světelný činitel odrazu nepotišťeného papíru položeného na potišťeném papíru a naměřený na opacitní vrstvě papíru

R_{qx} – světelný činitel odrazu zadní strany potišťeného papíru po extrakci oleje naměřený na opacitní vrstvě papíru

Jelikož pigmenty absorbují světlo, silná penetrace pigmentů by měla velký vliv na prorážení tiskové barvy. Nicméně pigmenty jsou většinou zachyceny ve vrchních vrstvách papíru a v penetraci hlouběji do papíru pokračuje pouze olej. Jelikož penetrace pigmentů je malá, složka PT_{PP} ovlivňuje celkovou hodnotu PT méně než ostatní 2 složky.

Hodnocením jednotlivých složek prorážení tiskové barvy se ve své studii [33] zabýval také Mäkinen. Stejně jako Hoc [24] vychází při stanovení prorážení tiskové barvy z normy *SCAN-P 36:02* [7]. Celkovou hodnotu prorážení tiskové barvy PT rozděluje na dvě složky podle následujícího vztahu 7.

$$PT = PT_{op} + PT_{pen} \quad (7)$$

PT – celkové prorážení tiskové barvy

PT_{op} – prorážení tiskové barvy ovlivněné opacitou papíru

PT_{pen} – prorážení tiskové barvy ovlivněné penetrací složek tiskové barvy do papíru

Složka PT_{op} je ovlivněna opacitou papíru a můžeme ji stanovit z rovnice 8.

$$PT_{op} = \log \frac{Y_{\infty}}{Y_c} \quad (8)$$

PT_{op} – prorážení tiskové barvy ovlivněné opacitou papíru

Y_{∞} – světelný činitel odrazu nepotišťeného papíru naměřený na opacitní vrstvě papíru

Y_c – světelný činitel odrazu nepotišťeného papíru položeného na potišťeném papíru a naměřený na opacitní vrstvě papíru

Složka PT_{pen} je ovlivněna penetrací složek tiskové barvy do papíru a můžeme ji stanovit ze vztahu 9.

$$PT_{pen} = \log \frac{Y_c}{Y_r} \quad (9)$$

PT_{pen} – prorážení tiskové barvy ovlivněné penetrací složek tiskové barvy do papíru

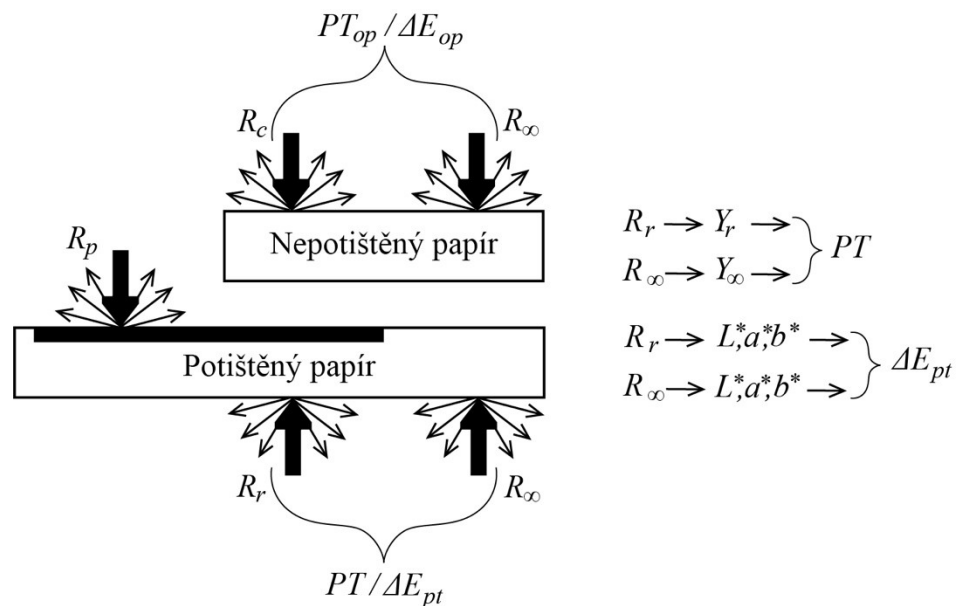
Y_c – světelný činitel odrazu nepotíštěného papíru položeného na potíštěném papíru a naměřený na opacitní vrstvě papíru

Y_r – světelný činitel odrazu zadní strany potíštěného papíru naměřený na opacitní vrstvě papíru

Hodnocení prorážení tiskové barvy na základě světelného činitele odrazu je vhodné pro tisk černou barvou na bílý papír. V případě barevného tisku nebo tisku na barevné papíry toto měření nedokáže postihnout barevnou změnu, ke které v důsledku prorážení dochází, proto je vhodnější hodnocení provádět na základě měření barvové odchylky ΔE .

Obdobně jako u výše uvedeného hodnocení s využitím světelného činitele odrazu je potom ΔE_{op} definováno jako barvová odchylka mezi potíštěnou a nepotíštěnou plochou, která je měřena přes nepotíštěný arch papíru a měření je prováděno na opacitní vrstvě papíru a jedná se o složku prorážení tiskové barvy, která je ovlivněna opacitou papíru.

Hodnota ΔE_{pt} , která vyjadřuje celkovou hodnotu prorážení tiskové barvy, je definována jako barvová odchylka spodní strany potíštěné a nepotíštěné plochy papíru, která je měřena na opacitní vrstvě papíru, jak je znázorněno na obrázku 4. Prorážení tiskové barvy se potom stanoví z rovnice 10.



Obrázek 4: Schématické znázornění způsobů měření jednotlivých metod hodnocení prorážení tiskové barvy [33].

$$\Delta E_{pt} = \Delta E_{op} + \Delta E_{pen} \quad (10)$$

ΔE_{pt} – barvová odchylka spodní strany potíštěné a nepotíštěné plochy papíru, měřená na opacitní vrstvě papíru

ΔE_{op} – barvová odchylka mezi potíštěnou a nepotíštěnou plochou na opacitní vrstvě papíru, měřená přes nepotíštěný arch papíru

ΔE_{pen} – rozdíl barvových odchylek ΔE_{pt} a ΔE_{op} , jeho hodnota je ovlivněná penetrací tiskové barvy do papíru

Proporcionální vliv penetrace tiskové barvy do struktury papíru na celkovou hodnotu prorážení tiskové barvy vyjadřuje penetrační index stanovený rovnicí 11.

$$PI = \frac{\Delta E_{pen}}{\Delta E_{pt}} \quad (11)$$

PI – penetrační index

ΔE_{pen} – rozdíl barvových odchylek ΔE_{pt} a ΔE_{op} , jeho hodnota je ovlivněná penetrací tiskové barvy do papíru

ΔE_{pt} – barvová odchylka spodní strany potištěné a nepotištěné plochy papíru, měřená na opacitní vrstvě papíru

Pro příklad, hodnota penetračního indexu 0,32 znamená, že celkové prorážení tiskové barvy je z 32 % ovlivněno penetrací složek tiskové barvy do papíru a z 68 % opacitou papíru.

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Experimentální materiály

2.1.1 Tiskové barvy

Pro experimentální testování byly použity tři druhy procesních černých ofsetových archových tiskových barev – Brancher LOGO 18000, Epple Premium Print, SunLit Legend.

Testovaná barva Brancher LOGO 18000 je barva na bázi rostlinných olejů s vysokou koncentrací pigmentů, což umožňuje výrazně snížit spotřebu barvy [34]. Jedná se o univerzální barvu vhodnou pro potisk nenatíraných, leskle i matně natíraných papírů, papírů o nízké plošné hmotnosti a kartonu.

Barva Epple Premium Print neobsahuje minerální oleje a je na bázi obnovitelných surovin [35]. Jedná se o barvu s univerzálním použitím.

SunLit Legend je tisková barva na bázi rostlinných a minerálních olejů [36]. Je vhodná pro potisk matně i leskle natíraného papíru, nenatíraného papíru a kartonu. Barva je vysoce pigmentovaná. Zasychá penetrací a oxypolymerací.

2.1.2 Tenké tiskové papíry

Byly použity čtyři druhy tenkých tiskových papírů s plošnou hmotností 40 g/m². Papíry byly označeny jako testovaný papír 1, testovaný papír 2, testovaný papír 3A, který byl ve standardní verzi a testovaný papír 3B, který byl stejného druhu jako papír 3A, ale byl s vyšším měrným objemem.

2.2 Experimentální přístroje

2.2.1 Parker Print Surf (PPS)

Přístroj na měření drsnosti *Parker Print Surf* umožňuje měřit drsnost papíru a fólií [37]. Kovová měřicí hlava zařízení detekuje množství vzduchu, které prošlo mezi povrchem papíru a plochou měřicího prstence a přepočítá ho na střední vzdálenost v μm , která je mezi povrchem testovaného materiálu a dosedací plochou prstence.

2.2.2 SOMET K 026900

Přístroj *SOMET K 026900* slouží pro měření tloušťky papíru. Má ploché měřicí doteky, které měří tloušťku vzorku. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny na displeji v jednotkách mm.

2.2.3 UltraScan VIS HunterLab

Stolní spektrofotometr *UltraScan VIS HunterLab* je vhodný pro měření neprůhledných, průhledných i průsvitných látek jak pevných, tak kapalných [38]. Měří v kompletním spektrálním rozsahu doporučeném CIE tedy 360–780 nm. Přístroj umožňuje nastavit geometrii měření na $d/8^\circ$ nebo $d/0^\circ$.

2.2.4 HAAKE RotoVisco 1

Rotační reometr *HAAKE RotoVisco 1* je laboratorní přístroj pro měření viskozity [39]. Má velké množství měřicích systémů a geometrií. Je vybaven cirkulační lázní *Thermo Scientific HAAKE K10*, která umožňuje měření viskozity při teplotě od -10°C do $+100^\circ\text{C}$ [40].

2.2.5 IGT High speed inking unit 4

Vysokorychlostní rozvalovací jednotka *IGT High speed inking unit 4*, která slouží k rozvalování a navalování barvy na čtyři tiskové válečky současně. Má vestavěnou termostatickou lázeň, která umožňuje nastavení teploty při rozvalování od 15 °C do 44 °C. Díky konstrukci stroje může být celková doba rozvalování barvy snížena pouze na 15 s. Podmínky rozvalování je možné nastavit na dotykovém panelu a jednotlivá nastavení testů je možné uložit [41].

2.2.6 IGT Amsterdam 2

Automatizovaný víceúčelový potiskovací stroj *IGT Amsterdam 2* je vhodný pro zhotovení tiskových vzorků a stanovení tiskové penetrace papíru, drsnosti papíru, prorážení tiskové barvy a mnoho dalších testů podle IGT norem. [42]. Při tisku je možné nastavit tiskový tlak po kroku 1 N od 100 N do 1 000 N a rychlost tisku od 0,1 m/s do 4,0 m/s po kroku 0,1 m/s. Přístroj je vybaven kamerou, která umožňuje naskenovat tiskový vzorek, exportovat ho v podobě obrázku a přenést na USB disk. Zařízení je vybaveno dotykovou obrazovkou, která umožňuje snadné nastavení stroje.

2.2.7 X-Rite GretagMacbeth SpectroEye

Spektrofotometr *X-Rite GretagMacbeth SpectroEye* má plně modulární strukturu, čímž umožňuje snadné a flexibilní používání [43]. Umožňuje provedení mnoha druhů denzitometrických a kolorimetrických měření včetně měření reflexních spekter a barvové odchylky. Měřené veličiny stanoví pomocí automatické výsuvné měřicí hlavy a zobrazuje je na grafickém displeji.

2.2.8 Analytické váhy KERN ABS 220-4

Váhy *KERN ABS 220-4* jsou analytické a zajišťují vysoký stupeň přesnosti vážení [44]. Mají nerezovou váhací misku Ø 91 mm, na kterou se umísťuje vzorek. Rozsah vážení je maximálně do 220 g. Naměřená hodnota je zobrazena na LCD displeji.

2.3 Experimentální metody a výsledky

2.3.1 Drsnost PPS

Drsnost PPS testovaných vzorků papírů byla změřena pomocí přístroje *Parker Print Surf*. Jednotlivé vzorky papíru byly vloženy mezi podložku a měřicí hlavu a bylo zahájeno měření. Vzorky papírů byly testovány na pěti místech po obou stranách. Ze získaných hodnot byly vypočítány průměrné hodnoty drsnosti PPS, které jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Průměrné hodnoty drsnosti PPS testovaných vzorků papírů

Testovaný papír	$\bar{\theta}$ Drsnost PPS [μm]	σ Drsnost PPS [μm]	Strana papíru
1	6,490	0,187	S ₁
1	4,868	0,140	S ₂
2	4,292	0,056	S ₁
2	3,796	0,076	S ₂
3A	4,938	0,066	S ₁
3A	4,032	0,075	S ₂
3B	6,290	0,065	S ₁
3B	5,576	0,055	S ₂

Následně byla stanovena síťová a lícová strana testovaných papírů. Síťová strana S₁ vykazovala vyšší hodnoty drsnosti PPS než lícová strana S₂.

2.3.2 Tloušťka papíru

Byla stanovena tloušťka testovaných papírů pomocí přístroje *SOMET K 026900*. Mezi podložku a měřicí hlavu byly vloženy jednotlivé vzorky a naměřené hodnoty byly zapsány. Měření bylo provedeno pětkrát pro každý vzorek papíru. Průměrné hodnoty tloušťky vzorků papíru jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Průměrné hodnoty tloušťky testovaných vzorků papírů

Testovaný papír	$\bar{\theta}$ Tloušťka papíru [mm]	σ Tloušťka papíru [mm]
1	0,046	0,0007
2	0,042	0,0004
3A	0,044	0,0007
3B	0,052	0,0011

Testované papíry byly o stejné plošné hmotnosti 40 g/m². Papíry s větší tloušťkou mají tedy větší hodnotu měrného objemu a jsou pórovitější.

2.3.3 Opacita papíru

Byla změřena opacita testovaných papírů pomocí přístroje *UltraScan VIS HunterLab*. podmínky měření byly 2° pozorovatel a osvětlení C. Byl měřen světelný činitel odrazu vzorku na černé podložce a světelný činitel odrazu vzorku na opacitní vrstvě, ze kterých byla stanovena opacita jednotlivých vzorků papíru. Měření bylo provedeno pětkrát po obou stranách vzorků papírů. Průměrné hodnoty opacity vzorků papíru jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Průměrné hodnoty opacity testovaných vzorků papírů

Testovaný papír	Strana papíru	$\bar{\theta}$ Opacita [%]	σ Opacita [%]
1	S ₁	80,32	0,63
1	S ₂	79,71	0,59
2	S ₁	86,59	0,42
2	S ₂	86,67	0,44
3A	S ₁	86,15	0,33
3A	S ₂	86,13	0,11
3B	S ₁	85,85	0,34
3B	S ₂	85,73	0,10

Papír 1 vykazoval ve srovnání s ostatními testovanými vzorky nižší hodnotu opacity. U ostatních vzorků papíru byla opacita srovnatelná.

2.3.4 Tisková penetrace papíru

Tisková penetrace testovaných vzorků papírů byla stanovena pomocí přístroje IGT Amsterdam 2 podle normy *IGT W24* [45]. Byla nastavena tisková síla 1 000 N, tisková rychlost 1,3 m/s a testovací kapalina byla dávkována v množství 1 kapka (5,8 mg ± 0,3 mg). Kapka testovací kapaliny byla nanášena na hliníkový tiskový váleček a poté byl proveden přenos kapaliny na testovaný vzorek papíru. Následně kamera přístroje nasnímala délku skvrny a přístroj vyhodnotil tiskovou penetraci testovaného vzorku. Měření bylo provedeno pětkrát pro obě strany testovaných vzorků papírů. Průměrné hodnoty tiskové penetrace testovaných vzorků papíru jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6: Průměrné hodnoty tiskové penetrace testovaných vzorků papírů

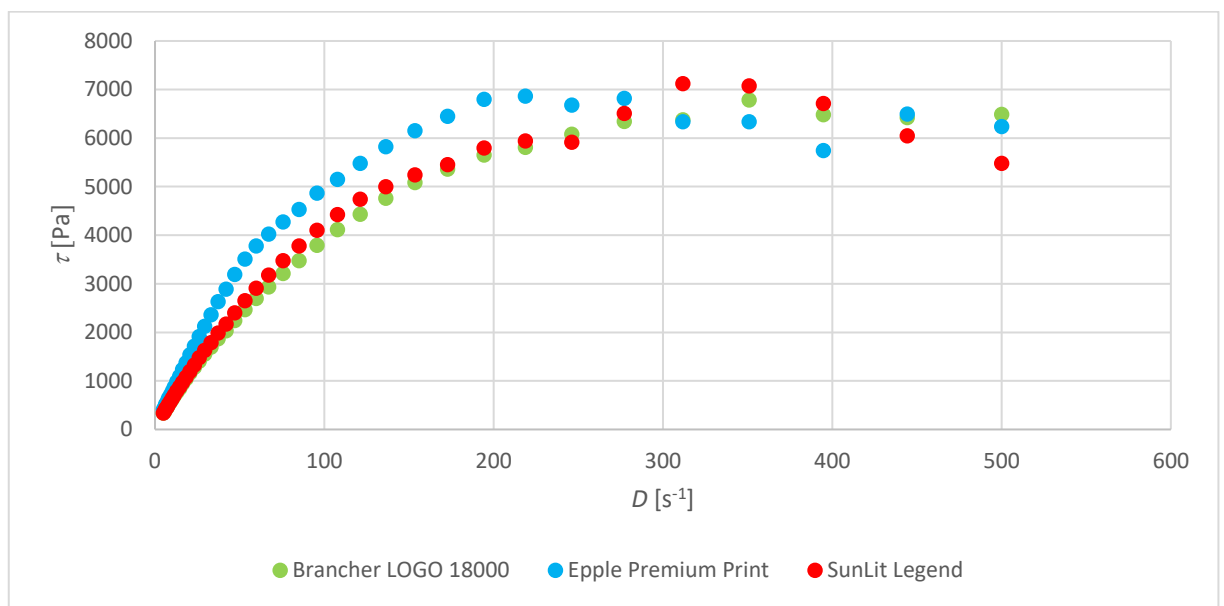
Testovaný papír	Strana papíru	$\bar{\theta}$ Tisková penetrace	σ Tisková penetrace
1	S ₁	19,7	0,5
1	S ₂	19,1	0,3
2	S ₁	17,2	1,2
2	S ₂	17,6	1,5
3A	S ₁	17,6	0,2
3A	S ₂	18,8	0,9
3B	S ₁	20,3	0,5
3B	S ₂	19,0	0,8

Vzorky papíru s vyšší drsností a měrným objemem (1 a 3 B) vykazovaly vyšší hodnoty tiskové penetrace.

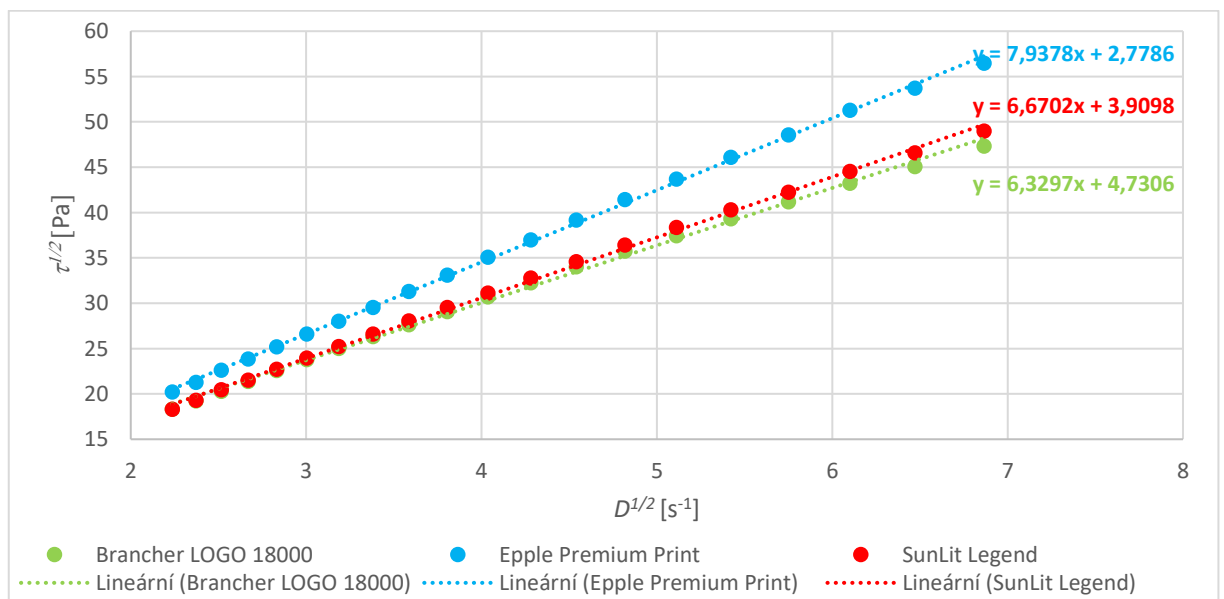
2.3.5 Viskozita tiskových barev

Tokové vlastnosti testovaných tiskových barev byly stanoveny pomocí rotačního viskozimetru *HAAKE RotoVisco 1* s cirkulační lázní *Thermo Scientific HAAKE K10*. Podmínky měření byly nastaveny na teplotu měření 23 °C, měřicí interval od 5 do 500, logaritmické rozložení. Na spodní temperovanou desku bylo dávkováno 0,3 ml testované tiskové barvy. Poté bylo zahájeno měření. Každá testovaná tisková barva byla proměřena pětkrát a z naměřených hodnot smykového napětí byl vypočten aritmetický průměr. Tyto hodnoty byly dále použity pro sestrojení tokových křivek jednotlivých barev (graf 1). Dále byly sestrojeny závislosti $\tau^{1/2}$ na $D^{1/2}$ (rovnice 1), z jejichž lineární části byly podle Cassonovy rovnice stanoveny hodnoty viskozity při nekonečné smykové rychlosti a meze toku (graf 2). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 7.

Graf 1: Tokové křivky testovaných barev měřené při teplotě 23 °C



Graf 2: Grafické zobrazení Cassonova modelu testovaných barev měřených při teplotě 23 °C



Tabulka 7: Hodnoty viskozity při nekonečné smykové rychlosti (η_{∞}) a meze toku (τ_M) testovaných barev měřené při teplotě 23 °C

Testovaná barva	$\eta_{\infty}^{1/2}$ [Pa·s]	η_{∞} [Pa·s]	$\tau_M^{1/2}$ [Pa]	τ_M [Pa]
Brancher LOGO 18000	6,3297	40,07	4,7306	22,38
Epple Premium Print	7,9378	63,01	2,7786	7,72
SunLit Legend	6,6702	44,49	3,9098	15,29

Toková křivka barvy Epple Premium Print (graf 1) vykazuje odlišné chování oproti testovaným barvám Brancher LOGO 18000 a Sunlit Legend, jejichž tokové křivky mají podobný průběh. Toto chování je patrné i z grafického zobrazení Cassonova modelu (graf 2).

Barva Epple Premium Print vykazovala nejvyšší hodnotu viskozity při nekonečné smykové rychlosti. U barvy Brancher LOGO 18000 a SunLit Legend byla stanovena podobná hodnota. Zároveň u testované barvy Epple Premium Print byla stanovena nejnižší hodnota meze toku.

2.3.6 Příprava tiskových vzorků

Byly zhotoveny vzorky testovaných tenkých tiskových papírů o velikosti 55 x 297 mm. Vzorky byly potištěny pomocí potiskovacího přístroje *IGT Amsterdam 2*. Pro každou testovanou tiskovou barvu byla zhotovena sada tisků, která obsahovala tři výtisky pro síťovou stranu papíru a tři výtisky pro lícovou stranu papíru od každého typu testovaného papíru. Testovaná tisková barva byla dávkována na gumový váleček rozvalovací jednotky *IGT High speed inking unit 4* v množství 0,35 ml. Poté byla barva rozvalována 40 s a následně navalována na gumový tiskový váleček 40 s. Tiskový váleček s barvou byl umístěn do potiskovacího přístroje a byl zahájen tisk. Tiskové vzorky byly vytištěny za podmínek stanovených normou *IGT W43/68* (tiskový tlak 625 N, tisková rychlost 0,2 m/s, 0,35 ml tiskové barvy dávkované do rozvalovací jednotky) [46].

Pro přiblížení množství přenesené tiskové barvy podmínkám praxe byla vytištěna další sada tiskových vzorků pro každou testovanou tiskovou barvu. Do rozvalovací jednotky bylo dávkováno 0,2 ml tiskové barvy. Rozvalovací a navalovací režim byl stejný jako za předchozích podmínek (rozvalování 40 s, navalování 40 s). Následně byl proveden tisk na potiskovacím přístroji za stejných podmínek, jaké uvádí norma *IGT W43/68*.

2.3.7 Stanovení optické hustoty tisku

Optická hustota tisku byla na všech připravených vzorcích měřena 24 hodin po tisku pomocí spektrofotometru *X-Rite GretagMacbeth SpectroEye*. Každý vzorek byl proměřen na 5 místech a z těchto hodnot byl vypočítán aritmetický průměr optické hustoty. Průměrné hodnoty optické hustoty pro obě sady tiskových vzorků jsou uvedeny v tabulce 8, 9, 10.

Tabulka 8: Průměrné hodnoty optické hustoty tiskových vzorků potisknutých tiskovou barvou Brancher 18000

Testovaný papír	Tisk na straně	$\bar{\theta}$ Optická hustota při 0,2 ml barvy	σ Optická hustota při 0,2 ml barvy	$\bar{\theta}$ Optická hustota při 0,35 ml barvy	σ Optická hustota při 0,35 ml barvy
1	S ₁	1,10	0,02	1,30	0,02
1	S ₂	1,10	0,02	1,31	0,03
2	S ₁	1,13	0,04	1,46	0,04
2	S ₂	1,18	0,03	1,42	0,05
3A	S ₁	1,18	0,02	1,43	0,04
3A	S ₂	1,15	0,02	1,42	0,05
3B	S ₁	1,10	0,03	1,37	0,02
3B	S ₂	1,11	0,02	1,37	0,03

Tabulka 9: Průměrné hodnoty optické hustoty tiskových vzorků potisknutých tiskovou barvou Eppl Premium Print

Testovaný papír	Tisk na straně	$\bar{\theta}$ Optická hustota při 0,2 ml barvy	σ Optická hustota při 0,2 ml barvy	$\bar{\theta}$ Optická hustota při 0,35 ml barvy	σ Optická hustota při 0,35 ml barvy
1	S ₁	1,13	0,02	1,21	0,03
1	S ₂	1,13	0,02	1,25	0,02
2	S ₁	1,22	0,05	1,37	0,03
2	S ₂	1,18	0,03	1,32	0,03
3A	S ₁	1,20	0,02	1,36	0,03
3A	S ₂	1,19	0,02	1,30	0,03
3B	S ₁	1,11	0,02	1,26	0,03
3B	S ₂	1,13	0,02	1,21	0,02

Tabulka 10: Průměrné hodnoty optické hustoty tiskových vzorků potisknutých tiskovou barvou SunLit Legend

Testovaný papír	Tisk na straně	θ Optická hustota při 0,2 ml barvy	σ Optická hustota při 0,2 ml barvy	θ Optická hustota při 0,35 ml barvy	σ Optická hustota při 0,35 ml barvy
1	S ₁	1,10	0,02	1,20	0,03
1	S ₂	1,10	0,02	1,25	0,04
2	S ₁	1,10	0,06	1,22	0,03
2	S ₂	1,13	0,02	1,24	0,03
3A	S ₁	1,13	0,02	1,24	0,04
3A	S ₂	1,11	0,02	1,26	0,02
3B	S ₁	1,05	0,04	1,28	0,02
3B	S ₂	1,08	0,01	1,23	0,03

Nejvyšších hodnot optické hustoty bylo dosaženo při dávkování 0,35 ml při tisku barvou Brancher LOGO 18000, při dávkování 0,2 ml při tisku barvou Epple Premium Print. Nejnižších hodnot bylo dosaženo při tisku barvou SunLit Legend. Rozdíly v optické hustotě tisku na jednotlivých typech papíru byly při tisku barvou SunLit Legend minimální. U dalších dvou typů barev jsou patrné nižší hodnoty optické hustoty tisku u vzorků papíru 1 a 3B, které vykazují větší hodnoty drsnosti a měrného objemu.

2.3.8 Stanovení prorážení tiskové barvy

Obě sady tiskových vzorků byly proměřeny spektrofotometrem *UltraScan VIS HunterLab*. Spektrofotometrické měření bylo zahájeno 1 h, 2 h, 3 h a 24 h po vytištění tiskových vzorků. Hodnocení bylo prováděno podle Mäkinena [33]. Byly měřeny hodnoty světelného činitele odrazu nepotištěného papíru naměřené na opacitní vrstvě papíru (Y_{∞}), světelný činitel odrazu nepotištěného papíru položeného na potištěném papíru měřený na opacitní vrstvě papíru (Y_c) a světelný činitel odrazu zadní strany potištěného papíru měřený na opacitní vrstvě papíru (Y_r) při nastavených podmínkách měření – osvětlení C, 2° pozorovatel. Dále byly naměřeny hodnoty L^* , a^* , b^* spodní strany potištěné a nepotištěné plochy papíru měřené na opacitní vrstvě papíru a hodnoty L^* , a^* , b^* na potištěné a nepotištěné ploše na opacitní vrstvě papíru měřené přes nepotištěný arch papíru za podmínek měření – osvětlení D50, 2° pozorovatel. Každý tiskový vzorek byl proměřen na pěti místech a z naměřených hodnot byla vypočítána průměrná hodnota.

Z naměřených průměrných hodnot bylo vypočítáno prorážení tiskové barvy ovlivněné opacitou papíru (PT_{op}) podle vztahu 8. Prorážení tiskové barvy ovlivněné penetrací složek tiskové barvy do papíru (PT_{pen}) bylo vypočítáno podle rovnice 9. Následně bylo vypočítáno celkové prorážení tiskové barvy podle vztahu 7. Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jejích složek (PT_{op} , PT_{pen}) jsou uvedeny v tabulkách 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50.

Byla vypočítána barvová odchylka spodní strany potištěné a nepotištěné plochy papíru, měřená na opacitní vrstvě papíru (ΔE_{pt}) a barvová odchylka mezi potištěnou a nepotištěnou plochou na opacitní vrstvě papíru, měřená přes nepotištěný arch papíru (ΔE_{op}). Ze vztahu 10 potom byla vypočítána barvová odchylka (ΔE_{pen}) ovlivněná penetrací tiskové barvy. Následně byl vypočítán penetrační index (PI) podle rovnice 11. Průměrné hodnoty penetračního indexu (PI) a prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky ΔE_{pt} a jeho složek

(ΔE_{pen} , ΔE_{op}) jsou uvedeny v tabulkách 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58.

2.3.8.1 Vyhodnocení prorážení tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Tabulka 11: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru l potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,084	0,002	0,101	0,014	0,184	0,013
2	S ₁	0,084	0,002	0,109	0,013	0,193	0,013
3	S ₁	0,087	0,004	0,110	0,014	0,197	0,014
24	S ₁	0,086	0,002	0,128	0,014	0,214	0,014
1	S ₂	0,082	0,002	0,128	0,008	0,210	0,007
2	S ₂	0,083	0,003	0,135	0,008	0,218	0,009
3	S ₂	0,085	0,002	0,139	0,007	0,223	0,006
24	S ₂	0,084	0,002	0,167	0,009	0,251	0,008

Tabulka 12: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru l potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,082	0,002	0,217	0,017	0,299	0,017
2	S ₁	0,084	0,002	0,234	0,015	0,318	0,016
3	S ₁	0,085	0,003	0,255	0,019	0,340	0,018
24	S ₁	0,088	0,003	0,324	0,023	0,411	0,024
1	S ₂	0,082	0,003	0,199	0,015	0,280	0,016
2	S ₂	0,084	0,002	0,218	0,018	0,301	0,018
3	S ₂	0,085	0,003	0,227	0,015	0,312	0,015
24	S ₂	0,087	0,002	0,288	0,027	0,375	0,027

Tabulka 13: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,040	0,003	0,055	0,007	0,095	0,005
2	S ₁	0,039	0,002	0,057	0,006	0,097	0,006
3	S ₁	0,040	0,002	0,059	0,007	0,099	0,006
24	S ₁	0,040	0,001	0,056	0,005	0,095	0,005
1	S ₂	0,040	0,002	0,062	0,009	0,103	0,008
2	S ₂	0,040	0,002	0,062	0,010	0,102	0,009
3	S ₂	0,040	0,002	0,062	0,009	0,102	0,009
24	S ₂	0,041	0,002	0,069	0,010	0,110	0,010

Tabulka 14: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,042	0,002	0,078	0,007	0,119	0,007
2	S ₁	0,043	0,002	0,086	0,010	0,129	0,010
3	S ₁	0,044	0,002	0,088	0,009	0,132	0,009
24	S ₁	0,045	0,002	0,096	0,010	0,141	0,010
1	S ₂	0,041	0,002	0,098	0,011	0,139	0,011
2	S ₂	0,058	0,002	0,102	0,010	0,160	0,010
3	S ₂	0,059	0,002	0,103	0,011	0,162	0,011
24	S ₂	0,044	0,002	0,117	0,017	0,161	0,017

Tabulka 15: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,060	0,002	0,057	0,009	0,117	0,009
2	S ₁	0,060	0,002	0,061	0,006	0,121	0,006
3	S ₁	0,060	0,002	0,065	0,006	0,125	0,006
24	S ₁	0,061	0,002	0,062	0,006	0,124	0,006
1	S ₂	0,060	0,002	0,069	0,005	0,129	0,004
2	S ₂	0,060	0,002	0,074	0,004	0,134	0,003
3	S ₂	0,061	0,001	0,072	0,006	0,133	0,006
24	S ₂	0,061	0,001	0,082	0,006	0,143	0,006

Tabulka 16: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,057	0,001	0,080	0,006	0,137	0,007
2	S ₁	0,058	0,001	0,087	0,008	0,145	0,008
3	S ₁	0,059	0,001	0,090	0,008	0,149	0,007
24	S ₁	0,060	0,001	0,099	0,011	0,160	0,011
1	S ₂	0,058	0,001	0,100	0,005	0,158	0,005
2	S ₂	0,058	0,002	0,108	0,005	0,166	0,005
3	S ₂	0,060	0,002	0,109	0,009	0,169	0,009
24	S ₂	0,062	0,002	0,114	0,012	0,196	0,012

Tabulka 17: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,057	0,003	0,066	0,010	0,123	0,008
2	S ₁	0,060	0,002	0,066	0,011	0,126	0,010
3	S ₁	0,060	0,002	0,065	0,008	0,125	0,008
24	S ₁	0,061	0,002	0,075	0,014	0,136	0,014
1	S ₂	0,058	0,002	0,074	0,009	0,132	0,009
2	S ₂	0,061	0,002	0,075	0,008	0,136	0,008
3	S ₂	0,062	0,002	0,076	0,011	0,138	0,011
24	S ₂	0,062	0,002	0,091	0,009	0,153	0,010

Tabulka 18: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,061	0,002	0,094	0,006	0,155	0,007
2	S ₁	0,062	0,001	0,101	0,007	0,163	0,007
3	S ₁	0,063	0,002	0,104	0,007	0,167	0,007
24	S ₁	0,065	0,002	0,117	0,007	0,182	0,007
1	S ₂	0,062	0,001	0,105	0,014	0,167	0,013
2	S ₂	0,063	0,001	0,117	0,011	0,180	0,011
3	S ₂	0,063	0,002	0,119	0,009	0,182	0,010
24	S ₂	0,065	0,002	0,141	0,013	0,206	0,012

Tabulka 19: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	14,072	0,934	6,580	0,122	7,492	0,923	0,531	0,030
2	S ₁	14,649	0,893	6,575	0,150	8,073	0,911	0,550	0,028
3	S ₁	14,960	0,965	6,793	0,300	8,167	0,955	0,544	0,031
24	S ₁	16,113	0,843	6,722	0,142	9,392	0,826	0,582	0,022
1	S ₂	15,981	0,500	6,458	0,196	9,523	0,597	0,595	0,021
2	S ₂	16,511	0,616	6,516	0,212	9,996	0,593	0,605	0,017
3	S ₂	16,958	0,459	6,664	0,153	10,294	0,512	0,607	0,015
24	S ₂	18,862	0,592	6,620	0,195	12,242	0,690	0,649	0,018

Tabulka 20: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	22,114	1,145	6,450	0,193	15,664	1,109	0,708	0,015
2	S ₁	23,324	1,055	6,592	0,199	16,732	1,011	0,717	0,013
3	S ₁	24,915	1,093	6,707	0,205	18,208	1,140	0,730	0,016
24	S ₁	29,304	1,474	6,860	0,177	22,444	1,410	0,765	0,011
1	S ₂	21,016	1,073	6,398	0,237	14,618	0,995	0,695	0,015
2	S ₂	21,520	2,911	6,603	0,222	14,917	3,005	0,684	0,074
3	S ₂	22,349	2,795	6,618	0,217	15,732	2,883	0,696	0,066
24	S ₂	26,886	1,727	6,816	0,139	20,070	1,727	0,746	0,016

Tabulka 21: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	8,935	0,366	4,642	0,234	4,294	0,506	0,479	0,040
2	S ₁	9,008	0,479	4,565	0,126	4,443	0,460	0,492	0,028
3	S ₁	9,151	0,433	4,639	0,147	4,512	0,511	0,492	0,034
24	S ₁	9,126	0,423	4,544	0,111	4,582	0,444	0,501	0,027
1	S ₂	9,511	0,629	4,641	0,183	4,869	0,665	0,510	0,037
2	S ₂	9,444	0,705	4,636	0,128	4,808	0,718	0,507	0,039
3	S ₂	9,413	0,653	4,615	0,146	4,798	0,659	0,508	0,037
24	S ₂	9,900	0,763	4,644	0,123	5,256	0,774	0,528	0,038

Tabulka 22 Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	10,651	0,523	4,761	0,125	5,890	0,495	0,552	0,021
2	S ₁	11,303	0,755	7,068	0,522	4,235	1,177	0,370	0,073
3	S ₁	11,469	0,649	4,953	0,179	6,517	0,557	0,567	0,020
24	S ₁	12,106	0,831	4,971	0,200	7,136	0,732	0,588	0,023
1	S ₂	12,177	0,866	6,975	0,210	5,202	0,850	0,425	0,043
2	S ₂	12,660	0,758	7,070	0,123	5,590	0,708	0,440	0,032
3	S ₂	13,137	0,766	6,939	0,611	6,198	0,991	0,470	0,058
24	S ₂	13,781	1,090	4,956	0,200	8,825	1,103	0,638	0,033

Tabulka 23: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	9,761	0,654	5,342	0,134	4,419	0,673	0,450	0,042
2	S ₁	10,036	0,416	5,336	0,120	4,700	0,426	0,468	0,024
3	S ₁	10,300	0,463	5,359	0,136	4,941	0,479	0,479	0,027
24	S ₁	10,173	0,486	5,398	0,115	4,776	0,485	0,468	0,027
1	S ₂	10,718	0,295	5,330	0,122	5,388	0,353	0,502	0,020
2	S ₂	11,043	0,233	5,357	0,126	5,685	0,274	0,515	0,016
3	S ₂	10,998	0,472	5,401	0,088	5,596	0,458	0,508	0,020
24	S ₂	11,650	0,426	5,405	0,111	6,245	0,441	0,536	0,019

Tabulka 24: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	11,331	0,765	5,172	0,143	6,159	0,659	0,542	0,021
2	S ₁	11,962	0,69	5,295	0,186	6,667	0,633	0,556	0,024
3	S ₁	12,127	0,563	5,330	0,128	6,797	0,571	0,560	0,023
24	S ₁	12,778	0,864	5,398	0,107	7,380	0,809	0,576	0,025
1	S ₂	12,707	0,544	5,230	0,103	7,477	0,566	0,588	0,022
2	S ₂	13,324	0,495	5,263	0,113	8,061	0,494	0,605	0,016
3	S ₂	13,545	0,702	5,363	0,127	8,182	0,736	0,603	0,025
24	S ₂	15,401	1,082	5,492	0,184	9,909	1,064	0,642	0,026

Tabulka 25: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	10,096	0,635	5,079	0,229	5,017	0,735	0,495	0,044
2	S ₁	10,261	0,694	5,319	0,170	4,942	0,744	0,479	0,042
3	S ₁	10,245	0,585	5,321	0,153	4,924	0,618	0,479	0,036
24	S ₁	10,961	1,085	5,400	0,168	5,562	1,107	0,503	0,053
1	S ₂	10,840	0,657	5,259	0,176	5,581	0,675	0,513	0,033
2	S ₂	11,128	0,641	5,479	0,113	5,649	0,634	0,506	0,029
3	S ₂	11,339	0,780	5,590	0,144	5,749	0,788	0,505	0,037
24	S ₂	12,256	0,752	5,476	0,126	6,781	0,680	0,552	0,023

Tabulka 26: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Brancher LOGO 18000

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	12,488	0,497	5,402	0,142	7,086	0,465	0,567	0,017
2	S ₁	13,116	0,514	5,513	0,094	7,603	0,502	0,579	0,016
3	S ₁	13,413	0,515	5,580	0,124	7,833	0,486	0,584	0,016
24	S ₁	14,526	0,633	5,637	0,193	8,888	0,644	0,611	0,020
1	S ₂	13,278	1,027	5,465	0,089	7,813	1,074	0,586	0,036
2	S ₂	14,202	0,881	5,549	0,083	8,653	0,889	0,608	0,026
3	S ₂	14,462	0,723	5,587	0,121	8,875	0,693	0,613	0,019
24	S ₂	16,073	1,005	5,680	0,118	10,393	1,030	0,645	0,025

2.3.8.2 Vyhodnocení prorážení tiskové barvy Epple Premium Print

Tabulka 27: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru I potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,081	0,003	0,115	0,012	0,196	0,011
2	S ₁	0,083	0,004	0,128	0,011	0,211	0,011
3	S ₁	0,085	0,004	0,129	0,010	0,214	0,009
24	S ₁	0,080	0,004	0,126	0,013	0,206	0,012
1	S ₂	0,080	0,003	0,104	0,009	0,184	0,008
2	S ₂	0,083	0,003	0,107	0,010	0,190	0,009
3	S ₂	0,084	0,004	0,111	0,010	0,195	0,010
24	S ₂	0,080	0,004	0,108	0,007	0,188	0,007

Tabulka 28: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru I potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,068	0,023	0,142	0,024	0,210	0,009
2	S ₁	0,084	0,002	0,142	0,010	0,226	0,010
3	S ₁	0,087	0,003	0,150	0,012	0,237	0,011
24	S ₁	0,089	0,005	0,184	0,016	0,272	0,014
1	S ₂	0,081	0,003	0,152	0,015	0,233	0,014
2	S ₂	0,084	0,002	0,168	0,017	0,251	0,018
3	S ₂	0,086	0,003	0,177	0,013	0,263	0,013
24	S ₂	0,086	0,003	0,228	0,027	0,314	0,026

Tabulka 29: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,039	0,001	0,051	0,005	0,090	0,005
2	S ₁	0,040	0,001	0,052	0,005	0,091	0,005
3	S ₁	0,041	0,002	0,051	0,005	0,092	0,004
24	S ₁	0,038	0,002	0,050	0,005	0,087	0,005
1	S ₂	0,039	0,001	0,048	0,004	0,087	0,004
2	S ₂	0,040	0,001	0,048	0,004	0,088	0,004
3	S ₂	0,041	0,001	0,049	0,004	0,089	0,004
24	S ₂	0,038	0,002	0,046	0,004	0,084	0,004

Tabulka 30: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,039	0,002	0,069	0,009	0,108	0,009
2	S ₁	0,040	0,002	0,077	0,009	0,117	0,009
3	S ₁	0,041	0,002	0,076	0,009	0,118	0,009
24	S ₁	0,044	0,002	0,081	0,011	0,125	0,011
1	S ₂	0,039	0,002	0,076	0,006	0,115	0,006
2	S ₂	0,041	0,002	0,081	0,008	0,122	0,007
3	S ₂	0,043	0,002	0,084	0,008	0,127	0,008
24	S ₂	0,045	0,002	0,091	0,010	0,136	0,010

Tabulka 31: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,061	0,001	0,048	0,004	0,110	0,004
2	S ₁	0,062	0,002	0,050	0,005	0,111	0,005
3	S ₁	0,063	0,002	0,049	0,005	0,112	0,005
24	S ₁	0,060	0,002	0,047	0,005	0,107	0,005
1	S ₂	0,063	0,002	0,057	0,004	0,120	0,003
2	S ₂	0,063	0,002	0,060	0,003	0,122	0,003
3	S ₂	0,064	0,002	0,062	0,004	0,126	0,003
24	S ₂	0,061	0,002	0,059	0,003	0,120	0,003

Tabulka 32: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,055	0,001	0,066	0,009	0,121	0,009
2	S ₁	0,056	0,002	0,072	0,011	0,129	0,012
3	S ₁	0,059	0,001	0,076	0,012	0,135	0,012
24	S ₁	0,059	0,002	0,094	0,015	0,154	0,015
1	S ₂	0,056	0,001	0,086	0,008	0,142	0,008
2	S ₂	0,058	0,001	0,091	0,008	0,149	0,008
3	S ₂	0,060	0,001	0,091	0,007	0,152	0,007
24	S ₂	0,060	0,002	0,120	0,009	0,180	0,010

Tabulka 33: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,062	0,004	0,060	0,006	0,121	0,005
2	S ₁	0,063	0,002	0,059	0,008	0,122	0,007
3	S ₁	0,063	0,003	0,063	0,005	0,126	0,005
24	S ₁	0,059	0,003	0,063	0,007	0,123	0,007
1	S ₂	0,062	0,003	0,060	0,006	0,122	0,005
2	S ₂	0,063	0,003	0,063	0,007	0,126	0,008
3	S ₂	0,063	0,003	0,065	0,007	0,128	0,007
24	S ₂	0,060	0,004	0,063	0,005	0,123	0,006

Tabulka 34: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,057	0,003	0,079	0,007	0,136	0,007
2	S ₁	0,058	0,002	0,089	0,006	0,147	0,007
3	S ₁	0,061	0,003	0,087	0,009	0,148	0,009
24	S ₁	0,063	0,002	0,116	0,011	0,179	0,011
1	S ₂	0,057	0,003	0,093	0,009	0,151	0,009
2	S ₂	0,059	0,003	0,100	0,008	0,160	0,008
3	S ₂	0,062	0,003	0,102	0,012	0,164	0,010
24	S ₂	0,064	0,002	0,126	0,010	0,190	0,009

Tabulka 35: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	14,945	0,801	6,328	0,243	8,618	0,892	0,575	0,031
2	S ₁	16,093	0,779	6,527	0,281	9,566	0,812	0,594	0,025
3	S ₁	16,324	0,657	6,646	0,359	9,678	0,738	0,592	0,027
24	S ₁	15,871	0,623	6,275	0,318	9,596	0,810	0,604	0,030
1	S ₂	14,093	0,502	6,302	0,255	7,791	0,624	0,552	0,027
2	S ₂	14,480	0,595	6,487	0,258	7,993	0,716	0,551	0,029
3	S ₂	14,883	0,676	6,532	0,287	8,351	0,778	0,560	0,029
24	S ₂	14,389	0,489	6,244	0,303	8,146	0,514	0,566	0,023

Tabulka 36: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	15,868	0,49	5,479	1,746	10,389	1,587	0,656	0,107
2	S ₁	17,104	0,700	6,656	0,165	10,447	0,704	0,610	0,018
3	S ₁	17,793	0,693	6,891	0,194	10,901	0,743	0,612	0,021
24	S ₁	20,300	0,983	6,924	0,361	13,376	1,116	0,658	0,026
1	S ₂	17,558	0,983	6,367	0,206	11,191	1,055	0,636	0,026
2	S ₂	18,879	1,255	6,593	0,140	12,286	1,173	0,650	0,021
3	S ₂	19,741	0,910	6,802	0,214	12,940	0,923	0,655	0,019
24	S ₂	23,084	1,788	6,754	0,235	16,330	1,837	0,706	0,027

Tabulka 37: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	8,569	0,400	4,563	0,101	4,006	0,346	0,467	0,020
2	S ₁	8,647	0,389	4,632	0,100	4,016	0,398	0,463	0,026
3	S ₁	8,653	0,290	4,718	0,132	3,935	0,349	0,454	0,026
24	S ₁	8,264	0,403	4,481	0,103	3,783	0,394	0,457	0,026
1	S ₂	8,351	0,293	4,541	0,067	3,810	0,314	0,456	0,023
2	S ₂	8,416	0,276	4,639	0,077	3,777	0,293	0,448	0,020
3	S ₂	8,541	0,287	4,733	0,097	3,807	0,302	0,445	0,022
24	S ₂	8,110	0,307	4,503	0,119	3,607	0,335	0,444	0,026

Tabulka 38: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	9,866	0,642	4,590	0,129	5,276	0,662	0,533	0,033
2	S ₁	10,517	0,644	4,684	0,151	5,833	0,660	0,553	0,031
3	S ₁	10,530	0,674	4,771	0,127	5,759	0,696	0,545	0,032
24	S ₁	11,001	0,783	4,949	0,134	6,051	0,801	0,548	0,034
1	S ₂	10,466	0,461	4,636	0,154	5,830	0,416	0,557	0,018
2	S ₂	10,889	0,523	4,755	0,146	6,134	0,590	0,562	0,029
3	S ₂	11,230	0,571	4,887	0,147	6,342	0,593	0,564	0,027
24	S ₂	11,813	0,728	4,986	0,132	6,827	0,716	0,577	0,026

Tabulka 39: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	9,201	0,275	5,442	0,103	3,759	0,286	0,408	0,020
2	S ₁	9,326	0,355	5,464	0,132	3,863	0,378	0,413	0,027
3	S ₁	9,387	0,420	5,598	0,179	3,789	0,390	0,403	0,027
24	S ₁	8,976	0,403	5,333	0,164	3,643	0,423	0,405	0,032
1	S ₂	10,018	0,249	5,526	0,152	4,491	0,287	0,448	0,020
2	S ₂	10,218	0,193	5,529	0,173	4,689	0,227	0,459	0,018
3	S ₂	10,443	0,216	5,613	0,159	4,829	0,297	0,462	0,021
24	S ₂	9,963	0,219	5,370	0,152	4,593	0,251	0,461	0,018

Tabulka 40: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	12,676	0,548	4,963	0,093	7,713	0,566	0,608	0,018
2	S ₁	10,057	0,925	4,541	0,125	5,516	0,892	0,545	0,038
3	S ₁	11,067	0,931	5,242	0,114	5,826	0,928	0,524	0,038
24	S ₁	12,460	1,099	5,345	0,124	7,115	1,104	0,568	0,036
1	S ₂	11,640	0,623	5,048	0,100	6,592	0,626	0,565	0,024
2	S ₂	11,562	0,563	4,643	0,116	6,919	0,597	0,597	0,023
3	S ₂	12,324	0,506	5,343	0,113	6,981	0,509	0,566	0,019
24	S ₂	14,384	0,708	5,391	0,117	8,993	0,682	0,625	0,018

Tabulka 41: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	10,052	0,399	5,504	0,290	4,548	0,434	0,452	0,032
2	S ₁	10,114	0,517	5,589	0,192	4,524	0,596	0,446	0,037
3	S ₁	10,379	0,407	5,570	0,210	4,809	0,420	0,463	0,026
24	S ₁	10,112	0,570	5,340	0,207	4,772	0,559	0,471	0,032
1	S ₂	10,124	0,393	5,544	0,243	4,580	0,414	0,452	0,028
2	S ₂	10,379	0,549	5,631	0,277	4,749	0,534	0,457	0,033
3	S ₂	10,603	0,514	5,647	0,222	4,955	0,535	0,466	0,032
24	S ₂	10,186	0,446	5,463	0,269	4,724	0,415	0,463	0,027

Tabulka 42: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy Epple Premium Print

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	11,146	0,540	5,252	0,237	5,894	0,519	0,528	0,026
2	S ₁	12,517	0,472	5,850	0,181	6,667	0,452	0,532	0,019
3	S ₁	11,998	0,667	5,489	0,190	6,509	0,683	0,541	0,029
24	S ₁	14,176	0,796	5,549	0,145	8,628	0,810	0,607	0,025
1	S ₂	12,259	0,644	5,236	0,189	7,024	0,683	0,572	0,029
2	S ₂	13,464	0,576	5,918	0,193	7,546	0,611	0,560	0,024
3	S ₂	13,167	0,739	5,539	0,247	7,628	0,858	0,578	0,035
24	S ₂	14,991	0,655	5,622	0,133	9,370	0,683	0,624	0,019

2.3.8.3 Vyhodnocení prorážení tiskové barvy SunLit Legend

Tabulka 43: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru I potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,084	0,004	0,094	0,010	0,178	0,010
2	S ₁	0,086	0,005	0,098	0,008	0,184	0,008
3	S ₁	0,087	0,004	0,097	0,009	0,184	0,008
24	S ₁	0,083	0,004	0,103	0,007	0,186	0,007
1	S ₂	0,082	0,004	0,109	0,009	0,192	0,009
2	S ₂	0,085	0,005	0,113	0,012	0,198	0,013
3	S ₂	0,086	0,004	0,115	0,012	0,201	0,010
24	S ₂	0,083	0,003	0,120	0,013	0,203	0,013

Tabulka 44: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru I potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,073	0,004	0,143	0,017	0,216	0,016
2	S ₁	0,079	0,004	0,147	0,018	0,226	0,018
3	S ₁	0,080	0,004	0,138	0,013	0,218	0,011
24	S ₁	0,089	0,002	0,190	0,015	0,279	0,015
1	S ₂	0,071	0,003	0,141	0,009	0,212	0,011
2	S ₂	0,076	0,004	0,139	0,013	0,215	0,012
3	S ₂	0,080	0,003	0,149	0,008	0,229	0,007
24	S ₂	0,087	0,001	0,208	0,022	0,294	0,022

Tabulka 45: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,041	0,004	0,038	0,011	0,079	0,010
2	S ₁	0,043	0,003	0,039	0,009	0,082	0,009
3	S ₁	0,043	0,005	0,040	0,008	0,083	0,009
24	S ₁	0,041	0,002	0,040	0,009	0,081	0,009
1	S ₂	0,043	0,003	0,054	0,008	0,098	0,006
2	S ₂	0,043	0,004	0,055	0,006	0,098	0,006
3	S ₂	0,044	0,003	0,055	0,007	0,099	0,005
24	S ₂	0,041	0,002	0,058	0,008	0,098	0,007

Tabulka 46: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,036	0,001	0,052	0,017	0,088	0,018
2	S ₁	0,034	0,002	0,063	0,007	0,097	0,006
3	S ₁	0,039	0,004	0,058	0,007	0,096	0,007
24	S ₁	0,044	0,003	0,073	0,009	0,117	0,008
1	S ₂	0,037	0,002	0,074	0,008	0,111	0,007
2	S ₂	0,034	0,002	0,087	0,008	0,121	0,008
3	S ₂	0,040	0,002	0,082	0,008	0,121	0,007
24	S ₂	0,044	0,003	0,103	0,011	0,147	0,009

Tabulka 47: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,062	0,001	0,052	0,007	0,114	0,007
2	S ₁	0,062	0,001	0,053	0,006	0,115	0,006
3	S ₁	0,063	0,001	0,053	0,008	0,116	0,008
24	S ₁	0,064	0,002	0,053	0,007	0,116	0,007
1	S ₂	0,061	0,002	0,054	0,009	0,115	0,009
2	S ₂	0,063	0,001	0,055	0,007	0,118	0,007
3	S ₂	0,063	0,002	0,057	0,009	0,120	0,008
24	S ₂	0,064	0,002	0,055	0,007	0,119	0,007

Tabulka 48: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,050	0,001	0,089	0,007	0,140	0,008
2	S ₁	0,049	0,003	0,095	0,007	0,144	0,006
3	S ₁	0,054	0,002	0,078	0,005	0,132	0,004
24	S ₁	0,061	0,002	0,080	0,006	0,142	0,006
1	S ₂	0,051	0,001	0,089	0,006	0,140	0,007
2	S ₂	0,053	0,003	0,089	0,008	0,142	0,008
3	S ₂	0,139	0,006	0,086	0,007	0,225	0,009
24	S ₂	0,062	0,002	0,110	0,006	0,172	0,005

Tabulka 49: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,059	0,002	0,052	0,007	0,110	0,006
2	S ₁	0,061	0,003	0,051	0,005	0,111	0,006
3	S ₁	0,061	0,002	0,051	0,007	0,112	0,007
24	S ₁	0,063	0,003	0,050	0,009	0,113	0,009
1	S ₂	0,060	0,002	0,065	0,005	0,125	0,005
2	S ₂	0,062	0,003	0,066	0,004	0,128	0,005
3	S ₂	0,061	0,003	0,068	0,005	0,129	0,005
24	S ₂	0,062	0,003	0,067	0,007	0,129	0,006

Tabulka 50: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) a jeho složek (PT_{op} , PT_{pen}) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\theta} PT_{op}$	σPT_{op}	$\bar{\theta} PT_{pen}$	σPT_{pen}	$\bar{\theta} PT$	σPT
1	S ₁	0,049	0,002	0,079	0,005	0,128	0,004
2	S ₁	0,052	0,002	0,078	0,005	0,129	0,005
3	S ₁	0,054	0,002	0,067	0,007	0,121	0,006
24	S ₁	0,062	0,003	0,098	0,005	0,160	0,004
1	S ₂	0,050	0,001	0,078	0,004	0,128	0,005
2	S ₂	0,056	0,002	0,092	0,021	0,148	0,022
3	S ₂	0,054	0,003	0,091	0,007	0,145	0,005
24	S ₂	0,062	0,002	0,109	0,009	0,171	0,009

Tabulka 51: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	14,698	0,661	6,468	0,347	8,230	0,716	0,559	0,029
2	S ₁	15,177	0,946	6,680	0,380	8,497	0,918	0,559	0,030
3	S ₁	15,314	0,778	6,701	0,301	8,612	0,926	0,561	0,035
24	S ₁	15,623	0,883	6,545	0,246	9,078	0,826	0,580	0,023
1	S ₂	13,644	0,696	6,529	0,294	7,116	0,716	0,521	0,030
2	S ₂	14,120	0,560	6,711	0,354	7,409	0,600	0,524	0,029
3	S ₂	14,097	0,581	6,805	0,349	7,293	0,699	0,516	0,033
24	S ₂	14,292	0,507	6,537	0,309	7,755	0,505	0,542	0,023

Tabulka 52: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 1 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	16,311	0,801	5,763	0,223	10,549	0,690	0,646	0,014
2	S ₁	16,566	0,847	6,152	0,308	10,414	0,920	0,628	0,028
3	S ₁	17,458	0,474	6,525	0,244	10,933	0,495	0,626	0,016
24	S ₁	21,866	1,438	6,795	0,089	15,071	1,477	0,688	0,022
1	S ₂	16,623	1,128	6,080	0,211	10,542	1,092	0,633	0,024
2	S ₂	17,451	1,254	6,480	0,279	10,972	1,250	0,627	0,030
3	S ₂	16,573	0,465	6,561	0,276	10,012	0,528	0,604	0,019
24	S ₂	20,892	0,933	6,962	0,161	13,930	0,962	0,666	0,017

Tabulka 53: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	7,773	0,760	4,654	0,318	3,120	0,813	0,396	0,075
2	S ₁	7,951	0,652	4,811	0,239	3,139	0,643	0,391	0,055
3	S ₁	8,007	0,679	4,803	0,355	3,204	0,638	0,397	0,058
24	S ₁	7,861	0,687	4,738	0,132	3,123	0,651	0,393	0,051
1	S ₂	9,147	0,434	4,797	0,253	4,350	0,574	0,474	0,043
2	S ₂	9,155	0,469	4,771	0,270	4,384	0,468	0,478	0,033
3	S ₂	9,225	0,387	4,877	0,243	4,347	0,535	0,470	0,041
24	S ₂	9,122	0,569	4,719	0,146	4,402	0,634	0,480	0,042

Tabulka 54: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 2 potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	8,706	0,413	8,666	0,065	0,040	0,432	0,002	0,052
2	S ₁	8,969	0,477	4,153	0,130	4,816	0,544	0,535	0,034
3	S ₁	8,890	0,499	4,484	0,282	4,406	0,551	0,494	0,040
24	S ₁	10,327	0,605	4,894	0,178	5,432	0,620	0,525	0,032
1	S ₂	10,069	0,535	8,662	0,091	1,407	0,516	0,138	0,046
2	S ₂	10,753	0,586	4,171	0,138	6,582	0,613	0,611	0,026
3	S ₂	10,801	0,496	4,619	0,219	6,181	0,596	0,571	0,031
24	S ₂	12,529	0,655	4,962	0,198	7,567	0,772	0,603	0,031

Tabulka 55: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	9,523	0,568	5,443	0,095	4,079	0,569	0,426	0,036
2	S ₁	9,594	0,452	5,509	0,071	4,085	0,472	0,424	0,031
3	S ₁	9,664	0,595	5,582	0,064	4,082	0,611	0,420	0,039
24	S ₁	9,654	0,499	5,627	0,159	4,027	0,554	0,415	0,039
1	S ₂	9,686	0,661	5,396	0,135	4,290	0,730	0,440	0,047
2	S ₂	9,916	0,496	5,564	0,105	4,352	0,504	0,438	0,029
3	S ₂	10,033	0,581	5,561	0,136	4,472	0,670	0,444	0,041
24	S ₂	9,874	0,547	5,652	0,127	4,222	0,549	0,426	0,033

Tabulka 56: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3A potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	11,418	0,449	4,432	0,123	6,986	0,357	0,612	0,009
2	S ₁	11,723	0,460	4,137	0,270	7,587	0,660	0,646	0,034
3	S ₁	10,669	0,318	4,695	0,160	5,973	0,393	0,559	0,022
24	S ₁	11,481	0,477	5,409	0,116	6,072	0,465	0,528	0,021
1	S ₂	11,418	0,449	4,487	0,104	6,932	0,438	0,607	0,017
2	S ₂	11,527	0,612	4,639	0,220	6,888	0,572	0,597	0,023
3	S ₂	11,208	0,437	4,660	0,199	6,548	0,542	0,583	0,028
24	S ₂	13,722	0,363	5,444	0,119	8,278	0,423	0,603	0,016

Tabulka 57: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,2 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	9,182	0,465	5,195	0,159	3,987	0,488	0,433	0,035
2	S ₁	9,237	0,494	5,334	0,210	3,902	0,435	0,421	0,028
3	S ₁	9,330	0,537	5,406	0,173	3,924	0,552	0,419	0,036
24	S ₁	9,459	0,630	5,633	0,252	3,826	0,723	0,402	0,052
1	S ₂	10,400	0,357	5,351	0,174	5,049	0,438	0,485	0,027
2	S ₂	10,559	0,377	5,460	0,220	5,099	0,338	0,483	0,020
3	S ₂	10,716	0,329	5,454	0,198	5,262	0,396	0,491	0,025
24	S ₂	10,644	0,430	5,583	0,257	5,060	0,537	0,474	0,034

Tabulka 58: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřeného pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}), jejích složek (ΔE_{pen} , ΔE_{op}) a penetračního indexu (PI) tiskových vzorků papíru 3B potisknutých množstvím 0,35 ml tiskové barvy SunLit Legend

Doba po vytisknutí [h]	Tisk na straně	$\bar{\Delta E}_{pt}$	$\sigma \Delta E_{pt}$	$\bar{\Delta E}_{op}$	$\sigma \Delta E_{op}$	$\bar{\Delta E}_{pen}$	$\sigma \Delta E_{pen}$	\bar{PI}	σPI
1	S ₁	10,423	0,318	4,345	0,154	6,078	0,367	0,583	0,021
2	S ₁	10,488	0,358	4,512	0,145	5,976	0,365	0,569	0,018
3	S ₁	9,927	0,451	4,703	0,144	5,224	0,515	0,525	0,029
24	S ₁	12,765	0,332	5,536	0,244	7,229	0,369	0,566	0,020
1	S ₂	10,388	0,351	4,442	0,104	5,946	0,433	0,572	0,024
2	S ₂	11,281	0,405	4,826	0,163	6,455	0,456	0,572	0,023
3	S ₂	11,704	0,417	4,750	0,230	6,954	0,472	0,594	0,024
24	S ₂	13,606	0,632	5,594	0,155	8,012	0,674	0,588	0,024

Hodnoty celkového prorážení tiskové barvy (PT i ΔE_{pt}) při tisku barvou Brancher LOGO 18000 rostou s dobou po tisku na všech typech papíru a při obou dávkách tiskové barvy. U barvy SunLit Legend je chování většinou stejné jako u barvy Brancher LOGO 18000. Při tisku barvou Epple Premium Print při dávkování 0,2 ml barvy byly po 24 hodinách naměřeny nižší hodnoty prorážení tiskové barvy než při měření v kratších intervalech po tisku.

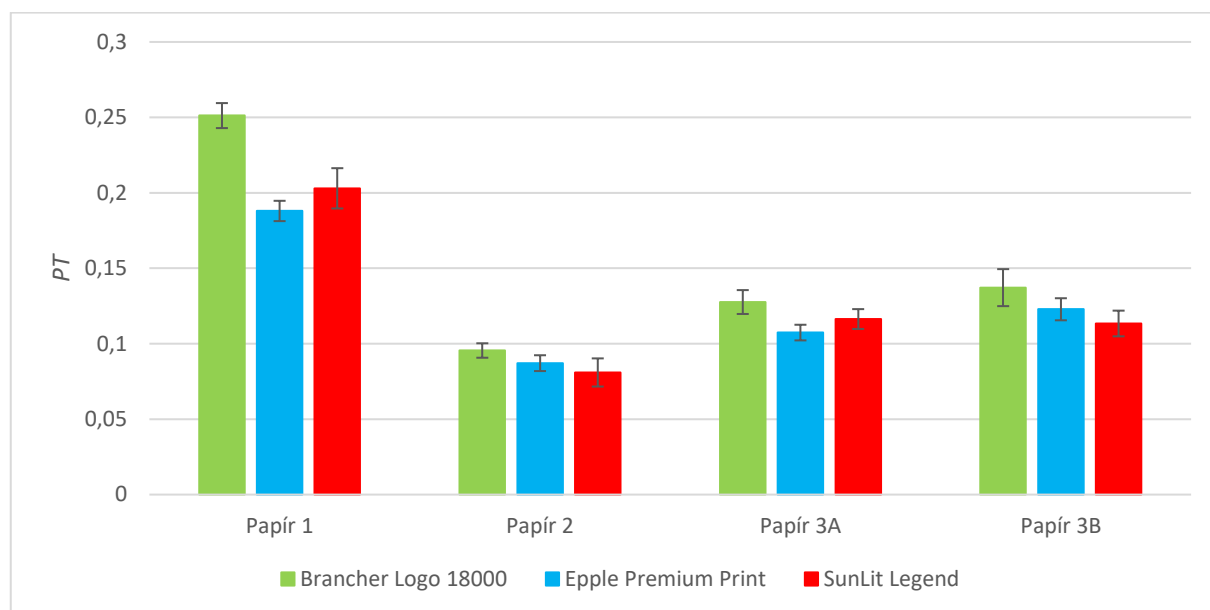
Hodnoty prorážení tiskové barvy ovlivněné opacitou papíru (PT_{op} a ΔE_{op}) se v závislosti na době po tisku prakticky nemění, změny nastávají u složky prorážení ovlivněné penetrací tiskové barvy (PT_{pen} a ΔE_{pen}).

Pro další hodnocení byly použity hodnoty prorážení tiskové barvy stanovené na základě měření prováděných 24 hodin po tisku.

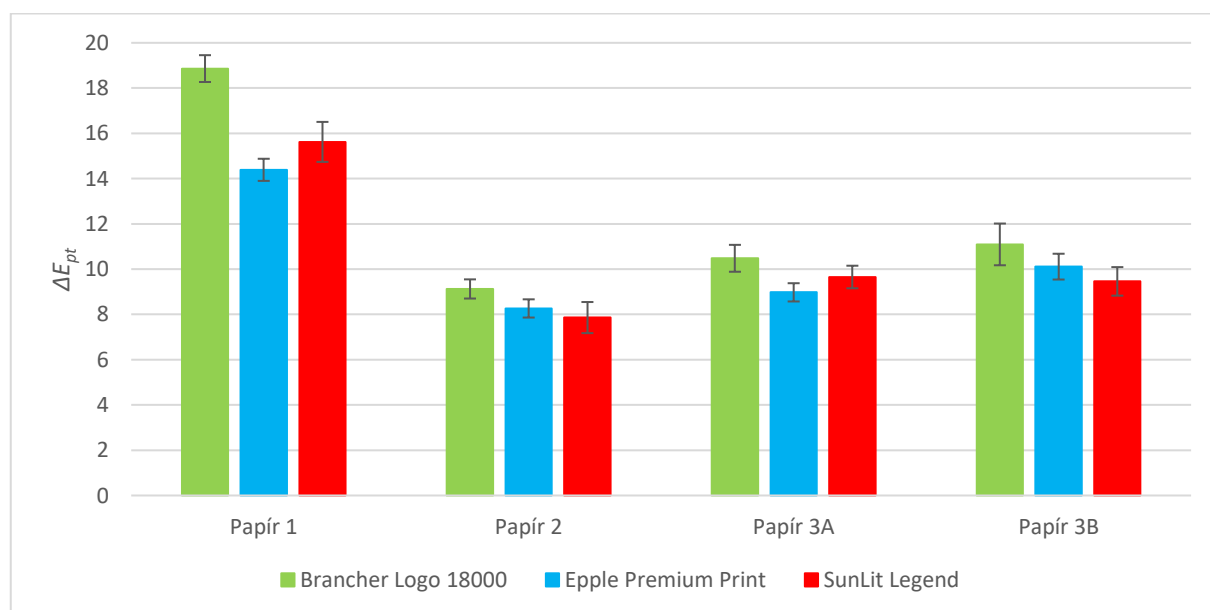
2.3.8.4 Porovnání metod hodnocení prorážení tiskové barvy – PT , ΔE

Pro porovnání metod testování byly vytvořeny grafy 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Do grafů 3, 5, 7, 9 byly zaneseny průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT), grafy 4, 6, 8, 10 zobrazují průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}) stanovené na základě měření prováděných 24 hodin po tisku.

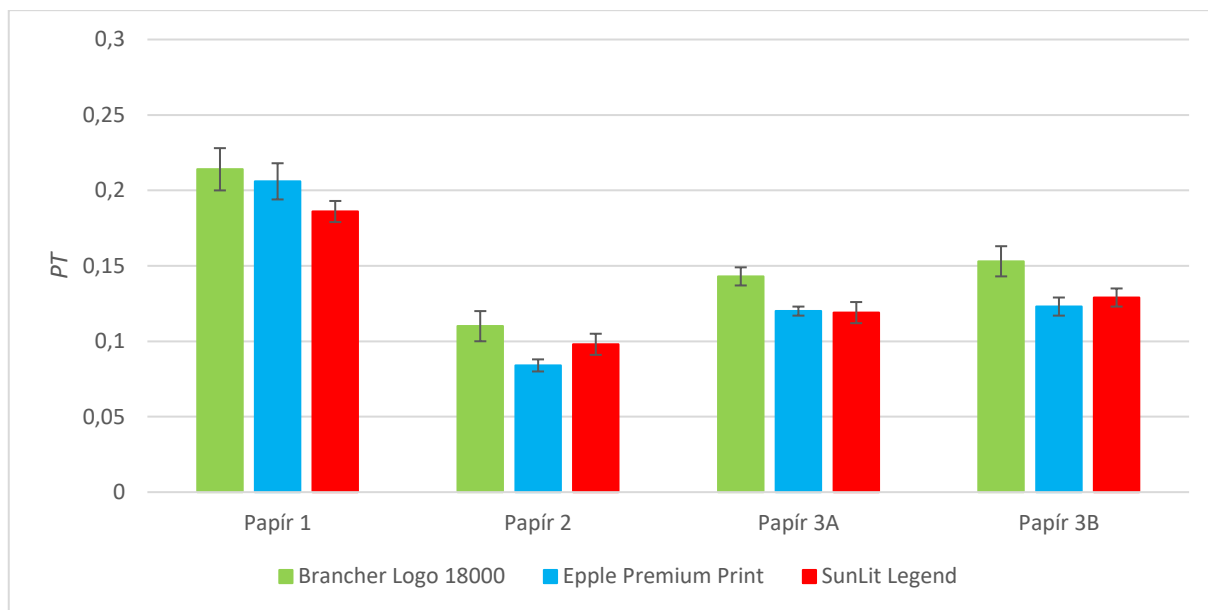
Graf 3: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) testovaných papírů při tisku na stranu S_1 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml dávkované do rozvalovací jednotky



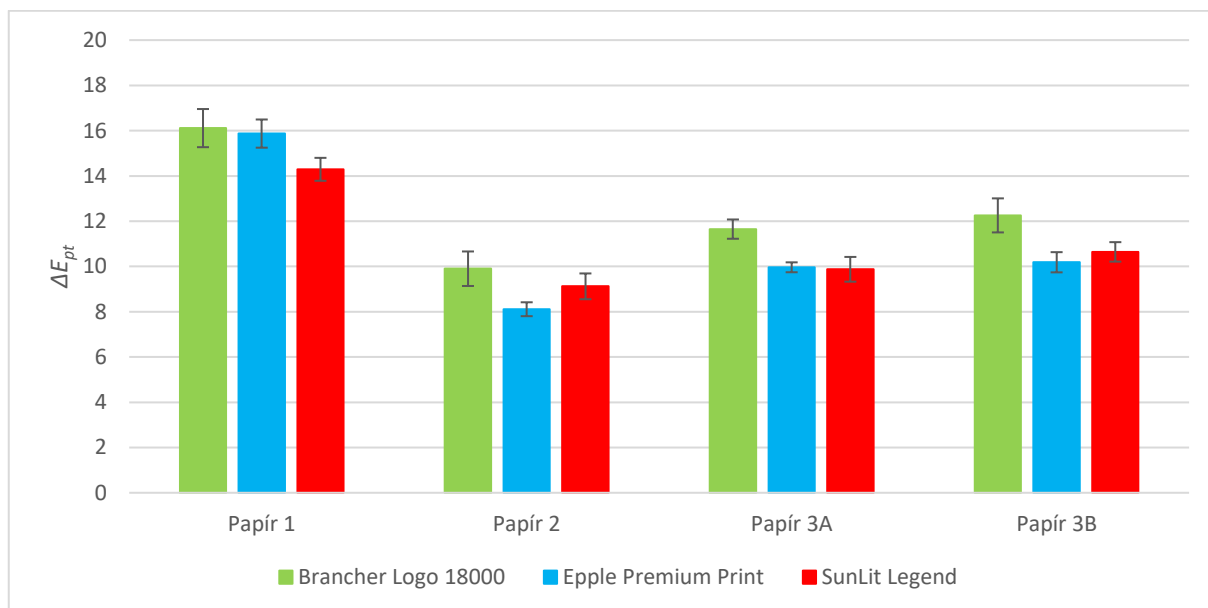
Graf 4: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}) testovaných papírů při tisku na stranu S_1 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml dávkované do rozvalovací jednotky



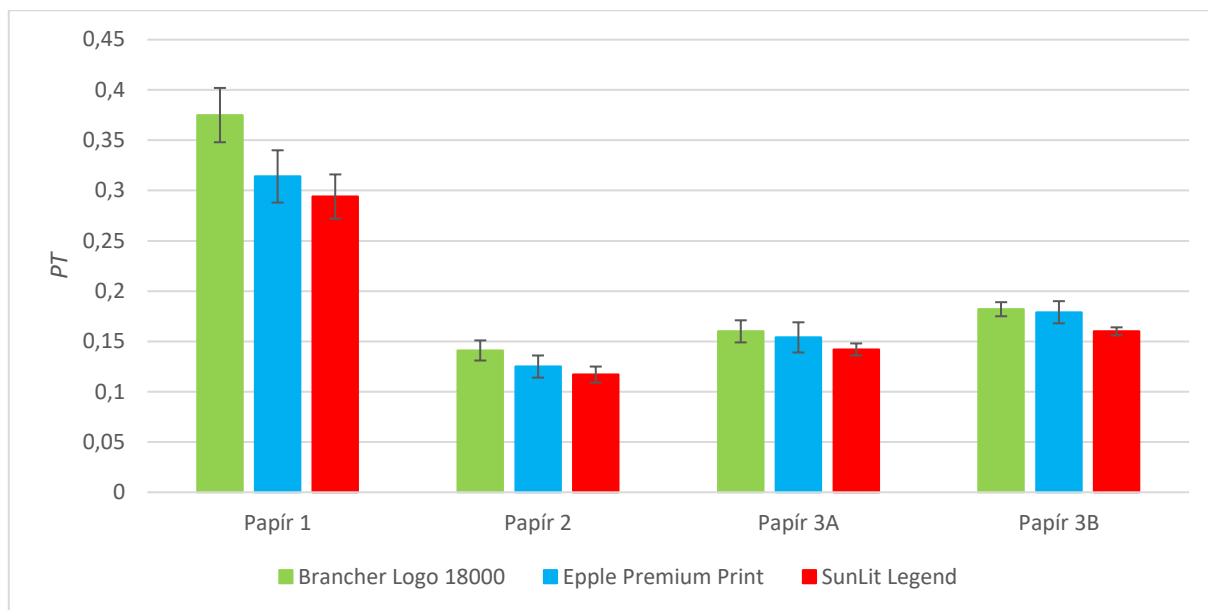
Graf 5: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) testovaných papírů při tisku na stranu S_2 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml dávkované do rozvalovací jednotky



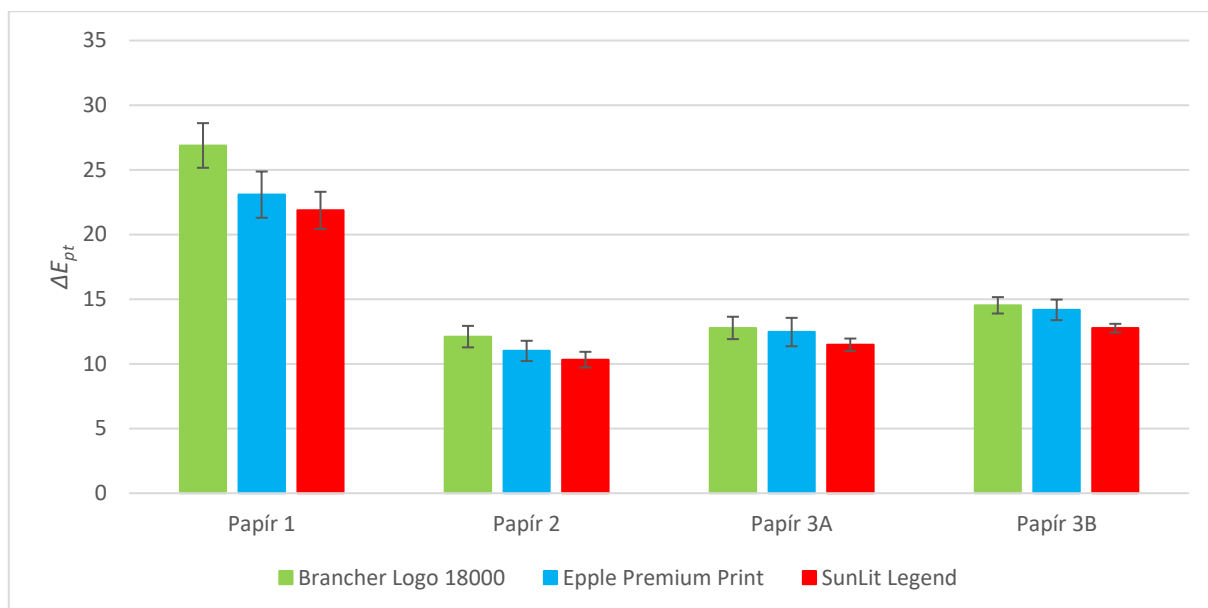
Graf 6: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}) testovaných papírů při tisku na stranu S_2 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml dávkované do rozvalovací jednotky



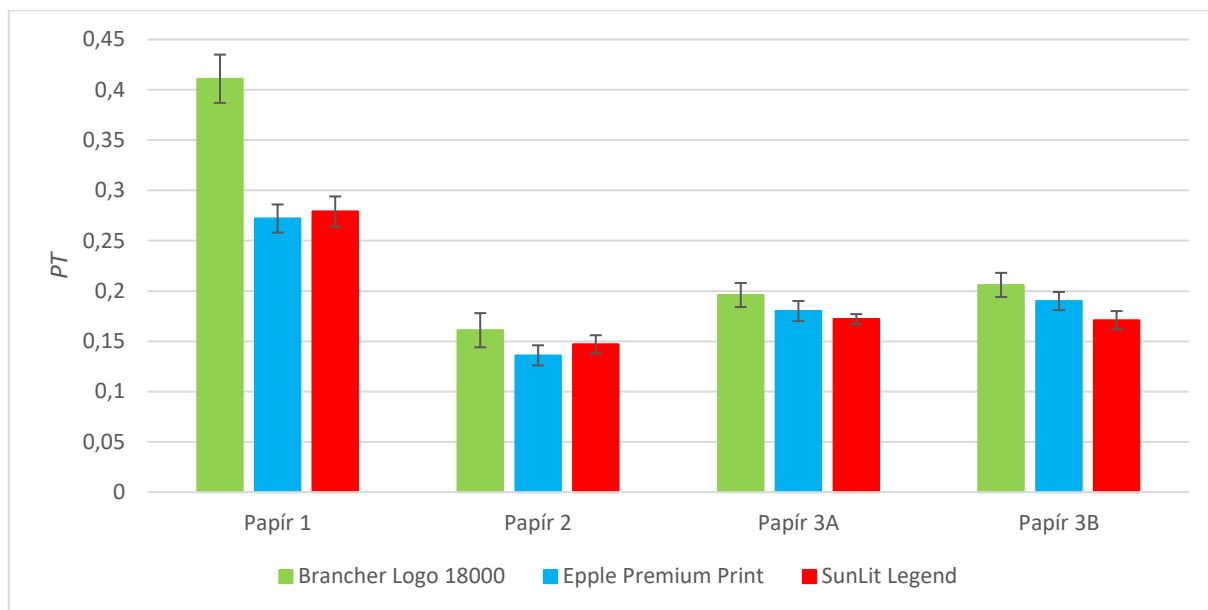
Graf 7: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) testovaných papírů při tisku na stranu S_1 s množstvím tiskové barvy 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



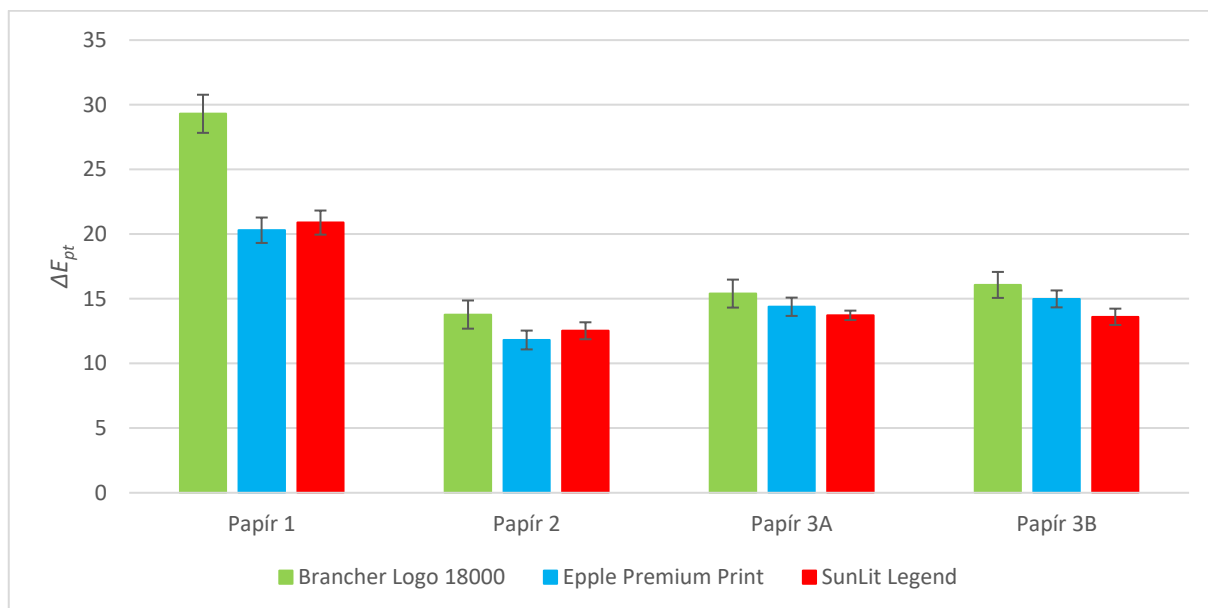
Graf 8: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvé odchytky (ΔE_{pt}) testovaných papírů při tisku na stranu S_1 s množstvím tiskové barvy 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



Graf 9: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) testovaných papírů při tisku na stranu S_2 s množstvím tiskové barvy 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



Graf 10: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí barvové odchylky (ΔE_{pt}) testovaných papírů při tisku na stranu S_2 s množstvím tiskové barvy 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



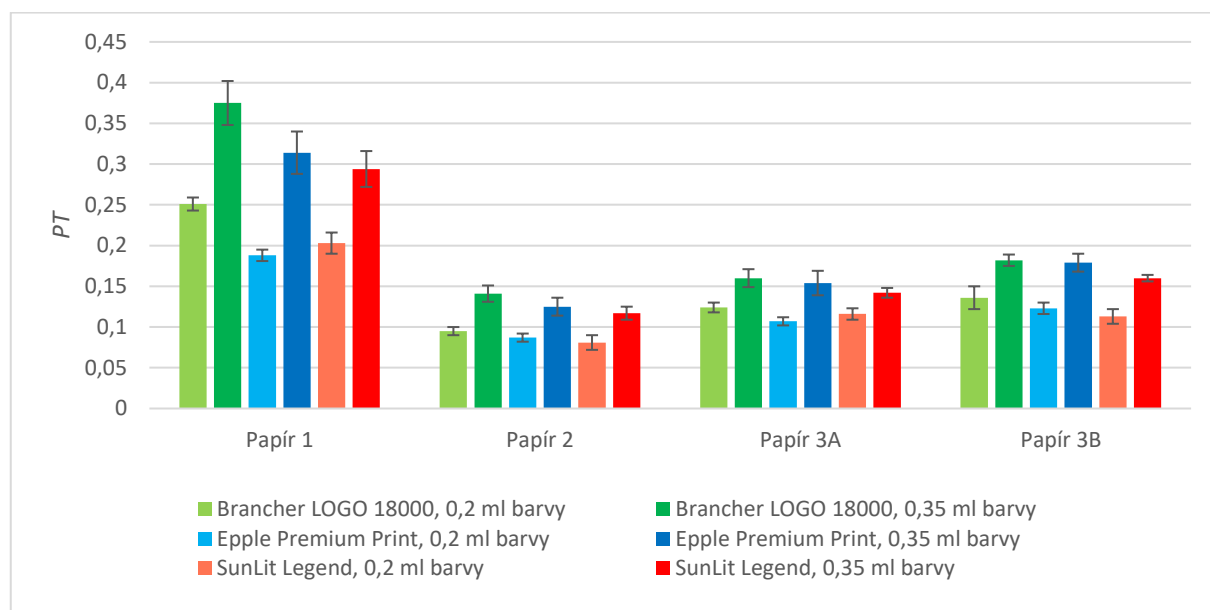
Z grafů je patrné, že obě metody hodnocení měřením světelného činitele odrazu i barvové odchylky dávají stejné výsledky. Stejně tomu bylo i při porovnání jednotlivých složek prorážení tiskové barvy PT_{op} a ΔE_{op} a PT_{pen} a ΔE_{pen} .

Pro další hodnocení byly tedy použity pouze hodnoty PT založené na měření světelného činitele odrazu. Měření barvové odchylky bylo dále využito pro hodnocení penetračního indexu.

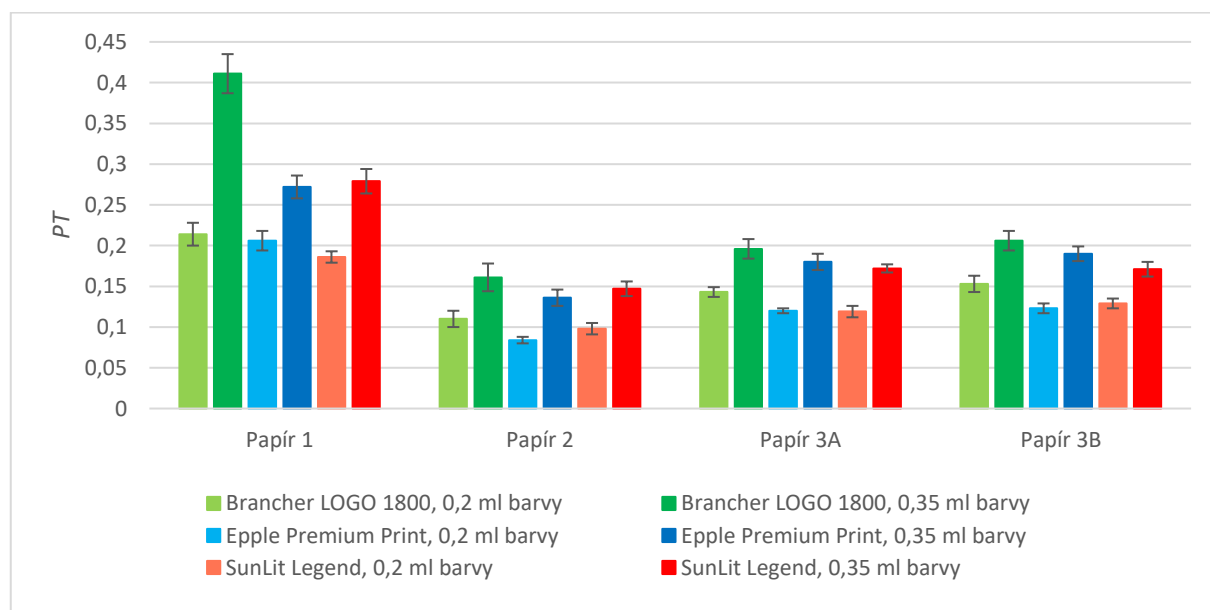
2.3.8.5 Vliv dávkovaného množství barvy (0,2 a 0,35 ml) na hodnoty prorážení tiskové barvy a penetračního indexu

Pro posouzení vlivu dávkovaného množství barvy na hodnoty celkového prorážení byly vytvořeny grafy 11 a 12. Do grafů byly zaneseny průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy (PT) stanovené na základě měření prováděných 24 hodin po tisku.

Graf 11: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí PT testovaných papírů při tisku na stranu S₁ s množstvím tiskové barvy 0,2 ml a 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



Graf 12: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy vyjádřené pomocí PT testovaných papírů při tisku na stranu S₂ s množstvím tiskové barvy 0,2 ml a 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



Grafy 11 a 12 ukazují, že dávkované množství barvy ovlivňuje hodnoty prorážení tiskové barvy nejen z hlediska velikosti hodnot (při vyšším dávkování tiskové barvy jsou hodnoty prorážení větší), ale na některých druzích papíru bylo dosaženo odlišných výsledků při dávkování 0,2 ml a 0,35 ml.

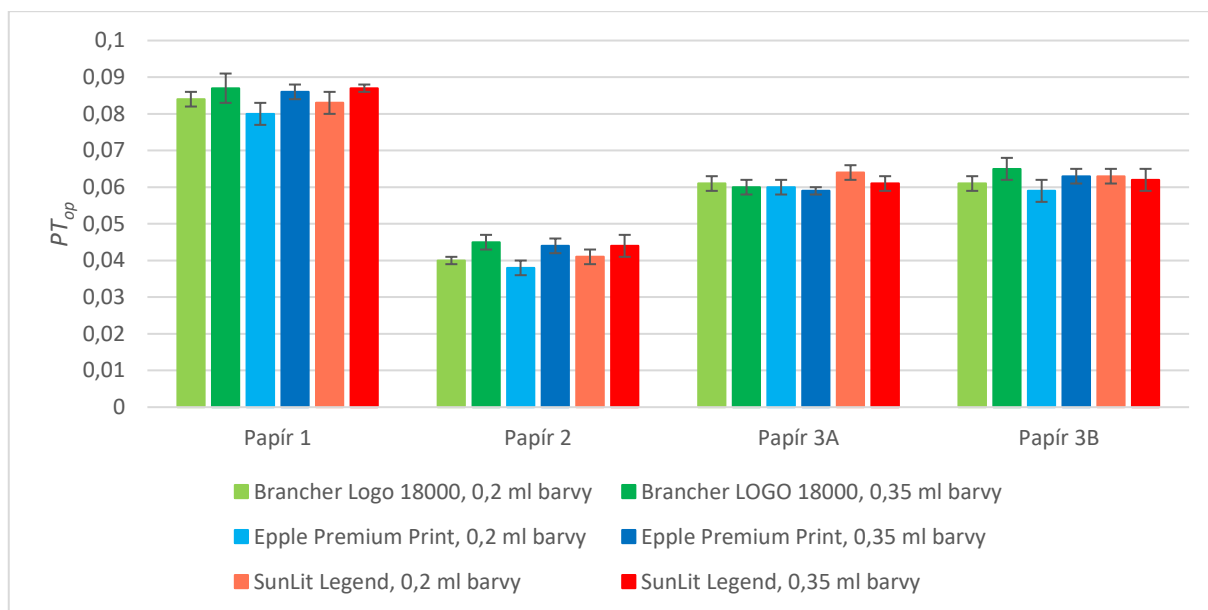
Nejvyšších hodnot prorážení bylo ve všech případech dosaženo při tisku barvou Brancher LOGO 18000.

Při tisku na síťovou stranu (S_1) s množstvím barvy 0,35 ml bylo nižších hodnot dosaženo při tisku barvou Epple Premium Print a nejnižších při tisku barvou SunLit Legend. Při tisku na síťovou stranu (S_1) s množstvím barvy 0,2 ml však bylo na papírech 1 a 3A dosaženo vyššího prorážení než při tisku barvou Epple Premium Print.

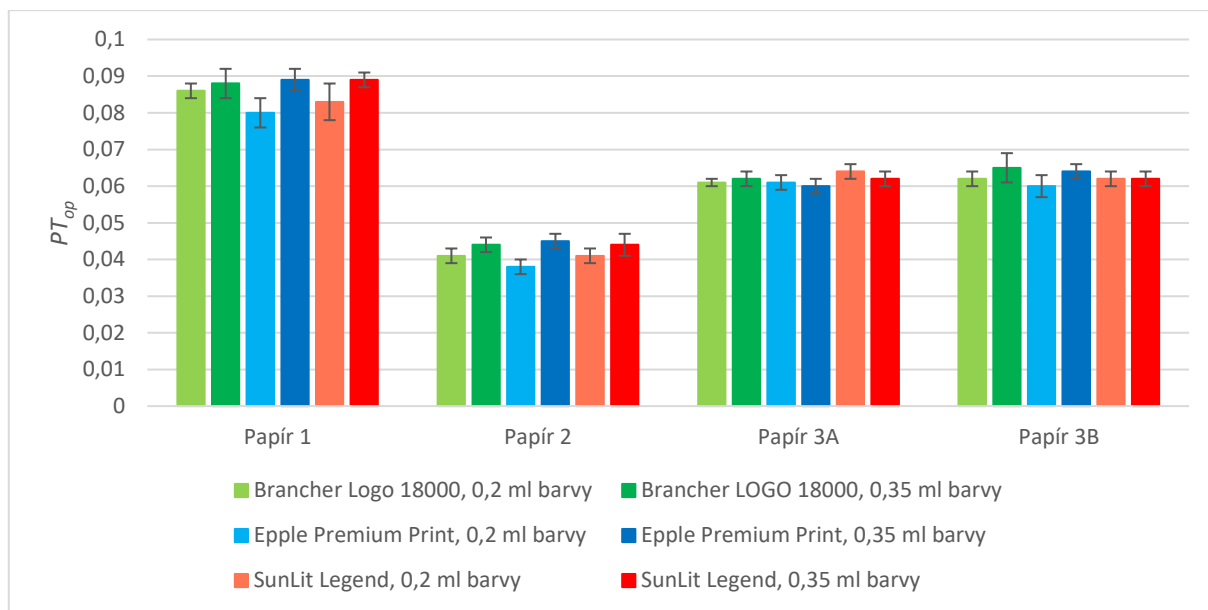
Při tisku na rubovou stranu (S_2) s množstvím barvy 0,35 ml bylo u papíru 1 dosaženo vyšších hodnot prorážení při tisku barvou SunLit Legend, při množství 0,2 ml však s barvou Epple Premium Print. Při tisku na papír 3B bylo při množství barvy 0,35 ml dosaženo vyšších hodnot prorážení při tisku barvou Epple Premium Print, při množství 0,2 ml jsou hodnoty prorážení u obou barev téměř stejné.

Pro vyhodnocení složky prorážení tiskové barvy ovlivněné opacitou papíru (PT_{op}) byly vytvořeny grafy 13 a 14. Do grafů byly zaneseny průměrné hodnoty PT_{op} stanovené na základě měření prováděných 24 hodin po tisku.

Graf 13: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy ovlivněné opacitou papíru (PT_{op}) testovaných papírů při tisku na stranu S_1 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml a 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



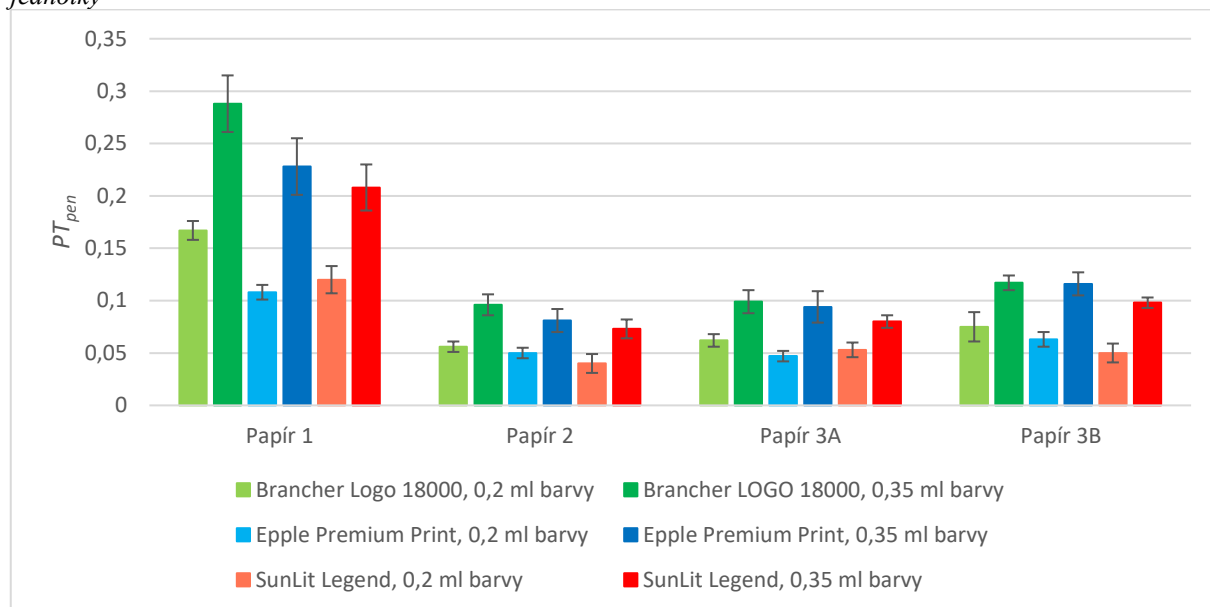
Graf 14: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy ovlivněné opacitou papíru (PT_{op}) testovaných papírů při tisku na stranu S_2 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml a 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



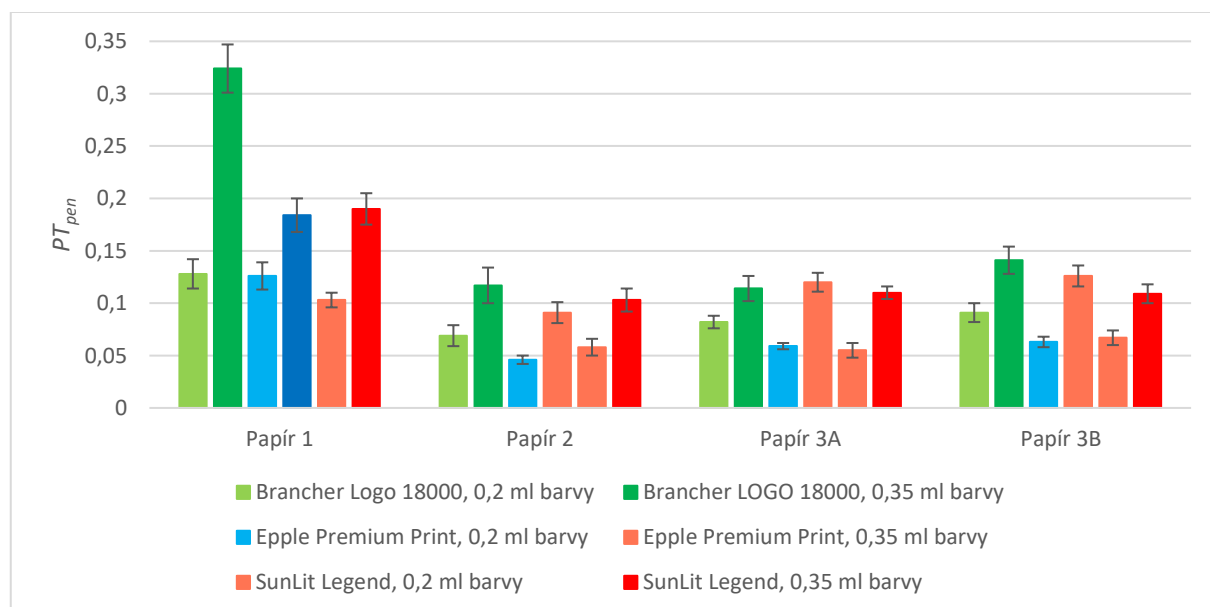
Z grafů je patrné, že na rozdíl od celkové hodnoty prorážení je složka prorážení ovlivněná opacitou papíru minimálně ovlivněna jak množstvím dávkované barvy, tak jejím typem. Pro dávkované množství 0,35 ml bylo dosaženo o něco vyšších hodnot PT_{op} , což souvisí s vyšší hodnotou optické hustoty tisku, které bylo při tomto množství barvy dosaženo. Hodnoty PT_{op} souvisejí s opacitou papíru. Nejnížší opacitu měl papír 1, na kterém bylo dosaženo nejvyšších hodnot PT_{op} . Nejvyšší opacitu a nejnížší hodnoty PT_{op} vykazoval papír 2. Další dva papíry 3A a 3B měly opacitu jen o málo nižší než papír 2, přesto vykazují znatelně vyšší hodnoty PT_{op} , což napovídá tomu, že opacita papíru není jediná vlastnost, která hodnoty PT_{op} ovlivňuje.

Pro vyhodnocení složky prorážení tiskové barvy ovlivněné penetrací složek tiskové barvy do papíru (PT_{pen}) byly vytvořeny grafy 15 a 16. Do grafů byly zaneseny průměrné hodnoty PT_{pen} stanovené na základě měření prováděných 24 hodin po tisku.

Graf 15: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy ovlivněné penetrací složek tiskové barvy do papíru (PT_{pen}) testovaných papírů při tisku na stranu S_1 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml a 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



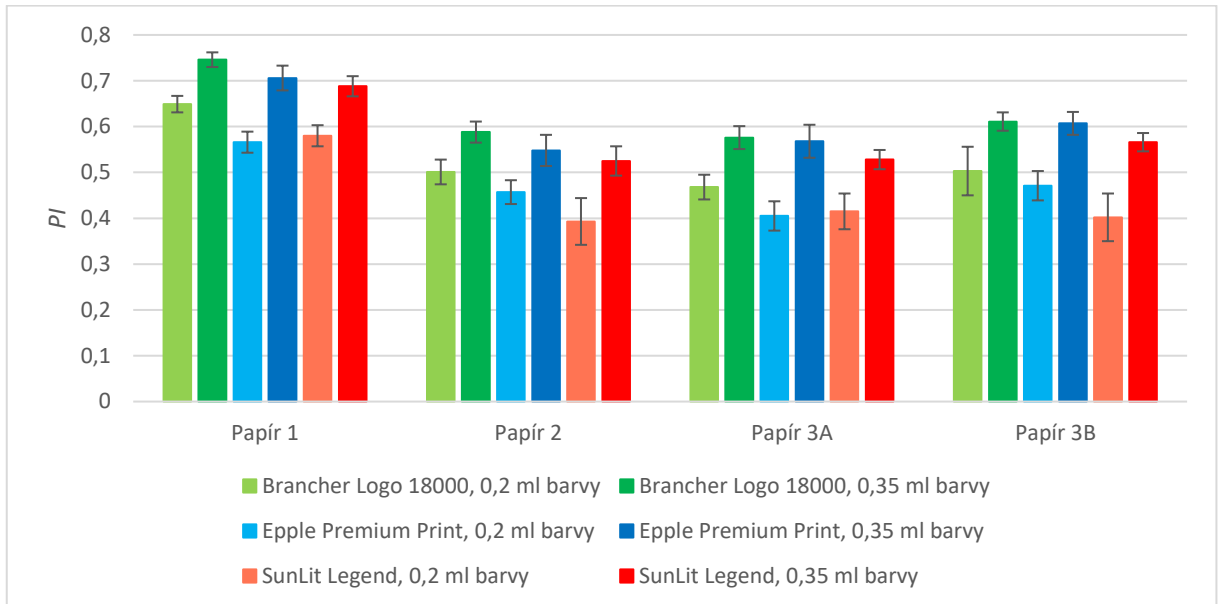
Graf 16: Průměrné hodnoty prorážení tiskové barvy ovlivněné penetrací složek tiskové barvy do papíru (PT_{pen}) testovaných papírů při tisku na stranu S_2 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml a 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



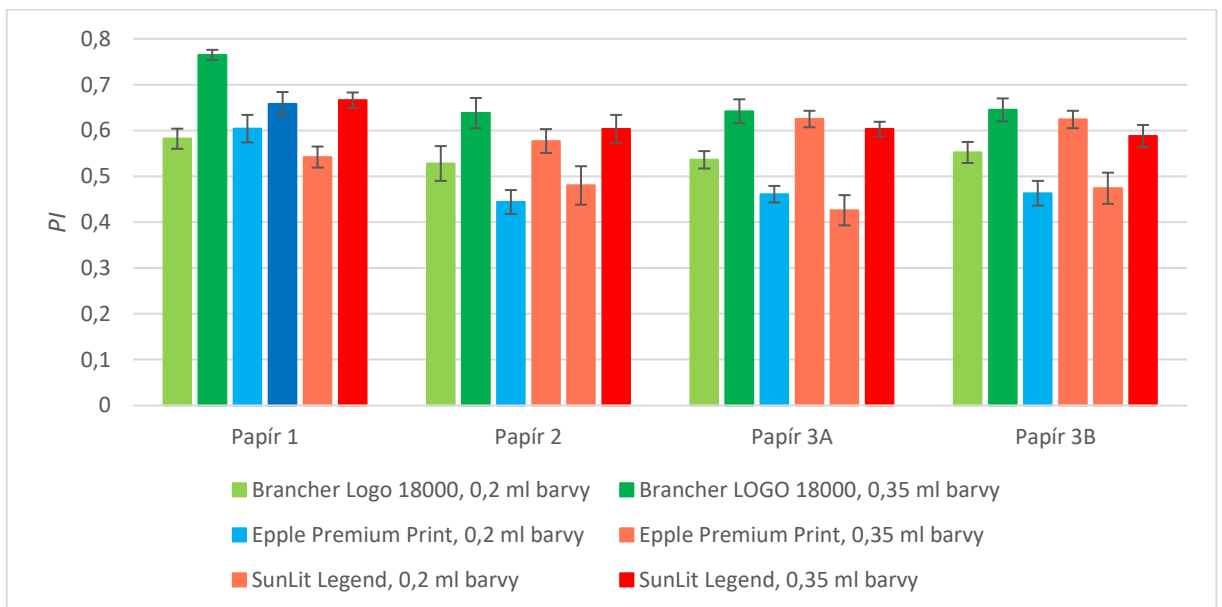
Porovnáním s grafy 11 a 12 je patrné, že chování penetrační složky prorážení tiskové barvy vykazuje stejnou tendenci jako celkové prorážení tiskové barvy.

Pro vyhodnocení penetračního indexu (PI) byly vytvořeny grafy 17 a 18. Do grafů byly zaneseny průměrné hodnoty PI stanovené na základě měření prováděných 24 hodin po tisku.

Graf 17: Průměrné hodnoty penetračního indexu (PI) testovaných papírů při tisku na stranu S_1 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml a 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



Graf 18: Průměrné hodnoty penetračního indexu (PI) testovaných papírů při tisku na stranu S_2 s množstvím tiskové barvy 0,2 ml a 0,35 ml dávkované do rozvalovací jednotky



Porovnáním s grafy 11, 12, 15 a 16 je patrné, že chování penetračního indexu vykazuje stejnou tendenci jako celkové prorážení tiskové barvy a penetrační složka prorážení tiskové barvy.

ZÁVĚR

Prorážení tiskové barvy negativně ovlivňuje kvalitu tisku. Na tento jev musí být brán ohled především u potiskovaných materiálů, jako jsou například tenké tiskové papíry, u kterých je možné z důvodu jejich nízké plošné hmotnosti očekávat větší míru prorážení tiskové barvy.

Cílem této práce bylo zhodnotit vliv tiskové barvy na její prorážení na tenkých tiskových papírech. Pro testování byly použity tři druhy archových ofsetových barev – Brancher LOGO 18000, Epple Premium Print a SunLit Legend. Tiskové barvy byly procesní černé, byly označeny jako ekologické. Dále byly použity čtyři druhy tenkých tiskových papírů s plošnou hmotností 40 g/m². Druh a vlastnosti potiskovaného materiálu ovlivňují prorážení tiskové barvy, proto byly testované papíry podrobeny testování jejich vlastností jako je drsnost PPS, tloušťka, opacita a tisková penetrace.

Pro hodnocení prorážení tiskové barvy existuje řada metod. V této práci byla využita metoda podle Mäkinenna, jehož hodnocení vychází z normy *SCAN-P 36:02* založené na měření světelného činitele odrazu a z měření barvové odchylky ΔE . Obě tyto metody hodnotí prorážení tiskové barvy s ohledem na složku prorážení tiskové barvy, kterou ovlivňuje opacita potiskovaného papíru a složku, která je ovlivněna penetrací složek tiskové barvy do papíru. Porovnáním obou metod hodnocení se zjistilo, že dávají stejné výsledky, což se očekávalo, protože tisk byl prováděn černou barvou na bílý papír, rozdíly v bělosti papíru se neprojeví výraznější změnou barevnosti, která by ovlivnila hodnoty prorážení tiskové barvy.

Prorážení tiskové barvy bylo hodnoceno 1, 2, 3 a 24 h po vytištění vzorků. Hodnoty celkového prorážení tiskové barvy při tisku barvou Brancher LOGO 18000 a SunLit Legend většinou rostly s dobou po tisku. Při tisku barvou Epple Premium Print při dávkování 0,2 ml barvy byly po 24 hodinách naměřeny nižší hodnoty prorážení tiskové barvy než při měření v kratších intervalech po tisku.

Hodnoty prorážení tiskové barvy ovlivněné opacitou papíru se v závislosti na době po tisku prakticky neměnily, ke změně docházelo u složky prorážení ovlivněné penetrací složek tiskové barvy do papíru.

Na základě výše uvedených výsledků byla další hodnocení provedena s využitím hodnot prorážení tiskové barvy získaných měření světelného činitele odrazu (*PT*) 24 hodin po tisku. Test prorážení tiskové barvy byl prováděn v souladu s normou *IGT w43/68*, podle které je do barevníkové jednotky dávkováno množství tiskové barvy 0,35 ml. Hodnoty optické hustoty tisku se pohybovaly v rozmezí 1,2–1,5 podle typu papíru. Tyto hodnoty výrazně přesahují hodnoty optické hustoty dosahované při reálném tisku, proto byla pro přiblížení množství přenesené tiskové barvy podmínkám praxe vytištěna další sada tiskových vzorků při dávkování 0,2 ml barvy. Podle očekávání byly hodnoty prorážení při větším dávkovaném množství barvy vyšší, v některých případech však bylo dosaženo jiných poměrných výsledků při dávkovaném množství 0,2 a 0,35 ml. Výsledky testu podle normy *IGT w43/68* nemusejí tedy vždy korelovat s hodnotami dosaženými při reálném tisku.

Nejvyšších hodnot prorážení tiskové barvy bylo u všech typů papíru dosaženo při tisku barvou Brancher LOGO 18000. Tato barva měla nejnižší hodnotu viskozity při nekonečné smykové rychlosti, při množství barvy 0,35 ml vykazoval tisk touto barvou nejvyšší hodnoty optické hustoty. Barva je od výrobce označena jako vysoce pigmentovaná. Dosahovala nejvyšších hodnot penetračního indexu. Výrazné prorážení se projevilo především na papíru 1, u kterého vysoká hodnota drsnosti a měrného objemu způsobují vysoké hodnoty složky prorážení ovlivněné penetrací složek barvy do papíru a nízká opacita ovlivňuje i vysoké hodnoty složky prorážení ovlivněné opacitou papíru.

Další dvě barvy vykazovaly nižší, většinou velice podobné hodnoty prorážení. Konkrétní hodnoty se lišily v závislosti na typu a straně papíru a množství dávkované barvy. Barva Epple Premium Print vykazovala nejvyšší hodnoty viskozity při nekonečné smykové rychlosti, z toho

důvodu by měla méně penetrovat do struktury papíru. Při tisku barvou SunLit Legend bylo dosaženo nejnižších hodnot optické hustoty tisku, nebyly zde rozdíly v optické hustotě tisku na jednotlivých papírech, které se u ostatních barev projeví (při tisku na papíry s nižší drsností a měrným objemem bylo dosaženo vyšších hodnot optické hustoty tisku). Dá se tedy předpokládat, že přestože je barva výrobcem označena jako vysoce pigmentovaná, obsah pigmentů zde není tak vysoký jako v případě dvou dalších barev.

Jako nejvhodnější pro potisk tenkých natíraných papírů se tedy z hodnocených barev jeví barva Epple Premium Print, u které při dosažení vyšší optické hustoty tisku dochází k porovnatelnému prorážení tiskové barvy jako u barvy SunLit Legend. Konkrétní výsledky jsou odvislé na konkrétním typu papíru.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Kaplanová, M. *Moderní polygrafie*. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2009. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [2] Hudeček, K. *Tiskové barvy*. Praha: Odborná příručka ROH svazu zaměstnanců tisku, 1955.
- [3] Bartoň, J. *Úvod do technologie ofsetu*. Praha: Nakladatelství grafické školy, 2003. ISBN 80-902978-6-2.
- [4] Bann, D. *Polygrafická příručka*. V Praze: Slovart, 2008. ISBN 978-80-7391-029-7.
- [5] Vnuk, K. *Tiskařské barvy*. Praha: Spolek pro chemickou a hutní výrobu, 1944. ISBN (brož.).
- [6] Holická, H. *Přednášky – polygrafické materiály*. Univerzita Pardubice, KPF, FCHT, 2019.
- [7] Bělousová, J. *Přednášky – tiskové materiály*. Praha, SPŠG, 2016.
- [8] *Vlastnosti tiskových barev* [online]. Eluc, 2015 [cit. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1781>.
- [9] *Rozdělení tiskových barev* [online]. Eluc, 2015 [cit. 2022-10-18]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1781>.
- [10] Kadeřábek V., Černý, J. *Polygrafické materiály*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1989. ISBN 80-85113-07-4.
- [11] Oharek, L.: *Příprava a charakterizace magnetoreologických suspenzí s vysokou sedimentační stabilitou*, diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně, FCh, Brno, 2020.
- [12] *Odpady-online* [online]. Svět tisku, 2022 [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://odpady-online.cz/polygrafie-barvy-na-vodni-bazi-nejsou-univerzalni/>.
- [13] *Trendy v oblasti tiskových barev*. [online]. Grafika. [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://www.grafika.cz/rubriky/polygrafie/trendy-v-oblasti-tiskovych-barev-127860cz>.
- [14] Aydemir C., Yenidoğan S., Karademir A., Kandirmaz E. A. *The examination of vegetable- and mineral oil-based inks' effects on print quality: Green printing effects with different oils*. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*. 2018, 16(3), 137–143.
- [15] Blanchard D. *Ecology and the Environment and How They Will Affect the Ink Industry*. *Surface Coatings International*. 1997, 10, 476–478.
- [16] Hayta P., Oktav M., Ates, Duru Ö. *An ecological approach to printing industry: Development of eco-friendly offset printing inks using vegetable oils and pine resin as renewable raw materials and evaluation of printability*. *Color Research & Application*. 2022, 47(1), 164-171. DOI: 10.1002/col.22708.
- [17] Idham Z., Che Yunus M. A., Aziz M. K. A., Setapar S. H. M., Mohamad H. *Formulation of Green Varnish from Ecological Friendly Material for the Development of Offset Printing Ink*. *Jurnal Teknologi*. 2014, 67(2), 65–68. eISSN 2180–3722.
- [18] Karademir A., Aydemir C., Yenidogan S., Arman Kandirmaz E., Kter RG. *The use of natural (Pinus pinaster) resin in the production of printing ink and the printability effect*. *Color Research & Application*. 2020, 45(5), 1170-1178.
- [19] Hejduk, J. *Technologie polygrafické výroby*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80-7560-308-1.
- [20] Svobodová, A.: *Povrchové vlastnosti tenkých tiskových papírů*, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, KPF, FCHT, Pardubice 2012.
- [21] Venclová, H.: *Hodnocení potiskovatelnosti tenkých tiskových papírů*, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, KPF, FCHT, Pardubice, 2008.
- [22] Wilkeová, H.: *Prorážení tiskové barvy na tenkých tiskových papírech*, Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, KPF, FChT, Pardubice 2017.
- [23] Gebrtová, J.: *Tiskové papíry a jejich vlastnosti*, 1. vydání, Univerzita Pardubice, FCHT, Pardubice, 2006, ISBN-80-7194-900-0.
- [24] Hoc, M. *Print-through in multicolour printing*. STFI-Packforsk Report No 187, NRP 28, 2005, 35.

- [25] *Mechanika tekutin – proudění viskózní tekutiny* [online]. [cit. 2022-10-18]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/kontinuum/4_4.
- [26] Yang, Y; Liu, F. *Preliminary Study on the Print-through Standard of Offset Printing*. Advanced Materials Research, 2011, s.1. ISSN 1662-8985.
- [27] Paper and board. Evaluation of test prints. *SCAN-P 36:02*, Stockholm: Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, 4 s.
- [28] Krčmářová, Ž.: *Vliv vlastností papíru na prorážení tiskové barvy*, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, KPF, FCHT, Pardubice 2019.
- [29] Drnovcová, T.: *Vliv podmínek tisku na prorážení tiskové barvy*, Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, KPF, FCHT, Pardubice 2021.
- [30] Dickson A. R.; Dooley N. J.; Sloane C. M. *The Print-through of newsprint with different sheet structures*. 59. Apitta Annual Conference and Exhibition, Auckland, New Zealand, 16-19, květen 2005, ročník 1, str 275-278: 2005.
- [31] Brimstow J. A. *Print through and ink penetration – A mathematical treatment*. Pentech press, London, 10 (1988).
- [32] Larsson L. O.; Trollsås P. O. *Genomtrycket och dess komponenter*. Svensk Papperstidning 75 (1972):8, str. 317-321.
- [33] Mäkinen, M. O. A.; Jääskeläinen, T.; Parkkinen, J. *Evaluation of print-through with color theory*. TAPPI Coating and Graphic Arts Conference, 2007.
- [34] Brancher. Logo 18000 [online]. [cit. 2023-4-25]. Dostupné z: <https://www.brancher.com/wp-content/uploads/2021/01/FT-QUADRI-LOGO-18000-2019.pdf>
- [35] Epple DRUCKFARBEN. Premium Print [online]. © 2016 [cit. 2023-4-25]. Dostupné z: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0406/5649/files/2274_-_2277_-_Premium_Print_-_31-01-2017.pdf?v=1662124236.
- [36] SunChemical. SunLit Legend [online]. © 2021 [cit. 2023-4-25]. Dostupné z: <https://www.atece.nl/tds/drukinkten-en-vernissen/TDS-SunLit-Legend-en-21.01.pdf>.
- [37] Industrial Physics. Parker Print-Surf [online]. © 2023 [cit. 2023-4-6]. Dostupné z: <https://industrialphysics.com/product/58-06-parker-print-surf-single-head/>.
- [38] Hunterlab. UltraScan VIS Spectrophotometer [online]. © 2023 [cit. 2023-4-14]. Dostupné z: <https://www.hunterlab.com/en/products/benchttop-spectrophotometers/ultra-scan-vis/>.
- [39] Pragolab. HAAKE RotoVisco 1 [online]. © 2023 [cit. 2023-4-6]. Dostupné z: <https://www.pragolab.cz/reologie-viskozita-a-extruze/reometry/haake-series-1>.
- [40] American Instrument Exchange. Thermo HAAKE K10 circulator. [online]. © 2023 [cit. 2023-4-6]. Dostupné z: <https://www.americaninstrument.com/products/1480h-circ>.
- [41] IGT TESTING SYSTEMS. HIGH SPEED INKING UNIT 4. [online]. © 2023 [cit. 2023-4-6]. Dostupné z: <https://www.igt.nl/product/466-000-710/>.
- [42] IGT TESTING SYSTEMS. AMSTERDAM 2. [online]. © 2023 [cit. 2023-4-16]. Dostupné z: <https://www.igt.nl/product/ams-2/>.
- [43] X-rite PANTONE. SpectroEye. [online]. © 2023 [cit. 2023-4-16]. Dostupné z: <https://www.xrite.com/service-support/product-support/portable-spectrophotometers/spectroeye>.
- [44] UNIPRO ALPHA KERN. ABS-N/ABJ-NM Analytické váhy [online]. © 2023 [cit. 2023-4-16]. Dostupné z: <https://vahy-kern.cz/produkty/kern-laboratorni-vahy/analyticke-vahy/abs-n-abj-nm-analyticke-vahy>.
- [45] IGT W24: *Tisková penetrace/způsobilost papíru pro lakování/absorpce oleje*, IGT Amsterdam 2, Verze listopad 2017.
- [46] IGT W43/68: IGT Information leaflet W43/68-AMS, *Print Through*, IGT Amsterdam 1/2/5/6, Version June 2017

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Vzorky testovaných papírů

Příloha B: Tiskové vzorky testovaného papíru 1

Příloha C: Tiskové vzorky testovaného papíru 2

Příloha D: Tiskové vzorky testovaného papíru 3A

Příloha E: Tiskové vzorky testovaného papíru 3B

PŘÍLOHA A: Vzorčky testovaných papírů

Testovaný papír	S ₁	S ₂
1		
2		
3		
4		

PŘÍLOHA B: Tiskové vzorky testovaného papíru 1

Testovaná tisková barva	Tisk na straně	0,2 ml barvy dávkované do rozvalovací jednotky	0,35 ml barvy dávkované do rozvalovací jednotky
Brancher LOGO 18000	S ₁		
Brancher LOGO 18000	S ₂		
Epple Premium Print	S ₁		
Epple Premium Print	S ₂		
SunLit Legend	S ₁		
SunLit Legend	S ₂		

PŘÍLOHA C: Tiskové vzorky testovaného papíru 2

Testovaná tisková barva	Tisk na straně	0,2 ml barvy dávkované do rozvalovací jednotky	0,35 ml barvy dávkované do rozvalovací jednotky
Brancher LOGO 18000	S ₁		
Brancher LOGO 18000	S ₂		
Epple Premium Print	S ₁		
Epple Premium Print	S ₂		
SunLit Legend	S ₁		
SunLit Legend	S ₂		

PŘÍLOHA D: Tiskové vzorky testovaného papíru 3A

Testovaná tisková barva	Tisk na straně	0,2 ml barvy dávkované do rozvalovací jednotky	0,35 ml barvy dávkované do rozvalovací jednotky
Brancher LOGO 18000	S ₁		
Brancher LOGO 18000	S ₂		
Epple Premium Print	S ₁		
Epple Premium Print	S ₂		
SunLit Legend	S ₁		
SunLit Legend	S ₂		

PŘÍLOHA E: Tiskové vzorky testovaného papíru 3B

Testovaná tisková barva	Strana papíru	0,2 ml barvy dávkované do rozvalovací jednotky	0,35 ml barvy dávkované do rozvalovací jednotky
Brancher LOGO 18000	S ₁		
Brancher LOGO 18000	S ₂		
Epple Premium Print	S ₁		
Epple Premium Print	S ₂		
SunLit Legend	S ₁		
SunLit Legend	S ₂		