

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Využití perleťových pigmentů v sítotiskem aplikovaných lacích

Bc. Veronika Beňová

Diplomová práce

2025

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Veronika Beňová**
Osobní číslo: **C23237**
Studijní program: **N0531A130013 Polygrafie**
Téma práce: **Využití perleťových pigmentů v síťotiskem aplikovaných lacích**
Téma práce anglicky: **Use of pearlescent pigments in screen-printed varnishes**
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

- Prostudujte odbornou literaturu a zpracujte rešerši týkající se perleťových pigmentů a jejich využití v tiskových barvách.
- Navrhněte vhodný grafický motiv a připravte síťotiskové šablony.
- Připravte formulace laků s různými koncentracemi perleťového pigmentu a vytiskněte vzorky.
- Vyhodnoťte vliv koncentrace pigmentu a tloušťky barvé vrstvy na výsledný vizuální efekt.

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

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Vališ, Ph.D.**
Katedra polygrafie a fotofyziky
Oponent diplomové práce: **Ing. Ondřej Heršl**
Datum zadání diplomové práce: **19. února 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2025**

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

L.S.

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

V Pardubicích dne 19. února 2025

Prohlašuji:

Práci s názvem Využití perleťových pigmentů v sítotiskem aplikovaných lacích 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. 2025

Veronika Beňová v. r.

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Ing. Janu Vališovi, Ph.D., za vstřícný přístup a cenné rady při zpracování diplomové práce. Dále patří poděkování i Státní tiskárně cenin, s. p., za poskytnutý materiál a průběžné konzultace během vypracování práce.

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



ANOTACE

Diplomová práce se zabývá hodnocením aplikace perleťových pigmentů aplikovaných sítotiskem na různé typy substrátů. Cílem bylo sledovat, jak typ pigmentu, jeho koncentrace, vlastnosti sítotiskového síta a druh podkladu ovlivňují vlastnosti výsledné tiskové vrstvy, zejména její barevnost, lesk a tloušťku. V teoretické části je popsán princip sítotisku, charakteristika perleťových pigmentů a metody hodnocení tiskových vrstev. Experimentální část zahrnuje tiskové zkoušky, měření $L^*a^*b^*$ hodnot, výpočty barvové odchylky ΔE^* , měření lesku a tloušťky vrstvy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Perleťový pigment, UV tvrditelný lak, sítotisk

TITLE

Use of pearlescent pigments in screen-printing varnishes

ANNOTATION

The thesis deals with the evaluation of the effect of pearlescent pigments applied by screen printing on different types of substrates. The aim was to observe how the type of pigment, its concentration, the properties of the screen and the type of substrate affect the optical properties of the resulting print layer, especially its colour, gloss and thickness. The theoretical part describes the principle of screen printing, the characteristics of pearlescent pigments and methods of evaluation of print layers. The experimental part includes printing tests, measurement of $L^*a^*b^*$ values, calculations of colour deviation ΔE^* , measurement of gloss and layer thickness.

KEYWORDS

Pearlescent pigment, UV curable varnish, screen printing

OBSAH

ÚVOD	10
1 TEORETICKÁ ČÁST	11
1.1 Sítotisk	11
1.1.1 Princip technologie.....	11
1.1.2 Sítový rám	12
1.1.3 Sítovina	13
1.1.4 Šablona.....	16
1.1.5 Těrka	17
1.2 Sítotiskové barvy.....	19
1.2.1 Složení barev	19
1.2.2 Typy sítotiskových barev	20
1.3 Efektové pigmenty a barvy	21
1.3.1 Metalické pigmenty.....	21
1.3.2 Fluorescenční a fosforescenční pigmenty	21
1.3.3 Stírací barvy	22
1.3.4 Tabulové barvy.....	22
1.4 Perlescentní pigmenty	22
1.4.1 Mechanismus vzniku efektu.....	22
1.4.2 Konstrukce a materiál pigmentů	23
1.5 Hodnocení optických vlastností perlescentních pigmentů	24
1.5.1 Hodnocení lesku.....	24
1.5.2 Vizuální hodnocení	25
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	26
2.1 Experimentální materiály	26
2.1.1 Potiskované substráty.....	26
2.1.2 Perlescentní pigmenty a lak	27
2.2 Experimentální přístroje.....	28
2.3 Příprava sítotiskových rámců.....	29
2.4 Příprava vzorků.....	30
3 VÝSLEDKY A DISKUSE	31
3.1 Měření lesku pigmentů v závislosti na typu substrátu	31

3.1.1	IRIODIN® 123 Bright Luster Satin.....	31
3.1.2	IRIODIN® 6103 Icy White.....	35
3.1.3	PYRISMA® T30-24 GREEN.....	39
3.1.4	Shrnutí výsledků.....	42
3.2	Tloušťka vrstev substrátů.....	43
3.3	Vliv koncentrace pigmentu na barevnost.....	44
3.3.1	IRIODIN® 123 Bright Luster Satin.....	44
3.3.2	IRIODIN® 6103 Icy White.....	50
3.3.3	PYRISMA® T30-24 GREEN.....	56
3.3.4	Shrnutí výsledků.....	62
	ZÁVĚR.....	64
	POUŽITÁ LITERATURA.....	66
	SEZNAM TABULEK.....	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	70
	SEZNAM PŘÍLOH.....	71
	SEZNAM ZKRATEK.....	72

ÚVOD

Perleťové pigmenty, označované také jako perlescentní, jsou specifickou skupinou efektových pigmentů, které se vyznačují schopností měnit svůj vzhled v závislosti na úhlu dopadu a odrazu světla. Tento optický jev vytváří lesklý nebo duhový efekt, který nachází široké uplatnění především v oblasti dekorativního tisku, obalového designu nebo ceninového tisku. Vizualně výrazné efekty přispívají k tomu, aby tištěné produkty působily atraktivněji a lépe se odlišily od ostatních na trhu.

Aplikace perleťových pigmentů však klade vysoké nároky na tiskový proces. Výsledný vzhled tiskové vrstvy není dán pouze typem a koncentrací pigmentu, ale je ovlivněn také volbou substrátu, použitou tiskovou formou a specifickými parametry tisku. Nejčastěji jsou tyto pigmenty aplikovány sítotiskem, který díky možnosti nanášet silnější vrstvy umožňuje plně rozvinout jejich optický efekt. Právě vzájemná interakce mezi pigmentem, tiskovou formou a podkladem určuje míru lesku, barevnosti a celkový vizuální dojem.

Zkoumání těchto vlivů je důležité nejen z hlediska technického, ale také z pohledu praktického využití, optimalizace složení a způsobu aplikace pigmentu umožňuje dosáhnout požadovaného vzhledu s minimálním množstvím materiálu a za kontrolovaných podmínek.

Cílem této diplomové práce je zhodnotit vliv třech různých typů pigmentů, jejich koncentrací a použitých tiskových forem na optické vlastnosti výsledné vrstvy. Zaměřuje se zejména na hodnocení lesku, barevnosti a rovnoměrnosti vrstvy v závislosti na typu podkladu a ovrstvení sítotiskového síta.

1 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část práce se zaměřuje na vysvětlení základních principů sítotisku a faktorů, které ovlivňují kvalitu tiskové vrstvy. Dále je popsána nejen samotná tisková technologie, ale také vlastnosti sítotiskových forem a složení tiskových barev. Samostatná část je věnována i perleťovým pigmentům a jejich struktuře. V závěru kapitoly jsou popsány metody hodnocení optických vlastností, které slouží jako podklad pro následnou analýzu výsledků.

1.1 Sítotisk

Sítotisk, známý také jako serigrafie, patří mezi nejstarší techniky tisku [1]. Historie sahá až do starověké Číny a Japonska, kde byla tato technika používána k dekoraci textilií. Právě v těchto kulturách se zrodily první šablonové techniky, které byly předchůdcem moderního sítotisku. Ručně vyřezávané šablony, zpevněné jemnými sítkami z hedvábí či vlasů, umožňovaly vytváření detailních vzorů. Tyto tradiční postupy se postupně vyvíjely, až daly vzniknout metodě, která byla v 19. století představena v Evropě, kde se dále zdokonalila díky novým materiálům a technologiím [2]. Technika sítotisku, která z těchto metod vychází, byla v Evropě poprvé představena v roce 1873 na světové výstavě ve Vídni prostřednictvím japonských tisků. Klíčovým momentem byl patent Samuela Simona z roku 1907, který popsal základní rámovou konstrukci sítotisku. Ve 20. století se sítotisk stal nejen průmyslovým nástrojem, ale i výrazným médiem v umění, zejména v rámci Pop Artu, který proslavil Andy Warhol svými ikonickými díly jako je série Campbellových polévek nebo Marilyn Monroe [2].

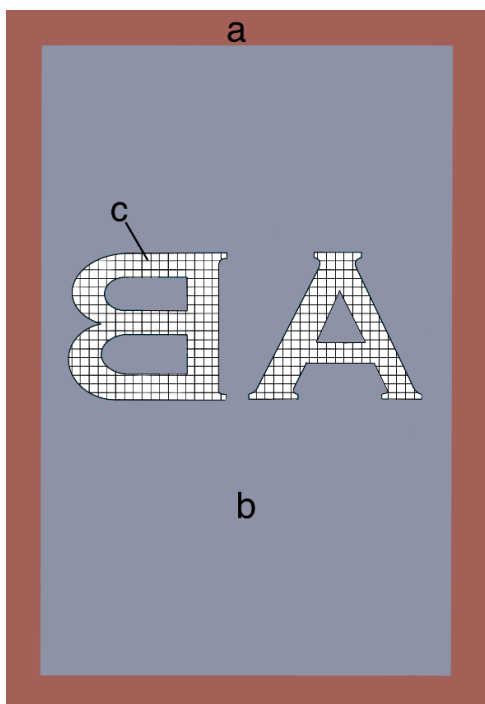
Sítotisk má širokou škálu využití. Díky své jednoduché technologii založené na protlačování tiskové barvy skrz síto je možné potisknout širokou škálu materiálů, jako jsou papír, textil, plast, a další.

V současnosti se technologie využívá také v oblasti materiálového tisku, který se zabývá tiskem funkčních vrstev, jako například tiskem senzorů, obvodů, nebo čipů [3].

1.1.1 Princip technologie

Klíčovým prvkem sítotisku je tisková forma. Od ostatních tiskových technik se liší tím, jak je znázorněno na obrázku 1, že její součástí je šablona (b) vytvořená na tiskovém sítu (c). To je tvořeno napnutou síťovinou, která je pevně napnutá na sítotiskovém rámu (a) [4].

Šablona definuje tisknoucí a netisknoucí místa a nejčastěji je aplikovaná na síť pomocí světlocitlivé emulze [1]. Barva je následně pomocí stěrky protlačena přes otevřené části šablony.



Obrázek 1 Schéma tiskové formy (autorka dle [4])

1.1.2 Síťový rám

Mezi základní prvky tiskové formy patří síťový rám, jehož hlavní funkcí je zajistit stabilitu a rovnoměrné napnutí síťoviny. Správná volba rámu tedy představuje nezbytnou součást procesu, která ovlivňuje kvalitu výsledného tisku.

Rám musí splňovat několik klíčových požadavků. Jedna z důležitých vlastností je, aby rám zabránil jakékoli mechanické deformaci během přípravy tiskové formy i samotného procesu tisku. Stabilita rámu musí být dostatečná, aby odolal tahovým a tlakovým silám působícím na šablonu, aniž by došlo k jeho posunu či deformaci. Tyto vlastnosti rámu zajišťují nejen správnou funkci během tisku, ale i dlouhou životnost celého systému [5].

Z konstrukčního hlediska je zásadní, aby rám byl rovný, pevný a stabilní, s vysokou odolností vůči zkroucení a prohnutí. Zároveň musí být vyroben z materiálů, které vykazují rezistenci vůči chemikáliím běžně používaným při přípravě šablon, tiskovým barvám, ředidlům, čisticím prostředkům a vodě. U velkých rámu je kladen důraz také na nízkou hmotnost, která usnadňuje manipulaci a zvyšuje uživatelský komfort [5].

Nejčastěji se používají hliníkové rámy pro jejich nízkou hmotnost a snadnou údržbu, zatímco ocelové rámy jsou preferovány při tisku vysoce přesných motivů. Dřevěné rámy jsou méně stabilní a vhodné pouze pro malé formáty nebo jednoduché zakázky [1].

1.1.3 Sítovina

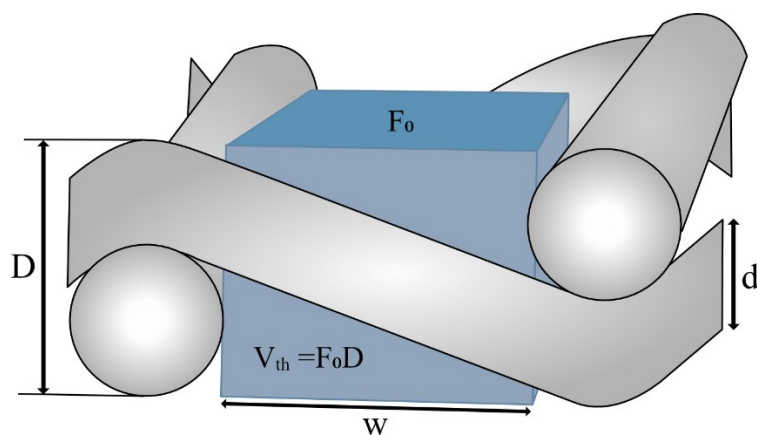
Hlavní součástí tiskové formy je sítovina, která je nositelem šablony. Může být tkaná z různých materiálů, jako jsou syntetická vlákna, pokovená vlákna nebo kovové dráty. Každý typ sítoviny je využíván pro specifická využití. V případě rotačního sítotisku, se využívají speciální netkané sítoviny, které mají odlišnou strukturu [1]. Volba správného typu sítoviny závisí na požadavcích tisku. Hrubé sítoviny s velkými oky jsou ideální pro tisk barvami s hrubými pigmenty nebo pro silnější vrstvy barvy. Naopak jemné sítoviny se používají pro tisk jemných rastrů a linek, kde je kladen důraz na preciznost a detail [5]. Podobně jak u síťového rámu, tak i sítovina musí splňovat určité parametry.

Hlavní vlastností je, aby byla schopna na sebe pevně vázat šablonovou vrstvu. Pokud by šablonová vrstva nebyla dostatečně pevně zakotvena k sítovině, mohlo by během tisku dojít k jejímu uvolnění nebo posunu, a to by mělo za následek ztrátu přesnosti motivu a nekvalitní výsledek. Současně však musí umožňovat průchod tiskové barvy skrze volná oka, aniž by barvu sama zadržovala nebo vázala, protože takové chování by negativně ovlivnilo kvalitu tisku a způsobilo nevyrovnaný přenos barvy na potiskovaný materiál [5].

Dále je nezbytné, aby se po protlačení barvy odpoutala od potiskovaného materiálu a zachovala se ostrost motivu. Pokud by sítovina zůstala přilepena k materiálu, mohlo by dojít k rozmazání tisku, nesprávnému pokrytí barvou nebo k nesprávnému přenosu barvy. Stejně tak jako síťový rám, tak i sítovina musí být odolná vůči chemikáliím které jsou součástí tiskových barev, mycích a odvrstvovacích prostředků [1].

Geometrie sítoviny

Důležitým parametrem sítoviny je její geometrie. Ta může výrazně ovlivnit výslednou kvalitu tisku a také životnost šablony. Geometrie je definována několika základními parametry, jako je například šíře ok, způsob tkání, průměr vláken či hustota materiálu (viz. obrázek 2).



Obrázek 2 Parametry charakterizující geometrii sítoviny [1]

Prvním parametrem, který síťovinu charakterizuje, je průměr vlákna d [μm] [1]. Pro označení tloušťky se používají písmena S (small), T (thick) a HD (heavy duty), která charakterizují vlastnosti vlákna. Tenká vlákna označená jako S se vyznačují nižší maximální hodnotou napnutí a větším sklonem k poškození, avšak umožňují precizní přenos jemných detailů. Středně silná vlákna T představují univerzální volbu, zatímco vlákna HD poskytují nejvyšší maximální hodnotu napnutí a odolnost, přičemž umožňují silnější nános barvy. U HD vláken může omezená otevřená plocha síta komplikovat přenos tiskové barvy [5].

Dalším parametrem je šíře oka w [μm], který je charakterizován jako vzdálenost mezi dvěma sousedními vlákny, [1]. Šíře oka ovlivňuje schopnost tiskových barev s hrubšími pigmenty procházet síťovinou. Pokud jsou oka příliš úzká, hrubší pigmenty mohou síťovinu ucpávat, což vede k nejednotnému nanášení barvy nebo nutnosti častého čištění síta. Naopak širší oka umožňují lepší průchod těchto pigmentů, avšak mohou ovlivnit přesnost detailů přenesených na podklad.

Šíře oka spolu s tloušťkou vlákna d [μm] ovlivňují otevřenou plochu síta F_0 [1]. Otevřená plocha síta udává, jaký podíl z celkové plochy síťoviny, tvoří průchodná plocha ok, přičemž zbytek je neprostupný pro barvu. Tento parametr se vyjadřuje v procentech a vypočítává se na základě rovnice 1 [5].

$$F_0 = \frac{w^2}{(w+d)^2} \times 100 \quad (1)$$

Táto hodnota je úzce spjata s dalším parametrem, a to s takzvaným teoretickým objemem barvy V_{th} [cm^3/m^2]. Je vyjádřen jako součin otevřené plochy síta F_0 a tloušťky tkaniny D [cm] (viz. rovnice 2) [5].

$$V_{th} = \frac{w^2}{(w+d)^2} \times D \quad (2)$$

Jde o objem barvy, který síťovina dokáže pojmout. Tento objem zároveň odpovídá teoretické tloušťce vrstvy tiskové barvy v mikronech. Díky tomu lze předem odhadnout jaké množství barvy je potřebné pro tisk a jaká bude tloušťka výsledné vrstvy na podkladu [5].

Dalším zásadním parametrem, který popisuje síťovinu je, jak je síťovina tkaná. V tomhle směru se rozlišují dva typy způsobu tkání, které jsou vyobrazené na obrázku 3, a to:

- **Plátnová vazba (Plain Weave PW)** – jde o typ vazby, kde se vlákna osnovy a útku střídají rovnoměrně, to znamená že, vlákno osnovy jde nad a další pod vlákno útku.

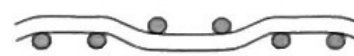
Výsledkem je jemná a pravidelná struktura s rovnoměrně velkými oky, což umožňuje přesný tisk jemných detailů.

- **Keprová vazba (Twill Weave TW)** – Tato vazba je charakteristická diagonálním vzorem, který vzniká tak, že vlákna osnovy překrývají více vláken útku najednou. Díky tomu má síťovina vyšší mechanickou odolnost a delší životnost. Její struktura je méně rovnoměrná než u plátnové vazby, což umožňuje nanášení silnějších vrstev barvy, ale může být méně vhodná pro detaily.

plátnová vazba



keprová vazba



Obrázek 3 Uspořádání vláken síťoviny s různou vazbu [1]

Jedním z posledních parametrů, kterým se popisuje geometrie síťoviny je její hustota. Vyjadřuje počet vláken na jednotku délky, nejčastěji na centimetr nebo palec, a je klíčová pro určování velikosti ok a průchodnosti síťoviny. Tento parametr se typicky pohybuje v rozmezí 10–200 vláken/cm, přičemž nejčastěji používané síťoviny mají hustotu mezi 90–120 vláken/cm. Tato hodnotová škála představuje optimální kompromis mezi detailností přenosu tisku a schopností aplikovat požadované množství barvy [5].

Tyto parametry je možné najít v technických listech, které jsou součástí daných síťovin.

Tabulka 1 Příklad technických parametrů síťoviny SEFAR PET 1500

Rozsah síťoviny	Hustota síťoviny [1/cm]	Barva	Typ vazby	Vazba	Tolerance na počet ok \pm [n/cm]	Šíře oka [mm]	Průměr vlákna [mm]	Otevřená plocha [%]	Tloušťka tkaniny [mm]	Tolerance tloušťky tkaniny [mm]	Teoretický objem ink. [cm ³ /m ²]
PET 1500	100	W	TW	2:1	2,5	45	48	20,3	88	4	17,8
PET 1500	120	Y	PW	1:1	3,0	45	34	29,6	55	3	16,3
PET 1500	120	W	PW	1:1	3,0	37	40	20,0	64	3	12,8
PET 1500	120	Y	PW	1:1	3,0	37	40	20,0	64	3	12,8
PET 1500	130	W	PW	1:1	3,5	40	34	26,9	55	4	14,8
PET 1500	130	Y	PW	1:1	3,5	40	34	26,9	53	3	14,3
PET 1500	140	W	PW	1:1	3,5	36	31	26,0	48	2	12,5
PET 1500	140	Y	PW	1:1	3,5	36	31	26,0	48	2	12,5
PET 1500	140	W	PW	1:1	3,5	31	34	19,3	55	3	10,6
PET 1500	140	Y	PW	1:1	3,5	31	34	19,3	55	3	10,6
PET 1500	150	Y	PW	1:1	4,0	36	27	28,6	42	2	11,7
PET 1500	150	W	PW	1:1	4,0	32	31	23,3	47	2	11,0
PET 1500	150	Y	PW	1:1	4,0	32	31	23,3	47	2	11,0

Zdroj: přeloženo dle [6]

Tabulka 1 zobrazuje technické specifikace síťovin SEFAR PET 1500, vyrobených z monofilního polyesteru. První údaj, který lze vyčíst z tabulky, je hustota síťoviny. Dále je uvedena barva (W nebo Y) a typ vazby (ve většině případech je plátňová PW). Také je vidět, že se zde nachází síťovina, která má jiné zbarvení než ostatní.

Žluté zbarvení (Y) slouží jako ochrana proti podsvícení při kopírování šablony, protože filtruje světelné paprsky o vlnových délkách, které mohou způsobit předčasné vytvrzení šablony. Díky tomu je možné docílit přesnější expozice, což je nezbytné při tisku jemných detailů, jako jsou tenké linky nebo tónované motivy. Na druhou stranu, toto zbarvení prodlužuje dobu osvětlení ve srovnání s bílými síťovinami (W), které tento ochranný filtr neobsahují [1].

Dalšími parametry, které lze z obrázku vyčíst, jsou šíře oka (vzdálenost mezi vlákny), průměr vlákna, otevřenou plochu (v procentech), tloušťku tkaniny a její toleranci, a teoretický objem inkoustu, který síťovina pojme (v cm^3/m^2).

1.1.4 Šablona

Šablona umožňuje přenos tiskového motivu na podklad. Proces výroby zahrnuje několik kroků, které se liší podle druhů šablon.

Na začátku je důležité, aby síťovina byla důkladně odmaštěna. Tím se zlepšuje přilnavost emulze nebo šablonového filmu. Následně je aplikována světlocitlivá vrstva, která zajišťuje vytvoření motivu pomocí fotochemického procesu. Po expozici se nevytvrzené části emulze nebo filmu vymyjí, čímž vzniknou otevřené tisknoucí oblasti.

Existuje několik druhů šablon, které se liší způsobem přípravy a použitým materiálem. Přímé šablony jsou vytvářeny přímo na síťovině, zatímco nepřímé šablony se zhotovují mimo rám a následně se přenášejí na síťovinu.

Ručně zhotovená

Ručně zhotovené šablony jsou jednoduché na výrobu a využívají například vykrývací roztoky nanášené přímo na síťovinu nebo motivy ručně vyřezané z fólie. Jsou oblíbené v uměleckém síťotisku nebo při tisku velkých ploch a méně složitých motivů [1].

Fotochemická

Fotochemické šablony využívají světlocitlivé materiály pro vytvoření tiskového motivu. Jsou vhodné zejména pro náročné aplikace vyžadující vysokou přesnost a kvalitu detailů. Samotný proces začíná u přípravy síťoviny, kde je potřeba její důkladné odmaštění. Poté se na síťovinu aplikuje vrstva světlocitlivé emulze nebo kapilárního filmu. Emulze se nanáší

rovnoměrně pomocí aplikačního korýtka. Následně se takto připravená šablona exponuje UV zářením přes kontaktní pozitivní film s motivem. Záření vytvrdí pouze ty části emulze, které nejsou kryty motivem. Po osvitě se šablona opláchne vodou, která odstraní nevytvrzené části emulze, čímž vzniknou otevřené oblasti pro tisk. Poté se šablona vysuší [1].

Fotochemická šablona může být přímá nebo nepřímá. Rozdíl spočívá v tom, že u přímé šablony se světlocitlivá emulze nanáší přímo na síťovinu napnutou v rámu. Naopak nepřímá šablona se připravuje mimo síťotiskový rám. Světlocitlivý film se nejprve osvítlí přes kontaktní film a následně vyvolá ve vývojce, kde se odstraní nevytvrzené části. Vyvolaný film se poté přenesne na navlhčenou síťovinu a suší se, dokud není pevně zakotven. Po zaschnutí se odstraní nosná fólie filmu, a šablona je připravena k použití [5].

Technologie CTS

CTS (computer to screen) je moderní technika, která umožňuje přímý přenos návrhu z počítače na síť. Je několik technologických způsobů, které se využívají pro přípravu šablony.

Jeden ze způsobů přípravy síťotiskové formy spočívá v nanesení světlocitlivé vrstvy běžným způsobem. U technologií využívajících inkjetovou hlavu se na síť aplikuje speciální krycí vosk nebo inkoust na bázi vody, který chrání vybrané oblasti před expozicí UV zářením. Po nanesení této krycí vrstvy je šablona exponována, a následně se nevytvrzené části emulze spolu s krycím materiálem odstraní, čímž vzniknou tisková místa [1].

Další metoda využívá přímý osvit laserovým paprskem. Obraz se na síťovině vytváří pomocí laserových diod, které emitují UV záření přesně na místa, kde má být světlocitlivá emulze vytvrzena. Po tomto kroku je síť standardně vymyto, přičemž nevytvrzená emulze se odstraní a zůstanou netisknouce místa [1].

Poslední technologie využívá orientaci UV záření pomocí DMD členu (Digital Micromirror Device). Tento systém využívá mikrozrcadla, která přesně nasměrovávají UV paprsky na povrch síťotiskové formy dle požadovaného obrazového motivu. V oblastech, kam UV záření nedopadá, zůstává emulze nevytvrzená, což při následném vymývání odhalí tiskové oblasti [1].

1.1.5 Těrka

Klíčovým činitelem v této technice je síťotisková těrka neboli tříč, s kterou se v jiné tiskové technice nepotkáme.

Její hlavním úkolem je přenést tiskovou barvu přes síť na tiskový podklad, čímž dochází k vytvoření požadovaného motivu nebo vzoru. Těrky se skládají ze dvou částí: těrkový držák a těrkový list [1].

Těrkový držák

Hlavní funkcí držáku je správné uchycení těrkového listu. Rozdíl je samozřejmě v tom, o jaký typ držáku se jedná. Může se jednat o držák určený pro ruční tisk. V tomto případě musí být navržen tak, aby jej bylo možné pohodlně opřít do dlaně. Nejčastěji se vyrábí ze dřeva, kovu nebo plastu [8].

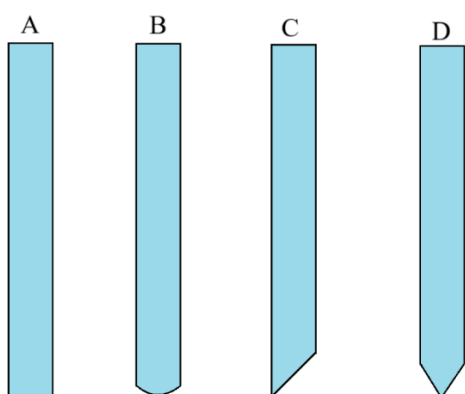
Naopak držák pro strojní tisk se vyrábí pouze z kovu a tvarem je přizpůsobený dle požadavků tiskového stroje [8].

Těrkový list

Jedná se o rovný pruh pružného materiálu, který se upevňuje do držáku těrky. Nejčastěji se vyrábí z polyuretanového elastomeru v kombinaci s tvrdšími nosnými nebo výztužnými materiály [8].

Těrkový list musí být odolný vůči chemikáliím obsažených v tiskových barvách a oděru [1]. Tloušťka listů se pohybuje nejčastěji mezi 5 až 10 mm. Čím je tloušťka listu větší, tím se těrka při tisku méně ohýbá. Dle profilu (viz. obr. 4), je možné list rozdělit do několika kategorií [8]:

- **Pravouhlý (A)** – univerzální, nejpoužívanější. Čím ostřejší hrana, tím ostřejší kontury tisku.
- **Zaoblený (B)** – pro větší nános barvy, případně pro lakování.
- **Klínový (C)** – pro potisk vícerozměrných předmětů (hlavně předměty s malou plochou) nebo skla.
- **Zkosený (D)** – podobné specifikace jak u klínového profilu.



Obrázek 4 Profily těrkového listu [1]

1.2 Sítotiskové barvy

Sítotisk využívá nejširší škálu tiskových barev, ze všech tiskových technik. Výběr vhodné barvy je zásadní z hlediska materiálu a požadovaného vzhledu. Můžou se nanášet jak tenké, tak i silné vrstvy barvy, co následně ovlivňuje rychlost schnutí.

U reologických (tokových) vlastností barev se požaduje, aby se barvy dobře roztíraly po sítu, nedocházelo k otiskům síta a aby se síto nepřilepilo k potiskovanému materiálu [1].

Hlavní reologickou vlastností barev je jejich viskozita. Viskozita je fyzikální veličina, která charakterizuje vnitřní tření kapaliny. Udává, jak snadno nebo obtížně kapalina teče [9]. U sítotiskových barev se jako průměrná viskozita uvádí 1,5–2 Pa.s, může se vyskytovat i s vyšší viskozitou [1].

Důležitou vlastností je, aby barva měla tixotropní charakter [10]. Tixotropie je reologická vlastnost kapalin, které při mechanickém působení, jako je míchání nebo třepání, dočasně snižují svou viskozitu (stávají se tekutějšími). Po ukončení tohoto působení se jejich viskozita postupně vrací na původní hodnotu [11]. Tahle vlastnost je důležitá proto, aby po nanesení na potiskovaný materiál nedošlo k rozlívání a tím se nesnížila ostrost hran motivu [10].

1.2.1 Složení barev

Sítotiskové barvy se skládají z několika základních složek, které se odlišují dle požadovaných vlastností a vhodnosti pro různé aplikace. Mezi hlavní komponenty patří [1],[12]:

- **Koloranty** – tzv. pigmenty. Na částicích dochází k absorpci a rozptylu světla v barvovém filmu. Tím dodávají barvě požadovaný odstín a krytí. Výsledný efekt závisí na velikosti částic a povaze potiskovaného materiálu.
- **Rozpouštědlo** – upravují viskozitu barvy. Sítotiskové barvy mohou obsahovat až 70 hm. % rozpouštědel. Používají se např. alifatické uhlovodíky, ketony.
- **Pojiva** – směs dvou i více různých formotvorných látek. Spojují pigmenty s potiskovaným materiálem a zajišťují přilnavost barvy k povrchu. Mohou být tvořena vysychavými oleji, přírodními či syntetickými pryskyřicemi.
- **Aditiva** – pomocné prostředky, které upravují povrchové vlastnosti barvy, jako například odolnost vůči oděru a kluznost.

1.2.2 Typy sítotiskových barev

Vzhledem k široké oblasti využití sítotisku a různorodosti potiskovaných materiálů není možné specifikovat pouze jeden univerzální typ barev. Různé aplikace vyžadují odlišné vlastnosti barev, například barevnou stálost, odolnost vůči povětrnostním vlivům, pružnost nebo přilnavost na konkrétní povrchy.

Rozpouštědlové barvy

Jedná se o univerzálně použitelné barvy, které jsou vhodné pro potisk většiny druhů materiálů [13]. Jako pojivo se používá roztok nitrocelulózy a tvrdých pryskyřic rozpuštěných ve směsi ketonů, esterů a benzínu. Dle potiskovaného materiálu se může použít filmotvorná látka která je mu složením podobná nebo dokonce stejná. Rozpouštědlo se používá cyklohexanon, toluen nebo estery [1].

Vodové barvy

Vodou ředitelné barvy jsou ekologická alternativa k rozpouštědlovým barvám [14]. Mohou být buď ve formě disperzí pryskyřic ve vodě, nebo jako emulze zmýdelněné pryskyřice ve vodě. V obou případech dochází k zasychání odpařením vody [1]. Vzhledem k tomu že se jedná o barvy na vodní bázi jsou ideální pro tisk na světlé materiály, jelikož neposkytují dostatečné krytí [14].

Barvy vytvrzované UV zářením

Jde o barvy, které se vytvrzují působením ultrafialového (UV) záření. Jejich složení se liší tím, že neobsahují těkavá rozpouštědla, a proto na vzduchu nezasychají, pokud nejsou vystaveny UV záření. Lze je využít pro potisk všech typů materiálů [1]. Důležité je ale zajistit správnou přípravu podkladu, zejména úpravu povrchové energie materiálu, aby byla zajištěna optimální přilnavost barvy [13].

Plastisolové barvy

Plastisolové barvy jsou speciálním typem sítotiskových barev, které se skládají ze suspenze částic PVC (polyvinylchloridu) ve změkčovadle. Na rozdíl od jiných typů barev nezasychají odpařováním, ale tepelným vytvrzením. Zahřátím se částice PVC spojí, což zajišťuje dlouhou životnost a odolnost potisku [14]. Poskytují vysokou krycí schopnost [13] a odolnost vůči namáhání (např. u textilu vydrží i vícenásobné praní a nedojde k žádnému popraskání) [14.]

Dvousložkové barvy

Tyto barvy se využívají pro potisk keramiky, skla, kovů a syntetických materiálů. Obsahují reaktivní pryskyřice, které po přidání tužidla zahajují síťovací reakci. Tyto barvy vynikají výbornou adhezí k nesavým povrchům a vytvářejí tvrdý barvový film s vysokou mechanickou i chemickou odolností [1].

1.3 Efektové pigmenty a barvy

Na rozdíl od jiných tiskových technik nabízí sítotisk možnost využití široké škály speciálních efektů na různé druhy potiskovaných materiálů. Tyto efekty je možné docílit pouze se speciálními druhy pigmentů a barev.

V oblasti textilní výroby se efektové pigmenty aplikují k dosažení vizuálně atraktivních efektů, jako je metalický odlesk, fosforescence či změna barvy podle úhlu dopadu světla. Tyto vlastnosti zvyšují estetickou hodnotu a jedinečnost textilních výrobků [15]. Dále se vyskytují i v oblasti bezpečnostního tisku pro ochranu cenin, jako jsou například bankovky, cestovní pasy nebo certifikáty [16].

1.3.1 Metalické pigmenty

Metalické pigmenty jsou speciální práškové látky, které dodávají materiálům charakteristický kovový lesk. Jedná se tenké ploché destičky, které jsou v pojivu orientovány rovnoběžně s povrchem tiskoviny.

Vyrábějí se z hliníkových, měděných nebo zinkových vloček (např. „hliníkové bronzy“ a „zlaté bronzy“), které jsou často potahovány oxidem železitým metodou CVD (Chemical Vapor Deposition). Tento proces probíhá v prostředí plynného dusíku při teplotách kolem 450 °C, kdy se kovové vločky zkapalní a následně pokryjí vrstvičkou oxidu kovů pomocí činidel, jako je pentakarbonyl železa ($\text{Fe}(\text{CO})_5$) a kyslík (O_2), zředěných v inertním plynu [17]. Výsledkem jsou pigmenty s různými kovovými efekty, například zlatavými, oranžovými či načervenalými odstíny.

1.3.2 Fluorescenční a fosforescenční pigmenty

Jde o fotoluminiscenční pigmenty, které mají podobný princip fungování, ale liší se v délce a charakteru světelného efektu, který vytvářejí. Fluorescenční pigmenty absorbují záření a okamžitě jej přeměňují na vyzařované světlo, které je jasnější a viditelnější. Tento proces je velmi rychlý, což znamená, že pigmenty přestanou vyzařovat světlo okamžitě po vypnutí zdroje záření. Fosforescenční pigmenty absorbují záření a následně je vyzařují po delší dobu, i když už není přítomen zdroj záření. Tento jev, je pomalejší a vyzařované světlo

doznívá postupně. Fosforescenční pigmenty mohou svítit i několik sekund až minut, nebo dokonce hodin po vypnutí zdroje záření [1].

1.3.3 Stírací barvy

Jsou speciální typy barev, které umožňují zakrytí nebo odkrytí podkladu, když jsou mechanicky odstraněny, například třením nebo stíráním. Tento efekt je dosažen použitím pigmentů a materiálů, které reagují na fyzické působení, jako je otření, což může odhalit skrytý obraz nebo text. Stírací barvy se často používají v herních kartách, losovacích tiketech, tajných nebo bezpečnostních informacích, ale také v dekorativních a interaktivních produktech, kde se barva odstraňuje podle potřeby [13].

1.3.4 Tabulové barvy

Tabulové barvy jsou matné nátěry, které obsahují složky umožňující opakované psaní křídou a následně snadné a důkladné setření bez zanechání jakýchkoli zbytků.

1.4 Perlescentní pigmenty

Perlescentní pigmenty nacházejí uplatnění v široké škále aplikací, jako je kosmetika, výroba plastů, tiskové inkousty nebo povrchové nátěry v automobilovém průmyslu. Jejich hlavním cílem je vytvořit efekt podobný přirozenému lesku a třpytu přírodních perel [18].

Perleťové pigmenty jsou vícevrstvé částice, jejichž optické vlastnosti jsou ovlivněny kombinací tloušťky vrstev, použitých materiálů a velikosti částic. Substráty, jako je slída nebo syntetické materiály, slouží jako základ pro nanášení vrstev kovových oxidů, které vytvářejí barvy a lesk [19].

1.4.1 Mechanismus vzniku efektu

Perleťový efekt vzniká díky optickému jevu interference světla, ke kterému dochází na vícevrstvých strukturách tvořených materiály s rozdílnými indexy lomu. Typicky jsou tyto struktury složeny z tenkých destičkovitých částic (například slídy nebo oxidu křemičitého), které jsou potaženy vrstvami kovových oxidů, jako je oxid titaničitý (TiO_2) nebo oxid železitý (Fe_2O_3).

Když světelný paprsek dopadne na pigment, část světla se odráží na povrchu a část prochází dál, kde se láme a opět odráží na dalším rozhraní vrstev. Tento proces se opakuje a vede k interferenci světelných vln, což vytváří barevné efekty závislé na úhlu dopadu a pozorování [17]. Jednoduchý model zahrnuje částici s dvěma rozhraními: horní a dolní vrstvou. Na každém rozhraní dochází k odrazu a lomu světla, což způsobuje posuny vlnových délek. Výsledkem je, že při určité tloušťce vrstvy a rozdílech indexů lomu se zesilují určité

vlnové délky (barvy) a jiné se potlačují. Tento princip je základem perleťových pigmentů, které vytvářejí jasné a syté barvy, jež se mění při různých úhlech pohledu [20].

Výsledný efekt je velmi citlivý na tloušťku vrstev. Například vrstva TiO_2 o tloušťce 50 až 150 nm může generovat barvy od modré po červenou v závislosti na přesné tloušťce [17].

1.4.2 Konstrukce a materiál pigmentů

Perleťové pigmenty jsou vícevrstvé částice navrženy tak, aby vytvářely výrazné optické efekty prostřednictvím odrazu a interference světla. Jejich konstrukce zahrnuje vrstvy materiálů s odlišnými optickými a fyzikálními vlastnostmi, přičemž každá vrstva má specifickou funkci [20].

Pigmenty bez substrátu

Pigmenty bez substrátu jsou tvořeny pouze jedním opticky homogenním materiálem a nevyužívají podpurné vrstvy. Typické příklady zahrnují [20]:

- **Přírodní perleťová esence** – izolovaná z rybích šupin, obsahuje vysoký podíl guaninu a hypoxanthinu. Tento pigment je oceňován pro svůj jemný lesk a nízkou hustotu, ale jeho aplikace jsou omezené kvůli vysoké ceně a náročnému procesu získávání.
- **Oxychlorid bismutitý (BiOCl)** – vyrábí se hydrolýzou kyselého roztoku bismutu v přítomnosti chloridů. Díky vysokému indexu lomu a hladkému povrchu poskytuje pigment výrazný lesk a je využíván především v kosmetice.
- **Oxid železitý (Fe_2O_3 , hematit)** – přirozeně se vyskytující šupinky železa, které lze modifikovat pomocí dopantů pro dosažení různých barvových odstínů. Používá se zejména v nátěrech s ochranou proti korozi.

Vrstvené pigmenty

Pigmenty na bázi potahovaných substrátů jsou nejrozšířenějším typem perleťových pigmentů. Základní konstrukce zahrnuje tenké destičky substrátu pokryté vrstvami kovových oxidů, které poskytují optické efekty. Nejčastěji používané materiály pro substrát [17]:

- **Mica (slída)** – transparentní muskovitová slída je ceněna pro svou nízkou cenu, snadnou zpracovatelnost a biologickou inertnost. Tloušťka destiček se pohybuje mezi 250 až 600 nm, což umožňuje přesné ovládnutí optických vlastností.
- **Oxid křemičitý (SiO_2)** – syntetické šupinky s homogenní tloušťkou poskytují čistší optické vlastnosti a lepší kontrolu nad barvami ve srovnání s přírodními substráty.

- **Oxid hlinitý (Al_2O_3)** – pigmenty na bázi oxidu hlinitého nabízejí jedinečný třpytivý efekt díky vysoké čistotě a hladkému povrchu. Jsou oblíbené v automobilových nátěrech a dekorativních aplikacích.

Následně se na substrát nanáší vrstvy kovových oxidů, jako například oxid titaničitý (TiO_2) který se nejčastěji používá pro dosažení interferenčních efektů. V závislosti na tloušťce vrstvy (50–150 nm) lze docílit různých barvových odstínů. Dále se využívá také oxid železitý (Fe_2O_3), který vytváří teplé barvy, jako je červená a zlatá. Také má dobrou odolnost vůči povětrnostním vlivům [17].

1.5 Hodnocení optických vlastností perlescentních pigmentů

Perleťové pigmenty jsou jedinečné svou schopností vytvářet výrazné vizuální efekty, které jsou klíčové v mnoha průmyslových a dekorativních aplikacích, jako je automobilový průmysl, kosmetika nebo bezpečnostní tisk. Tyto efekty jsou výsledkem jejich specifické vícevrstvé struktury a fyzikálních jevů, jako je interference a odraz světla.

Efekty perlescentních barev lze charakterizovat pomocí optických vlastností, jako je lesk, který se měří prostřednictvím odrazivosti povrchu, nebo třpyt, jenž je výsledkem rozptylu a difrakce světla na specifických částech povrchu. Další optickou vlastností je hloubka prostorového efektu, kterou lze hodnotit na základě vizuálního vjemu perspektivy a stínů. Měření těchto vlastností umožňuje přesné posouzení vizuální kvality tiskoviny a jejího celkového estetického dojmu [1].

1.5.1 Hodnocení lesku

Lesk se obvykle měří pomocí leskoměrů, což jsou přístroje, které kvantifikují odraz světla od povrchu pod specifickým úhlem [1]. Tato metoda je založena na principech odrazu a lomu světla. Když světelné paprsky dopadnou na povrch, část světla se odráží zpět jako zrcadlový odraz. Leskoměr určuje lesk měřením intenzity a úhlu tohoto odraženého světla. Typicky se v leskoměrech používají specifické světelné zdroje a detektory, aby byla zajištěna přesná data odrazu v určitém rozsahu úhlu [21]. Standardní úhly pro měření jsou 20° , 60° a 85° , přičemž volba úhlu závisí na stupni lesku materiálu – vysoký lesk se měří pod úhlem 20° , zatímco matné povrchy pod úhlem 85° [1].

Lesk lze také měřit pomocí goniometru. Goniometr je přístroj navržený k analýze odrazivosti povrchu pod různými úhly osvětlení a pozorování. Tato zařízení umožňují přesné měření lesku tím, že zaznamenávají intenzitu odraženého světla při specifických úhlech [22].

1.5.2 Vizuální hodnocení

Perleťové barvy lze hodnotit i vizuálně, přičemž jedním z důležitých atributů je jejich barvový odstín, který se často mění v závislosti na úhlu dopadu a pozorování světla. Tento dynamický barvový efekt přispívá k jejich jedinečnému vizuálnímu dojmu.

Příklad pigmentu lze vidět na obrázku 5. Jedná se o pigment, který vyrábí firma Merck. Pigment je založen na syntetické slídě potažené oxidem titaničitým (TiO_2). Tato kombinace vytváří vysoce lesklý perleťový efekt [23]. Lze vidět že při jiném úhlu dopadu a pozorování světla, pigment jeví odstíny od světlé zelené až po tmavě zelenou.



Obrázek 5 PYRISMA T30-24 GREEN [23]

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V této kapitole jsou nejprve představeny použité substráty, pigmenty a tiskové složky, následně přehled přístrojového vybavení využitého pro měření optických vlastností vzorků. Dále je popsána příprava sítotiskových rámu a tiskových matric a samotný postup tisku, včetně způsobu nanášení vrstev a přípravy jednotlivých vzorků pro měření.

2.1 Experimentální materiály

Součástí použitých materiálů byly různé typy substrátů, perleťové pigmenty a lak. Celkem bylo testováno sedm druhů papírových substrátů s různou povrchovou úpravou, které byly následně potištěny sítotiskem. Pro tisk byly zvoleny tři perlescentní pigmenty různé barvy a chemického složení, které byly aplikovány v kombinaci s transparentním lakem. Následující části podrobně popisují vlastnosti potiskovaných materiálů i použité tiskové směsi.

2.1.1 Potiskované substráty

V rámci experimentální části byly použity různé druhy papíru, lišící se složením, povrchovou úpravou, gramáží, leskem, drsností a tloušťkou. Použité potiskované materiály jsou vypsány v tabulce 2.

Tabulka 2 Druhy potiskovaných materiálů a jejich označení

Označení	Druh papíru	Gramáž [g/m ²]	Drsnost [μm]	Tloušťka [mm]	Lesk 60° [GU]
A	filtrační	70	8,57	0,17	5,1
B	bez dřevý ofsetový	90	4,91	0,103	4,3
C	matně natíraný	130	1,69	0,109	5,8
DR	matně natíraný	200	2,97	0,285	5,3
DL	matně natíraný	200	1,43	0,286	13,2
E	nenatíraný (šedý)	270	4,44	0,265	3,8
F	nenatíraný (černý)	290	6,53	0,272	1,6

Označení A představuje filtrační papír s plošnou hmotností 70 g/m², který se vyznačuje vysokou porozitou a schopností absorbovat kapaliny. Označení B odpovídá bez dřevému ofsetovému papíru s plošnou hmotností 90 g/m², který se běžně využívá pro tiskoviny a je charakteristický dobrými tiskovými vlastnostmi a hladkým, ale nenatíraným povrchem. Označení C je matně natíraný papír s plošnou hmotností 130 g/m². Tento papír má speciální

povrchovou úpravu, která snižuje absorpci barvy a zlepšuje tiskový výstup, což může ovlivnit interakci s nanášenými pigmenty. Dalším matně natíraným papírem je papír s označením D, kde se používá jak jeho rubová (D_R) tak lícová (D_L) strana. Jde o bezpečnostní papír, který se využívá pro tisk stíracích losů, a z tohoto důvodu nejsou údaje dostupné.

Označení E a F představují nenatírané papíry, které se barví přímo během výroby, což znamená, že barvivo je přidáváno do papírové hmoty před formováním archů. Označení E je šedý papír s gramáží 270 g/m², zatímco označení F je černý papír s gramáží 290 g/m². Tyto materiály mají vyšší tuhost a odlišné optické vlastnosti oproti běžným natíraným nebo ofsetovým papírům. Jelikož nejsou dodatečně potahované vrstvou nátěru, mohou mít hrubší povrchovou strukturu a být více savé. Tmavý černý papír byl vybrán z důvodu, aby lépe zvýraznil optické efekty perlescentních pigmentů, které často lépe vyniknou na tmavém podkladu než na světlém.

2.1.2 Perlescentní pigmenty a lak

Pro diplomovou práci byly použity 3 druhy perlescentních pigmentů, které se od sebe liší barevností a velikostí částic. Všechny tři pigmenty jsou ve formě prášku a mají modifikaci TiO₂ v krystalické formě rutilu.

Oxid titaničitý (TiO₂) se vyskytuje v rutilové krystalické formě, která je stabilnější a odolnější. Díky své termodynamické stabilitě nemá tendenci se samovolně měnit na jinou formu nebo degradovat. Rutil má také vysoký index lomu a vynikající schopnost rozptylu světla, což z něj činí ideální volbu pro aplikace vyžadující vysokou optickou kvalitu. Je odolný vůči vysokým teplotám, UV záření a chemickým vlivům [23].

PYRISMA® T30-24 GREEN (dále jen „T30-24“) je efektní pigment vyvinutý společností EMD Electronics. Je složen z podkladu tvořeného slídou, která je pokryta vrstvami oxidu titaničitého (TiO₂), oxidu křemičitého (SiO₂) a oxidu cínitého (SnO₂). Velikost částic tohoto pigmentu se pohybuje v rozmezí od 5 do 35 μm [24].

IRIODIN® 6103 Icy White (dále jen „6103“) je pigment na bázi syntetické slídy s velikostí částic od 5 do 40 μm. Vytváří interferenční a perleťový efekt, což znamená, že při různých úhlech dopadu světla může vykazovat jemné změny odstínu a zářivý stříbrný lesk. Tento pigment se široce využívá v nátěrech, plastech a tisku [25].

IRIODIN® 123 Bright Luster Satin (dále jen „123“) je perleťový pigment na bázi přírodní slídy s velikostí částic od 5 do 25 μm. Vytváří jemný saténový lesk s decentním perleťovým efektem. Díky své stabilitě a optickým vlastnostem se využívá v nátěrech, plastech, tisku a kosmetice, kde dodává povrchům sofistikovaný vzhled [26].

Dále, byl využit **UV sítotiskový lak lesklý 13112**, který je speciálně vyvinut pro polygrafický průmysl a slouží k povrchové úpravě tiskovin. Jeho hlavní funkcí je zajištění vysokého lesku, ochrany tištěných materiálů a zvýšení jejich mechanické i chemické odolnosti. Tento lak se aplikuje sítotiskovou technikou a následně se vytvrzuje pomocí ultrafialového (UV) záření, což umožňuje rychlé zpracování bez nutnosti dlouhého schnutí. Z hlediska chemického složení obsahuje lak několik klíčových složek, které přispívají k jeho vlastnostem [27]:

- **Pojiva** – diakrylátové monomery a oligomery, jako (1-methyl-1,2-ethandiyl) bis[oxy(methyl-2,1-ethandiyl)] diakrylát, bisfenol-A-epoxyakrylát, dipropylenglykol-diakrylát a 1,6-hexandiol diakrylát, které ovlivňují přilnavost, mechanickou odolnost a pružnost vytvrzeného povrchu.
- **Fotoiniciátory** – konkrétně benzofenon a 2-hydroxy-2-methylpropiofenon, které umožňují vytvrzování laku UV zářením.

2.2 Experimentální přístroje

Ruční sítotiskový stroj, který je dostupný na katedře, je využíván k praktické výuce a experimentálním tiskům. Barva je nanášena ručně a následně pomocí třerky je protlačována skrz síťovinu.

Tunel Miniterm UV 220 slouží k vytvrzování materiálů pomocí středotlaké rtuťové výbojky s výkonem 120 W/cm. Výbojka umožňuje nastavení výkonu ve dvou úrovních – poloviční a maximální výkon. Intenzita ozáření je regulovatelná změnou rychlosti pohyblivého pásu. Zařízení je vybaveno odsávacím systémem pro odstranění ozonu a ventilátorem, který zajišťuje chlazení výbojky [28]. Během experimentu byl výkon výbojky nastaven na maximální hodnotu

Leskoměr BYK micro-TRI-gloss je přístroj určený pro měření lesku povrchů s využitím tří měřicích úhlů (20°, 60° a 85°), které umožňují univerzální analýzu od vysokého po nízký lesk. Všechny tři úhly měří na stejném místě současně. Přístroj splňuje mezinárodní normy pro měření lesku [29].

Spektrofotometr X-Rite eXact je přístroj používaný pro měření barvových parametrů ve spektrálním rozsahu 400–700 nm s vysokou přesností. Umožňuje výpočet barvových souřadnic v systému CIELAB (L^* , a^* , b^*), které slouží jako základ pro následné hodnocení barevnosti. Přístroj je vhodný pro kontrolu kvality tisku a splňuje příslušné normy v oblasti měření barevnosti [30]. Měření bylo prováděno při standardních podmínkách osvětlení D65 a s pozorovacím úhlem 10°, což odpovídá simulaci denního světla a běžnému vnímání barvy

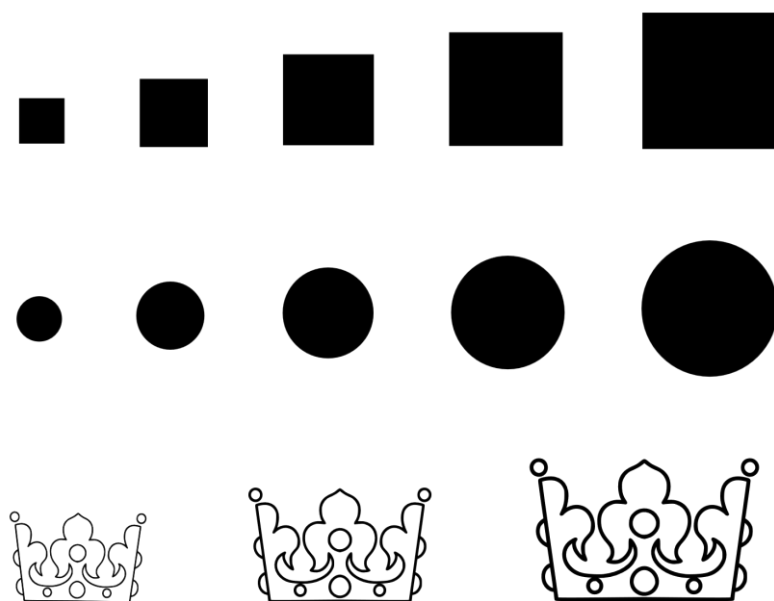
lidským okem. Hodnota barvové odchylky ΔE^* byla vypočítána následně z naměřených $L^* a^* b^*$ hodnot podle následující rovnice, kde se jednotlivé rozdíly vypočetly jako rozdíl mezi referenční hodnotou a naměřenou hodnotou.

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (3)$$

Tloušťkoměr Schröder je přístroj s ručním měřením tloušťky. Tento přístroj měří s přesností 0,001mm.

2.3 Příprava sítotiskových rámu

Pro experiment se vytvořil motiv, kde byl kladen důraz hlavně na to, aby bylo možné reprodukovat plné plochy a také na ověření, zda směsi pigmentů zvládnou reprodukovat ostré hrany. Výsledný motiv, je zobrazen na obrázku 6. Byly vytvořeny 3 různé obrazce, z toho dvě plné plochy o pěti velikostech a jeden motiv, který obsahuje na detaily a jemné linie. Velikost prvních dvou motivů jsou 1; 1,5; 2; 2,5 a 3 cm a tloušťky třetího motivu jsou 0,3; 0,9 a 1,4 pt.



Obrázek 6 Šablona se zvolenými motivy

Pro první část experimentu byla zvolena síťovina o hustotě 120 T/cm, která umožňuje dosažení jemných detailů při tisku. Z této síťoviny byla připravena tři síta, která byla před dalším zpracováním důkladně odmaštěna, aby byla zajištěna správná přilnavost fotocitlivé emulze. Následně bylo provedeno ovrstvování fotocitlivou emulzí, přičemž byly použity tři různé poměry nanášení: 1:1, 2:2 a 3:3, dále jsou označovány jako I, II, III. Tyto poměry označují počet vrstev emulze nanesených na stranu tiskové a opačné plochy síta. Po dokončení ovrstvování proběhl osvit motivu, který umožnil přenos požadovaného vzoru na síto.

Po expozici byla síta vyvolána vymytím tisknoucích míst, čímž vznikla průchodná místa pro následný tisk.

Za účelem ověření schopnosti směsí pigmentů pronikat jemnější sítovinou bylo použito síto s hustotou 165 T/cm. Ačkoliv nebyl připraven specifický tiskový motiv, síto obsahovalo linky s různou tloušťkou, sloužící k posouzení prostupnosti materiálu. Testována byla nejvyšší koncentrace pigmentu (7 hm. %) u všech tří vzorků. Ve všech případech prošel tisk bez potíží a u žádného pigmentu nedošlo k problémům s průchodem materiálu sítotiskovým sítem.

2.4 Příprava vzorků

Pro experimentální část byly nejprve připraveny tři různé koncentrace pro každý ze tří pigmentů. Hmotnost laku byla ve všech směsích konstantní, a to 16,35 g, zatímco množství přidaného pigmentu se lišilo. V první směsi bylo použito 1,28 g pigmentu (7,28 hm. %), ve druhé 0,65 g (3,82 hm. %) a ve třetí 0,33 g (1,95 hm. %).

Následně byly připraveny ještě tři další koncentrace s nižším obsahem pigmentu: 0,16 g (0,97 hm. %), 0,08 g (0,49 hm. %) a 0,04 g (0,24 hm. %), přičemž hmotnost laku zůstala zachována. Tyto směsi byly vytvořeny za účelem stanovení tzv. kritické koncentrace, tedy koncentrace, při které bude účinek pigmentu na výsledný vzhled tisku ještě rozpoznatelný pouhým okem. Tyto tři nejnižší koncentrace byly dále testovány pouze na dvou natíraných a na černém substrátu, kde byl očekáván nejzřetelnější vizuální efekt.

V dalším zpracování budou směsi označovány podle koncentrace jako 7; 4; 2; 1; 0,5 a 0,2 hm. %. Pigment byl dispergován do laku a směsi byly důkladně promíchány pro zajištění rovnoměrného rozptýlení částic

Následně byly z připravených směsí vytvářeny vzorky na potisk, přičemž první tři koncentrace pigmentu byly nanášeny na všech sedm zvolených substrátů, zatímco další tři s nižší koncentrací byly aplikovány pouze na tři natírané substráty, kde byl očekáván nejvýraznější vizuální efekt. Po potištění byly všechny vzorky vytvrzeny v UV tunelu. Dávka ozáření byla měřena při každém průjezdu a průměrná hodnota činila 2505 ± 615 mJ/cm².

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

V této kapitole jsou prezentovány a analyzovány výsledky měření jednotlivých pigmentů, zaměřené na barevnost, lesk a tloušťku vrstvy. Kromě kvantitativních měření je součástí této kapitoly také vizuální a mikroskopické hodnocení vzorků, zaměřené především na analýzu homogenity směsi. Součástí analýzy je rovněž hodnocení barvových parametrů na základě CIELAB souřadnic a výpočtu barvové odchylky ΔE^* .

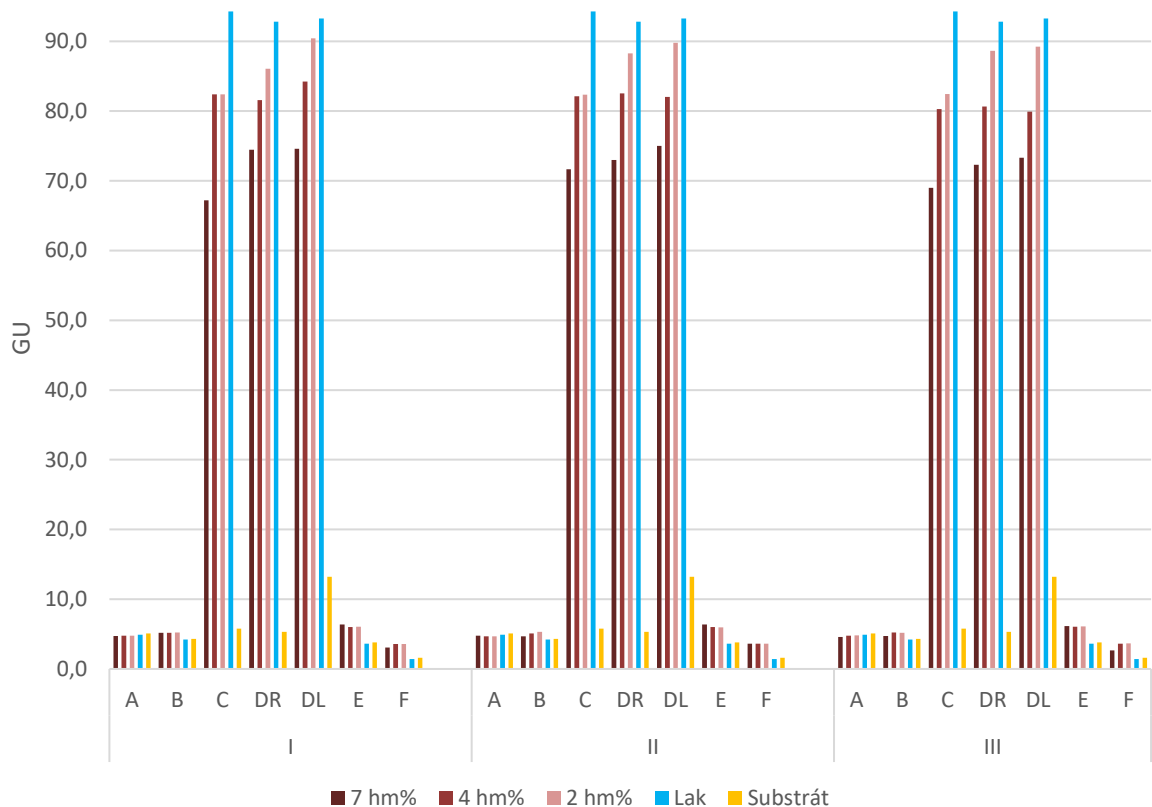
Lesk jednotlivých vzorků byl hodnocen na základě měření pod úhlem 60° , který je standardně používán pro porovnání materiálů se střední úrovní lesku. Každý vzorek byl měřen šestkrát, přičemž z naměřených hodnot byl následně vypočítán průměr jak lesku, v jednotkách GU (Gloss Units), obdobně byla stanovena i tloušťka vrstvy v μm . Pro každé měření byla stejným způsobem vypočtena směrodatná odchylka σ , která vyjadřuje variabilitu měření.

3.1 Měření lesku pigmentů v závislosti na typu substrátu

V této podkapitole je hodnocen lesk potíštěných vrstev v závislosti na typu použitého substrátu a síta. Měření bylo provedeno pro tři různé perleťové pigmenty aplikované v šesti koncentracích pomocí tří různých sít, které se lišili ovrstvením fotocitlivou emulzí. Síta jsou dále označena jako I pro poměr emulze 1:1, II pro poměr 2:2 a III pro poměr 3:3.

3.1.1 IRIODIN® 123 Bright Luster Satin

Tabulku všech naměřených hodnot je možné nalézt v příloze A. Z této tabulky je patrné, že výsledky lesku se liší v závislosti na typu substrátu, použitém sítu i konkrétní koncentraci pigmentu. U některých vzorků došlo po nanesení tiskové vrstvy k výraznému zvýšení lesku oproti samotnému substrátu, zatímco u jiných vzorků byl tento nárůst menší nebo dokonce nedošlo k překročení hodnoty samotného substrátu, což poukazuje na zásadní roli povrchových vlastností substrátu na distribuci pigmentu v tiskové vrstvě.



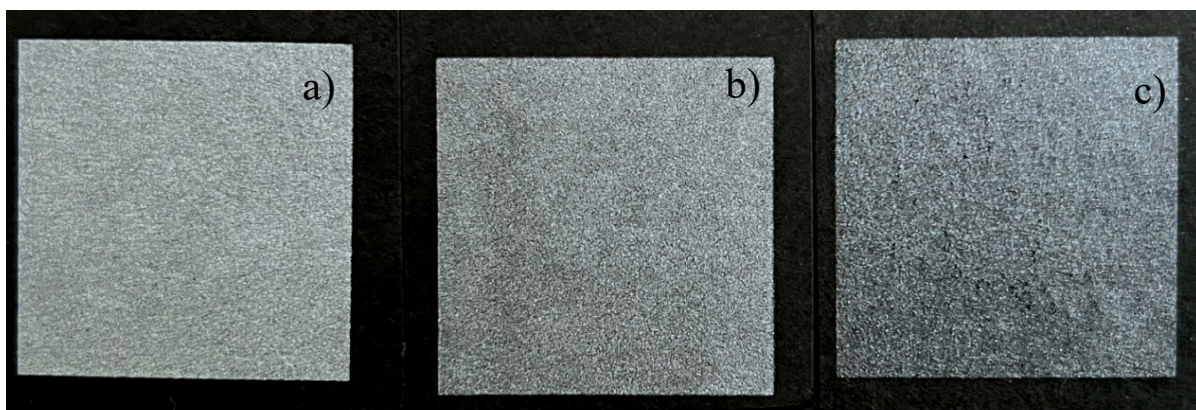
Obrázek 7 Hodnoty lesku (GU) a substrátů v závislosti na koncentraci pigmentu 123, typu síta

Graf (viz obr. 7) znázorňuje vliv koncentrace pigmentu, typu sítotiskového síta a typu substrátu na lesk výsledné vrstvy. Vodorovná osa představuje jednotlivé substráty (A, B, C, DR, DL, E, F) seskupené podle ovrstvení síta (I, II, III). Každá skupina obsahuje tři sloupce odpovídající koncentracím pigmentu 2 hm. %, 4 hm. % a 7 hm. %. Pro porovnání byly do grafu přidány hodnoty lesku čistého substrátu a lesku samotného laku na jednotlivých substrátech.

Z grafu je patrné, že substrát A má napříč všemi kombinacemi koncentrací pigmentu a typů sít neměnné hodnoty lesku, tedy téměř stejné. Tyto hodnoty se výrazně neliší ani od lesku samotného substrátu či laku, což naznačuje, že přítomnost pigmentu neměla na výsledný vzhled povrchu téměř žádný vliv. V důsledku vysoké savosti je část pojiva absorbována do struktury papíru, čímž dochází k nerovnoměrnému rozložení pigmentových částic. To se projevuje nejen nízkým výsledným leskem, ale i značnou variabilitou tloušťky vrstvy, jak dokládají vysoké směrodatné odchylky v rozmezí 5 až 19 μm . Podobné chování bylo zaznamenáno i u substrátu B, bezdřevého ofsetového papíru. I tento materiál má nenatíraný, matný povrch, který je rovněž mírně savý, i když v menší míře než u filtračního papíru. Vliv pigmentu na výsledný lesk byl i zde minimální, i když došlo k mírnému zvýšení oproti čistému substrátu, hodnoty zůstávaly nízké. Oproti substrátu A však byla vrstva rovnoměrnější, což

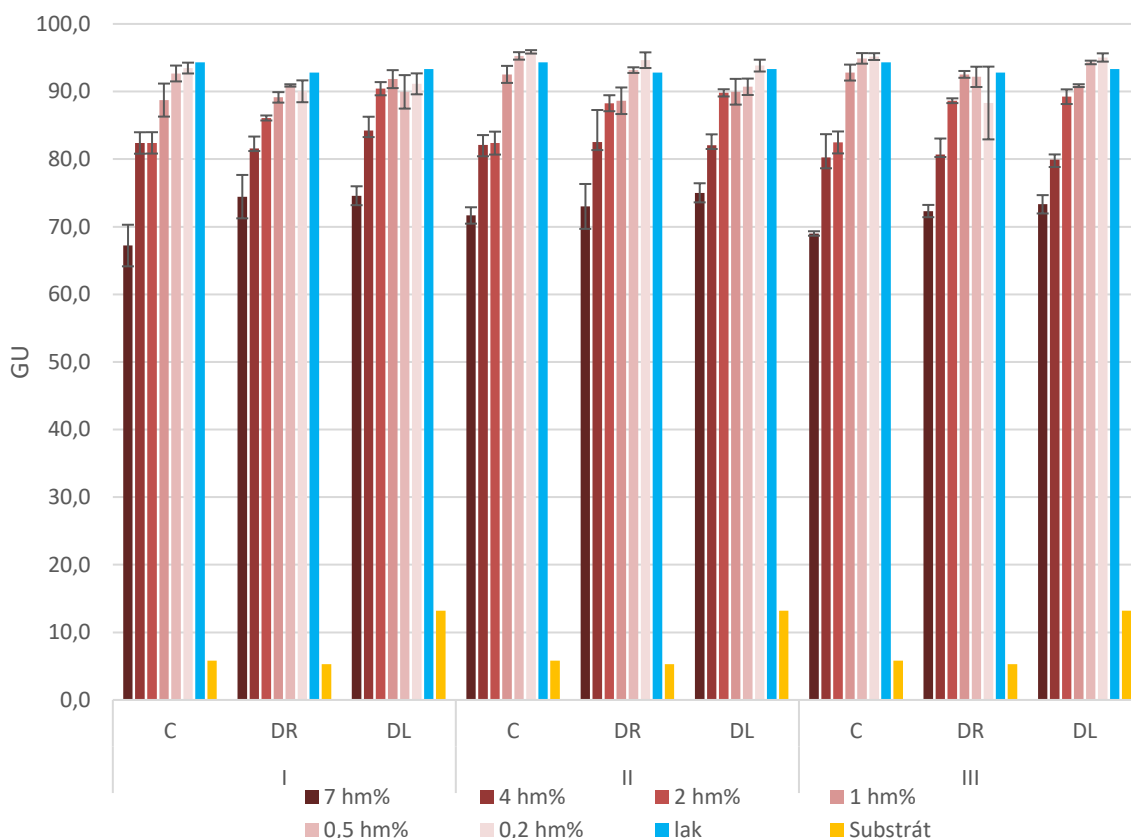
potvrzují nižší směrodatné odchylky v tloušťce vrstvy (1 až 3 μm). Na rozdíl od těchto dvou savých a nenatíraných substrátů se substrát E, šedý papír, choval trochu odlišně. Tento materiál má méně savý povrch, což umožnilo pigmentu zůstat více na povrchu a vytvořit souvislejší vrstvu. Výsledkem byly výrazně vyšší hodnoty lesku než u samotného substrátu, napříč všemi koncentracemi i použitými síty.

Nejnižší hodnoty lesku však i přes přítomnost pigmentu vykazoval substrát F, tedy černý papír s velmi matným a porézním povrchem. Přestože pigment zvýšil lesk ve srovnání s čistým substrátem, hodnoty zůstaly nejnižší v rámci celého souboru. Pigment totiž nepenetruje do tmavého podkladu, ale vytváří efekt na povrchu. Oproti předešlým třem substrátům, u substrátu F lze nejlépe vizuálně zhodnotit chování koncentrací pigmentu (viz obr.8). Při vyšších koncentracích působí pigmentová vrstva výrazněji, zatímco při nižších koncentracích je výsledný efekt jemnější. Pigment se zároveň vyznačuje chladným barevným tónem.



Obrázek 8 Vizuální hodnocení políčka $3 \times 3 \text{ cm}^2$ koncentrací pigmentu 123 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. % s použitím síta s ovrstvením poměrem 2:2

Vliv koncentrace pigmentu a síta lze lépe zhodnotit na zbylých 3 vzorcích C, D_L a D_R , kde u substrátu D se použila lícová (D_L) tak i rubová (D_R) strana substrátu. Tyto substráty se od předchozích liší tím, že jsou natírané, a jejich povrch je tedy méně savý. Díky tomu nedochází k výrazné absorpci tiskové směsi do struktury podkladu, což umožňuje lépe sledovat a porovnat vliv jednotlivých parametrů na výsledné optické vlastnosti vrstvy, především lesk. Vzhledem k tomu, že rozdíly v lesku a barevnosti jsou na těchto površích nejlépe viditelné, byly na těchto substrátech navíc otestovány i tři nižší koncentrace pigmentu (1,0; 0,5 a 0,2 hm. %). Pro lepší porovnání jsou výsledky těchto tří vzorků prezentovány v následujícím grafu (viz obr. 9).



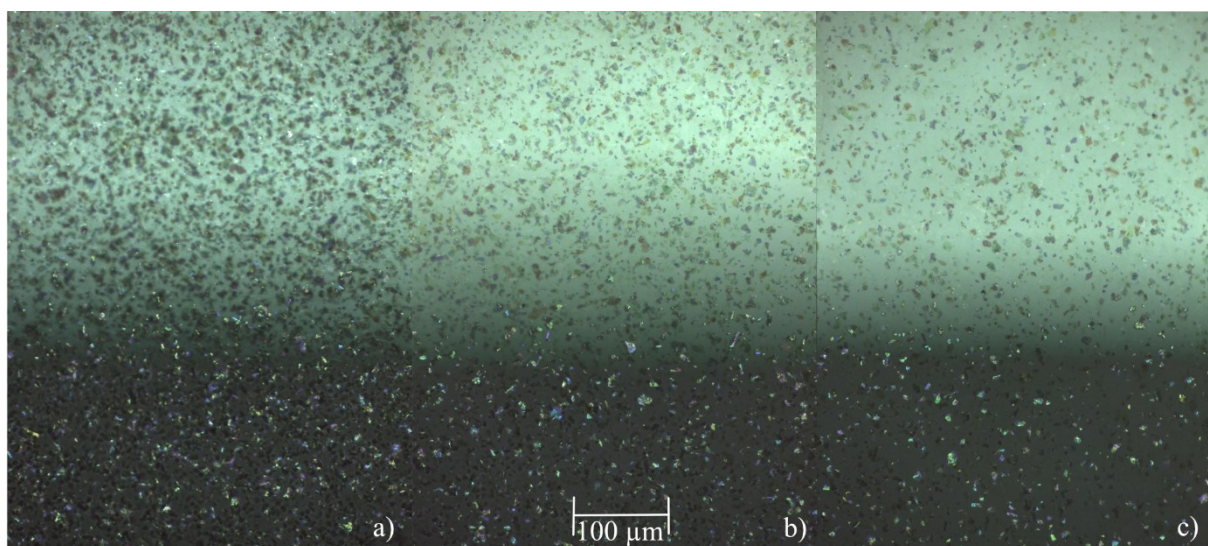
Obrázek 9 Hodnoty lesku (GU) a substrátů C, D_L a D_R v závislosti na koncentraci pigmentu 123

Z grafu je patrné, že výsledný lesk tiskové vrstvy byl ovlivněn především koncentrací pigmentu, typ síta i druh substrátu má minimální vliv. Ze všech sledovaných variant vykazuje substrát C nejnižší hodnoty lesku, zejména při nejvyšší koncentraci 7 hm. %, kde dosáhl hodnoty pouze 67,2 GU. Se snižující se koncentrací pigmentu (od 4 do 1 hm. %) se jeho lesk postupně zvyšuje, a to v rozmezí 82,4 až 88,7 GU. Nejvyšší hodnoty (až 93,5 GU) dosahuje při nejnižší koncentraci 0,2 hm. %, kdy se vzhled potištěné vrstvy přibližuje leskem samotného laku.

V porovnání s tím vykazují vzorky nanesené na substrát D, a to jak na rubové straně (D_R), tak na lícové straně (D_L), výrazně vyšší hodnoty lesku. Lícová strana D_L dosahuje obecně nejvyšších hodnot ze všech sledovaných povrchů, což lze částečně přičíst její nižší drsnosti (1,43 μm). Rubová strana D_R má sice vyšší drsnost (2,97 μm), ale i přesto vykazuje velmi podobné, a často téměř shodné hodnoty jako D_L. Rozdíly mezi těmito dvěma stranami jsou zanedbatelné a prakticky neovlivňují výsledný optický efekt. Substrát D tedy celkově vykazuje ve všech koncentracích vyšší hodnoty lesku než substrát C. Lícová strana (D_L) dosahuje nejvyššího lesku při 7 hm. % (až 75,0 GU, síto II) a při 0,2 hm. % až 95,0 GU (síto III), což je nejvyšší hodnota naměřená v celém souboru. Rubová strana (D_R) se pohybuje v rozmezí 72,3

až 94,6 GU, čímž opět překonává hodnoty substrátu C. Při nižších koncentracích pigmentu navíc dochází u obou stran k překročení lesku samotného laku.

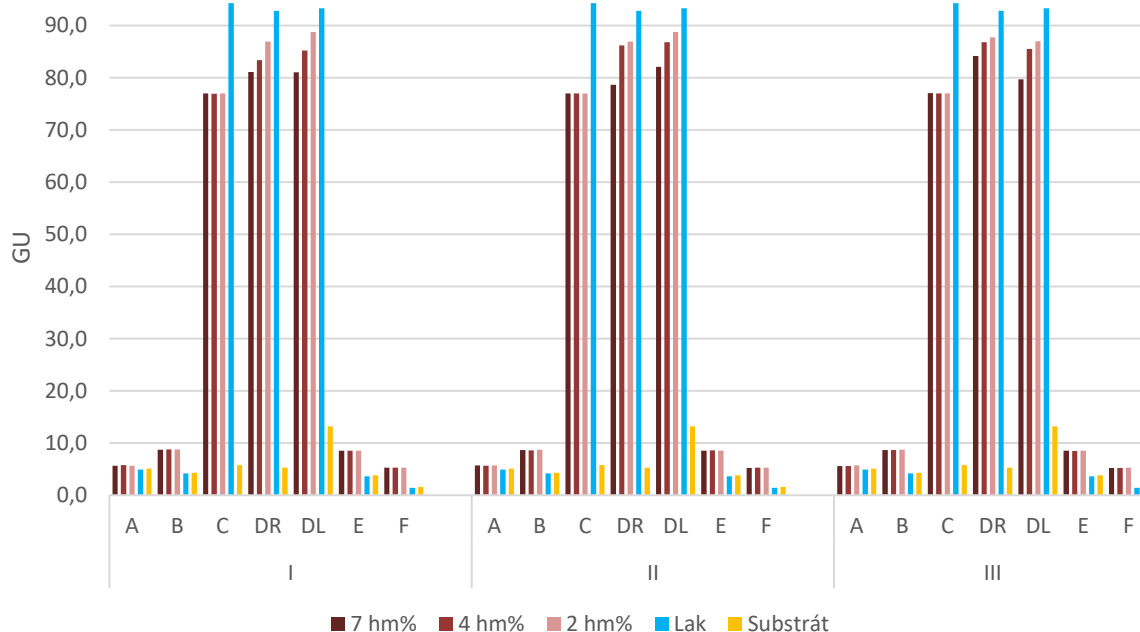
Na mikroskopických snímcích (obr. 10) je zřetelně vidět rozdíl v rozmístění pigmentu v tiskové vrstvě v závislosti na koncentraci. Obrázek zachycuje vzorky nanesené na lícovou stranu natíraného substrátu DL, a to ve třech různých koncentracích: 7 hm. %, 4 hm. % a 2 hm. % (zleva doprava). U každého výřezu je horní část snímku pořízena s použitím polarizačního filtru, který omezuje odlesky a umožňuje detailnější pozorování rozložení pigmentových částic. Při vyšší koncentraci (7 hm. %) je patrné výraznější shlukování pigmentu a jeho nerovnoměrné pokrytí povrchu, což může negativně ovlivnit výsledný optický efekt. Částice u směsí s nižší koncentrací, jsou naopak méně výraznější, a lze vidět také jejich shlukování.



Obrázek 10 Mikroskopické snímky vrstev s koncentracemi pigmentu 123 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. %, vytištěných pomocí třetího síta na substrátu DL

3.1.2 IRIODIN® 6103 Icy White

Naměřené hodnoty pro pigment IRIODIN® 6103 Icy White (dále jen 6103) lze nalézt v příloze B. I přesto, že pigment Icy White obsahuje hrubší a méně pravidelné částice, vykazuje podobné vlastnosti jako předešlý pigment.

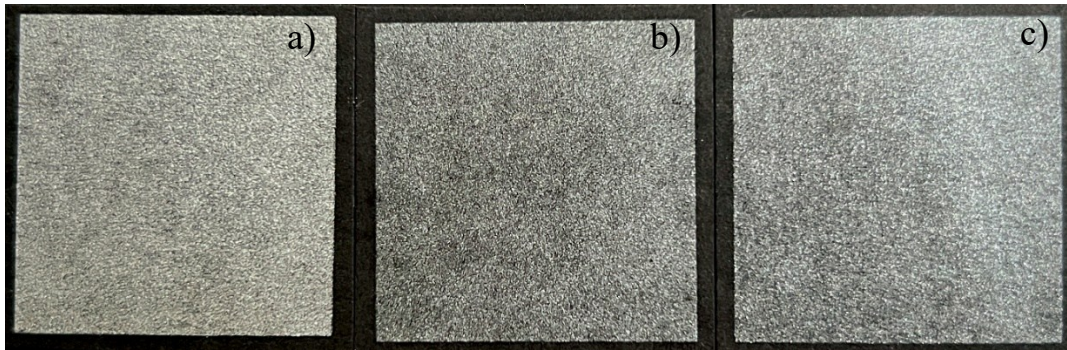


Obrázek 11 Hodnoty lesku (GU) a substrátů v závislosti na koncentraci pigmentu 6103

Z grafu (viz obr. 11) lze vyčíst, že substrát A opět vykazuje velmi nízké hodnoty lesku, což odpovídá trendu pozorovanému i u předchozího pigmentu. Hodnoty lesku u pigmentu 6103 pohybují v rozmezí 5,6 až 5,8 GU a u pigmentu 123 4,6 až 4,8 GU, přičemž rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi i sítý jsou minimální. Zatímco u pigmentu 123 se lesk držel pod hodnotou referenčního substrátu, v případě pigmentu 6103 tyto hodnoty těsně překračují lesk nepotíštěného substrátu a laku.

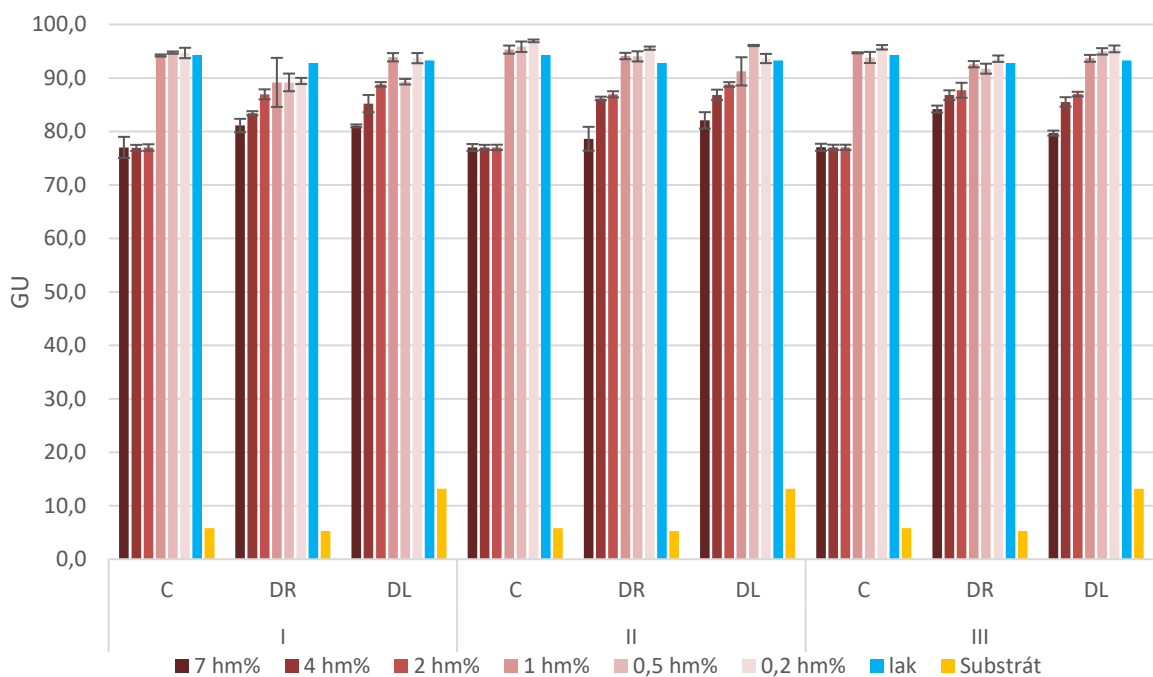
Podobně jako substrát A vykazuje i substrát B nízké hodnoty lesku, a to napříč všemi koncentracemi i typy sít. V případě pigmentu 6103 se lesk pohyboval v rozmezí 8,6 až 8,8 GU, zatímco u pigmentu 123 pouze 4,7 až 5,3 GU. I když tyto hodnoty u 6103 mírně překračují referenční lesk substrátu, pořád se pohybují na nízké úrovni. Hodnoty lesku na substrátu B jsou velmi podobné jako u substrátu E, kde se v případě 6103 pohybují okolo 8,5 až 8,6 GU.

U substrátu F byly opět zaznamenány nízké hodnoty lesku, bez výrazných rozdílů mezi jednotlivými koncentracemi pigmentu ani typy sít. V případě pigmentu 6103 se lesk pohyboval v rozmezí 5,2 až 5,3 GU, zatímco u pigmentu 123 byly hodnoty o něco nižší, přibližně 2,7 až 3,7 GU. Při vizuálním hodnocení, zobrazeném na obrázku 12, je patrné, že u pigmentu 6103 jsou rozdíly mezi koncentracemi 4 hm. % a 2 hm. % minimální. Pigment navíc vykazuje zabarvení do žlutých odstínů, což jej odlišuje od předchozího pigmentu. Vrstva pigmentu 6103 je méně konzistentní a při bližším pozorování jsou viditelné jednotlivé pigmentové částice, které jsou oproti částicím předchozího pigmentu větší.



Obrázek 12 Vizuální hodnocení políčka 3×3 cm² koncentrací pigmentu 6103 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. % s použitím síta s poměrem 2:2

Nejvyšší hodnoty byly opět zaznamenány na natíraných substrátech (DL, DR a C), kde u substrátu C nastalo to, že u všech tří koncentrací (2, 4 a 7 hm. %) je výsledný lesk téměř stejný a to 77 GU, bez ohledu na použití koncentrace nebo poměru ovrstvení síta. Tento vývoj kontrastuje s chováním předešlého pigmentu 123, u něhož se změna lesku u koncentracích projevil výrazněji.



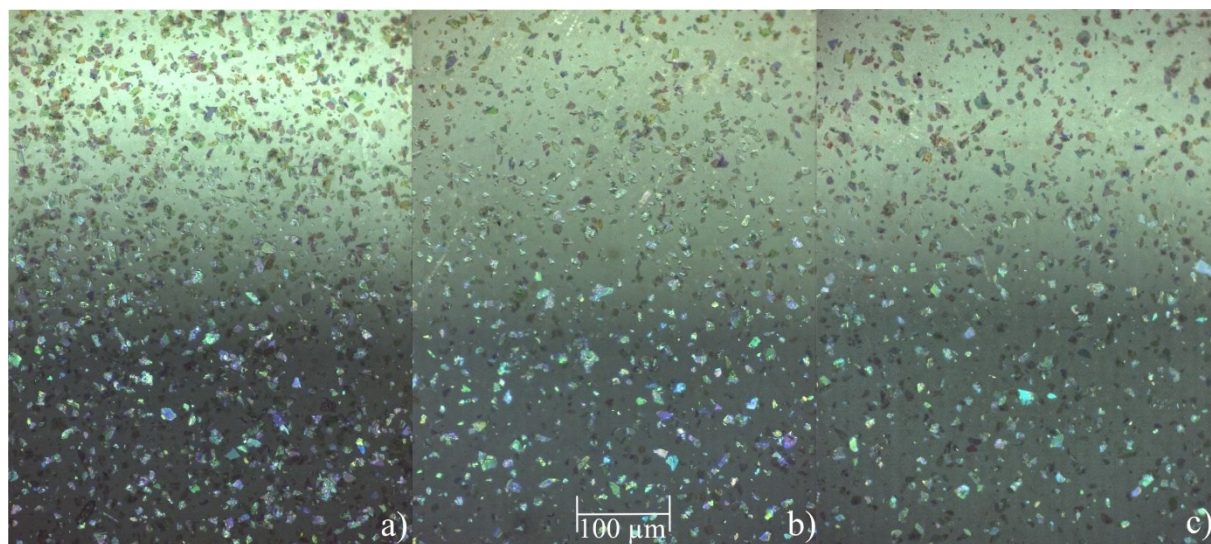
Obrázek 13 Hodnoty lesku (GU) a substrátů C, DL a DR v závislosti na koncentraci pigmentu 6103

Tento trend se však částečně mění při zařazení nižších koncentrací, jak ukazuje rozšířený graf (viz obr. 13). U čtvrté koncentrace (1 hm. %) dochází k nápadnému nárůstu hodnoty lesku, nicméně při dalším snižování koncentrace na 0,5 a 0,2 hm. % se hodnoty opět stabilizují a výraznější rozdíly už nejsou patrné. U prvního síta zůstávají hodnoty lesku u všech

tří nižších koncentrací téměř identické (77 GU), zatímco u sít II a III je patrné mírné zvýšení lesku (93,8 až 96,9 GU).

Substrát D vykazuje ze všech testovaných materiálů opět nejvyšší hodnoty lesku, obdobně jako tomu bylo i při použití pigmentu 123. Rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi jsou patrné zejména u vyšších podílů pigmentu (7, 4 a 2 hm. %), kde dochází k postupnému nárůstu lesku. Při nižších koncentracích (1,0; 0,5 a 0,2 hm. %) se hodnoty stabilizují, přičemž i při minimálním množství pigmentu jsou v některých případech schopny přesáhnout lesk samotného laku. Při porovnání lícové (D_L) a rubové (D_R) strany substrátu D je patrné, že D_L vykazuje obecně o něco vyšší hodnoty, což lze přičíst její hladšímu povrchu a nižší drsnosti (1,43 μm). Rubová strana D_R , ačkoliv má vyšší povrchovou drsnost (2,97 μm), si stále zachovává velmi dobré optické vlastnosti. Rozdíly mezi stranami jsou však minimální.

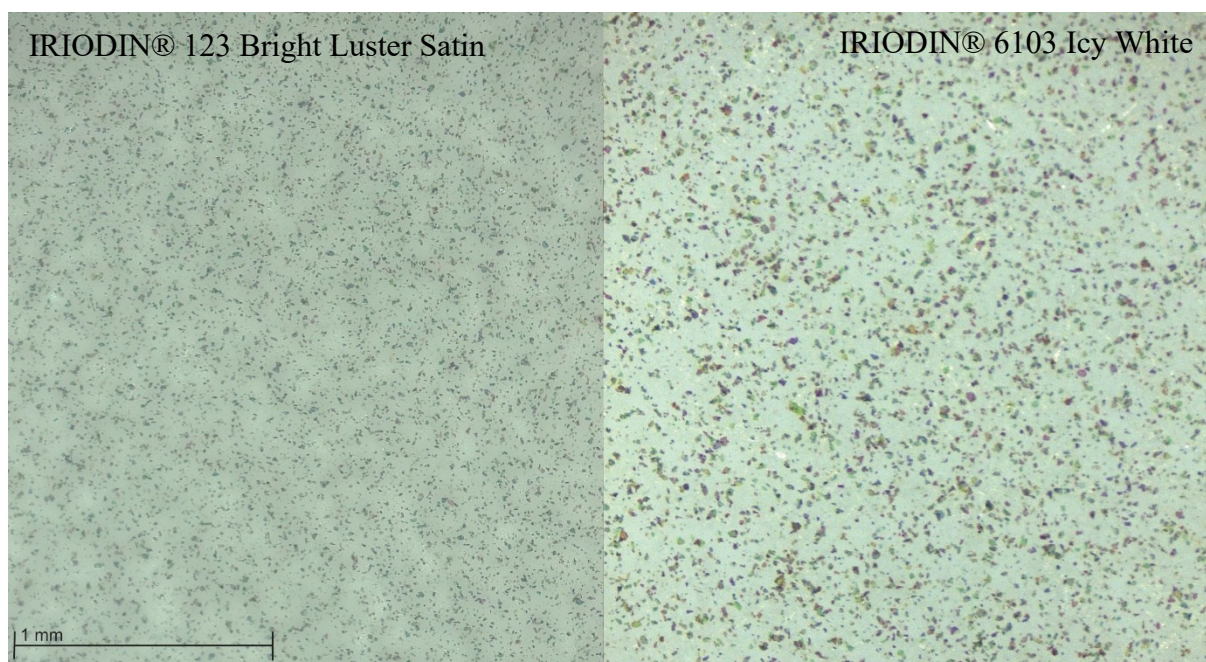
Na mikroskopických snímcích, které jsou zobrazené na obrázku 14, je vyobrazený pigment 6103. Pigmentové částice jsou na všech snímcích jasně rozpoznatelné a vykazují charakteristický duhový lesk, který je výsledkem interferenčního odrazu světla. Nejvyšší hustota částic je patrná na snímku a), kde je zobrazena nejvyšší koncentrace pigmentu (7 hm. %). S klesající koncentrací se hustota částic ve vrstvě snižuje, avšak rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi nejsou výrazné. Tento jev může být způsoben především velikostí pigmentových částic, vzhledem k jejich relativně velkému rozměru se i při nižších koncentracích zachovává opticky výrazná přítomnost pigmentu.



Obrázek 14 Mikroskopické snímky vrstev s koncentracemi pigmentu 6103 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. %, vytištěných pomocí třetího síta na substrátu D_L

Ve srovnání s výsledky dosaženými při použití pigmentu 123 vykazuje substrát D v kombinaci s pigmentem 6103 celkově vyšší hodnoty lesku zejména při vyšších koncentracích.

Zatímco u 123 se hodnoty lesku při 7 hm. % pohybují v rozmezí 72,3 až 75,0 GU (D_R až D_L), u 6103 dosahují 83,4 až 86,8 GU. Rozdíl je tak nejvýraznější právě v této oblasti. Naopak při nižších koncentracích (0,5 a 0,2 hm. %) se hodnoty obou pigmentů přibližují, 123 zde dosahuje 90,9 až 93,8 GU, zatímco 6103 hodnot mezi 95,0 až 96,3 GU. Rozdíl mezi oběma pigmenty je znázorněn na mikroskopickém snímku (viz obr. 15), který zachycuje strukturu povrchu na substrátu D_L při koncentraci 2 hm. % potištěném na ovrstveném sítu poměru 1:1.

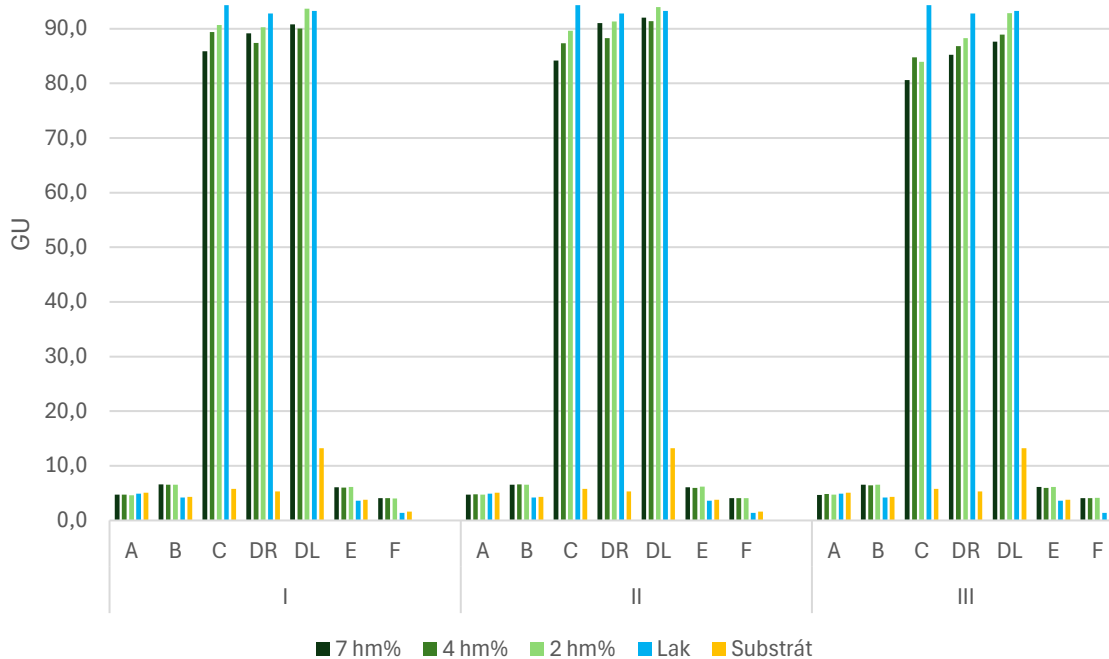


Obrázek 15 Mikroskopické snímky koncentrace 2 hm. % pigmentů 123 (vpravo) a 6103 (vlevo), vytištěných pomocí prvního síta na substrátu D_L

Levá část mikroskopického snímku odpovídá pigmentu 123, pravá pak pigmentu 6103. Z obrázku je zřejmé, že pigment 123 vytváří jemnější pokrytí, zatímco pigment 6103 obsahuje znatelně větší částice, které ale přispívají k větším hodnotám lesku.

3.1.3 PYRISMA® T30-24 GREEN

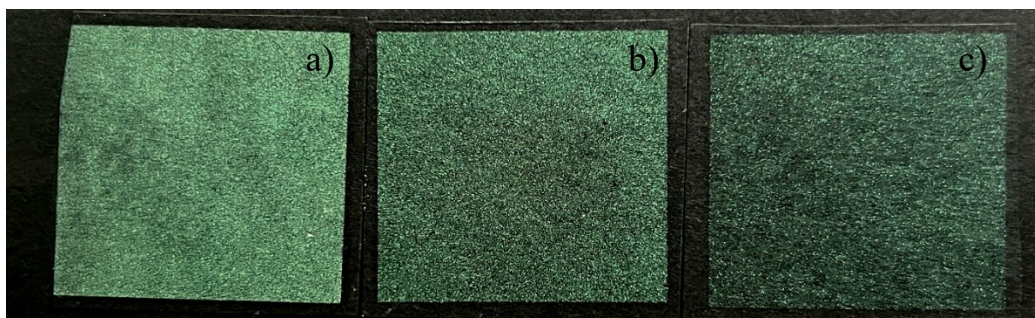
Posledním pigmentem, u kterého byl hodnocen lesk je PYRISMA® T30-24 GREEN (dále jen T30-24). Všechny hodnoty lze nalézt v příloze C. Tento pigment vykazoval velmi podobný trend jako předchozí testované pigmenty, na substrátech A, B, E a F byly hodnoty lesku nízké bez výraznějších rozdílů mezi koncentracemi nebo síty. Naopak na substrátech C, DR a DL dosahoval pigment vysokých hodnot lesku napříč všemi koncentracemi.



Obrázek 16 Hodnoty lesku (GU) a substrátů v závislosti na koncentraci pigmentu T30-24, typu síta

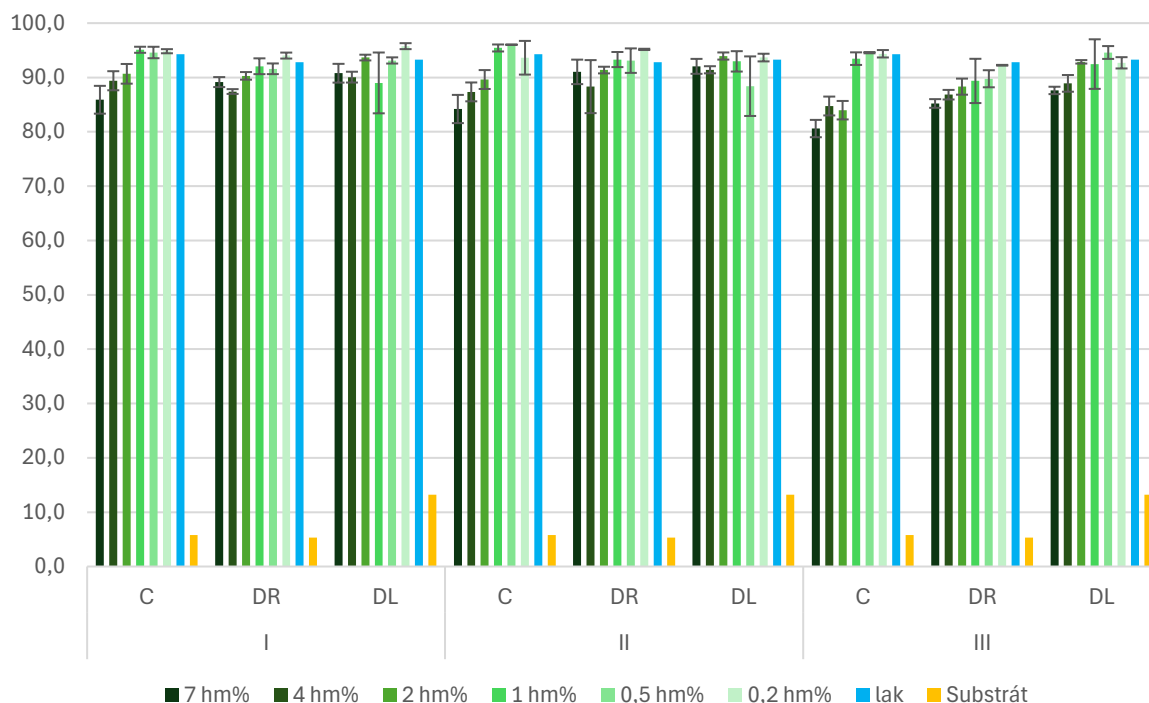
Z grafu (viz obr. 16) lze vyčíst, že u substrátů A, B, E a F byly hodnoty lesku opět nízké, a to napříč všemi koncentracemi i typy sít. U substrátu A se lesk pohyboval mezi 4,6 až 4,8 GU, což odpovídá stejnému rozmezí hodnot jako u pigmentu 123. Substrát B vykazoval mírně vyšší hodnoty v rozmezí 6,4 až 6,6 GU, tedy více než u 123 (4,7 až 5,3 GU), avšak stále nedosahoval hodnot zaznamenaných u pigmentu 6103 (8,6 až 8,8 GU).

U substrátu E se pigment T30-24 pohyboval ve velmi podobném rozsahu jako 123, konkrétně 6,0 až 6,2 GU, bez výraznějších rozdílů mezi síty. Co se týče substrátu F, i zde byly hodnoty lesku poměrně nízké, přibližně 4,1 GU. Tyto hodnoty jsou vyšší než u pigmentu 123, který zde dosahoval nejnižšího lesku ze všech tří pigmentů (pouze 2,7 až 3,7 GU), a naopak nižší než u pigmentu 6103, u kterého lesk dosahoval 6,5 až 6,7 GU.



Obrázek 17 Vizuální hodnocení políčka 3×3 cm² koncentrací pigmentu T30-24 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. % s použitím síta s poměrem 2:2

Při vizuálním pozorování pigmentu T30-24 na substrátu F, zobrazeném na obrázku 17, jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi. S rostoucí koncentrací se zvyšuje intenzita barevnosti a zároveň i hustota pigmentových částic.

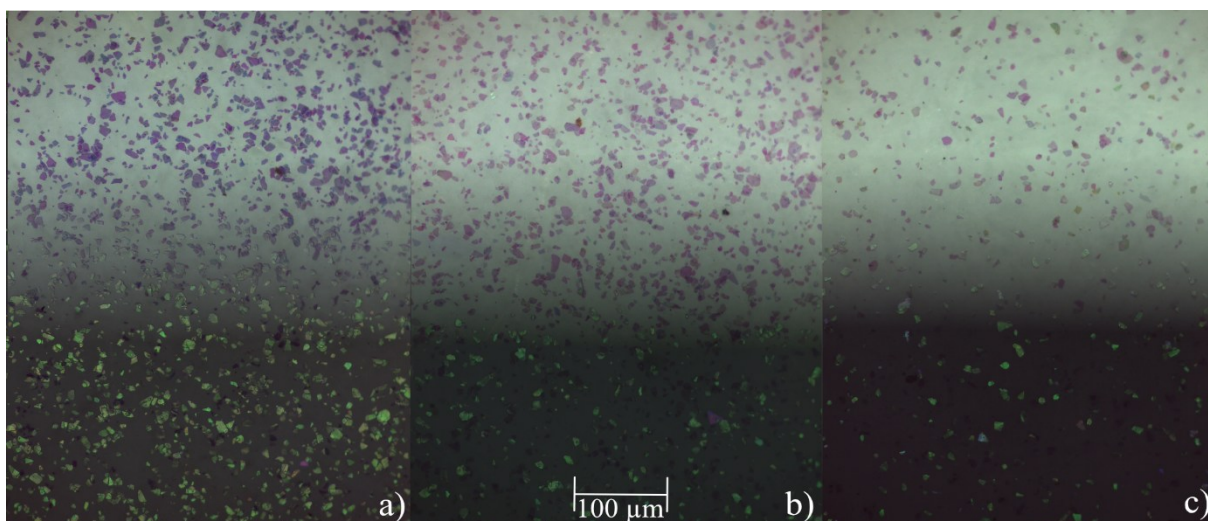


Obrázek 18 Hodnoty lesku (GU) a substrátů C, DL a DR v závislosti na koncentraci pigmentu T30-24, typu sítka

Z grafu (viz obr. 18) je patrné, že pigment T30-24 se od předchozích pigmentů mírně liší především v tom, že při nejvyšších koncentracích (7 a 4 hm. %) vykazuje vyšší počáteční hodnoty lesku. Například u substrátu C začínají hodnoty lesku na 80 GU, zatímco u pigmentů 123 a 6103 jsou výrazně nižší (123= 67,2; 6103=76,9).

S klesající koncentrací se však rozdíly mezi pigmenty postupně snižují a od koncentrace 1 hm. % se hodnoty u všech pigmentů stabilizují, výsledné lesky se tak ve spodním rozsahu koncentrací pohybují velmi blízko sebe.

Na mikroskopických snímcích zobrazených na obrázku 19, jsou patrné rozdíly v rozmístění pigmentových částic při různých koncentracích pigmentu. Se zvyšující se koncentrací dochází ke zvýšení počtu částic ve vrstvě, což se projevuje jejich vyšší hustotou a intenzivnějším optickým efektem. Bez polarizačního filtru má pigment výrazné zelené zbarvení, zatímco pod polarizačním filtrem se částice jeví purpurově, na rozdíl od předchozích pigmentů, které vykazovaly barevnější rozptyl.



Obrázek 19 Mikroskopické snímky vrstev s koncentracemi pigmentu T30-24 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. %, vytištěných pomocí třetího síta na substrátu DL

3.1.4 Shrnutí výsledků

Hodnocení lesku pro všechny tři testované pigmenty, IRIODIN® 123 Bright Luster Satin, IRIODIN® 6103 Icy White a PYRISMA® T30-24 GREEN, ukázalo, že nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím výsledné hodnoty lesku je typ substrátu. Substráty A, B, E a F vykazovaly konzistentně nízké hodnoty napříč všemi pigmenty, zatímco substráty C, DR a DL umožnily vytvoření výrazného perleťového efektu. Nejvyšších hodnot lesku bylo zpravidla dosaženo při nižších koncentracích pigmentu (0,5–2 hm. %), bez ohledu na typ síta.

Pigment PYRISMA® GREEN se lišil tím, že při vyšších koncentracích začínal na mírně vyšších hodnotách než ostatní pigmenty, avšak s klesající koncentrací se rozdíl postupně ztrácel a všechny pigmenty vykazovaly srovnatelný efekt.

Kromě rozdílů v lesku se pigmenty lišily i ve zbarvení částic na mikroskopických snímcích. Pigment PYRISMA® GREEN měl bez polarizačního filtru výrazný zelený lesk, který byl následně polarizačním filtrem potlačen, částice se pak jevily purpurově. Naopak pigmenty IRIODIN® 123 a 6103 vykazovaly pod filtrem barevně různorodé částice. Tyto rozdíly mohou souviset s odlišným optickým efektem, velikostí částic nebo složením pigmentu.

Jak bylo možné vidět také u vizuálního hodnocení na substrátu F, tak pigment PYRISMA® T30-24 GREEN má specifickou zelenou barvu a výrazný barevný posun v závislosti na úhlu dopadu světla, zatímco pigmenty IRIODIN® 123 a 6103 patří do stejné produktové řady a liší se velikostí částic, což ovlivňuje jejich perleťový efekt a intenzitu zbarvení.

3.2 Tloušťka vrstev substrátů

Z naměřených dat uvedených v přílohách A, B, C a také z předešlého zjištění při hodnocení lesku vyplývá, že rozdíly v tloušťce vrstvy mezi jednotlivými síty nejsou výrazné. Jednotlivé tloušťky u substrátů byly zprůměrované a uvedené do tabulky 3.

Tabulka 3 Průměrné hodnoty tlouštěk ovrstvených sít na jednotlivých substrátech

[μm]	A	B	C	D _R	D _L	E	F
I	8	4	8	10	9	4	2
σ	12	1	2	3	4	4	4
II	10	3	8	12	9	2	6
σ	12	2	1	3	3	3	4
III	3	5	8	9	12	5	5
σ	13	2	3	4	2	5	2
průměr	7	4	8	11	10	4	4
σ	12	2	2	3	3	4	3

Největší variabilitu vykazoval první substrát A, u kterého docházelo k výraznějším odchylkám mezi jednotlivými měřeními. Jelikož šlo o filtrační papír, jeho povrch byl velmi nerovnoměrný a savý, což ztěžovalo přesné měření tloušťky vrstvy. Tyto vlastnosti se odrazily i ve vysoké směrodatné odchylce napříč všemi třemi typy sít. Naopak u nesavých substrátů, konkrétně C, D_L a D_R, byly rozdíly mezi měřeními minimální a tloušťka vrstvy zůstávala téměř konstantní. Nejvyšší průměrná tloušťka byla zaznamenána u substrátu D, přičemž obě jeho strany vykazovaly velmi podobné hodnoty bez ohledu na typ síťového ovrstvení.

Pro srovnání byla zvolena také tloušťka vrstvy tištěné přes jemnější síto, aby bylo možné posoudit, zda jsou pigmentové směsi schopny projít síťovinou s vyšší hustotou. K tomuto účelu bylo použito síto s hustotou 165 T/cm, které bylo testováno při nejvyšší koncentraci pigmentu na substrátu D (7 hm. %). Tloušťka výsledné tištěné vrstvy v tomto případě činila $5 \pm 2 \mu\text{m}$ což je přibližně polovina tloušťky dosažené při tisku přes síto s hustotou 120 T/cm. Tento rozdíl lze přičíst především vyšší hustotě síťoviny, jemnější síto propouští menší množství pigmentové směsi, a proto vytváří tenčí vrstvu, zatímco hrubší síto umožňuje nanést materiálu více.

Z výsledků zároveň vyplývá, že typ ovrstvení neměl na výslednou tloušťku vrstvy výrazný vliv. To může být způsobeno tím, že použité ovrstvení bylo poměrně nízké a výsledná tisková vrstva natolik tenká, že rozdíly mezi jednotlivými ovrstveními byly zanedbatelné. Výraznější vliv by se pravděpodobně projevil až při použití vyšších poměrů ovrstvení.

3.3 Vliv koncentrace pigmentu na barevnost

V této podkapitole je hodnocen vliv šesti různých koncentrací perlescentních pigmentů na barevnost dvou rozdílných typů substrátů. Prvním z nich je substrát F, nenatíraný černý papír, který byl zvolen z důvodu, že na jeho tmavém povrchu jsou rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi pigmentu nejlépe vizuálně patrné. Druhým hodnoceným substrátem je D_L, u kterého byla hodnocena jak čistá strana, tedy nepotištěná strana a poté následně na jeho povrch byly před aplikací pigmentu natištěny čtyři plné pruhy CMYK. Každý pigment byl nanášen samostatně ve všech šesti koncentracích, a to pomocí tří typů sít lišících se v ovrstvení.

Barvové souřadnice L^* , a^* , b^* byly měřeny spektrofotometrem pro každý barvový pruh zvlášť (šest opakování), přičemž pro další hodnocení byly použity průměrné hodnoty. Jako referenční bod pro výpočet barvové odchylky sloužily hodnoty čistého laku bez pigmentu. Barvové hodnoty jednotlivých sít byly zprůměrovány a pro každou koncentraci byla zároveň vypočtena směrodatná odchylka (σ). Rozdíly mezi jednotlivými typy sít se celkově neukázaly jako výrazné. Cílem této části je analyzovat, jak se mění barevné parametry v závislosti na koncentraci pigmentu a použitém substrátu.

3.3.1 IRIODIN® 123 Bright Luster Satin

Prvním hodnoceným substrátem u pigmentu Iriodin® 123 Bright Luster Satin (dále jen 123) je substrát F, jeho barvové souřadnice L^* a^* b^* jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4 L^* a^* b^* hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu F

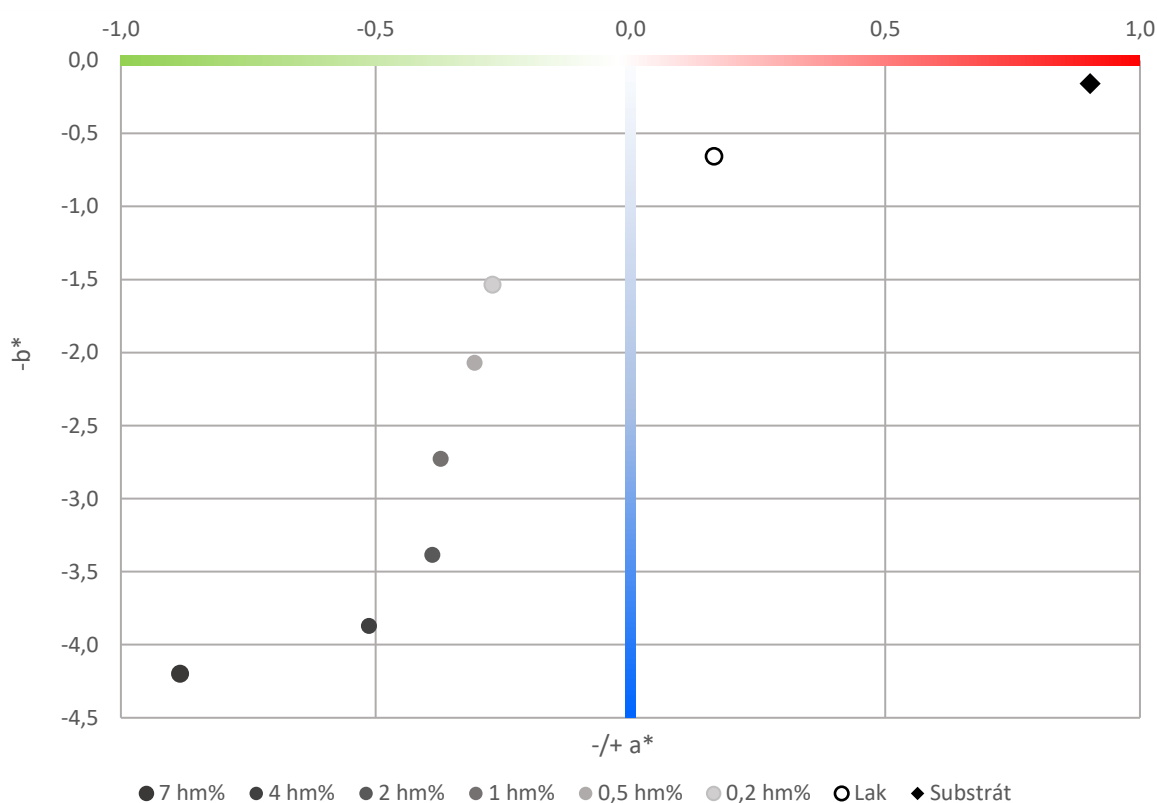
	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %	Lak	Substrát
L^*	54,33	42,99	35,88	29,78	25,75	22,76	21,63	23,16
σ	0,86	0,41	0,92	0,39	1,00	1,07	0,09	0,06
a^*	-0,88	-0,51	-0,39	-0,37	-0,31	-0,27	0,16	0,90
σ	0,16	0,03	0,09	0,01	0,16	0,05	0,01	0,02
b^*	-4,20	-3,87	-3,39	-2,73	-2,07	-1,53	-0,66	-0,16
σ	0,04	0,22	0,26	0,11	0,36	0,53	0,02	0,07

Výchozím bodem pro hodnocení barvových změn je referenční hodnota samotného černého substrátu a vrstvy čistého laku. Jak vyplývá z tabulky 4, nenatíraný černý papír (substrát F) vykazuje velmi nízkou hodnotu měrná světlosti L^* (cca 23). Po nanesení samotného laku bez pigmentu dochází ke mírnému poklesu hodnoty měrné světlosti L^* ($23 \rightarrow 21,63$), a zároveň k posunu barvových souřadnic a^* a b^* směrem k záporným hodnotám. Laková vrstva snižuje difuzní (rozptýlený) odraz, při kterém se světlo odráží do všech směrů. Tím dochází

k omezení množství světla, které se vrací zpět k pozorovateli, což způsobuje optické ztmavení povrchu.

Opak ale dělá pigment, který s rostoucí koncentrací zvyšuje měrnou světlost. Z hodnot uvedených v tabulce je patrné, že u nejnižší koncentrace (0,2 hm. %) se hodnota L^* výrazně přiblížila k hodnotě čistého substrátu, nicméně souřadnice a^* a b^* jsou stále více záporné, což svědčí o mírném barevném posunu do studenějších tónů i při velmi nízkém množství pigmentu. Měrná světlost L^* výrazně narůstá se zvyšující se koncentrací pigmentu, z hodnoty kolem 22 při 0,2 hm. % až na 54 při 7 hm. %.

Pro lepší přehled jsou hodnoty souřadnic a^* a b^* znázorněny v následujícím grafu (viz obr. 20), který zobrazuje jejich rozložení v rovině barvového prostoru CIE $L^*a^*b^*$.



Obrázek 20 $a^* b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu F

Z grafu je patrné, že pozice samotného laku je ve vztahu k výchozímu substrátu F výrazně posunuta, zejména směrem k negativním hodnotám a^* i b^* , což odpovídá vizuálnímu zchladnutí odstínu a mírnému ztmavení. Hodnoty pro jednotlivé koncentrace pigmentu 123 se pak od těchto dvou bodů plynule vzdalují, přičemž s rostoucí koncentrací pigmentu dochází k systematickému posunu směrem k negativním hodnotám b^* , tedy do modrého tónu.

Tabulka 5 Hodnoty barvové odchylky ΔE^* pro všechny koncentrace na substrátu F

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %
ΔE^*	32,9	21,6	14,5	8,4	4,4	1,5

Hodnoty barvové odchylky ΔE^* ukazují, že s rostoucí koncentrací pigmentu dochází k výraznému zvýšení rozdílu vůči referenční hodnotě čistého laku. Při nejvyšší koncentraci 7 hm. % dosahuje ΔE^* hodnoty 32,9, což představuje velmi silnou vizuální změnu. I při středních koncentracích, jako je 2 hm. %, zůstává odchylka značná (14,5) a stále by byla v praxi snadno pozorovatelná. Naopak nejnižší koncentrace 0,2 hm. % dosahuje ΔE^* pouze 1,5, což je pod obvyklým prahem vnímatelnosti, a tudíž by mohla být lidským okem jen obtížně rozeznatelná.

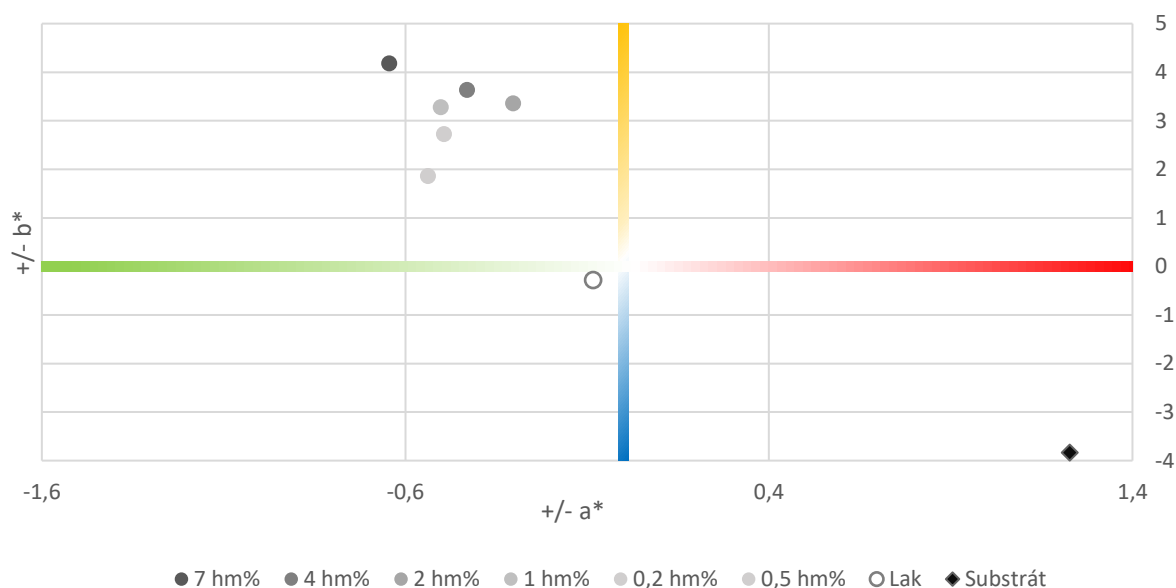
U substrátu D_L, nešlo pouhým okem rozeznat rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi. Stejně jak to bylo u předešlého substrátu F, tak i zde lak snížil měrná světlost L^* čistého substrátu, a to z 96 na 93.

Tabulka 6 $L^* a^* b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu D_L

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %	Lak	Substrát
L^*	91,47	92,54	93,04	93,02	93,23	93,21	93,36	96,06
σ	0,24	0,27	0,15	0,20	0,23	0,19	0,11	0,02
a^*	-0,64	-0,43	-0,30	-0,50	-0,49	-0,54	-0,08	1,23
σ	0,25	0,12	0,15	0,24	0,16	0,11	0,20	0,04
b^*	4,18	3,64	3,35	3,28	2,72	1,86	-0,28	-3,84
σ	0,18	0,15	0,24	0,28	0,23	0,28	0,21	0,03

Při následné aplikaci jednotlivých koncentrací pigmentu, jak ukazuje tabulka 6, lze vidět, že s postupným přidáváním pigmentu do směsi se souřadnice L^* snižovala. Z hodnoty 93,21 (2 hm. %) klesla na 91,47 (7 hm. %).

U souřadnic a^* a b^* lze pozorovat, že jednotlivé koncentrace se mezi sebou výrazně neliší. Z grafu (obr. 21) je patrné, že nižší koncentrace pigmentu (0,2 až 1 hm. %) se seskupují velmi blízko sebe, přičemž jejich pozice je téměř rovnoměrně vzdálena od hodnot čistého laku. Největší odchylku vykazuje nejvyšší koncentrace (7 hm. %), která je od ostatních bodů zřetelněji odsunutá, což naznačuje silnější barvový posun oproti laku.



Obrázek 21 $a^* b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu D_L

To, že rozdíl mezi jednotlivými koncentracemi není vizuálně znatelný, naznačuje také i barvová odchylka ΔE^* která je uvedena v následující tabulce 7.

Tabulka 7 Hodnoty barvové odchylky ΔE^* pro všechny koncentrace na substrátu D_L

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %
ΔE^*	4,87	4,02	3,65	3,60	3,03	2,19

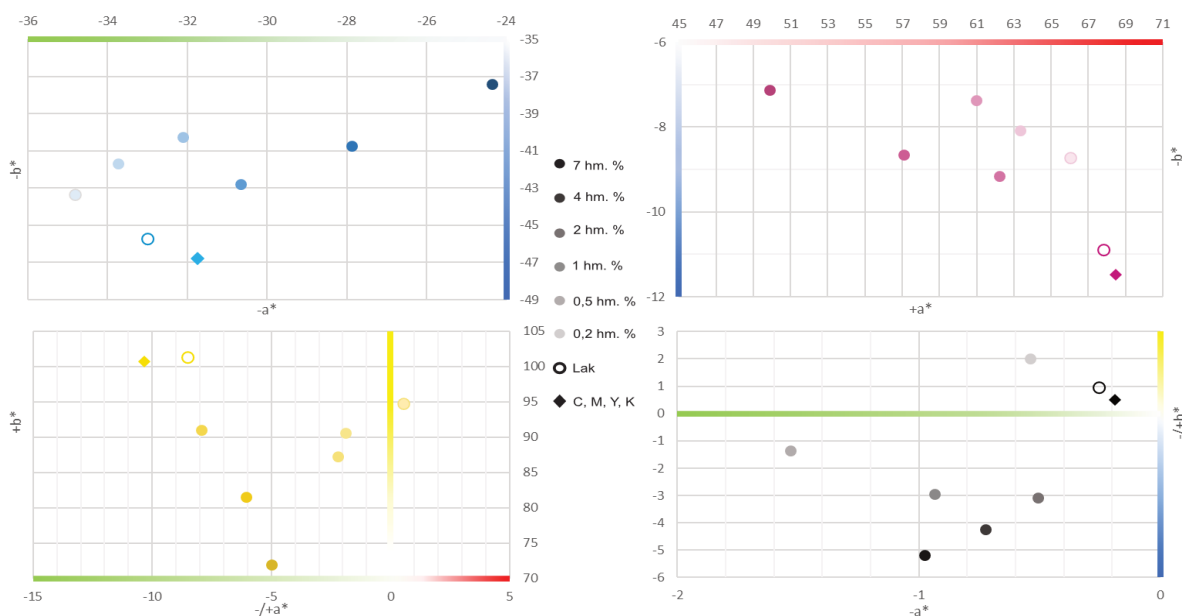
Nejnižší koncentrace pigmentu (0,2 hm. %) vykazuje $\Delta E^* = 2,19$, což odpovídá prahu vnímatelnosti lidským okem. S rostoucí koncentrací se ΔE^* zvyšuje jen mírně, při 1 hm. % dosahuje 2,83 a při 2 hm. % hodnoty 3,17. Nejvyšší odchylka nastává u koncentrace 7 hm. % ($\Delta E^* = 4,87$), což je stále poměrně nízká hodnota ve srovnání s výsledky na tmavém substrátu F. Tato data potvrzují, že na světlém natíraném podkladu pigment působí jemně a vyvolané změny barevnosti jsou i při vyšších koncentracích spíše decentní.

Hodnoty barvových souřadnic $L^* a^* b^*$ pro substrát, který byl potištěn barvami CMYK, jsou uvedeny v tabulce 8. Součástí tabulky jsou rovněž hodnoty čistého substrátu a referenčního laku bez pigmentu.

Tabulka 8 $L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu D pro CMYK

	C			M			Y			K		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
7 hm. %	57,01	-24,36	-37,41	50,47	49,88	-7,13	85,34	-5,00	71,92	33,87	-0,98	-5,18
σ	0,64	0,49	0,40	1,07	1,38	0,24	0,31	0,13	0,66	1,13	0,22	0,21
4 hm. %	55,81	-27,88	-40,72	47,82	57,08	-8,67	86,19	-6,06	81,49	26,52	-0,72	-4,23
σ	0,10	0,72	0,32	0,59	1,56	0,50	0,20	0,19	1,28	1,61	0,17	0,13
2 hm. %	54,53	-30,67	-42,77	45,61	62,20	-9,16	86,77	-7,94	90,96	20,14	-0,51	-3,07
σ	0,02	0,61	0,27	0,06	0,08	0,07	0,04	0,06	0,21	0,44	0,35	0,34
1 hm. %	54,09	-32,11	-40,25	45,83	60,96	-7,38	84,87	-2,21	87,25	19,57	-0,94	-2,94
σ	0,02	0,10	0,05	0,12	0,11	0,10	0,08	0,05	0,06	0,06	0,04	0,04
0,5 hm. %	53,45	-33,73	-41,70	45,03	63,32	-8,07	84,73	-1,90	90,61	14,83	-1,53	-1,35
σ	0,05	0,06	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
0,2 hm. %	53,34	-34,82	-43,35	44,31	66,03	-8,71	83,83	0,54	94,75	9,12	-0,54	2,02
σ	0,03	0,02	0,05	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Lak	53,66	-33,00	-45,72	43,49	67,80	-10,89	86,96	-8,51	101,35	4,98	-0,26	0,97
σ	0,34	0,31	0,23	0,17	0,45	0,51	0,05	0,62	0,93	0,47	0,15	0,20
Substrát	54,52	-31,74	-46,78	43,54	68,49	-11,48	87,84	-10,34	100,67	5,88	-0,19	0,51
σ	0,06	0,13	0,01	0,22	0,21	0,36	0,11	0,11	0,21	0,20	0,04	0,06

Stejně jak u předešlých substrátů, tak i zde byly výchozím bodem pro hodnocení změn barevnosti barvové souřadnice čistého substrátu a laku. Při porovnání souřadnic je zřejmé, že nanesení samotného laku nemělo na barevnost pruhů výrazný vliv. Ve většině případů došlo jen k velmi mírnému poklesu měrná světlosti (L^*), například u azurového pruhu C, kde hodnota L^* klesla z 54,52 na 53,42. Jednotlivé barvy CMYK jsou dále znázorněné na grafu (viz obr. 22).



Obrázek 22 a^*b^* hodnoty CMYK barev potištěných na substrátu D pro různé koncentrace pigmentu 123

Z grafu lze vyčíst, že jednotlivé barvy CMYK vykazují odlišné trendy v závislosti na koncentraci pigmentu. U azurové barvy je patrný posun bodů od laku směrem vpravo nahoru po ose a^* i b^* , což značí posun do zeleno-modrého odstínu.

Podobný trend lze vypočítat i u purpurové (M) barvy, kde se také nejnížší koncentrace seskupují a jsou blíže referenčnímu bodu.

Odlišné chování lze zaznamenat u zbylé barvy. U žluté (Y) barvy se body jednotlivých koncentrací posouvají směrem dolů podél osy b^* , tedy směrem k nižším hodnotám. Nejnížší koncentrace (zejména 0,2 hm. %) je umístěna nejdále od laku a je jediná která má kladnou souřadnici a^* , zatímco střední a vyšší koncentrace (2 až 7 hm. %) se nacházejí blíže k referenčnímu bodu, přičemž rozdíly mezi nimi jsou minimální.

Je zajímavé, že téměř u všech barev (kromě černé barvy) se nejblíže k referenční hodnotě čistého laku přibližuje střední koncentrace 2 hm. %. Ačkoliv rozdíly v hodnotách na první pohled mohou jevit jako relativně malé, jejich rozložení v grafickém znázornění ukazuje, že koncentrace 2 hm. %, se nachází nejblíže k laku. To může být zapříčiněno například tím, že perlescentní pigment nevykazuje lineární závislost mezi koncentrací a optickým účinkem. Při koncentraci 2 hm. % tak může docházet k takovému rozptýlení částic ve vrstvě, které umožňuje určitou transparentnost a zároveň nepůsobí tak silně jako vyšší pigmentové nánosy. Výsledná barevnost tak může být ovlivněna kombinací vlastností pigmentu a stále částečně působícího laku. Další příčinou může být také, že při této koncentraci ještě nebyla vytvořena dostatečně silná nebo neprůhledná pigmentová vrstva, a tudíž nedošlo k výraznému překrytí optických vlastností podkladu. Vliv může mít rovněž konkrétní orientace pigmentových částic a způsob rozlití laku při tisku. Tyto rozdíly lze také vypočítat z další tabulky (viz tab. 9), kde jsou vypočteny barvové odchylky jednotlivých koncentrací.

Tabulka 9 Barvová odchylka ΔE^* pigmentu 123 aplikovaného na CMYK barvách na substrátu D

	C	M	Y	K
7 hm. %	12,44	19,60	29,68	29,56
4 hm. %	7,48	11,77	20,02	22,17
2 hm. %	3,86	6,23	10,40	15,70
1 hm. %	5,55	8,04	15,59	15,13
0,5 hm. %	4,09	5,51	12,80	10,21
0,2 hm. %	3,00	2,93	11,63	4,29

Z tabulky je patrné, že právě koncentrace 2 hm. % vykazuje v mnoha případech nejnížší hodnoty ΔE^* , zejména u azurové (C), purpurové (M) nebo u žluté (Y), kde jsou u této

koncentrace nejnižší z celé sady. Oproti tomu koncentrace 0,2 hm. % má sice v některých případech srovnatelné nebo i nižší hodnoty ΔE^* , jako například u černé barvy (K), avšak v jiných případech (např. žlutá Y) je tato hodnota výrazně vyšší. Například u žluté je $\Delta E^* = 11,63$, což svědčí o výraznější barvové odchylce i při minimálním množství pigmentu.

Co se týče ostatních koncentrací, tak tabulka potvrzuje, že s narůstající koncentrací se barvová odchylka zvětšuje. Největší barvovou odchylku lze vypočítat u barev Y a K.

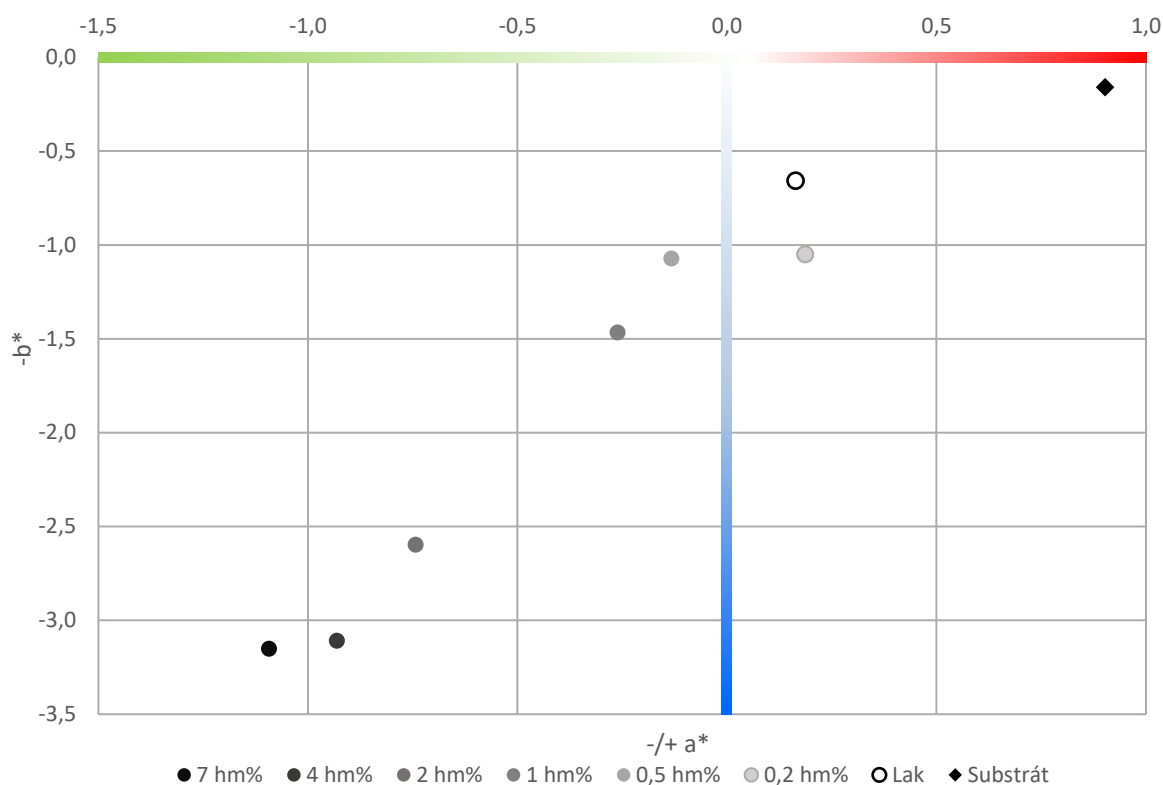
3.3.2 IRIODIN® 6103 Icy White

Hodnoty $L^* a^* b^*$ pro černý substrát F, jsou znázorněny v tabulce 10. Východiskem pro posouzení změn barevnosti byly opět referenční souřadnice čistého laku.

Tabulka 10 $L^* a^* b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 6103 potištěných na substrátu F

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %	Lak	Substrát
L^*	46,29	38,35	35,46	25,86	23,72	22,98	21,63	23,16
σ	1,80	1,40	0,18	0,63	0,49	0,66	0,09	0,06
a^*	-1,09	-0,93	-0,74	-0,26	-0,13	0,19	0,16	0,90
σ	0,15	0,23	0,14	0,15	0,27	0,09	0,01	0,02
b^*	-3,15	-3,11	-2,60	-1,47	-1,07	-1,05	-0,66	-0,16
σ	0,22	0,32	0,03	0,04	0,04	0,19	0,02	0,07

Z naměřených hodnot je patrné, že pigment IRIODIN® 6103 Icy White (dále jen 6103) vykazuje podobné hodnoty jako předešlý pigment 123, nicméně lze najít i mírné odchylky v jednotlivých souřadnicích. S rostoucí koncentrací pigmentu 6103 se opět zvyšuje měrná světlost (L^*) tak jak to bylo i u předešlého pigmentu 123. Hodnoty souřadnice L^* se pohybují na stejných hodnotách, přičemž nejvyšší koncentrace (7 hm. %) je 46,3, což je o něco méně než u 123 (54,3).



Obrázek 23 a^*b^* hodnoty koncentracích pigmentu 6103 potištěných na substrátu F

Z grafu (viz obr. 23) lze vidět, že u pigmentu 6103 se většina bodů, napříč různými koncentracemi, nachází v levé části grafu ($-a^*$) a spodní části ($-b^*$), což ukazuje na chladný, lehce namodralý charakter barvy. Tento posun je výraznější než u předchozího pigmentu 123. Vyšší koncentrace (7, 4 a 2 hm. %) se nacházejí více vlevo a níže, například u 7 hm. % koncentrace u pigmentu 6103 souřadnice a^* je -1,09 a souřadnice b^* je -3,15 a u pigmentu 123 $a^* = -0,88$ a $b^* = -4,2$; tedy vykazují silnější barvový posun směrem ke studeným odstínům. Naopak u nižší koncentrace pigmentu 6103 (0,5 a 0,2 hm. %) se souřadnice nacházejí blíže k čistému laku, ale stále ve „chladné“ oblasti. To naznačuje, že i malé množství pigmentu 6103 má výrazný vliv na změnu barevnosti.

To že pigment 6103 se od pigmentu 123 liší, naznačuje také barvová odchylka, která je znázorněná v tabulce 11.

Tabulka 11 Barvová odchylka ΔE^* pigmentu 6103 na substrátu F

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %
ΔE^*	24,8	16,9	14,0	4,3	2,1	1,4

Při vyhodnocení barvové odchylky lze pozorovat podobný trend jako u předchozího pigmentu 123, tedy že se zvyšováním koncentrace se barvová odchylka zvětšuje. Nejvyšší

hodnota ΔE^* byla zaznamenána u nejvyšší koncentrace 7 hm. % (24,8), zatímco nejnižší hodnota byly opět u koncentrace 0,2 hm. % (1,4).

Oproti pigmentu 123, který měl pro stejnou koncentraci 0,2 hm. % vyšší ΔE^* (2,05), je zřejmé, že pigment 6103 dosahuje nižších barvových odchylek při nejnižší koncentraci, a tedy se vzhledově více přibližuje referenčnímu laku. Nižší barvová odchylka může souviset s tím, že se při nižší koncentraci směs s tímto pigmentem stává transparentnější, a tím méně ovlivňuje výsledný barevný vjem. Je pravděpodobné, že větší částice pigmentu 6103 se hůře orientují ve vrstvě, a proto nepřispívají k tak výrazné změně barvy jako u pigmentu s menšími, lépe rozptýlenými částicemi.

Naopak u vyšších koncentrací jsou odchylky výrazné u obou pigmentů, přičemž 6103 vykazuje o něco nižší ΔE^* než 123, což může souviset s jeho jemnějšími optickými vlastnostmi a mírně jiným chováním při vyšším nánosu.

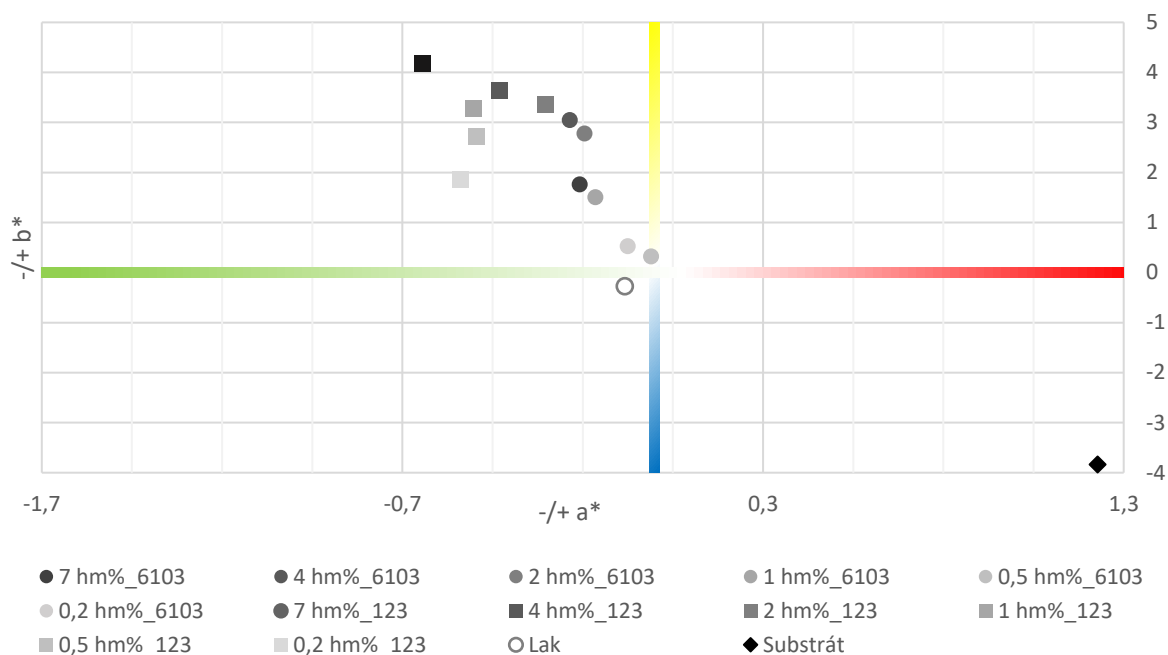
U substrátu D_L rozdíl mezi pigmentem 6103 a 123 není tak výrazný. Barvové souřadnice $L^*a^*b^*$ pro pigment 6103 lze vidět v tabulce 12.

Tabulka 12 $L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 6103 potištěných na substrátu D_L

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %	Lak	Substrát
L^*	91,54	92,26	92,59	93,41	93,46	93,49	93,36	96,06
σ	0,25	0,14	0,21	0,14	0,20	0,26	0,11	0,02
a^*	-0,21	-0,24	-0,19	-0,17	-0,01	-0,08	-0,08	1,23
σ	0,15	0,09	0,04	0,09	0,25	0,04	0,20	0,04
b^*	1,76	3,05	2,78	1,51	0,32	0,53	-0,28	-3,84
σ	0,21	0,29	0,28	0,22	0,27	0,24	0,21	0,03

Při porovnání měrná světlosti (L^*) pigmentů 123 a 6103 na substrátu D_L je patrné, že pigment 6103 vykazuje ve všech koncentracích o něco vyšší hodnoty L^* , což znamená, že výsledný povrch působí světleji, avšak hodnoty jsou stejné. Oba pigmenty měrnou světlost substrátu snižují jen mírně oproti výchozí hodnotě substrátu D_L (96,06), přičemž rozdíl mezi nimi je jen v řádu jednotek. U 123 je patrný lehký trend poklesu L^* s rostoucí koncentrací, zatímco u 6103 jsou hodnoty rozloženy rovnoměrněji bez zřejmého trendu. Celkově lze tedy říci, že pigment 6103 má na měrná světlost mírnější a stabilnější vliv než pigment 123.

Porovnání souřadnic a^* a b^* mezi jednotlivými pigmenty lze vidět na následovném grafu (viz obr. 24).



Obrázek 24 Porovnání a^* b^* hodnot koncentrací pigmentů 123 a 6103 potištěných na substrátu D_L

Při srovnání barvových souřadnic a^* a b^* pigmentů 6103 a 123 na substrátu D_L je z grafu patrné, že pigment 6103 vykazuje mírně odlišné chování než pigment 123, přestože celkové rozložení bodů je v obou případech poměrně kompaktní. Hodnoty a^* u pigmentu 6103 se pohybují blíže k nule, konkrétně v rozmezí přibližně od -0,08 do -0,24, což značí slabší barvový posun směrem k zelené než u pigmentu 123, kde byly hodnoty a^* výrazněji záporné (od -0,3 do -0,64).

Z hlediska souřadnice b^* pigment 6103 vykazuje odlišné hodnoty než pigment 123. U pigmentu 6103 se hodnota b^* při nejnižší koncentraci (2 hm. %) pohybuje okolo 0,53, přičemž výraznější skok nastává až při koncentraci 1 hm. %. Hodnoty b^* se celkově pohybují v rozmezí přibližně 0,5 až 3,1. Naproti tomu pigment 123 dosahuje vyšších hodnot už při nejnižší koncentraci, která začíná na 1,86, a pokračuje až k hodnotám kolem 4,2. To ukazuje, že pigment 123 způsobuje silnější barevný posun ve směru žlutějších tónů ve srovnání s pigmentem 6103. O rozdílu mezi pigmenty naznačuje i barvová odchylka ΔE^* která je uvedena v tabulce 13.

Tabulka 13 Hodnoty barvové odchylky ΔE^* pro všechny koncentrace na substrátu D_L

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %
ΔE^*	2,74	3,51	3,15	1,79	0,61	0,82

Z tabulky je patrné, že pigment 6103 má na daný substrát pouze mírný vliv. S rostoucí koncentrací pigmentu dochází ke zvyšování barvové odchylky, která dosahuje hodnot přibližně 3,5, přičemž nejvyšší odchylka byla zaznamenána při koncentraci 4 hm. %. Ve srovnání s předchozím pigmentem jsou hodnoty barvové odchylky nižší, což naznačuje slabší ovlivnění substrátu tímto pigmentem.

Hodnoty $L^*a^*b^*$ pro CMYK jsou uvedené v tabulce 14.

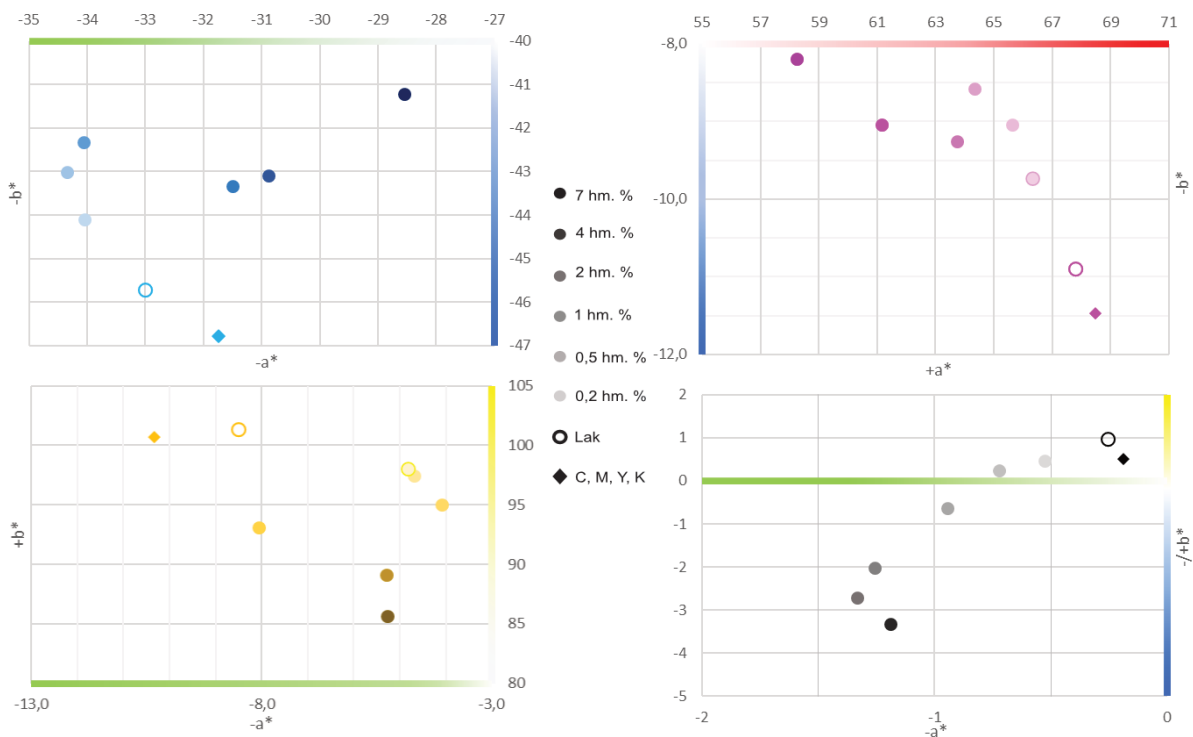
Tabulka 14 $L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 6103 potištěných na substrátu D pro CMYK

	C			M			Y			K		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
7 hm. %	54,40	-28,55	-41,21	46,25	58,25	-8,20	84,72	-5,27	85,61	22,23	-1,19	-3,32
σ	0,71	0,26	0,52	0,44	0,75	0,17	0,13	0,13	2,56	2,40	0,07	0,58
4 hm. %	53,95	-30,88	-43,10	45,57	61,16	-9,04	85,37	-5,30	89,08	18,84	-1,33	-2,71
σ	0,28	0,43	0,28	0,29	0,72	0,31	0,22	0,66	3,27	1,93	0,42	0,16
2 hm. %	54,29	-31,51	-43,33	44,71	63,75	-9,25	86,68	-8,07	93,08	15,51	-1,26	-2,01
σ	0,43	0,17	0,31	0,22	0,66	0,34	0,08	0,22	1,64	0,73	0,28	0,90
1 hm. %	53,48	-34,07	-42,32	44,66	64,33	-8,58	85,36	-4,09	95,03	11,83	-0,95	-0,64
σ	0,53	0,68	1,37	0,37	0,11	1,35	0,45	1,71	1,38	0,56	0,17	0,19
0,5 hm. %	53,35	-34,34	-43,00	44,26	65,64	-9,04	85,77	-4,70	97,43	8,54	-0,72	0,23
σ	0,51	0,81	1,38	0,75	1,45	0,88	0,70	2,20	2,33	1,34	0,23	0,48
0,2 hm. %	53,52	-34,05	-44,10	44,12	66,33	-9,73	85,77	-4,83	98,01	6,69	-0,52	0,46
σ	0,23	0,87	1,21	0,36	1,17	1,16	1,15	3,36	1,93	0,45	0,21	0,18
Lak	53,66	-33,00	-45,72	43,49	67,80	-10,89	86,96	-8,51	101,35	4,98	-0,26	0,97
σ	0,51	0,81	1,38	0,75	1,45	0,88	0,70	2,20	2,33	1,34	0,23	0,48
Substrát	54,52	-31,74	-46,78	43,54	68,49	-11,48	87,84	-10,34	100,67	5,88	-0,19	0,51
σ	0,06	0,13	0,01	0,22	0,21	0,36	0,11	0,11	0,21	0,20	0,04	0,06

U pigmentu 6103 lze pozorovat, že jeho vliv na jednotlivé tiskové složky CMYK není rovnoměrný a v porovnání s pigmentem 123 se místy výrazně liší. U azurové barvy je hodnota měrná světlosti L^* při nejnižší koncentraci 53,5, což je téměř shodné s hodnotou dosaženou při použití pigmentu 123 (53,3). Při nejvyšší koncentraci dosahuje pigment 6103 hodnoty L^* 54,4, zatímco pigment 123 vykazuje podstatně vyšší hodnotu 57,0. Celkově tak 6103 méně ovlivňuje měrná světlost azurové složky než pigment 123.

U purpurové barvy je u 6103 patrný jen minimální vliv pigmentu na hodnoty L^* , a také barevné souřadnice a^* a b^* zůstávají velmi podobné jako u 123. Mírné posuny směrem k nižším hodnotám (např. a^* nebo b^*) jsou u obou pigmentů srovnatelné.

U žluté barvy je také hodnota L^* u pigmentu 6103 téměř stejná jak u předešlého pigmentu 123. U černé složky K pigment 123 zvyšoval více měrná světlost než u pigmentu 6103. Souřadnice a^* a b^* lze lépe zhodnotit z následujícího grafu (viz obr. 25).



Obrázek 25 a^*b^* hodnoty CMYK barev potištěných na substrátu D pro různé koncentrace pigmentu 6103

Z grafu je patrné, že u azurové barvy (C) dochází při nižších koncentracích k mírnému posunu souřadnic a^* a b^* dále od referenčního laku. Hodnoty a^* se pohybují blíže k nule (-33 až -34), zatímco b^* má vyšší, méně negativní hodnoty, což značí nižší sytost modrého tónu.

U purpurové barvy jsou hodnoty souřadnic a^* a b^* u pigmentu 6103 velmi podobné hodnotám dosaženým pigmentem 123. Oba pigmenty vykazují mírné posuny směrem k negativní hodnotě b^* (modrofialový nádech), přičemž pigment 6103 má tyto hodnoty mírně nižší, ale téměř stejné.

U žluté barvy má pigment 6103 širší rozptyl hodnot, zejména u souřadnice a^* , která se výrazněji posouvá do záporných hodnot, což odpovídá posunu směrem ke zelené. Souřadnice b^* je vysoká (kladná), což naznačuje přítomnost žlutého tónu. U černé barvy souřadnice b^* u nejnižší koncentrace začíná v kladných hodnotách a s narůstající koncentrací klesá do záporných.

Ve srovnání s pigmentem 123 vykazuje pigment 6103 ve většině složek méně výrazné barevné posuny. U azurové složky má 123 mírně negativnější hodnoty a^* a sytější modrý tón

(nižší b^*). U purpurové barvy jsou hodnoty obou pigmentů téměř shodné. Výraznější rozdíly se objevují u žluté, kde pigment 6103 vykazuje větší posun směrem ke zelené (nižší a^*) a méně sytý žlutý tón než 123. Největší odlišnosti jsou patrné u černé složky, pigment 6103 má posun k žlutému nádechu (kladné b^*), zatímco pigment 123 zůstává v chladnější modré oblasti. Tento rozdíl barevného vjemu byl patrný již v předchozí kapitole, kde bylo vizuálně hodnoceno chování pigmentů na substrátu F, pigment 6103 zde vytvářel zlatavé až žluté odlesky, zatímco pigment 123 měl výraznější modrý nádech.

Tyto rozdíly v CMYK barvách nejsou zcela patrné při běžném vizuálním hodnocení, což potvrzují i hodnoty barvové odchylky uvedené v tabulce 15.

Tabulka 15 Barvová odchylka ΔE^* pigmentu 6103 aplikovaného na CMYK barvách na substrátu D

	C	M	Y	K
7 hm. %	6,38	10,31	16,23	17,80
4 hm. %	3,39	7,20	12,78	14,39
2 hm. %	2,89	4,54	8,28	10,99
1 hm. %	3,57	4,33	7,88	7,07
0,5 hm. %	3,05	2,95	5,60	3,67
0,2 hm. %	1,93	1,98	5,12	1,81

Nejvyšší hodnoty ΔE^* u pigmentu 6103 se objevují u žluté (Y) a černé (K) barvy, což odpovídá trendu pozorovanému i u pigmentu 123. Například při koncentraci 7 hm. % dosahuje ΔE^* až 17,80 (K) a 16,23 (Y), což jsou však stále nižší hodnoty než u pigmentu 123, kde ΔE^* v těchto složkách přesahovalo i 20 jednotek.

Při nižších koncentracích se barvové odchylky výrazně snižují. Koncentrace 0,2 hm. % vykazuje ve většině případů hodnoty ΔE^* pod 2, což je považováno za vizuálně nevýznamnou změnu (zejména u C, M a K). Takto nízké odchylky naznačují téměř nulovou změnu barevného dojmu oproti referenčnímu laku. Oproti pigmentu 123 jsou tyto hodnoty výrazně nižší.

Celkově lze konstatovat, že pigment 123 vykazuje vyšší hodnoty barvové odchylky ΔE^* , což může naznačovat, že ve větší míře ovlivňuje vzhled povrchu než pigment 6103.

3.3.3 PYRISMA® T30-24 GREEN

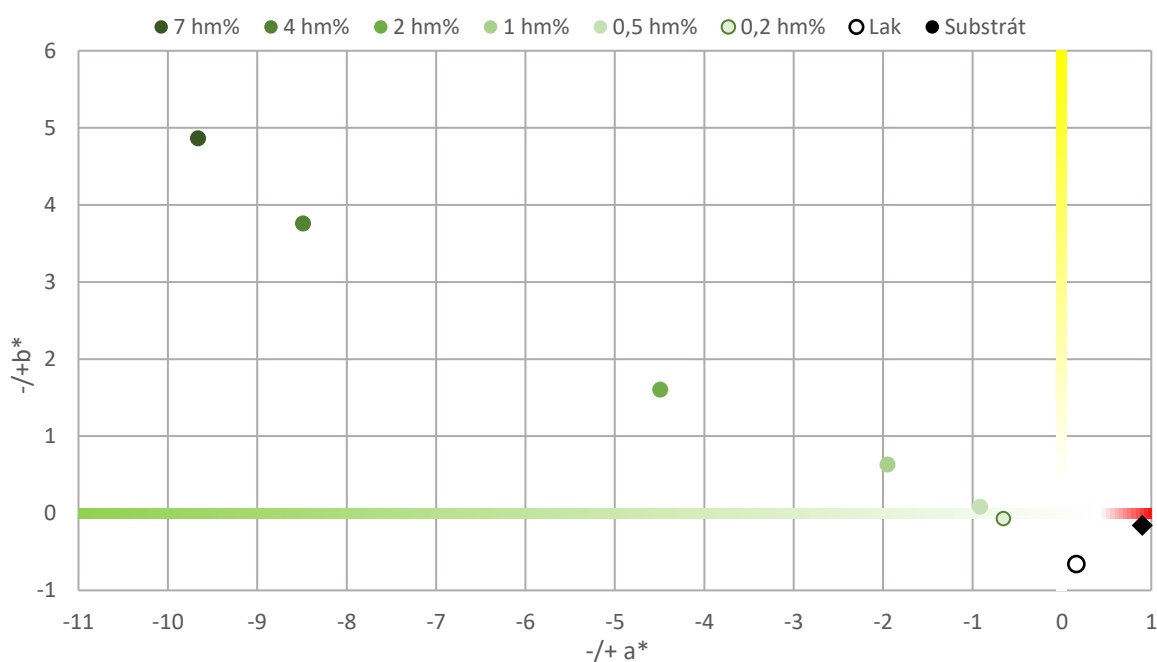
Třetím a zároveň posledním zkoumaným pigmentem byl PYRISMA® T30-24 GREEN (dále jen T30-24), který se vyznačuje výrazným zelenožlutým podtónem. Hodnoty barvových souřadnic $L^* a^* b^*$ změřených na substrátu F, jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16 $L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu F

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %	Lak	Substrát
L^*	37,11	32,02	26,76	22,84	22,32	21,56	21,63	23,16
σ	0,49	0,70	0,29	0,04	0,49	0,62	0,09	0,06
a^*	-9,66	-8,49	-4,49	-1,95	-0,91	-0,66	0,16	0,90
σ	0,63	0,83	0,12	0,14	0,29	0,13	0,01	0,02
b^*	4,86	3,76	1,60	0,63	0,08	-0,07	-0,66	-0,16
σ	0,13	0,38	0,11	0,07	0,22	0,15	0,02	0,07

Pigment T30-24 vykazuje na substrátu F v parametru měrné světlosti (L^*) podobný trend jako ostatní testované pigmenty, s rostoucí koncentrací dochází k postupnému zvyšování hodnoty L^* , tedy ke zesvětlení vzhledu povrchu. Výchozí hodnota samotného substrátu byla 23,16, přičemž čistý lak bez pigmentu tuto hodnotu snižoval na 21,63. Pigment T30-24 dosahoval při koncentraci 0,2 hm. % hodnoty L^* 21,56, což je téměř totožné s hodnotou samotného laku a zároveň nejnižší hodnota mezi všemi testovanými pigmenty v této koncentraci. S rostoucí koncentrací však hodnota L^* výrazně narůstala, při 1 hm. % byla 22,84 a při nejvyšší koncentraci 7 hm. % dosahovala hodnoty 37,11.

Specifický barevný charakter tohoto pigmentu je patrný i na hodnotách souřadnic a^* a b^* , které jsou znázorněny v následujícím grafu (viz obr. 26) a dokládají odlišný barevný tón ve srovnání s ostatními pigmenty.



Obrázek 26 a^*b^* hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu F

Z grafu je patrné, že jednotlivé koncentrace tohoto pigmentu se v souřadnicích a^* a b^* liší. Při nejnižších koncentracích (0,2 a 0,5 hm. %) leží body velmi blízko referenčnímu laku, podobně jako tomu bylo u pigmentu 6103. V tomto rozsahu je barevnost vrstvy minimálně ovlivněna a rozdíly jsou vizuálně téměř nerozpoznatelné.

Od koncentrace 1 hm. % dochází k mírnému posunu směrem k zápornějším hodnotám a^* , tedy k zelenějším tónům, a současně roste hodnota b^* , která přechází do kladných hodnot, tedy směrem ke žlutému odstínu.

Při koncentraci 2 hm. % a vyšší se barevný posun výrazně zrychluje, pigment se stále více vzdaluje od referenčního laku a přesouvá se do žlutozeleného spektra. Nejvyšší koncentrace 7 hm. % vykazuje největší odchylku v obou barevných souřadnicích: a^* dosahuje hodnoty -9,66 a b^* stoupá na 4,86.

Hodnoty barvové odchylky, které jsou zobrazené v tabulce 17, ukazují výsledky pozorované z grafu a z předešlé tabulky.

Tabulka 17 Barvová odchylka ΔE^* pigmentu T30-24 na substrátu F

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %
ΔE^*	19,1	14,2	7,3	2,8	1,5	1,0

Pigment vykazuje při nejvyšší koncentraci 7 hm. % největší barvovou odchylku od referenčního laku, a to $\Delta E^* = 19,1$, což odpovídá výraznému barevnému posunu pozorovanému i v grafu. Se snižující se koncentrací pigmentu odchylky postupně klesají, při 2 hm. % je $\Delta E^* = 7,3$ a od koncentrace 1 hm. % se hodnoty dostávají pod hranici $\Delta E^* = 3$, která bývá často považována za práh vizuální vnímatelnosti rozdílů. Nejnižší koncentrace 0,2 hm. % dosahuje velmi nízké hodnoty $\Delta E^* = 1$, což znamená, že výsledná barevnost se velmi blíží čistému laku. Tento trend potvrzuje, že vyšší koncentrace vedou k většímu barevnému posunu, zatímco nižší koncentrace umožňují zachování původního vzhledu vrstvy.

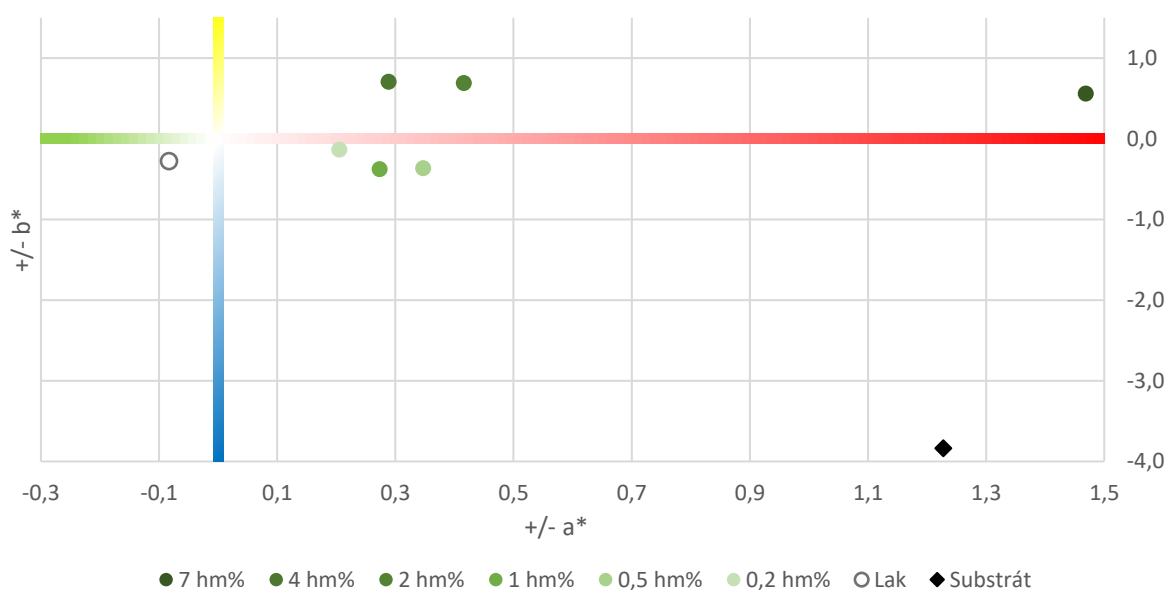
U samotného substrátu D_L vykazuje pigment T30-24 odlišné chování než předešlé dva pigmenty. Naměřené hodnoty $L^*a^*b^*$ jsou znázorněné v tabulce 18.

Tabulka 18 $L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu D_L

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %	Lak	Substrát
L^*	92,35	92,84	93,43	93,70	93,78	93,71	93,36	96,06
σ	0,28	0,24	0,17	0,18	0,12	0,09	0,11	0,02
a^*	1,47	0,29	0,42	0,27	0,35	0,20	-0,08	1,23
σ	0,19	0,08	0,07	0,12	0,14	0,14	0,20	0,04
b^*	0,56	0,71	0,69	-0,38	-0,36	-0,13	-0,28	-3,84
σ	0,12	0,17	0,27	0,21	0,28	0,11	0,21	0,03

Pigment T30-24 vykazuje ve všech koncentracích mírně vyšší hodnoty měrné světlosti L^* než předchozí pigmenty, avšak rozdíly jsou minimální a z praktického hlediska zanedbatelné.

Co se týče souřadnic a^* a b^* tak jak to bylo možné vypočítat u substrátu F, tak i zde je vidět odlišné chování než u předešlých dvou pigmentů. Souřadnice jsou znázorněny v následujícím grafu (viz obr. 27).

**Obrázek 27** $a^* b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu D_L

Z grafu je patrné, že body pigmentu T30-24 se při vyšších koncentracích nacházejí převážně v pravé části barevného prostoru, tedy v kladných hodnotách a^* , což značí posun směrem k červeným tónům. U nejnižší koncentrace 0,2 hm. % se pigment chová velmi podobně jako pigmenty 6103 a 123, hodnoty souřadnic jsou blízké referenčnímu laku ($a^* = 0,20$; $b^* = -0,08$) a celkový barvový efekt je zanedbatelný.

Na rozdíl od pigmentu 6103, tak u pigmentu T30-24 se koncentrace od 0,2 do 4 hm. % seskupují vedle sebe. Podobný trend byl zaznamenán i u pigmentu 123. Nejdál je opět nejvyšší koncentrace 7 hm. %.

Přestože se jedná o zelený pigment, může být tento posun způsoben interferenčním charakterem pigmentu a jeho reakcí s bílým nesavým podkladem.

Co se týče barvové odchylky ΔE^* , která je znázorněná v tabulce 19, vykazuje pigment T30-24 nejnižší barvové odchylky na substrátu D_L ze všech testovacích pigmentů.

Tabulka 19 Barvová odchylka ΔE^* pigmentu T30-24 na substrátu D_L

	7 hm. %	4 hm. %	2 hm. %	1 hm. %	0,5 hm. %	0,2 hm. %
ΔE^*	2,03	1,17	1,09	0,50	0,61	0,47

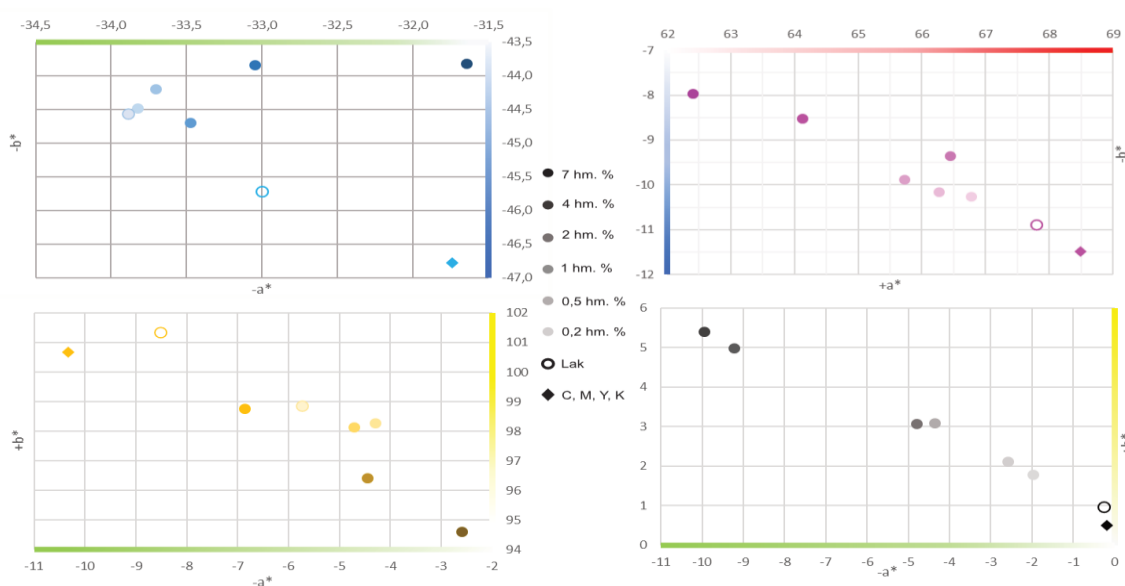
Nejnižší koncentrace pigmentu T30-24 (0,2–1 hm. %) vykazují velmi nízké hodnoty ΔE^* , všechny pod hodnotou 1. Nejnižší z nich, $\Delta E^* = 0,47$ při koncentraci 0,2 hm. %, spadá do oblasti, kde je rozdíl oproti referenčnímu laku vizuálně zanedbatelný. Přestože se při vyšších koncentracích objevuje v barevném prostoru posun do kladných hodnot a^* (směr k červené), tento posun není okem patrný právě díky nízké barvové odchylce. Podobně nízké hodnoty byly zaznamenány i u pigmentu 6103, který má mírně vyšší ΔE^* , ale do koncentrace 0,5 hm. % zůstává pod hranicí vizuální vnímatelnosti. Naproti tomu pigment 123 vykazuje vyšší ΔE^* již od nejnižších koncentrací.

U CMYK jsou hodnoty vyobrazeny v tabulce 20. Hodnoty L^* jsou velmi stabilní napříč všemi čtyřmi CMYK barvami a ve všech koncentracích. Nejvýraznější výjimkou je černá barva (K), kde jsou hodnoty L^* podstatně vyšší oproti substrátu, s maximem $L^* = 16,36^*$ (koncentrace 7 hm. %) oproti ostatním koncentracím.

Tabulka 20 $L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu D pro CMYK

	C			M			Y			K		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
7 hm. %	53,46	-31,64	-43,82	45,27	62,40	-7,97	84,53	-2,60	94,61	16,36	-9,23	4,99
σ	0,27	0,32	0,45	0,27	0,71	0,76	0,45	0,95	0,49	1,22	0,59	0,18
4 hm. %	53,83	-33,05	-43,84	44,77	64,13	-8,52	85,58	-4,45	96,43	14,41	-9,95	5,41
σ	0,19	0,73	0,40	0,43	1,73	0,99	0,20	1,07	0,90	2,43	2,06	0,82
2 hm. %	53,54	-33,48	-44,69	43,85	66,44	-9,36	86,36	-6,87	98,76	8,85	-4,79	3,07
σ	0,22	0,36	0,51	0,29	0,75	0,33	0,19	0,53	0,44	0,78	0,37	0,02
1 hm. %	53,85	-33,71	-44,20	44,40	65,72	-9,88	85,84	-4,71	98,13	8,04	-4,35	3,09
σ	0,40	0,25	0,44	0,37	0,28	0,39	0,18	0,83	1,11	0,49	0,35	0,41
0,5 hm. %	53,77	-33,83	-44,48	44,25	66,27	-10,15	85,83	-4,30	98,28	6,69	-2,58	2,12
σ	0,28	0,29	0,24	0,20	0,31	0,15	0,12	0,32	1,07	0,17	0,24	0,12
0,2 hm. %	53,74	-33,89	-44,56	44,06	66,77	-10,26	86,28	-5,74	98,86	6,20	-1,97	1,78
σ	0,42	0,28	0,31	0,39	0,47	0,43	0,30	1,14	1,23	0,31	0,16	0,27
Lak	53,66	-33,00	-45,72	43,49	67,80	-10,89	86,96	-8,51	101,35	4,98	-0,26	0,97
σ	0,34	0,31	0,23	0,17	0,45	0,51	0,05	0,62	0,93	0,47	0,15	0,20
Substrát	54,52	-31,74	-46,78	43,54	68,49	-11,48	87,84	-10,34	100,67	5,88	-0,19	0,51
σ	0,06	0,13	0,01	0,22	0,21	0,36	0,11	0,11	0,21	0,20	0,04	0,06

Naopak v barvách C, M a Y jsou hodnoty L^* velmi blízké referenční hodnotě laku. V případě azurové (C) se hodnoty pohybují převážně kolem 53 až 54, což je téměř shodné se měrná světlostí samotného laku. Obdobně je tomu u purpurové (M) a žluté (Y), kde nedochází k zásadní změně, a rozdíly mezi koncentracemi jsou velmi malé. Oproti tomu pigment 123 měl větší výkyvy ve souřadnici L^* .



Obrázek 28 a^*b^* hodnoty CMYK barev potištěných na substrátu D pro různé koncentrace pigmentu T30-24

U nejnižších koncentrací pigmentu T30-24 (0,2 a 0,5 hm. %) se barevné souřadnice u téměř všech CMYK barvách nacházejí velmi blízko referenčnímu laku, podobně jako u pigmentů 6103 i 123. Výjimkou je žlutá barva (Y) kde, stejně jako u předchozích pigmentů, je nejbližší laku koncentrace 2 hm. %. Také je u pigmentu T30-24 menší rozptyl mezi jednotlivými koncentracemi, než jak to bylo u předešlých dvou pigmentů.

Podobně jako u substrátu F, tak i zde u černé barvy (K), je možné vidět podobný trend, to znamená, se body nacházejí levém horním kvadrantu.

To že pigment T30-24 má nejmenší vliv na výslední barevnost CMYK pruhů, dokazuje také následující tabulka 21, kde jsou vyobrazené barvové odchylky.

Tabulka 21 Barvová odchylka ΔE^* pigmentu T30-24 na CMYK barvách na substrátu D

	C	M	Y	K
7 hm. %	2,35	6,40	9,29	15,05
4 hm. %	1,89	4,56	6,53	14,24
2 hm. %	1,14	2,08	3,12	6,32
1 hm. %	1,69	2,48	5,10	5,53
0,5 hm. %	1,49	1,87	5,33	3,11
0,2 hm. %	1,46	1,34	3,78	2,26

Z tabulky je patrné, že pigment T30-24 vykazuje u většiny CMYK barev velmi nízké hodnoty barvové odchylky ΔE^* . Nejvyšší hodnoty se objevují u černé barvy (K) při nejvyšších koncentracích pigmentu. I přesto však zůstávají hodnoty ΔE^* u pigmentu T30-24 ve srovnání s předchozími pigmenty výrazně nižší. Ze všech tří hodnocených pigmentů dosahuje nejnižších barvových odchylek ve všech čtyřech CMYK barvách, což ukazuje na jeho méně rušivý a opticky stabilnější charakter. Barevné posuny způsobené tímto pigmentem jsou tak obecně méně výrazné a konzistentnější napříč koncentracemi.

3.3.4 Shrnutí výsledků

Z výsledků měření a jejich grafického zpracování vyplývá, že všechny tři testované pigmenty vykazují s rostoucí koncentrací výraznější barevné změny, jejich intenzita se však liší v závislosti na konkrétním pigmentu a podkladu.

Pigment IRIODIN® 123 Bright Luster Satin vykazuje nejvyšší barvové odchylky ze všech tří testovaných pigmentů. Nejvýraznější změny byly zaznamenány na tmavém substrátu F, kde ΔE^* při nejvyšší koncentraci přesáhla hodnotu 30. Na černém substrátu posouvá výslednou barevnost směrem k chladnějším tónům, což je patrné na souřadnicích a^* a b^* , které se výrazněji přesouvají do záporných hodnot. Na světlém substrátu D_L byl vliv

pigmentu sice mírnější, ale zde docházelo ke zřetelnému snižování měrné světlosti L^* s rostoucí koncentrací pigmentu, což je opačný trend oproti substrátu F. Tento pokles L^* znamená, že vyšší koncentrace pigmentu povrch mírně ztmavovaly. Avšak ze všech testovacích pigmentů měl na tomto substrátu nejvyšší barvové odchylky. V CMYK systému měl pigment 123 nejsilnější vizuální dopad na výsledný vzhled barev, což potvrzují nejvyšší hodnoty barvové odchylky ΔE^* napříč všemi složkami. Například u žluté (Y) a černé (K) barvy dosahovaly ΔE^* při 7 hm. % až hodnot kolem 30, což představuje velmi výraznou změnu ve srovnání s referenčním lakem. Tento vliv se neprojevuje jen v odstínu, ale také ve zesvětlení původní barvy, což je patrné zejména u složky K (černé), kde došlo ke zdatelnému nárůstu měrné světlosti (L^*).

Pigment IRIODIN® 6103 Icy White vykazoval u všech hodnocených substrátů mírnější barevné posuny než pigment 123. Na černém substrátu F se ΔE^* pohybovala kolem 25 při nejvyšší koncentraci a hodnoty souřadnic a^* a b^* směřovaly také do chladné oblasti, přičemž pigment vykazoval při vizuálním hodnocení zlatavé odstíny. Na světlém substrátu D_L byl vliv pigmentu méně výrazný. V systému CMYK byly největší posuny zaznamenány opět u žluté a černé složky, ale hodnoty ΔE^* zůstávaly nižší než u pigmentu 123. Nejnižší odchylky vykazoval pigment při koncentraci 0,2 až 0,5 hm. %, což naznačuje, takhle malé množství pigmentu nemělo výrazný vliv.

Pigment PYRISMA® T30-24 GREEN vykazoval odlišné chování než předchozí pigmenty. I když má zelenožlutý charakter, na světlém substrátu D_L se jeho vyšší koncentrace posouvaly do kladných hodnot a^* , tedy směrem k červené. Tento jev může souviset s interferenční povahou pigmentu a jeho interakcí s bílým nesavým podkladem. Zelená barva se projevuje ve zrcadlovém odrazu, která je při měření polarizačním filtrem potlačena. V difuzním odrazu, zaznamenávaném spektrofotometrem, zelená barva ubývá, čímž dochází k nárůstu červeného podtónu. Přesto byly ΔE^* i při nejvyšší koncentraci velmi nízké (např. 2,03 na D_L), což znamená, že výsledný barevný efekt není vizuálně rušivý. Na substrátu F dosahoval vyšších ΔE^* pouze od 2 hm. %, zatímco při nižších koncentracích zůstával rozdíl vůči referenčnímu laku zanedbatelný. V systému CMYK měl T30-24 nejnižší hodnoty ΔE^* ze všech tří pigmentů napříč všemi barvami. Nejvýraznější vliv byl opět zaznamenán u černé barvy, ale hodnoty zůstaly pod 16 i při 7 hm. %.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat vliv perlescentních pigmentů na optické vlastnosti tiskových vrstev aplikovaných sítotiskem, se zaměřením na změny lesku a barevnosti v závislosti na koncentraci pigmentu, typu podkladu a ovrstvení sítotiskového síta. V první fázi experimentu byly tři vybrané pigmenty: IRIODIN® 123 Bright Luster Satin, IRIODIN® 6103 Icy White a PYRISMA® T30-24 GREEN, aplikovány ve třech koncentracích (7, 4 a 2 hm. %) na sedm různých typů substrátů, a tištěny pomocí tří sít s rozdílným ovrstvením. Následně byla série rozšířena o další tři nižší koncentrace pigmentů (1, 0,5 a 0,2 hm. %) s cílem určit kritickou koncentraci, při které je perlescentní efekt ještě vizuálně rozpoznatelný.

Tyto doplňkové koncentrace byly aplikovány na tři vybrané substráty: černý nenatíraný papír (substrát F), dále natíraný substrát D_L jak na čistý, tak i s předtištěnými pruhy CMYK barev, a substrát C, u kterého byly během předchozí analýzy zaznamenány výraznější rozdíly v hodnotách lesku. Na těchto třech substrátech bylo následně provedeno rozšířené měření lesku (C, D_L , F) a barvových souřadnic v prostoru $CIE L^*a^*b^*$ (D_L a F), které posloužily k detailnímu zhodnocení vlivu koncentrace pigmentu, typu síta a substrátu.

Měření lesku ukázalo, že jeho hodnota je silně ovlivněna jak vlastnostmi pigmentu, tak charakterem podkladového materiálu. Na nenatíraných substrátech byly hodnoty lesku velmi nízké, zatímco natírané a hladší povrchy (např. substrát D) neumožnily laku penetrovat do substrátu, a tím mohl zůstat na povrchu. Nejvyšších hodnot lesku bylo dosaženo při nižších koncentracích pigmentu, kdy se menší množství částic mohlo lépe orientovat ve směsi, zejména v horizontální poloze, která je pro odraz světla nejvýhodnější. Naopak při vyšších koncentracích docházelo ke snížení lesku, pravděpodobně v důsledku většího množství pigmentových částic, kde se částice nemohly rovnoměrně rozprostřít, což vedlo k nižšímu odrazu světla.

Z hlediska barevnosti byl největší posun zaznamenán na černém substrátu F, kde pigmenty výrazně ovlivnily hodnoty $L^*a^*b^*$. Pigmenty IRIODIN® způsobily zesvětlení a posun k chladnějším tónům, zatímco PYRISMA® T30-24 GREEN vedl k posunu do zelenožluté oblasti. U nepotištěného substrátu D_L se rozdíly mezi koncentracemi vizuálně téměř neprojeví. Na potištěném substrátu D_L CMYK byly barevné změny méně nápadné. Největší barvové odchylky byly zaznamenány u černé barvy, která byla nejcitlivější na přítomnost pigmentu, zatímco azurová byla nejstabilnější.

Barvové odchylky ukázaly, že koncentrace 2 hm. % byla u většiny pigmentů napříč složkami CMYK (s výjimkou dvou případů) tou, která vykazovala nejnižší hodnoty ΔE^* , tedy

byla nejbližší referenčnímu laku. Tento trend potvrdily i hodnoty barvových souřadnic a^* a b^* , které se právě při této koncentraci nacházely v blízkosti hodnot čistého laku. Může to naznačovat, že 2 hm. % představuje optimální poměr pigmentové vrstvy, při kterém dochází k rovnováze mezi optickým efektem pigmentu a transparentností samotného laku.

Měření tloušťky tiskové vrstvy ukázala, že typ ovrstvení (1:1, 2:2, 3:3) měl jen minimální vliv na výslednou tloušťku vrstvy i optické vlastnosti tisku. Rozdíly mezi jednotlivými síty byly zanedbatelné, což lze přičíst nízkému nánosu emulze a tenké vrstvě samotného laku. Výraznější rozdíly by se mohly objevit až při použití vyššího poměru ovrstvení.

K ověření, zda pigmentová směs projde i jemnější síťovinou, bylo testováno síto s hustotou 165 T/cm. Výsledky ukázaly, že i při vysoké koncentraci pigmentu (7 hm. %) byl tisk úspěšný, ačkoli výsledná vrstva byla zhruba poloviční (cca 5 μm) oproti vrstvě tištěné přes síto se 120 T/cm. Tento rozdíl potvrzuje, že jemnost použitého síta má přímý vliv na výslednou tloušťku vrstvy. Zároveň to dokazuje, že použité perlescentní pigmenty jsou vhodné i pro aplikaci přes velmi husté síťoviny, což rozšiřuje možnosti jejich využití v aplikacích, kde je kladen důraz na přesnost a jemné detaily.

Závěrem lze konstatovat, že perlescentní pigmenty mají výrazný vliv na optické vlastnosti tiskových vrstev a jejich efektivní aplikace vyžaduje optimalizaci nejen koncentrace pigmentu, ale také výběr vhodného substrátu a typu sítotiskového síta. Je však třeba zdůraznit, že tisk byl realizován ručním sítotiskem, kde nejsou přesně kontrolovány parametry jako tlak, rychlost nebo úhel stěrky. To mohlo vést k drobným odchylkám v tloušťce i ve vlastnostech výsledných vrstev. V automatizovaném sítotiskovém procesu, kde jsou tyto podmínky přesně řízené, by bylo možné dosáhnout vyšší konzistence, přesnosti a reprodukovatelnosti výsledků.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KAPLANOVÁ, Marie, 2009. *Moderní polygrafie*. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů. ISBN 978-80-254-4230-2.2 Sítotisk a serigrafie ISBN 80-238-6499-8
- [2] KOŘÍNEK, Ota, 1971. *Sítotisk a serigrafie*. ISBN 80-238-6499-8
- [3] SYROVÝ, Tomáš. *Material printing: [Přednáška]*. Pardubice: KPF v Pardubicích.
- [4] KIPPAN, Helmut, 2001. *Handbook of print media: technologies and production methods*. Berlin: Springer-Verlag. ISBN 3-540-67326-1
- [5] HOLICKÁ, Hana, 2021. *Technologie sítotisku a tampon. tisku: [Přednáška]*. Pardubice: KPF v Pardubicích, 01. března 2021.
- [6] NAZDAR [online technický list]. *SEFAR® PET 1500*. ©2022 [cit. 2025-01-25]. Dostupné z: <https://sourceone.nazdar.com/portals/0/tds/Sefar-PET1500.pdf>
- [7] 2003. *Screen Printing Technology Hand Book*. National Institute of Industrial Research. ISBN 978-8178330532
- [8] LEŠIKAR, Adam, 2010. *Sítotisk: úvod do technolgie sítotisku*. V Praze: Nakladatelství grafické školy. ISBN 978-80-86824-09-3
- [9] LABICOM s.r.o. [online]. *Viskozita-definice*. 2016 [cit. 2025-01-25]. Dostupné z: <https://www.labicom.cz/cogwspogd/uploads/2016/07/Viskozita-definice.pdf>
- [10] KADERÁBEK, Vladimír a Jan ČERNÝ, 1989. *Polygrafické materiály*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-85113-07-4
- [11] *Tixotropie* [online], 2005. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [cit. 2025-01-25]. Dostupné z: https://vydavatelstvi-old.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/tixotropie.html
- [12] Barvy pro sítotisk. In: *Svetsitotisku.cz* [online]. [cit. 2025-01-25]. Dostupné z: <http://svetsitotisku.cz/2018/barvy-pro-sitotisk/>
- [13] Barvy pro sítotisk, © 2005–2025. *Sc-brno.cz* [online]. [cit. 2025-01-25]. Dostupné z: <https://www.sc-brno.cz/cz/sitotisk/barvy>
- [14] Který typ sítotiskových barev zvolit?, 2023. In: *Kreatech.cz* [online]. [cit. 2025-01-25]. Dostupné z: <https://www.kreatech.cz/blog/typy-sitotiskovych-barev/>

- [15] Speciální efekty pro originální trička. *Colorfactory.cz* [online]. [cit. 2025-01-25]. Dostupné z: <https://www.colorfactory.cz/sitotiskove-efekty/>
- [16] SÍTOTISK, 2023. *stc.cz* [online]. [cit. 2025-01-25]. Dostupné z: <https://stc.cz/techniky-tisku/sitotisk/>
- [17] FAULKNER, Edwin B. a Russell J. SCHWARTZ, 2009. Special Effect Pigments. In: *High Performance Pigments*. s. 75–104. ISBN 9783527314058
- [18] ROHRER, Anthony a Michael T. VENTURINI, © 2025. Pearlescent Pigments in Coatings – a Primer. In: *Pcimag.com* [online]. [cit. 2025-01-26]. Dostupné z: <https://www.pcimag.com/articles/105225-pearlescent-pigments-in-coatings-a-primer>
- [19] O'HANLON, George, 2020. Unlocking the Benefits of Pearlescent Pigments: Transform Your Art with Iridescent Effects. In: *Naturalpigments.eu* [online]. [cit. 2025-01-26]. Dostupné z: <https://www.naturalpigments.eu/artist-materials/pearlescent-pigments-how-they-work>
- [20] ROSSI, Stefano a Francesca RUSSO, 2020. *Pearlescent Pigments: history, properties and application in powder coatings* [online]. 1 - 6 [cit. 2025-01-26]. Dostupné z: <https://iris.unitn.it/bitstream/11572/259130/1/encyclopedia202003.0004.voce%20enciclopedia%202.pdf>
- [21] SHEN, Cherry, 2024. Porozumění měřidlům lesku: principy a aplikace. In: *Cs.lisungroup.com* [online]. [cit. 2025-01-26]. Dostupné z: <https://cs.lisungroup.com/zpravy/technologické-novinky/pochopení-principů-a-aplikací-leskoměrů.html>
- [22] RABBANI, Raza, 2023. Techniky měření v goniofotometrii: Integrace koule vs. Goniometr. In: *Cs.lisungroup.com* [online]. [cit. 2025-01-26]. Dostupné z: <https://cs.lisungroup.com/news/technology-news/measurement-techniques-in-goniophotometry-integrating-sphere-vs-goniometer.html#Goniometer>
- [23] *Rutilové nanočástice oxidu titaničitého* [online], 2025. [cit. 2025-05-04]. Dostupné z: <https://cz.ferro-silicon-alloy.com/titanium-dioxide/rutile-titanium-dioxide-nano-particles.html>
- [24] PYRISMA® T30-24 GREEN, © 2024. *Merckgroup.com* [online]. [cit. 2025-01-26]. Dostupné z: <https://surface-portal.merckgroup.com/CZ/en/product/PM/141102>

- [25] IRIODIN® 6103 Icy White, © 2024. *Merckgroup.com* [online]. [cit. 2025-01-26]. Dostupné z: <https://surface-portal.merckgroup.com/CZ/en/product/pm/140971>
IRIODIN® 123 Bright Luster Satin, © 2024. *Merckgroup.com* [online]. [cit. 2025-01-26]. Dostupné z: <https://surface-portal.merckgroup.com/CZ/en/product/pm/104842>
- [26] NIKOTISK, 2015. *Bezpečnostní list: UV COATINGS SCREEN GLOSS 13112*. Dostupné také z: https://www.nikotisk.cz/uploads/_web/pdf/bezpecnostni-listy/UV-sitotiskovy-lak-leskly-13112-15-.pdf
- [27] ŠTĚPÁNKOVÁ, Valerie, 2021. *Vývoj v oblasti UV zářením tvrditelných tiskových barev a laků*. Pardubice. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.
- [28] *Three angle gloss meter* [online], 2025. [cit. 2025-05-04]. Dostupné z: <https://www.byk-instruments.com/en/Appearance/micro-gloss-Glossmeter/Three-angle-gloss-meter/c/p-32937>
- [29] *EXact Standard* [online], 2025. [cit. 2025-05-04]. Dostupné z: <https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Příklad technických parametrů síťoviny SEFAR PET 1500	15
Tabulka 2	Druhy potiskovaných materiálů a jejich označení	26
Tabulka 3	Průměrné hodnoty tloušťek ovrstvených sít na jednotlivých substrátech	43
Tabulka 4	$L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu F	44
Tabulka 5	Hodnoty barvové odchylky ΔE^* pro všechny koncentrace na substrátu F	46
Tabulka 6	$L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu D_L	46
Tabulka 7	Hodnoty barvové odchylky ΔE^* pro všechny koncentrace na substrátu D_L	47
Tabulka 8	$L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu D pro CMYK	48
Tabulka 9	Barvová odchylka ΔE^* pigmentu 123 aplikovaného na CMYK barvách na substrátu D	49
Tabulka 10	$L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 6103 potištěných na substrátu F	50
Tabulka 11	Barvová odchylka ΔE^* pigmentu 6103 na substrátu F	51
Tabulka 12	$L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 6103 potištěných na substrátu D_L	52
Tabulka 13	Hodnoty barvové odchylky ΔE^* pro všechny koncentrace na substrátu D_L	53
Tabulka 14	$L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu 6103 potištěných na substrátu D pro CMYK	54
Tabulka 15	Barvová odchylka ΔE^* pigmentu 6103 aplikovaného na CMYK barvách na substrátu D	56
Tabulka 16	$L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu F	57
Tabulka 17	Barvová odchylka ΔE^* pigmentu T30-24 na substrátu F	58
Tabulka 18	$L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu D_L	59
Tabulka 19	Barvová odchylka ΔE^* pigmentu T30-24 na substrátu D_L	60
Tabulka 20	$L^*a^*b^*$ hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu D pro CMYK	61
Tabulka 21	Barvová odchylka ΔE^* pigmentu T30-24 na CMYK barvách na substrátu D	62

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Schéma tiskové formy	12
Obrázek 2	Parametry charakterizující geometrii síťoviny	13
Obrázek 3	Uspořádání vláken síťoviny s různou vazbu	15
Obrázek 4	Profily těrkového listu	18
Obrázek 5	PYRISMA T30-24 GREEN	25
Obrázek 6	Šablona se zvolenými motivy	29
Obrázek 7	Hodnoty lesku (GU) a substrátů v závislosti na koncentraci pigmentu 123, typu síta.....	32
Obrázek 8	Vizuální hodnocení políčka 3×3 cm ² koncentrací pigmentu 123 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. % s použitím síta s ovrstvením poměrem 2:2	33
Obrázek 9	Hodnoty lesku (GU) a substrátů C, DL a DR v závislosti na koncentraci pigmentu 123	34
Obrázek 10	Mikroskopické snímky vrstev s koncentracemi pigmentu 123 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. %, vytištěných pomocí třetího síta na substrátu D _L	35
Obrázek 11	Hodnoty lesku (GU) a substrátů v závislosti na koncentraci pigmentu 6103	36
Obrázek 12	Vizuální hodnocení políčka 3×3 cm ² koncentrací pigmentu 6103 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. % s použitím síta s poměrem 2:2	37
Obrázek 13	Hodnoty lesku (GU) a substrátů C, D _L a D _R v závislosti na koncentraci pigmentu 6103.....	37
Obrázek 14	Mikroskopické snímky vrstev s koncentracemi pigmentu 6103 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. %, vytištěných pomocí třetího síta na substrátu D _L	38
Obrázek 15	Mikroskopické snímky koncentrace 2 hm. % pigmentů 123 (vpravo) a 6103 (vlevo), vytištěných pomocí prvního síta na substrátu D _L	39
Obrázek 16	Hodnoty lesku (GU) a substrátů v závislosti na koncentraci pigmentu T30-24, typu síta.....	40
Obrázek 17	Vizuální hodnocení políčka 3×3 cm ² koncentrací pigmentu T30-24 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. % s použitím síta s poměrem 2:2	40
Obrázek 18	Hodnoty lesku (GU) a substrátů C, D _L a D _R v závislosti na koncentraci pigmentu T30-24, typu síta.....	41
Obrázek 19	Mikroskopické snímky vrstev s koncentracemi pigmentu T30-24 (a) 7 hm. %, (b) 4 hm. % a (c) 2 hm. %, vytištěných pomocí třetího síta na substrátu D _L	42
Obrázek 20	<i>a* b*</i> hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu F	45
Obrázek 21	<i>a* b*</i> hodnoty koncentrací pigmentu 123 potištěných na substrátu D _L	47
Obrázek 22	<i>a*b*</i> hodnoty CMYK potištěných na substrátu D pro různé koncentrace pigmentu 123	48
Obrázek 23	<i>a*b*</i> hodnoty koncentrací pigmentu 6103 potištěných na substrátu F.....	51
Obrázek 24	Porovnání <i>a* b*</i> hodnot koncentrací pigmentů 123 a 6103 potištěných na substrátu D _L	53
Obrázek 25	<i>a*b*</i> hodnoty CMYK potištěných na substrátu D pro různé koncentrace pigmentu 6103	55
Obrázek 26	<i>a*b*</i> hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu F	57
Obrázek 27	<i>a* b*</i> hodnoty koncentrací pigmentu T30-24 potištěných na substrátu D _L	59
Obrázek 28	<i>a*b*</i> hodnoty CMYK potištěných na substrátu D pro různé koncentrace pigmentu T30-24	61

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A hodnoty lesku a tloušťky pro pigment IRIODIN® 123 Bright Luster Satin

Příloha B hodnoty lesku a tloušťky pro pigment IRIODIN® 6103 Icy White

Příloha C hodnoty lesku a tloušťky pro pigment PYRISMA® T30-24 GREEN

SEZNAM ZKRATEK

CMYK	složky CMYK barevného modelu (azurová, purpurová, žlutá, černá)
GU	gloss unit jednotky lesku
hm. %	hmotnostní procento
μm	mikrometr
mJ/cm^2	milijoul na centimetr čtvereční
nm	nanometr
T/cm	hustota síťoviny v počtu vláken na centimetr
UV	ultrafialové záření

Příloha A hodnoty lesku a tloušťky pro pigment IRIODIN® 123 Bright Luster Satin

Označení substrátu	Síto	hm%	Lesk [GU]	σ	Tloušťka [μm]	σ
A	I	7	4,7	0,1	12	19
		4	4,8	0,1	5	11
		2	4,8	0,2	7	5
	II	7	4,8	0,2	11	16
		4	4,7	0,2	16	15
		2	4,7	0,2	4	19
	III	7	4,6	0,2	6	16
		4	4,8	0,1	0	10
		2	4,8	0,2	5	12
B	I	7	5,2	0,3	6	2
		4	5,2	0,2	4	1
		2	5,2	0,3	3	2
	II	7	4,7	0,2	3	2
		4	5,1	0,2	4	3
		2	5,3	0,1	2	2
	III	7	4,7	0,3	8	2
		4	5,2	0,2	2	2
		2	5,2	0,2	6	2
C	I	7	67,2	3,1	9	2
		4	82,4	1,6	8	1
		2	82,4	1,6	7	2
	II	7	71,7	1,2	9	1
		4	82,1	1,4	8	2
		2	82,4	1,7	8	1
	III	7	69,0	0,3	9	2
		4	80,3	3,4	6	1
		2	82,5	1,6	10	6
DR	I	7	74,5	3,2	9	2
		4	81,6	1,8	13	3
		2	86,1	0,4	9	2
	II	7	73,0	1,4	11	6
		4	82,5	4,7	12	2
		2	88,3	1,2	13	2
	III	7	72,3	0,9	11	2
		4	80,7	2,4	7	4
		2	88,6	0,4	10	4
DL	I	7	74,6	1,4	8	5
		4	84,2	2,0	12	3
		2	90,4	1,0	9	4
	II	7	75,0	3,3	15	5
		4	82,0	1,6	12	2
		2	89,8	0,5	13	2
	III	7	73,3	1,4	16	3
		4	79,9	0,8	9	2
		2	89,2	1,1	11	2
E	I	7	6,4	0,3	9	3
		4	6,0	0,2	0	3
		2	6,1	0,2	4	5
	II	7	6,4	0,2	6	1
		4	6,0	0,3	0	3
		2	6,0	0,2	0	4
	III	7	6,1	0,2	8	5
		4	6,1	0,2	5	6
		2	6,1	0,3	3	4
F	I	7	3,1	0,2	2	3
		4	3,6	0,3	3	3
		2	3,6	0,3	0	7
	II	7	3,6	0,4	5	6
		4	3,6	0,2	9	3
		2	3,6	0,3	5	2
	III	7	2,7	0,4	3	2
		4	3,6	0,3	7	1
		2	3,7	0,3	6	2

Příloha B hodnoty lesku a tloušťky pro pigment IRIODIN® 6103 Icy White

Označení substrátu	Síto	hm%	Lesk [GU]	σ	Tloušťka [μm]	σ
A	I	7	5,6	0,2	12	19
		4	5,8	0,1	5	11
		2	5,7	0,1	7	5
	II	7	5,7	0,1	11	16
		4	5,6	0,1	16	15
		2	5,7	0,2	4	19
	III	7	5,6	0,1	6	16
		4	5,6	0,1	0	10
		2	5,7	0,2	5	12
B	I	7	0,6	1,6	6	2
		4	8,7	0,6	4	1
		2	8,8	0,5	3	2
	II	7	8,8	0,4	3	2
		4	8,7	0,5	4	3
		2	8,6	0,5	2	2
	III	7	8,7	0,4	8	2
		4	8,7	0,4	2	2
		2	8,7	0,5	6	2
C	I	7	77,0	2,0	9	2
		4	76,9	0,6	8	1
		2	77,0	0,6	7	2
	II	7	77,0	0,6	9	1
		4	77,0	0,5	8	2
		2	77,0	0,5	8	1
	III	7	77,0	0,7	9	2
		4	77,0	0,5	6	1
		2	77,0	0,5	10	6
DR	I	7	81,1	1,3	9	2
		4	83,4	0,4	13	3
		2	86,9	0,9	9	2
	II	7	78,6	2,2	11	6
		4	86,2	0,3	12	2
		2	86,9	0,6	13	2
	III	7	84,2	0,6	11	2
		4	86,8	0,9	7	4
		2	87,7	1,4	10	4
DL	I	7	81,0	0,3	8	5
		4	85,2	1,6	12	3
		2	88,8	0,4	9	4
	II	7	82,1	1,5	15	5
		4	86,8	1,0	12	2
		2	88,8	0,4	13	2
	III	7	79,7	0,5	16	3
		4	85,5	0,9	9	2
		2	87,0	0,4	11	2
E	I	7	8,5	0,4	9	3
		4	8,5	0,4	0	3
		2	8,5	0,3	4	5
	II	7	8,6	0,3	6	1
		4	8,6	0,2	0	3
		2	8,5	0,3	0	4
	III	7	8,5	0,3	8	5
		4	8,5	0,3	5	6
		2	8,5	0,3	3	4
F	I	7	5,3	0,4	2	3
		4	5,3	0,2	3	3
		2	5,3	0,1	0	7
	II	7	5,2	0,2	5	6
		4	5,3	0,1	9	3
		2	5,3	0,1	5	2
	III	7	5,2	0,1	3	2
		4	5,2	0,2	7	1
		2	5,3	0,1	6	2

Příloha C hodnoty lesku a tloušťky pro pigment PYRISMA® T30-24 GREEN

Označení substrátu	Síto	hm%	Lesk [GU]	σ	Tloušťka [μm]	σ
A	I	7	4,7	0,1	12	19
		4	4,7	0,2	5	11
		2	4,6	0,2	7	5
	II	7	4,7	0,1	11	16
		4	4,8	0,1	16	15
		2	4,7	0,1	4	19
	III	7	4,7	0,2	6	16
		4	4,8	0,1	0	10
		2	4,7	0,1	5	12
B	I	7	6,6	0,4	6	2
		4	6,5	0,5	4	1
		2	6,6	0,5	3	2
	II	7	6,6	0,4	3	2
		4	6,6	0,5	4	3
		2	6,5	0,4	2	2
	III	7	6,5	0,3	8	2
		4	6,4	0,4	2	2
		2	6,5	0,5	6	2
C	I	7	85,9	2,6	9	2
		4	89,4	0,9	8	1
		2	90,7	0,7	7	2
	II	7	84,2	2,6	9	1
		4	87,4	0,8	8	2
		2	89,6	2,7	8	1
	III	7	80,6	1,6	9	2
		4	84,8	3,0	6	1
		2	84,0	1,9	10	6
DR	I	7	89,2	0,9	9	2
		4	87,4	0,4	13	3
		2	90,3	0,7	9	2
	II	7	91,0	2,3	11	6
		4	88,3	4,9	12	2
		2	91,4	0,6	13	2
	III	7	85,2	0,8	11	2
		4	86,8	0,9	7	4
		2	88,3	1,5	10	4
DL	I	7	90,8	1,7	8	5
		4	90,1	1,0	12	3
		2	93,7	0,5	9	4
	II	7	92,1	1,4	15	5
		4	91,4	0,7	12	2
		2	94,0	0,7	13	2
	III	7	87,6	0,7	16	3
		4	88,9	1,5	9	2
		2	92,9	0,3	11	2
E	I	7	6,1	0,2	9	3
		4	6,0	0,2	0	3
		2	6,1	0,2	4	5
	II	7	6,1	0,1	6	1
		4	6,0	0,1	0	3
		2	6,2	0,2	0	4
	III	7	6,1	0,2	8	5
		4	6,0	0,1	5	6
		2	6,2	0,1	3	4
F	I	7	4,1	0,5	2	3
		4	4,1	0,2	3	3
		2	4,0	0,2	0	7
	II	7	4,1	0,3	5	6
		4	4,1	0,2	9	3
		2	4,1	0,3	5	2
	III	7	4,1	0,2	3	2
		4	4,1	0,2	7	1
		2	4,1	0,3	6	2