

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017

Robert Götz

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Katedra polygrafie a fotofyziky

Sledování kvality tisku při potisku nasávané kartonáže

Bc. Robert Götz

Diplomová práce

2017

University of Pardubice

Faculty of Chemical Technology
Department of Graphic Arts and Photophysics

Monitoring of print quality during printing on molded fiber

Bc. Robert Götz

Diploma thesis

2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Robert Götz**
Osobní číslo: **C15604**
Studijní program: **N3441 Polygrafie**
Studijní obor: **Polygrafie**
Název tématu: **Sledování kvality tisku při potisku nasávané kartonáže**
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

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

1. Prostudujte odbornou literaturu a zpracujte stručnou rešerši týkající se daného tématu.
2. Připravte testovací obrazce vhodné na sledování kvality potisku nasávané kartonáže a vytiskněte vzorky. Na vytištěných vzorcích změřte/otestujte potřebné parametry a porovnejte tyto vzorky z hlediska tiskové kvality, užitných vlastností apod.
3. Získané výsledky analyzujte a přehledně zpracujte ve formě závěrečné písemné práce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Vališ, Ph.D.

Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání diplomové práce:

21. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

12. května 2017



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



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

V Pardubicích dne 28. února 2017

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

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Nesouhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně UPCE.

V Pardubicích dne 30. 4. 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Robert Götz', with a large circular flourish at the beginning.

Robert Götz

Děkuji vedoucímu práce Ing. Janu Vališovi, PhD. za rady a podnětné připomínky a manželce Haně s dětmi Oliverem a Elinor za trpělivost během studia.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá hodnocením testovacích obrazců na obalech z nasávané kartonáže. V úvodu přibližuje výrobu nasávané kartonáže s krátkým ohlédnutím na její historický vývoj a všímá si jejích výhod pro balení potravin. Dále jsou představeny možnosti zušlechťení nasávané kartonáže s důrazem kladeným na její potisk technologií nepřímého knihtisku. V teoretické části se práce zabývá popisem zkoumaných vzorků z hlediska jejích vlastností. Pro další část práce byly připraveny testovací obrazce, které byly vytištěny na krabičky určené pro balení a export vajec. Na vytištěných vzorcích byly změřeny potřebné parametry, které pak byly analyzovány v experimentální části práce.

Z diplomové práce vzešlo několik doporučení na upravení postupu stávající výroby pro lepší výsledný tisk.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nasávaná kartonáž, potisk, kvalita tisku, testovací obrazec, nepřímý knihtisk

TITLE

Monitoring of print quality during printing on molded fiber

ANNOTATION

This thesis deals with the evaluation of test patterns on molded fiber packings. In the beginning it introduces the topic of manufacturing molded fiber, with a short description of its history, and takes into consideration its advantages for food packaging. Later on it brings to one's attention possibilities of finishing molded fiber with an accent for its printing by letterset technology. The theoretical part of the thesis is talking about specification of researched samples in view of their characteristics. Test patterns were prepared for the next part of the thesis; these were printed onto cartons used for packaging and the export of eggs. On printed samples all of the needed parameters were measured and these were analyzed in the experimental part of the thesis.

A few recommendations for adjusting current manufacturing procedures were suggested by this thesis to achieve better printing results.

KEY WORDS

Molded fiber, printing, print quality, test pattern, letterset

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	12
SEZNAM TABULEK.....	13
SEZNAM GRAFŮ.....	15
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK.....	16
1 ÚVOD.....	18
1.1 Nasávaná kartonáž	19
1.1.1 Historie nasávané kartonáže	19
1.1.2 Výhody nasávané kartonáže	20
1.2 Výroba nasávané kartonáže	22
1.3 Zušlechtění nasávané kartonáže.....	23
1.3.1 Potisk	23
2 TEORETICKÁ ČÁST	26
2.1 Popis vyšetřovaných vzorků	26
2.1.1 Substrát výrobku	27
2.1.2 pH.....	27
2.1.3 Vodivost.....	27
2.1.4 Množství popela.....	28
2.1.5 Zabarvení výrobku	28
2.1.6 Bělost	29
2.1.7 Tříbodová tuhost.....	29
2.1.8 Tloušťka.....	30
2.1.9 Plošná hmotnost víka.....	30
2.1.10 Objemová hmotnost víka.....	31
2.1.11 Vlhkost.....	31
2.1.12 Sušina za negativem.....	32
2.1.13 Prášení.....	32
2.1.14 Světlostálost.....	33
2.1.15 Rozměrová stálost.....	33
2.1.16 Drsnost povrchu.....	34
2.2 Měřicí přístroje.....	35

2.2.1	Přístroje pro měření odrazu světla	35
2.2.2	Přístroje pro zvětšení obrazu.....	36
2.2.3	Přístroje na kontrolu čárových kódů	37
2.3	Vyšetřování způsobilosti měřidla	37
3	POSOUZENÍ TISKU.....	39
3.1	Soutiskové značky	41
3.1.1	Soutisk	41
3.2	Kontrolní škály.....	41
3.2.1	Optická hustota	42
3.2.2	Nárůst tónové hodnoty.....	42
3.2.3	Tiskový kontrast	43
3.2.4	Chyba odstínu a šedost	44
3.3	Pole pro kontrolu linek.....	45
3.3.1	Smyk a zdvojování.....	45
3.4	Pole pro měření trappingu pestrých barev	46
3.5	Siemensova hvězda.....	48
3.6	Pole pro vyhodnocení světlostálosti.....	48
3.7	Pole pro zabarvení tisku.....	49
3.8	Čárový kód EAN/UCC 13	49
3.9	Obrázky pro vizuální posouzení	51
3.10	Linky v různých šířkách.....	51
3.11	Kontrolní pole pro zjištění smyku a zdvojování	51
3.12	Pole pro zjištění stability samostatně stojícího bodu	52
3.13	Smyková značka	52
3.14	Kružnice s přechody	52
3.15	Bezpatkový a patkový text.....	53
3.16	Šachovnicové pole	54
3.17	Celoplošné pole.....	54
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	55
4.1	Určení tiskového stroje	55
4.2	Použité tiskové barvy	55
4.3	Použitý ofsetový potah.....	55

4.4	Použité tiskové cliché	56
4.5	Metoda výběru vzorků	56
4.5.1	Šedá vstupní látka	57
4.5.2	Barvení výrobků	57
4.5.3	Klížení výrobků	57
4.6	Určení počtu výrobků pro konečné měření.....	58
4.7	Vyšetření způsobilosti měřidla	59
4.8	Vyhodnocení natištěných vzorků.....	66
4.8.1	Soutisk	66
4.8.2	Optická hustota a $L^* a^* b^*$	72
4.8.3	Nárůst tónové hodnoty.....	76
4.8.4	Tiskový kontrast	82
4.8.5	Chyba odstínu a šedost	84
4.8.6	Smyk a zdvojování.....	88
4.8.7	Přijímavost tiskových barev.....	92
4.8.8	Síťování obrazu.....	95
4.8.9	Světlostálost.....	97
4.8.10	Čárový kód EAN/UCC 13	102
4.8.11	Vizuální posouzení	105
4.8.12	Linky	111
4.8.13	Samostatně stojící tiskový bod	112
4.8.14	Kružnice s přechody	113
4.8.15	Text	114
4.8.16	Šachovnicové pole	115
4.8.17	Celoplošné pole.....	116
5	VÝSLEDKY	117
6	ZÁVĚR.....	119
6.1	Soutisk.....	119
6.2	Optická hustota	119
6.3	Nárůst tónové hodnoty tiskového bodu	120
6.4	Tiskový kontrast.....	120
6.5	Chyba odstínu a šedost.....	120

6.6	Smyk a zdvojování.....	121
6.7	Přijímavost tiskových barev.....	121
6.8	Síťování obrazu.....	121
6.9	Světlostálost	121
6.10	Čárový kód EAN/UCC 13	122
6.11	Vizuální posouzení.....	122
6.12	Linky	122
6.13	Samostatně stojící tiskový bod.....	123
6.14	Kružnice s přechody	123
6.15	Text	123
6.16	Šachovnicové pole	124
6.17	Celoplošné pole.....	124
7	DOPORUČENÍ.....	125
	POUŽITÁ LITERATURA	126
	ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI.....	128

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma nasátí vodolátky	22
Obr. 2 Schéma horního tiskového modulu SBI	23
Obr. 3 Horní tiskový modul SBI.....	25
Obr. 4 Přístroje X-Rite.....	36
Obr. 5 Tiskový motiv č. 1	39
Obr. 6 Tiskový motiv č. 2	40
Obr. 7 Tiskový motiv č. 3	40
Obr. 8 Přetisk pestrých barev technologií nepřímého knihtisku.....	47
Obr. 9 Horní tisková plocha krabičky na vejce – Effect+ 10	57
Obr. 10 Soutiskový kříž	67
Obr. 11 Obrazec pro posouzení optické hustoty	72
Obr. 12 Škála barev CMYK	76
Obr. 13 Pole linek CMYK	88
Obr. 14 Pole kruhových bodů	90
Obr. 15 Soustředné kružnice.....	91
Obr. 16 Trapping.....	92
Obr. 17 Siemensova hvězda.....	95
Obr. 18 Světlostálost.....	97
Obr. 19 Přizpůsobený čárový kód.....	102
Obr. 20 Čárový kód umístěný podélně se směrem tisku, 100% velikost	102
Obr. 21 Čárový kód umístěný příčně ke směru tisku, 80% velikost	103
Obr. 22 Posouzení pestrých barev, pleťových barev a stínů.....	106
Obr. 23 Tenké linky podélné se směrem tisku příčně ke směru vymytí fotopolymeru	111
Obr. 24 Tenké linky příčně ke směru tisku podélné se směrem vymytí fotopolymeru	111
Obr. 25 Samostatně stojící tiskový bod	112
Obr. 26 Kružnice s přechody	113
Obr. 27 Textové pole	114
Obr. 28 Inverzní textové pole	114
Obr. 29 Šachovnicové pole.....	115
Obr. 30 Celoplošné pole	116

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Rozsah výběru pro rozdíl $\Delta E = 0,5$	59
Tab. 2 Rozsah výběru pro reflektanci.....	59
Tab. 3 Protokol o vyšetření způsobilosti měřidla metodou R&R – ΔE	60
Tab. 4 Protokol o vyšetření způsobilosti měřidla metodou R&R – Reflektance.....	63
Tab. 5 Natažení tiskového motivu.....	66
Tab. 6 Posouzení soutisku, grafický motiv č. 1, horní soutiskový kříž.....	68
Tab. 7 Posouzení soutisku, grafický motiv č. 1, spodní soutiskový kříž.....	69
Tab. 8 Posouzení soutisku, grafický motiv č. 2, horní soutiskový kříž.....	70
Tab. 9 Posouzení soutisku, grafický motiv č. 2, spodní soutiskový kříž.....	71
Tab. 10 Barvová odchylka.....	72
Tab. 11 Naměřené hodnoty optické hustoty a $L^* a^* b^*$	73
Tab. 12 Porovnání optické hodnoty a barvové odchylky.....	75
Tab. 13 Naměřené hodnoty tiskové škály, podélný směr tisku, azurová barva.....	77
Tab. 14 Naměřené hodnoty tiskové škály, podélný směr tisku, purpurová barva.....	77
Tab. 15 Naměřené hodnoty tiskové škály, podélný směr tisku, žlutá barva.....	78
Tab. 16 Naměřené hodnoty tiskové škály, podélný směr tisku, černá barva.....	78
Tab. 17 Naměřené hodnoty tiskové škály, příčný směr tisku, azurová barva.....	79
Tab. 18 Naměřené hodnoty tiskové škály, příčný směr tisku, purpurová barva.....	79
Tab. 19 Naměřené hodnoty tiskové škály, příčný směr tisku, žlutá barva.....	80
Tab. 20 Naměřené hodnoty tiskové škály, příčný směr tisku, černá barva.....	80
Tab. 21 Naměřené a vypočítané hodnoty tiskového kontrastu, podélný směr tisku.....	82
Tab. 22 Naměřené a vypočítané hodnoty tiskového kontrastu, příčný směr tisku.....	83
Tab. 23 Zprůměrované hodnoty tiskového kontrastu.....	83
Tab. 24 Naměřené a vypočítané hodnoty chyby odstínu a šedosti.....	85
Tab. 25 Zprůměrované hodnoty chyby odstínu a šedosti.....	86
Tab. 26 Naměřené a vypočítané hodnoty smyku a zdvojování.....	89
Tab. 27 Výsledné hodnoty smyku a zdvojování.....	89
Tab. 28 Naměřené a vypočítané hodnoty trappingu pro červenou barvu.....	93
Tab. 29 Naměřené a vypočítané hodnoty trappingu pro zelenou barvu.....	93
Tab. 30 Naměřené a vypočítané hodnoty trappingu pro modrou barvu.....	94

Tab. 31 Naměřené a vypočítané hodnoty Siemsenovy hvězdy	95
Tab. 32 Naměřené hodnoty a vypočítané barvové odchylky (ΔE) světlostálosti	98
Tab. 33 Výsledné barvové odchylky (ΔE) světlostálosti	100
Tab. 34 Vyhodnocení čárových kódů, 100% velikost, umístění podélně se směrem tisku....	103
Tab. 35 Vyhodnocení čárových kódů, 80% velikost, umístění příčně ke směru tisku	104
Tab. 36 Hodnotící tabulka k vizuálnímu posouzení obrázků	105
Tab. 37 Vizuální posouzení obrázku s pestrými barvami.....	107
Tab. 38 Vizuální posouzení obrázku s pleťovými barvami a stíny	108
Tab. 39 Shrnutí výsledků	117

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 ΔE – interakce operátoři-díly.....	61
Graf 2 ΔE – karta X-bar po operátorech	61
Graf 3 ΔE – měření po dílech	62
Graf 4 ΔE – měření po operátorech	62
Graf 5 Reflektance – interakce operátoři-díly	64
Graf 6 Reflektance – karta X-bar po operátorech.....	64
Graf 7 Reflektance – měření po dílech	65
Graf 8 Reflektance – měření po operátorech	65
Graf 9 Nárůst tónové hodnoty v podélném směru tisku	81
Graf 10 Nárůst tónové hodnoty v příčném směru tisku.....	81
Graf 11 Porovnání kontrastu jednotlivých tiskových barev	84
Graf 12 Porovnání chyby odstínu jednotlivých tiskových barev.....	87
Graf 13 Porovnání šedosti jednotlivých tiskových barev	87
Graf 14 Porovnání smyku a zdvojování jednotlivých tiskových barev	90
Graf 15 Porovnání síťování obrazu jednotlivých tiskových barev	96
Graf 16 Porovnání barvových odchylek (ΔE) světlostálosti.....	101
Graf 17 Vizuální posouzení obrázku s pestrými barvami.....	107
Graf 18 Vizuální posouzení obrázku s pestrými barvami, sloučené skupiny	108
Graf 19 Vizuální posouzení obrázku s pleťovými barvami a stíny	109
Graf 20 Vizuální posouzení obrázku s pleťovými barvami a stíny, sloučené skupiny.....	110

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

HMFT	.....technologie nasávané kartonáže (Huhtamaki Molded Fiber Technology)
SBI	.....značka tiskového stroje (Scheibler Brothers, Inc.)
AE 610	.....značka tiskového stroje (Automation Equipment, Inc.)
CMYK	..... procesní barvy používané k barevnému tisku
MF	.....nasávaná kartonáž (Molded Fiber)
HCR	.....Huhtamaki Česká republika, a.s.
GOS	..... celosvětová podpora závodů Huhtamaki (Global Operation Support)
FSC	..... standard lesního hospodaření (Forest Stewardship Council)
PET	.....polyethylentereftalát
PS	..... polystyren
EPS	.....expandovaný polystyren
PP	..... polypropylen
DTP	..... tvorba tištěného dokumentu za pomoci počítače (desktop publishing)
WGL	..... etiketa aplikovatelná vodou ředitelným lepidlem (Wet Glue Label)
SAL	..... samolepící etiketa (Self-Adhesive Label)
E+10	..... krabíčka na deset vajec (typ Effect Plus)
T10	..... krabíčka na deset vajec (typ Top)
R&R	..... opakovatelnost a reprodukovatelnost (Responsibility and Reproducibility)
ndc	..... počet rozlišitelných kategorií neboli citlivost měřicího systému
UV	.....ultrafialové záření (o vlnové délce 100–400 nm)
UV-A	.....ultrafialové záření (o vlnové délce 315–400 nm)
LPI	..... jednotka hustoty tiskové sítě (Lines per Inch)
LPCM	.....jednotka hustoty tiskové sítě (Lines per Centimeter)
EAN	.....European Article Number (Evropské Číslo Výrobku)
UCC	..... Uniform Code Council (Americká Standardizační Organizace)
ΔE	..... barvová odchylka
$L^* a^* b^*$	..... barvový prostor
TVI	..... nárůst tónové hodnoty (Tone Value Increase)
R	.....reflektance
D50/10; D50/2	..... podmínky spektrofotometrického měření

pH	.....	záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů
nm	.....	nanometr (1×10^{-9} m)
$\mu\text{S}/\text{cm}$	.....	jednotka měrné vodivosti (mikrosiemens na centimetr)
PCD	.....	potřeba kladného náboje (Partical Cationic Demand)
OH	.....	objemová hmotnost
PPS	.....	značka přístroje na měření drsnosti (Parker Print Surf)
v. s.	.....	vzduchosuchá hmotnost
a. s.	.....	absolutně suchá hmotnost
AV	.....	variabilita hodnocení při opakovaném měření
D_R	.....	odrazová optická hustota
D_T	.....	průhledová optická hustota
$I_0(\lambda)$	.....	intenzita dopadajícího záření
$I_R(\lambda)$	.....	intenzita odraženého záření
HE	.....	chyba odstínu (Hue Error)
GR	.....	šedost (Grayness)
D_P	.....	optická hustota plné plochy
D_A	.....	optická hustota autotypické plochy
ICC	.....	barvový profil
T	.....	přijímavost tiskových barev (Trapping)
T_P	.....	přijímavost tiskových barev podle Preucila
T_C	.....	přijímavost tiskových barev podle Childrese
T_B	.....	přijímavost tiskových barev podle Brunnera
T_R	.....	přijímavost tiskových barev podle Ritze
AM	.....	amplitudově modulovaná síť
FM	.....	frekvenčně modulovaná síť
AKD	.....	klíždlo na bázi alkyl-keten-dimeru
$^{\circ}\text{dH}$	.....	jednotka tvrdosti vody (německý stupeň)
$^{\circ}\text{SR}$	.....	stupeň mletí podle Schoppera a Rieglera

1 ÚVOD

Obaly z nasávané kartonáže mají na trhu obrovský potenciál. Jedná se o progresivní technologii, kde finální výrobek vyniká svými ochrannými vlastnostmi. Pomocí obalů z nasávané kartonáže lze balit i křehké zboží či potraviny, které potřebují přísun vzduchu, ale zároveň musí být pevně fixovány pro bezpečnou přepravu a následné uskladnění.

Základní vstupní surovinou pro výrobu je běžně dostupný sběrový papír. Ten může, ale nemusí, projít úpravou deinkingem. V technologii nasávané kartonáže se často objevuje barvení vodolátky, čímž, při vhodně zvolené grafice, roste atraktivita výrobku. Velkou předností výrobku v porovnání s plasty (PP, PET) či pěnovým polystyrenem (PS, EPS) je minimální ekologická stopa plně biodegradabilního výrobku. [1]

Cílem práce je navázat na moji bakalářskou práci, která se zabývala obecnou technologií potisku nasávané kartonáže a jejím dalším možným zušlechťením. Diplomová práce se úzce specializuje na potisk technologií nepřímého knihtisku. Přímý potisk nasávané kartonáže svojí kvalitou zůstává v pozadí za etiketou, kterou je možné aplikovat na krabičku. Jenže cena etikety, poměrně složitý proces tisku a dopravy, rozšíření standardizace FSC na dodavatele etiket, nezbytná vyšší makulatura a samotná aplikace na krabičku jsou věci, které stále více nahrávají přímému potisku.

Výsledkem diplomové práce je vysledování základních parametrů tisku, jejichž znalost je nezbytná pro správné uchopení problematiky předtiskové přípravy a tisku tak, aby kvalita tisku, vzhledem k značné proměnlivosti vlastnosti povrchu, byla co nejvyšší.

1.1 Nasávaná kartonáž

Základem nasávané kartonáže je papírovina. Výrobky z nasávané kartonáže, kam mimo jiné spadají i krabičky na vejce, se vyrábějí právě z papíroviny. Papírovina je suspenze rozvlákněných vláken sběrového papíru, plniv a případných cíleně dávkovaných chemikálií (barvy, klíždla, retenční prostředky) ve vodě. Pro obaly HČR z se používají výhradně vlákna recyklovaná. Obecně se udává, že stále použitelné vlákno lze pomlít až v šesti cyklech. Tříděný starý papír je specializovanými firmami nabízen více než ve čtyřiceti různých kvalitách. [2]

1.1.1 Historie nasávané kartonáže

Obaly z tvarovaných papírových vláken se vyrábějí více než sto let. Vznik nasávané kartonáže se datuje k roku 1903, kdy Martin L. Keyes z USA navrhl a zkonstruoval stroj na výrobu talířů na jedno použití z dřevěného odpadu a celulózy [3]. Zároveň tím založil společnost Keyes Fibre Company. Následně nastal velký rozmach výroby z nasávané kartonáže, začaly se vyrábět misky a formy na pečivo, lepenková plata na máslo, pikniková nádoby a obalové materiály na domácí potřeby.

V roce 1915 byly vyvinuty první talíře odolávající vodě. To bylo možné díky přelísem vyhlazenému povrchu. [4]

Za další zlomový bod v historii nasávané kartonáže se dá považovat rok 1930, kdy byl ve firmě Keys vyvinut výrobek s hladkým povrchem. Ten byl patentován pod ochrannou známkou „Chinet“. [5]

První myšlenka na ukládání a transport vajec se objevila v roce 1931. Myšlenka byla podpořená schopností lisovaných vláken pohlcovat nárazy. Dosud vejce byla prodávána jednotlivě v košících či v papírových pytlících a až třicet procent se rozbilo vinou dopravy. Proložka na třicet vajec tak po druhé světové válce ovládla dopravu vajec. [4]

V roce 1936 začíná historie nasávané kartonáže v Evropě, kdy Keys prodal licenci do Dánska, Holandska a Finska (dnes firmy Hartmann, Huhtamaki a Stora Enso). Následovaly Severní Irsko, Jižní Afrika, Nový Zéland, Brazílie a Argentina. [5]

V padesátých letech se objevila myšlenka na zhotovení uzavíratelného obalu. První kusy byly vyrobeny krátce po roce 1950.

V roce 1980 historie firmy Keys končí. Koupil ji jeden z největších světových výrobců obalů, holandská nadnárodní společnost Van Leer (dnes Huhtamaki), která tak rozšířila svůj

sortiment. Osmdesátá léta potom byla ve znamení odkupů jednotlivých samostatných firem předními výrobci nasávané kartonáže. [4]

Praktická část diplomové práce probíhala ve společnosti Huhtamaki Česká republika, a.s. (dále jako HCR) v Příbyslavicích.

Historie nasávané kartonáže v Příbyslavicích začíná v 50. letech minulého století, kdy byl nainstalován první stroj na výrobu proložek na vejce. Rozkvět a modernizace výroby pak začíná v roce 1993, kdy do Příbyslavic vstupuje právě firma Van Leer a následně v roce 2000, kdy dochází ke sloučení firem Van Leer a Huhtamaki. [5]

V současné době se nasávaná kartonáž používá jako obalový materiál, který je vhodný nejen pro balení vajec a jiných choulostivých potravin. Vysoká flexibilita a možnost tvarování činí z tohoto materiálu ideální obal pro tak rozmanité produkty, jako jsou neonové lampy, mobilní telefony a elektrické holicí strojky. [6]

HCR se soustředí na výrobu proložek na vejce, krabiček na vejce a misek na ovoce, zeleninu a houby. V letech 1996–2002 zde byly vyvinuty výrobky zdravotního programu (podložní mísy pro ležící pacienty). Ve stejném časovém období HCR produkovala v rámci technického programu obaly „protective packaging“, což byly obaly pro mikroelektroniku.

Vzhledem k odbytovým podmínkám byly tyto dva programy vyřazeny z produkce HCR.

1.1.2 Výhody nasávané kartonáže

Nasávaná kartonáž je materiál na bázi papíru, který splňuje požadavky udržitelnosti, ochrany a marketingu.

Recyklovatelnost

Obaly z nasávané kartonáže jsou vyrobeny ze zpětně použitelných materiálů (tyto jsou neutrální z hlediska produkce CO₂), které jsou biologicky rozložitelné. To je jeden z hlavních ekologických přínosů. Nasávaná kartonáž se obvykle vyrábí z recyklovaného papíru. Recyklování šetří primární zdroje, produkuje menší množství emisí a pomáhá řešit problém likvidace odpadů. Materiály vyrobené z obnovitelných zdrojů, jako je papír, pomáhají chránit neobnovitelné zdroje, jako jsou fosilní paliva. [6]

Biologické vlastnosti

Obaly z nasávané kartonáže se snadno recyklují nebo biologicky rozkládají. To usnadňuje jejich likvidaci po použití. Obaly z nasávané kartonáže vyhovují rostoucímu povědomí zákazníků odpovědnosti za životní prostředí. [6]

Biodegradabilní proces výrobku z nasávané kartonáže zušlechtěných tiskem trvá přibližně 14–18 týdnů. [7]

Tuhý odpad

Prostřednictvím daní a poplatků z obalů řada evropských zemí výrazně preferuje nasávanou kartonáž. Nasávané kartonáže se na rozdíl od obalů s ostrými hranami dává přednost, protože produkty vylučují nebezpečí poranění při manipulaci. [6]

Stabilita a absorpční schopnost

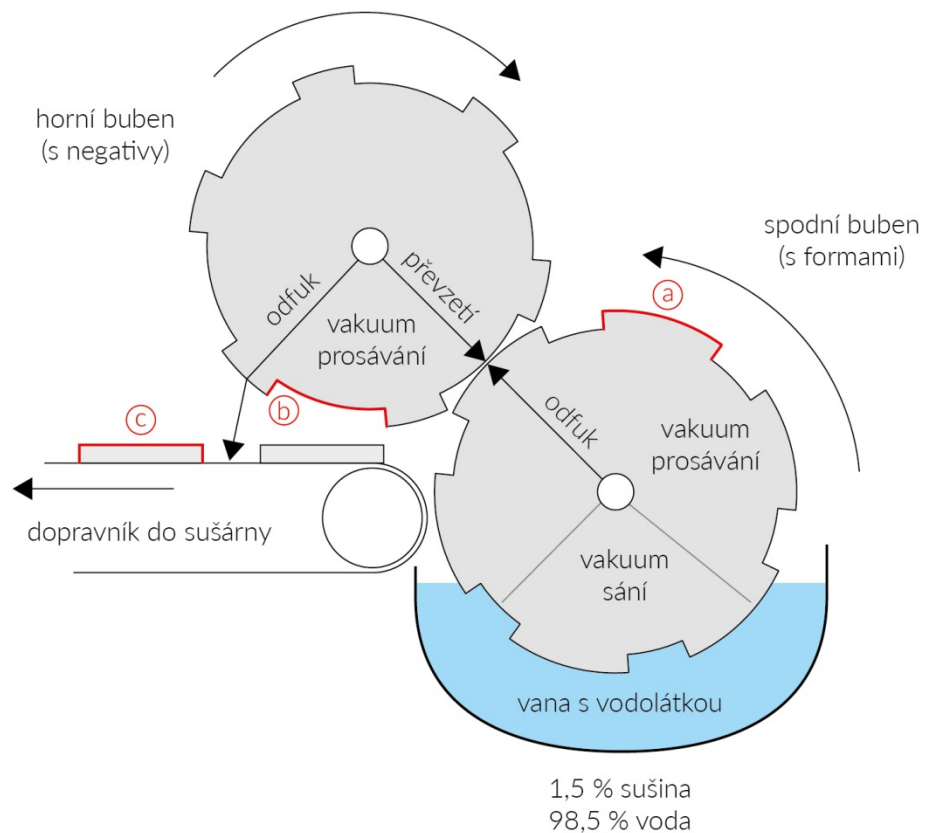
Obaly z nasávané kartonáže při rychlých změnách teploty absorbují kondenzující vlhkost. Pro některé produkty má tato vlastnost mimořádný význam. Výplně z nasávané kartonáže díky své stlačitelnosti chrání před nárazy a absorbují je. Nasávaná kartonáž zůstává stabilní v širokém rozsahu teplot. Nasávaná kartonáž je ergonomický a na omak teplý a příjemný materiál, proto je preferována pro řadu výrobků. Nasávaná kartonáž je nehlučná a příjemná k manipulaci. [6]

1.2 Výroba nasávané kartonáže

Nasávaná kartonáž se vyrábí se sběrového papíru. Sběrový papír se za pomoci říční vody rozvlákní v rozvlákňovacím zařízení (tampele). Tam také probíhá odstranění velkých hrubých nečistot (velké kusy plastů, provázky apod.) V následném procesu se zbavuje těžkých nečistot (písek, kovy) a následně plovoucích plastů a plastů všeobecně. Odpad z třídění je shromažďován v lisovém kontejneru a následně likvidován. Ke strojům se potrubím čerpá papírovina s obsahem sušiny 3–4 %, nadále je ředěna tak, aby sací buben měl k dispozici vodolátku s obsahem sušiny cca 1,5 %.

Vodolátka je vakuem nasáta na síto na pozitivní formu (a). Prakticky okamžitě je přenesena na negativní formu (b) a následně je odfouknuta na lavičku dopravníku (c). Výrobek, který již má konečný tvar, je usušen. Pro krabičky na vejce, které se potiskují, musí být povrch vyhlazen. Usušená krabička se následně navlhčí a dopraví se do přelisu. Zde je krabička za pomoci tlaku a tepla dána konečná podoba.

Ve fázi přelisu je krabička již prodejním artiklem, který lze následně zušlechtit.



Obr. 1 Schéma nasátí vodolátky

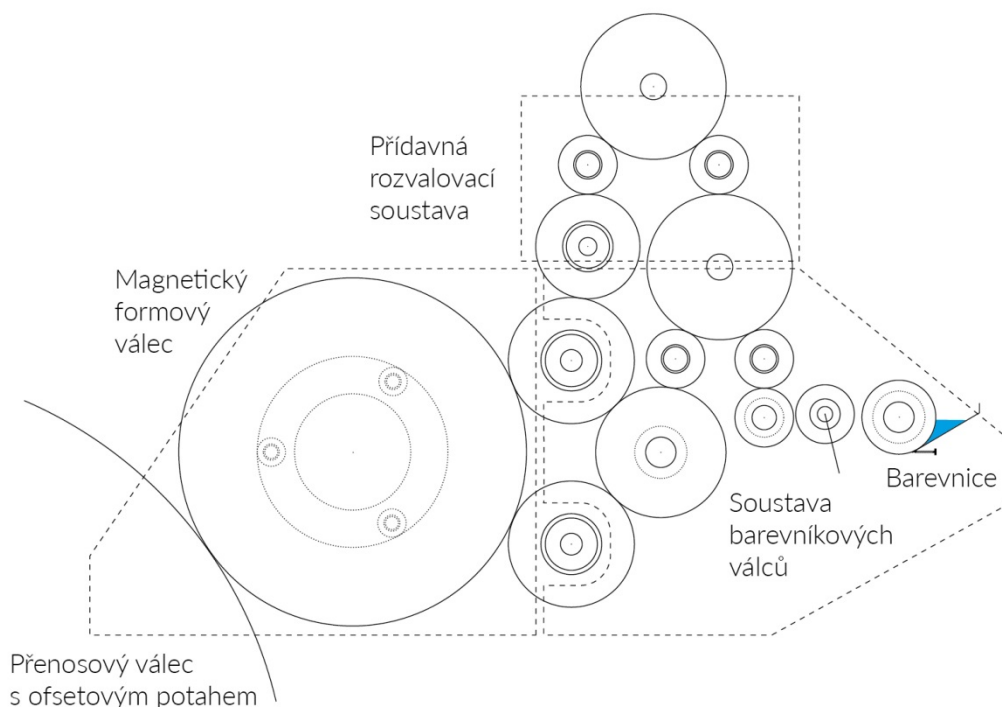
1.3 Zušlechťení nasávané kartonáže

Zušlechťení krabičky na vejce může probíhat několika způsoby. Protože krabička je výrobek pro komoditní prodej, je nezbytně nutné brát v potaz cenu zušlechťení. V úvahu přichází potisk krabičky, případně její polepení etiketou [1].

Možné způsoby zušlechťení byly diskutovány v bakalářské práci [1], proto se nadále budu věnovat pouze konvenčnímu tisku.

1.3.1 Potisk

Potisk krabičky na vejce se v HCR provádí nepřímým knihtiskem, v případě starších strojů kombinací přímého a nepřímého knihtisku. Jedná se o linku, kam je možné implementovat i etiketovací jednotku jak pro etikety aplikované vodou ředitelným lepidlem (WGL), které jsou dávkovány ze zásobníku, tak pro samolepící etikety (SAL) aplikované z role.



Obr. 2 Schéma horního tiskového modulu SBI

V současnosti se klade důraz na vyvinutí univerzálních tiskových linek z důvodu umožnění provádění častých změn na výrobcích a požadované pružnější operativy při plánování výroby. Dnes existuje několik základních tiskových modulů, ze kterých lze složit tiskovou linku.

V praxi nezáleží na tom, v jakém pořadí jsou potisky na krabičku aplikovány (krabička se potiskuje zpravidla ze čtyř stran), vzniká proto celá řada hybridních zařízení.

HMFT

Huhtamaki molded fibre technology (HMFT) je tiskový modul založen na principu přímého (letterpress) a nepřímého (letterset) knihtisku [8]. Horní potisk, což je tisk na největší plochu krabičky na vejce, který je pro zákazníka nejatraktivnější, je realizován nepřímým knihtiskem metodou válec na plochu. Pro nedostatky ohledně složitosti nastavování tiskových tlaků na několika místech modulu, velké váhy a nutnosti profesionální obsluhy se od tohoto modulu upouští.

AE 610

Automation Equipment, Inc. (AE) byla americká firma, které sestavovala tiskové linky na bázi strojů SBI. Protože v současnosti nesídlí na adrese udané v protokolu k tiskovému stroji AE 610, a není možné vyhledat více informací, lze pouze spekulovat o její stávající existenci. Jedinou výhodou tohoto tiskového modulu jsou větší průměry navalovacích a formových válců, které tak přispívají ke zvýšení kvality výsledného tisku. Konstrukce horního potisku je válec na válec.

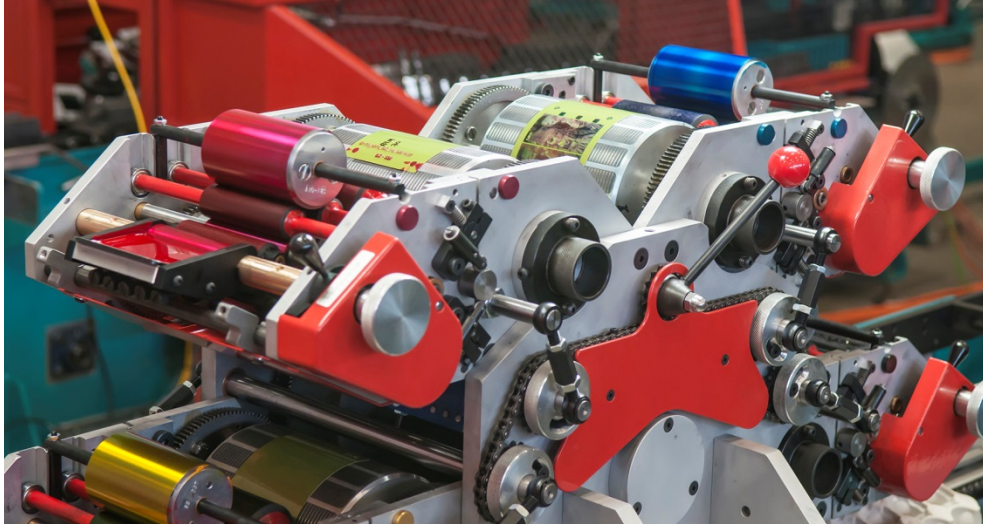
U všech výše popsaných modulů (nepřímý knihtisk na potisk horní strany krabičky) je využíván ofsetový potah. To je jediné místo ve stroji, kde lze dosáhnout soutisku. Takže soutisk motivu všech barev dané strany proběhne na ofsetovém potahu a na výrobek samotný je motiv přenesen jako ucelený obraz.

SBI

Scheibler Brothers, Inc. (SBI) je americká firma, která v současnosti produkuje nejvhodnější tiskové moduly na potisk nasávané kartonáže. [9] Hlavní zaměření firmy je v oblasti horního a vnitřního tisku (který je zároveň protitlak horního), boční potisky je lepší nahradit bočními moduly HMFT (originální moduly SBI využívají na boční tisk přímého knihtisku, není tak možné dodržet soutisk).

Hlavní výhodou potisku je jednoduchost barevníků, které však kvalitou přenosu barvy předčí veškerou konkurenci. Tisková linka je složitější na prvotní sestavení, ale během produkce ji

může obsluhovat operátor s menšími zkušenostmi. Velkou výhodou je navalování tiskového cliché dvěma navalovacími válci (Obr. 2). Toto uspořádání zajišťuje dostatečné dávkování barvy na cliché a zamezuje pruhování tisku. Konstrukce horního potisku je válec na válec.



Obr. 3 Horní tiskový modul SBI

Tiskový modul SBI na obr. 3 je ve fázi stavby tiskové linky. Je zřetelně vidět uspořádání jednotlivých barevníků, posloupnost tiskových barev a magnetické uchycení tiskových forem na formových válcích. Dva nejvýše umístěné barevníky je možné dovybavit přídatnými rozvalovacími soustavami (Obr. 2). Posledním krokem při stavbě linky je zakrytí celého tiskového modulu (a následně kompletní linky). Kryt tvoří ocelová konstrukce s pletivem.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Popis vyšetřovaných vzorků

Tato práce se zabývala výrobky zhotovenými ze šedé vstupní látky, která během procesu nebyla dobarvována ani klížena.

Během produkce výrobků bývá v HCR prováděna řada měření. Měření se dá rozdělit do tří fází – vstupní látka, výrobky během produkce a případné laboratorní měření, které se většinou provádí na základě specifických požadavků.

Testy jsou rozděleny mezi laboratoř a přímou kontrolu ve výrobě.

Laboratoř provádí dohled a namátkovou kontrolu ve výrobě, kontrolu vstupní látky. Provádí analýzy sporných případů, řeší reklamace a účastní se provozních zkoušek při optimalizaci provozních podmínek, zkoušek nových výrobků, provádí pravidelnou kontrolu odpadních vod.

Standardně se v současnosti ve vstupní látce vyhodnocuje pH, vodivost, množství popela, stupeň mletí dle °SR, doba odvodnění, z laboratorních archů pak barevné zbarvení a bělost. Na výrobku se stanovuje zbarvení výrobku a bělost. V případě potřeby ověření pevnostních charakteristik se na krabičkách na vejce ověřuje třibodová tuhost, tloušťka, plošná hmotnost víka, objemová hmotnost víka, vlhkost a velikost důlku.

Laboratoř spolupracuje s autorizovanými pracovišti při kontrole hygienické nezávadnosti obalů, případně akreditovanými pracovišti pro posouzení mechanického namáhání výrobků (např. ITC Zlín nebo CIMTO – transportní testy).

Ve výrobě operátoři jednotlivých výrobních linek sledují provoz z hlediska mechanických defektů, v případě barvených výrobků sledují dodržení barevného standardu jak vizuální kontrolou, tak měřením celkové barvové odchylky ΔE , u bílých výrobků bělost. Standardní testy jsou: stanovení hmotnosti v. s., vlhkosti, a v případě klížení kontrolují nasákavost (resp. odolnost výrobku proti pronikání vody).

Záznamy a laboratorní protokoly z výše uvedených měření se archivují.

Výrobní stroje jsou nastaveny na předepsané hodnoty a obsluha aktuální stav výroby přibližuje k tomuto referenčnímu nastavení. Podrobněji budou popsány metody, které mají vztah ke kvalitě povrchu výrobku, a tím i vztah k potiskovatelnosti výrobku. [2]

2.1.1 Substrát výrobku

Základní vstupy pro výrobu krabiček na vejce jsou dva – šedá a bílá látka. Každá se vyrábí z jiné vstupní zanášky (jiného druhu a poměru složení recyklovaného papíru). Substrát se po samotném rozvlákňování může barvit na požadovanou výslednou barevnost výrobku, případně klížit (nebylo předmětem studie) pro zlepšení vlastností výrobku zejména ve vlhkém prostředí.

2.1.2 pH

Hodnota pH vyjadřuje skutečnou aktivní hodnotu kyselosti a alkality. Dodržení určitých hodnot kyselosti nebo alkality má význam pro řadu funkčních vlastností papírů, kartónů i lepenek. Trvanlivost papírů, tj. zpomalení průběhu změn, k nimž dochází v důsledku stárnutí, je přímo závislá na pH, které se má proto blížit neutrální oblasti. [10]

Dlouhodobý průměr v HCR jsou hodnoty v rozpětí 6,5–7,0 pH. [2]

2.1.3 Vodivost

Vodivost je spolu s pH v papírenském průmyslu nejvíce důležitá veličina charakterizující celkový systém. Měření vodivosti poskytuje informaci o koncentraci iontově rozpuštěných látek. Na vyšší vodivost má kromě solnosti (obsah rozpuštěných látek) vliv uzavřenost vodního systému. Čím více je vodní systém uzavřený, tím vyšší je vodivost a tím vyšší je tzv. partical cationic demand (PCD – obsah rozpuštěných a koloidních částic záporně nabitých a schopných reagovat s kationickými pomocnými chemickými prostředky). Papírenské provozy jsou hodnoceny právě i podle uzavřenosti systému. Čím je systém otevřenější a čím více vody je možné vypustit zpět do ekosystému, tím méně chemikálií lze použít. Vyšší vodivost tedy v konečném důsledku vede k nutnosti zvýšení dávek pomocných chemických prostředků, jako jsou barvy či klíždla. Cíl je tedy snížení PCD.

HCR vypouští 1,8 m³ provozní vody na tunu výroby, odpar je 1,9 m³ na tunu výroby [2]. Průměrná vodivost se pohybuje v hodnotách okolo 2 500 μS/cm [2]. Po vyčištění vodního systému je možné krátkodobě zaznamenat pokles hodnot až k 1 200 μS/cm [2]. Ideální reálně dosažitelná vodivost v HCR je okolo 1 500 μS/cm. Tohoto snížení lze dosáhnout větším otevřením vodního systému. Toto není prozatím možné, jelikož vzhledem k tomu, že v aerační nádrži na BČOV jsou na dně umístěny membrány s definovanou velikostí póru pro

přímou filtraci biokalu a zároveň i výstupní odpadní vody, které zajišťují pouze konstantní průtok při stálém hydrostatickém tlaku.

2.1.4 Množství popela

Popel je součástí recyklovaného papíru zpracovávaného rozvlákněním na vstupní papírovinu, kam se dostává ve formě plnidel papíru určeného pro tisk. Množství popela ve vstupní látce se nedá definovat, nejčastěji se pohybuje v hodnotách 18–28 % [2]. Hlavní nevýhodou přítomnosti popela je křehčí konečný produkt. Na druhou stranu výhoda spočívá ve vyšší sušíně, tedy výrobky je možné méně sušit, což se projevuje úsporou zemního plynu.

Obsah popela se stanovuje metodou založenou na měření hmotnosti vzorku před a po žihání do konstantní hmotnosti při teplotě 525°C.

$$\text{Obsah popela} = \frac{m_0}{m_1} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

Kde m_1 znamená navážku vzorku [g] a m_0 hmotnost nespalitelného minima [g]. Výsledek zanášky s obsahem směsi kaolinů a uhličitánů se násobí koeficientem 1,33 [2].

2.1.5 Zabarvení výrobku

Protože lidské oko vnímá barevnost výsledného tisku včetně barevnosti potištěného substrátu, je nezbytné mít barevnost substrátu pod kontrolou. HCR má dlouhodobě vysledováno průměr hodnot L^* a b^* , které byly určeny jako referenční a bylo k nim porovnáváno vlastní měření.

Referenční standard HCR pro výrobky E+10 ze šedé látky je: $L^* = 73,19$; $a^* = 1,30$; $b^* = 9,44$ [2]. Zprůměrované naměřené hodnoty jsou k referenčním hodnotám posuzovány vztahem pro výpočet ΔE .

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

Maximální možný limit je $\Delta E = 5$ pro barvené výrobky, u šedých nebarvených se ΔE zaznamenává, ale přímo na stroji se nevyhodnocuje (neexistuje možnost aktivního zásahu do nastavení stroje, protože tato veličina je udaná vstupní látkou).

Dlouhodobý provoz prokázal průměry bezpečně pod touto hranicí. U šedých výrobků se průměr pohybuje okolo hodnoty $\Delta E = 2$.

2.1.6 Bělost

Látka se označuje za bílou tehdy, když při osvětlení polychromatickým světlem, v němž jsou jednotlivé spektrální složky zastoupeny přibližně stejně jako např. v poledním slunci, je schopna odrazit dopadající světelný tok (světlo), a to:

- při minimální absorpci nebo prostupu,
- rozptýleně (difúzně) tak, aby spektrální složení odraženého světla ve viditelné oblasti zůstalo stejné jako u světla dopadajícího [10].

Vláknitá struktura papírů, kartónů a lepenek, v nichž jsou jednotlivá vlákna nebo částice plniv oddělena póry vyplněnými vzduchem, vytváří vhodné předpoklady pro rozptýlený (difúzní) odraz. Na každém rozhraní tuhá látka – vzduch totiž dochází k odrazu a lomu světelných paprsků. [10]

Z této definice je zřejmé, že šedá krabička nebude vykazovat vysoké hodnoty bělosti. Jedná se však o jasně definovaný parametr, který lze využít i k měření šedé látky.

Bělost vláknitých materiálů a papírů je definována reflektivitou povrchu měřeného vzorku, vyjádřenou v procentech reflektivity základního normálu bělosti (kysličníku hořečnatého) měřeného při efektivní vlnové délce $\lambda = 457 \pm 5$ nm. [10]

HCR má stanovenou efektivní vlnovou délku 460 nm, protože přístroje X-Rite, které má k dispozici, měří po deseti nanometrech (zdroj D50, úhel pozorovatele je 10°).

Bělost se u šedých výrobků běžně pohybuje v hodnotách okolo 35–40 %. Bělost bílých výrobků je, pro porovnání, cca 54–62 %, u misek na ovoce, zeleninu a houby, tzv. frutpaků pak 48–52 %. [2]

2.1.7 Tříbodová tuhost

Tuhost papíru se v papírenské praxi často posuzuje podle různých vlastností, jejichž vyjádření i zhodnocení je výslovně subjektivní a obtížně definovatelné. [10]

Tuhost je jednou z významných charakteristik papíru a vyjadřuje, jak se papír (kartón popř. lepenka) bude deformovat vlivem vnější síly (v rozsahu pružných deformací). [10]

V případě krabiček na vejce s tuhostí souvisí i rovnost víka. Rovnost víka má přímý vliv na potisk, kde je sice tlakem stlačeno a potištěno, ale jsou tak namáhány hrany horní strany krabičky. Další vliv je u zákazníka, který po zabalení vajec krabičku razítkuje datem spotřeby a prohnutost víka činí problém při přenosu textu. V dnešní době je značení nahrazováno inkjetovou technologií, přesto je nastavena míra největší akceptovatelné prohnutosti na 1 mm. [2]

2.1.8 Tloušťka

Tloušťkou papíru, kartónu nebo hladké lepenky se rozumí kolmá vzdálenost mezi jejich protilehlými povrchy. Měří se s ohledem na stlačitelnost vláknitých struktur za stanoveného měřicího tlaku. Tloušťka je významným ukazatelem protože ovlivňuje téměř všechny vlastnosti papíru a u některých má dokonce pro jejich použití rozhodující význam. [10]

Tloušťka víka krabiček na vejce by se měla pohybovat v hodnotách okolo 1 mm. Průměrná tloušťka naměřená v HCR náhodným výběrem za období půl roku byla 0,95 mm. [2]

Měří se vyseknutý laboratorní vzorek po čtyřiaadvacetihodinové aklimatizaci ve standardní atmosféře. Měření se provádí tloušťkoměrem dle ČSN EN ISO 534. [2]

2.1.9 Plošná hmotnost víka

Plošná hmotnost je definovaná jako podíl hmotnosti zkoumaného materiálu a příslušné plochy. Stanovuje se za předepsaných podmínek a udává se v g/m^2 . [10]

Plošná hmotnost m_S se stanovuje:

$$m_S = \frac{m}{S} \cdot 10\,000 \quad (3)$$

Kde m je hmotnost vzorku v gramech a S je plocha vzorku v cm^2 .

Hmotnost vzorku se stanovuje na laboratorních vahách s rozlišením 0,001 g, váživostí do 200 g po klimatizaci 24 h ve standardní atmosféře. Plošná hmotnost víka se v HCR pohybuje mezi 300–400 g/m^2 [2]. Plošná hmotnost krabičky jako celku se v HCR neposuzuje.

2.1.10 Objemová hmotnost víka

Objemová hmotnost papíru, kartónu a lepenky (OH) je definována jako podíl hmotnosti daného materiálu a celkového objemu, který zaujímá. Vypočítává se z plošné hmotnosti materiálu a jeho tloušťky. Udává se v kg/m^3 . [10]

$$OH = \frac{m_S}{t} \quad (4)$$

Kde m_S je plošná hmotnost papíru a t je tloušťka papíru.

Průměrná objemová hmotnost v HCR je $300\text{--}440 \text{ kg/m}^3$ [2].

2.1.11 Vlhkost

Vláknité suroviny rostlinného původu, které tvoří podstatnou část papírů, kartónů a lepenek, patří do skupiny hygroskopických látek, které ve vlhkém prostředí vlhkost přijímají a naopak v suchém prostředí se jí zbavují [10]. Vlhkost papíru se stanovuje vážením a vysoušením.

Obsah vlhkosti je rozhodující parametr, který určuje další kvalitativní vlastnosti výrobku. Vlhkost nad 9 % způsobuje měknutí výrobku a problémy při potisku, stohování, balení a další manipulaci. Tento problém vzrůstá v případě stohování palet na sebe (interní předpis HCR jsou maximálně dvě palety na sobě, které jsou kvůli rozložení hmotnosti odděleny pevným prokladem) [2]. Ke stohování palet dochází z ekonomického hlediska s ohledem na kapacitu skladů. Zároveň je zde nebezpečí, že výrobky s touto vlhkostí mohou začít v balení plesnivět. Navíc při klížení klíždlem AKD je zde nebezpečí, že klíždlo nebylo „nastartováno“ dostatečným teplotním spádem a nasákavost „nedozraje“ na požadovanou hodnotu. Přesušené výrobky pod 3 % vlhkosti jsou velmi křehké a mohou již být nažloutlé (připálené), což má negativní vliv na výsledný potisk a prášivost výrobku při potisku. [2]

Výpočet vlhkosti metodikou HČR: výrobek je zvážen, vysušen (30 minut při $150 \text{ }^\circ\text{C}$) a opět zvážen.

$$\text{Obsah vlhkosti výrobku} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 [\%] \quad (5)$$

Kde m_1 je hmotnost před vysoušením v gramech (vzduchosuchá hmotnost) a m_2 hmotnost po vysoušení v gramech. Výrobky se váží na vahách s rozlišením na 0,1 g.

Hmotnost po vysušení se definuje jako hmotnost absolutně suchá (a. s.)

Vzduchosuchá hmotnost je ve výrobním procesu velice důležitá. Stanovené, a operátory pravidelně kontrolované, hodnoty pro vyšetřovaný výrobek E+10 jsou [2]:

- mokrá krabička (před vstupem do sušárny): 120 g ±8 g,
- vzduchosuchá krabička: 43 g ±2 g,
- výsledná vlhkost krabičky 6 % ±2 %.

2.1.12 Sušina za negativem

Sušina za negativem je definována jako obsah vláken a plniv (popela) v mokřém výrobku po jeho odvodu na lavičku. Sušina za negativem se stanovuje z výrobku za negativem po odvodu na transportní lavičku. Jedná se tedy o výrobek, který opustí nasávací a transportní část stroje před tím, než je dopraven do sušárny.

Výrobek se zváží a vysuší se (vysušení je stanoveno na 60 minut při 150 °C) a porovnává se s hmotností výrobku před vysušením.

$$\text{Obsah sušiny za negativem} = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100 [\%] \quad (6)$$

Kde m_1 je hmotnost před vysušením v gramech a m_2 hmotnost po vysušení v gramech.

Hmotnost výrobku je měřena na vahách s rozlišením 0,1 g, váživostí do 500 g.

2.1.13 Prášení

Prášení je nežádoucí vlastnost papíru způsobující uvolňování jemných částic vláken, plnidel nebo pigmentů z povrchu nebo ořezu. K uvolnění částic dochází samovolně nebo při tření papíru o povrch částí stroje či jednotlivých archů o sebe. Prášení papíru způsobuje zanášení tiskové formy a válců tiskového stroje – důsledkem je zhoršená kvalita tisku. Prášení papíru se zhoršuje se zvyšující se rychlostí a tlakem při tisku. Pokud je absolutní vlhkost papíru nižší než 5 %, papír je křehčí a prášení se zvyšuje. [11]

Prášení je při zušlechťování nasávané kartonáže obecně velkým problémem zejména během produkce neklížených výrobků. Výrobek E+10 má obsah vlhkosti 6 % ±2 %. Největší současnou slabinou výroby v HCR je velká rozkolísanost hmotnosti v. s., tzn., že výrobky s hmotností v. s. a vlhkostí u spodní tolerance mají vlhkost 4 %, případně i nižší, a tím pádem

jsou „prašnější“. Výrobky s hmotností v. s. a vlhkostí u horní tolerance jsou měkké a dělají problém při manipulaci při potisku – jsou měkké, ale jejich prašnost je nižší.

Prach uvolněný z nasávané kartonáže krom zanášení tiskové formy a válců tiskového stroje pokrývá prakticky celou výrobní linku a jeho usazování způsobuje i problém s přítlakem a obecně průchod výrobku linkou. Prach je nutné pravidelně odstraňovat buď vysavačem, nebo, z těžko dostupných míst, stlačeným vzduchem v rámci pravidelné údržby výrobního zařízení.

2.1.14 Světlostálost

Stálost na světle je schopnost papíru, kartónu nebo lepenky (bílých nebo barevných) neměnit po delší dobu svůj odstín působením slunečního záření, především jeho ultrafialové složky. Případné barevné změny jsou průvodním jevem stárnutí účinkem slunečního záření. [10]

Stálost papíru na světle se vyjadřuje jako úbytek bělosti způsobený ozářením a udává se v procentech. Relativní stálost na světle je poměr stálosti zkušební vzorku ke stálosti vzorku srovnávacího, a udává se rovněž v procentech. [10]

Krabička na vejce není určena k dlouhodobému či opakovanému užívání. Vejce by měla být skladována v chladu a temnu, což je podmínka, která je příznivá k zachování bělosti (či barevnosti) produktu. Nesporný fakt je ale ten, že zejména barvená krabička pod UV zářením vybledne velice rychle – v řádu dnů. V HCR se světlostálost běžně nekontroluje, barvené krabičky se však balí do černých pytlů, v případě balení na palety se ovinují černou fólií.

2.1.15 Rozměrová stálost

Schopnost papírů, kartónů a lepenek měnit svůj obsah vlhkosti v závislosti na obsahu vlhkosti prostředí, které je obklopuje, se projevuje též změnou jejich rozměrů. Tyto rozměry se ve vlhčím prostředí zvětšují, v sušším zmenšují. Příčinou je jednak bobtnání jednotlivých vláken, jednak uvolňování vnitřního napětí. Význam bobtnání a smršťování jednotlivých vláken však není při změně rozměrů vláknitých struktur vlivem změn obsahu vlhkosti rozhodující. Protože je papír značně pórovitý, lze očekávat, že změna tloušťky vláken se v důsledku volných prostorů příliš neprojeví. [10]

Výrobek z nasávané kartonáže má vlivem výroby chaoticky uspořádaná vlákna, což je dobré z hlediska pevnosti a zejména rozměrové stálosti. Neměnnost tvaru produktu je důležitá pro oddělitelnost výrobků (denesting) u zákazníka. U krabiček jsou navíc rozměry výrobku

stabilizovány závěrečným přelisováním výrobku. Zkoušky denestingu se v HCR provádí na požádání v případě pochybností nebo při testování nového typu výrobku.

2.1.16 Drsnost povrchu

Hladkost (drsnost) je mírou rovinnosti povrchu papíru. Je ovlivněna vlákninovým složením, stupněm mletí vláknin, obsahem plnidel, podmínkami výroby na papírenském stroji, povrchovou úpravou papíru (hlazením, natíráním). Pro stanovení se používají metody přímé (profilometrická měření) nebo nepřímé, založené na předpokladu, že objem vzduchu, který prochází volnými prostory v povrchu papíru přitlačeného na hladkou plochu je nepřímo úměrný hladkosti papíru. [12]

Používají se různé metody měření, přičemž pokud se naměřená hodnota se zvyšující se hladkostí papíru zvyšuje, je měřená vlastnost označována jako hladkost, pokud se naopak naměřená hodnota snižuje, je měřená vlastnost označována jako drsnost. [11]

Hladkost můžeme měřit metodami např. podle Gurleye-Hilla, dle Chapmana, nebo Bekka. Drsnost pak podle Bendtsena, či Parkera.

Drsnost podle Parkera

Pro stanovení drsnosti podle Parkera se používá přístroj označovaný jako Parker print surf (PPS). Přístroj je vybaven speciální měrnou hlavicí, jejíž součástí je prstenec, který při měření přiléhá k povrchu papíru. Mezi plochou prstence a povrchem papíru proudí vzduch. Množství vzduchu, které projde mezi plochou prstence a povrchem papíru je přepočteno na délkový údaj v μm vyjadřující střední vzdálenost mezi povrchem papíru a dosedací plochou prstence. [12]

Drsnost povrchu nasávané kartonáže je vyšší než u klasických tiskových papírů, při správném nastavení výrobního a přelisového stroje je na celém povrchu podobná. Plocha s nejvyšší hladkostí je právě horní strana víka krabičky, které je určena k marketingovému sdělení. Průměrná drsnost povrchu krabičky z nasávané kartonáže určeného pro tisk se pohybuje okolo $10 \mu\text{m}$. [13]

Rovinnost

Krom drsnosti lze posuzovat ještě rovinnost produktu, která charakterizuje nerovnosti materiálů.

Povrch s vyšší rovinností je uhlazenější – vlákna jsou lépe fixována v povrchu, takže vyšší rovinnost okolo 0,5 mm se stabilním výsledkem by měla být cílem pro lepší potisk výrobku. [14]

V HCR se rovinnost neměří, protože firma nedisponuje vhodným zařízením. Experiment provedený v Žirovnici však potvrdil předpokládané výsledky.

2.2 Měřicí přístroje

Byly použity tři druhy měřících přístrojů. Přístroje pro měření spektrální odrazivosti, přístroje pro zvětšení obrazu (a následné měření metriky) a přístroje pro vyhodnocení čárových kódů.

2.2.1 Přístroje pro měření odrazu světla

Bylo nezbytné určit přesnost měřící aparatury. Použité přístroje od firmy X-Rite jsou každoročně zasílány na kalibraci výrobcí. Zjišťování aktuální přesnosti probíhalo měřením jednoho barevného pole třicetkrát za sebou. Při tomto měření prakticky nedošlo k odchylkám. I přes rozhodnutí o tom že veškeré vzorky bude měřit pouze jeden pracovník (já), aby byla eliminována chybovost daná měřením více lidmi, byla ještě provedena R&R (Responsibility and Reproducibility) analýza. Na samotné měření byly použity tyto přístroje:

X-Rite 530

Denzitometr X-Rite 530 je jedním ze základních měřidel pro měření optické hustoty. Tento typ přístroje byl použit na měření optické hustoty při vyhodnocování světlostálosti. Byla použita standardní měřící optika 5 mm.

X-Rite 962

Spektrofotometr X-Rite 962 je konfigurovaný na měření výrobků z nasávané kartonáže. Jeho měřící optika má průměr 8 mm, aby bylo možné získat výsledky z hrubého povrchu výrobku. V HCR je přístroj nastaven na D50/10, reflektance R se měří při 460 nm.

X-Rite eXact Advanced

Na měření kvality tisku byl použit spektrodenzitometr X-Rite eXact Advanced s optikou 4 mm. Přístroj byl oproti standardu měření v polygrafickém průmyslu (D50/2) nastaven na stejnou hodnotu jako přístroj X-Rite 962, tedy D50/10. Toto bylo z důvodu nezkrácení dat při měření více přístroji.



Obr. 4 Přístroje X-Rite

Na obrázku jsou použité typy přístrojů X-Rite. Denzitometr X-Rite 530, spektrofotometr X-Rite 962 a spektrodenzitometr X-Rite eXact Advanced (zleva doprava).

2.2.2 Přístroje pro zvětšení obrazu

Polygrafická lupa

Polygrafická lupa se využívá k vyhodnocení tisku zejména v tiskovém provozu. Dá nám základní informaci o metrickém seřízení tisku. Pro podrobnější výsledky je vhodné zároveň využívat typografické pravítko na filmu pro získání konkrétních informací o soutisku.

Digitální mikroskop

Digitální USB mikroskop Micro-Capture-DNT byl použit pro vyhodnocení objektů, které vyžadovaly metrické měření jako například přesnost soutisku. Součástí mikroskopu je software, který nám dle zadaného zvětšení nastaveného na lupě (20–200×) umožní pracovat se základními nástroji, jako je měření vzdálenosti, průměru či obvodu objektu.

2.2.3 Přístroje na kontrolu čárových kódů

Opticon LMD-1135

Tímto typem snímače je v HCR vybavena každá tisková linka. Čtečka snímá kód na vlnové délce 650 nm. Není snímáný úplně každý vyrobený kus, kontrola probíhá dle interní metodiky HCR.

Datalogic PowerScan D8330

Snímač je primárně určen pro načítání logistických etiket. Snímá v rozsahu vlnových délek 630–680 nm. Verifikace kódu je tak rychlejší.

2.3 Vyšetřování způsobilosti měřidla

Pro vyšetření způsobilosti spektrálních měřidel byla použita metoda R&R.

Tato metoda bývá někdy nazývána metodou průměrů a rozpětí. Vyšetření způsobilosti se provádí na několika skutečných výrobcích. Metoda spočívá v opakovaném měření jednoho rozměru několika různých kusů stejného výrobku několika pracovníky (každý pracovník měření hodnot skupiny výrobků několikrát zopakuje), zjištění opakovatelnosti EV (variability měřicího zařízení při opakovaném měření jedním pracovníkem), reprodukovatelnosti AV (variability hodnocení při opakovaném měření různými pracovníky) a celkové variability měření R&R vyjádřené v procentech vzhledem k toleranci výrobku nebo vzhledem k proměnlivosti procesu (variabilitě výrobku). Opakovatelnost a reprodukovatelnost je možné pomocí této metody posuzovat individuálně. Pokud je R&R [%] < 10, je systém měření vyhovující. Pokud je R&R [%] v rozmezí 10–30, je podmíněčně vyhovující (systém měření může být přijatelný podle důležitosti aplikace, nákladů na měřidlo, nákladů na opravy apod.) Pokud je R&R [%] > 30, je systém měření nevhodný. Parametr ndc (počet rozlišitelných kategorií neboli citlivost měřicího systému) musí dosahovat alespoň hodnoty 5. [15]

Vyšetřování způsobilosti měřidla bylo provedeno čtyřmi skupinami náhodně vybraných pracovníků vždy po třech lidech (skupiny byly v průběhu testování různě konfigurovány). Bylo porovnáváno ΔE šedého výrobku typu E+10. ΔE má nesymetrické rozdělení, a protože se naměřené parametry pohybovaly blízko nuly, bylo zjištěno, že ΔE je pro toto měření nevhodný parametr. Lepší parametr pro posouzení rozdílnosti výrobků je reflektance

a zároveň je nutné vzít v potaz delší výrobní řadu. Dostatečná změna není detekovatelná v úzkém rozmezí výroby. Při porovnání s výsledky dlouhodobého měření prakticky docházelo k měření šumu.

V případě šedé látky nasávané kartonáže, která je ovlivněna vstupní surovinou (recyklovaný papír proměnlivé kvality) je důležité určení hodnoty ΔE , která se dá považovat za hraniční. Dlouhodobá výroba prokázala, že výrobky ze šedé látky se průměrně pohybují v mezích pod $\Delta E = 2$, extrémní ojedinělé případy mohou být na hranici $\Delta E = 5$.

Další faktory, které mohou ovlivnit dílčí výsledky:

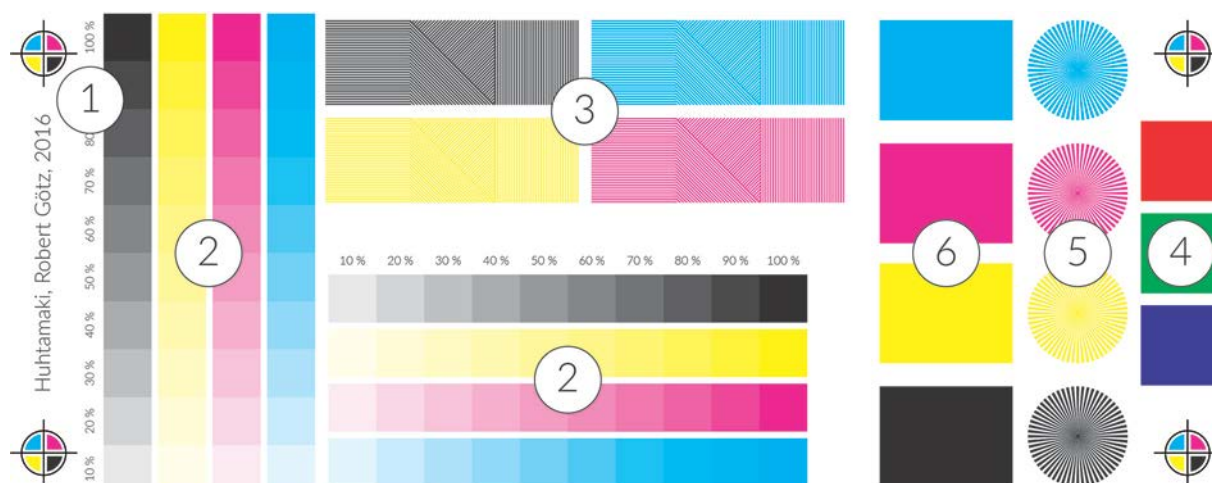
- záleží na počtu vzorků a délce výrobní řady,
- záleží na odlišnosti vzorků (jeden vzorek nevyšel v rozumných hodnotách nikomu),
- záleží na konkrétním pracovníkovi,
- záleží na zkušenostech pracovníků s konkrétním měřením,
- záleží na způsobu měření (držení a podložení vzorku, tlaku přístroje – zde je nejlepší vzorek položit na pevnou podložku),
- nezanedbatelný je vliv emocí pracovníka,
- záleží na kombinaci výše uvedeného.

3 POSOUZENÍ TISKU

Vzhledem k omezené velikosti potisknutelné plochy byly připraveny tři samostatné tiskové motivy. Dva motivy jsou zaměřeny hlavně na schopnost barevného podání stroje, třetí motiv je jednobarevný a je určený zejména pro kontrolu mechanického nastavení stroje a detekci případného omezení vlivem tiskové technologie a předtiskové přípravy.

První vzorek obsahuje:

- soutiskové značky (1),
- kontrolní škály (2),
- pole pro kontrolu linek (3),
- pole pro měření trappingu pestrých barev (4),
- Siemensovu hvězdu pro určení nejvhodnějšího rozlišení (5),
- pole pro určení světlostálosti (6).



Obr. 5 Tiskový motiv č. 1

Druhý vzorek obsahuje:

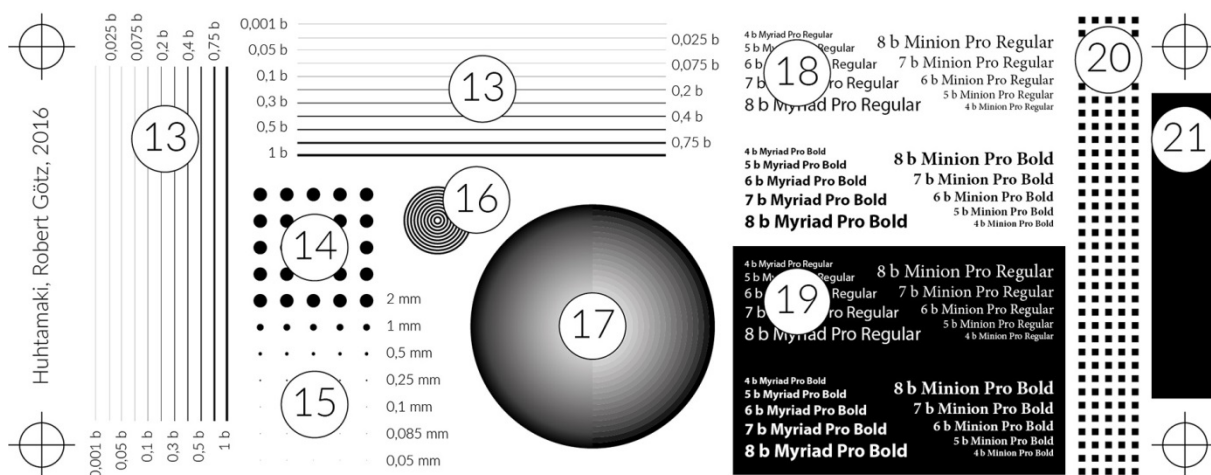
- soutiskové značky (7),
- pole pro zabarvení tisku (8),
- čárový kód EAN/UCC 13 ve 100% velikosti umístěný podélně ke směru tisku (9),
- čárový kód EAN/UCC v 80% velikosti umístěný příčně ke směru tisku (10),
- obrázky pro vizuální posouzení pestrých a pleťových barev (11 a 12).



Obr. 6 Tiskový motiv č. 2

Třetí vzorek obsahuje:

- linky v různých šířkách (13),
- kontrolní pole pro zjištění smyku a zdvojení (14),
- pole pro zjištění stability samostatně stojícího bodu (15),
- smykovou značku (16),
- kružnici s přechody (17),
- bezpatkový a patkový text (18 a 19),
- šachovnicové pole (20),
- celoplošné pole (21).



Obr. 7 Tiskový motiv č. 3

3.1 Soutiskové značky

Soutiskové značky slouží pro seřízení soutisku všech barev. Vzhledem k technologii tisku a stavbě tiskové linky použité v HCR zpravidla není možné přesný barevnostní soutisk. To je dáno výškou tiskové formy – fotopolymerního cliché, které je upnuto na formovém válci relativně malého průměru (v případě tiskové linky SBI to je 150 mm), který z větší části obepíná. Používaný fotopolymer je vysoký 0,95 mm (z toho 0,25 mm tvoří kovová nosná podložka) a v napnutém stavu na magnetickém válci má tendenci se natahovat (jedná se tak o mechanické natažení tiskového bodu do stran) vlivem zvětšení obvodu. Každá barva se natahuje podle grafického motivu – natahování je zřejmé na krajích motivů, kde fotopolymer tvoří hranu. Záleží tedy mimo jiné na tom, zda je na tiskové formě plná plocha (typické pro žlutý výtažek), nebo řada menších motivů (typické pro černý výtažek). Toto je možno omezit podkládáním tiskových forem, vyžaduje to ale velkou praxi a pečlivost. Problém s podkládáním tiskových forem vzniká u formových válců, na které se tisková forma upíná magneticky, což je případ i tiskových modulů SBI.

3.1.1 Soutisk

Soutisk se definuje jako míra přesnosti překryvu obrazů, vytištěných jednotlivými barvami. Zvyšováním nesoutisku se zhoršuje podání detailů vícebarevných motivů, zhoršuje se jejich hranová ostrost, případně tyto detaily zanikají. Příčinami nesoutisku mohou být nekvalitní montáže, nekvalitně nakopírované formy, špatně nastavený stroj a rozměrové změny (montáží, forem a hlavně papíru). Soutisk lze považovat za přijatelný, pokud vzájemný posun jednotlivých obrazů je asi $\pm 1/2$ šířky rastrové buňky a méně. [16]

Nesoutisk se projeví zřetelně na rozhraní barevných ploch jako úzká linka vzniklá přetiskem v ploše jiné barvy nebo naopak jako bílá linka mezi barevnými plochami. [11]

Soutisk se rozlišuje zvláště v podélném a příčném směru tisku.

3.2 Kontrolní škály

Měřicí škály pro posouzení parametrů tisku byly na výrobku umístěny podélně a příčně. Vzhledem k použité lineatuře 70 lpi je dostačující odstupňování po deseti procentech.

3.2.1 Optická hustota

Optická hustota patří mezi významné parametry pro hodnocení kvality tiskové produkce. Nepředstavuje sice hlavní ukazatel kvality tisku, nicméně stále hraje důležitou roli při kontrole průběhu tisku zakázky. Měřením optické hustoty zjišťujeme tloušťku barvové vrstvy nanášené na potiskovaný materiál, a to pouze u procesních barev (CMYK). [17]

Odrazová optická hustota D_R , v praxi označovaná jako denzita, je definována jako dekadický logaritmus převrácené hodnoty reflektance (resp. transmitance – v případě měření průhledové optické hustoty D_T). Odrazová optická hustota D_R je vyjádřena:

$$D_R = \log \frac{1}{R(\lambda)} = -\log \frac{I_R(\lambda)}{I_0(\lambda)} = \log \frac{I_0(\lambda)}{I_R(\lambda)} \quad (7)$$

Kde $I_0(\lambda)$ je intenzita dopadajícího záření a $I_R(\lambda)$ je intenzita odraženého záření.

Dá se předpokládat, že experimentálně naměřené hodnoty optických hustot se u nasávané kartonáže vlivem její savosti budou pohybovat výrazně níže, než je obvyklé pro nenatírané papíry. Hodnoty podle Gretag Macbeth jsou: C – 1; M – 0,95; Y – 0,95; K – 1,25 (měření s polarizačním filtrem, status E). [18]

3.2.2 Nárůst tónové hodnoty

Tónová hodnota definuje v procentech míru vyplnění síťové buňky tiskovým bodem. Dříve se pro tónovou hodnotu používalo označení plošné pokrytí, které stejně jako tónová hodnota vyjadřuje pokrytí dané oblasti tiskovými body – tedy barvou. Parametr tónové hodnoty se v praxi používá pro stanovení přenosové charakteristiky tiskového stroje, neboť ukazuje, jaký tónový rozsah zvládne konkrétní stroj reprodukovat. [17]

Nárůst tónové hodnoty definuje rozdíl mezi zamýšlenou velikostí tónové hodnoty – na tiskové předloze a mezi skutečnou velikostí tónové hodnoty, která je vytištěna na potiskovaném substrátu. Jedná se tedy o míru zvětšení plochy tiskových bodů vlivem fyzikálních jevů v procesu tisku. [17]

Nárůst tónové hodnoty (TVI) je při potisku nasávané kartonáže zcela zásadní. Je nutné si uvědomit, že nárůst nevzniká pouze vlivem tlaku a barevné vydatnosti při tisku, ale že vzniká prakticky ve všech krocích předtiskové přípravy. K mírnému nárůstu dochází již při osvitu filmů. Protože se tisková forma svítí z negativních filmů, další nezanedbatelný nárůst se

vyskytuje i v tomto kroku. K nejvyššímu nárůstu tónové hodnoty ale dochází přímo v tiskovém stroji vlivem tlaku.

Nárůst tónové hodnoty je možné stanovit pomocí rovnice Murray-Davies, resp. s využitím Yule-Nielsen korekčního faktoru n . Korekční faktor se pohybuje v hodnotách okolo 1,65 pro natíraný papír a 2,7 pro nenatíraný. Nárůst tónové hodnoty se dá vypočítat buď ze zjištěných reflexních spekter, nebo z naměřené optické hustoty. Výpočet TVI z optické hodnoty dle Murray-Davies je dle rovnice:

$$A = \frac{1 - 10^{-D_A}}{1 - 10^{-D_P}} \cdot 100 [\%] \quad (8)$$

Murray-Davies rovnice s Yule-Nielsen korekčním faktorem je pak:

$$A = \frac{1 - 10^{-\frac{D_A}{n}}}{1 - 10^{-\frac{D_P}{n}}} \cdot 100 [\%] \quad (9)$$

kde D_A znamená optickou hustotu měřeného políčka, D_P znamená optickou hustotu plné plochy (100% pokrytí barvou) a n je korekční faktor.

3.2.3 Tiskový kontrast

Při reprodukci barevné předlohy tiskem dochází vždy ke ztrátě části původního tónového rozsahu. Se snížením tónového rozsahu přímo souvisí i pokles kontrastu. Tento nedostatek může tiskař do jisté míry kompenzovat pouze zvýšením přívodu barvy tak, aby docílil sytého vybarvení tisku a s tím spojeného optimálního kontrastu. Zvyšování přívodu barvy má ale své hranice, neboť s příliš silnou vrstvou barvy mohou hrozit určitá rizika, jako je zvýšený nárůst tónové hodnoty, dlouhé schnutí barvy a obtahování tisku. Přebarvený tisk vykazuje zejména vysokou míru „slévání“ stínů (70–90 % tónové hodnoty), tím se zmenšuje podíl bílé nepotištěné plochy a klesá kontrast. Optická hustota navíc od určité síly barvové vrstvy dále neroste, a proto další zvyšování odběru barvy tiskový kontrast nezvýší, naopak klesne. [17] Při reprodukci předlohy tedy dochází k zúžení tónového rozsahu a do určité míry i kontrastu výtisku v porovnání s originálem. Vybarvení tisku závisí na:

- zvoleném síťování,
- tloušťce barvové vrstvy,

- typu tiskové barvy a její vydatnosti,
- na míře absorpce barvy papírem,
- na lesku potištěné hmoty,
- na zabarvení a světlosti papíru.

Optimální vybarvení je nejmenší množství barvy, jímž se dosáhne maximální optické hustoty, aniž nastane výrazné snížení kontrastu. [19]

$$K = \frac{D_P - D_A}{D_P} \cdot 100 [\%] \quad (10)$$

Kde D_P je optická hustota plné plochy a D_A je optická hustota 80% plochy

V HCR má operátor tisku k dispozici nátisk, ke kterému je povinen přiblížit se vybarvením tisku. Nátisk je vytištěn na základě ICC profilů na substrát simulující výrobek z nasávané kartonáže. Výsledné zabarvení produktu je v praxi těžko odhadnutelné, protože závisí na složení sběrového papíru, které je v čase značně proměnlivé. Nasávaná kartonáž kvůli své pórovitosti vykazuje pro tiskovou barvu značné penetrační vlastnosti a dosažení kontrastu proto může být značně obtížné.

3.2.4 Chyba odstínu a šedost

Procesní barvy čtyřbarvotisku, používané pro různé tiskové techniky, nejsou barvy ideální, které by světlo absorbovali pouze ve třetině viditelného spektra. (ideální C, M nebo Y barva teoreticky propouští nebo odráží dvě třetiny spektra a jednu třetinu absorbuje). Jejich spektrální vlastnosti jsou určeny typem, velikostí a vlastnostmi pigmentů, které mohou být u různých výrobců barev trochu odlišné. [11]

Reálné barvy charakterizujeme parametry, které vyjadřují procentní podíl ostatních barevných odstínů v procesní barvě. [19]

Na základě denzitometrického měření mohou být stanoveny dva parametry, charakterizující procesní barvu – chyba odstínu (HE – Hue Error), stanovující podíl ostatních nedominantních barev a šedost (GR – Grayness), která vyjadřuje šedou složku barvy odpovídající ideálnímu součtu příspěvků vedlejších odstínů. [11]

Pro výpočet parametrů je potřeba proměřit vzorek tisku procesní barvou denzitometrem postupně se všemi filtry.

$$HE = \frac{D_{stř} - D_{min}}{D_{max} - D_{min}} \cdot 100 [\%] \quad (11)$$

$$GR = \frac{D_{min}}{D_{max}} \cdot 100 [\%] \quad (12)$$

Hodnoty D_{max} , $D_{stř}$ a D_{min} ukazují velikosti naměřených hodnot po jejich seřazení.

Tato analýza je mimo jiné užitečná při tisku velkých nákladů. U tiskové technologie nepřímého knihtisku dochází k relativně rychlému zašpinění barvy v barevnících vlivem soutisku všech barev na jednom ofsetovém potahu. Ne všechno množství se totiž z ofsetového potahu přeneso na potiskovaný materiál. Část zbývajícího množství barvy je transportována skrz barevníky do barevnic. Zejména u světlých barev je možné pozorovat jejich zašpinění pouhým okem již pár hodin po rozjetí tiskové zakázky. [13]

3.3 Pole pro kontrolu linek

Pole pro vizuální posouzení linek. Bylo zvoleno rozlišení 70 lpi (linek na palec), protože toto nastavení je standardem ve výrobních jednotkách Huhtamaki. Z řady tiskových zkoušek v minulosti bylo prokázáno, že nižší rozlišení je pro bitmapové reprodukce nedostačující a vyšší rozlišení s sebou nese řadu produkčních omezení, jako je časté zastavování tiskové linky z důvodu čištění cliché. [13]

3.3.1 Smyk a zdvojování

Smyk se projevuje směrově orientovaným zvětšením rozměru tiskových prvků. Snižuje ostrost kresby, zvyšuje sytost vybarvení (nárůst rastrové tónové hodnoty). Příčinou je prokluz ploch, mezi nimiž nastává přenos barvy: tisková forma / ofsetový potah, ofsetový potah / papír v důsledku nesprávného odvalu a posunu formy, potahu a papíru. Smyk se zpravidla orientuje ve směru tisku (obvodově), ale může být orientován i v jiných směrech. [16]

Zdvojování se projevuje přítomností obrazu tiskového prvku v menší intenzitě vybarvení, který je mírně posunutý. Důsledky na kvalitu jsou stejné jako při smyku. Na kontrolu se používají linková políčka ve formě soustředných kružnic, nebo rovnoběžných linek, různé natočených vůči směru pohybu archu strojem. Vyhodnocení je zpravidla vizuální, méně často denzitometrické. [16]

U tisku nasávané kartonáže, vzhledem k tiskové technologii nepřímého knihtisku, jsou tiskové jednotky uspořádány satelitně okolo válce s ofsetovým potahem. Ke zdvojování tisku tak může docházet pouze na jediném ofsetovém potahu (je v kontaktu s formovými válci všech barevníků) při opakovaném přenosu obrazu.

Pro vyhodnocení byl zvolen vztah na základě naměřených denzitometrických hodnot:

$$D_H - D_V < 10 \% \quad (13)$$

Kde D_H je optická hustota linek umístěných horizontálně ve směru tisku a D_V je optická hustota linek umístěných vertikálně ke směru tisku.

Pro následnou vizuální kontrolu pomocí lupy je krom vertikálních a horizontálních linek vhodné vyhodnotit i linky umístěné šikmo na směr tisku.

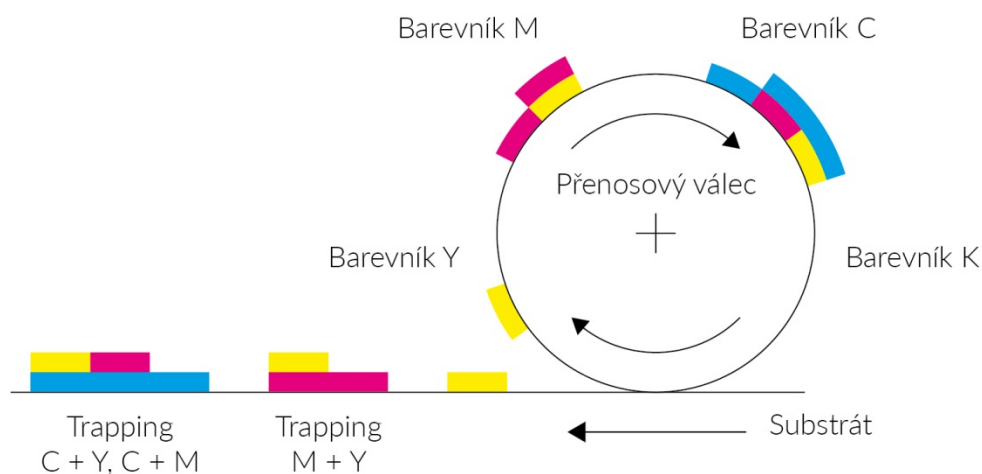
3.4 Pole pro měření trappingu pestrých barev

Přijímatost tiskových barev T (trapping) je parametr vyjadřující schopnost barvy přijímat další vrstvu barvy při tisku do mokré. Přijímatost ovlivňují především fyzikální vlastnosti barvy (viskozita, lepivost a rychlost zasychání), tloušťka barvové vrstvy a také pořadí barev při tisku, konstrukce tiskového stroje, ovlivňující časový interval mezi tiskem jednotlivých barev a tiskový tlak. Obecně platí, že nevysušená vrstva tiskové barvy (mokrý) přijme tenčí vrstvu další barvy než barva dokonale vysušená. [11]

Špatná přijímatost procesních barev se projeví na tisku výraznou změnou barevného odstínu přetiskových sekundárních (sytlejší modré, zelené nebo červené) a terciálních barev (šedá, hnědá, fialová, olivová nebo pleťové odstíny). [11]

Při potisku nasávané kartonáže se z důvodu soutisku používá ofsetový potah. Na jeho povrchu dojde k soutisku barevného obrazu a ten je pak vlivem tlaku přenesen na požadovaný substrát. Probíhá tedy tisk do mokré s časovým intervalem ve zlomcích sekund. Osazení tiskového

stroje SBI v HCR tiskovými barvami je dle doporučení výrobce tiskového modulu v pořadí YMCK, na krabičku se však barvy dostávají v opačném sledu.



Obr. 8 Přetisk pestrých barev technologií nepřímého knihtisku

Při trappingu se měří optická hustota dvou barev ve vzájemném přetisku. Měření se provádí s filtrem pro barvu, která se tiskne jako druhá. Při testu byly vyhodnoceny přetisky pestrých barev, konkrétně purpurová + žlutá (modrý filtr), azurová + žlutá (modrý filtr), azurová + purpurová (zelený filtr). Pro vyhodnocení trappingu se dají použít čtyři vztahy – rovnice dle Preucila (T_P), Childrese (T_C), Brunnera (T_B) a Ritze (T_R):

$$T_P = \frac{D_{1+2} - D_1}{D_2} \cdot 100 [\%] \quad (14)$$

$$T_C = 10^{(D_{1+2} - D_1 - D_2)} \cdot 100 [\%] \quad (15)$$

$$T_B = \frac{1 - 10^{-D_{1+2}}}{1 - 10^{-(D_1 + D_2)}} \cdot 100 [\%] \quad (16)$$

$$T_R = \frac{1 - 10^{-(D_{1+2} - D_1)}}{1 - 10^{-D_2}} \cdot 100 [\%] \quad (17)$$

D_1 je optická hustota barvy, kterou se tiskne jako první, D_2 znamená je optická hustota barvy, kterou se tiskne jako druhou a D_{1+2} je optická hustota přetisku těchto dvou barev.

Bylo rozhodnuto prakticky využít nestarší, ale v praxi nepoužívanější, výpočet dle Preucila. Pro porovnání však byly použity i další tři rovnice. Použitý spektrofotometr X-Rite eXact Advanced pro své výpočty primárně používá rovnici dle Preucila (ale umožňuje přepnutí na výpočet dle Brunnera nebo Ritze).

3.5 Siemensova hvězda

Siemensova hvězda je obrazec pro vizuální posouzení nejvhodnější síťové frekvence (lpi). Její stanovení vychází ze subjektivního pozorování a dosazením do vztahu:

$$F = 2,54 \cdot \frac{X}{\pi \cdot d} \text{ [lpi]} \quad (18)$$

Kde 2,54 je převod z metrické soustavy (lpcm) na angloamerickou (lpi), X je počet výsečí Siemensovy hvězdy, π je konstanta a d je průměr [cm] nerozlišené plochy (individuální, závisí na pozorovateli).

Při násobném zvětšení obrazu (např. digitálním mikroskopem) lze Siemensovu hvězdu vyhodnocovat objektivním způsobem pomocí software (měření v řádu mikrometrů apod.)

3.6 Pole pro vyhodnocení světlostálosti

Světlostálost byla obecně představena v kapitole 2.1.14.

Při tomto měření je využito umělého zdroje světla – xenonové výbojky. Vnější podmínky stárnutí jsou simulovány intenzivním osvětlením s podobnou spektrální charakteristikou jako má sluneční záření. Na barevné tiskovině je možno sledovat změny v tzv. chromatických a achromatických parametrech. [20]

K chromatickým parametrům patří:

- spektrální odrazové charakteristiky plných, případně polotónových ploch,
- souřadnice barvového prostoru CIE $L^* a^* b^*$ a celková barvová odchylka ΔE ,
- optická hustota jednotlivých barev. [20]

Na základě získaných hodnot dostáváme informace o změně kolorimetrických vlastností sledovaného vzorku, resp. o barevné shodě či neshodě. Žádný mezinárodní předpis neurčuje přesně požadované dosažené hodnoty, ty se stanovují podle účelu použití a interních zkušeností. [20]

3.7 Pole pro zabarvení tisku

Krabička na vejce se potiskuje již jako hotový trojrozměrný výrobek. Protože se dále již neupravuje například výsekem nebo ořezem, není možné na ni umístit kontrolní prvky pro měření a nastavení stroje. V případě tisku obrázků pomocí síťování výtlačků operátor tisku posuzuje výslednou barevnost pouze vizuálně. Na druhém testovacím vzorku byly umístěny pole pro zabarvení tisku. Nastavení barevnosti proběhlo ve dvou fázích – prvním krokem byl stroj nastaven pomocí optických hustot získaných měřeními z prvního vzorku. V druhém kroku bylo nastavení tisku upraveno dle vizuálního posouzení obrázků bez ohledu na kontrolní pole, aby byly simulovány reálné podmínky provozu.

3.8 Čárový kód EAN/UCC 13

Standardní čárový kód je nejrozšířenějším datovým nosičem ve světě maloobchodu. Odhaduje se, že denně doprovází nákupy až 6 miliard typických pípnutí skeneru. Úspory, které tato obyčejná každodenní operace přináší, dosahují na jednotlivých lokálních evropských trzích desítky miliard eur ročně. [21]

Díky standardní identifikaci ukryté v čárovém kódu je možné automaticky snímat data o obchodních položkách, službách nebo majetku a sledovat jejich pohyb v zásobovacím řetězci. [21]

Smysl čárového kódu je rychlé sejmutí čtečkou a namarkování ceny výrobku. Čárový kód má svá specifika ohledně tvorby a reprodukce. Pro jeho sejmutí je nezbytná kvalitní reprodukce jeho modulů (čar a mezer), zejména ohledně barevnosti, kontrastu a velikosti kódu. Číselné označení, které se nachází pod kódem, má smysl pouze v případě, kdy kód je nesejmutelný čtečkou a obsluha pokladny tak musí hodnotu zadávat ručně. Moduly však vycházejí z číselné kombinace. Poslední (třináctá) číslice v kódu je kontrolní. Její dosazení provádí programy pro tvorbu kódu automaticky po zadání předchozích dvanácti číslic. Logika výpočtu je v součtu všech čísel na sudých pozicích a vynásobení výsledků číslicí tři a v součtu číslic na lichých

pozicích. Následuje součet těchto dvou výsledků a vyhledání nejbližšího vyššího desítkového čísla. Rozdíl předchozího výsledku ($3 \times$ výsledek sudých čísel + výsledek lichých čísel) a nalezeného vyššího desítkového čísla dává třináctou kontrolní číslici.

Čárový kód EAN 13 se využívá především jako datový nosič pro GTIN 13 (identifikace spotřebních a obchodních jednotek) nebo pro GLN (identifikace obchodních partnerů). Čárový kód EAN 13 je nejrozšířenějším datovým nosičem Systému GS1, díky jeho snadné snímatelnosti na pokladnách. [21]

Čárový kód se běžně tiskne na boční stranu výrobku. Nejčastěji na stranu u pantu krabičky, která zákazníkovi zůstává nejdéle skryta a je tak určena pro nezbytné informace, jako je adresa, číslo třídního či balírního vaječ a právě čárový kód. Protože plocha pro čárový kód ve spojení s povrchem krabičky není vhodná pro použití předepsané velikosti kódu, kód se reprodukuje v upravené formě, která je chválena institucí GS1 Czech Republic.

Protože bezchybná reprodukce čárového kódu je zcela zásadní zejména pro velké prodejní řetězce, kde je nutné zajistit bezchybné sejmutí kódu na kase, je vhodné pro kód použít samostatnou tiskovou formu a sytou černou barvu (deep black oproti process black). Toto často není možné kvůli omezené vybavenosti tiskových linek.

V každém případě je vhodné, aby v každém grafickém designu DTP studio vždy vkládalo nový čárový kód, pouze tak bude mít jistotu bezchybné přípravy pro reprodukci. Barva kódu by vždy měla být černá. Vhodné pozadí je bílé, nebo červené. Červené pozadí je vhodné z důvodu, že čtečka čárových kódů snímá kód červeným paprskem (zpravidla ve vlnové délce 610–650 nm), proto se na červeném podkladu nebude absorbovat. Ne všechny čtečky ale mají snímací paprsek červený.

Tisk čárových kódů na horní stranu krabičky je zákazníky vyžadovaný pouze v ojedinělých případech. Protože plocha horní strany krabičky je dostatečná pro užití kódu ve standardizované velikosti, měl by se tak užít. Norma umožňuje užití kódu v rozmezí 80 % až 120 %.

Praxe ukázala, že na horní straně krabičky zásadně nezáleží na orientaci kódu. Velikost kódu 80 % je dostačující, větší kódy nemá smysl na horní stranu krabičky použít, protože kód opticky znehodnocuje grafický design. [13]

Problémem zůstává nedostatečné nasycení čárového kódu vůči vybarvení obrázku. Z tohoto důvodu je vhodnější, aby byl čárový kód opět na samostatné tiskové formě – seřízení odběru barvy a tiskového tlaku by tak neovlivňovalo okolní grafiku. Toto není problémem při tisku přímými barvami, kde nejsou využity všechny barevníky pro hlavní motiv. V případě tisku

CMYK či čtyřmi barvami je nutno přistoupit ke kompromisu mezi vybarvením kódu a obrázku. Standardní produkční tiskové linky jsou stavěny většinou se čtyřmi barevníky. Stávající doporučení, vycházející z dlouhodobé praxe, je pro použití kódu na boční straně krabičky (u pantu), s kódem na samostatné tiskové formě v černé tiskové barvě. [13]

3.9 Obrázky pro vizuální posouzení

Obrázky pro vizuální posouzení byly použity dva. Obrázek pro posouzení pestrých barev slouží pro posouzení barevné vydatnosti barev. V HCR je dlouhodobě problematický tisk zejména červené barvy složené z plného nasycení purpurové a žluté barvy, ale i dalších sekundárních a terciálních barev (např. odstíny hnědé). Obrázek pro posouzení pleťových barev se zaměřuje na problematické nastavení tisku při tisku světlých barev a zároveň nechává prostor pro posouzení tisku stínů.

Bylo použito standardní nastavení HCR, tedy amplitudově modulované tzv. autotypické síťování (AM). Oba dva obrázky jsou v rozlišení 70 lpi. Použilo se standardní natočení sítí: C 15°, M 75°, Y 0° a K 45°.

3.10 Linky v různých šířkách

Linky byly natištěny černou barvou ve stoprocentním nasycení. Zvolené šířky byly – 0,001 b; 0,025 b; 0,05 b; 0,075 b; 0,1 b; 0,2 b; 0,3 b; 0,4 b; 0,5 b; 0,075 b a 1 b (1 b = 0,353 mm). Na linkách bylo zjišťováno, při jaké tloušťce zůstanou zachovány na fotopolymeru po procesu vyvolání tiskové desky, a jak se následně budou chovat v tisku. Zejména u tenčích linek může vlivem mechanického procesu vymývání fotopolymerní desky dojít k jejich deformaci. Linky o tloušťkách v řádu desetin bodu se na nosné kovové podložce tiskové desky pravděpodobně neudrží vůbec.

3.11 Kontrolní pole pro zjištění smyku a zdvojování

O smyku a zdvojování již pojednává kapitola 3.3.1. Protože vyhodnocení smyku a zdvojování je možno provést více způsoby, bylo využito možnosti porovnání. V tomto případě bylo použito pole kruhových tiskových bodů. V případě kruhových tiskových bodů může dojít

k jejich deformaci nejčastěji ve směru tisku (ale nelze vyloučit ani možnost rozmazání ve směru kolmém na tisk).

3.12 Pole pro zjištění stability samostatně stojícího bodu

Výrobce tiskových desek Toray zaručuje schopnost fotopolymeru vyvolat samostatně stojící bod o šíři 85 μm . Přestože fotopolymerní desky Toray WS95HX4 vykazují vysokou expoziční pružnost, následné mechanické vymytí kartáčem může mít za následek vymytí malých samostatně stojících bodů. Na zkoušku byly zvoleny body o velikostech 0,05 mm; 0,085 mm; 0,1 mm; 0,25mm; 0,5 mm a 1 mm.

Zároveň by na samostatně stojících bodech mělo být možné vyhodnotit rozšíření tiskového bodu. Protože rozlišení mechanického a optického rozšíření tiskového bodu lze jen velice těžko vyjádřit, posuzují se jejich projevy společně. Rozšíření bodu lze vyjádřit vztahem:

$$\Delta A = (A_{tisk} - A_{tisková\ data}) \cdot 100 [\%] \quad (19)$$

Kde ΔA je přírůstek tónové hodnoty (rozšíření tiskového bodu), A_{tisk} je tónová hodnota tisku (velikost bodu) a $A_{tisková\ data}$ je tónová hodnota tiskové předlohy.

3.13 Smyková značka

Pole soustředných kružnic je dalším obrazcem pro hodnocení smyku a zdvojování. Doplňuje tak měrné prvky v kapitole 3.3.1 (smyk a zdvojování) a kapitole 3.11 (kontrolní pole pro zjištění smyku a zdvojování). V případě soustředných kružnic dochází vlivem smyku ke ztmavnutí obrazu ve směru smyku.

Linky, kruhové body a soustředné kružnice byly v experimentální části vyhodnocovány pomocí dvou rozdílných metodik. Všechny prvky byly hodnoceny vizuálně, pole linek ještě pak denzitometricky.

3.14 Kružnice s přechody

Kružnice s přechody se skládá z hladkého přechodu od 0% nasycení po 100% nasycení a samostatných pruhů s rostoucími tonálními hodnotami s krokem po 5 %. V ideálním případě

se tiskne samostatná kružnice pro každou použitou barvu (CMYK). V tomto případě byla vyhodnocena pouze černá barva z důvodu umístění na třetím produktu, který byl připraven pouze v černém výtazku.

3.15 Bezpatkový a patkový text

Obrazec byl vytvořen z fontu Myriad Pro (bezpatkové písmo) a Minion Pro (patkové písmo) v řezech regular a bold. Bylo zvoleno rozmezí od čtyř do osmi bodů. Ke klasickému černému textu byl zhotoven stejný obrazec v inverzním provedení.

V praxi je velice častý požadavek na malou velikost textu. Zde vzniká problém s přenosem drobných textů na fotopolymerní tiskovou desku, zaléváním textu v tisku a v neposlední řadě s následnou čitelností na již hotovém produktu. Značné problémy jsou při použití patkového písma a u inverzního tisku. V případě inverzního textu je tento zpravidla sázen v tučném řezu (bold), nevyžádá-li si zákazník jinak.

V případě sazby textu nepřímo napomáhá nařízení Evropské unie o minimální výšce textu.

Tato směrnice obecně řeší výšku malého písmene „x“ v milimetrech, výška odpovídá hodnotám 7–8 bodů u běžně používaných typů písem.

Aniž jsou dotčeny zvláštní předpisy Unie týkající se určitých potravin, jsou-li povinné údaje stanovené v čl. 9 odst. 1 uvedeny na obalu nebo na etiketě k němu připojené v dobře čitelné podobě, vytisknou se na nich písmem, jehož výška malého písmene „x“, jak je definována v příloze IV, činí nejméně 1,2 mm. V případě obalů nebo nádob, jejichž největší plocha je menší než 80 cm², činí výška malého písmene „x“ písma uvedeného v odstavci 2 nejméně 0,9 mm. [22]

I přes nařízení Evropské Unie je možné se s malým textem na produktech z nasávané kartonáže potkat. Mohou jím být vysázeny nepodstatné informace, které nejsou určeny koncovému zákazníkovi, ale musí být dobře čitelné. Obrazec tak slouží pro hodnocení deformace písma, ovlivňující výslednou čitelnost.

Naprosto zásadní u sazby takto malého textu je vyhnout se barevným přetiskům, tedy sazbu provádět pouze v jedné barvě ve stoprocentním nasycení. Protože u satelitního osazení stroje jednotlivými barevníky není možné spolehlivě využívat přetisku hran, je vhodné text neumisťovat do barevných ploch.

3.16 Šachovnicové pole

Tento obrazec slouží zejména technikům při stavbě či seřizování stroje. Jeho kontrolou jde vyhodnotit první příznaky nerovnoběžnosti plochy formového a přenosového válce (tisková jednotka SBI využívá místo tlakového válce druhého přenosového válce, kterým se aplikuje vnitřní potisk ve stejném okamžiku jako horní potisk). Šachovnicové pole je praxí vůbec první obrazec, který se při seřizování tiskového stroje používá. [13]

3.17 Celoplošné pole

Celoplošně vybarvené pole je vhodné na kontrolu nerovnosti povrchu krabičky či její drsnosti. Zároveň podává informaci o potenciálním vytrhávání papírových vláken produktu vlivem tisku a o prášivosti produktu.

Protože technologie výroby a množství proměnných parametrů nedokáže zajistit sjednocený výsledný produkt co do kvality povrchu, lze na těchto polích pozorovat nestabilitu výroby. Při výsledném vyhodnocení by toto pole mělo působit jako jednolitá barevná plocha.

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Výběr stroje na výrobu obalů na vejce, tiskové linky a materiálů byl podřízen reálnému provozu společnosti HCR. Na výstup experimentální části práce by měl být brán zřetel nejen při výrobě obalů, ale i při konfiguraci nových zařízení a postupů.

4.1 Určení tiskového stroje

Jako ideální tiskový stroj byl určen M14.2, jedná se o tiskovou linku za výrobním strojem M14. Tisková linka využívá na horní potisk tiskový modul SBI [9], který je co do kvality tisku nejvhodnější. Zároveň je tato jednotka zvolena skupinou GOS za standard při stavbě nových tiskových strojů. Nedojde-li ke změně tiskové technologie, je velice pravděpodobné, že právě tyto tiskové moduly budou plošně nasazeny prakticky na celém světě. Jejich životnost je při správném užívání a údržbě odhadem minimálně 20–25 let provozu.

4.2 Použité tiskové barvy

Byly použity nízkomigrační procesní ofsetové barvy (CMYK) Novasens Premium P660, které se v HCR standardně používají na všech tiskových strojích při všech tiskových operacích. Nízkomigrační barvy jsou jednou z položek poptávaných auditem BRC/IoP.

BRC/IoP je mezinárodní standard zahrnující výrobu, zpracování a další nakládání s obaly určenými pro přímý a nepřímý styk s výrobky určenými k balení potravinářských, kosmetických a hygienických produktů. [23]

4.3 Použitý ofsetový potah

Byl použit ofsetový potah vytipovaný dle doporučení výrobce tiskového stroje. Kinyo Air Excel MC30R – kompresibilní třívrstvý ofsetový potah, tloušťka 1,68 mm, tvrdost 81° Shore, pevnost v tahu 90 kN/m, broušený povrch s drsností 1,54 μm. Kompresibilita 1,86 MPa při 0,2 mm, průtažnost 0,75 % při 500 N / 50 mm.

4.4 Použité tiskové cliché

Byly použity fotopolymery WS95HX4 od firmy Toray. Fotopolymery jsou vhodné pro svoji expoziční pružnost, v HCR se používají standardně (v minulosti byly v HCR provedeny testy s fotopolymery firem Nyloprint WS94II a Jet LSL 94 SB, fotopolymery Toray byly pro zdejší výrobu vyhodnoceny jako nejvhodnější).

Osvit byl proveden přes negativní filmovou předlohu v osvitové jednotce Dantex Aqua-Flex E-A2 Plus. Byly použity světelné zdroje UV-A LT 36 W – 1/009, které byly nastaveny na 150 jednotek (při současném stáří zdrojů byla délka osvitu zhruba 5 min.)

Tiskové cliché bylo vyvoláno v automatickém stroji Dantex Aqua-Flex AQF 480E při rychlosti posuvu nosné desky 160 mm za minutu, což odpovídá 4 min. ve vymývací části s teplotou vymývacího roztoku (pitná voda z vodovodního řádu upravená na tvrdost cca 2 °dH bez dalších aditiv) 22 °C. Následně byl vymývací roztok vytlačen molitanovým válcem a vysušen horkovzdušnou pecí při 60 °C. Doba vysoušení je okolo 15 sec. Následná expozice byla provedena světelným zdrojem UV-A TL-K Actinic BL Reflector po dobu 4 min. Na závěr je fotopolymer po dobu 15 sec. ochlazován na pokojovou teplotu.

4.5 Metoda výběru vzorků

Při výběru vzorků byla brána v potaz zejména dlouhodobá produkce společnosti Huhtamaki. Zákazníky jsou nejčastěji používány krabičky na vejce ze šedé nebarvené vstupní látky. Krom barvení společnost Huhtamaki nabízí možnost zaklizení krabiček. Protože toto nespadá do standardní produkce, bylo rozhodnuto o typu výrobku E+10 (krabička na deset vajec), šedá vstupní látka, nebarvená, neklížená.

Výstup z nasávacího stroje přímo závisí na vstupním materiálu (sběrový papír), který je kvalitativně velice proměnlivý. Proto bylo rozhodnuto o sběru vzorků v dlouhodobém časovém horizontu. Sběr probíhal v období říjen až prosinec 2016. Vzhledem k vytipované tiskové lince SBI, která byla určena na tiskové testy, byl pro sběr vzorků určen stroj M14, na který tisková linka navazuje.

Obměna látky při standardní výrobě 75–85 tun denně je cca 4 hodiny. Tímto časovým údajem je řízen sběr vzorků. Ten probíhá v určeném časovém intervalu vždy, když stroj vyrábí požadované vybrané produkty.

Vzorky jsou uskladněny na hale ve stejných klimatických podmínkách, v jakých probíhá výroba, tím je zaručena jejich stejná vlhkost.

4.5.1 Šedá vstupní látka

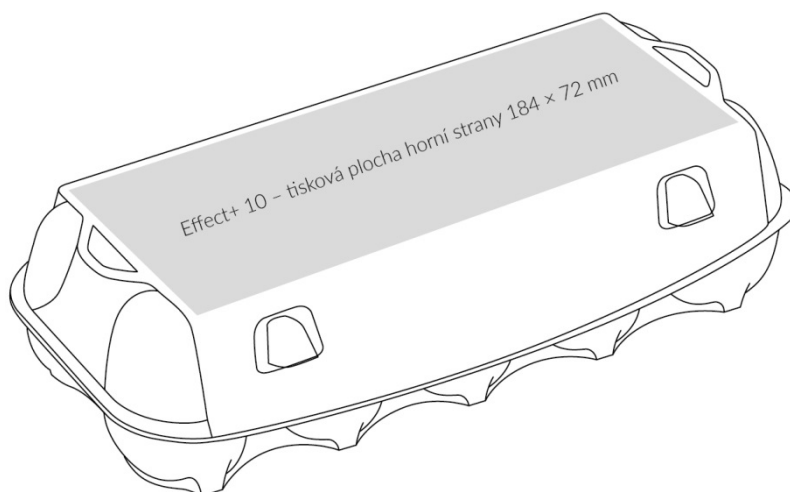
Šedou vstupní látkou se rozumí směs sběrových papírů definovaná normou ČSN EN 643 (definována v roce 1994). Dle této normy zrušené v roce 2014 se sběrový papír používaný pro výrobu šedé látky definuje jako A2 – smíšené sběrové papíry a lepenky (tříděné), směs různých druhů papíru a lepenky, obsahující méně než 40 % novin a časopisů. Nová norma ČSN EN 643 [24] definuje více podskupin, pro výrobu šedé látky toto není podstatné.

4.5.2 Barvení výrobků

Barvení krabiček se provádí přidáním bazické barvy do vodolátky po zředění na 1,5 %. Barvení probíhá za ředící nádrží po přidání předchozích aditiv, těsně před nátokem do vany výrobního stroje, kde probíhá nasátí výsledného tvaru krabičky. Koncentrace barvy záleží na požadovaném výsledném odstínu.

4.5.3 Klížení výrobků

Klížení krabiček se provádí pro zvýšení voděodolnosti a je prováděno na přání zákazníka. Na klížení se používá AKD klíždlo Fenosize KD 323 MP [26]. Klíždlo je dávkováno do ředící nádrže společně s dalšími aditivy před přívodem dávkování barvy.



Obr. 9 Horní tisková plocha krabičky na vejce – Effect+ 10

4.6 Určení počtu výrobků pro konečné měření

Vycházíme-li ze znalosti proměnlivosti vstupní suroviny, je evidentní, že výstupní produkt bude také jevit známky proměnlivosti. Při sledování kvality tisku je zásadní barevnost substrátu v ploše. V HCR je laboratorně nastavena maximální možná barvová odchylka $\Delta E = 5$. V praxi se však posuzují zejména barvené krabičky.

Pro určení počtu vzorků jsem vycházel z dlouhodobého sledování ΔE vstupní šedé látky. Cílem statistického šetření bylo zjistit, kolik vzorků odebrat, aby výsledek byl statisticky objektivní a zda současný systém měření ΔE a reflektance umožní změřit změny ve stanovených mezích.

Pro výběr počtu vzorků jsem použil modul počítačového programu QC-Expert → Testování → Síla a rozsah výběru → Normální rozdělení jeden výběr.

Moduly ve skupině „Síla a rozsah výběru“ počítají sílu testu, rozsah výběru a mezní rozdíl parametru a jeho odhadu za daných předpokladů pro normální a binomické rozdělení. Vstupními parametry jsou vždy požadovaná hladina významnosti testu (riziko chyby I. druhu) α , typ testu (jednostranný, nebo oboustranný) a teoretická (očekávaná, požadovaná) hodnota parametru, kterou je u normálního rozdělení střední hodnota. U binomického rozdělení pak pravděpodobnost. [26]

Pro odhad výběru vzorků jsem testoval změnu z hodnoty $\Delta E = 2$ na $\Delta E = 2,5$. Pro výběr jsem nastavil přísnější podmínku pro sílu testu, než program QC-Expert doporučuje. Hladinu významnosti $\alpha = 0,05$, sílu testu na 0,9 (doporučená je 0,8), test oboustranný.

Pro odhad výběru vzorků pro reflektanci jsem stanovil kolísání o 5 % (rozdíl změna z 36 % na 41 %). Hladinu významnosti α a sílu testu jsem zvolil stejnou jako v předchozím případě, test oboustranný.

Pro vlastní měření potvrzení rozdílů je, pro můj účel, vhodné sjednocení počtu měřených vzorků, nad běžné kolísání substrátu. Jak pro reflektanci, tak pro barvovou odchylku ΔE , je nevhodnější provést měření na 15 vzorcích. Praxe v HCR je měření dvou vzorků, modul potvrdil při síle tesu 0,8 právě 2 vzorky.

Tab. 1 Rozsah výběru pro rozdíl $\Delta E = 0,5$

Hladina významnosti	0,05
Střední hodnota M	2
Předpokládaný průměr X	2,5
Typ testu	Oboustranný
Nulová hypotéza H0	X = M
Alternativní hypotéza HA	X <> M
Směrodatná odchylka	0,6
Rozsah výběru	15,13
Zaokrouhlený rozsah	16
Síla testu	0,9

Tab. 2 Rozsah výběru pro reflektanci

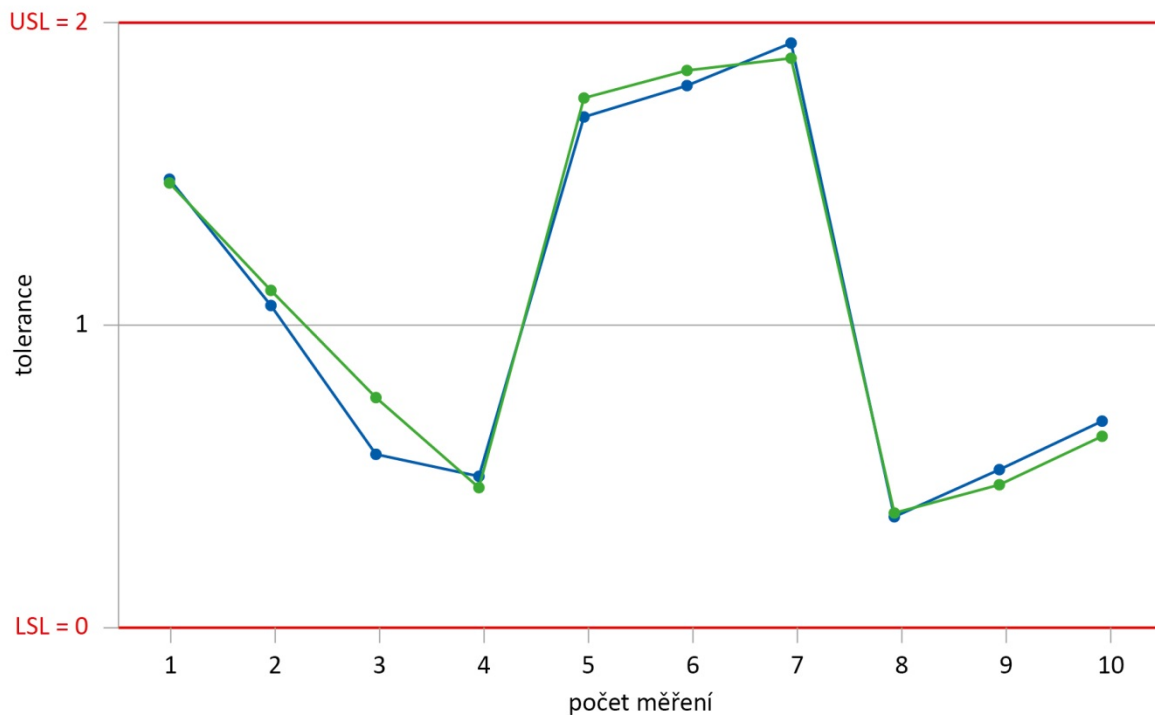
Hladina významnosti	0,05
Střední hodnota M	36
Předpokládaný průměr X	41
Typ testu	Oboustranný
Nulová hypotéza H0	X = M
Alternativní hypotéza HA	X <> M
Směrodatná odchylka	3,2
Rozsah výběru	6,72
Zaokrouhlený rozsah	7
Síla testu	0,9

4.7 Vyšetření způsobilosti měřidla

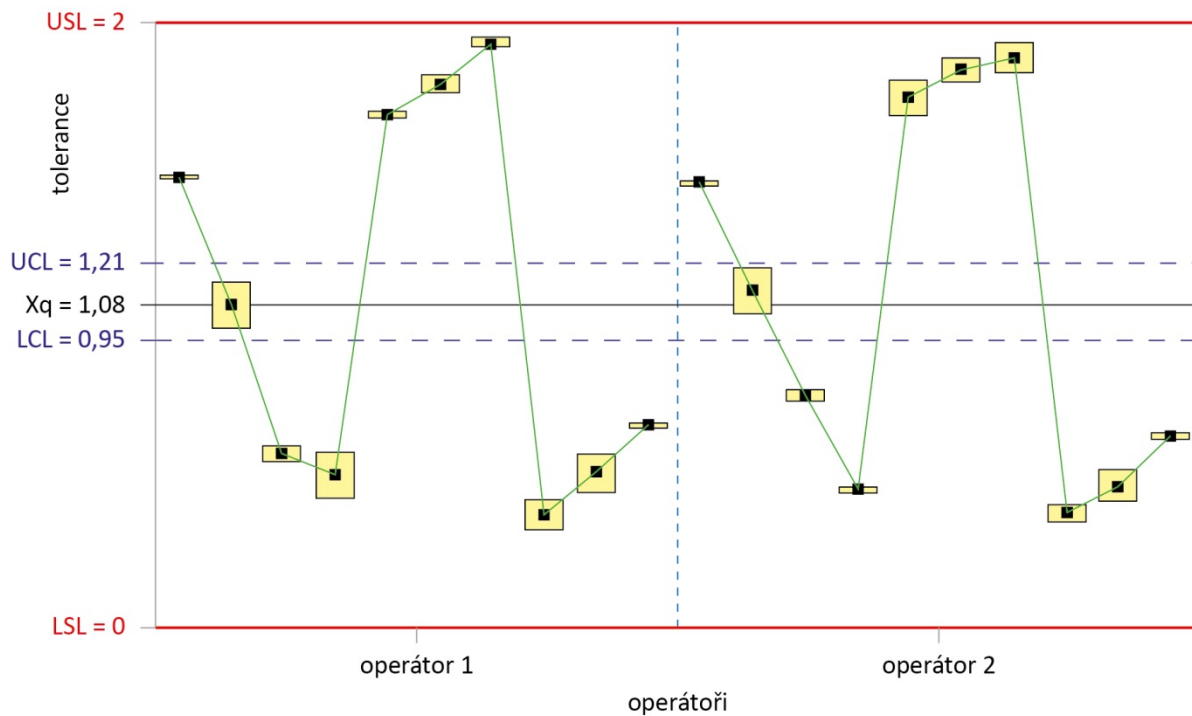
Vyšetření způsobilosti měřidla mělo prokázat vhodnost použití měřicího přístroje X-Rite eXact Advanced, který byl použit na vyhodnocování tiskových obrazců. Smyslem testu bylo prokázat, že daný přístroj dokáže vyhodnocovat v malých tolerancích a neovlivní tak výsledek zkoušky. Barvová odchylka ΔE byla vyhodnocována na potištěném substrátu, hodnota reflektance pak na nepotištěném substrátu. R&R analýza odpoví, zda systém měření zabezpečí detekci změny v rámci stanovených tolerancí.

Tab. 3 Protokol o vyšetření způsobilosti měřidla metodou R&R – ΔE

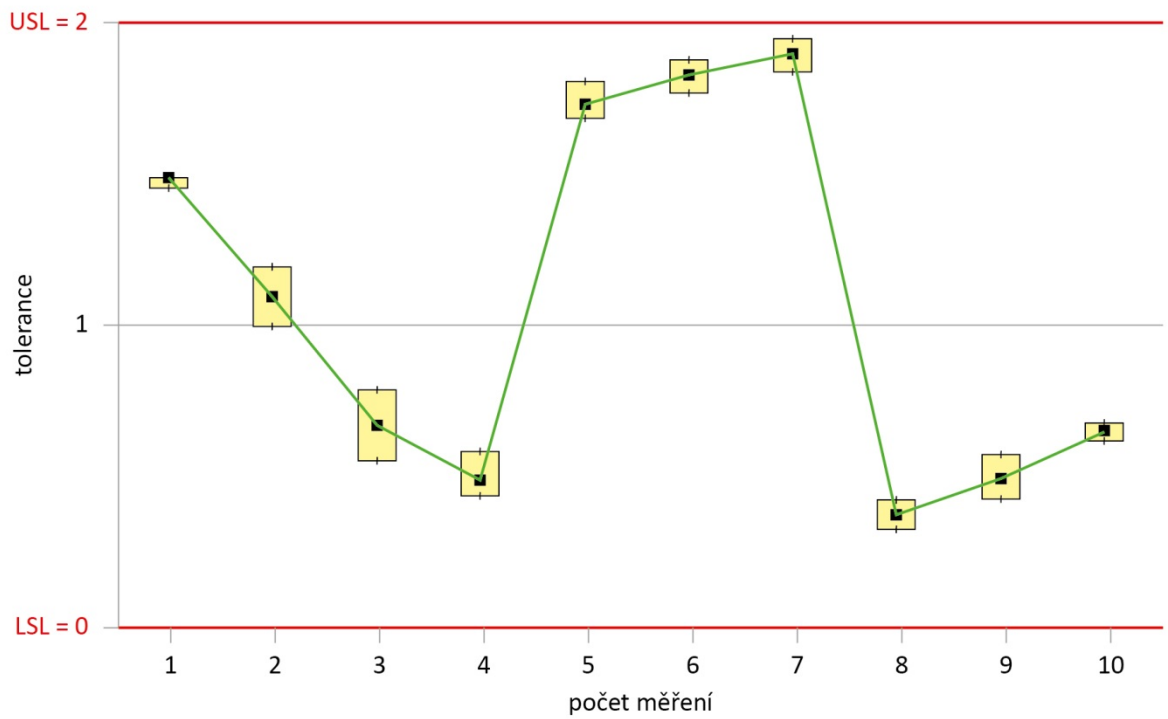
Uživatel měřidla:	Robert Götz	Evidenční číslo měřidla:	017865	
Název měřidla:	X-Rite eXact Advanced	Test:	ΔE	
Horní toleranční mez (USL):	2	Počet pracovníků:	2	
Dolní toleranční mez (LSL):	0	Počet opakování:	2	
Vyhodnocení se provádí na základě celkové proměnlivosti výrobku TV (variability výrobního procesu)				
	Pracovník 1		Pracovník 2	
Ks	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
1	1,50	1,50	1,48	1,49
2	1,00	1,15	1,20	1,05
3	0,55	0,60	0,75	0,79
4	0,43	0,58	0,45	0,47
5	1,70	1,72	1,71	1,83
6	1,85	1,79	1,90	1,83
7	1,94	1,97	1,95	1,86
8	0,32	0,42	0,40	0,35
9	0,45	0,57	0,42	0,52
10	0,67	0,68	0,63	0,65
K1			0,8862	
K2			0,7071	
K3			0,3146	
Rbar			0,0680	
Xbar Diff			0,0170	
Rp			1,5575	
Opakovatelnost EV:			0,0603	EV = Rbar * K1
Reprodukovatelnost AV:			0,0000	AV = Sqrt((XbarDiff * K2)^2 - (EV^2)/10 * 2))
Opak. a reproduk. R&R:			0,0603	R&R = sqrt(EV^2 + AV^2)
Proměnlivost kusu PV:			0,4900	PV = Rp * K3
Proměnlivost celková TV:			0,4937	TV = sqrt(R&R^2 + PV^2)
Opakovatelnost EV [%]:			12,21	EV [%] = 100 * EV / TV
Reprodukovatelnost AV [%]:			0,00	AV [%] = 100 * AV / TV
Opak. a reproduk. R&R [%]:			12,21	R&R [%] = 100 * R&R / TV
Proměnlivost kusu PV [%]:			99,25	PV [%] = 100 * PV / TV
Počet rozlišitelných kategorií:			11,46	ndc = 1,41 * PV / R&R
Závěrečné hodnocení:	Měřidlo je podmíněčně způsobilé (R&R [%] je v intervalu 10–30). Systém měření může být přijatelný podle důležitosti aplikace.			
Komentář:	Systém měření je pro HČR přijatelný, jelikož je velká variabilita sběrového papíru. Vliv operátora – je obtížné přesně změřit stejné místo při nepotíštěných výrobcích – viz měření po dílech. Důležité je, že operátoři došli v rámci ΔE 0–2 ke stejným výsledkům.			



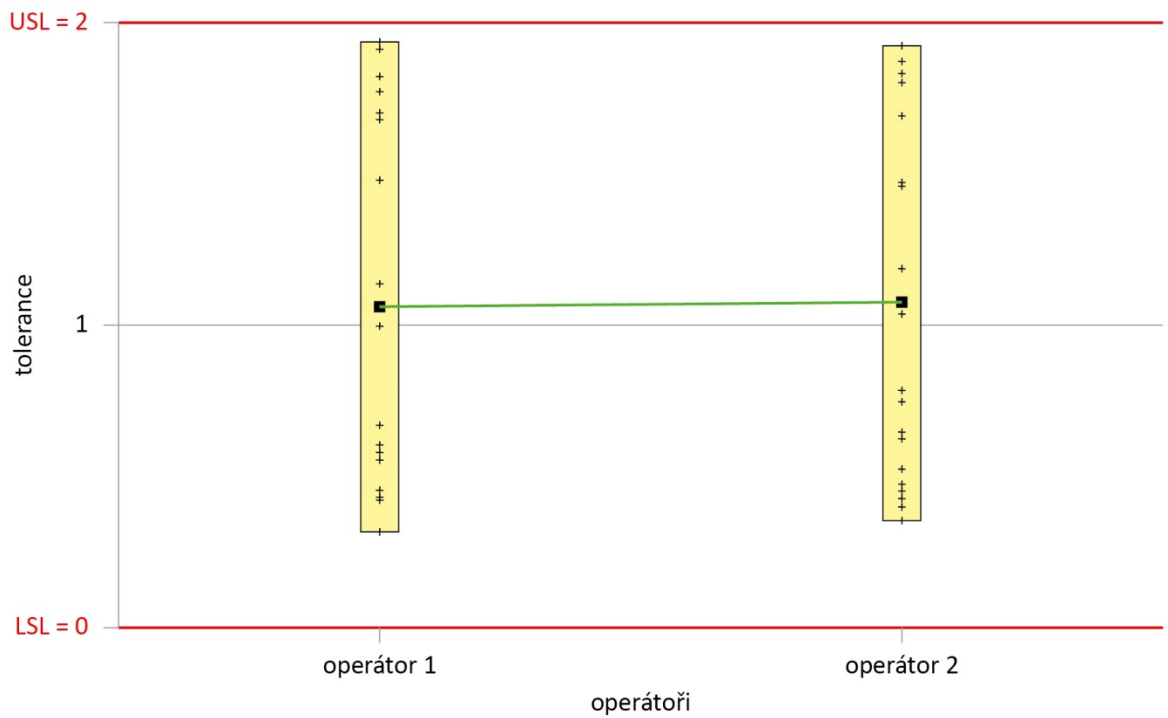
Graf 1 ΔE – interakce operátoři-díly



Graf 2 ΔE – karta X-bar po operátorech



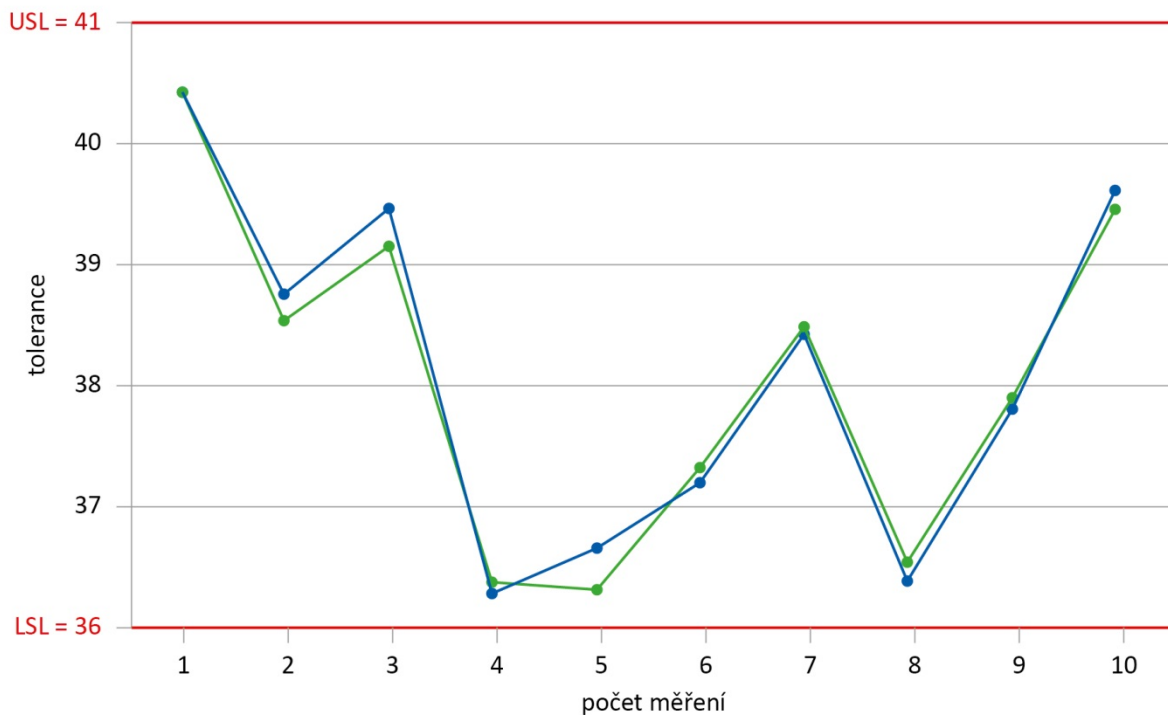
Graf 3 ΔE – měření po dílech



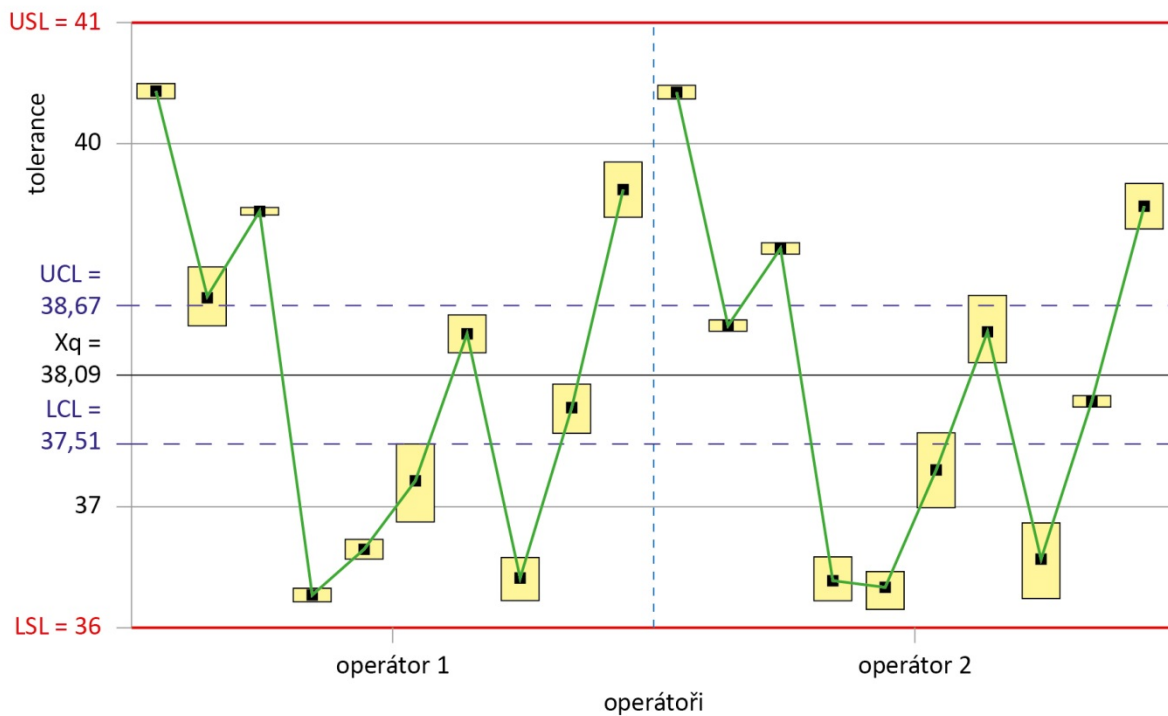
Graf 4 ΔE – měření po operátorech

Tab. 4 Protokol o vyšetření způsobilosti měřidla metodou R&R – Reflektance

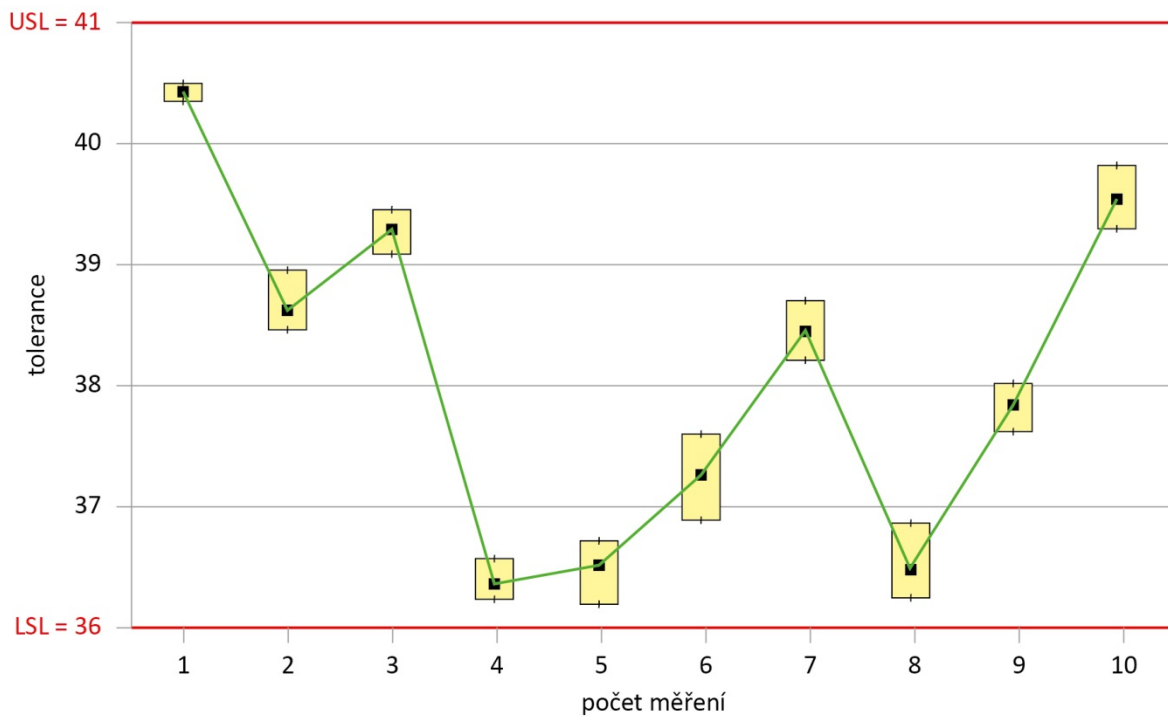
Uživatel měřidla:	Robert Götz	Evidenční číslo měřidla:	017865	
Název měřidla:	X-Rite eXact Advanced	Test:	Reflektance	
Horní toleranční mez (USL):	41	Počet pracovníků:	2	
Dolní toleranční mez (LSL):	36	Počet opakování:	2	
Vyhodnocení se provádí na základě celkové proměnlivosti výrobku TV (variability výrobního procesu)				
	Pracovník 1		Pracovník 2	
Ks	Měření 1	Měření 2	Měření 1	Měření 2
1	40,55	40,44	40,44	40,52
2	39,01	38,52	38,50	38,57
3	39,45	39,50	39,22	39,12
4	36,22	36,32	36,22	36,56
5	36,57	36,72	36,45	36,17
6	37,52	36,89	37,62	37,00
7	38,59	38,32	38,22	38,75
8	36,57	36,22	36,23	36,85
9	38,03	37,62	37,85	37,93
10	39,42	39,88	39,33	39,72
K1			0,8862	
K2			0,7071	
K3			0,3146	
Rbar			0,3065	
Xbar Diff			0,0545	
Rp			4,1575	
Opakovatelnost EV:			0,2716 EV = Rbar * K1	
Reprodukovatelnost AV:			0,0000 AV = Sqrt((XbarDiff * K2)^2 - (EV^2)/10 * 2))	
Opak. a reproduk. R&R:			0,2716 R&R = sqrt(EV^2 + AV^2)	
Proměnlivost kusu PV:			1,3080 PV = Rp * K3	
Proměnlivost celková TV:			1,3359 TV = sqrt(R&R^2 + PV^2)	
Opakovatelnost EV [%]:			20,33 EV [%] = 100 * EV / TV	
Reprodukovatelnost AV [%]:			0,00 AV [%] = 100 * AV / TV	
Opak. a reproduk. R&R [%]:			20,33 R&R [%] = 100 * R&R / TV	
Proměnlivost kusu PV [%]:			97,91 PV [%] = 100 * PV / TV	
Počet rozlišitelných kategorií:			6,79 ndc = 1,41 * PV / R&R	
Závěrečné hodnocení:	Měřidlo je podmíněčně způsobilé (R&R [%] je v intervalu 10–30). Systém měření může být přijatelný podle důležitosti aplikace.			
Komentář:	Metodika pomocí daného přístroje je vzhledem k proměnlivosti povrchu a obtížně opakovatelnému měření v daném místě vyhovující. Produkty HCR mají drsnost dle Parkera cca 10 μm, což představuje velmi nerovnoměrný povrch a odrazivost tím bude rozkolísaná.			



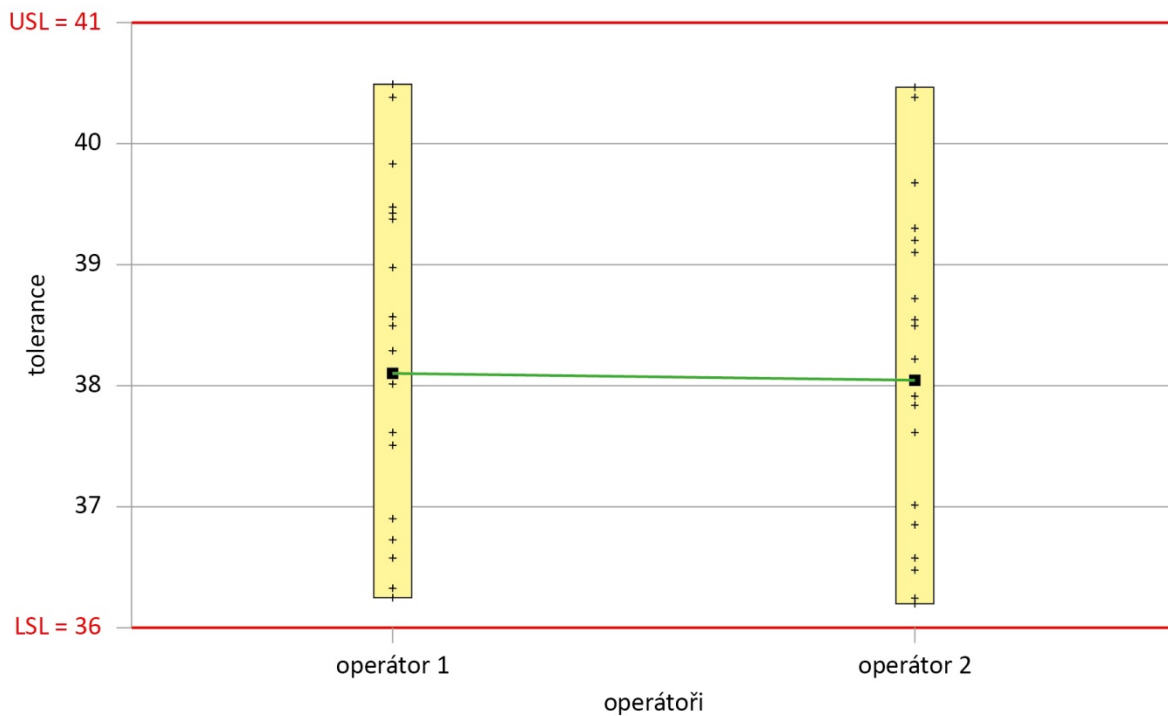
Graf 5 Reflektance – interakce operátoři-díly



Graf 6 Reflektance – karta X-bar po operátorech



Graf 7 Reflektance – měření po dílech



Graf 8 Reflektance – měření po operátorech

4.8 Vyhodnocení natištěných vzorků

Pro vyhodnocení tisku byly k dispozici tři druhy potištěných vzorků, z nichž dva byly zaměřeny na reprodukci barev a třetí z nich byl připraven zejména pro posouzení reprodukce detailů, vlastností tiskové formy a mechanických vlastností stroje a jeho nastavení.

4.8.1 Soutisk

Soutisk všech čtyř barev (v případě tiskového stroje SBI) při potisku nasávané kartonáže technikou nepřímého knihtisku vzniká na ofsetovém potahu. Tisková forma horního potisku se na formový válec upíná na dva čepy, které vymezují pozici formy. Ta na válci drží pomocí magnetů. Pro přesné usazení je na své opačné straně opatřena ryskou, která se pasuje k vyznačenému místu na válci (originální stroj SBI rysku nemá, tato byla zhotovena během najížděcích testů v HCR). [13]

Aretace pomocí magnetu umožňuje snadnější manipulaci s tiskovou formou pro přesné usazení, znemožňuje však případné podložení pro dopasování barev v celé ploše. Výška formy je 0,95 mm a je upevněna na formovém válci o průměru 150 mm. To v konečném důsledku znamená natažení motivu na tiskové formě – obvodový rozdíl může být 2,5 až 3 mm. Protože se natažení motivu projeví zejména na hranách objektů, záleží na grafickém motivu, zda jsou jednotlivé barevné výtažky podobné, nebo ne. Vyšší podobnost lze pozorovat při tisku bitmapových motivů, nižší podobnost pak při vektorové grafice, kde záleží na rozložení objektů (problém naopak odpadá při použití přímých barev, které nejsou v barevném soutisku, resp. tento problém není pozorovatelný).

K mírnému rozšíření obrazu dochází již v procesu přípravy tiskové formy vlivem osvitů (fotopolymerní deska je vyráběna přes negativní film, což vede k rozšíření tiskového bodu).

Tab. 5 Natažení tiskového motivu

Maximální délka motivu	[mm]
Grafika v počítači	182,0
Filmová předloha	182,0
Tisková forma	182,5
Vytištěný obraz	184,5

Natažení motivu bylo ve všech třech případech prakticky shodné. Soutiskové značky byly vyhodnocovány vizuálně pomocí polygrafické lupy a nasnímány digitálním mikroskopem. Následně byl změřen nesoutisk na soutiskových křížích. Soutisk byl považován za přijatelný, pokud vzájemný posun jednotlivých obrazů byl $\leq 1/2$ šířky síťové buňky, což, při použitím síťování 70 lpi, odpovídalo 181 μm .



Obr. 10 Soutiskový kříž (3× zvětšeno)

Na obrázku je porovnání soutiskového kříže na nájezdové straně tiskové formy (vlevo) a na opačné straně tiskové formy (uprostřed a vpravo). Soutisk na obrázku uprostřed je přijatelný, soutisk na obrázku vpravo je nepřijatelný.

Nájezdová strana tiskové formy byla spasovaná velice přesně, byly proto posuzovány soutiskové kříže na opačné straně formy. Jako referenční byla určena černá barva, která je na potisku nejdominantnější barvou. Byl posuzován soutisk procesních barev (CMY) zvlášť v příčném a zvlášť v podélném směru tisku. Zároveň byl zvlášť vyhodnocen horní a spodní soutiskový kříž. Vyhodnocení bylo provedeno pro první a druhý tiskový motiv (třetí motiv byl jednobarevný).

Tloušťka linky natištěného soutiskového kříže byla 360 μm , maximální přijatelná hodnota součtu dvou barev tedy byla 541 μm . Nejnižší možná naměřená hodnota mohla být 360 μm v případě přesného soutisku dvou barev. Pro náročnost na přesnost provedení měření byly měřené hodnoty zaokrouhlovány na desítková místa.

Tab. 6 Posouzení soutisku, grafický motiv č. 1, horní soutiskový kříž

Horní kříž	Grafický motiv č. 1											
	Společná šířka dvou měřených barev [μm]						Vyhovující					
	Podélný soutisk			Příčný soutisk			Podélný soutisk			Příčný soutisk		
vz.	C + K	M + K	Y + K	C + K	M + K	Y + K	C	M	Y	C	M	Y
1	430	520	490	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
2	410	550	510	360	360	360	ano	ne	ano	ano	ano	ano
3	410	550	520	360	360	360	ano	ne	ano	ano	ano	ano
4	400	530	500	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
5	410	540	490	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
6	400	540	520	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
7	420	550	520	360	360	360	ano	ne	ano	ano	ano	ano
8	410	530	510	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
9	410	520	530	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
10	430	520	520	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
11	410	530	510	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
12	420	520	490	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
13	400	510	510	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
14	420	520	520	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
15	420	530	520	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
∅	413	531	511	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
max	430	550	530	360	360	360	ano	ne	ano	ano	ano	ano

U horního soutiskového kříže prvního grafického motivu nebyl se soutiskem zásadní problém. Z výsledků lze pozorovat mírně odlišné hodnoty u podélného soutisku, což je dáno umístěním tiskové formy na formovém válci. Příčný soutisk byl naprosto bez závad.

Tab. 7 Posouzení soutisku, grafický motiv č. 1, spodní soutiskový kříž

Spodní kříž	Grafický motiv č. 1											
	Společná šířka dvou měřených barev [μm]						Vyhovující					
	Podélný soutisk			Příčný soutisk			Podélný soutisk			Příčný soutisk		
vz.	C + K	M + K	Y + K	C + K	M + K	Y + K	C	M	Y	C	M	Y
1	400	520	500	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
2	410	530	490	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
3	390	520	500	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
4	400	500	500	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
5	420	510	480	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
6	410	540	500	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
7	400	550	520	360	360	360	ano	ne	ano	ano	ano	ano
8	390	540	510	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
9	410	530	520	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
10	410	530	520	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
11	420	540	510	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
12	400	520	530	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
13	410	540	490	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
14	390	540	500	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
15	400	540	490	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
∅	404	530	504	360	360	360	ano	ano	ano	ano	ano	ano
max	420	550	530	360	360	360	ano	ne	ano	ano	ano	ano

Spodní soutiskový kříž prvního grafického návrhu svými výsledky koresponduje s výsledky horního soutiskového kříže. Obecně se tedy dá usuzovat, že rozmístění a tvary tiskových obrazců nebyly ovlivněny upnutím tiskové formy na formový válec.

Tab. 8 Posouzení soutisku, grafický motiv č. 2, horní soutiskový kříž

Horní kříž	Grafický motiv č. 2											
	Společná šířka dvou měřených barev [μm]						Vyhovující					
	Podélný soutisk			Příčný soutisk			Podélný soutisk			Příčný soutisk		
vz.	C + K	M + K	Y + K	C + K	M + K	Y + K	C	M	Y	C	M	Y
16	540	540	380	580	390	550	ano	ano	ano	ne	ano	ne
17	550	530	400	570	400	560	ne	ano	ano	ne	ano	ne
18	540	520	390	570	380	550	ano	ano	ano	ne	ano	ne
19	560	530	390	550	380	550	ne	ano	ano	ne	ano	ne
20	540	530	380	570	390	540	ano	ano	ano	ne	ano	ano
21	540	530	390	560	380	540	ano	ano	ano	ne	ano	ano
22	550	540	390	560	390	540	ne	ano	ano	ne	ano	ano
23	550	550	390	560	390	550	ne	ne	ano	ne	ano	ne
24	530	540	390	560	400	560	ano	ano	ano	ne	ano	ne
25	550	540	390	570	390	560	ne	ano	ano	ne	ano	ne
26	540	540	380	570	400	550	ano	ano	ano	ne	ano	ne
27	540	530	390	560	400	560	ano	ano	ano	ne	ano	ne
28	560	540	400	570	390	540	ne	ano	ano	ne	ano	ano
29	540	530	390	560	400	540	ano	ano	ano	ne	ano	ano
30	550	550	390	560	380	550	ne	ne	ano	ne	ano	ne
∅	545	536	389	565	391	549	ne	ano	ano	ne	ano	ne
max	560	550	400	580	400	560	ne	ne	ano	ne	ano	ne

U horního soutiskového kříže druhého grafického motivu lze pozorovat řadu nesrovnalostí v soutisku. Druhý grafický motiv obsahoval bitmapové obrazce. Protože v HCR tiskař nemá na produktu k dispozici soutiskové kříže, je nucen soutisk seřadit přímo v grafickém motivu. U tiskové formy azurové barvy nebylo možné soutisk jemně doladit mírnou změnou umístění tiskové formy na formovém válci, o čemž vypovídají hodnoty příčného soutisku. Stejně tak u tiskové formy žluté barvy.

Tab. 9 Posouzení soutisku, grafický motiv č. 2, spodní soutiskový kříž

Spodní kříž	Grafický motiv č. 2											
	Společná šířka dvou měřených barev [μm]						Vyhovující					
	Podélný soutisk			Příčný soutisk			Podélný soutisk			Příčný soutisk		
vz.	C + K	M + K	Y + K	C + K	M + K	Y + K	C	M	Y	C	M	Y
16	650	520	420	570	380	550	ne	ano	ano	ne	ano	ne
17	650	530	410	570	400	540	ne	ano	ano	ne	ano	ano
18	640	520	410	570	390	540	ne	ano	ano	ne	ano	ano
19	640	520	420	580	390	550	ne	ano	ano	ne	ano	ne
20	650	530	410	570	390	560	ne	ano	ano	ne	ano	ne
21	650	520	430	570	380	540	ne	ano	ano	ne	ano	ano
22	650	530	410	580	390	560	ne	ano	ano	ne	ano	ne
23	640	530	420	570	390	540	ne	ano	ano	ne	ano	ano
24	650	540	420	580	380	560	ne	ano	ano	ne	ano	ne
25	650	520	410	570	390	560	ne	ano	ano	ne	ano	ne
26	650	520	420	570	400	550	ne	ano	ano	ne	ano	ne
27	660	530	410	560	382	540	ne	ano	ano	ne	ano	ano
28	650	540	420	570	390	540	ne	ano	ano	ne	ano	ano
29	640	530	420	570	390	560	ne	ano	ano	ne	ano	ne
30	650	530	420	570	380	550	ne	ano	ano	ne	ano	ne
∅	648	527	417	571	388	549	ne	ano	ano	ne	ano	ne
max	660	540	430	580	400	560	ne	ano	ano	ne	ano	ne

Spodní soutiskový kříž druhého grafického návrhu opět ve většině případů koresponduje s horním soutiskovým křížem. Azurová tisková forma opět poukazuje na nedokonalé umístění tiskové formy na válci.

Obecně se dá soutisk vyhodnotit tak, že při pečlivém usazení tiskových forem, s ohledem na povolenou toleranci nesoutisku (polovina šířky síťové buňky), při síťování 70 lpi, na produktu E+10 nevznikají zásadnější problémy se soutiskem, které by ovlivnily výsledné vnímání reprodukce lidským okem.

4.8.2 Optická hustota a $L^*a^*b^*$

Optická hustota mimo jiné udává tloušťku barvové vrstvy nanesené na potiskovaný materiál. Protože tisková barva do produktu z nasávané kartonáže ochotně penetruje, naměřené hodnoty byly výrazně nižší, než u technologie ofsetového tisku s vlhčením.

Po seřízení a vytištění prvního grafického motivu byly na tiskovém stroji vyměněny tiskové formy za druhý grafický motiv. Po rozjezdu tiskové zkoušky bylo dávkování barev upraveno s ohledem na tiskový motiv tak, aby nedocházelo k nadměrnému zanášení tiskové sítě. Tato úprava zapříčinila úbytek optické hustoty, jak je patrné z tabulky (Tab. 12).



Obr. 11 Obrazec pro posouzení optické hustoty (3× zvětšeno)

Měření bylo průměrováno ze tří naměřených hodnot. Vyhodnocení probíhalo spektrodenzitometrem X-Rite eXact Advanced s nastavením D50/10, status E, bez polarizačního filtru.

U této části tiskové zkoušky byly změřeny i hodnoty $L^*a^*b^*$, aby bylo možné porovnání vytištěných grafických motivů pomocí barvové odchylky ΔE .

Tab. 10 Barvová odchylka

Hodnota ΔE	Hodnocení barevného vjemu
0–1	Nepostřehnutelná odchylka
1–2	Malá odchylka, postřehnutelná zkušeným okem
2–3	Malá odchylka, postřehnutelná i nezkušeným okem
3–6	Střední odchylka
>6	Velká odchylka

Tab. 11 Naměřené hodnoty optické hustoty a $L^* a^* b^*$

Grafický motiv č. 1						Grafický motiv č. 2					
vz.	Pole	[D]	L^*	a^*	b^*	vz.	Pole	[D]	L^*	a^*	b^*
1	C	0,53	56,73	-19,12	-14,53	16	C	0,31	61,87	-10,66	-3,60
	M	0,56	52,57	34,67	5,45		M	0,34	58,82	23,92	3,43
	Y	0,46	72,38	3,27	45,62		Y	0,27	72,15	2,34	32,51
	K	0,64	40,35	1,17	4,23		K	0,53	44,30	1,48	5,32
2	C	0,44	59,07	-16,09	-12,68	17	C	0,35	60,45	-12,11	-4,97
	M	0,55	52,72	34,27	5,30		M	0,36	58,89	26,04	3,46
	Y	0,41	72,92	2,98	42,56		Y	0,29	73,33	2,21	34,95
	K	0,56	43,74	1,35	4,35		K	0,49	46,26	1,57	5,47
3	C	0,52	56,37	-18,73	-14,91	18	C	0,38	59,57	-12,58	-5,10
	M	0,60	51,03	35,94	5,50		M	0,36	59,18	25,34	4,54
	Y	0,44	72,27	2,22	44,58		Y	0,28	73,11	2,64	33,44
	K	0,57	42,61	1,19	4,53		K	0,43	49,72	1,96	6,58
4	C	0,55	56,45	-19,66	-16,76	19	C	0,38	59,75	-13,29	-6,22
	M	0,60	51,86	36,78	5,14		M	0,35	59,38	23,83	3,00
	Y	0,47	72,56	3,11	45,36		Y	0,26	72,80	1,17	29,58
	K	0,58	42,91	1,31	4,35		K	0,50	46,20	1,28	5,42
5	C	0,55	56,21	-19,80	-15,47	20	C	0,37	60,98	-12,81	-6,15
	M	0,62	50,96	36,76	6,74		M	0,40	58,24	27,09	2,57
	Y	0,43	73,09	2,89	43,97		Y	0,29	73,46	1,44	32,63
	K	0,58	43,24	1,30	4,98		K	0,54	44,99	1,38	4,93
6	C	0,50	56,05	-18,03	-12,88	21	C	0,37	59,26	-12,54	-5,07
	M	0,57	51,15	34,93	7,52		M	0,39	57,17	26,95	3,66
	Y	0,41	71,10	3,24	43,13		Y	0,29	71,92	1,42	33,89
	K	0,56	42,71	1,34	4,96		K	0,52	44,36	1,28	5,23
7	C	0,48	56,75	-17,57	-13,02	22	C	0,37	60,99	-12,58	-6,50
	M	0,58	50,77	35,07	6,61		M	0,34	60,51	23,93	2,50
	Y	0,41	71,78	2,76	43,49		Y	0,27	73,91	1,39	32,26
	K	0,56	42,62	1,21	4,70		K	0,50	46,72	1,38	5,30
8	C	0,49	57,93	-17,69	-14,80	23	C	0,36	61,37	-12,49	-7,31
	M	0,57	52,36	36,00	5,11		M	0,33	60,74	23,78	1,98
	Y	0,43	72,98	3,04	44,55		Y	0,30	73,91	1,71	33,90
	K	0,54	44,49	1,45	4,67		K	0,50	46,69	1,52	5,14

Tab. 11 – pokračování

Grafický motiv č. 1						Grafický motiv č. 2					
vz.	Pole	[D]	L*	a*	b*	vz.	Pole	[D]	L*	a*	b*
9	C	0,49	57,96	-17,92	-14,44	24	C	0,32	62,53	-10,86	-4,48
	M	0,57	52,31	35,33	4,99		M	0,37	59,28	24,79	2,50
	Y	0,43	72,60	2,88	42,80		Y	0,28	73,86	1,50	32,02
	K	0,52	45,60	1,39	4,69		K	0,53	45,65	1,38	5,12
10	C	0,52	57,84	-19,69	-13,49	25	C	0,31	63,56	-11,53	-5,49
	M	0,61	51,98	36,65	6,31		M	0,36	59,58	24,71	2,08
	Y	0,43	74,02	2,68	45,57		Y	0,27	74,02	0,88	30,60
	K	0,53	45,82	1,08	5,72		K	0,54	45,17	1,16	4,75
11	C	0,48	58,02	-16,84	-13,57	26	C	0,40	60,10	-13,42	-7,36
	M	0,57	52,21	35,80	5,55		M	0,35	60,26	25,02	2,78
	Y	0,39	72,75	3,03	41,01		Y	0,29	74,29	2,05	33,78
	K	0,53	45,24	1,46	4,55		K	0,54	45,13	1,32	4,59
12	C	0,51	57,24	-18,56	-14,01	27	C	0,36	61,03	-12,10	-6,52
	M	0,58	52,26	35,09	6,12		M	0,37	59,60	24,95	1,86
	Y	0,41	72,78	2,85	42,66		Y	0,30	73,51	1,04	32,55
	K	0,58	43,19	1,30	4,75		K	0,52	46,15	1,15	4,92
13	C	0,49	57,10	-17,68	-14,65	28	C	0,36	62,34	-12,80	-6,49
	M	0,54	52,64	33,50	5,74		M	0,33	61,87	23,30	2,18
	Y	0,47	71,94	3,20	45,83		Y	0,28	75,10	1,21	32,26
	K	0,60	41,72	1,29	4,12		K	0,52	46,52	1,38	5,15
14	C	0,54	56,68	-19,23	-15,90	29	C	0,36	62,34	-12,73	-6,33
	M	0,63	50,98	37,25	6,21		M	0,34	61,20	23,94	1,95
	Y	0,49	72,44	2,97	47,14		Y	0,27	75,29	1,29	32,63
	K	0,61	42,02	1,14	4,15		K	0,52	46,49	1,31	4,98
15	C	0,53	57,26	-19,08	-16,20	30	C	0,36	60,02	-11,78	-4,00
	M	0,60	51,97	36,40	4,97		M	0,35	59,16	24,30	4,11
	Y	0,45	73,41	2,94	45,33		Y	0,28	72,14	2,24	31,96
	K	0,60	42,13	1,25	4,13		K	0,49	46,75	1,56	5,92

Naměřené hodnoty byly zprůměrovány. Průměrné hodnoty byly zaznamenány v další tabulce (Tab. 12), kde byl porovnán rozdíl v optických hustotách a barvová odchylka ΔE .

Tab. 12 Porovnání optické hodnoty a barvové odchylky

Pole	Grafický motiv č. 1				Grafický motiv č. 2				Rozdíl	
	[D]	L*	a*	b*	[D]	L*	a*	b*	[D]	ΔE
C	0,51	57,18	-18,38	-14,49	0,36	61,08	-12,28	-5,71	0,15	11,4
M	0,58	51,85	35,63	5,82	0,36	59,59	24,79	2,84	0,23	13,6
Y	0,44	72,60	2,94	44,24	0,28	73,52	1,64	32,60	0,16	11,8
K	0,57	43,23	1,28	4,59	0,51	46,07	1,41	5,26	0,06	2,9

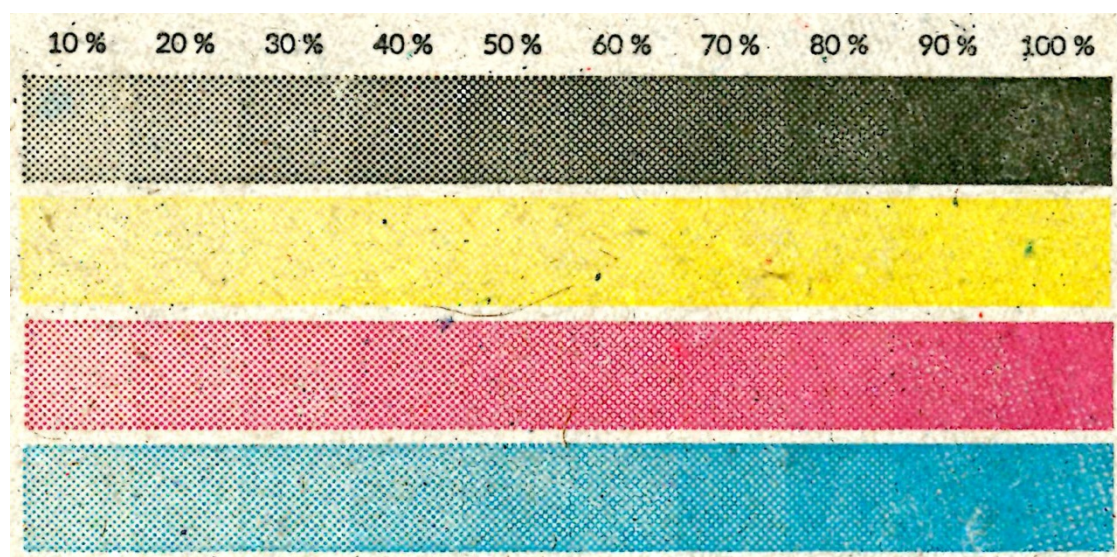
Rozdíl optické hustoty odpovídá postupu nastavení odběru barvy z barevnic tiskového stroje, kde byl u druhého tiskového motivu snížen odběr barvy z důvodu zalévání detailů bitmapových obrázků.

Barvová odchylka ΔE se pohybuje ve vysokých hodnotách, kde jsou rozdíly v barevnosti bez potíží rozeznatelné i nezkušeným okem. U pestrých barev ΔE v podobných hodnotách, což vypovídá o celkovém snížení barevnosti obrázku. Černá barva tvoří zejména kontury a stíny, proto snížení barvy nemuselo být tak radikální.

4.8.3 Nárůst tónové hodnoty

Nárůst hodnoty tiskového bodu se při standardním měření u ofsetového tisku stanovuje pro 40% a 80% pokrytí. Protože nejsou známy nárůsty tónových hodnot na nasávané kartonáži, bylo měření provedeno pro celou škálu hodnot v rozmezí 5–100 % s krokem po 10 %.

Škály byly na vzorku dvě – v podélném a v příčném směru tisku. Každá z nich byla vyhodnocena samostatně. Vyhodnocení probíhalo dosazením naměřených a zprůměrovaných hodnot do rovnice Muray-Davies (kapitola 3.2.2) s následným výpočtem. Od výsledné hodnoty byla odečtena původní tónová hodnota na filmu. Výsledek pak poukazuje na nárůst tónové hodnoty v každém políčku obrazce. Pro názornost tyto hodnoty byly zaneseny do grafu.



Obr. 12 Škála barev CMYK (2× zvětšeno)

Každé pole obrazce bylo třikrát změřeno spektrofotometrem X-Rite eXact Advanced s nastavením D50/10, status E, bez polarizačního filtru.

Ve dvou případech, vždy v devadesátiprocentním poli obrazce, byl výsledek rovnice vyšší než 100 % (Tab. 16 a Tab. 19), což v teoretické rovině nedává smysl. Vysvětlení je, že povrch substrátu není dostatečně hladký a plné plochy mají tendence k zanášení prachem.

V konečném výsledku tak může být pokrytí barvou 100% plochy nižší, než 90% plochy, která se vlivem nárůstu tónové hodnoty blíží těsně ke 100% hodnotě.

Tab. 13 Naměřené hodnoty tiskové škály, podélný směr tisku, azurová barva

C [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,00	0,11	0,14	0,19	0,22	0,31	0,35	0,39	0,47	0,55	0,52
2	0,00	0,09	0,14	0,18	0,21	0,28	0,29	0,37	0,45	0,52	0,51
3	0,00	0,12	0,17	0,22	0,23	0,30	0,36	0,45	0,48	0,50	0,58
4	0,00	0,11	0,15	0,20	0,24	0,29	0,34	0,42	0,49	0,57	0,59
5	0,00	0,12	0,17	0,19	0,23	0,33	0,36	0,42	0,50	0,53	0,55
6	0,00	0,12	0,16	0,21	0,26	0,33	0,34	0,44	0,51	0,53	0,59
7	0,00	0,12	0,16	0,19	0,23	0,29	0,32	0,43	0,49	0,53	0,56
8	0,00	0,10	0,15	0,18	0,23	0,28	0,32	0,35	0,46	0,51	0,54
9	0,00	0,10	0,13	0,15	0,22	0,26	0,31	0,32	0,47	0,49	0,53
10	0,00	0,10	0,14	0,19	0,20	0,28	0,33	0,39	0,47	0,52	0,56
11	0,00	0,10	0,15	0,18	0,22	0,28	0,33	0,35	0,43	0,52	0,54
12	0,00	0,12	0,16	0,18	0,22	0,29	0,34	0,39	0,46	0,51	0,56
13	0,00	0,12	0,14	0,18	0,24	0,27	0,36	0,41	0,48	0,47	0,56
14	0,00	0,12	0,17	0,20	0,27	0,33	0,35	0,46	0,49	0,59	0,59
15	0,00	0,11	0,15	0,21	0,26	0,32	0,33	0,43	0,52	0,56	0,58
Průměr	0,00	0,11	0,15	0,19	0,23	0,30	0,33	0,40	0,48	0,53	0,56
Tisk [%]	0,00	30,94	40,87	49,00	57,22	68,52	74,20	83,48	92,36	97,19	100,00
TVI [%]	0,00	20,94	20,87	19,00	17,22	18,52	14,20	13,48	12,36	7,19	0,00

Tab. 14 Naměřené hodnoty tiskové škály, podélný směr tisku, purpurová barva

M [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,00	0,11	0,16	0,21	0,26	0,31	0,34	0,39	0,47	0,54	0,56
2	0,00	0,13	0,15	0,19	0,25	0,30	0,35	0,41	0,45	0,52	0,54
3	0,00	0,13	0,18	0,20	0,26	0,34	0,36	0,40	0,48	0,53	0,62
4	0,00	0,12	0,16	0,21	0,25	0,29	0,35	0,41	0,50	0,58	0,61
5	0,00	0,12	0,17	0,21	0,29	0,34	0,36	0,44	0,48	0,55	0,58
6	0,00	0,11	0,17	0,21	0,27	0,33	0,35	0,41	0,48	0,51	0,58
7	0,00	0,12	0,18	0,21	0,28	0,33	0,35	0,44	0,49	0,51	0,59
8	0,00	0,11	0,17	0,20	0,27	0,31	0,33	0,41	0,48	0,52	0,57
9	0,00	0,12	0,16	0,19	0,25	0,30	0,35	0,41	0,48	0,56	0,59
10	0,00	0,11	0,16	0,19	0,27	0,30	0,34	0,41	0,49	0,53	0,56
11	0,00	0,11	0,16	0,20	0,28	0,30	0,35	0,40	0,46	0,54	0,58
12	0,00	0,12	0,17	0,22	0,24	0,32	0,35	0,40	0,49	0,53	0,59
13	0,00	0,12	0,17	0,21	0,27	0,30	0,35	0,41	0,49	0,49	0,57
14	0,00	0,13	0,18	0,22	0,29	0,35	0,38	0,48	0,55	0,55	0,60
15	0,00	0,12	0,17	0,20	0,27	0,29	0,36	0,41	0,47	0,52	0,61
Průměr	0,00	0,12	0,17	0,21	0,27	0,32	0,35	0,42	0,48	0,53	0,58
Tisk [%]	0,00	32,32	43,13	51,06	62,05	69,90	75,14	83,35	90,98	95,70	100,00
TVI [%]	0,00	22,32	23,13	21,06	22,05	19,90	15,14	13,35	10,98	5,70	0,00

Tab. 15 Naměřené hodnoty tiskové škály, podélný směr tisku, žlutá barva

Y [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,00	0,10	0,14	0,17	0,21	0,27	0,31	0,39	0,36	0,45	0,45
2	0,00	0,09	0,13	0,17	0,21	0,24	0,29	0,38	0,42	0,44	0,46
3	0,00	0,12	0,16	0,19	0,25	0,31	0,35	0,42	0,44	0,44	0,46
4	0,00	0,11	0,14	0,17	0,23	0,28	0,28	0,35	0,43	0,47	0,49
5	0,00	0,11	0,15	0,18	0,28	0,32	0,32	0,41	0,44	0,39	0,50
6	0,00	0,09	0,15	0,19	0,23	0,29	0,30	0,40	0,41	0,44	0,47
7	0,00	0,12	0,15	0,21	0,23	0,26	0,31	0,40	0,38	0,44	0,46
8	0,00	0,09	0,12	0,16	0,20	0,25	0,29	0,41	0,43	0,44	0,45
9	0,00	0,10	0,13	0,17	0,23	0,27	0,31	0,38	0,40	0,42	0,45
10	0,00	0,10	0,13	0,16	0,21	0,23	0,29	0,41	0,42	0,44	0,47
11	0,00	0,09	0,13	0,17	0,22	0,27	0,26	0,38	0,41	0,45	0,41
12	0,00	0,11	0,14	0,18	0,23	0,28	0,29	0,38	0,40	0,41	0,43
13	0,00	0,12	0,14	0,19	0,23	0,28	0,30	0,40	0,44	0,50	0,43
14	0,00	0,13	0,16	0,19	0,26	0,30	0,33	0,41	0,44	0,47	0,50
15	0,00	0,12	0,14	0,16	0,24	0,27	0,33	0,37	0,45	0,48	0,47
Průměr	0,00	0,11	0,14	0,18	0,23	0,27	0,30	0,39	0,42	0,45	0,46
Tisk [%]	0,00	32,94	42,32	51,26	63,09	71,68	77,17	91,05	94,60	98,16	100,00
TVI [%]	0,00	22,94	22,32	21,26	23,09	21,68	17,17	21,05	14,60	8,16	0,00

Tab. 16 Naměřené hodnoty tiskové škály, podélný směr tisku, černá barva

K [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,00	0,12	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,43	0,55	0,59	0,62
2	0,00	0,09	0,15	0,21	0,25	0,32	0,36	0,47	0,52	0,59	0,57
3	0,00	0,11	0,16	0,22	0,26	0,33	0,38	0,46	0,54	0,63	0,61
4	0,00	0,10	0,16	0,18	0,28	0,33	0,41	0,47	0,56	0,63	0,63
5	0,00	0,11	0,16	0,22	0,26	0,36	0,38	0,48	0,49	0,63	0,60
6	0,00	0,11	0,16	0,21	0,27	0,34	0,38	0,46	0,52	0,62	0,57
7	0,00	0,11	0,15	0,19	0,25	0,31	0,38	0,48	0,50	0,60	0,55
8	0,00	0,12	0,15	0,20	0,24	0,32	0,38	0,47	0,55	0,60	0,58
9	0,00	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,38	0,47	0,47	0,60	0,57
10	0,00	0,10	0,13	0,19	0,24	0,30	0,34	0,45	0,52	0,60	0,59
11	0,00	0,11	0,15	0,19	0,25	0,31	0,38	0,46	0,51	0,59	0,60
12	0,00	0,14	0,15	0,21	0,26	0,33	0,35	0,43	0,53	0,63	0,59
13	0,00	0,12	0,14	0,20	0,27	0,32	0,40	0,45	0,51	0,60	0,66
14	0,00	0,12	0,17	0,21	0,28	0,35	0,40	0,48	0,53	0,64	0,63
15	0,00	0,12	0,15	0,20	0,26	0,33	0,38	0,46	0,54	0,63	0,61
Průměr	0,00	0,11	0,15	0,20	0,26	0,33	0,38	0,46	0,52	0,61	0,60
Tisk [%]	0,00	30,25	39,51	49,75	60,48	70,53	77,75	87,50	93,63	101,05	100,00
TVI [%]	0,00	20,25	19,51	19,75	20,48	20,53	17,75	17,50	13,63	11,05	0,00

Tab. 17 Naměřené hodnoty tiskové škály, příčný směr tisku, azurová barva

C [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,00	0,08	0,12	0,17	0,24	0,30	0,35	0,39	0,43	0,45	0,45
2	0,00	0,08	0,12	0,17	0,23	0,30	0,34	0,38	0,40	0,40	0,40
3	0,00	0,09	0,13	0,18	0,24	0,32	0,34	0,40	0,44	0,43	0,41
4	0,00	0,08	0,13	0,18	0,24	0,29	0,36	0,42	0,44	0,45	0,48
5	0,00	0,10	0,14	0,21	0,26	0,34	0,37	0,43	0,50	0,41	0,41
6	0,00	0,09	0,14	0,17	0,23	0,31	0,35	0,40	0,46	0,41	0,41
7	0,00	0,09	0,13	0,18	0,24	0,32	0,36	0,39	0,44	0,44	0,45
8	0,00	0,07	0,13	0,17	0,24	0,28	0,32	0,38	0,41	0,43	0,43
9	0,00	0,07	0,11	0,18	0,23	0,28	0,33	0,37	0,41	0,43	0,41
10	0,00	0,08	0,13	0,17	0,24	0,30	0,34	0,40	0,43	0,43	0,43
11	0,00	0,08	0,13	0,17	0,23	0,29	0,33	0,40	0,42	0,42	0,42
12	0,00	0,08	0,13	0,17	0,22	0,31	0,32	0,39	0,40	0,44	0,47
13	0,00	0,08	0,13	0,18	0,24	0,29	0,33	0,41	0,39	0,45	0,43
14	0,00	0,09	0,14	0,19	0,24	0,33	0,37	0,41	0,44	0,46	0,52
15	0,00	0,08	0,14	0,17	0,25	0,30	0,36	0,39	0,45	0,48	0,50
Průměr	0,00	0,08	0,13	0,18	0,24	0,30	0,34	0,40	0,43	0,43	0,44
Tisk [%]	0,00	27,16	40,43	52,33	65,87	78,61	85,66	93,59	98,22	98,82	100,00
TVI [%]	0,00	17,16	20,43	22,33	25,87	28,61	25,66	23,59	18,22	8,82	0,00

Tab. 18 Naměřené hodnoty tiskové škály, příčný směr tisku, purpurová barva

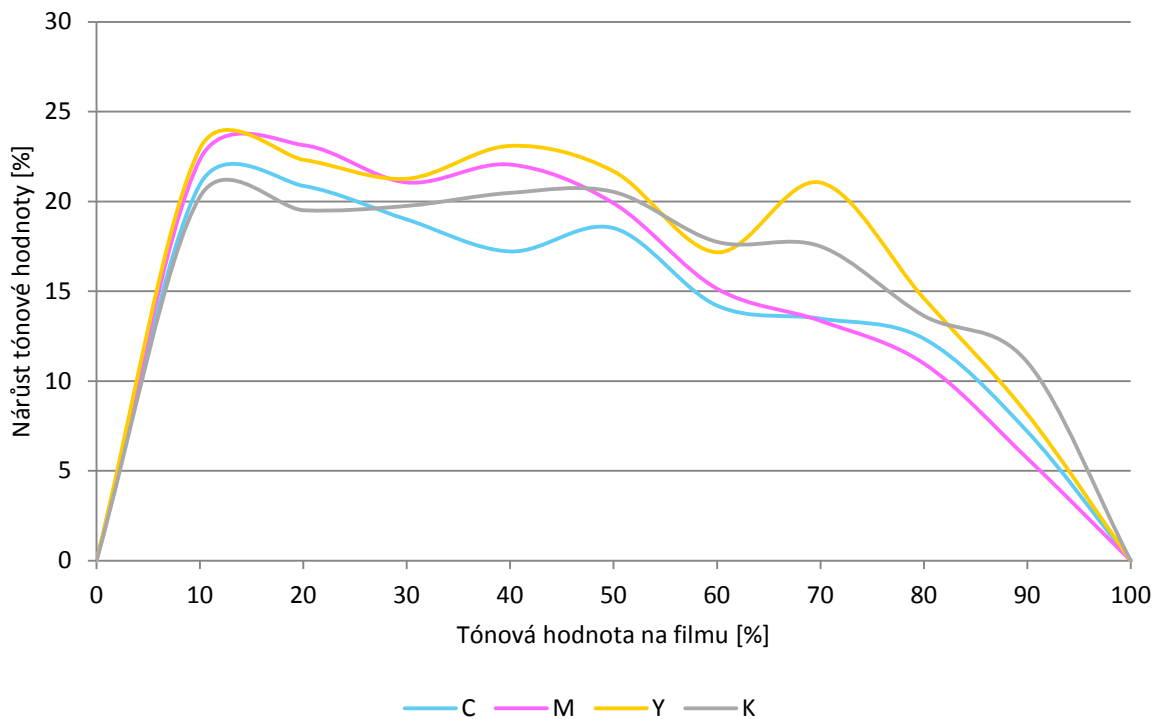
M [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,00	0,12	0,14	0,19	0,24	0,27	0,33	0,40	0,50	0,62	0,70
2	0,00	0,10	0,14	0,19	0,22	0,30	0,34	0,40	0,49	0,59	0,66
3	0,00	0,14	0,16	0,19	0,25	0,30	0,35	0,44	0,53	0,63	0,68
4	0,00	0,11	0,15	0,20	0,25	0,29	0,36	0,44	0,50	0,63	0,67
5	0,00	0,13	0,15	0,20	0,26	0,34	0,36	0,45	0,56	0,65	0,70
6	0,00	0,12	0,13	0,17	0,23	0,28	0,31	0,40	0,52	0,58	0,64
7	0,00	0,12	0,14	0,19	0,25	0,31	0,36	0,41	0,52	0,63	0,56
8	0,00	0,10	0,15	0,18	0,25	0,30	0,35	0,42	0,52	0,60	0,69
9	0,00	0,11	0,14	0,18	0,23	0,29	0,35	0,41	0,49	0,62	0,60
10	0,00	0,12	0,15	0,20	0,26	0,31	0,36	0,39	0,45	0,65	0,63
11	0,00	0,11	0,15	0,20	0,25	0,31	0,35	0,39	0,45	0,62	0,68
12	0,00	0,12	0,15	0,19	0,26	0,28	0,33	0,41	0,47	0,61	0,64
13	0,00	0,11	0,14	0,20	0,22	0,30	0,33	0,37	0,49	0,58	0,69
14	0,00	0,13	0,15	0,20	0,24	0,31	0,36	0,43	0,53	0,62	0,68
15	0,00	0,12	0,15	0,20	0,26	0,31	0,36	0,39	0,53	0,64	0,70
Průměr	0,00	0,12	0,15	0,19	0,24	0,30	0,34	0,41	0,50	0,62	0,66
Tisk [%]	0,00	30,14	36,66	45,37	55,03	63,85	70,04	78,08	87,75	97,07	100,00
TVI [%]	0,00	20,14	16,66	15,37	15,03	13,85	10,04	8,08	7,75	7,07	0,00

Tab. 19 Naměřené hodnoty tiskové škály, příčný směr tisku, žlutá barva

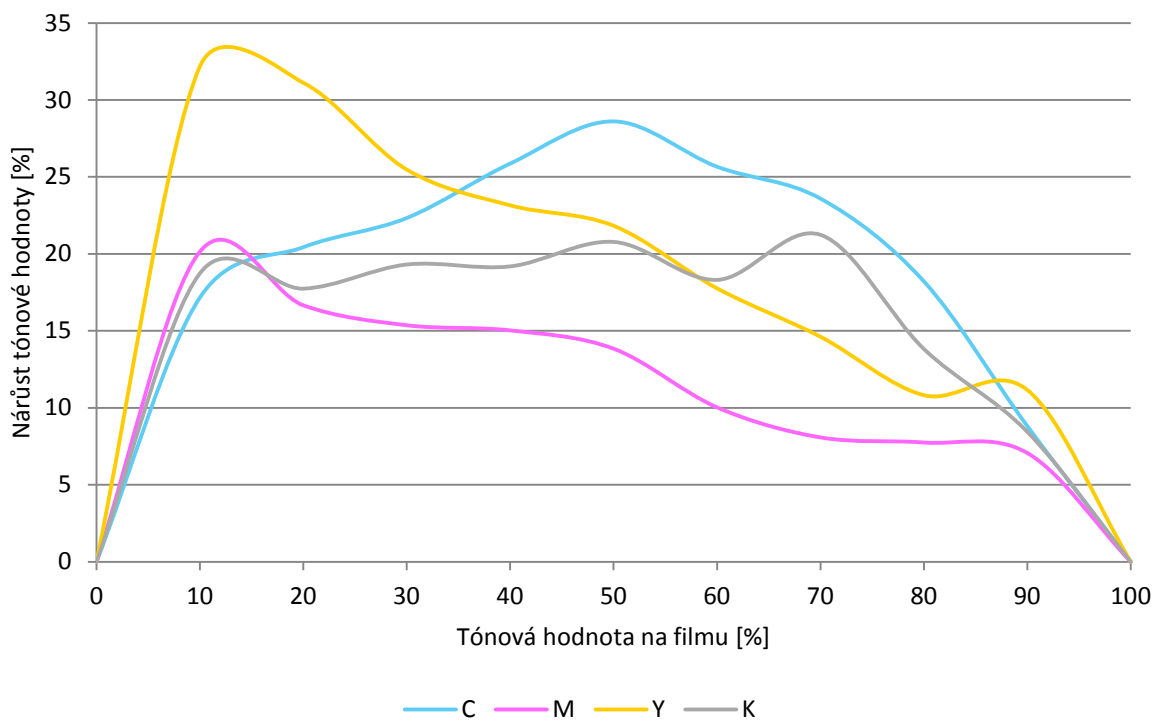
Y [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,00	0,13	0,16	0,19	0,21	0,24	0,29	0,33	0,36	0,41	0,41
2	0,00	0,11	0,15	0,17	0,21	0,24	0,27	0,30	0,36	0,42	0,44
3	0,00	0,15	0,18	0,19	0,22	0,27	0,30	0,34	0,37	0,44	0,39
4	0,00	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,28	0,32	0,40	0,45	0,45
5	0,00	0,14	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,36	0,37	0,42	0,44
6	0,00	0,13	0,16	0,17	0,18	0,24	0,26	0,30	0,35	0,38	0,43
7	0,00	0,14	0,18	0,20	0,24	0,25	0,29	0,32	0,35	0,43	0,44
8	0,00	0,13	0,16	0,18	0,20	0,26	0,29	0,32	0,35	0,42	0,44
9	0,00	0,11	0,16	0,17	0,21	0,25	0,29	0,31	0,35	0,39	0,40
10	0,00	0,14	0,17	0,18	0,22	0,24	0,27	0,32	0,33	0,44	0,38
11	0,00	0,13	0,16	0,16	0,20	0,23	0,26	0,30	0,32	0,43	0,37
12	0,00	0,12	0,17	0,18	0,22	0,26	0,28	0,30	0,37	0,40	0,44
13	0,00	0,14	0,16	0,17	0,21	0,27	0,28	0,33	0,35	0,44	0,46
14	0,00	0,15	0,18	0,19	0,23	0,27	0,30	0,33	0,36	0,47	0,44
15	0,00	0,14	0,16	0,18	0,23	0,27	0,31	0,34	0,39	0,46	0,37
Průměr	0,00	0,13	0,16	0,18	0,22	0,26	0,28	0,32	0,36	0,43	0,42
Tisk [%]	0,00	42,17	51,11	55,48	63,16	71,83	77,77	84,62	90,82	101,16	100,00
TVI [%]	0,00	32,17	31,11	25,48	23,16	21,83	17,77	14,62	10,82	11,16	0,00

Tab. 20 Naměřené hodnoty tiskové škály, příčný směr tisku, černá barva

K [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0,00	0,11	0,15	0,19	0,26	0,27	0,38	0,52	0,53	0,61	0,58
2	0,00	0,10	0,14	0,19	0,25	0,35	0,41	0,53	0,56	0,56	0,67
3	0,00	0,12	0,16	0,22	0,27	0,35	0,41	0,53	0,53	0,56	0,60
4	0,00	0,11	0,15	0,20	0,26	0,32	0,40	0,52	0,60	0,64	0,62
5	0,00	0,13	0,16	0,22	0,27	0,35	0,39	0,58	0,56	0,65	0,67
6	0,00	0,11	0,14	0,21	0,26	0,36	0,39	0,51	0,55	0,63	0,61
7	0,00	0,10	0,16	0,21	0,26	0,36	0,41	0,52	0,57	0,57	0,57
8	0,00	0,09	0,15	0,20	0,26	0,31	0,37	0,48	0,54	0,61	0,63
9	0,00	0,10	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,50	0,54	0,59	0,62
10	0,00	0,11	0,16	0,21	0,26	0,35	0,42	0,53	0,56	0,64	0,65
11	0,00	0,10	0,15	0,21	0,26	0,34	0,41	0,52	0,55	0,63	0,66
12	0,00	0,10	0,15	0,21	0,25	0,36	0,40	0,53	0,57	0,61	0,67
13	0,00	0,10	0,14	0,20	0,27	0,35	0,36	0,50	0,47	0,63	0,63
14	0,00	0,12	0,15	0,21	0,28	0,34	0,42	0,53	0,56	0,62	0,66
15	0,00	0,11	0,14	0,21	0,25	0,36	0,41	0,53	0,58	0,61	0,64
Průměr	0,00	0,11	0,15	0,21	0,26	0,34	0,40	0,52	0,55	0,61	0,63
Tisk [%]	0,00	28,73	37,74	49,31	59,19	70,78	78,31	91,24	93,83	98,44	100,00
TVI [%]	0,00	18,73	17,74	19,31	19,19	20,78	18,31	21,24	13,83	8,44	0,00



Graf 9 Nárůst tónové hodnoty v podélném směru tisku



Graf 10 Nárůst tónové hodnoty v příčném směru tisku

4.8.4 Tiskový kontrast

Tiskový kontrast se měří na 80% poli (některé prameny uvádí 75% pole). Hledáme takové nastavení odběru barvy z barevnice, abychom dosáhli co největší možné optické hustoty při co nejmenším odběru barvy při zachování intenzity kontrastu.

Měření bylo provedeno na stejném obrazci, který byl použit pro měření nárůstu tónové hodnoty (Obr. 12), spektrofotometrem X-Rite eXact Advanced s nastavením D50/10, status E, bez polarizačního filtru.

Naměřené hodnoty ve škálovém obrazci umístěným podélně se směrem tisku a ve škálovém obrazci umístěným příčně ke směru tisku se výrazně lišily (Tab. 21 a Tab. 22). To mohlo být zapříčiněno nestejným přenosem barvy na výrobek vlivem nastavení tiskového stroje, nebo kolísavou kvalitou výrobku. Dalším testem bylo zjištěno, že mechanické seřízení stroje nevykazuje žádné nesrovnalosti, důvodem tedy byl potiskovaný substrát. Protože kvalita produktu se mění v čase, byly naměřené hodnoty zprůměrovány (Tab. 23).

Tab. 21 Naměřené a vypočítané hodnoty tiskového kontrastu, podélný směr tisku

Podél. [%]	C			M			Y			K		
	80	100	K _C	80	100	K _M	80	100	K _Y	80	100	K _K
1	0,47	0,52	8,39	0,47	0,56	17,38	0,36	0,45	20,84	0,55	0,62	11,33
2	0,45	0,51	10,89	0,45	0,54	16,99	0,42	0,46	7,58	0,52	0,57	9,16
3	0,48	0,58	16,65	0,48	0,62	21,67	0,44	0,46	3,59	0,54	0,61	10,23
4	0,49	0,59	16,20	0,50	0,61	16,91	0,43	0,49	11,69	0,56	0,63	11,14
5	0,50	0,55	9,08	0,48	0,58	16,23	0,44	0,50	12,28	0,49	0,60	18,12
6	0,51	0,59	13,76	0,48	0,58	17,37	0,41	0,47	12,57	0,52	0,57	7,64
7	0,49	0,56	12,54	0,49	0,59	16,87	0,38	0,46	18,30	0,50	0,55	7,74
8	0,46	0,54	15,39	0,48	0,57	16,05	0,43	0,45	4,84	0,55	0,58	4,60
9	0,47	0,53	12,07	0,48	0,59	18,44	0,40	0,45	10,39	0,47	0,57	17,92
10	0,47	0,56	16,15	0,49	0,56	12,19	0,42	0,47	10,93	0,52	0,59	11,78
11	0,43	0,54	19,66	0,46	0,58	20,48	0,41	0,41	-0,37	0,51	0,60	15,26
12	0,46	0,56	17,44	0,49	0,59	17,85	0,40	0,43	5,60	0,53	0,59	11,06
13	0,48	0,56	14,34	0,49	0,57	14,12	0,44	0,43	-0,30	0,51	0,66	22,33
14	0,49	0,59	17,36	0,55	0,60	8,26	0,44	0,50	11,83	0,53	0,63	16,21
15	0,52	0,58	11,36	0,47	0,61	22,48	0,45	0,47	5,07	0,54	0,61	11,72
∅	0,48	0,56	14,15	0,48	0,58	16,92	0,42	0,46	9,14	0,52	0,60	12,55

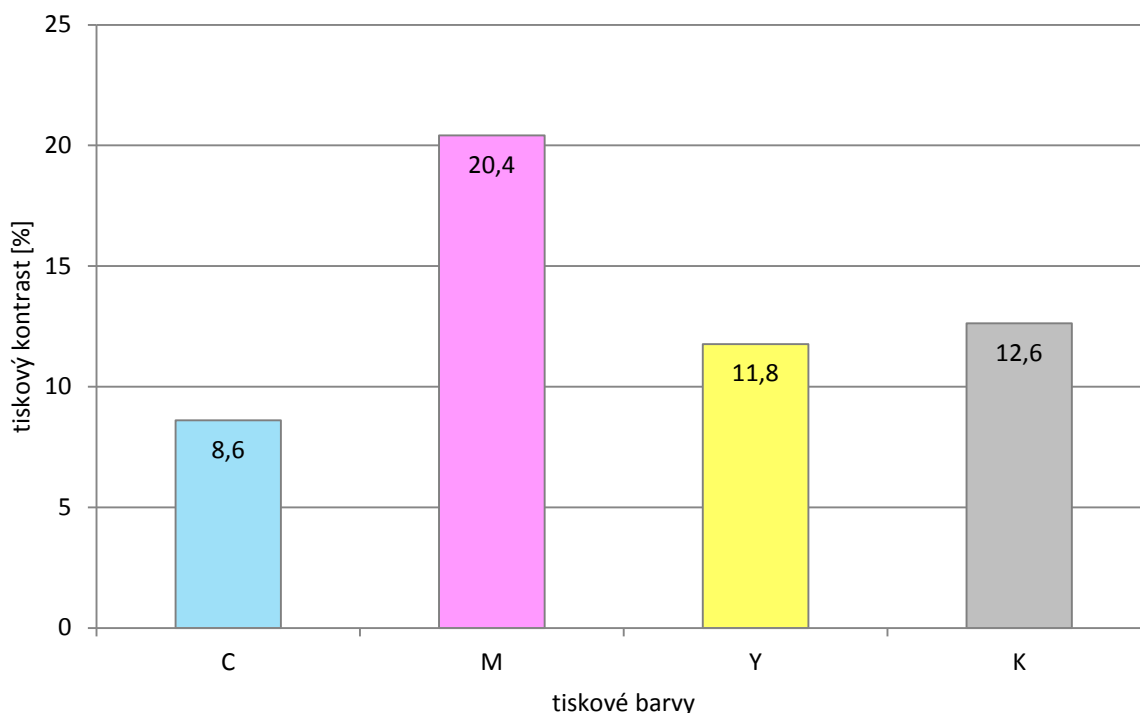
Tab. 22 Naměřené a vypočítané hodnoty tiskového kontrastu, příčný směr tisku

Příčně [%]	C			M			Y			K		
	80	100	K _C	80	100	K _M	80	100	K _Y	80	100	K _K
1	0,43	0,45	5,37	0,50	0,70	28,61	0,36	0,41	11,95	0,53	0,58	9,36
2	0,40	0,40	0,00	0,49	0,66	25,15	0,36	0,44	17,68	0,56	0,67	15,52
3	0,44	0,41	-6,84	0,53	0,68	21,74	0,37	0,39	5,22	0,53	0,60	11,41
4	0,44	0,48	9,67	0,50	0,67	24,69	0,40	0,45	11,13	0,60	0,62	3,86
5	0,50	0,41	-21,53	0,56	0,70	20,37	0,37	0,44	14,71	0,56	0,67	16,24
6	0,46	0,41	-9,96	0,52	0,64	18,57	0,35	0,43	19,78	0,55	0,61	10,00
7	0,44	0,45	2,35	0,52	0,56	5,81	0,35	0,44	20,37	0,57	0,57	-0,50
8	0,41	0,43	5,59	0,52	0,69	23,88	0,35	0,44	19,52	0,54	0,63	14,33
9	0,41	0,41	0,32	0,49	0,60	18,67	0,35	0,40	12,49	0,54	0,62	12,24
10	0,43	0,43	0,61	0,45	0,63	29,30	0,33	0,38	12,87	0,56	0,65	14,34
11	0,42	0,42	0,06	0,45	0,68	33,38	0,32	0,37	13,69	0,55	0,66	16,33
12	0,40	0,47	15,51	0,47	0,64	27,19	0,37	0,44	15,98	0,57	0,67	14,68
13	0,39	0,43	10,59	0,49	0,69	29,50	0,35	0,46	23,53	0,47	0,63	25,21
14	0,44	0,52	14,93	0,53	0,68	22,81	0,36	0,44	17,17	0,56	0,66	15,30
15	0,45	0,50	10,68	0,53	0,70	25,25	0,39	0,37	-5,15	0,58	0,64	9,49
∅	0,43	0,44	3,05	0,50	0,66	23,91	0,36	0,42	14,39	0,55	0,63	12,70

Tab. 23 Zprůměrované hodnoty tiskového kontrastu

K _{CMYK} [%]	C	M	Y	K
Podélný tisk	14,15	16,92	9,14	12,55
Příčný tisk	3,05	23,91	14,39	12,70
Průměr na výrobku	8,6	20,4	11,8	12,6

Původní předpoklad byl, že hodnoty kontrastu se budou pohybovat pod kvalitou kotoučového ofsetového tisku pro tisk novin. Ten vykazuje hodnoty C 13 %, M 12 %, Y 15 % a K 16 %. Tento předpoklad byl potvrzen, pouze purpurová barva je výrazně kontrastnější. Nejvyšší směrodatnou odchylku vykazovala azurová barva ($\sigma = 9,18$). To poukazuje na vysoký nárůst tónové hodnoty v 80% nasycení, stejně jako fakt, že některá měření byla v záporných hodnotách (žlutá barva). Zároveň nebyla konstantní optická hustota u plných ploch, což opět vede k proměnlivé kvalitě produktů.



Graf 11 Porovnání kontrastu jednotlivých tiskových barev

4.8.5 Chyba odstínu a šedost

Chyba odstínu a šedost nám primárně dává informaci o použité tiskové barvě. Nicméně v technologii tisku nepřímým knihtiskem dochází k soutisku všech barev už na ofsetovém potahu. Ofsetový potah nepředá celé množství nanesené barvy na produkt, část zůstává na povrchu potahu. Následující otáčkou se nepřenesená barva z ofsetového potahu přenáší do systémů barevnic tiskového stroje a způsobuje zašednutí zejména světlých odstínů.

Vyhodnocení míry zašednutí barev v čase nebylo předmětem práce, nicméně je důležité mít přehled o použitých tiskových barvách pro další pozorování.

Na měření byl použit stejný obrazec jako pro hodnocení nárůstu tónové hodnoty (Obr. 12). Chyba odstínu a šedost se měřila spektrofotometrem X-Rite eXact Advanced s nastavením D50/10, status E, bez polarizačního filtru.

Hodnoty byly měřeny zvlášť ve škálovém obrazci umístěným podélně se směrem tisku a zvlášť ve škálovém obrazci umístěným příčně ke směru tisku. Pro výsledný graf byly hodnoty zprůměrovány, protože byla požadovaná celková charakteristika tiskové barvy.

Tab. 24 Naměřené a vypočítané hodnoty chyby odstínu a šedosti

vz.	Podélný tisk					Příčný tisk						
	Pole	Optická hustota [D]			HE [%]	GR [%]	Pole	Optická hustota [D]			HE [%]	GR [%]
		C 100	M 100	Y 100				C 100	M 100	Y 100		
1	C	0,52	0,11	0,01	20,1	1,6	C	0,45	0,15	0,01	32,5	1,7
	M	0,21	0,56	0,04	32,6	7,8	M	0,17	0,70	0,04	20,0	6,0
	Y	0,10	0,34	0,45	67,9	21,0	Y	0,07	0,46	0,41	87,0	16,1
2	C	0,51	0,11	0,00	21,2	0,2	C	0,40	0,15	0,00	38,3	-0,1
	M	0,21	0,54	0,04	33,7	6,5	M	0,16	0,66	0,03	19,9	5,2
	Y	0,09	0,33	0,46	64,0	20,5	Y	0,06	0,44	0,44	99,0	13,9
3	C	0,58	0,13	0,02	19,8	3,7	C	0,41	0,16	0,01	36,4	2,8
	M	0,25	0,62	0,05	34,9	7,8	M	0,17	0,68	0,05	18,8	6,8
	Y	0,13	0,39	0,46	77,1	29,1	Y	0,07	0,45	0,39	83,5	15,7
4	C	0,59	0,12	0,01	17,9	2,2	C	0,48	0,14	0,00	28,9	0,1
	M	0,25	0,61	0,05	35,5	8,4	M	0,19	0,67	0,04	23,2	6,1
	Y	0,11	0,37	0,49	68,2	23,4	Y	0,07	0,44	0,45	98,3	15,9
5	C	0,55	0,12	0,00	20,9	0,6	C	0,41	0,16	0,01	37,6	1,9
	M	0,23	0,58	0,05	34,7	8,3	M	0,17	0,70	0,05	18,3	6,8
	Y	0,11	0,35	0,50	62,3	21,3	Y	0,07	0,46	0,44	94,9	15,3
6	C	0,59	0,11	0,01	18,1	1,7	C	0,41	0,13	0,01	30,2	2,5
	M	0,24	0,58	0,05	36,4	8,9	M	0,15	0,64	0,05	17,4	7,4
	Y	0,11	0,35	0,47	67,1	22,9	Y	0,03	0,40	0,43	92,1	8,0
7	C	0,56	0,12	0,01	19,9	1,9	C	0,45	0,13	0,00	27,6	0,5
	M	0,24	0,59	0,04	36,0	6,8	M	0,18	0,56	0,04	26,6	7,0
	Y	0,11	0,36	0,46	71,5	24,1	Y	0,07	0,36	0,44	79,5	16,8
8	C	0,54	0,11	0,01	19,6	1,4	C	0,43	0,15	0,00	34,4	-0,2
	M	0,22	0,57	0,04	34,4	7,4	M	0,17	0,69	0,04	19,7	5,4
	Y	0,11	0,34	0,45	68,7	23,8	Y	0,07	0,46	0,44	94,7	15,3
9	C	0,53	0,11	0,00	21,1	0,5	C	0,41	0,12	0,00	30,1	-0,4
	M	0,22	0,59	0,04	33,0	6,2	M	0,16	0,60	0,03	21,5	5,4
	Y	0,11	0,35	0,45	70,3	23,6	Y	0,05	0,38	0,40	93,5	13,6
10	C	0,56	0,11	0,00	19,8	-0,5	C	0,43	0,15	0,02	31,4	3,9
	M	0,23	0,56	0,04	36,3	7,4	M	0,17	0,63	0,05	21,2	7,6
	Y	0,11	0,34	0,47	62,8	23,1	Y	0,06	0,40	0,38	93,4	15,8

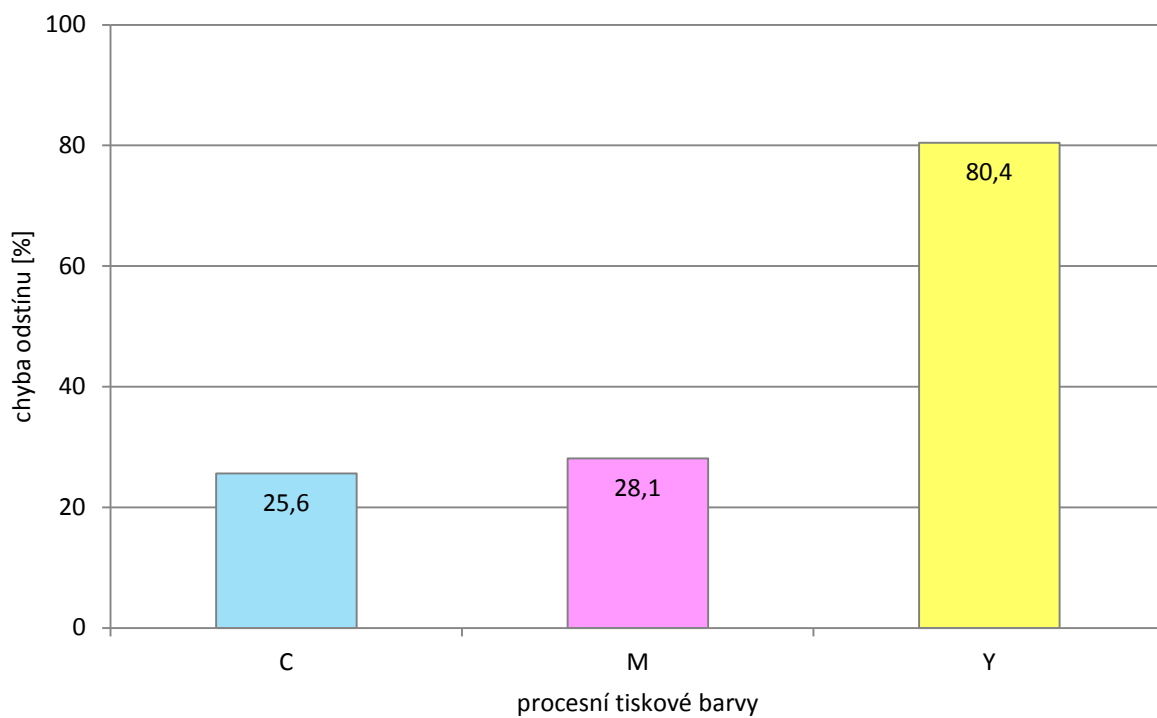
Tab. 24 – pokračování

vz.	Podélný tisk					Příčný tisk						
	Pole	Optická hustota [D]			HE [%]	GR [%]	Pole	Optická hustota [D]			HE [%]	GR [%]
		C 100	M 100	Y 100				C 100	M 100	Y 100		
11	C	0,54	0,11	0,01	19,0	1,3	C	0,42	0,14	0,01	30,6	2,5
	M	0,22	0,58	0,04	33,4	7,2	M	0,16	0,68	0,04	18,9	6,3
	Y	0,10	0,35	0,41	79,0	25,1	Y	0,05	0,45	0,37	79,3	11,2
12	C	0,56	0,12	0,01	20,2	1,2	C	0,47	0,13	0,02	25,4	3,4
	M	0,24	0,59	0,04	37,2	6,7	M	0,18	0,64	0,05	21,8	7,1
	Y	0,12	0,35	0,43	75,8	29,1	Y	0,06	0,42	0,44	95,6	14,1
13	C	0,56	0,11	0,01	18,8	1,0	C	0,43	0,15	0,00	34,1	-0,8
	M	0,25	0,57	0,04	39,0	7,1	M	0,17	0,69	0,04	19,4	6,5
	Y	0,12	0,36	0,43	75,1	28,7	Y	0,07	0,47	0,46	97,1	14,7
14	C	0,59	0,13	0,01	20,3	1,2	C	0,52	0,14	0,00	27,7	0,0
	M	0,25	0,60	0,05	37,1	8,1	M	0,20	0,68	0,04	24,5	5,8
	Y	0,12	0,38	0,50	69,1	24,4	Y	0,07	0,45	0,44	96,7	14,7
15	C	0,58	0,13	0,01	20,3	1,7	C	0,50	0,15	0,02	26,5	4,6
	M	0,24	0,61	0,05	34,7	7,6	M	0,20	0,70	0,05	22,7	7,6
	Y	0,11	0,37	0,47	72,4	22,9	Y	0,08	0,46	0,37	77,0	17,9

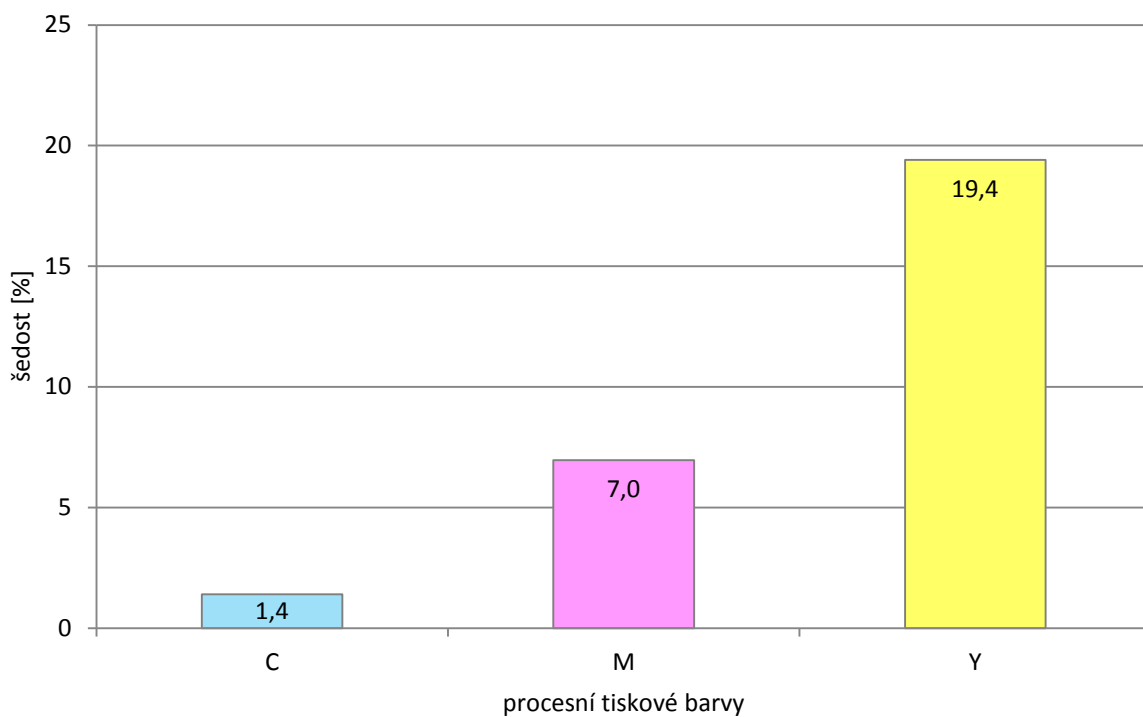
Tab. 25 Zprůměrované hodnoty chyby odstínu a šedosti

Pole	Podélný tisk		Příčný tisk		Průměr	
	HE	GR	HE	GR	HE	GR
C	19,8	1,3	31,4	1,5	25,6	1,4
M	35,3	7,5	20,9	6,5	28,1	7,0
Y	70,1	24,2	90,8	14,6	80,4	19,4

Z výše uvedených hodnot lze usuzovat, že žlutá tisková barva byla ostatními odstíny zašpiněna prakticky už od začátku tisku. Protože tento jev není možné odstranit, je na základě této zkoušky doporučeno, aby se barvy dávalo do barevnice nejmenší možné množství a barva byla dle míry jejího zašpinění vyměňována.



Graf 12 Porovnání chyby odstínu jednotlivých tiskových barev



Graf 13 Porovnání šedosti jednotlivých tiskových barev

4.8.6 Smyk a zdvojování

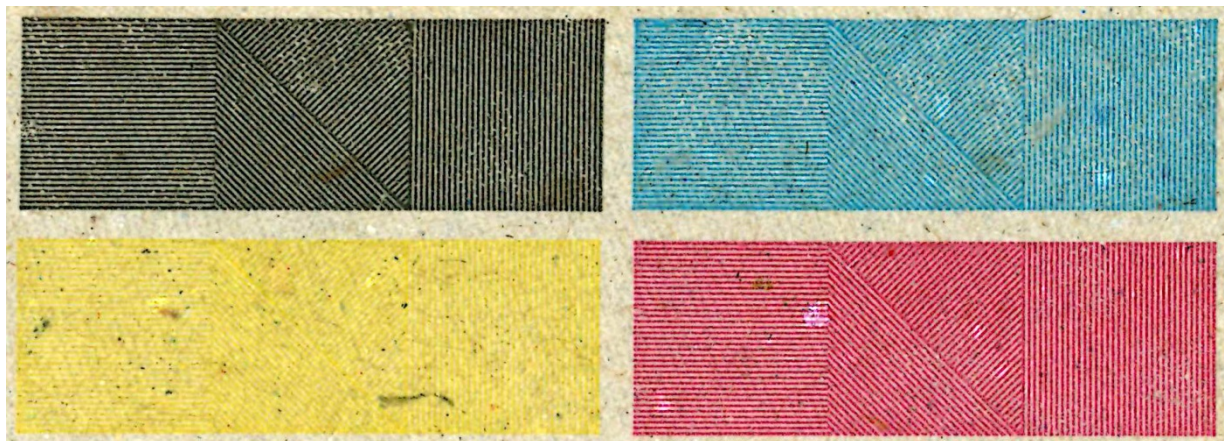
Pro zjištění smyku a zdvojování existuje několik metod. Bylo využito tři obrazců, které byly, dle jejich charakteru, vyhodnoceny buď vizuálně, nebo pomocí denzitometrického měření.

Pole linek

Pole linek bylo vyhodnocováno dvěma způsoby. Pro vizuální vyhodnocení byl použit digitální mikroskop a pro denzitometrické měření spektrodensitometr X-Rite eXact Advanced s nastavením D50/10, status E, bez polarizačního filtru.

Linky byly na produktu umístěny podélně se směrem tisku, příčně ke směru tisku a zešikma pod úhlem 45° a 135°. Zdvojování, docházelo-li by k němu, by se mělo nejvíce projevit na linkách umístěných příčně ke směru tisku, v menší míře pak v linkách umístěných zešikma.

Při denzitometrickém měření by pak optická hustota měla odpovídat 50% poli. Denzitometricky byly měřeny linky umístěny podélně se směrem tisku a příčně ke směru tisku a byl vyhodnocen jejich rozdíl optických hustot (Tab. 26 a Tab. 27). Zdvojení linek by vykazovalo vyšší optickou hustotu než pro 50% pole.



Obr. 13 Pole linek CMYK (2× zvětšeno)

Reálné rozlišení obrazce je 70 lpi. Toto rozlišení bylo zvoleno z důvodu, že 70 lpi je standardní nastavení tiskových motivů v HCR.

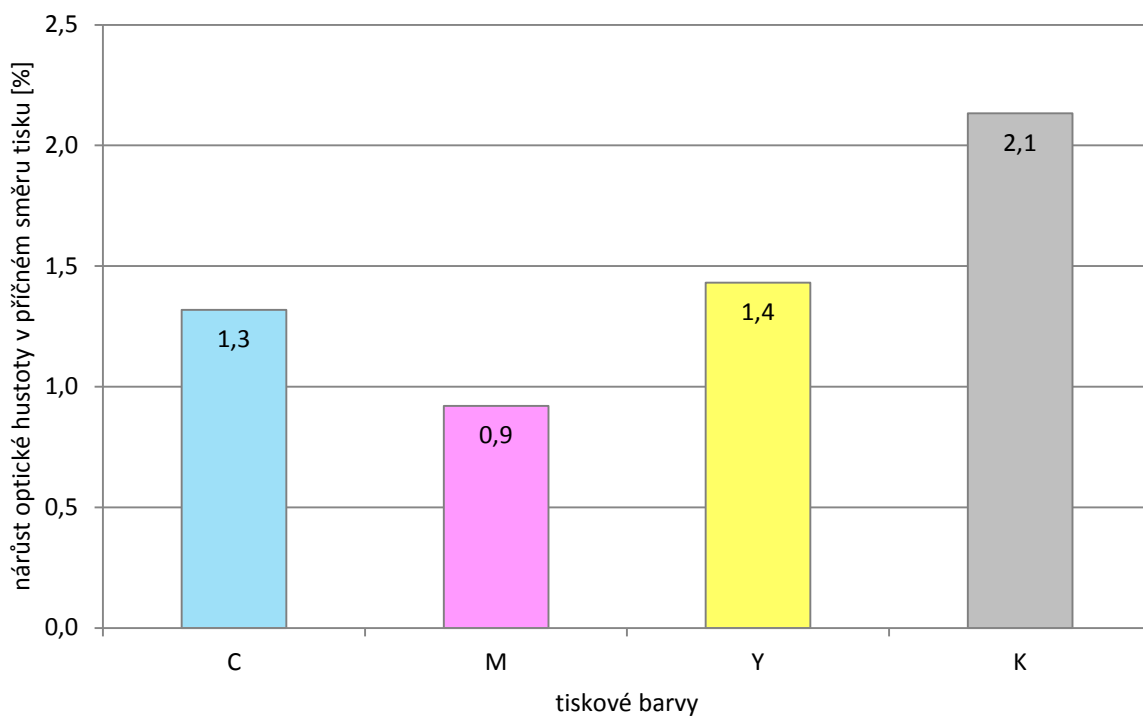
Při vizuálním hodnocení nebyla sledována žádná odchylka, linky měly ostré hrany. Následné denzitometrické měření potvrdilo kladné výsledky vizuálního hodnocení.

Tab. 26 Naměřené a vypočítané hodnoty smyku a zdvojování

Pole	vz.	D _{hor}	D _{ver}	Rozdíl [%]	vz.	D _{hor}	D _{ver}	Rozdíl [%]	vz.	D _{hor}	D _{ver}	Rozdíl [%]
C	1	0,27	0,26	0,4	6	0,25	0,25	0,4	11	0,23	0,25	1,9
M		0,29	0,30	0,1		0,28	0,28	0,7		0,29	0,28	0,9
Y		0,24	0,23	1,1		0,24	0,21	2,1		0,23	0,19	3,9
K		0,34	0,33	1,1		0,34	0,30	3,8		0,32	0,30	2,4
C	2	0,25	0,24	1,0	7	0,26	0,24	2,1	12	0,28	0,26	1,3
M		0,28	0,27	0,2		0,30	0,30	0,9		0,28	0,28	0,5
Y		0,23	0,21	1,9		0,25	0,24	0,7		0,25	0,24	1,1
K		0,31	0,28	3,0		0,34	0,31	3,4		0,33	0,31	2,9
C	3	0,28	0,27	1,0	8	0,26	0,24	1,5	13	0,28	0,27	0,9
M		0,29	0,27	2,3		0,29	0,28	0,5		0,30	0,29	1,3
Y		0,25	0,23	2,1		0,23	0,23	0,4		0,23	0,23	1,0
K		0,35	0,31	3,6		0,34	0,32	2,2		0,30	0,30	0,4
C	4	0,29	0,28	1,2	9	0,26	0,23	2,4	14	0,28	0,26	2,2
M		0,31	0,28	3,1		0,27	0,26	0,2		0,31	0,30	0,3
Y		0,26	0,25	1,5		0,23	0,22	0,9		0,27	0,26	1,2
K		0,36	0,33	3,1		0,31	0,28	2,9		0,34	0,32	1,6
C	5	0,28	0,27	0,4	10	0,26	0,26	0,4	15	0,28	0,26	2,7
M		0,31	0,30	1,3		0,30	0,31	0,7		0,30	0,29	0,9
Y		0,28	0,28	0,3		0,25	0,23	1,5		0,24	0,23	1,8
K		0,38	0,38	0,3		0,33	0,32	0,5		0,33	0,34	0,8

Tab. 27 Výsledné hodnoty smyku a zdvojování

Pole	D _{hor}	D _{ver}	Rozdíl [%]
C	0,27	0,26	1,3
M	0,29	0,29	0,9
Y	0,24	0,23	1,4
K	0,34	0,32	2,1



Graf 14 Porovnání smyku a zdvojení jednotlivých tiskových barev

Pole kruhových bodů

Pole kruhových bodů by nám mělo, podobně jako pole linek, dát informaci o případném smyku a zdvojení. Kruhové body by v případě smyku byly protažené ve směru smyku. V případě zdvojení by byly vytvořeny sekundární obrazy bodů. Hodnocení probíhalo vizuálně pomocí digitálního mikroskopu.



Obr. 14 Pole kruhových bodů (2× zvětšeno)

Při vyhodnocení opět nebyly zjištěny žádné výrazné nesrovnalosti.

Smyková značka

Smyková značka v podobě soustředných kružnic byla třetím testovacím obrazcem. Slouží k pozorování případného smyku. Smyk se na tomto kontrolním prvku projeví ztmavnutím pole ve směru smyku. Tento prvek byl kontrolován vizuálně pomocí lupy a digitálního mikroskopu.



Obr. 15 Soustředné kružnice (3× zvětšeno)

Směr tisku byl zprava doleva. Ani tento prvek neprokázal smyk.

Výsledky zkoušky smyku a zdvojování dopadly nad očekávání dobře. Toto se dá přisuzovat pravidelným odstávkám tiskové linky, během kterých probíhá kontrola a případné seřízení jednotlivých částí stroje. Dalším faktem je celkový stav tiskového stroje, kde je kladen důraz na jeho pravidelné čištění a obecnou preventivní údržbu.

Při údržbě stroje by se mělo dbát zejména na:

- dodržení předepsané výšky ofsetového potahu a jeho upnutí,
- nastavení tlaku mezi tiskovou formou a přenosovým válcem,
- seřízení přenosového válce vůči tlakovému válci (v případě tiskového stroje SBI je místo tlakového válce přenosový válec vnitřního potisku),
- čistotu uložení ložisek a válců,
- pravidelné mazání stroje.

4.8.7 Přijímavost tiskových barev

Přijímavost tiskových barev nám dává informaci o tom, jaké množství jedné barvy tištěné do druhé barvy (při tisku mokrá do mokré) druhá barva přijme. Při technologii nepřímého knihtisku, kde soutisk probíhá na ofsetovém potahu, bylo nutno zamyslet se nad metodikou vyhodnocení. Trapping jako takový vzniká už na ofsetovém potahu, obraz je dále systémem přenesen na produkt v opačném sledu barev. Zásadní je ale vyhodnocení obrazu až na produktu, protože to je prvek, který uvidí (a bude posuzovat) zákazník. V tomto případě ale už neplatí vztahy, které se pro trapping běžně užívají. Bylo proto rozhodnuto trapping změřit pouze informativně.

V HCR se používají tři druhy modulů tiskových strojů pro horní potisk víka produktu. Tiskový modul HMFT a AE 610 používají pořadí barev dle doporučení konstruktérů skupiny GOS následovně: $C \rightarrow M \rightarrow Y \rightarrow K$. Tiskový stroj SBI má doporučené pořadí tiskových barev dle výrobce: $Y \rightarrow M \rightarrow C \rightarrow K$ (toto pořadí bylo dodrženo při tisku vzorků).

Dlouhodobě největším problémem je tisk zejména červené barvy (100 % M + 100 % Y). Tiskové moduly HMFT se v HCR používají od roku 1996, tiskové moduly SBI od roku 2014. Rozdílnost barevného podání byla pozorována právě od roku 2014. Už z vizuálního pozorování má lepší barevné podání červená barva z tiskového modulu SBI. [13]

Fakt, že je tisk červené barvy složitý, dokazuje i výsledek měření (Tab. 28). U dalších barev (kde problém nebyl tak výrazný) je opět možné pozorovat rozdíly barevného podání vlivem pořadí jednotlivých barevníků.



Obr. 16 Trapping (2× zvětšeno)

Každé pole obrazce bylo průměrováno ze tří měření spektrofotometrem X-Rite eXact Advanced s nastavením D50/10, status E, bez polarizačního filtru.

Tab. 28 Naměřené a vypočítané hodnoty trappingu pro červenou barvu

R	Optická hustota [D]			Trapping [%]			
	vz.	D ₁	D ₂	D ₁₊₂	T _P	T _C	T _B	T_{R}
1	0,34	0,45	0,53	42,61	55,53	84,22	55,19
2	0,32	0,42	0,52	47,96	60,35	85,34	59,92
3	0,37	0,45	0,56	42,21	54,61	85,30	55,03
4	0,37	0,48	0,57	43,27	53,65	85,55	56,73
5	0,37	0,45	0,58	44,84	56,49	86,41	57,58
6	0,35	0,43	0,54	44,10	57,76	85,36	56,20
7	0,35	0,43	0,52	39,20	54,57	83,67	51,26
8	0,34	0,43	0,54	48,60	60,42	86,34	60,66
9	0,34	0,42	0,54	47,14	59,86	85,93	59,11
10	0,37	0,44	0,54	39,38	53,91	84,45	51,72
11	0,34	0,40	0,55	50,80	63,52	87,37	62,10
12	0,33	0,40	0,53	49,48	62,50	86,37	60,92
13	0,37	0,49	0,59	44,00	53,10	85,93	57,87
14	0,40	0,50	0,60	38,80	49,55	85,39	52,64
15	0,37	0,47	0,56	41,08	53,14	84,86	54,18
Průměr	Y v M	Y v Y	Y v R	44,23	56,60	85,50	56,74

Tab. 29 Naměřené a vypočítané hodnoty trappingu pro zelenou barvu

G	Optická hustota [D]			Trapping [%]			
	vz.	D ₁ [D]	D ₂ [D]	D ₁₊₂ [D]	T _P [%]	T _C [%]	T _B [%]	T_{R} [%]
1	0,07	0,45	0,47	90,47	90,69	95,46	94,26
2	0,07	0,42	0,40	80,22	82,53	89,76	87,09
3	0,08	0,45	0,44	79,78	80,92	90,21	87,25
4	0,09	0,48	0,45	74,74	75,79	88,17	84,00
5	0,09	0,45	0,47	84,58	85,24	93,03	90,47
6	0,07	0,43	0,42	81,93	83,74	90,86	88,37
7	0,07	0,43	0,43	83,37	84,73	91,69	89,45
8	0,06	0,43	0,45	90,28	90,91	95,20	93,99
9	0,05	0,42	0,44	92,13	92,65	96,00	95,16
10	0,07	0,44	0,45	85,70	86,44	93,09	91,14
11	0,08	0,40	0,45	93,60	94,27	96,95	95,99
12	0,08	0,40	0,46	92,91	93,61	96,71	95,56
13	0,08	0,49	0,49	82,42	81,98	91,97	89,52
14	0,10	0,50	0,51	83,09	82,36	92,80	90,04
15	0,08	0,47	0,49	87,91	87,83	94,51	92,80
Průměr	Y v C	Y v Y	Y v G	85,54	86,25	93,09	91,00

Tab. 30 Naměřené a vypočítané hodnoty trappingu pro modrou barvu

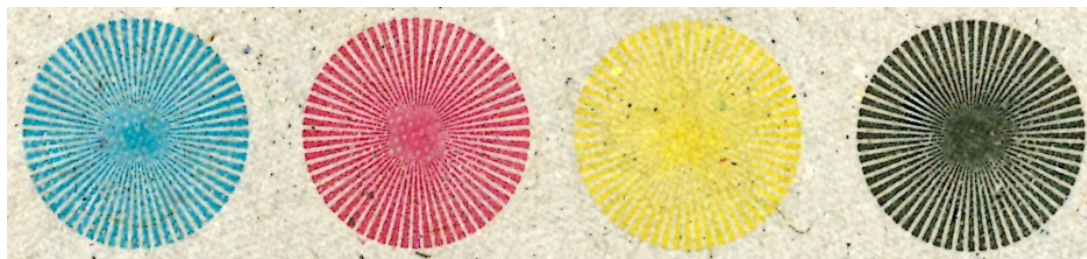
B	Optická hustota [D]			Trapping [%]			
vz.	D ₁ [D]	D ₂ [D]	D ₁₊₂ [D]	T _P [%]	T _C [%]	T _B [%]	T _R [%]
1	0,19	0,57	0,57	66,23	64,19	88,41	79,46
2	0,17	0,52	0,58	77,49	76,32	92,14	86,64
3	0,20	0,60	0,58	63,37	60,24	87,46	77,92
4	0,22	0,59	0,64	70,39	66,80	90,99	82,90
5	0,22	0,60	0,57	58,16	55,98	86,01	73,80
6	0,19	0,58	0,56	64,75	62,55	87,52	78,51
7	0,20	0,57	0,57	65,26	63,55	88,18	78,66
8	0,19	0,57	0,57	66,87	64,70	88,60	79,96
9	0,17	0,57	0,55	67,36	65,20	88,13	80,29
10	0,20	0,61	0,60	64,11	60,18	88,06	78,77
11	0,20	0,58	0,58	66,29	63,78	88,65	79,70
12	0,21	0,56	0,58	66,36	64,97	88,78	79,29
13	0,20	0,59	0,60	67,52	64,26	89,24	80,83
14	0,24	0,63	0,59	56,64	53,20	86,19	73,24
15	0,21	0,60	0,61	66,82	63,28	89,32	80,47
Průměr	M v C	M v M	M v B	65,84	63,28	88,51	79,36

Výsledek této tiskové zkoušky poukázal na možnost dalších kroků. Bylo by vhodné proměřit trapping z jiného pořadí barev (zkouška má smysl u tiskového modulu HMFT) a porovnat jej s výsledky z tiskového modulu SBI (porovnání nebylo předmětem této práce).

S přihlédnutím k vizuálnímu hodnocení je značná pravděpodobnost, že řazení barevnic v pořadí: Y → M → C → K zaručí kvalitnější podání barev.

4.8.8 Síťování obrazu

Siemensova hvězda byla použita pro rozpoznání optimální frekvence síťování.



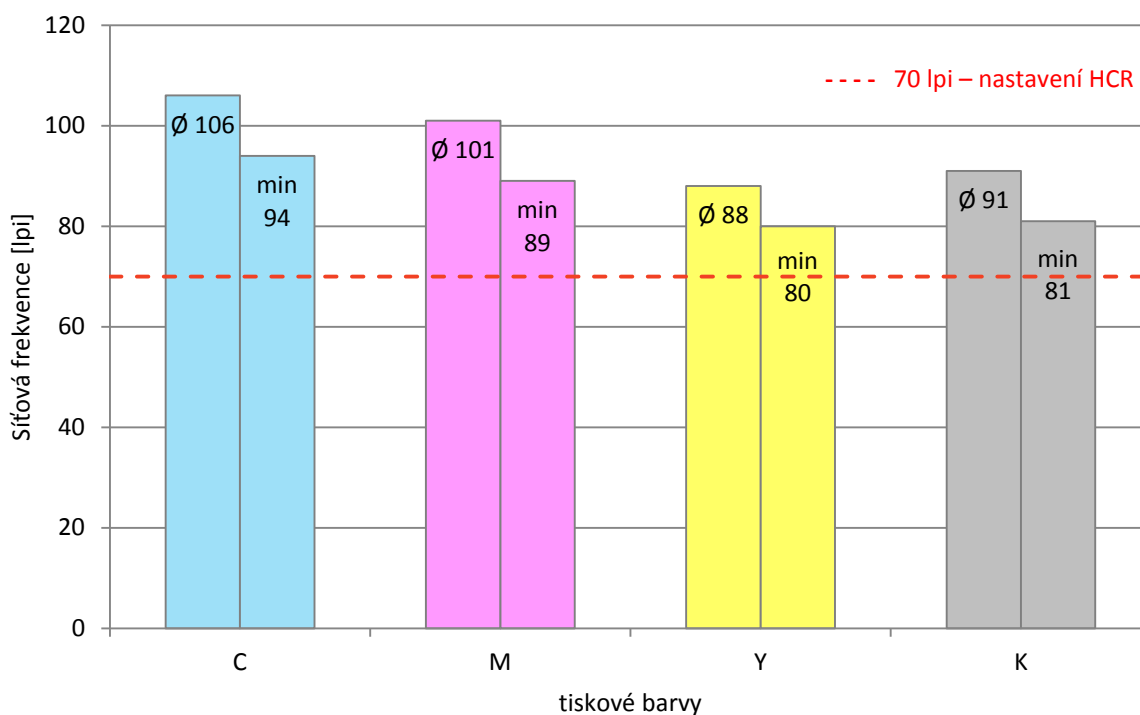
Obr. 17 Siemensova hvězda (2× zvětšeno)

Vyhodnocení, po nasnímání digitálním mikroskopem, probíhalo v software MicroCapture-DNT.

Tab. 31 Naměřené a vypočítané hodnoty Siemensovy hvězdy

vz.	Změřená d [cm]				Výpočet síťové frekvence [lpi]			
	C	M	Y	K	C	M	Y	K
1	0,40	0,55	0,59	0,52	121	88	82	93
2	0,48	0,51	0,57	0,55	101	95	85	88
3	0,42	0,41	0,55	0,54	116	118	88	90
4	0,42	0,44	0,58	0,56	116	110	84	87
5	0,46	0,46	0,50	0,50	105	105	97	97
6	0,48	0,51	0,57	0,55	101	95	85	88
7	0,51	0,51	0,57	0,54	95	95	85	90
8	0,48	0,47	0,52	0,50	101	103	93	97
9	0,43	0,44	0,50	0,50	113	110	97	97
10	0,45	0,46	0,52	0,51	108	105	93	95
11	0,49	0,52	0,59	0,60	99	93	82	81
12	0,52	0,54	0,60	0,58	93	90	81	84
13	0,52	0,55	0,61	0,59	93	88	80	82
14	0,41	0,46	0,56	0,56	118	105	87	87
15	0,47	0,50	0,53	0,51	103	97	92	95
				Průměr	106	101	88	91
				Min.	94	89	80	81

U Siemensovy hvězdy bylo, kromě sledování průměrných hodnot, nezbytné brát ohled i na hodnotu minimální. Nastavený standard amplitudově modulované sítě v HCR je 70 lpi. Toto rozlišení je dostatečné, protože zákazník na pultech obchodů přichází do prvního kontaktu s výrobkem ze vzdálenosti jednoho metru i více. Druhým důvodem je omezení zastavování tiskové linky z důvodu čištění tiskových forem a ofsetových potahů.



Graf 15 Porovnání síťování obrazu jednotlivých tiskových barev

Budeme-li se řídit nejmenšími naměřenými hodnotami (žlutý odstín), zjistíme, že se výsledky pohybují nad nastaveným limitem HCR. Ze zkoušky tedy vyplývá, že zde existuje prostor pro jemnější síť, praxe ale poukazuje na skutečnost správně zvoleného nastavení. To koresponduje s produktivitou tiskové linky.

Současné nastavení je tedy rozumným kompromisem mezi dosažitelnou možnou kvalitou tisku a produktivitou výroby (kdy tisková linka musí v režimu on-line stihnout potisknout veškerou výrobu ze stroje, který je tiskové lince procesně předřazený).

4.8.9 Světlostálost

Původní myšlenka byla simulace časových úseků vždy v logistické změně produktu (výroba → manipulace ve skladech → expedice k zákazníkovi → balení vajec → expedice do prodejní sítě → expirace vajec, tedy ukončení prodeje a likvidace obalu). Bohužel není možné přesně vysledovat pohyb již vyrobených produktů po expedici z firmy. Čas pro pokrytí celé životnosti výrobku byl tedy odhadnut na základě získaných dat z HCR (10 až 220 dní – jedná se o pokrytí časové řady včetně krajních extrémů, tedy jak nejrychlejší manipulace s vyrobenými obaly, tak i varianta dlouhodobého skladování).

Předpoklad nakládání s obaly ve skladech zákazníků je skladování v tmavých interiérech, kde by nemělo dojít k výraznému ovlivnění světlostálosti, ale byly zaznamenány i případy skladování v exteriéru pouze pod střechou (kde kromě světlostálosti je problém i vlhkost a další vlivy).



Obr. 18 Světlostálost

Obrazec byl vyhodnocován přístrojem X-Rite 530 s nastavením D50/10, status E, bez polarizačního filtru. Světlostálost byla simulována přístrojem Q-Sun ($\lambda = 420 \text{ nm}$; $1,1 \text{ W/m}^2$; cca 66 000 lux), tzn., že jedna hodina osvitů odpovídá zhruba deseti dnům vystavení vzorku středoevropského vlivu slunečního záření.

Tab. 32 Naměřené hodnoty a vypočítané barvové odchylky (ΔE) světlostálosti

vz.	Dny	10	20	40	60	100	140	180	220
1	sub.	0,52	1,24	1,60	2,30	3,04	3,49	4,19	3,83
	C	1,53	1,42	0,91	1,75	1,71	1,93	2,67	2,35
	M	1,07	3,12	0,91	1,45	1,96	2,81	1,94	3,48
	Y	0,79	0,59	0,65	0,90	1,01	0,92	1,16	0,68
	K	0,89	0,84	1,72	0,68	1,44	1,25	1,60	1,94
2	sub.	0,86	1,29	0,47	0,76	1,21	1,71	2,58	2,53
	C	1,61	1,41	1,82	2,11	0,99	0,37	0,77	0,57
	M	0,57	0,34	0,20	0,38	0,39	0,29	1,31	1,33
	Y	0,57	0,48	0,87	1,43	1,13	1,00	0,45	1,03
	K	0,28	0,69	0,70	0,40	1,04	1,12	1,17	1,11
3	sub.	0,64	1,27	1,53	0,95	0,89	2,42	2,17	2,52
	C	2,47	0,51	0,53	2,16	0,99	0,32	0,73	1,10
	M	0,75	0,82	0,86	0,40	1,53	0,62	1,49	0,75
	Y	0,88	0,62	0,75	0,74	0,88	1,32	0,95	1,11
	K	0,63	0,54	0,43	0,69	0,85	0,52	0,69	0,67
4	sub.	0,36	0,71	1,91	1,75	2,48	3,05	2,83	3,31
	C	1,06	0,99	1,20	1,84	1,38	1,94	1,14	2,37
	M	0,42	0,64	0,45	0,81	0,66	1,08	1,58	2,62
	Y	0,34	1,46	0,86	0,93	1,41	1,43	1,18	0,95
	K	2,41	0,16	1,90	1,85	1,38	1,49	1,50	0,89
5	sub.	0,42	0,85	1,34	1,85	1,91	2,19	1,89	2,52
	C	1,22	0,80	1,39	0,93	0,90	1,05	3,24	1,78
	M	1,14	1,47	1,25	1,15	2,00	0,97	1,43	1,49
	Y	0,42	0,48	1,71	0,78	1,27	1,06	1,24	1,83
	K	0,96	0,55	0,28	0,67	1,00	0,79	1,89	1,36
6	sub.	0,22	0,32	0,74	1,53	1,87	2,63	2,73	3,42
	C	1,73	1,38	0,84	1,73	2,09	3,15	2,09	2,94
	M	2,08	1,81	1,54	1,73	1,26	2,09	4,60	2,60
	Y	0,42	0,55	0,44	0,95	1,66	1,07	1,07	1,12
	K	0,63	1,05	0,65	0,57	1,04	1,14	1,17	1,36

Tab. 32 – pokračování

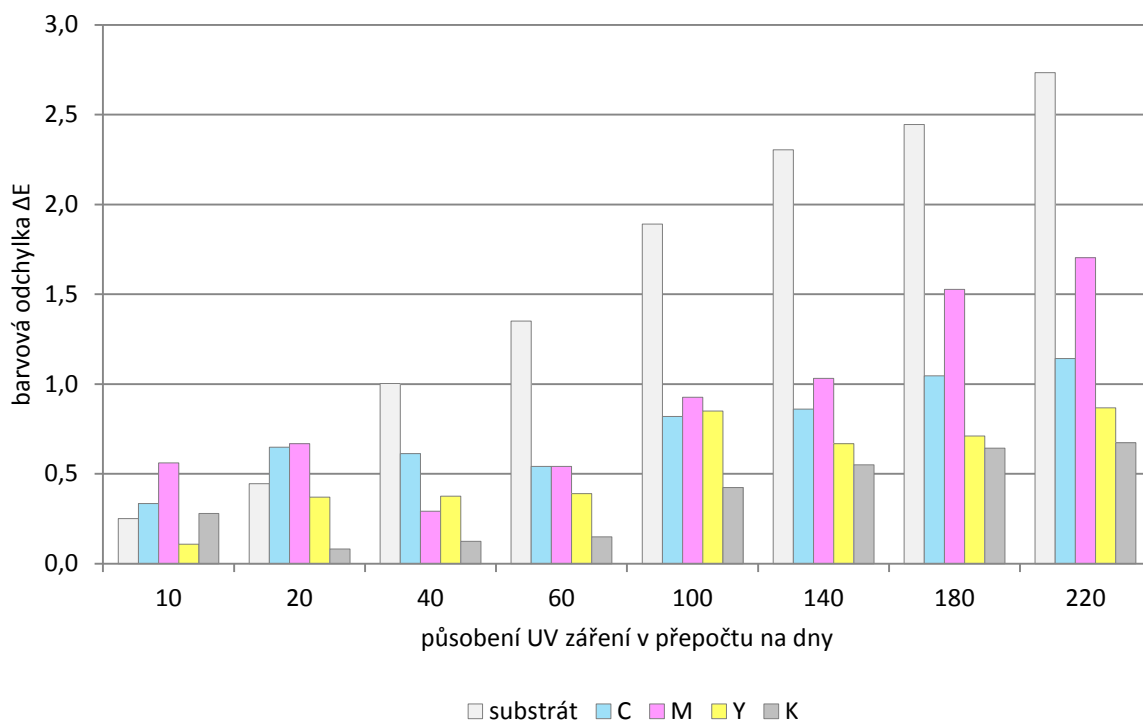
vz.	Dny	10	20	40	60	100	140	180	220
7	sub.	0,20	0,85	0,85	1,36	2,27	2,44	2,41	3,10
	C	1,84	1,86	1,59	0,39	1,43	1,93	1,75	1,58
	M	0,85	1,68	0,49	1,85	1,62	1,20	1,24	2,53
	Y	0,24	0,97	0,83	0,73	0,82	1,19	0,55	0,76
	K	3,33	2,88	3,68	2,44	2,15	2,75	2,83	2,83
8	sub.	0,99	0,63	0,73	1,38	2,25	2,21	2,01	2,77
	C	1,01	0,48	0,78	0,27	0,57	0,81	1,43	1,29
	M	0,52	0,55	0,25	0,25	0,88	0,78	0,81	1,02
	Y	1,48	0,26	0,33	0,39	0,65	0,70	0,59	1,11
	K	0,34	1,26	0,47	0,60	0,90	1,09	1,45	1,20
9	sub.	0,63	0,86	1,48	1,89	2,62	2,80	3,08	3,61
	C	1,46	3,32	2,80	2,50	2,83	2,58	1,47	2,25
	M	0,37	0,39	0,52	0,40	0,89	1,23	1,40	1,56
	Y	1,87	0,66	0,66	0,77	1,75	1,70	0,64	2,04
	K	0,35	0,51	0,61	0,49	0,69	0,68	1,25	1,18
10	sub.	0,80	0,75	1,30	1,62	1,96	2,16	2,54	2,64
	C	0,56	0,82	0,71	1,38	0,53	0,87	1,51	0,77
	M	1,43	0,56	0,65	2,29	2,34	2,11	3,16	3,61
	Y	1,17	1,67	0,62	0,34	0,40	0,86	1,06	1,34
	K	1,19	1,98	0,84	1,14	1,47	1,44	2,20	2,40
11	sub.	0,23	0,72	1,56	1,91	2,77	2,74	2,85	3,26
	C	0,61	1,02	1,55	1,10	3,25	1,61	1,94	1,86
	M	0,80	1,47	0,84	0,70	1,27	1,63	2,97	2,24
	Y	0,26	0,62	0,25	0,21	1,37	1,81	1,10	1,98
	K	1,93	0,95	1,27	0,64	0,90	1,39	1,25	1,17
12	sub.	1,16	0,47	1,85	2,11	2,42	2,80	3,29	2,93
	C	0,31	0,48	1,09	0,75	1,01	0,88	1,17	2,07
	M	0,58	0,36	0,98	0,94	1,43	1,32	1,11	2,17
	Y	0,92	1,35	2,52	1,41	1,23	1,53	1,56	1,40
	K	0,95	1,45	0,53	0,39	0,88	1,86	1,05	1,26

Tab. 32 – pokračování

vz.	Dny	10	20	40	60	100	140	180	220
13	sub.	1,04	0,30	0,40	0,56	1,60	1,96	1,90	1,55
	C	1,28	1,08	0,89	1,06	1,01	1,22	0,62	2,12
	M	0,77	1,08	1,28	1,04	1,15	1,79	1,34	1,65
	Y	0,30	0,65	0,80	1,08	1,07	1,20	1,20	1,27
	K	0,18	0,35	0,88	0,15	0,55	0,35	0,49	0,36
14	sub.	0,66	1,02	1,65	1,49	1,95	2,47	2,93	2,91
	C	1,30	1,06	1,85	1,42	0,96	1,46	1,10	1,44
	M	1,64	1,25	0,95	0,82	0,69	0,82	0,93	0,92
	Y	1,78	0,69	2,28	1,20	0,95	0,66	1,90	1,80
	K	1,26	0,74	1,09	0,49	2,53	1,47	1,36	1,38
15	sub.	1,40	1,44	1,20	1,53	1,08	1,58	1,90	1,38
	C	1,24	1,66	1,78	1,62	0,70	1,84	1,45	2,04
	M	0,89	0,80	0,77	0,51	0,77	0,88	0,56	0,94
	Y	0,61	0,39	0,33	1,04	0,33	0,78	1,32	0,94
	K	0,32	0,92	0,73	0,35	0,78	0,70	0,86	1,14

Tab. 33 Výsledné barvové odchylky (ΔE) světlostálosti

Pole / den	10	20	40	60	100	140	180	220
Substrát	0,3	0,4	1,0	1,4	1,9	2,3	2,4	2,7
C	0,3	0,6	0,6	0,5	0,8	0,9	1,0	1,1
M	0,6	0,7	0,3	0,5	0,9	1,0	1,5	1,7
Y	0,1	0,4	0,4	0,4	0,9	0,7	0,7	0,9
K	0,3	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,6	0,7



Graf 16 Porovnání barvových odchylek (ΔE) světlostálosti

Největší barvové odchylky můžeme pozorovat v samotném nepotíštěném substrátu. Substrát vlivem záření v čase zvyšuje svoji barvovou odchylku.

Pestré tiskové barvy (azurová a purpurová) mají nepatrně vyšší barvovou odchylku ΔE než žlutá a černá barva, kde se barvová odchylka po cca 100 dnech srovnává a mění se jen velmi nepatrně.

Degradace potíštěného produktu vlivem UV záření obecně není pro produkt omezující. Hodnoty se ve svých maximech pohybovaly okolo $\Delta E = 2,5$. Možná rozbarvenost substrátu už během výroby, vlivem proměnným složením sběrového papíru, se může pohybovat až v hodnotách $\Delta E = 5$ u barvených produktů, u šedých produktů se dlouhodobě pohybuje $\Delta E = 2$ (kapitola 2.1.5).

Šedé produkty tedy není třeba balit do neprůsvitných fólií pro jejich přepravu, ani jim vymezovat speciální světelné skladovací podmínky. Zároveň není třeba v HCR zavádět pravidelné kontroly světlostálosti šedých produktů.

4.8.10 Čárový kód EAN/UCC 13

Tisk čárových kódů běžně probíhá na boční stranu krabičky (kapitola 3.8). Pro tyto účely se kód musí upravit (Obr. 19). S takto upravenými a standardně vytištěnými kódy nevzniká problém s jejich následnou verifikací. Tisková zkouška měla za úkol prokázat vhodnost použití čárových kódů EAN/UCC 13 bez nutnosti jejich deformace.



Obr. 19 Přizpůsobený čárový kód

Obrázek ilustruje běžně používaný kód po jeho deformaci v HCR. [13]

Kód ve 100% velikosti umístěný podélně se směrem tisku

Testy na smyk a zdvojování (kapitola 4.8.6) prokázaly, že při použití čárového kódu podélně se směrem tisku nedojde k problémům ohledně rozmazání či zdvojování modulů kódu. Byla použita černá tisková barva, vzhledem k použití dalších plnobarevných motivů (CMYK) na vzorku nebylo možné umístit čárový kód na samostatnou tiskovou formu. Seřízení nasycení kódu barvou tak muselo podléhat kompromisu seřízení dalších obrazců (kapitola 4.8.11). Na horní stranu krabičky se ale čárový kód na samostatné tiskové formě prakticky neumísťuje, proto tento test korespondoval s reálnými podmínkami v HCR.



Obr. 20 Čárový kód umístěný podélně se směrem tisku, 100% velikost

Kódy byly vyhodnocovány snímačem čárového kódu Opticon LMD-1135 ($\lambda = 650 \text{ nm}$) a Datalogic PowerScan D8330 ($\lambda = 630\text{--}680 \text{ nm}$).

Vyhodnocování probíhalo tak, že byl zaznamenáván výsledek verifikace – buď snímač čárový kód přečetl (značka a), nebo nepřečetl (značka n).

Tab. 34 Vyhodnocení čárových kódů, 100% velikost, umístění podélně se směrem tisku

vz.	Opticon LMD-1135								Datalogic PowerScan D8330		
	M6	M7	M8	M9	M12	M13	M14.1	M14.2	H3	H4	H5
1	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
7	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
8	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
9	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
10	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
11	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
12	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
13	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
14	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

Ve všech případech (165 variant) byl kód bez problémů vyhodnocen jako snímatelný.

Kód v 80% velikosti umístěný příčně ke směru tisku

Osmdesátiprocentní velikost čárového kódu je společností GS1 definována jako nejmenší možná pro bezproblémovou verifikaci. [21]



Obr. 21 Čárový kód umístěný příčně ke směru tisku, 80% velikost

Velikost čárového kódu 80 % byla určena právě pro minimální doporučenou velikost. Kód v této velikosti se hodí spíše pro použití na etiketách vyráběných ofsetovou technologií. Při tisku na nasávanou kartonáž se jedná o drobný objekt s mnoha detaily. Zároveň byl kód umístěn příčně ke směru tisku, kde se může projevit smyk nebo zdvojování pravděpodobněji, než při použití podélně se směrem tisku. V případě grafických návrhů je ale umístění příčně ke směru tisku mnohem pravděpodobnější. Vyhodnocení kódu probíhalo stejnou metodikou jako u kódu ve 100% velikosti.

Tab. 35 Vyhodnocení čárových kódů, 80% velikost, umístění příčně ke směru tisku

vz.	Opticon LMD-1135								Datalogic PowerScan D8330		
	M6	M7	M8	M9	M12	M13	M14.1	M14.2	H3	H4	H5
1	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
4	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
7	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
8	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
9	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
10	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
11	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
12	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
13	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
14	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
15	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

Ve všech případech (165 variant) byl kód opět bez problémů vyhodnocen jako snímatelný.

Obě varianty čárových kódů byly vyhodnoceny jako snímatelné, tedy vhodné pro použití. Vzhledem k funkci kódu ale zůstává platné doporučení na jejich tisk na boční stranu produktu (Obr. 19). Není nezbytně nutné použití vlastní tiskové formy či více pigmentované černé tiskové barvy, což jsou faktory, které ovlivňují finanční stránku tisku.

4.8.11 Vizuální posouzení

Pro vizuální posouzení byly použity dva obrázky – jeden na podání pestrých barev a druhý na podání pleťových barev a stínů. V podmínkách HCR není možnost umístění kontrolních škál na produkt, proto v praxi seřizování barevnosti tisku záleží na zkušenostech a vnímání tiskaře. Vizuální posouzení probíhalo formou dotazování. Byly zvoleny dvě skupiny pozorovatelů. Každá skupina byla složena z patnácti respondentů.

V první skupině byli pozorovatelé s polygrafickou praxí, tedy měli buď vzdělání, nebo praxi v oboru. Prakticky u všech respondentů této skupiny bylo možno pozorovat, že k vyhodnocení automaticky používají znalosti ohledně drsnosti substrátu, na kterém byl tisk aplikován, a zajímali se o tiskovou technologii.

Druhá skupina byla záměrně vybrána tak, že respondenti neměli vzdělání ani praxi v oboru a obrázky tak posuzovali pouze na základě svého estetického vnímání.

Obě dvě skupiny obsahovaly mix respondentů co do věku, pohlaví i dosaženého vzdělání.

Před tím, než respondenti vůbec byli připuštěni k vyhodnocení, byly jim předloženy Ishiharovy tabulky na kontrolu barevného vnímání [27].

Každý obrázek byl hodnocen zvlášť. Respondenti měli k dispozici stupnici v rozmezí 1–5, pomocí které měli obrázek ohodnotit.

Tab. 36 Hodnotící tabulka k vizuálnímu posouzení obrázků

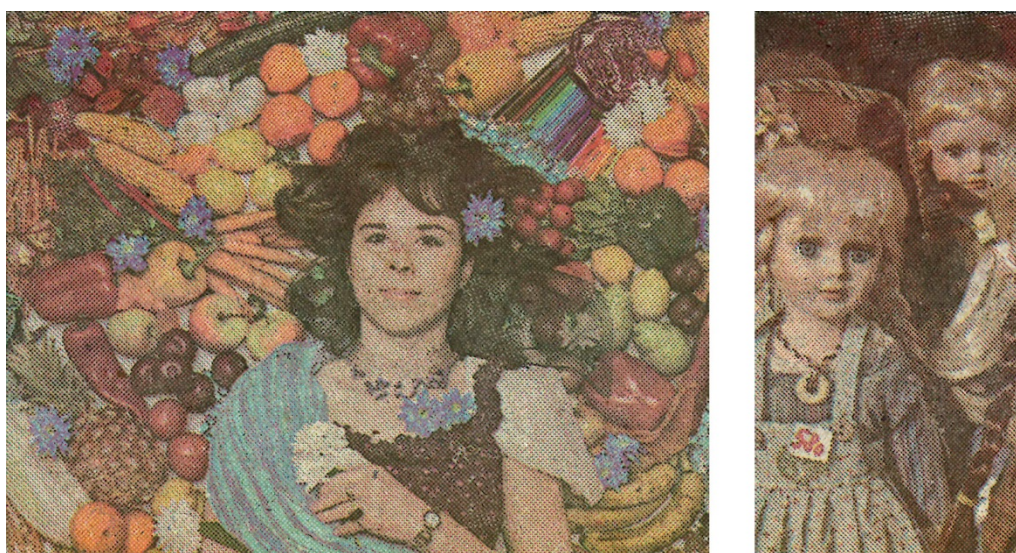
č.	Vyjádření respondenta
1	Nelíbí se mi
2	Spíše se mi nelíbí
3	Neutrální pocit (ani líbí, ani nelíbí)
4	Spíše se mi líbí
5	Líbí se mi

Obecný problém při tisku bitmapových obrázků je v použitém síťování a točení sítí, které z důvodu produkčního tisku vždy zůstává ve stejném nastavení (C 15°, M 75°, Y 0° a K 45°). Při tisku stínů a přechodů je viditelné omezení, kdy jsou při nízkém nasycení (dle typu fotopolymerní desky okolo 2–3 %) mechanicky odstraněny jednotlivé rastrové body. Dále dochází k nárůstu tónové hodnoty, která je viditelná opět u nižších nasycení.

Praxe v HCR je taková, že z důvodu zabezpečení co nejvyšší kvality tisku se bitmapový obrázek softwarově upravuje tak, aby jeho nejnižší tónová hodnota byla 5 % a v objektech se používaly spíše soutisky dvou barev bez stínování třetí barvou. Typickým příkladem je tisk obrázků vajec, které se z výše popsaných problémů tisknou pouze z primárních barev M a Y. Výsledkem je opticky plochý obrázek, avšak tím, že neobsahuje stínování pomocí C nebo K, odpadá nebezpečí zanesených tmavých tiskových sítí, případně odstranění „vytečkování“ světlejších ploch.

Obrázky pro vizuální posouzení nebyly softwarově upravovány i z toho důvodu, aby bylo patrné, jaká místa jsou nejvíce problematická, jak v předtiskové přípravě, tak v tisku samotném.

Ilustrativní obrázky jsou v poměru 1 : 1. Obrázek pro posouzení pestrých barev je vlevo, obrázek pro posouzení pleťových barev a stínů je vpravo.



Obr. 22 Posouzení pestrých barev, pleťových barev a stínů

Posouzení pestrých barev

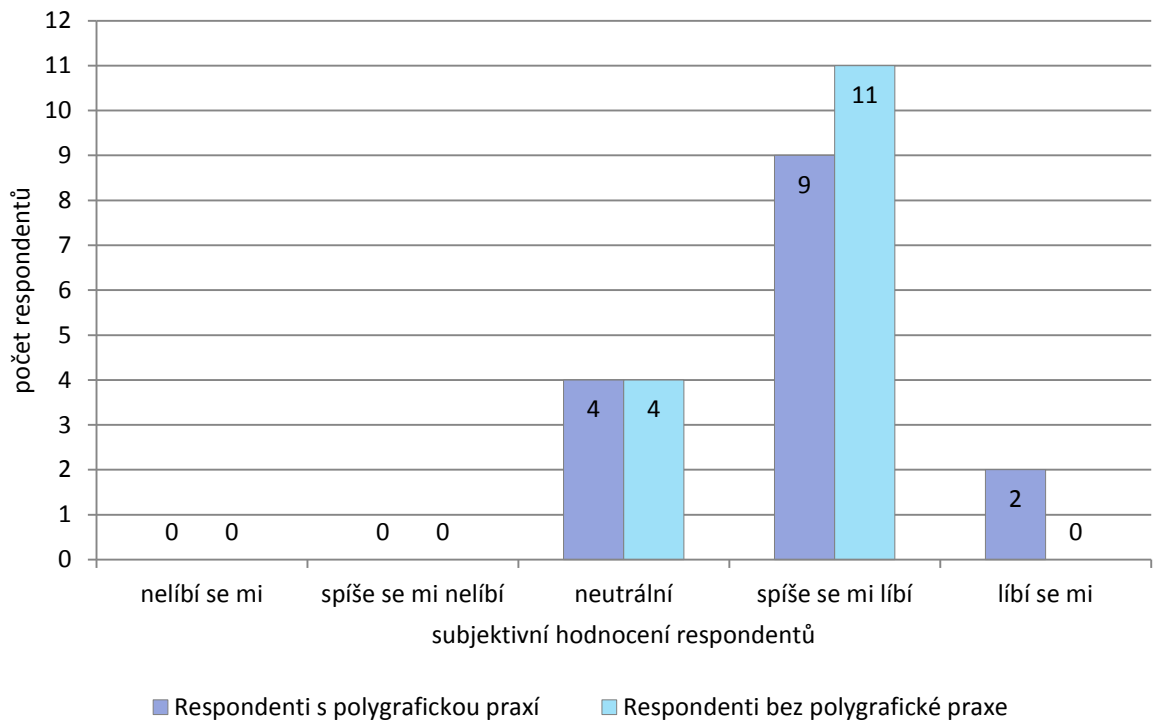
Pro obrázek byl vybrán motiv, který obsahuje barvy běžně známých předmětů, proto si respondenti dokázali uvědomit, jak mohla působit fotografovaná scéna.

Tento obrázek byl oběma skupinami přijat lépe a jeho vyhodnocení probíhalo bez delšího váhání respondentů. Obě dvě skupiny obrázku přidělovaly vyšší hodnocení. Shovívavější byli respondenti s polygrafickou praxí, což bylo dáno i tím, že buď znali, nebo si dokázali představit pozadí výroby.

Tab. 37 Vizualní posouzení obrázku s pestrými barvami

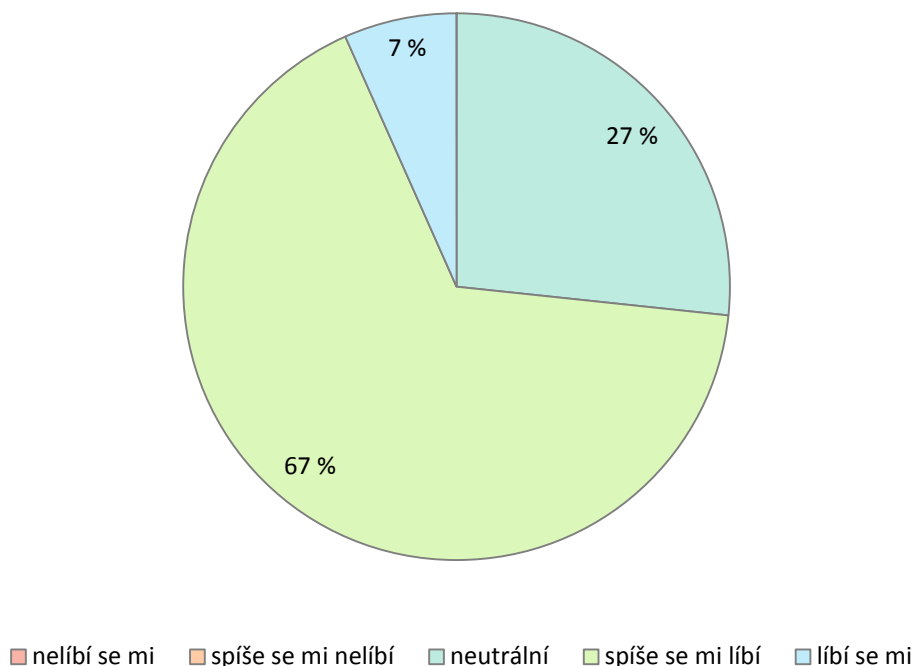
Respondenti s polygrafickou praxí					
č.	1	2	3	4	5
1				x	
2				x	
3				x	
4			x		
5			x		
6			x		
7					x
8				x	
9			x		
10				x	
11					x
12				x	
13				x	
14				x	
15				x	
suma	0	0	4	9	2

Respondenti bez polygrafické praxe					
č.	1	2	3	4	5
16				x	
17			x		
18				x	
19				x	
20				x	
21				x	
22				x	
23			x		
24			x		
25				x	
26			x		
27				x	
28				x	
29				x	
30				x	
suma	0	0	4	11	0



Graf 17 Vizualní posouzení obrázku s pestrými barvami

Protože jeden z úkolů obalu je zaujmout nakupujícího, byly pro konečné zhodnocení obě dvě skupiny sloučeny. Výsledek je představen formou koláčového grafu v procentech. Zde jasně převládá názor „spíše se mi líbí“.



Graf 18 Vizuelní posouzení obrázku s pestrými barvami, sloučené skupiny

Posouzení pleťových barev a stínů

Obrázek pro posouzení pleťových barev byl respondenty přijímán rozpačtěji, protože na šedém produktu působil temněji, než obrázek pro posouzení pestrých barev.

Tab. 38 Vizuelní posouzení obrázku s pleťovými barvami a stíny

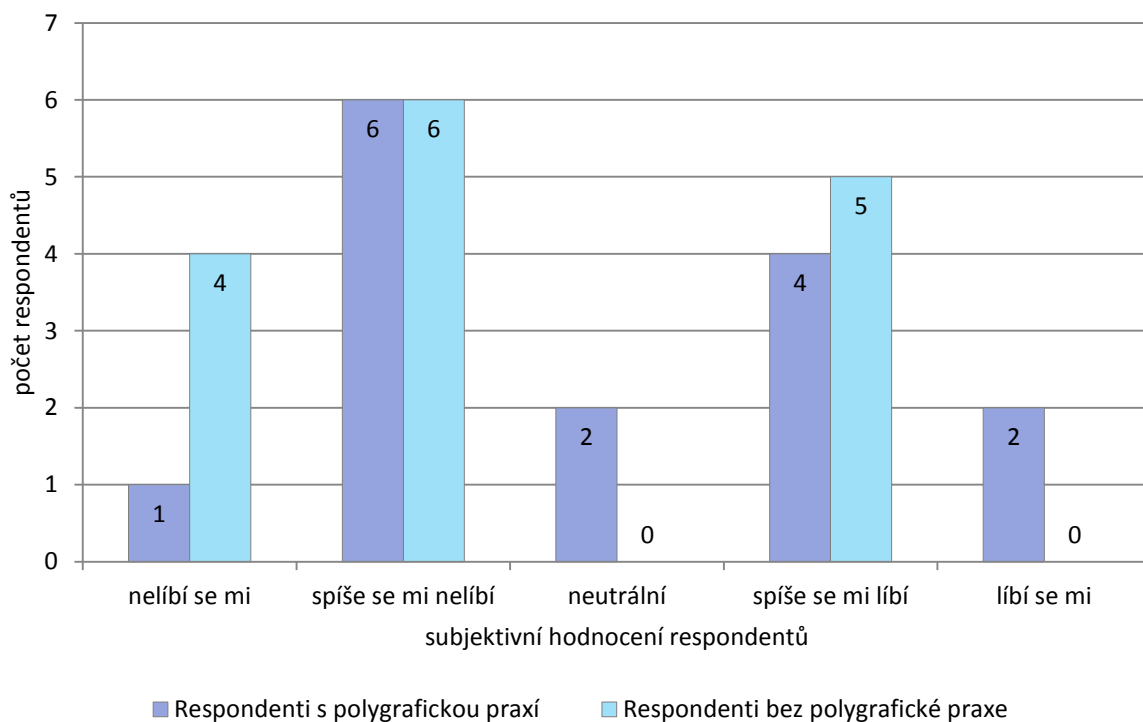
Respondenti s polygrafickou praxí					
č.	1	2	3	4	5
1				x	
2			x		
3	x				
4		x			
5		x			

Respondenti bez polygrafické praxe					
č.	1	2	3	4	5
16	x				
17				x	
18		x			
19		x			
20		x			

Tab. 38 – pokračování

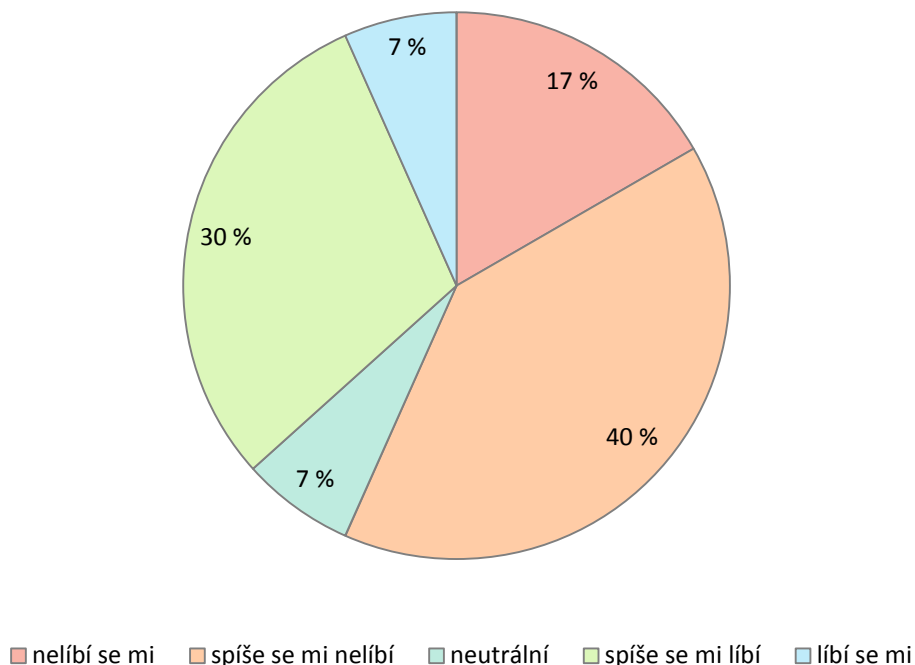
Respondenti s polygrafickou praxí						Respondenti bez polygrafické praxe					
6					×	21	×				
7					×	22		×			
8		×				23		×			
9		×				24	×				
10			×			25				×	
11				×		26				×	
12				×		27	×				
13		×				28				×	
14				×		29				×	
15		×				30		×			
suma	1	6	2	4	2	suma	4	6	0	5	0

U hodnocení tohoto obrázku byly patrné rozdíly mezi skupinami. Jednotlivé názory skupiny respondentů s polygrafickou praxí pokryly celé spektrum tabulky, skupina bez polygrafické praxe se klonila spíše na stranu, že se jí obrázek nelíbí.



Graf 19 Vizuální posouzení obrázku s pleťovými barvami a stíny

Pro další vyhodnocení byly skupiny opět sloučeny. Koláčový graf tedy opět prezentuje názor třiceti respondentů.



Graf 20 Vizuální posouzení obrázku s pleťovými barvami a stíny, sloučené skupiny

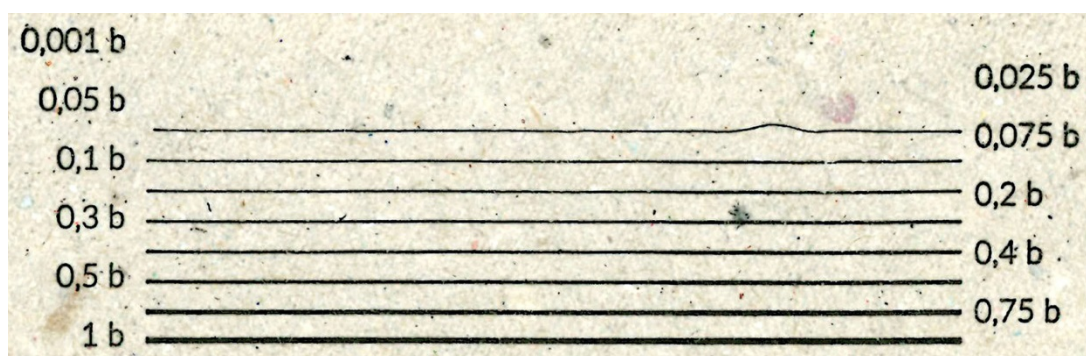
Při diskuzích po vyhodnocení obrázků, po poukázání na potisknutý materiál a přiblížení tiskové technologie, byl často zaznamenán názor, že na dané podmínky jsou obrázky poměrně kvalitně reprodukovány. Zároveň se nikdo nepozastavil nad použitým síťováním 70 lpi, i přes skutečnost, že vyhodnocení obrázků logicky probíhalo z kratší vzdálenosti, než je prvotní kontakt s produktem na pultech obchodů.

4.8.12 Linky

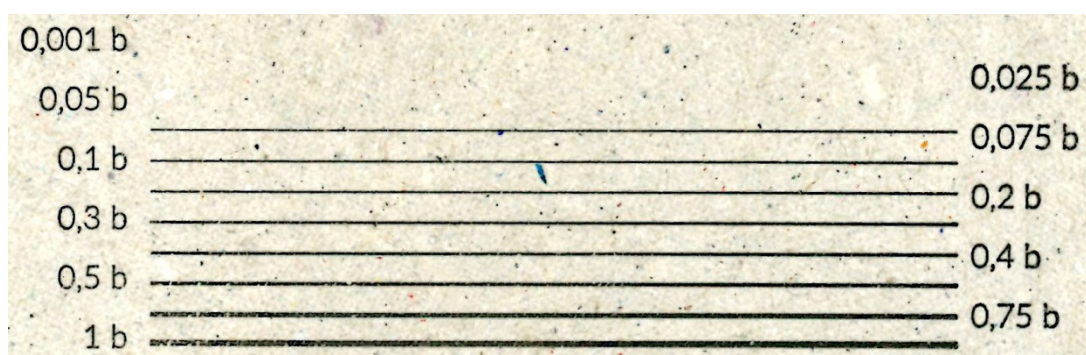
Pole tenkých linek bylo opět hodnoceno na dvou místech testovacího tisku – podélně se směrem tisku a příčně ke směru tisku. V HCR je spodní ochranný limit pro bezpečnou reprodukci linek na horním potisku 0,5 b. [13]

Protože fotopolymerní deska je schopna udržet linky tenčí, bylo vyzkoušeno, od jaké tloušťky je možné tiskovou linku reprodukovat a jestli vše, co obsahovala tisková forma po jejím vyvolání, je možné reprodukovat tiskem.

Při vymývání fotopolymeru by nemělo záviset na směru pohybu fotopolymerní desky strojem, protože mycí kartáč odstraňuje nevytvrzený fotopolymer krouživými pohyby. Po vyvolání fotopolymeru však k rozdílu došlo.



*Obr. 23 Tenké linky podélné se směrem tisku příčně ke směru vymytí fotopolymeru
(2× zvětšeno)*



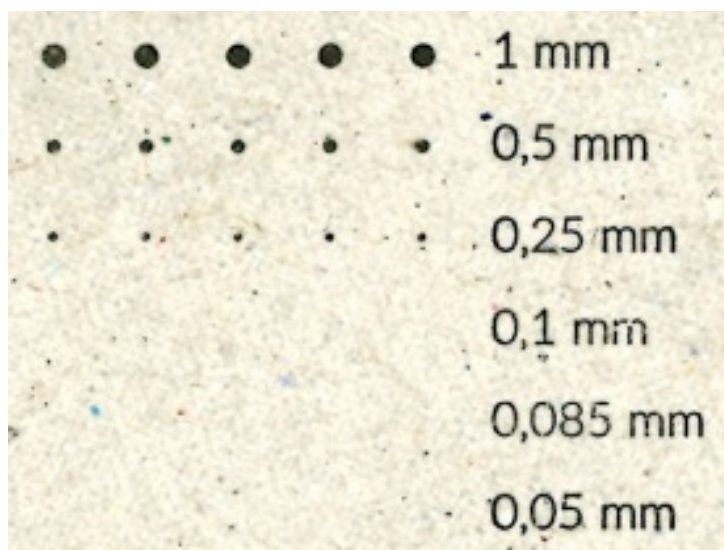
*Obr. 24 Tenké linky příčně ke směru tisku podélné se směrem vymytí fotopolymeru
(2× zvětšeno)*

Linky, které jsou podélné se směrem tisku, vymývacím automatem projíždějí příčně ke směru pohybu, a naopak – linky příčné ke směru tisku projíždějí automatem podélně. Deformace linky o tloušťce 0,075 b (Obr. 23) tak mohla být způsobena transportním gumovým válcem, protože vytvrzení vymytých tiskových forem je až posledním krokem výroby.

Následná reprodukce linek tiskem nevykazuje žádné potíže, ani omezení. U tlustších linek (1 b) je možné vizuálně pozorovat mírný nárůst tloušťky vlivem tiskového tlaku. U tenkých linek je možné riziko jejich vyštípnutí, k tomu však během tiskového testu nedošlo.

4.8.13 Samostatně stojící tiskový bod

Problematika přenosu samostatně stojícího bodu je, podobně jako reprodukce linek, závislá spíše na fotorolymerní desce, než na tiskové technologii samotné. U tiskového bodu je vyšší riziko vyštípnutí během tisku vlivem tlaku, nicméně během zkoušek k tomuto nedošlo.



Obr. 25 Samostatně stojící tiskový bod (3× zvětšeno)

Vyhodnocení probíhalo vizuálně pomocí digitálního mikroskopu.

Dle tvrzení výrobce fotorolymerní desky nejmenší samostatně stojící tiskový bod, který lze na desce vyvolat, je velikosti 85 μm . Během testu se podařilo vyvolání nejmenšího bodu o velikosti 250 μm (tisková linka byla vyvolaná už od tloušťky 25 μm). Je zde dobře vidět, že osamocené tiskový bod těžko odolává mechanickému vymývání fotorolymerní desky a jeho základna musí být cca 10× větší, než je tomu u tloušťky linek.

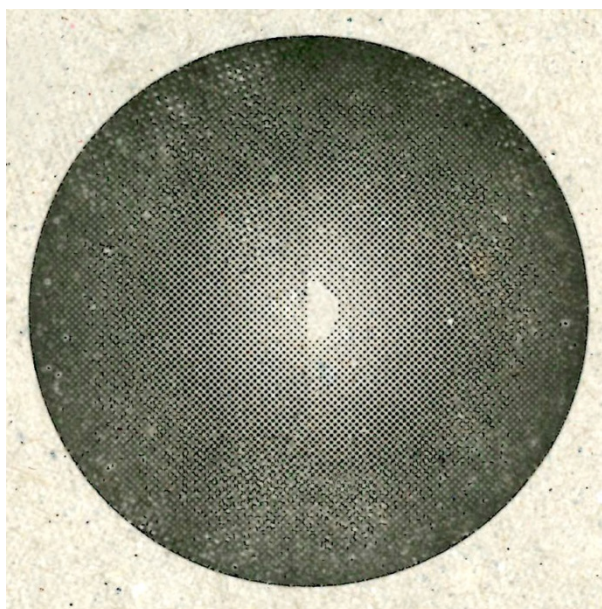
V tomto případě může být řešením prodloužení doby osvitu, nicméně tiskový bod velikosti 250 μm je pro požadovanou kvalitu tisku plně dostačující. Rozšíření tiskového bodu, vzhledem k minimálnímu smyku (kapitola 4.8.6), nebylo posuzováno.

4.8.14 Kružnice s přechody

Kružnice s přechody slouží k vizuálnímu hodnocení kvality přechodů. Předtisková příprava v HCR se snaží přechody nepoužívat, protože zejména při použití frekvenčně modulovaného síťování a na strojích se systémem tisku válec na plochu (tiskový modul HMFT) docházelo k viditelnému pruhování tisku. Tiskový systém SBI využívá systém přenosu obrazu z válce na válec a při využití amplitudově modulovaného síťování 70 lpi (nynější standard HCR) lze objekty s přechody reprodukovat. [13]

Pravá polovina kružnice byla vyplněna hladkým přechodem, levá strana byla odstupňována pomocí pruhů (kapitola 3.14). Na pravé straně lze pozorovat chybějící body v hodnotách pod 5 % nasycení (střed kružnice je v 0% nasycení, první pruh je v 5% nasycení), kdežto hladké přechody tento jev nevykazují. To poukazuje na schopnost fotopolymeru reprodukovat menší nasycení, než je stanovená bezpečnostní hranice v HCR (5 % nasycení).

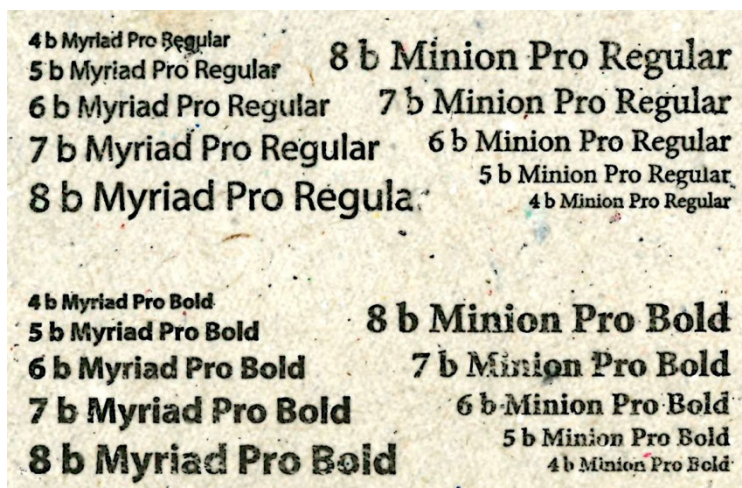
Přechod je plynulý jak ve své hladké polovině, tak v polovině skládající se z pruhů.



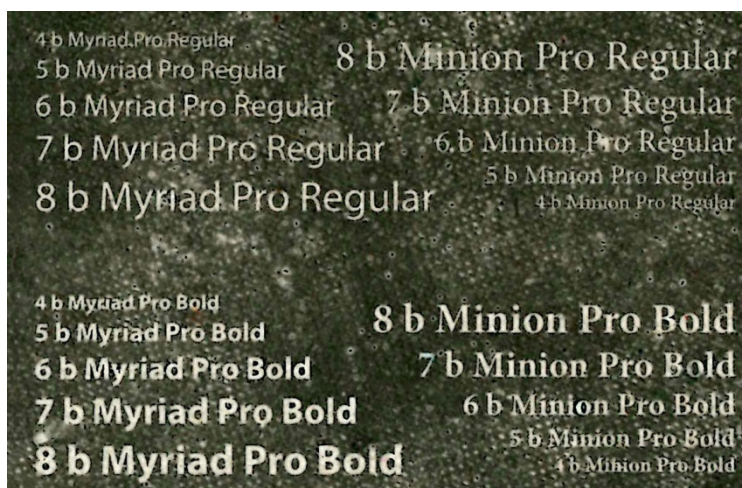
Obr. 26 Kružnice s přechody (2× zvětšeno)

4.8.15 Text

Pro vyhodnocení bylo použito osm variant textu (patkový a bezpatkový font, normální a tučný řez) a od každé varianty byl použit text v pěti různých velikostech. Tisk byl proveden na substrát bez tištěného pozadí a inverzně (kapitola 3.15).



Obr. 27 Textové pole (2× zvětšeno)



Obr. 28 Inverzní textové pole (2× zvětšeno)

Obrázky byly vyhodnocovány vizuálně pomocí digitálního mikroskopu.

Pro použití textu je vhodnější bezpatkový font v normálním řezu. Pro inverzní text je vhodné používat tučného řezu, kdy jsou linie textu širší a při nárůstu tónové hodnoty pozadí nejsou

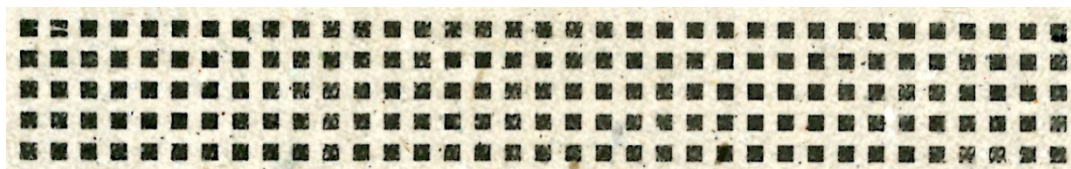
zalité tiskovou barvou. Při použití inverzního textu je hlavním problémem nejednotnost tištěného pozadí vlivem špatného povrchu produktu (kapitola 4.8.17). Další problém při použití inverzního textu je nutnost častějšího čištění tiskové formy a ofsetového potahu, tedy častější zastavování tiskové linky.

V současnosti je jako bezpečná velikost textu v HCR nastaveno 10 b a doporučuje se vůbec nevyužívat inverzní text (ani jiné inverzní motivy). Často se používá text menších velikostí (na obal pro potraviny je vyžadováno umístování stále většího množství informací), obecně ale není vhodné a bezpečné používat text pod 7 b. Toto zároveň koresponduje s nařízením Evropské unie o minimální výšce povinných informací [22].

4.8.16 Šachovnicové pole

Šachovnicové pole se ve skupině Huhtamaki běžně používá při stavbě, kompletaci či seřizování tiskového stroje. Pomocí něj jde okamžitě vyhodnotit seřízení rovnoběžnosti povrchů tiskových válců. [13]

Tiskové zkoušky probíhaly po seřízení tiskového stroje, šachovnicové pole tak potvrdilo kvalitu odvedené práce.



Obr. 29 Šachovnicové pole (2× zvětšeno)

Obrázek byl vyhodnocován vizuálně.

V případě náročnějšího zákroku v tiskovém stroji se šachovnicové pole používá na celé tiskové ploše. Jeho nejzásadnější význam však je pro posouzení v příčném směru tisku.

Běžně se šachovnicové pole používá pro každou barvu zvlášť, v případě této tiskové zkoušky bylo použito pouze v černé barvě z důvodu umístění na třetím vzorku, který byl tištěn pouze černě.

4.8.17 Celoplošné pole

Celoplošné pole poskytuje informaci o kvalitě substrátu produktu. Pro natištění plné plochy je třeba dodržení technologických postupů. Produkt nesmí vykazovat známky:

- nedostatečného přelísování,
- úbytku materiálu v tiskové ploše,
- použití hrubého síta v nasávací části stroje,
- nedostatečnou vlhkost,
- přílišnou prašnost.



Obr. 30 Celoplošné pole (3× zvětšeno)

Obrázek byl opět vyhodnocen vizuálně.

I přes celou řadu opatření pro technologické zajištění výroby byl produkt shledán jako nedostatečný pro potisk plných ploch.

Na základě výsledků jsem podal žádost úseku technologie HCR o provedení úpravy v přelísovací části stroje, konkrétně v úpravě mlžení (tedy dostatečného zvlhčení) produktu, tak, aby před tiskem byla zajištěna doporučená vlhkost 6 % \pm 2 %. Zároveň jsem zhodnotil, že není možno používat hrubší síto, než 60 lpi, protože by nedošlo k dostatečnému vyžehlení povrchu, tato skutečnost byla akceptována.

5 VÝSLEDKY

Závěrečná tabulka přehledně shrnuje výsledky získané z měření v průběhu práce. Konkrétní doporučení a další případné kroky jsou zohledněny v závěru práce (kapitola 6).

Tab. 39 Shrnutí výsledků

Kapitola	Analýza	Vyhodnocení
4.7.1	Soutisk	Kvalita soutisku je dána technologií tisku z výšky (za použití fotopolymerů) a usazením tiskové formy na formový válec, které je v režii operátora stroje. Pro potisk produktů pro 10 vajec je soutisk při 70 lpi v mezích normy.
4.7.2	Optická hustota a $L^*a^*b^*$	Optická hustota je v řádu desítek procent nižší, než např.: u ofsetového tisku. To je dáno zejména penetrační vlastností použitého substrátu a nerovnoměrným povrchem produktu. Hodnoty $L^*a^*b^*$ byly zaznamenány především pro posouzení barvové odchylky ΔE .
4.7.3	Nárůst tónové hodnoty	Nárůst tónové hodnoty poukazuje na důležitost umístění měřícího pole. Nárůst není stejnoměrný, křivky nemají standardní průběh. Ve vyšším nasycení je možné pozorovat vyšší optickou hustotu než u 100% nasycení, kde je optická hustota snížena vlivem nestejněoměrného pokrytí pole tiskovou barvou. Zároveň je zde viditelný vliv prášivosti.
4.7.4	Tiskový kontrast	Tiskový kontrast potvrzuje výše zmíněnou hypotézu. Nejkontrastnější se ukázala být purpurová barva, jejíž hodnoty jsou vyšší, než u kotoučového novinového ofsetového tisku, ostatní barvy naopak mají, dle původního předpokladu, nižší hodnoty.
4.7.5	Chyba odstínu a šedost	Bylo zjištěno, že zásadní vliv na zašpinění barev má konstrukce tiskového stroje, kde vlivem satelitního uspořádání barevníků dochází k přenosu všech tiskových barev v celém systému, což vede k znehodnocení zejména světlých odstínů.
4.7.6	Smyk a zdvojování	Všechny tři použité obrazce potvrdily, že při správném seřízení tiskové jednotky nevznikl žádný problém. Nastavování stroje je prováděno správně.
4.7.7	Přijímavost tiskových barev	Trapping bylo nutné posuzovat popravenou metodikou, protože sice vzniká už na ofsetovém potahu, lidské oko jej vnímá až na produktu, kam je přenesen v obráceném pořadí barev.
4.7.8	Síťování obrazu	Siemensova hvězda potvrdila vhodnost nastavení síťování v HCR na lineaturu 70 lpi.
4.7.9	Světlostálost	Světlostálost šedých nebarvených produktů se ukázala být nepodstatnou. Ke změně odstínu dochází v nízkých odchylkách. Zároveň produkt bývá zpracováván v halách s umělým osvětlením, kterému je vystaven relativně krátkou dobu.
4.7.10	Čárový kód	Čárový kód EAN/UCC 13 dle metodiky GS1 byl reprodukován bez zjevných nedostatků a následná verifikace byla u všech vzorků bezchybná. Pro aplikaci kódu na boční stranu krabičky zůstává v platnosti deformace kódu dle standardu HCR.

Tab. 39 – pokračování

Kapitola	Analýza	Zhodnocení / doporučení
4.7.11	Vizuální posouzení	Výsledky posouzení vizuálního vjemu se liší, podstatné jsou zkušenosti hodnotitele. Obecně vzato však reprodukováné obrázky měly spíše kladný ohlas. Nadále zůstává doporučení pro úpravu bitmapových obrázků i vektorových objektů v předtiskové přípravě.
4.7.12	Linky	Pole linek ukázalo bezpečnostní limity použití tenkých linek ve smyslu jejich tloušťky.
4.7.13	Samostatně stojící tiskový bod	Testy prokázaly, že tvrzení výrobce o velikosti nejmenšího samostatného bodu na tiskové formě, nejsou při běžné produkční rychlosti dosažitelné. V případě tiskových procesů v HCR však používané fotopolymerní desky mají dostatečnou rezervu.
4.7.14	Kružnice s přechody	Kružnice poukázala na přechody nevykazující problémy. K tomu napomáhá použitá amplitudově modulovaná síť v lineatuře 70 lpi.
4.7.15	Text	Reprodukce textu potvrzuje správnost nastavení v HCR. Doporučení vede k používání bezpatkového písma v normálním řezu. Výška textu by neměla být nižší než 7 b.
	Inverzní text	Kvalita reprodukce inverzního textu záleží na povrchu produktu. Zde se jedná o kvalitu tisku tmavého pozadí. Inverzní text se obecně nedá doporučit, v případě jeho použití je však vhodné používat tučný řez bezpatkového písma. Minimální velikost textu by také měla začínat na 7 b., pro dodržení produkční rychlosti tisku s omezením odstavců, pro čištění tiskových forem, pak od 10 b.
4.7.16	Šachovnicové pole	Šachovnicové pole slouží k pozorování kvality seřízení tiskového modulu při stavbě či seřízení stroje. V případě tiskových testů obrazec potvrdil dobré seřízení tiskové jednotky.
4.7.17	Celoplošné pole	Použití celoplošně potištěného pole představuje problém, který je dán především kvalitou substrátu a technologií výroby. Největší vliv na kvalitu má přelisoání produktu, které závisí mimo jiné i na předchozí vlhkosti produktu. Od té se dále odvíjí prašnost, která má vliv na kompaktnost barevné plochy přenesené na substrát.

6 ZÁVĚR

Diplomová práce zkoumala kvalitu tisku zhotovenou technologií nepřímého knihtisku na nasávané kartonáži. Protože společnost Huhtamaki produkuje celou řadu typově odlišných obalů, byly vybrány obaly, které jsou produkovány nejčastěji. Jedná se o typ krabičky na vejce E+10, kde vstupem je šedá nebarvená a neklížená látka z recyklovaného papíru.

Zároveň byl určen výrobní stroj poslední generace LEO řady 4 000 a typ tiskového modulu SBI, který se stává standardem ve skupině Huhtamaki napříč všemi výrobními jednotkami.

Vzorky byly sbírány tři měsíce tak, aby pokryly všechny možné kvalitativní výkyvy produkce. Samotné měření probíhalo vždy na patnácti náhodně vybraných vzorcích. Tiskové testy byly rozloženy do tří samostatných motivů.

Na základě statistického šetření bylo zjištěno, že systém měření ΔE a reflektance je, vzhledem k velké variabilitě výrobků, přijatelný.

6.1 Soutisk

Cílem bylo ověřit soutisk jednotlivých výtazků CMYK. Vyvýšená fotopolymerní tisková forma se na válci relativně malého průměru (150 mm) natahuje. Protažení tiskového motivu může být až 3 mm a je ovlivněno motivem umístěným na fotopolymeru. Každá tisková forma se může protáhnout rozdílně.

Bylo zjištěno, že, při použité frekvenci síťování amplitudově modulované sítě 70 lpi, soutisk nepředstavuje zásadní problém. Podélný soutisk nevykazoval výraznější odchylky. Příčný soutisk je v režii seřízení operátora stroje. Při osazování tiskové linky je důležité pečlivě usadit tiskové formy.

6.2 Optická hustota

Vlivem potiskovaného substrátu, který ochotně přijímá tiskovou barvu, je optická hustota vytištěných tiskových barev nižší, než u dalších konvenčních tiskových technik. Operátor tisku nemá na výrobku k dispozici škálu pro seřízení tisku. První tiskový motiv (Obr. 5), seřízený dle škály, dosahoval průměrných hodnot optické hustoty: C 0,51; M 0,58; Y 0,44; K 0,57. Druhý tiskový motiv (Obr. 6), který byl seřízen na základě vizuálního úsudku, byl

nastaven na průměrné hodnoty: C 0,36; M 0,36; Y 0,28; K 0,51. Barvová odchylka ΔE tak byla u pestrých barev vyšší než 10.

Protože není možné na produkt aplikovat měřicí škály, je seřizování barevnosti plně závislé na zkušenostech operátora tisku. Z tohoto důvodu je nezbytné pravidelné proškolení operátorů a přezkušování jejich znalostí.

6.3 Nárůst tónové hodnoty tiskového bodu

Nárůst tiskového bodu nevykazoval standardní průběh. Bylo zjištěno, že značně záleží na umístění testovacího obrazce na produktu. Vlivem špatné rovinnosti a drsnosti povrchu produktu (nestejněměrné pokrytí tiskovou barvou) byly ovlivněny škály, které byly měřeny. Škála ležící podélně se směrem tisku a škála ležící příčně ke směru tisku vykazují odlišné křivky jednotlivých barev prakticky ve všech bodech křivky. Vlivem prašnosti občas 90% pole působí sytější dojmem, než 100% pole. Toto bylo potvrzeno měřením.

V tomto případě je nezbytná průběžná kontrola tisku a pravidelné čištění tiskových forem a ofsetových potahů.

6.4 Tiskový kontrast

Tiskový kontrast byl hodnocen pro nalezení ideálního poměru odběru barvy pro dosažení co nejvyšší optické hustoty tisku. Zde, vlivem špatné rovinnosti a drsnosti produktu, byly naměřeny vysoké odchylky (až $\sigma = 9,18$). Kvůli penetrační vlastnosti produktu je důležité mít vyšší odběr tiskových barev. Nestejněměrnost produkce výrazně ztěžuje jejich přesné dávkování. Při současné produkci bylo rozhodnuto nezabývat se hledáním přesných hodnot nastavení.

6.5 Chyba odstínu a šedost

Tisková barva vykazuje určitou chybu odstínu a šedost. K dalšímu zašpinění barvy dochází, vlivem uspořádání tiskového modulu, od počátku tisku. Zašpinění narůstá v čase. Tento problém se projevuje u pestrých barev. K rychlejšímu zašpinění dochází u světlých odstínů.

Doporučení směřuje k čištění tiskových forem a ofsetového potahu, ale také ke střídmému plnění barevnic tiskovou barvou a její případnou výměnu.

6.6 Smyk a zdvojování

Pro posouzení smyku a zdvojování byly použity tři samostatné obrazce. Všechny potvrdily, že ani ke smyku, ani ke zdvojování v průběhu tisku nedochází. Při denzitometrickém měření se výsledné hodnoty pohybovaly v rozmezí 0,9–2,1 %. Udávaná maximální hranice je 10 %.

Protože tiskové testy proběhly po seřízení stroje, doporučuji další kontrolu seřízení tiskové linky specialisty během roční odstávky. Dle stavu strojů pak lze určit pravidelnost kontroly.

6.7 Přijímavost tiskových barev

V HCR se používají dva způsoby řazení tiskových barev v tiskovém stroji. Vizuální dojem tisku z vyšetřované jednotky SBI je obecně hodnocen lépe. Cílem bylo najít metodiku hodnocení (u nepřímého knihtisku dochází k přenosu obrazu na produkt až po soutisku všech barev). Trapping je třeba vyhodnocovat až po přenosu barev z ofsetového potahu na produkt. Dalším potenciálním krokem bude porovnání tisku s jednotkou s odlišným řazením barev.

6.8 Síťování obrazu

Cílem bylo prověření stávajícího síťování obrazu. Bylo nutné se zaměřit na nejnižší naměřené hodnoty, které jsou limitující pro frekvenci síťování. Nejhorší výsledek ukázala žlutá barva. To může být dáno tím, že je vnímána jako nejméně kontrastní.

Minimální naměřená hodnota po přepočtu byla 80 lpi. Se započítáním desetiprocentní rezervy výsledek potvrzuje správnost stávajícího nastavení 70 lpi.

6.9 Světlostálost

Světlostálost byla posuzována pro období cca 10–220 dní od ukončení výroby produktu. Průměrné barvové odchylky se v rámci celého měření pohybovaly do $\Delta E = 2,2$ u tiskových barev a $\Delta E = 2,7$ u nepotiskového substrátu. Vzhledem ke vstupnímu materiálu ze sběrového papíru, kde se barvová odchylka může pohybovat v podobných hodnotách už na vstupu do systému, bylo rozhodnuto se světlostálostí dále nezabývat.

6.10 Čárový kód EAN/UCC 13

Tiskem čárových kódů bylo dokázáno, že při použití vygenerovaného kódu EAN/UCC 13 dle standardů GS1 [21] je tiskové zařízení schopno bezproblémové reprodukce. Verifikace kódu proběhla ve všech případech. Kód je snímatelný i v případě, že je natištěn procesní černou barvou a obrazec kódu se nachází na jedné tiskové formě s ostatními motivy.

Doporučení však zůstává pro umístění kódu na boční stranu produktu z důvodu zachování vizuální přitažlivosti produktu. Zároveň zůstávají v platnosti úpravy kódu (deformace na 150 % a neproporcionální deformace delší strany).

6.11 Vizuální posouzení

Vizuální posouzení je značně subjektivní záležitost. Cílem bylo zjistit, jak natištěné obrázky působí na veřejnost. Byly dotazovány dvě skupiny respondentů – první skupinu tvořili respondenti s polygrafickou praxí, druhou skupinu tvořili respondenti bez polygrafické praxe. Obecně byl lépe přijímán obrázek s použitím pestrých barev i přes fakt, že výsledná barevnost byla vlivem šedého substrátu a nerovnoměrné rovinatosti víka produktu potlačena.

Doporučení pro předtiskovou přípravu je na úpravu bitmapových obrázků, aby nejnižší nasycení bylo 5 %. Ideální je vyhýbat se plochám terciálních barev a stínům v malém nasycení (5–15 %), kdy vlivem použitého síťování a nárůstu tónové hodnoty tiskového bodu (20–30 %) stíny působí spíše jako shluk samostatných tiskových bodů a efekt stínu není dosažen.

6.12 Linky

Cílem tisku pole linek s odstupňovanou tloušťkou bylo ověřit, od jaké tloušťky je možné linky bezpečně používat. Na základě testů v minulosti bylo stanoveno, že linky musí být reprodukovány ve stoprocentním nasycení a jejich nejtenčí tloušťka smí být 0,5 b. [13]

Nynější zkouška ukázala, že nejtenčí reprodukovatelná linka na tiskové desce má tloušťku 0,075 b, tato linka však nebyla reprodukována bezchybně. Nejtenčí linka, která byla reprodukována bez problémů, byla linka o tloušťce 0,1 b. Vzhledem k dlouhodobému provozu tiskového stroje (nebylo předmětem zkoumání) se dá předpokládat její vyštípnutí z tiskové formy vlivem tiskového tlaku. Bezpečná tloušťka linky je, v minulosti v HCR

nastavených, 0,5 b. Zároveň nejsou vhodné linky tlustší než 1 b, kvůli viditelnému nárůstu tónové hodnoty tiskového bodu a rozostření hran linky.

Bylo potvrzeno správné nastavení minimálních tloušťek linek používaných v grafických motivech v HCR. Dále bude vydáno doporučení na upravení maximálních hodnot tloušťek linek tak, aby linky nepřekračovaly hodnotu 1 b.

6.13 Samostatně stojící tiskový bod

Zkouška potvrdila, že samostatně stojící tiskový bod, který je reprodukovatelný tiskem, nesmí být menší než 250 μm . Pro potřeby tisku v HCR je tato minimální velikost dostačující. Výsledek bude konzultován s dodavatelem fotopolymerů, protože zkouškou bylo vyvráceno tvrzení výrobce (85 μm).

6.14 Kružnice s přechody

Cílem bylo vizuální porovnání plynulého přechodu (nasycení 0–100 %) a odstupňovaných pruhů (nasycení 0–100 % s krokem po 5 %). Plynulá strana obrazce obsahovala tiskové body už v prostoru do 5 %, tímto se potvrdilo, že tisková forma může obsahovat tiskové body bod bezpečnou 5% hranicí. Druhá polovina obrazce s odstupňovanými pruhy poukazuje na správně zvolenou bezpečnostní 5% hranici.

Oba dva přechody působí plynule a bez zalitých bodů, což mimo jiné poukazuje na vhodně zvolenou frekvenci síťování (70 lpi).

Provedený test otevírá prostor pro jeho pokračování a hledání limitu pro snížení bezpečností 5% hranice.

6.15 Text

Cílem bylo zjistit čitelnost textu v různých řezech, velikostech, v normálním a v inverzním provedení. Na základě testu je doporučeno používat bezpatkový text v normálním provedení, od minimální velikosti 7 b. V případě inverzního textu je nejvhodnější použití tučného řezu bezpatkového písma. Pro omezení zanášení inverzního textu barvou se doporučuje použití minimální velikosti 10 b.

6.16 Šachovnicové pole

Šachovnicové pole mělo ukázat seřízení pozic formového a přenosového válce vůči sobě. Následně pak seřízení protitlaku (protitlakem u jednotky SBI je přenosový válec vnitřního potisku). Zkouška potvrdila správné seřízení válců. Správné seřízení mechanických částí stroje má zároveň podíl na minimalizaci smyku a zdvojování tisku (kapitola 6.6).

Protože tiskové testy proběhly po seřízení stroje, doporučuji další kontrolu seřízení tiskové linky specialisty během roční odstávky. Dle stavu strojů pak lze určit pravidelnost kontroly.

6.17 Celoplošné pole

Cílem vyhodnocení celoplošného pole byla kontrola přenosu barvy v ploše. To se ukázalo být jako jeden z největších problémů. Největší vliv na nedostatečné pokrytí má kvalita produktu, zejména však jeho prášivost. Ta je dána malou vlhkostí výrobku. Obecně byly pozorovány tendence operátorů výrobky přesušovat, protože příliš vlhký produkt se lepí na lisové formy. Lis je pak nutné zastavit a produkt manuálně odstranit.

Dalším problémem je velký výskyt nečistot (kamínky, písek, polystyren apod.) v papírovině. Nečistoty (na jejich charakteru a množství se podílí již vstupní sběrový papír a jeho skladování) se do vany stroje dostanou kvůli zastaralé a dnes již nevyhovující třídící lince. Tyto nečistoty zacpávají síto stroje, načež dochází k nerovnoměrnému nasátí papíroviny na výrobní formu a následně výrobě produktu s nestejnou rovinností. Nečistoty se dostanou do celého výrobního systému, nalepují se na lisové formy a v procesu závěrečného lisování zapříčiňují vyhloubené jamky v produktu, které není možné metodou nepřímého knihtisku potisknout.

7 DOPORUČENÍ

Na základě této diplomové práce vznikla řada doporučení, jejichž zavedení přispěje ke zvýšení kvality výsledného produktu:

1. Zlepšení kvality přelisu víka přidáním vlhčící jednotky mezi výrobní a přelisovou část stroje. Vlhčící jednotka by měla být instalována tak, aby krabice stihla absorbovat přijatou vlhkost a následně se tak aklimatizovala. Projekt na zlepšení kvality přelisu víka byl spuštěn už během vzniku diplomové práce na jejím základě.
2. Nedoporučuje se používání hrubého síta pro výrobu tvaru produktu. Nejnižší vhodná hustota síta je 60 lpi. Tato skutečnost byla akceptována již během vzniku diplomové práce na jejím základě.
3. Provedení kontroly bezpečnostních omezení objektů pro tvorbu grafického motivu. Zaměření bude směřovat zejména k velikosti textu a jeho užití na plných potištěných plochách, dále pak proběhne revize užívaných linek.
4. Provedení tiskových testů s výsledným porovnáním tiskových linek SBI a HMFT, s důrazem na řazení barev (CMYK × YMCK) v tiskové jednotce.
5. Zavedení monitoringu tiskových modulů SBI a nastavení jejich pravidelné mechanické údržby a seřízení.
6. Zavedení pravidelných kontrol povrchu výrobku v závislosti na provozních podmínkách stroje.
7. Veškeré úpravy strojního zařízení, které je umístěno před tiskovou linkou (a na které tisková linka navazuje) musí být bezpodmínečně konzultovány s technologem tisku ještě před jejich zahájením (tedy ve fázi přípravy projektu).

POUŽITÁ LITERATURA

1. **Götz, Robert.** Technologie potisku nasávané kartonáže. *Bakalářská práce.* Univerzita Pardubice: Katedra polygrafie a fotofyziky, 2015.
2. **Huhtamaki Česká republika, a.s.** *Technologie přípravy látky.* Příbyslavice: 2016.
3. **Keyes, Martin.** *Apparatus for making pulp articles.* US740023 A USA, 29. září 1903. Patent.
4. **Domin, Petr.** *Papír a celulóza.* 10, 1999, Sv. 54, 254.
5. **Nesládek, Ivan.** Nová filosofie výroby tvarovaných papírenských výrobků. *Dizertační práce.* Univerzita Pardubice: Katedra dřeva, celulózy a papíru, 2006.
6. **EMFA.** Historie nasávané kartonáže. *European Moulded Fibre Asociation.* [Online] [Citace: 17. listopad 2016.] <http://www.emfa.eu/index.php?section=64&lang=cz>.
7. **Derra a Hör.** *Analysis of two fruit boxes for their compostability under different conditions.* Aschflenburg: ISEGA, 2003. 3808/7.
8. **Huhtamaki.** Huhtamäki Oyj. [Online] [Citace: 17. listopad 2016.] <http://www.huhtamaki.com/>.
9. **SBI.** Scheibler Brothers. [Online] [Citace: 17. listopad 2016.] <http://www.scheiblerbrothers.com/>.
10. **Souček, Milan.** *Zkoušení papíru.* Praha: SNTL, 1977. ISBN: 04-620-77.
11. **Kaplanová, Marie a kolektiv.** *Moderní polygrafie.* Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2010. ISBN: 978-80-254-4230-2.
12. **Holická, Hana.** *Fyzikální vlastnosti papíru (návod k laboratořím z oboru).* Univerzita Pardubice: Katedra polygrafie a fotofyziky, 2014.
13. **Huhtamaki Česká republika, a.s.** *Technologie tisku.* Příbyslavice: 2015.
14. **Nesládek, Ivan.** *Posouzení kvality výrobků TOP 10 HČR pomocí optického přístroje Micro Vu.* Žirovnice: Knoflíkářský průmysl Žirovnice, 2012. KL-P023-12.
15. **Třeštík, Josef.** Třeštík. [Online] [Citace: 26. říjen 2016.] <http://www.trestik.cz/msa-rar>.
16. **Panáček, Ján a kolektiv.** *Polygrafické minimum.* Bratislava: Typoset, 2008. ISBN: 978-80-970069-0-7.
17. **Vlastimil Hájek, Radek Hrubý, Kateřina Motuzová, Milan Láška.** Elektronická učebnice. *Aplikovaná fyzika v polygrafii – metrologie v tisku.* [Online] 28. Srpen 2015. [Citace: 21. Únor 2017.] <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1793>. MSMT-7521/2015-40.

18. **Vališ, Jan.** *UCR, GCR, kontrolní proužky (materiály k předmětu technologie a kvalita ofsetového tisku)*. Univerzita Pardubice: Katedra polygrafie a fotofyziky, 2014.
19. **Vališ, Jan.** *Spektrofotometry a kolorimetry, vlastnosti tiskových barev (studijní materiály k předmětu technologie a kvalita ofsetového tisku)*. Univerzita Pardubice: Katedra polygrafie a fotofyziky, 2014.
20. **Panáč, Ondřej.** *Barevná světlostálost (návod ke speciálním laboratořím z oboru)*. Univerzita Pardubice: Katedra polygrafie a fotofyziky, 2015.
21. **GS1.** Čárové kódy. *GS1 Czech republic*. [Online] [Citace: 3. březen 2015.]
<http://www.gs1cz.org/carove-kody/>.
22. **European Commision.** Úřední věstník Evropské unie. *Povinné informace o potravinách, oddíl 1 – obsah a způsob provádění údajů, článek 9 – seznam povinných údajů*. 2011, IV, str. L 304/28.
23. **Lloyd's Register LRQA.** LRQA. *BRC/IoP*. [Online] [Citace: 25. 11 2016.]
<http://www.lrqa.cz/standardy-a-schemata/brc-iop.aspx>.
24. **UNMZ.** ČSN EN 643. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*. [Online] [Citace: 3. leden 2017.] <http://seznamcsn.unmz.cz/Detailnormy.aspx?k=96306>.
25. **PAPCEL.** Proces chemizace papírenského stroje. [Online] [Citace: 2. leden 2017.]
<http://www.papcel.cz/produkty-pripravna-latky-stroje/zarizeni-pro-pripravu-skladovani-a-davkovani-pomocnych-papirenskych-prostredku/kompletni-nabidka-sluzeb-principy-procesu-chemizace-v-papirenskem-prumyslu/>.
26. **Kupka, Karel.** Trilobyte. [Online] [Citace: 26. říjen 2016.]
<http://www.trilobyte.cz/downloadfree/qcemanual/testing.pdf>.
27. **Ishihara, Shinobu.** *Ishihara's tests for colour deficiency, 14-Plate Edition*. Tokyo: Kanehara Trading Inc., 2012.

ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Sledování kvality tisku při potisku nasávané kartonáže
Autor práce	Bc. Robert Götz
Obor	Polygrafie 34-31-7 (diplomová práce)
Rok obhajoby	2017
Vedoucí práce	Ing. Jan Vališ, Ph.D.
Anotace	Zhotovení testovacích obrazců a provedení tiskových testů. Sledování kvality tisku. Vyhodnocení natištěných vzorků. Doporučení pro další kroky tisku nasávané kartonáže.
Klíčová slova	Nasávaná kartonáž, potisk, kvalita tisku, testovací obrazec, nepřímý knihtisk