

REPRODUKOVATEĽNOSŤ FARIEB V DVOCH TECHNOLOGICKY ROZDIELNYCH TLAČOVÝCH VÝSTUPOCH

Vladimír Bukovský – Mariana Švehlová – Zuzana Chovancová

Abstrakt

V príspevku prezentujeme porovnanie reprodukovateľnosti farieb z dvoch technologicky výrazne rozdielnych tlačových výstupov, atramentovej a termosublimačnej tlačiarne so štandardom farieb SpectroDens. Farebné rozdiely sme zmerali v CIEL*a*b* systéme na fotometri SpectroDens a vyhodnocovali pomocou ab-gamutov. Výstupy z dvoch rôznych atramentových tlačiarní majú výrazne horšiu reprodukovateľnosť farieb s optickou denzitou 0,9 ako je reprodukovateľnosť týchto farieb pri optickej denzite 0,5. Veľmi dobrú reprodukovateľnosť má tlačový výstup z termosublimačnej tlačiarne pri oboch sledovaných optických denzitách farieb. Popísané rozdiely v reprodukovateľnosti farieb budú východiskom pre odstránenie týchto rozdielov v jednotlivých tlačových výstupoch (správa farieb).

KLúčové slová: reprodukovateľnosť farieb, atramentová tlačiareň, termosublimačná tlačiareň

Abstract

We compared to reproduce the promise of colors from two technologically distinctly different printing outputs from the inkjet and thermosublimation printer with the SpectroDens color standard. Color differences were measurement in the CIELab system with SpectroDens photometer and evaluated using ab- gamuts. Print outputs from two different inkjet printers were significantly worse reproduced to promise colors with an optical density of 0,9, such as the reproducibility of these colors at an optical density of 0,5. Very good reproducibility has a print output from a thermosublimation printer at both of the observed color densities. The described differences in color reproducibility will by the basis for removing these differences in individual print outputs (color management).

Keywords: reproducibility of colors, outputs of inkjet and thermosublimation printers

Úvod

Správa farieb (CMS-Color management system) je proces, ktorý by mal umožniť, aby sa pri reprodukcii farebného obrazu dosahovali farby čo najviac zhodné s farbami originálu.¹ Reprodukcia farebného obrazu z originálu na tlačový výstup, resp. iný výstup je proces na ktorom sa zúčastňuje viacero zariadení (fotoaparát, PC, tlačiareň, typ nosiča výsledného farebného obrazu, obrazovka a pod.), ktoré majú svoje vlastné ponímanie (limity) reprodukcie

¹ *Complete guide to color management: X-Rite*. 2005. 48 s.; ČERNOHORSKÝ, Š. Využití správy fareb v procese digitalizace. In: *Sborník příspěvků z workshopů PhotoChemPoint*. Brno: Vysoké učení technické v Brne, 2012, s. 68-73. ISBN 978-214-4575-8; DZIK, P. a M. NOVOTNÝ. Správa barev v digitalní fotografii. In: *Sborník příspěvků z workshopů PhotoChemPoint*. Brno: Vysoké učení technické v Brne, 2012, s. 59-67. ISBN 978-214-4575-8; KIANICOVÁ, K. a V. BUKOVSKÝ. Modelové starnutie farebnej fotografie a jej zmeny. In: *Forum pro konzervátory - restaurátory*. Opava: Technické múzeum Brno, 2011, s. 37-40. ISBN 978-80-86413-80-8.

farebného obrazu. Ak je požiadavka na kvalitnú reprodukciu farebného obrazu (archivácia dokumentu), je potrebné, aby tieto zariadenia boli nastavené tak, aby reprodukovali farby čo najlepšie. Systém správy farieb sa vytvára pre každý konkrétny proces (konkrétnu zostavu) individuálne. Pre správu farieb sú dostupné viaceré programy (Adobe Fotoshop, Adobe Light Room 5 a ďalšie), pomocou ktorých je možné nastaviť, resp. zrealizovať určitú správu farieb pred vytlačením obrazu.

V tejto práci sme sa zamerali na zmerania modelových farieb CMY a RGB pripravených v PC a na ich reprodukovateľnosť v dvoch technologicky odlišných tlačových výstupoch, t.j. vo výstupe z 2 atramentových tlačiarní a jednej termosublimatej tlačiarne s výstupom na matnom a leskom papieri (pozadí).

Popísal sa rozsah, resp. možnosti merania reprodukovateľnosti farieb kolorimetrom SpectroDens v 2D farebnom priestore, ktoré vidí priemerne citlivé ľudské oko.²

Pri porovnaní reprodukovateľnosti farieb sa použil štandard SpectroDens, ktorý je dobre popísaný.³ Namerané hodnoty v parametroch a^* a b^* (CIEL $*a^*b^*$) farieb CMY a RGB z zo štyroch tlačových výstupoch sa porovnali so štandardom SpectroDens s cieľom zhodnotiť reprodukovateľnosti farieb (ab-gamuty) a posúdiť kvalitu týchto tlačových výstupov. V budúcnosti tieto poznatky chceme využiť aj pri správe farieb tak, aby sme sa vyhli tzv. subjektívnej správe farieb spojenej s úpravou pozmenených farbených tlačových výstupov.

Metodika

Príprava štandardu K2

Pre modelovanie zmien v tlačových výstupoch farebných obrazoch sa pripravil štandard K2 v ktorom sa podľa tabuľky (Tab. 1) vytvorili v PC obrázok požadovaných štandardov farieb cyan (tyrkysová), žltá a magenta (purpurová) a ich kombinácii v pomere 1:1, t.j. modrá, zelená a červená, ako aj miešanie v pomere 1:1:1-bielo-čierna škála. Štandardy farieb sa v PC pripravili v sýtosti farieb 90% a 50% (optická denzita $d=0,9$ a $d=0,5$) a bielo-čiernu škálu v sýtosti 0%, 25%, 50%, 75% a 100% (optická denzita $d=0,00, d=0,25, d=0,50, d=0,75$ a $d=1,00$) a vyznačila sa aj plocha pozadia.

Číslo	Farba	Sýtosť	C	Ž	M
1	Cyan	90%	90		
2	Žltá	90%	2	89	
3	magenta	90%		1	89
4	Cyan	50%	51		1
5	Žltá	50%	1	50	
6	magenta	50%		1	51

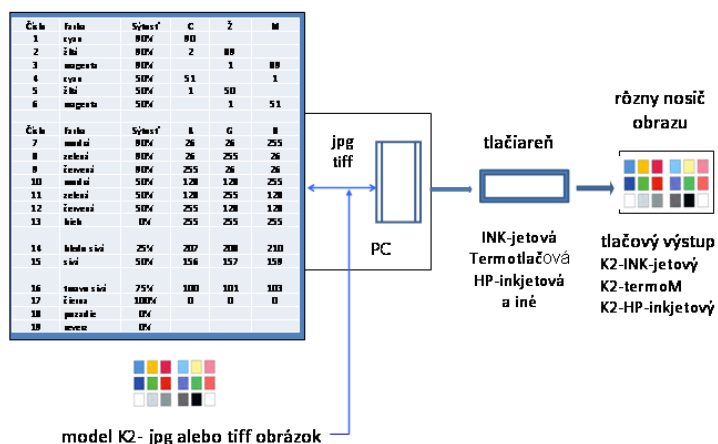
Číslo	Farba	Sýtosť	R	G	B
7	modrá	90%	26	26	255
8	zelená	90%	26	255	26
9	červená	90%	255	26	26
10	modrá	50%	128	128	255
11	zelená	50%	128	255	128
12	červená	50%	255	128	128

² ČERNOHORSKÝ, Š. Využití správy fareb v procesu digitalizace. In: *Sborník příspěvků z workshopů PhotoChemPoint*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012, s. 68-73. ISBN 978-214-4575-8.

³ ŠVEHLOVÁ, M. a V. BUKOVSKÝ. *Štandardy Spectrodens a Q13: príloha k manuálu SpectroDens*. Žilina: Žilinská univerzita, 2015. 57 s., *Manual: Spectro-Densitometer TECHKON SpectroDens Premium*.

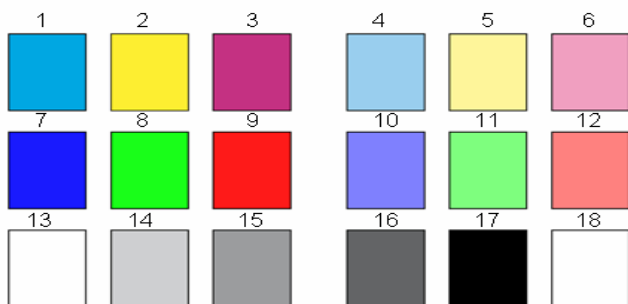
13	Biela	0%	255	255	255
14	bledo sivá	25%	207	208	210
15	Sivá	50%	156	157	159
16	tmavo sivá	75%	100	101	103
17	čierna	100%	0	0	0
18	pozadie	0%			

Tab. 1 Rozpis pre prípravu modelového štandardu K2 v PC (ing. Novák). C-cyan, Ž-žltá, M-magenta, R-červená, G- zelená, B- modrá.



Obr. 1 Príprava modelového štandardu K2 a príprava tlačových výstupov.

Štandard K2 bol pripravený v PC podľa Tab. 1 ako obrázok .jpg s hodnotou 340 dpi a bol vytlačený na troch rôznych tlačiarňach. Tieto tlačové výstupy boli porovnané so štandardom SpectroDens, ktorý sa použil pre testovanie reprodukovateľnosti farieb týchto tlačových výstupov.⁴



Obr. 2 Ilustratívny tlačový výstup štandardu K2 z atramentovej tlačiarne Canon.

- Farby 1,2,3 – cyan (C), žltá (Ž), magenta (M), optická denzita $d = 0,9$
- Farby 4,5,6 – cyan, žltá, magenta, optická denzita $d = 0,5$
- Farby 7,8,9 – modrá, zelená, červená, optická denzita $d = 0,9$
- Farby 10,11,12 - modrá, zelená, červená, optická denzita $d = 0,5$
- Farby 13,14,15,16,17 – bieločierna škála, optická denzita $d = 0,0/0,25/0,5/0,75/1,00$
- Farba 18 – pozadie, optická denzita $d = 0,0$

⁴ ŠVEHLOVÁ, M. a V. BUKOVSKÝ. Štandardy Spectrodens a Q13: príloha k manuálu SpectroDens. Žilina: Žilinská univerzita, 2015. 57 s.

Charakteristika použitých tlačiarní

Tlačiareň Canon PIXMA MG 6250

Technológia tlače: tlačová hlava FINE od spoločnosti Canon, minimálny objem atramentovej kvapôčky 1 pl umožňuje bezokrajový výtláčok formátu 10 x 15 cm v kvalite fotoštúdia.

Tlačový výstup K2 štandardu (Tab. 1) sa vytlačil na šesť farebnej multifunkčnej inkjetovej tlačiarni Canon Pixma a označili K2-INK.

Tlačiareň HP Deskjet Ink Advantage 3525

Technológia tlače: Termálna atramentová tlač

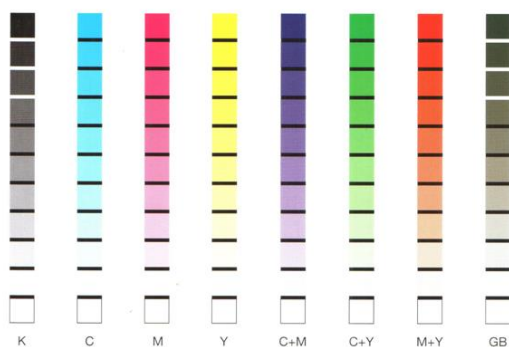
Tlačový výstup K2 štandardu (Tab. 1) vytlačení na tejto atramentovej tlačiarni sa označil K2-HP.

Termosublumačná tlačiareň DNP DP-DS620

Tlačový výstup K2 štandardu (Tab. 1) sa vytlačil na termosublumačnej tlačiarni- A dye Sublimation Digital Photo Printer (Dai Nippon Printing Co., Ltd.) vo fotolabe BaB v Martine v matnom (K2-Termo-matný, K2-TM) a lesklom prevedení (K2-Termo-lesklý, K2-TL).

Štandard SpectroDens

Kvalita reprodukcie farieb tlačových výstupov sa posudzovala s farbami štandardu SpectroDens (Obr. 3) v CIEL*a*b* systéme podľa normy ISO 12647-2 AMD1 a vyhodnocovala aj pomocou ab-gamutov.⁵



Obr. 3 Štandard SpectroDens⁶

Prístroj: Spectro-Densitometer TECHKON SpectroDens-Premium (Nemecko)

Nastavenie prístroja:

Meranie: CIEL*a*b* (1976)

Kalibrácia: ABS- absolútna biela referencia – kalibrácia na biely vnútorný štandard (keranická konzola)

Typ osvetlenia (iluminant): D50

Uhol pozorovania (observer): 2°

noPOL: vypnutý polarizačný filter

M1: podmienky merania- pre papiere s optickým zjasňovačom a UV komponentom

Kontroly nastavenia prístroja:

Papier pozadia: 4 vrstvy papiera Mondi, 90g/m², vyrobené v Rakúsku,

L*= 93,66, a*= 3,31, b*= -12,50

⁵ Manual: Spectro-Densitometer TECHKON SpectroDens Premium.

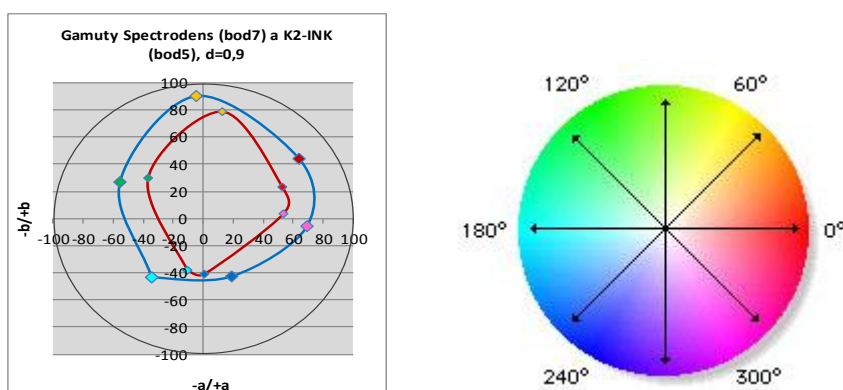
⁶ Manual: Spectro-Densitometer TECHKON SpectroDens Premium.

Papier pozadia štandardu SpectroDens:
 $L^*=95,27$, $a^*=0,92$, $b^*=-4,03$, $h^*=282,9$, $c^*=4,13$

Konštrukcia ab-gamutu v 2D farebnom priestore

Pre určenie polohy farieb tlačových výstupov v 2D farebnom priestore sa urobili ich gamuty (GK2- $X_{(6)}$) v ktorých boli použité namerané hodnoty a^* a b^* farieb CMY a RGB pri ich optickej denzite $d=0,9$ a $d=0,5$. Pre znázornenie sa využil farebný priestor ab- farebný kruh, ktorý je súčasťou softvéru Spectrodens.⁷

Pri hodnotení reprodukovateľnosti farieb tlačového výstupu v 2D farebnom priestore je jedným z ab-gamutov vždy ab-gamut štandardu SpectroDens. Ab-gamuty sa dajú umiestniť aj do farebného 2D priestoru. Plocha kruhu je farebný obraz videnia bežného ľudského oka. Plocha ab-gamutu je rozsah „videnia“ prístroja Spectrodens pri reprodukcii štandardu SpectroDens alebo konkrétneho tlačového výstupu. (Obr. 4.)



Obr. 4 Konštrukcia dvoch porovnávaných ab-gamutov (GK2- $X_{(6)}$, GK2- $Y_{(6)}$). X- štandard SpectroDens, Y- tlačový výstup K2-INK umiestnené v 2D farebnom priestore.

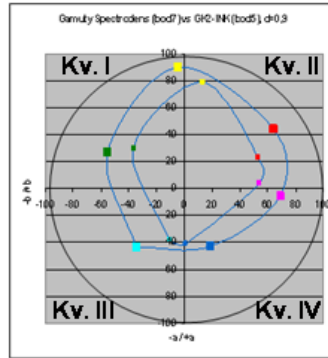
Výpočet veľkosti a povaha farebných plôch GK2- $X_{(6)}$

ab-gamut (GK2- $X_{(6)}$) sa vytlačí na kvalitný kancelársky papier. Analýza obrazu sa urobí gravimetrickou metódou tak, že sa plochy vystrihnú a odvážia (homogenita kancelárskeho papiera bola overená).

Najprv sa určila veľkosť celého 2D farebného priestoru. Následne sa určí veľkosť ab-gamutu (ab-gamutov) a vypočíta sa pomerné zastúpenie „plochy“ ab-gamutu farieb (napr. štandardu SpectroDens) z celej plochy 2D priestoru. Ak v jednom 2D priestore porovnáваме rozdiely medzi dvoma ab-gamutmi tak platí, čím je reprodukovateľnosť tlačového výstupu kvalitnejšia, tým sa plocha ab-gamutu tohto výstupu približuje ploche ab-gamutu štandardu SpectroDens (podmienkou je meranie s denzitometrom SpectroDens).

Poloha gamutu v 2D priestore sa dá posúdiť aj tak, že sa ab-gamut rozstrihol na 4 kvadranty pozdĺž osí a^* a b^* a vypočítalo sa jeho pomerné zastúpenie (v%) v týchto kvadrantoch (Obr. 5).

⁷ Manual: Spectro-Densitometer TECHKON SpectroDens Premium.



Obr. 5 Označenie kvadrantov v 2D farebnom priestore.

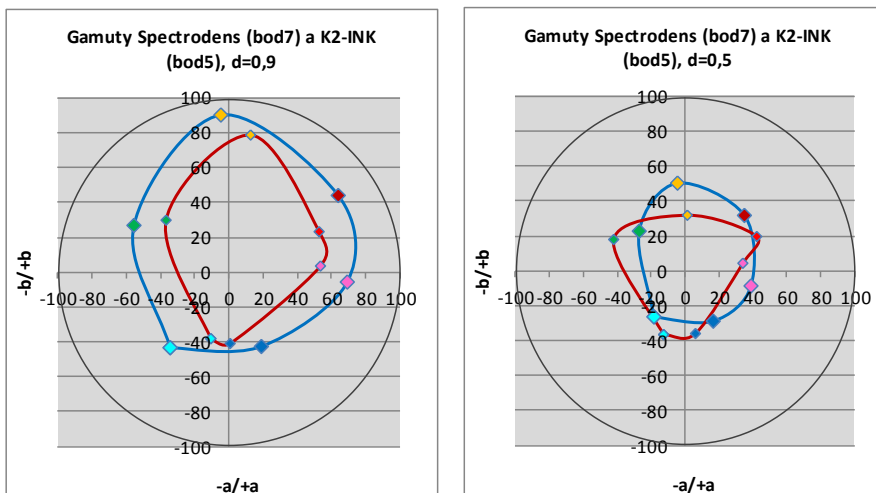
Posun polohy (obrazu) ab-gamutu v 2D farebnom priestore dobre charakterizuje pomerné (v %) zastúpenie farieb v 2D farebnom priestore, resp. trend zmien vo farbách tlačových výstupov.

Výsledky a diskusia

Tlačový výstup K2 z atramentovej tlačiarne Canon

Zo štandardu K2 pripraveného v PC (Tab. 1, Obr. 2) sa na atramentovej tlačiarne Canon Pixma MG 6250 vytlačil na kancelársky papier MONDI (Ružomberok) 80g/m², bezchlórová bielená celulóza, tlačový výstup K2-INK.

Z nameraných hodnôt farieb štandardu SpectroDens a farieb tlačového výstupu K2-INK z atramentovej tlačiarne pre obidve optické denzity $d=0,9$ a $d=0,5$ sa vytvorili ab-gamuty (Obr. 6).



Obr. 6 Porovnanie farieb v ab-gamute štandardu SpectroDens ($d=0,9$ -bod7) a farieb tlačového výstupu K2-INK ($d=0,9$ -bod5) a porovnanie farieb v ab-gamute štandardu SpectroDens ($d=0,5$ -bod7) a farieb K2-INK tlačového výstupu ($d=0,5$ -bod5)

Pri rovnakej optickej denzite $d=0,9$ sa ab-gamut tlačového výstupu K2-INK na papieri v porovnaní so štandardom SpectroDens prejavuje menšou plochou ab-gamutu, čo odráža aj rozsah kvality reprodukovateľnosti farieb v tomto výstupe. Na nižšej reprodukovateľnosti sa môže podieľať aj prienik (priesak) farieb do papierového nosiča.

Pri optickej denzite $d=0,5$ porovnávaných farieb štandardu SpectroDens a výstupu K2-INK je zrejmé, že reprodukovateľnosť farieb je lepšia, t.j. vzdialenosti medzi rovnakými farbami v ab-gamutoch sú menšie. Na druhej strane pri farbách zelená, cyan a modrá ab-gamut prekračuje rámec ab-gamutu SpectroDens štandardu.

Rozloženie ab-gamutov v 2D farebnom priestore

Hodnotenie ab-gamutov a ich následné porovnanie bude v 2 rovinách. Prvou rovinou bude výpočet plochy ab-gamutu v celom 2D farebnom priestore (-100/+100), možnosti prístroja. V druhej rovine sa porovná plocha ab-gamutu tlačového výstupu K2-INK s plochou ab-gamutu štandardu SpectroDens (kvalita reprodukcie farieb).

Výpočet veľkosti ab-gamutov pri optickej denzite farieb $d=0,9$ a $d=0,5$ je v Tab. 2.

Optická denzita 0,9	Mg	%	%
Plocha kruhu	780,6	100	
Plocha SpectroDens	321,6	41,2	100
Plocha K2-INK	175,8	22,5	54,7
Rozdiel SD - K2-INK	145,8	18,7	45,3

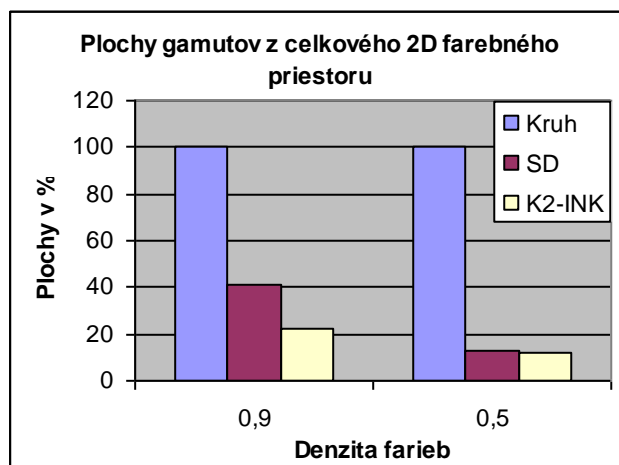
Optická denzita 0,5	Mg	%	%
Plocha kruhu	793,6	100	
Plocha SpectroDens	99,4	12,5	100
Plocha K2-INK	96,8	12,2	97,4
Rozdiel SD - K2-INK	2,6	0,3	2,6

Tab. 2 Plocha celkového farebného 2D priestoru (plocha kruhu) a plochy jednotlivých ab-gamutov

ab-gamut SpectroDens s optickou denzitou farieb $d=0,9$ z celkového farebného priestoru vyplňa len 41,2%, a pri optickej denzite $d=0,5$ len 12,5%. Sú to limitné hodnoty pre prístroj SpectroDens pri danom nastavení.

Kvalitu reprodukcie farieb vyjadruje porovnanie ab-gamutu K2-INK s ab-gamutom SpectroDens. Pri farbách s optickou denzitou $d=0,9$ je ab-gamut K2-INK menší o 45,3% a pri farbách s denzitou $d=0,5$ je menší len o 2,6%.

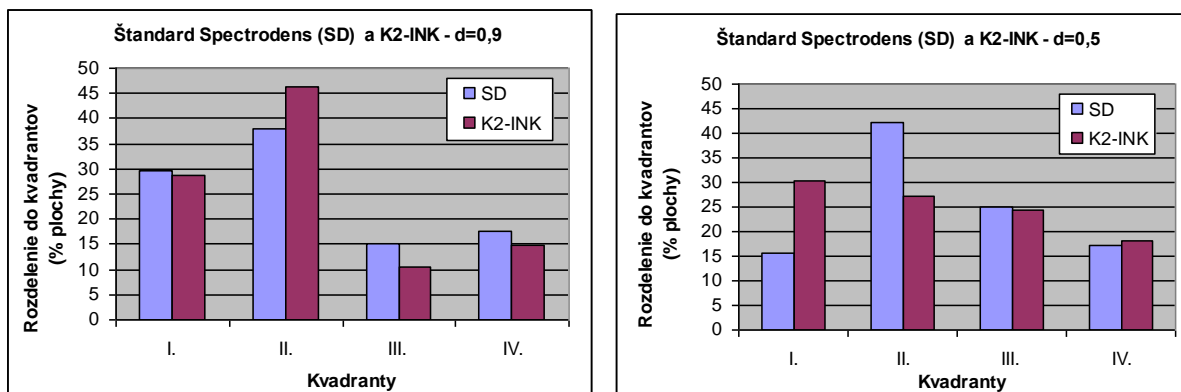
Grafické znázornenie plochy ab-gamutov v 2D farebnom priestore je na Obr. 7.



Obr. 7 Plocha (objem) ab-gamutu SpectroDens a ab-gamutu tlačového výstupu K2-INK v 2D farebnom priestore (kruh) v závislosti na optickej denzite farieb.

Z porovnania vyplýva, že tmavšie farby (vyššia optická denzita) sa reprodukovujú výrazne horšie. Reprodukovateľnosť farieb s optickou denzitou 0,5 je však výrazne lepšia a dosahuje hodnoty 97,4%.

Rozloženie gamutov v 2D farebnom priestore do 4 kvadrantov pre farby s optickou denzitou $d=0,9$ a $d=0,5$ je na Obr. 8.



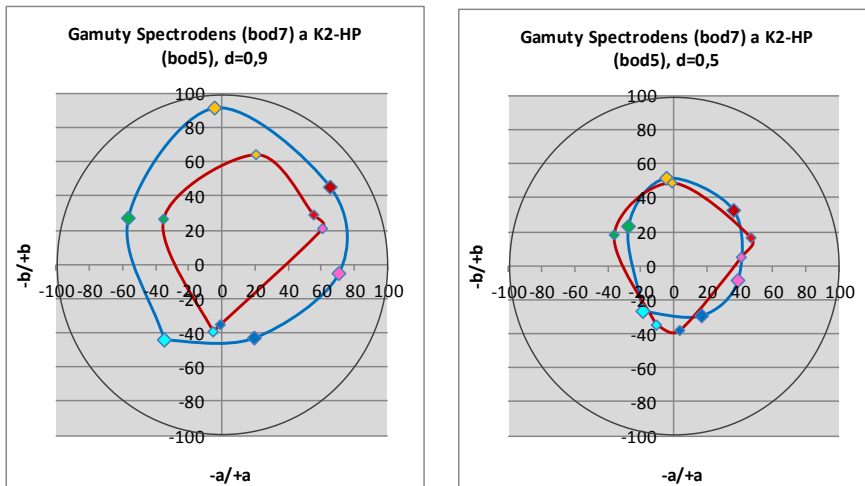
Obr. 8 Rozloženie ab-gamutov štandardu SpectroDens (SD) a tlačového výstupu K2-INK v štyroch kvadrantoch 2D farebného priestoru v % z aktuálnej veľkosti gamutov, t.j. nezohľadňuje sa zmena veľkosti ab-gamutu spôsobená denzitou farieb

Porovnanie plochy ab-gamutu štandardu SpectroDens pri optickej denzite farieb s polohou ab-gamutu K2-INK výstupu ukazuje, že tento ab-gamut je posunutý (zmenený) v 2D farebnom priestore smerom do II. kvadrantu, t.j. smerom k červenej farbe. Tento posun je ale spojený s posunmi v III. a IV. kvadrante smerom do stredu kruhu (úbytok plochy). Najlepšia reprodukovateľnosť je v I. kvadrante v oblasti zelenej farby.

Výrazne iná je situácia v polohe ab-gamutu K2-INK výstupu pri optickej denzite farieb $d=0,5$. ab-gamut je výrazne posunutý do I. kvadrantu, t.j. smerom k zelenej farbe. Tento posun je kompenzovaný výrazným posunom z II. kvadrantu, t.j. smerom od červenej farby. V kvadrantoch III a IV sa zmeny neobjavili a v tejto oblasti sú farby najlepšie reprodukované.

Tlačový výstup K2 z atramentovej tlačiarne HP

Z nameraných hodnôt štandardu SpectroDens a tlačových výstupov z K2-HP z atramentovej tlačiarne pre obidve optické denzity $d=0,9$ a $d=0,5$ sa vytvorili ab-gamuty (Obr. 9).



Obr. 9 Porovnanie farieb v ab-gamute štandardu SpectroDens ($d=0,9$ -bod7) a farieb tlačového výstupu K2-HP ($d=0,9$ -bod5) a porovnanie farieb v ab-gamute štandardu SpectroDens ($d=0,5$ -bod7) a farieb K2-HP tlačového výstupu ($d=0,5$ -bod5)

Porovnanie reprodukovateľnosti K2-HP atramentového tlačového výstupu pri optickej denzite farieb $d=0,9$ ukazuje veľmi nízku reprodukovateľnosť praktických všetkých farieb. Táto reprodukovateľnosť sa prejavuje predovšetkým zmenšením ab-gamutu, spojeným s nárastom vzdialeností medzi všetkými farbami, v porovnaní so štandardom SpectroDens. Ďalej sa strácajú rozdiely medzi červenou farbou a magentou, ako aj medzi modrou farbou a farbou cyan, znižuje sa rozdiel medzi ich farebnými odtieňmi (hue).

Na druhej strane reprodukovateľnosť K2-HP atramentového výstupu pri optickej denzite $d=0,5$ je veľmi dobrá, dokonca aj pre žltú farbu.

Rozloženie ab-gamutov v 2D farebnom priestore

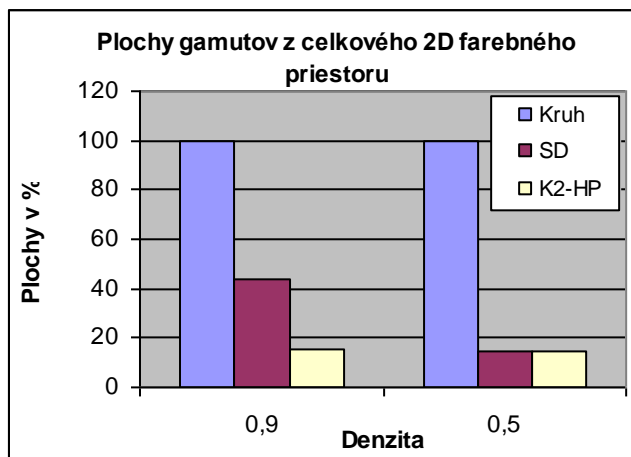
Namerané hodnoty a výpočet plôch ab-gamutov v celom 2D farebnom priestore (-100/+100) a veľkosť plôch ab-gamutov SpectroDens a tlačového výstupu K2-HP pri optických denzitách farieb $d=0,9$ a $d=0,5$ je v Tab. 3.

Optická denzita 0,9	Mg	%	%
Plocha kruhu	781,8	100	
Plocha SpectroDens	343,2	43,9	100
Plocha K2-HP	119,8	15,3	34,9
Rozdiel SD-K2-HP	223,4	28,6	65,1

Optická denzita 0,5	Mg	%	%
Plocha kruhu	770,8	100,0	
Plocha SpectroDens	113,4	14,7	100
Plocha K2-HP	114,4	14,8	100,9
Rozdiel SD - K2-HP	-1	-0,1	-0,9

Tab. 3 Plocha celkového farebného 2D priestoru (plocha kruhu) a plochy jednotlivých ab-gamutov.

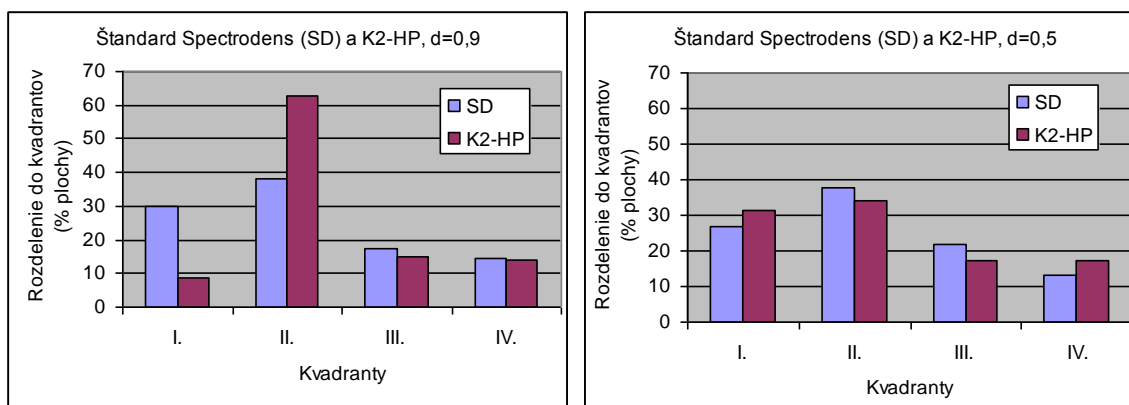
Pri optickej denzite $d=0,9$ je ab-gamut tlačového výstupu K2-HP v porovnaní s ab-gamutom SD s optickou denzitou 0,9 menší o 65,1%. Naproti tomu ab-gamut K2-HP výstupu s optickou denzitou 0,5 je v porovnaní s ab-gamutom SD prakticky identický, t.j. plochy sú rovnaké (Tab. 3, Obr. 10).



Obr. 10 Plocha (veľkosť) SpectroDens (SD) ab-gamutu a ab-gamutu K2-HP tlačového výstupu v 2D farebnom priestore (kruh) v závislosti na optickej denzite farieb

Ak porovnáme rozdiely medzi ab-gamutom SpectroDens a K2-HP tlačovým výstupom pri oboch optických denzitách, tak reprodukovateľnosť tmavších farieb (vyššia optická denzita) je výrazne horšia. Na druhej strane reprodukovateľnosť farieb s optickou denzitou $d=0,5$ je veľmi dobrá.

Rozloženie ab-gamutov v 2D farebnom priestore do 4 kvadrantov pre farby s optickou denzitou $d=0,9$ a $d=0,5$ je na Obr. 11.



Obr. 11 Rozloženie ab-gamutov štandardu SpectroDens (SD) a K2-HP atramentového tlačového výstupu v štyroch kvadrantoch 2D farebného priestoru v % z aktuálnej veľkosti ab-gamutov, t.j. nezohľadňuje sa zmena veľkosti spôsobená optickou denzitou farieb

Porovnanie plochy ab-gamutu štandardu SpectroDens pri denzite farieb $d=0,9$ s polohou ab-gamutu K2-HP tlačového výstupu ukazuje, že tento ab-gamut je výrazne posunutý z I. kvadrantu do II. kvadrantu t.j. od zelenej farby smerom k červenej farbe. Tento posun nie

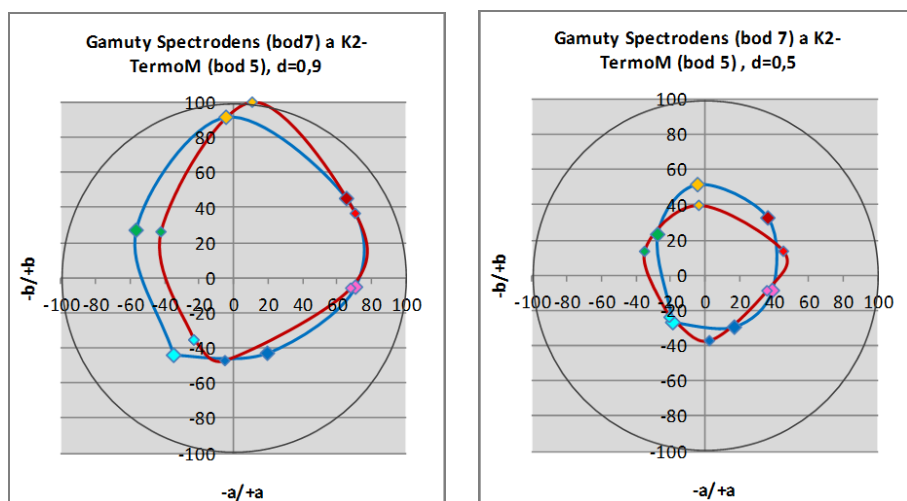
je spojený so žiadnymi posunmi v III. a IV. kvadrante. To znamená, že najhoršia reprodukovateľnosť farieb je v I. a II. kvadrante, kde dominuje žltá farba.

Výrazne iná je situácia v polohe ab-gamutu K2-HP tlačového výstupu pri optickej denzite farieb $d=0,5$. Zmeny v polohe ab-gamutu v 2D farebnom priestore sú minimálne a nedá sa nájsť nejaký prevládajúci trend zmien. To znamená, že bledé farby sa reprodukovujú výrazne lepšie ako tmavé farby.

Tlačový výstup K2 z termosublimačnej tlačiarne DNP DP-DS620 (K2-TermoMatný, K2-TM)

Zmerali sa farby štandardu SpectroDens s $d=0,9$ a $d=0,5$ a rovnakých farieb tlačového výstupu K2-TM vytlačeného na termosublimačnej tlačiarne DNP DP-DS620 na matnom pozadí.

V ab-gamutoch vytvorených z nameraných hodnôt štandardu SpectroDens a tlačového výstupu z termotlačiarne v matnom prevedení (K2-TM) pre obidve optické denzity $d=0,9$ a $d=0,5$ je na Obr. 12.



Obr. 12 Porovnanie farieb v ab-gamute štandardu SpectroDens ($d=0,9$ -bod7) a farieb tlačového výstupu K2-TM ($d=0,9$ -bod5) a porovnanie farieb v ab-gamute štandardu SpectroDens ($d=0,5$ -bod7) a farieb K2-TM tlačového výstupu ($d=0,5$ -bod5)

Zvláštnosťou pri hodnotení K2-TermoM tlačového výstupu s optickou denzitou $d=0,9$ je nameraná súradnica $+b^*$ u žltej farby, ktorá dosiahla hodnotu 103,1. Približne rovnaká hodnota bola nameraná opakovane. Teoreticky by všetky namerané hodnoty farieb pri optických denzitách od $d=0,0$ až po $d=1,0$ nemali prekročiť 2D farebný kruh prístroja SpectroDens vymedzený hodnotami $a^* = +100/-100$ a $b^* = +100/-100$. Z tohto dôvodu sme pre vytvorenie ab-gamutu túto hodnotu upravili na 100, čo prakticky neovplyvnilo hodnotenie výstupu. Predpokladáme, že ide o vplyv rôznych typov pozadia farieb štandardu Spectrodens a papiera na ktorom sú zhotovené tlačové výstupy K2-TM a K2-TL.

Plocha, ktorú ab-gamut K2-TermoM s optickou denzitou $d=0,9$ sa plochou výrazne podobá ab-gamutu SpectroDens, čo naznačuje, že tlačový výstup je veľmi kvalitný a veľmi dobre reprodukuje farby. Táto zhoda je najlepšia u červenej farby, magenty a farby cyan. Podobne dobrá je aj reprodukovateľnosť farieb pri optickej denzite $d=0,5$, výnimkou žltej farby, a čiastočne aj červenej farby.

Rozloženie ab-gamutov v 2D farebnom priestore

Namerané hodnoty a výpočet plôch ab-gamutov v celom 2D farebnom priestore (-100/+100) a veľkosť plôch ab-gamutov SpectroDens a výstupu K2-TM pri optických denzitách farieb $d=0,9$ a $d=0,5$ je v Tab. 4.

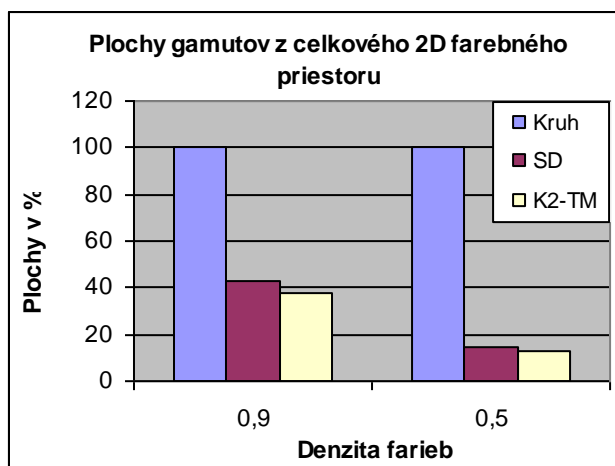
Optická denzita 0,9	Mg	%	%
Plocha kruhu	462,6	100	
Plocha SpectroDens	198,7	42,9	100
Plocha K2 -TermoM	175,7	38,0	88,4
Rozdiel SD - K2-TermoM	23,0	4,9	11,6

Optická denzita 0,5	Mg	%	%
Plocha kruhu	459,3	100	
Plocha SpectroDens	66,0	14,4	100
Plocha K2 -TermoM	59,7	13,0	90,4
Rozdiel SD - K2-TermoM	6,3	1,4	9,6

Tab. 4 Plocha celkového farebného 2D priestoru (plocha kruhu) a plochy jednotlivých ab-gamutov

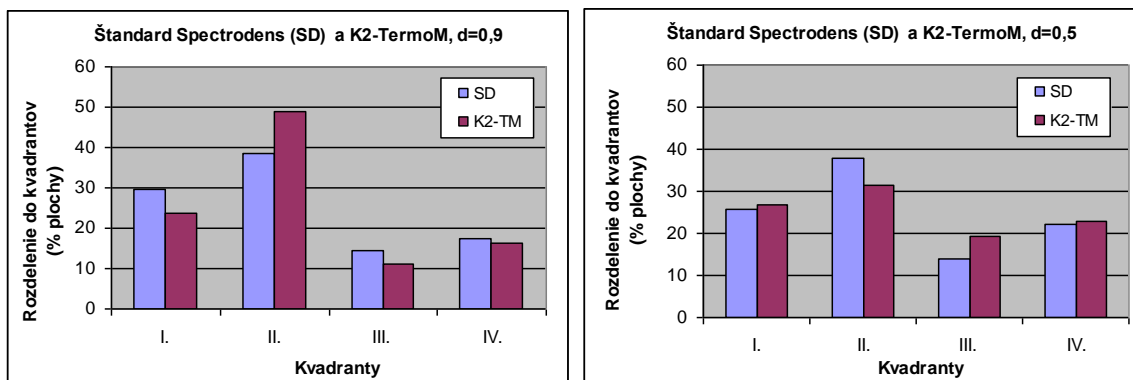
Plocha SpectroDens ab-gamutu z celej plochy 2D farebného priestoru pri optickej denzite $d=0,9$ je 42,9% a pri optickej denzite $d=0,5$ len 14,4% (Tab. 4). V porovnaní s plochou štandardu SpectroDens pri optickej denzite $d=0,9$ plocha ab-gamutu výstupu K2-TermoM je 88,4% (strata plochy farby -11,6%) a pri optickej denzite $d=0,5$ až 90,4% (strata plochy farby -9,6%), čo poukazuje na výbornú reprodukovateľnosť farieb v tomto výstupe, ako v tmavých, tak aj svetlých farbách (Obr. 12).

Grafické znázornenie výskytu ab-gamutov v 2D farebnom priestore je na Obr. 13.



Obr. 13 Plocha (veľkosť) SpectroDens ab-gamutu a ab-gamutu K2-TM tlačového výstupu v 2D farebnom priestore (kruh-100%) v závislosti na optickej denzite farieb

Rozloženie ab-gamutov v 2D farebnom priestore do 4 kvadrantov (Obr. 5) pre farby s optickou denzitou $d=0,9$ a $d=0,5$ je na Obr. 14.



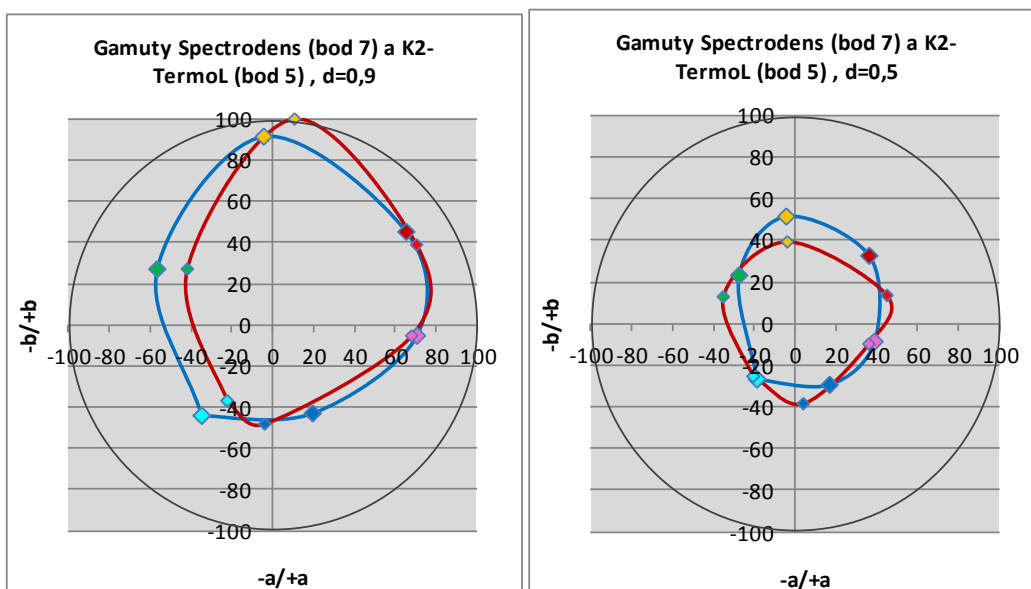
Obr. 14 Rozloženie ab-gamutov štandardu SpectroDens (SD) a K2-TermoM- tlačového výstupu v štyroch kvadrantoch 2D farebného priestoru v % z aktuálnej veľkosti ab-gamutov

Porovnanie plochy ab-gamutu štandardu SpectroDens pri optickej denzite farieb $d=0,9$ s polohou ab-gamutu K2-TermoM tlačového výstupu ukazuje, že tento ab-gamut je posunutý (zmenený) v 2D FP smerom z I. kvadrantu do II. kvadrantu, t.j. smerom k červenej farbe. Tento posun je spojený s malým úbytkom z III. kvadrantu. Najlepšia reprodukovateľnosť je v IV. kvadrante v oblasti farby magenta.

Výrazne iná je situácia v polohe ab-gamutu K2-TermoM tlačového výstupu pri optickej denzite farieb $d=0,5$. ab-gamut je čiastočne posunutý z II. kvadrantu smerom do III. kvadrantu, t.j. smerom od červenej do oblasti cyan- zelená. V kvadrantoch I. a IV. sú zmeny minimálne a v tejto oblasti sú farby aj najlepšie reprodukované.

Tlačový výstup K2 z termosublimačnej tlačiarne DNP DP-DS620 (K2-TermoLesklý, K2-TL)

Z nameraných hodnôt farieb štandardu Spectrodens s optickou denzitou $d=0,5$ a $d=0,9$ a rovnakých farieb tlačového výstupu K2-TL (Obr. 1) vytlačeného na termosublimačnej tlačiarne DNP DP-DS620 boli vytvorené ab-gamuty (Obr. 15).



Obr. 15 Porovnanie farieb v ab-gamute štandardu SpectroDens ($d=0,9$ -bod7) a farieb tlačového výstupu K2-TL ($d=0,9$ -bod5) a porovnanie farieb v ab-gamute štandardu SpectroDens ($d=0,5$ -bod7) a farieb K2-TL tlačového výstupu ($d=0,5$ -bod5)

Zvláštnosťou pri hodnotení K2-TermoL tlačového výstupu s denzitou $d=0,9$ je nameraná súradnica $+b^*$ u žltej farby, ktorá dosiahla hodnotu 104,8. Pre vytvorenie ab-gamutu sa táto hodnota upravila na 100, čo prakticky neovplyvnilo hodnotenie výstupu ani v tomto prípade. Plocha, ktorú ab-gamut tlačového výstupu K2-TermoL s optickou denzitou $d=0,9$ sa plochou výrazne podobá ab-gamutu SpectroDens, čo naznačuje, že tlačový výstup je veľmi dobre reprodukovateľný. Podobne dobrá je aj reprodukovateľnosť farieb pri optickej denzite $d=0,5$.

Rozloženie ab-gamutov v 2D farebnom priestore

Hodnotenie ab-gamutov štandardu SpectroDens a tlačového výstupu K2-TermoL v celom 2D FP (-100/+100) a ich následné porovnanie je v Tab. 5.

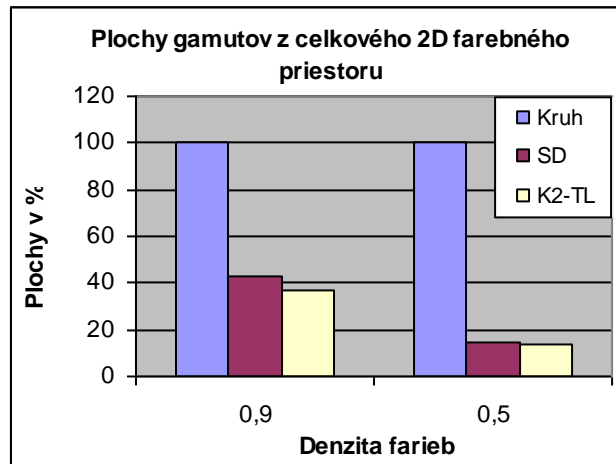
Optická denzita 0,9	mg	%	%
Plocha kruhu	463,2	100	
Plocha SpectroDens	199,2	43,0	100
Plocha K2 -TermoL	170,7	36,8	85,7
Rozdiel SD - K2-TermoL	28,5	6,2	14,3

Optická denzita 0,5		%	%
Plocha kruhu	467,2	100	
Plocha SpectroDens	69,3	14,8	100
Plocha K2 -TermoL	65,5	14,0	94,5
Rozdiel SD - K2-TermoL	3,8	0,8	5,5

Tab. 5 Plocha celkového farebného 2D priestoru (plocha kruhu) a plochy jednotlivých ab-gamutov

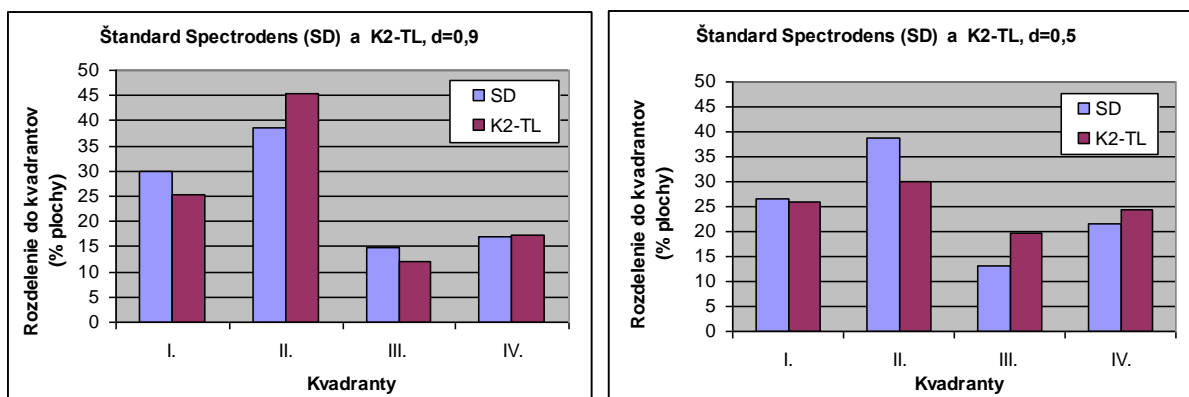
Plocha SpectroDens ab-gamutu z celej plochy 2D farebnom priestore pri optickej denzite $d=0,9$ je 43,0% a pri optickej denzite $d=0,5$ len 14,8% (Tab. 5, Obr. 15). V porovnaní s plochou štandardu SpectroDens pri optickej denzite farieb $d=0,9$ plocha ab-gamutu tlačového výstupu K2-TermoLab je 85,7% (strata plochy farieb -14,3%) a pri optickej denzite $d=0,5$ až 94,5% (strata plochy farieb -5,5%), čo poukazuje na výbornú reprodukovateľnosť farieb v týchto výstupoch, ako v tmavých, tak aj svetlých farbách. Výsledky sú veľmi podobné tlačovým výstupom K2-TM.

Grafické znázornenie výskytu ab-gamutov v 2D farebnom priestore je na Obr. 16.



Obr. 16 Plocha (veľkosť) SpectroDens ab-gamutu a ab-gamutu tlačového výstupu K2-TL v 2D farebnom priestore (Kruh) v závislosti na optickej denzite farieb

Rozloženie ab-gamutov v 2D farebnom priestore do 4 kvadrantov pre farby s optickou denzitou $d=0,9$ a $d=0,5$ je na Obr. 17.



Obr. 17 Rozloženie ab-gamutov štandardu SpectroDens (SD) a K2-TL tlačového výstupu v štyroch kvadrantoch 2D farebného priestoru v % z aktuálnej veľkosti ab-gamutov

Porovnanie polohy ab-gamutu štandardu SpectroDens pri optickej denzite farieb $d=0,9$ s polohou ab-gamutu K2-TL tlačového výstupu ukazuje, že tento ab-gamut je len málo posunutý (zmenený) v 2D farebnom priestore smerom z I. kvadrantu do II. kvadrantu, t.j. smerom k červenej farbe. Tento posun je spojený s malým úbytkom z IV. kvadrantu. Najlepšia reprodukovateľnosť je v III. kvadrante v oblasti farby magenta.

Výrazne iná je situácia v polohe gamutu K2-TL tlačového výstupu pri optickej denzite farieb $d=0,5$. ab-gamut je výrazne posunutý z II. kvadrantu smerom do III. kvadrantu, t.j. smerom k farbe magenta. V kvadrante I. sa zmeny neobjavili a v tejto oblasti sú farby najlepšie reprodukované. V kvadrante IV. došlo len k nevýznamnému nárastu plochy.

Porovnanie tlačiarní a ich tlačových výstupov

Prehľad najdôležitejších zmien v tlačových výstupoch troch sledovaných tlačiarní po ich porovnaní so štandardom SpectroDens je v Tab. 6.

	Opt.denzita	SD	K2-INK	K2-HP	K2-TM	K2-TL
Gamuty	0,9	FP-100%	22,5	15,3	38,0	36,8
% z 2D FP	0,5	FP-100%	12,2	14,8	14,4	14,8
Gamuty	0,9	SD-100%	-45,3	-65,1	-11,6	-14,3
% z G-SD	0,5	SD-100%	-2,6	0,9	-9,6	-5,5

α

Kvadranty	I.	0	-0,6	-21,4	-5,8	-4,6
d=0,9	II.	0	8,4	31,7	10,2	7,1
rozdiel v %	III.	0	-4,6	-2,3	-3,4	-2,8
	IV.	0	-2,7	-0,7	-1,1	0,3
Kvadranty	I.	0	14,7	4,7	0,8	-0,7
d=0,5	II.	0	-15,0	-3,8	-6,7	-8,8
rozdiel v %	III.	0	-0,6	-4,7	5,2	6,7
	IV.	0	0,9	3,9	0,7	2,8

Tab. 6 Zmeny vo vybratých parametroch, ktoré sme namerali vo výstupoch z dvoch atramentových tlačiarní (K2-INK-Canon, K2-HP) a z termotlačiarne (K2-TM, K2-TL) v porovnaní s štandardom SpectroDens (% z G-SD)

Záver

- 1) Za dôležitý ukazovateľ kvality výstupu z tlačiarne je plocha a umiestnenie ab-gamutu daného výstupu v 2D farebnom priestore.
- 2) Pri hodnotení reprodukovateľnosti farieb tlačových výstupov bol použitý štandard SpectroDens.
- 3) Pri optickej denzite farieb d=0,9 najlepší tlačový výstup z celkového farebného priestoru poskytuje termotlačiareň (38,0% TM a 36,8% TL). Výstup z atramentových tlačiarní je len 22,5% Canon a 15,3% HP.
Pri optickej denzite farieb d=0,5 sú tlačové výstupy z celkového farebného priestoru pre testované tlačiarne prakticky rovnaké.
- 4) Kvalitu tlačových výstupov udávajú rozdiely medzi ab-gamutom SpectroDens a ab-gamutmi jednotlivých tlačových výstupov. Pri optickej denzite d=0,9 najlepší výstup poskytuje termotlačiareň (rozdiel TM- 11,6%, TL- 14,3%). Výrazne horšie výstupy poskytuje HP tlačiareň (rozdiel 65,1%) a tlačiareň Canon (rozdiel 45,3%).
Pri optickej denzite farieb d=0,5 je reprodukovateľnosť farieb veľmi dobrá práve u atramentových tlačiarní (rozdiel Canon 2,6% a HP len 0,9%). U termotlačiarne je rozdiel u výstupu TM 9,6% a TL 5,5%)
- 5) Okrem lepšej, alebo horšej celkovej reprodukovateľnosti farieb je v tlačových výstupoch výrazne zmenená optická denzita a farebného tón niektorých farieb. Táto zmena je ovplyvnená aj pôvodnou optickou denzitou farieb.
Pri optickej denzite farieb d= 0,9 výstup z atramentovej tlačiarne Canon sa prejavuje posunom do oblasti červenej farby na úkor oblasti magenta a cyan. Ďaleko väčšie posuny sú z výstupu HP tlačiarne, kde je jednoznačný posun zo zelenej do červenej oblasti farebného priestoru. U výstupoch z termotlačiarne sa výraznejšie farebné zmeny nepozorovali.
Pri optickej hustote farieb d=0,5 sa najväčšie zmeny zistili vo výstupe z tlačiarne Canon, pre ktoré bol typický posun z oblasti červenej farby do oblasti zelenej farby. U výstupov z tlačiarne HP a termotlačiarne zmeny vo farbách neboli výraznejšie.

Zoznam bibliografických odkazov

Complete guide to color management: X-Rite. 2005. 48 s.

ČERNOHORSKÝ, Š. Využití správy bareb v procesu digitalizace. In: *Sborník příspěvků z workshopů PhotoChemPoint*. Brno: Vysoké učení technické v Brne, 2012, s. 68-73.

ISBN 978-214-4575-8

DZIK, P. a M. NOVOTNÝ. Správa barev v digitalní fotografii. In: *Sborník příspěvků z workshopů PhotoChemPoint*. Brno: Vysoké učení technické v Brne, 2012, s. 59-67.

ISBN 978-214-4575-8

KIANICOVÁ, K. a V. BUKOVSKÝ. Modelové starnutie farebnej fotografie a jej zmeny. In: *Forum pro konzervátory - restaurátory*. Opava: Technické múzeum Brno, 2011, s. 37-40. ISBN 978-80-86413-80-8

ŠVEHLOVÁ, M. a V. BUKOVSKÝ. *Štandardy Spectrodens a Q13: príloha k manuálu SpectroDens*. Žilina: Žilinská univerzita, 2015. 57 s.

Manual: Spectro-Densitometer TECHKON SpectroDens Premium.