

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁRSKA PRÁCA

2008

Jana DURCOVÁ

**Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická**

Rozšírenie tlačového bodu v ofsetovej tlači

Jana Durcová

**Bakalárska práca
2008**

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Katedra polygrafie a fotofyziky
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jana DURCOVÁ**

Studijní program: **B3441 Polygrafie**

Studijní obor: **Polygrafie**

Název tématu: **Rozšíření tiskového bodu v ofsetovém tisku**

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

1. Popište faktory ovlivňující rozšíření tiskového bodu v ofsetovém tisku. Zaměřte se zejména na strukturu papíru, vlastnosti tiskové barvy, fyzikální poměry v tiskovém procese, geometrický tvar autotypického tiskového bodu.
2. Zvolte alespoň čtyři geometrie tiskového bodu, které budou reprodukovány na tiskovou formu.
3. Vzorky vytištěné na papírech (ofsetový, APCO, s povrchovou úpravou) se síťovou tónovou hodnotou 20, 40, 60 a 80 % poslouží pro denzitometrická měření.
4. Naměřené hodnoty plošného pokrytí statisticky vyhodnoťte, tabelárně a graficky zpracujte.
5. V závěru vypracované písemné práce zdůrazněte rozhodující faktory ovlivňující nárůst tiskového bodu, potvrzené experimentálním měřením.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Miroslav Dohnal, CSc.
Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání bakalářské práce:

3. ledna 2008

Termín odevzdání bakalářské práce:

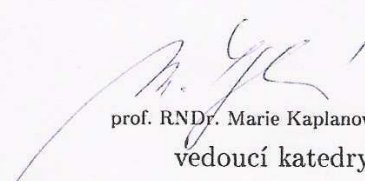
27. června 2008



prof. Ing. Petr Lošťák, DrSc.

děkan

L.S.



prof. RNDr. Marie Kaplanová, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2008

Rada by som poďakovala vedúcemu mojej bakalárskej práce, doc. RNDr. Miroslavu Dohnalovi, CSc., za odborné vedenie a rady, ktoré mi po celú dobu poskytoval.

Súhrn

Bakalárska práca je zameraná na rozšírenie kruhového, eliptického a štvorcového bodu v ofsetovej tlači v závislosti na tónovej hodnote a zmene podmienok ako tlačový tlak, rýchlosť a typ papiera. Popisuje tlačový bod od jeho vzniku, až po faktory ktorými je ovplyvnený, a ktorých znalosť zaručí kvalitný tlačový výstup. Špeciálna časť je venovaná geometrii tlačového bodu. Práca potvrdzuje, že tvar závislosti nárastu tónovej hodnoty na tónovej hodnote na filme je daný geometriou tlačového bodu a tiež poukazuje na značne odlišné vlastnosti bodu štvorcového. V prílohe práce sú zobrazené tlačové body nasnímané CCD kamerou, ktorých úlohou je bližšie porozumenie experimentálnym výsledkom.

Summary

The Bachelor work focuses on gain of circular, square and elliptical dot in the offset printing, which depends on tonal value and change in printing conditions, such as printing pressure, speed and paper. It describes printing dot from its origin to factors, that affects it and which acquirement ensure qualitative printing output. The special part is dedicated to geometry of printing dot. The work confirms, that shape of dependence of tonal value increase on tonal value at film depends on geometry of printing dot and also illustrates fairly different qualities of square dot. In the supplement of work are enclosed printing dots, which are exposed by CCD camera. Their main function is a better understanding of experimental results.

Obsah

1.	ÚVOD.....	6
2.	TEORETICKÁ ČASŤ	7
2.1	Prečo bod?	7
2.1.1	Sieťovanie reprodukováných predlôh.....	7
2.1.2	Amplitudová modulácia siete	8
2.1.3	Frekvenčná modulácia siete.....	10
2.1.4	Hybridná modulácia siete	10
2.2	Plošné pokrytie, sieťová tónová hodnota.....	11
2.3	Rozšírenie tlačového bodu (Dot gain, Tonal value increase – TVI).....	12
2.3.1	Mechanické rozšírenie tlačového bodu	12
2.3.2	Optické rozšírenie tlačového bodu	13
2.4	Papier a farba ako faktory ovplyvňujúce rozšírenie tlačového bodu.....	16
2.4.1	Vlastnosti tlačových farieb	16
2.4.2	Interakcia farba/papier	18
2.4.3	Interakcia farba/voda	19
2.5	Geometria tlačového bodu.....	21
2.6	Norma 12647-2 pre kvalitu ofsetovej tlače	26
3.	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	28
3.1	Experimentálny materiál.....	28
3.2	Experimentálne metódy a prístroje	29
3.2.1	Meracie prístroje.....	29
3.2.2	Experimentálne metódy	29
3.3	Experimentálne výsledky.....	31
4.	DISKUSIA A ZÁVERY.....	49
	Zoznam použitej literatúry	51
	Zoznam použitých skratiek	52
	Príloha	

1. ÚVOD

Rozšírenie tlačového bodu je hlavným parametrom v hodnotení kvality ofsetovej tlače. Dokonalá znalosť geometrie tlačového bodu a jeho chovania pri daných tlačových podmienkach pomáha zvládnuť rozšírenie tlačového bodu už v predtlačovej príprave zákazky. Naopak, nedokonalá znalosť chovania sa tlačového bodu, spôsobí veľa problémov ako napríklad nárast sieťovej tónovej hodnoty, čo má za následok zníženie tlačového kontrastu, stmavnutie obrazu. Pre každú zmenu podmienok tlače (tlačový tlak, tlačová rýchlosť, typ ofsetového potaľahu a vlhčiaceho roztoku) treba zistiť dot gain a korigovať ho.

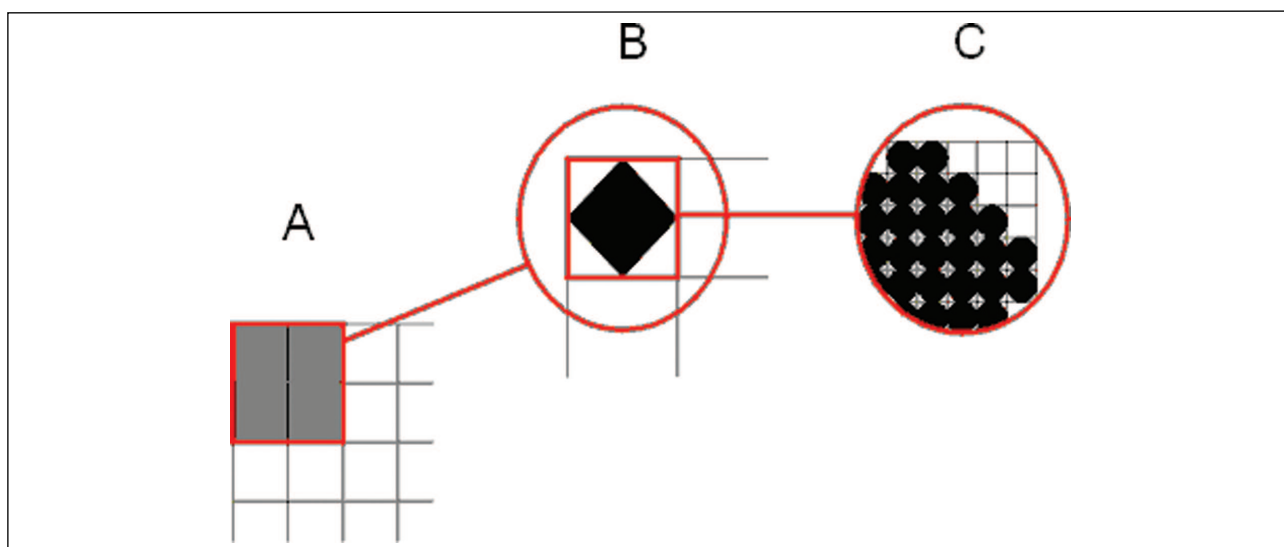
Cieľom tejto práce je vyvrátiť známu teóriu, v ktorej je najvyšší nárast bodu v 50% sieťovej tónovej hodnote. Samozrejme je platná avšak iba pre kosoštvorcový bod. Ďalšie geometrie bodu sa chovajú pri rôznych tlačových podmienkach rôzne. Práca zrovnáva kruhový, eliptický a štvorcový tlačový bod. Dôvod rôznych tvarov tlačových bodov je snaha o čo najkvalitnejší tlačový výstup. Každý tvar má svoje špecifické vlastnosti. Pre každý tvar tlačového bodu sa dá odvodiť funkcia $P(\xi)$, ktorá určuje teoretické pomerné pokrytie tónovej bunky daným autotypickým bodom a jej deriváciu $P'(\xi)$, ktorá určuje gradient prenosu tónovej hodnoty. Z daných funkcií sa môže odčítať vhodnosť tvaru autotypického bodu pre istú sieťovú tónovú hodnotu. Ďalej sa porovnáva dot gain pri zmene typu papiera, tlačovej rýchlosti, tlaku a lpi. Je vždy nutné zvoliť správnu kombináciu daných parametrov, aby sa dosiahlo čo najmenšieho nárastu tlačového bodu a dané riešenie bolo efektívne, pretože savý papier a vysoká frekvencia siete nie je vhodné riešenie.

2. TEORETICKÁ ČASŤ

2.1 Prečo bod?

Za účelom simulovať rôzne tóny obrazu, používame body, ktoré menia svoje plošné pokrytie. Úlohou tlačového procesu je v podstate oklamať naše oči a urobiť tieto body pre nás z danej vzdiale-

Obr. 2.1 Autotypický bod



nosti neviditeľné. Človek vníma plochu rozbitú do malých tlačových bodov ako farebnú súvislú plochu. Naše oči si povšimnú zmenu v tóne reprodukovaneho obrazu už pri 3% náraste, alebo poklese plošného pokrytia.

2.1.1 Sieťovanie reprodukováných predlôh

V ofsete sú rôzne tónové hodnoty vytvárané rôznym stupňom pokrytia potlačovanej plochy farbou. Stupeň pokrytia je realizovaný rozdelením tónového obrázku na jednotlivé tlačové body, ktoré vytvárajú tlačovú sieť. Tento postup je označovaný ako sieťovanie. Existuje viac spôsobov sieťovania, ktoré majú svoje pre a proti: amplitudová, frekvenčná a hybridná modulácia siete.

2.1.2 Amplitudová modulácia siete

Znamená, že sieťová tónová buňka je vždy zaplňovaná od jej stredu elementárnymi tlačovými bodmi a vytvára tak geometriu tlačového bodu. Jazyk Post script level 3 umožňuje spracovať iba 2^8 úrovní jasu a preto sieťová tónová buňka obsahuje maximálne 16×16 elementárnych tlačových bodov. Sieť musí vzniknúť tam, kde obrázok opúšťa elektronickú podobu a stávajú sa z neho body rozložené na ploche tlačového hárku – teda v osvitovej jednotke. O vznik siete sa stará RIP (Raster image processor). RIP sa vlastne zaoberá bitmapovým „nakreslením“ tlačových bodov. Zo znalostí PS súboru ho interpretuje a bod po bode vykreslí na film. Sieť musí mať prednastavené určité parametre, na ktorých závisí výsledná reprodukcia obrazu [1].

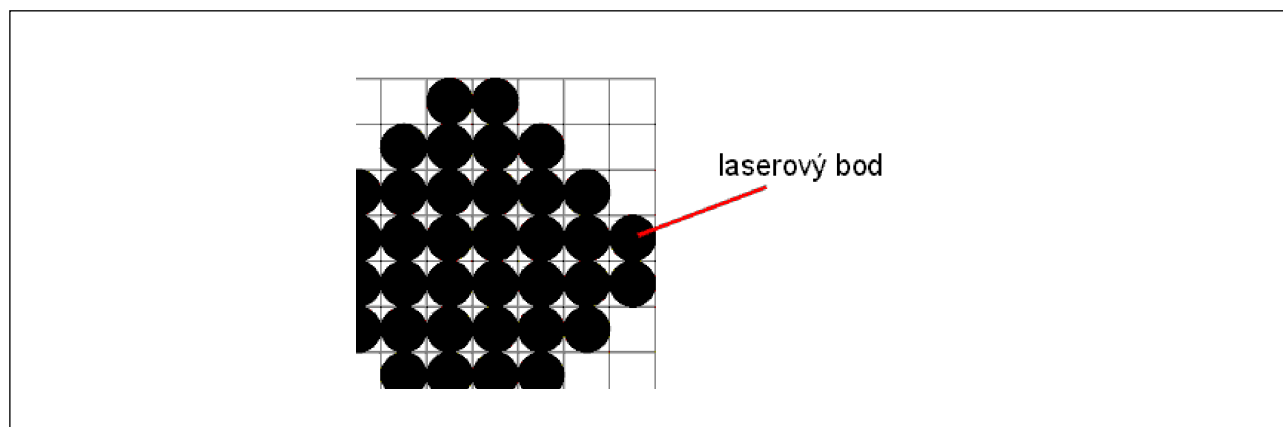
Frekvencia siete (lineatúra)

Jej recipročná hodnota udáva vzdialenosť dvoch bodov. Bežne sa udáva v linkách na palec (lines per inch, lpi), alebo v linkách na centimeter (lines per cm, lpcm). Pričom platí $100 \text{ lpcm} = 254 \text{ lpi}$. Maximálna hustota rastru, ktorá môže byť v konkrétnom prípade použitá je pritom väčšinou obmedzená nárastom tlačového bodu. Na nárast tlačového bodu má vplyv veľa faktorov, najviac ho ale ovplyvňuje typ papiera, na ktorý chceme tlačiť. Zjednodušene povedané na savom papieri sa tlačový bod viac rozpíja, preto je treba použiť hrubšiu lineatúru rastra. Hustota rastra na novinový papier sa pohybuje okolo 85 lpi, pre ofsetový papier najčastejšie 133 lpi a na natierané papiere (kriedový, SC, LWC) medzi 150 a 200 lpi. Rádovo nižšie lineatúry siete sa používajú u veľkoformátovej tlače (LFP, Large format printing). Tu pochopiteľne nie sme obmedzení kvalitou papiera a s tým súvisiacim nárastom tlačového bodu. Dôvody sú prevažne ekonomické, pretože pri pohľade z diaľky napr. na billboard, človek nie je schopný rozoznať detaily o veľkosti niekoľko mm [1, 2].

Rozlíšenie tlače

Tlačový bod na filme alebo na tlačovej platni tvorí množina elementárnych tlačových bodov, ktorá vyplňuje geometrický tvar budúceho tlačového bodu. Minimálny rozmer elementárneho tlačového bodu je určený najmenším priemerom laserového zväzku exponujúceho daný fotocitlivý materiál a je

Obr. 2.2 Tlačový a elementárny tlačový bod



ním určené maximálne rozlíšenie tlače – bodov na cm alebo bodov na palec dpi. Medzi frekvenciou autotypickej siete, rozlíšením tlače a počtom úrovní šedej G platí vzťah:

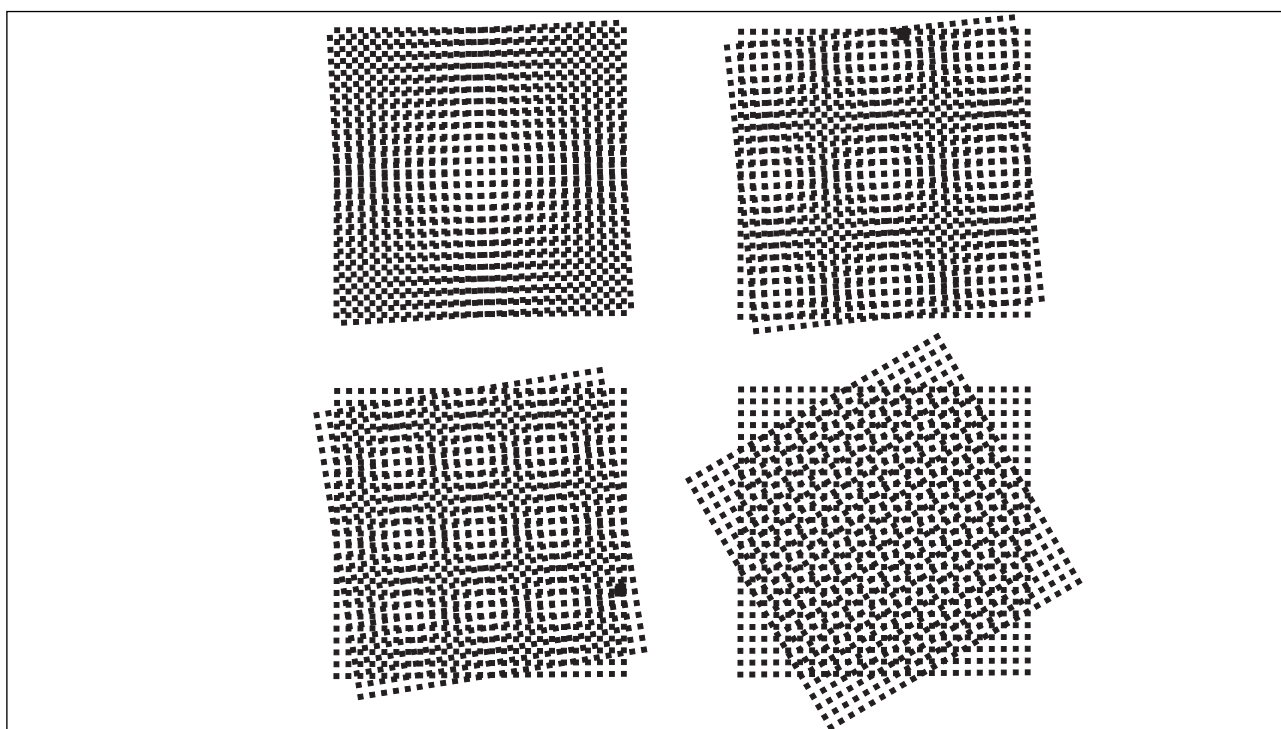
$$lpi = \frac{dpi}{\sqrt{G-1}} \quad (1)$$

Maximálny počet úrovní šedej farby je $G = 256$. Existujú názory, že 256 úrovní šedej pre každú zo 4 separácií je zbytočne veľkorysý a bežné ľudské oko taký rozsah neobsiahne. Uvádza sa postačujúce, keď je tlačový bod vytváraný v matici 12×12 laserových bodov a k dispozícii je tak 144 odtieňov. Niekedy môže byť aj 256 odtieňov málo. Vnímavosť ľudského oka totiž nie je lineárna, mení sa ako v závislosti na pokrytí, tak i na odtieni farby [1, 3].

Natočenie siete

Natočenie siete pre jednotlivé separácie farieb má za úlohu odstrániť rušivé moaré. Pri rovnakom uhle u jednotlivých separácií, by sa pri sebamensej zmene lpi prejavovali rušivé vzory, ako dôsledok interferencie pravidelných geometrických štruktúr. Siete jednotlivých separácií sa preto musia nakláňať tak, aby táto pravidelná štruktúra moaré nevznikla. Existuje iba jedna forma moaré oku znesiteľná, tzv. rozeta. Interferencia medzi dvomi separáciami klesá s rastúcim uhlom, až do 30° , keď je najmenšia. Za ideálny prípad sa predpokladá 30° medzi každou dvojicou bodov. Avšak z geometrie je zrejmé, že pre všetky tvary bodov to nie je možné. Kruhový, štvorcový a negatívny kruhový bod sa vrátia do pôvodnej polohy po otočení o 90° . Pre natočenie uhlov separácií pre túto skupinu máme

Obr. 2.3 Vznik moaré vlivom natáčania siete až do vzniku tlačovej rozety
a) natočenie siete 3° , b) natočenie siete 6° , c) natočenie siete 9° , d) natočenie siete 30° , rozeta



k dispozícii iba 3 možnosti. Farby C, M, K majú odstup 30° v poradí 15° , 75° , 45° a žltá farba býva umiestňovaná na uhol 90° , alebo 0° . Žltá farba je najmenej výrazná a vzniknuté moaré nie je tak rušivé. Avšak toto riešenie nie je vždy optimálne, pretože treba dávať pozor, ktorá farebná separácia je v danom obraze dominantná a ktorá najmenej výrazná.

U asymetrických bodov máme k dispozícii 180° a nie je potrebná žiadna improvizácia [4].

2.1.3. Frekvenčná modulácia siete

Tónová hodnota je simulovaná počtom rovnako veľkých bodov na jednotke plochy. Body sú rovnako veľké, ale ich frekvencia sa mení podľa integrovanej tónovej hodnoty. V mieste, kde je väčšia optická hustota, sú tlačové body hustejšie a tým sa zlepšuje prechod farebných tónov.

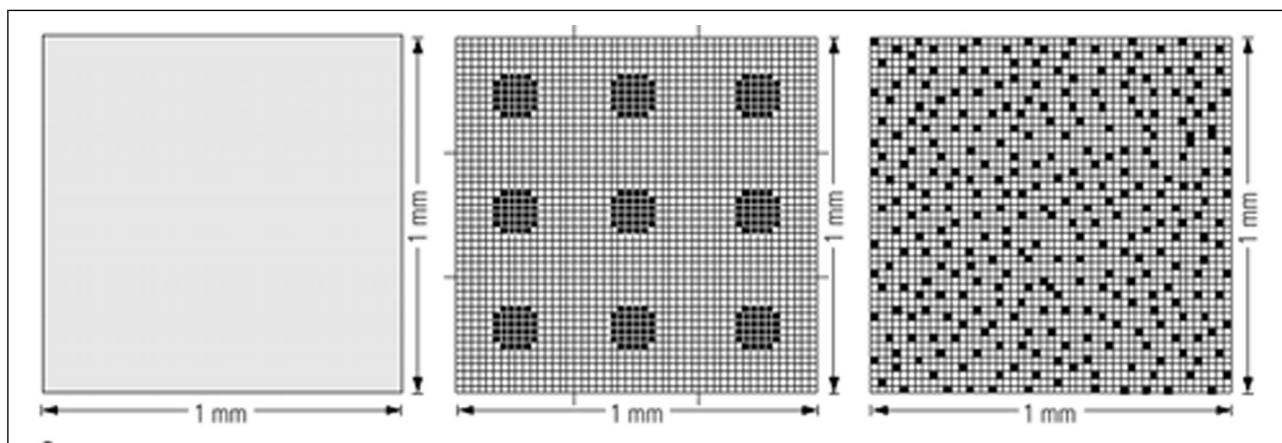
Hlavná prednosť je vylúčenie moaré, a to bez zmeny smerovej orientácie siete. Ďalší prínos je nárast rozlišovacej schopnosti. Pri autotypickom sieťovaní sa veľkosť bodu pohybuje obvykle v rozmedzí $150\text{--}300\text{ }\mu\text{m}$ a pri frekvenčnom sieťovaní je to $14\text{--}21\text{ }\mu\text{m}$.

Medzi nevýhody frekvenčne modulovaného sieťovania patrí zrnitosť obrazu v stredných tónoch, vyšší nárast bodu ako pri autotypickom sieťovaní a vysoký nárok na pamäť a rýchlosť počítačovej jednotky [5].

2.1.4. Hybridná modulácia siete

Autotypické body s plošným pokrytím 3–5 % a body nad 95 % pôsobia rušivo na vizuálny vnem pri lineatúre približne 125 lpi. Preto sú tieto body nahradené bodmi frekvenčne modulovanej siete. Naopak, autotypická modulácia siete sa používa v stredných tónoch na potlačenie zrnitosti obrazu spôsobenou frekvenčnou moduláciou. Hybridné sieťovanie takmer potlačuje vznik moaré a zlepšuje reprodukciu detailu [1].

Obr. 2.4 Amplitudová a frekvenčná modulácia siete
a) 12,5% šedá, b) AM, c) FM



2.2 Plošné pokrytie, sieťová tónová hodnota (Dot area)

Výsledné podanie rôznych tónov je závislé na podiele autotypickej plochy, teda na veľkosti autotypických bodov. Podiel plochy autotypických bodov k nepotlačenej ploche sa nazýva plošné pokrytie φ a dosahuje hodnôt od 0 do 1 a jeho vyjadrenie v percentách udáva sieťovú tónovú hodnotu F .

$$F = \varphi \cdot 100 \quad (2)$$

Skutočné plošné pokrytie je dané geometrickým vymedzením potlačenej plochy. Označuje sa ako tzv. geometricky účinné plošné pokrytie φ_g a je zmerateľné napríklad mikroskopom.

$$\varphi_g = \frac{S}{a^2} \quad (3)$$

S potlačená plocha

a vzdialenosť stredov bodov

Plošné pokrytie sa môže tiež vypočítať na základe denzitometrického merania podľa vzťahu označovaného ako Murrayova-Daviesova rovnica:

$$\varphi_d = \frac{1 - 10^{-D_A}}{1 - 10^{-D_P}} \quad (4)$$

D_A optická hustota autotypickej plochy mínus optická hustota D_0 papiera

D_P optická hustota plnej plochy mínus optická hustota D_0 papiera

Hodnoty tzv. denzitometricky (opticky) účinného plošného pokrytia sú v porovnaní s φ_g väčšie.

2.3 Rozšírenie tlačového bodu (Dot gain, Tonal value increase – TVI)

Zväčšenie bodu je výsledok nárastu autotypického bodu v oblasti medzi originálnym filmom a tlačovým hárkom. TVI nie je chyba, je to bežný jav daný mechanickými pomermi. Nie je nutná jeho kompenzácia, naopak je dôležité, aby vznikol a dokreslil tak obraz v celom rozsahu 1–99 %. Ak je TVI menšie, ako bolo predpokladané v predtlačovej príprave pri výrobe separácií, je obraz akoby nedofarbený. Už v príprave bitmáp sa zadáva cieľový TVI a o túto hodnotu separačný algoritmus zníži plošné pokrytie. Ak sa TVI nedostaví je problém. Samozrejme zlá je aj jeho príliš vysoká hodnota, spôsobuje stmavnutie obrazu, zníženie kontrastu a zhoršenie reprodukcie obrazov. Rozšírenie tlačového bodu nemôžeme úplne eliminovať. Je však možné pre danú kombináciu tlačovej farby, papiera, tlačového tlaku, ofsetového potaľahu a tlačovej platne stanoviť tzv. charakteristiku tlače a vziať toto štandardné rozšírenie bodu do úvahy pri príprave sieťových kopírovacích podkladov. Rozšírenie tlačového bodu môžeme v podstate rozdeliť na [6, 8]:

- a) mechanické: – priame (smerové),
– nepriame,
- b) optické.

2.3.1. Mechanické rozšírenie tlačového bodu

Priame rozšírenie tlačového bodu

Môže byť spôsobené dublovaním (zdvojovaním) alebo šmykovaním (rozmazávaním). Rozmazávanie môže mať niekoľko príčin:

- príliš silné nastavenie tlačového tlaku,
- špatné napnutie ofsetového gumového potaľahu,
- príliš silné vyfarbenie,
- chybné podloženie na válcoch (ofsetový potaľah, tlačová platňa),
- papier nie je správne držaný v chytačoch.

Je nutné kontrolovať obraz tlače lupou, aby bolo možné rozpoznať rozdiel medzi zdvojovaním a rozmazávaním. Zdvojovanie môže byť spôsobené:

Obr. 2.5 Rozmazávanie a dublovanie tlačového bodu



- kvalitou papiera a prednou hranou papiera,
- vlnitými alebo skrútenými hranami papiera,
- chybným podložením na válcoch (ofsetový poťah, tlačová platňa),
- špatnými klimatickými podmienkami v tlačovej strojovni (ideálne podmienky: 20 °C pri 50% relatívnej vlhkosti vzduchu),
- chybným odvalovaním,
- chybným nastavením vyrovnávania hárkov v nakladači.

Rozmazávanie nemá významný príspevok k zväčšeniu tlačového bodu. Typicky v najhoršom prípade pridáva 1–2 %. Dublovanie môže na druhej strane zväčšenie tlačového bodu ovplyvniť viac [7].

Nepriame rozšírenie tlačového bodu

Ako základný faktor, ktorým ho môžeme ovplyvniť, je správny výber expozície tlačovej platne. Ak používame platne s negatívne pracujúcimi vrstvami, prejaví sa počas osvitu zväčšenie bodu zhruba 3–4 % v stredných tónoch. U platní s pozitívne pracujúcimi vrstvami nastane zmenšenie tlačového bodu 6–8 %. Ďalšie významné faktory:

- tlačový tlak a rýchlosť,
- množstvo, viskozita a lepivosť farby,
- rovnováha farba/voda,
- pH, tvrdosť vody vlhčiaceho roztoku,
- typ papiera,
- plošné pokrytie,
- frekvencia siete,
- geometria tlačového bodu.

2.3.2. Optické rozšírenie tlačového bodu

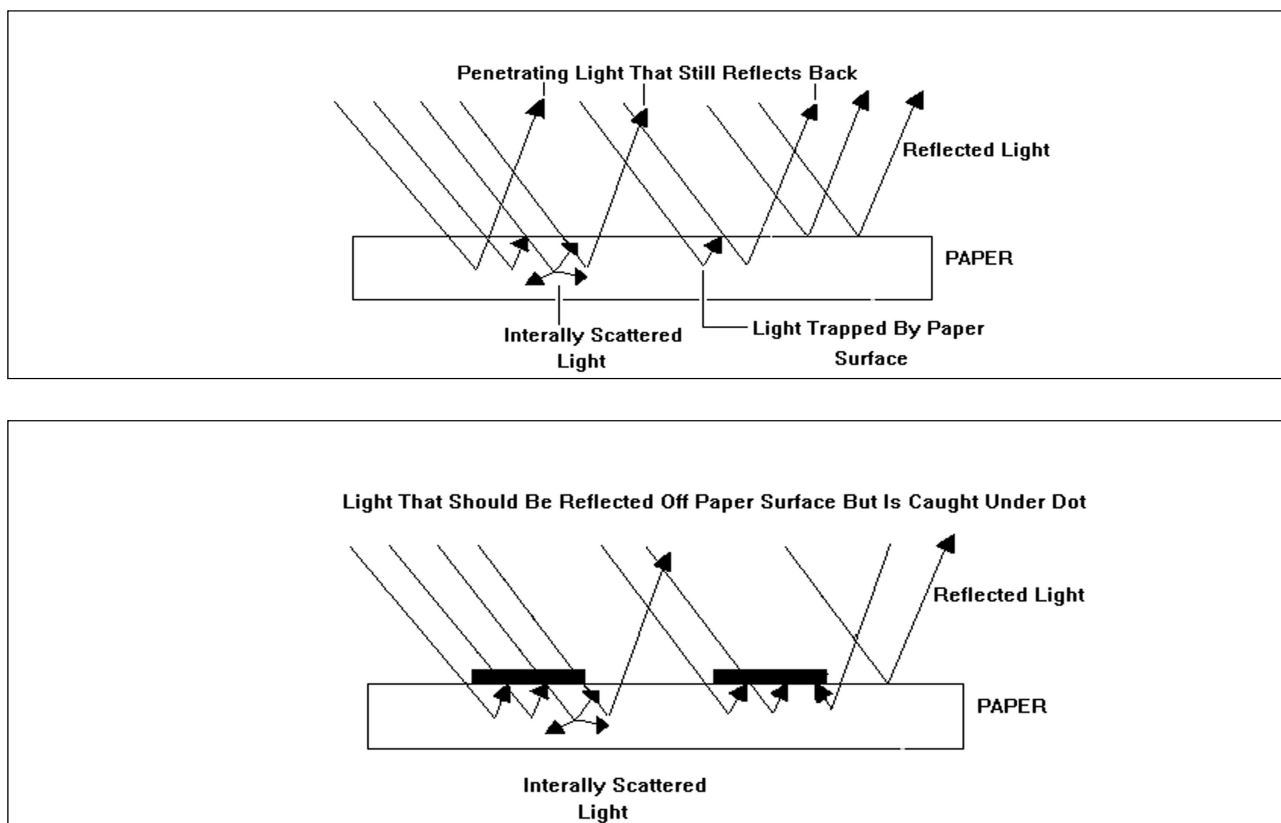
Optické zväčšenie tlačového bodu udáva objavenie daného tónu v ľudskom oku alebo v denzitometri za normálnych pozorovacích podmienok. Optické rozšírenie tlačového bodu je ilúzia daného plošného pokrytia. Keď sa pozrieme na poltón pod lupou, určíme, že sa jedná o 50% sieťovú tónovú hodnotu. Avšak, keď na poltón pozeráme voľným okom z typickej čítacej vzdialenosti, javí sa nám sieťová tónová hodnota ako 60 alebo 70 %.

Ilúzia optického zväčšenia plošného pokrytia je spôsobená podsvetlením autotypických bodov. Svetlo dopadajúce na povrch papiera preniká i do podpovrchovej vrstvy, kde sa difúzne rozptyľuje na vláknach celulózy a časticiach plniva a v značnej miere sa odráža. Na rozhraní nepotlačenej a potlačenej plochy sa časť rozptýleného svetla dostáva pod farbový film a pri spätnom odraze je absorbované rubovou stranou farbovej vrstvy. Rozdiel $\phi_d - \phi_g$ predstavuje tzv. optické rozšírenie tlačového bodu, ktoré dosahuje podľa typu papiera veľkosť 0,05–0,20. Príklad ilúzie nárastu plošného pokrytia budeme vidieť, ak sa budeme pozerat' na štvorce na obrázku. Medzi štvorcami uvidíme šedé

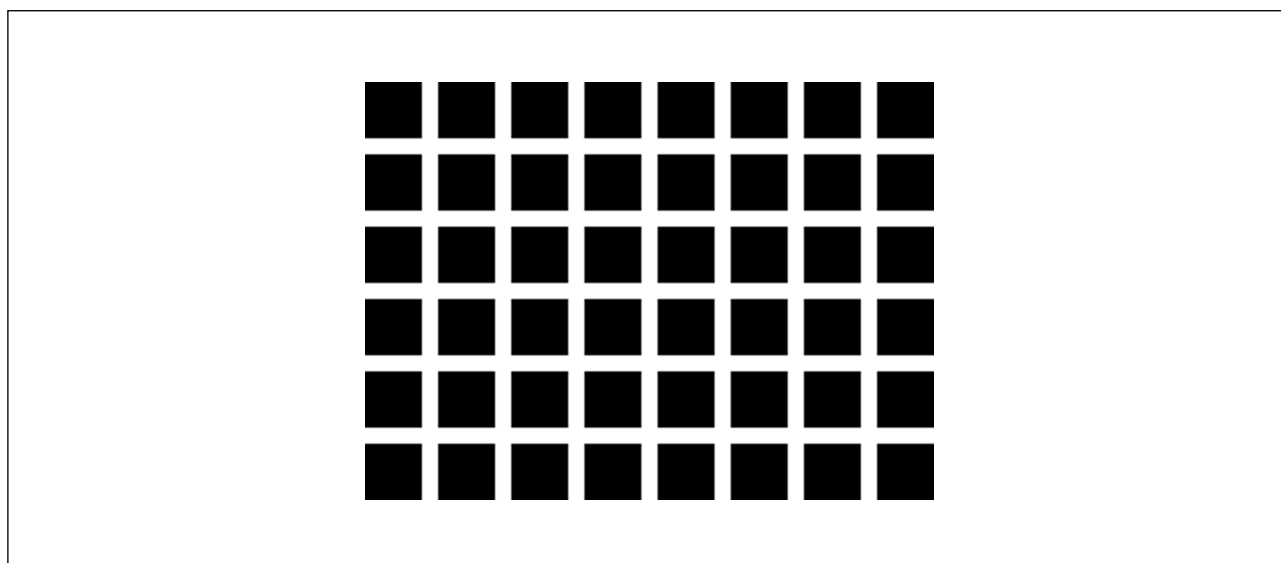
body, aj keď v skutočnosti neexistujú (obr. 7.).

Ľudia a denzitometry sa pozerajú na svetlo a jeho interakciu s farbou a papierom rovnakým spôsobom. Optický nárast bodu sa meria denzitometrom používajúcim Murray-Daviesovu rovnicu. Ak pri denzitometrickom meraní používame denzitometer, ktorý využíva Yule-Nielsonovu rovnicu, musíme

Obr. 2.6 Interakcia svetla, papiera a tlačovej farby



Obr. 2.7 Ilúzia optického zväčšenia tlačového bodu



stanoviť n-faktor, ktorý eliminuje optické zväčšenie plošného pokrytia spôsobené interakciou svetla s papierom, získame geometrický nárast bodu:

$$\varphi = \frac{1 - 10^{-D_A/n}}{1 - 10^{-D_P/n}} \quad (5)$$

S rastúcim n-faktorom sa znižuje plošné pokrytie. Murray-Daviesova rovnosť je rovnocenná pre $n = 1,00$. Na určenie n-faktora sa využíva 50% autotypického bodu. V prvom rade sa vytlačia hodnoty blízko 50% sieťovej tónovej hodnoty. Pomocou lupy sa nájde sieťová tónová hodnota, ktorá odpovedá 50% pokrytiu. Potom sa zisťuje plošné pokrytie daného miesta pomocou denzitometru a mení sa n-faktor, pokiaľ denzitometer neprečíta dané miesto ako plošné pokrytie 0,50. Korekčný n-faktor pomáha zrovnávať rozšírenie tlačového bodu na rôznych druhoch papiera [8, 9].

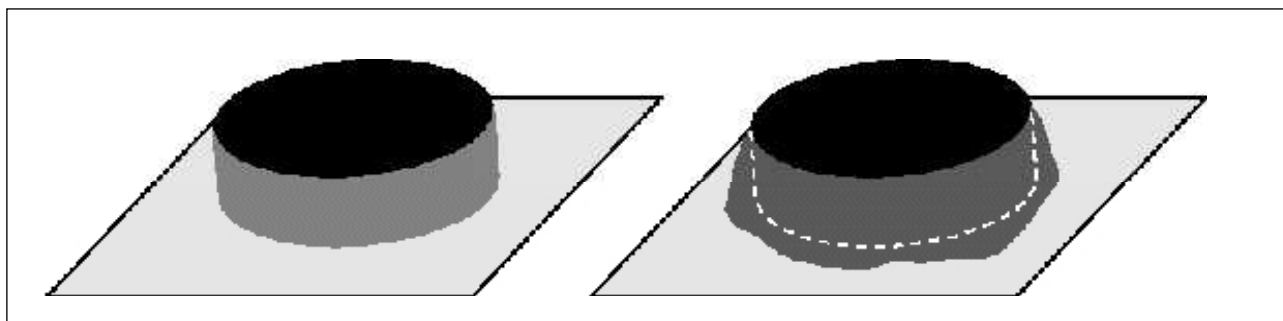
2.4 Papier a farba ako faktory ovplyvňujúce rozšírenie tlačového bodu

Zväčšenie tlačového bodu je spôsobené farbou rozprestierajúcou sa okolo autotypického bodu. Faktory, ktoré prispievajú k zvýšeniu plošného pokrytia:

- farba absorbovaná papierom,
- farba rozprestierajúca sa na papieri,
- obvodová farba „lem“.

Rôzne papiere spôsobujú zväčšenie bodu rôznou savosťou resp. rozpíjaním tlačovej farby. Najväčšie rozšírenie môžeme preto očakávať na novinovom papieri, menšie na plnených a hladených papieroch a najmenšie na natieraných papieroch. Pôsobením tlaku tiež dochádza k roztekaniu farby, ktoré je ovplyvnené viskozitou a lepivosťou danej farby. Lemovanie je tendencia u všetkých tlačových bodov. Každý mikroskopický bod má reliéf a farba klesá k okraju [9].

Obr. 2.8 Tlačový bod



2.4.1 Vlastnosti tlačových farieb

Lepivosť

Čím lepivejšia farba je, tým ostrejšie a jasnejšie budú tlačové body a linky. Na druhej strane, negatívnym dôsledkom príliš vysokej lepivosti je tzv. vytrhávanie vlákien papiera (picking). Lepivosť farby podľa Voeta-Geffkena je definovaná ako práca (energia) potrebná k rozštípeniu filmu:

$$E = k \cdot \eta^{3/2} \cdot y \cdot v \quad (6)$$

E_1 energia vynaložená na rozdelenie farbového filmu o danej ploche

k_1 konštanta

η viskozita farby

y_1 hrúbka filmu prenesenej farby

v_1 počet otáčok rotujúceho valca

Lepivosť podľa Stefana je definovaná ako sila potrebná k oddialeniu dvoch dosiek, medzi ktorými je kvapalný film:

$$F = \frac{\eta \cdot v \cdot A}{y^3} \quad (7)$$

A styčná plocha dosiek

y_2 hrúbka filmu

v_2 rýchlosť oddeľovania plôch (rýchlosť tlače)

Viskozita

Viskozita tlačovej farby je definovaná v Newtonovom zákone:

$$\tau = \eta \cdot D \quad (8)$$

τ šmykové napätie

D šmyková rýchlosť

η dynamická viskozita

Ofsetové tlačové farby patria medzi nenewtonovské pseudoplastické kvapaliny. Viskozita nie je konštanta, ale mení sa s D a τ . So zvyšujúcim sa šmykovým napätím klesá viskozita, vďaka rozrušeniu pôvodných medziväzebných síl vo farbe. Po zlinearizovaní pôvodnej závislosti $\tau = f(D)_{t=kons.}$ získame Cassonovu závislosť popisujúcu chovanie ofsetovej tlačovej farby:

$$\tau^{1/2} = \eta_{\infty}^{1/2} \cdot D^{1/2} + \tau_M^{1/2} \quad (9)$$

τ_M medzné šmykové napätie

η_{∞} viskozita pri nekonečnej šmykovej rýchlosti (plastická viskozita)

Tab. 2.1 Viskozita tlačovej farby

Tlačová technika	Viskozita (Pa s)
Hĺbkotlač, flexografia	0,1
Kníhtlač (noviny), sieťotlač	3–4
Ofset kotúčový (noviny)	2–10
Ofset kotúčový (časopisy)	8–11
Ofset hárkový	10–50

2.4.2 Interakcia farba/papier

Prenos farby na papier je realizovaný v styčnom prúžku ofsetového a tlakového valca. Šírka styčného prúžku je daná mierou stlačiteľnosti ofsetového poťahu, kde stlačiteľnosť závisí na viskoelastických vlastnostiach ofsetového poťahu ako sú tvrdosť, povrchové napätie a kvalita povrchu.

Prenos farby na papier je závislý na hrúbke farby, na tlačovej forme, na rýchlosti tlače, reologických vlastnostiach farby, na vlastnostiach papiera a na tlačovom tlaku. Tlačový tlak dokáže významne ovplyvniť rozšírenie tlačového bodu. Vplyvom tlaku farba vyplňuje povrchové nerovnosti papiera, vymačkáva sa do strán a vniká do pórovitej štruktúry papiera.

Kapilárna absorbcia farby v papiere

Na výstupe zo styčného prúžku, kde prestáva pôsobenie tlačového tlaku, pokračuje absorpcia farby do papiera vplyvom kapilárnych síl. Kapilárne sily sa prejavujú aj v nipe samotnom, ale tam je ich veľkosť bezvýznamná v porovnaní s tlačovým tlakom. Kapilárny tlak môžeme vyjadriť vzťahom:

$$p_k = \frac{2\gamma_{lp} \cos\theta}{r} \quad (10)$$

θ kontaktný uhol medzi farbou a papierom

r_1 polomer kapilár

γ_{lp} medzipovrchové napätie farba/papier

Rýchlosť absorpcie

Pri penetrácii farby do papiera sa predpokladá laminárny tok Poiseuilleova typu. Rýchlosť absorpcie môžeme preto v ideálnom prípade vyjadriť rovnicou Hagenovou-Poiseuilleovou:

$$v = \frac{r^2 \Delta p}{8\eta l} \quad (11)$$

Δp tlačový tlak v nipe alebo kapilárny tlak za nipom

r_1 polomer kapilár

l dĺžka kapilár

η viskozita tlačovej farby

Všeobecne, čím väčšie sú póry a čím nižšia je viskozita tlačovej farby, tým rýchlejšia je absorpcia a tým väčší je nárast tlačového bodu.

Roztekание farby

Okrem absorpcie tiež dochádza k roztekaniu farby na povrchu papiera, ktoré patrí tiež medzi faktory ovplyvňujúce rozšírenie tlačového bodu. Na tento príklad môžeme aplikovať rovnicu pre rýchlosť

roztekania kvapaliny stlačenej medzi dvomi rovnými povrchmi:

$$\frac{dr}{dt} = \frac{\Delta p h^2}{3r\eta} \quad (12)$$

r_2 polomer farbovej vrstvy
 h hrúbka farbovej vrstvy
 Δp pôsobiaci tlak
 η viskozita farby

2.4.3 Interakcia farba/voda

Pri tlači dochádza ku kontaktu farba a voda a dochádza k vzniku emulzie viac či menej stabilnej, čo sa prejaví na výslednej kvalite tlače. Emulgácia je pritom závislá na reologických vlastnostiach a zložení tlačovej farby a na vlastnostiach vlhčiaceho roztoku (pH, tvrdosť vody). Najznámejší skúšobný postup na zistenie emulgovateľnosti je tzv. Surlandov test, ktorý sa robí na špeciálnom miešacom zariadení Duke emulsification tester pri 90 otáčkach/min. Mieša sa 50 g farby s prebytkom (5–10 g) vlhčiaceho roztoku po dobu 10 minút. Závislosť množstva emulgovanej vody vo farbe na dobe emulgácie vyjadruje vzťah [10]:

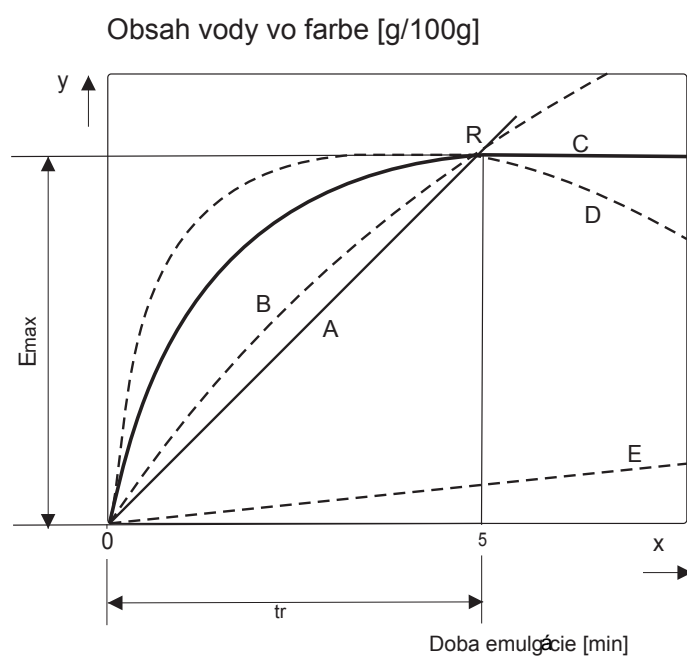
$$E = E_{max} (1 - e^{-kt}) \quad (13)$$

k_2 emulgačný koeficient
 t doba emulgácie
 E_{max} maximálne zaemulgované množstvo

Existuje 5 charakteristických priebehov:

- Typ A: farby dobre miesiteľné s vodou – následkom je prenos farby na tlačové aj netlačové miesta tlačovej dosky (tónovanie).
- Typ B: vyžaduje presné nastavenie prívodu farby a vody. Následkom môže byť nízka optická hustota, veľké rozšírenie tlačového bodu, obláčkovitosť (mottling).
- Typ C: ideálna emulgácia, rýchlo sa ustaví rovnováha, farba má širokú toleranciu vlhčiaceho roztoku.
- Typ D: charakteristika emulgácie má úzku oblasť tolerancie vlhčiaceho roztoku, následkom je zužovanie tlačových bodov a tónovanie tlačovej dosky.
- Typ E: k zaemulgovaniu vody nedôjde ani po dlhej dobe, vodný film bráni prenosu farby na dosku.

Obr. 2.9 Pribeh emulgácie vody vo farbe



2.5 Geometria tlačového bodu

Dôvod rôznych tvarov tlačových bodov je snaha o čo najkvalitnejší tlačový výstup. Každý tvar má svoje špecifické vlastnosti, ktorými ovplyvňuje jeden z ostro sledovaných faktorov pri tlači, nárast tlačového bodu. Pre každý tvar tlačového bodu sa dá odvodiť funkcia $P(\xi)$, ktorá určuje teoretické pomerné pokrytie tónovej bunky daným autotypickým bodom a jej deriváciu $P'(\xi)$, ktorá určuje gradient prenosu tónovej hodnoty. Z daných funkcií sa môže odpočítať vhodnosť tvaru autotypického bodu pre istú sieťovú tónovú hodnotu. Najpoužívanejšie tvary tlačových bodov a ich funkcie $P(\xi)$ a $P'(\xi)$, kde ξ označuje pomer D/a – pomer charakteristického rozmeru bodu a dĺžky strany tónovej bunky [1]:

a) eliptický bod

Eliptický bod má výborné tlačové vlastnosti najmä v stredných tónoch. Daná vlastnosť je viditeľná z gradientu prenosu tónovej hodnoty.

Pri pokrytí tónovej bunky eliptickým bodom môžu nastať tri fázy:

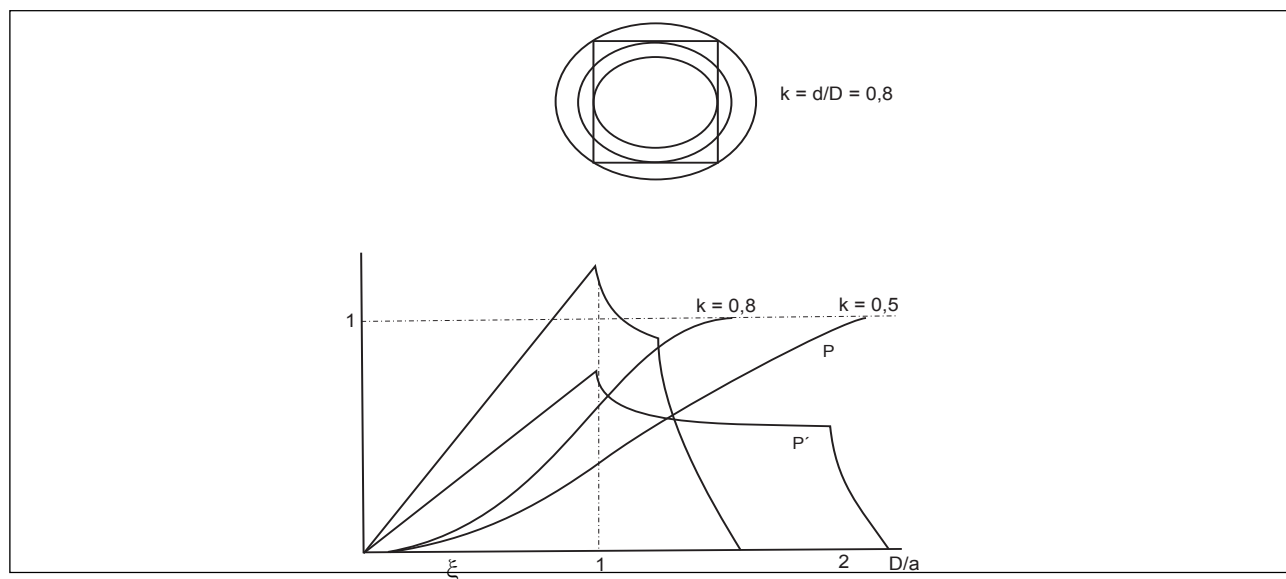
- dlhšia poloosa elipsy sa rovná dĺžke strany štvorca, $\xi \in \langle 1, 1 \rangle$
- kratšia osa elipsy sa rovná dĺžke strany štvorca, $\xi \in \langle 1, 1/\kappa \rangle$
- celá tónová bunka je vpísaná do elipsy, $\xi \in \langle 1/\kappa, \sqrt{(1+1/\kappa^2)} \rangle$.

$$P(\xi) = S/a^2 = k\pi\xi^2/4 + k/2 \left[\sqrt{(\xi^2 - 1)} - \xi^2 \arccos(1/\xi) \right] + 1/2 \left[\sqrt{(\xi^2 - 1/k^2)} - k\xi^2 \arccos(1/k\xi) \right] \quad (14)$$

$$P'(\xi) = k\pi\xi/2 - k\xi \arccos(1/\xi) - k\xi \arccos(1/k\xi) \quad (15)$$

k pomer kratšej a dlhšej poloosy elipsy d/D

Obr. 2.10 Funkcia $P(\xi)$ a $P'(\xi)$ eliptického bodu



b) kruhový bod

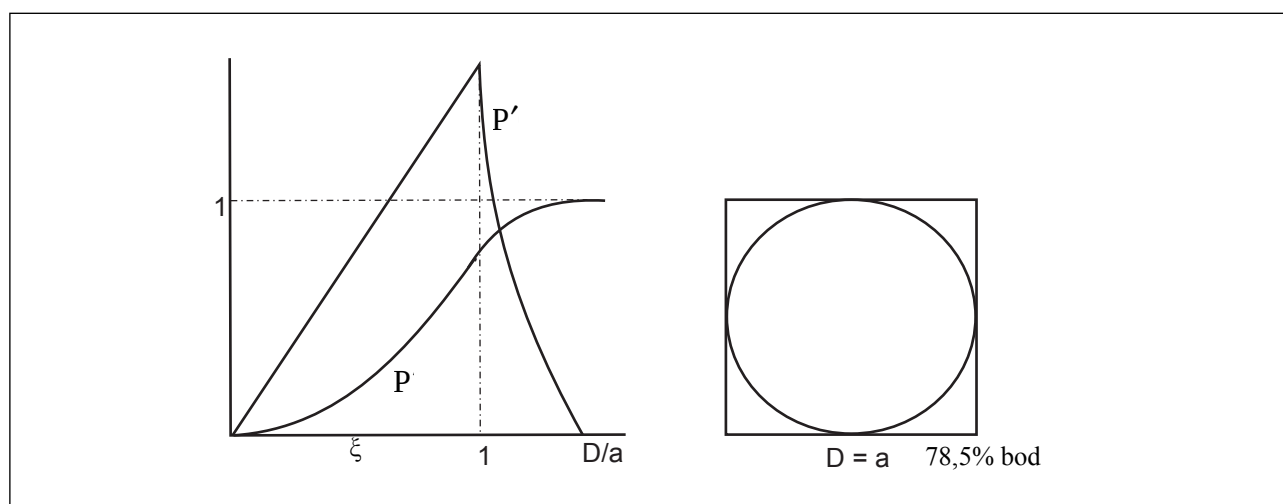
Výhoda kruhu spočíva v tom, že jeho pomer obvodu k ploche je z geometrických tvarov najnižší. Povrchové napätie kruhovej vrstvy farby je v porovnaní s ostatnými tvarmi najvyššie a tak kruhové tvary vykazujú z hľadiska tvaru najnižší rast bodu. Priaznivo sa tento efekt prejavuje pri tlači predlôh, u ktorých sa kladie dôraz na reprodukciu najmä v svetlách, prípadne stredných tónoch. Avšak pri vyšších hodnotách pokrytia sa negatívne prejavuje príliš veľká styčná plocha medzi susednými bodmi a dochádza k zlievaniu tlačových bodov.

Pokrytie tónovej bunky kruhovým tlačovým bodom obdržíme z eliptického bodu položením $k = d/D = 1$. Druhý a tretí člen na pravej strane rovnice (15) platia pre interval $\xi \in \langle 1, \sqrt{2} \rangle$.

$$P(\xi) = \pi \xi^2 / 4 - \xi^2 \arccos(1/\xi) + \sqrt{(\xi^2 - 1)} \quad (16)$$

$$P'(\xi) = \pi \xi / 2 - 2\xi \arccos(1/\xi) \quad (17)$$

Obr. 2.11 Funkcia $P(\xi)$ a $P'(\xi)$ kruhového bodu



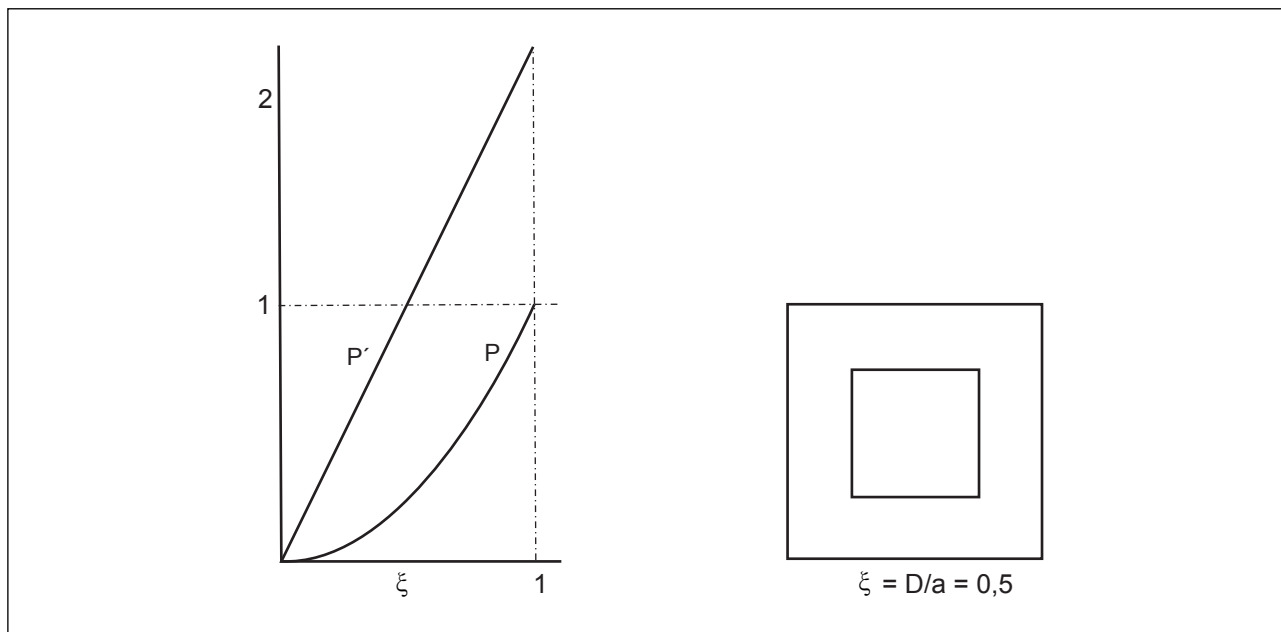
c) štvorcový bod

Pokrytie rastie kvadraticky s veľkosťou tlačového bodu, a preto bude citlivé na zlievanie vo väčších tónových hodnotách.

$$P(\xi) = \xi^2 \quad (18)$$

$$P'(\xi) = 2\xi \quad (19)$$

Obr. 2.12 Funkcia $P(\xi)$ a $P'(\xi)$ štvorcového bodu



d) bod diamond

Najväčšie zmeny plošného pokrytia nastávajú v oblasti 50 %. Existujú dva intervaly, v ktorých sa priebehy funkcie $P(\xi)$ líšia.

$$\xi \in \langle 0, 1 \rangle$$

$$P(\xi) = \xi^2 / 2 \quad (20)$$

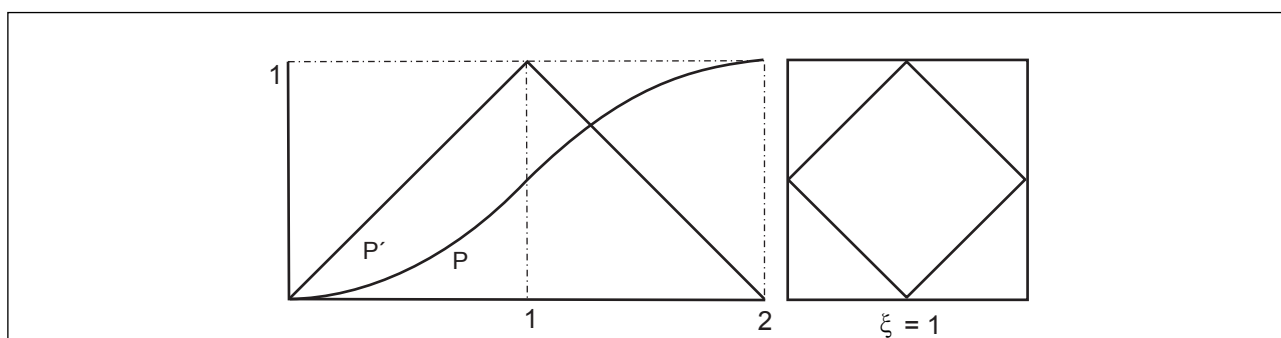
$$P'(\xi) = \xi \quad (21)$$

$$\xi \in \langle 1, 2 \rangle$$

$$P(\xi) = 2\xi - \xi^2 / 2 - 1 \quad (22)$$

$$P'(\xi) = 2 - \xi \quad (23)$$

Obr. 2.13 Funkcia $P(\xi)$ a $P'(\xi)$ diamond bodu



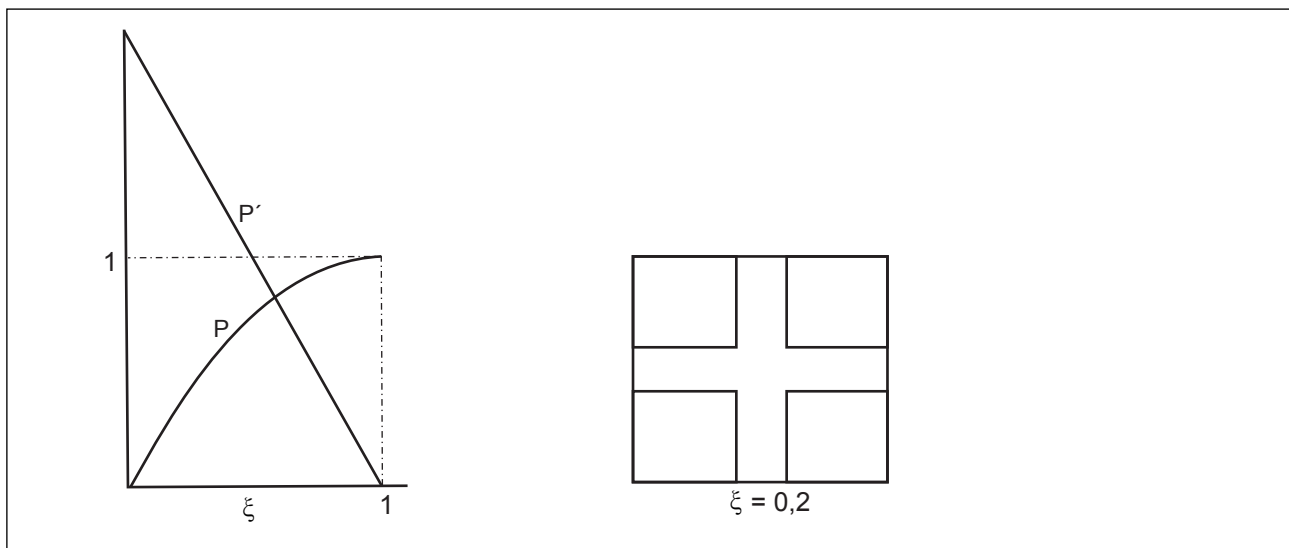
e) inverzný štvorcový bod

Bod je vhodný pre tlač tmavých plôch ako môžeme vidieť z priebehu funkcie tónovej hodnoty $P(\xi)$.

$$P(\xi) = \xi(2 - \xi) \quad (24)$$

$$P'(\xi) = 2(1 - \xi) \quad (25)$$

Obr. 2.14 Funkcia $P(\xi)$ a $P'(\xi)$ inverzného štvorcového bodu



f) inverzný kruhový bod

Názov inverzný je daný tým, že štyri tónové bunky rozmiestené do štvorca, generujú uprostred prázdny kruhový bod. Existujú opäť dva intervaly funkcie $P(\xi)$.

$$\xi \in \langle 0, 1 - 1/\sqrt{2} \rangle$$

$$P(\xi) = 1 - \sqrt{2(1 - \xi)^2 - 1} + 2(1 - \xi)^2 \left[\arccos 1 / [(1 - \xi)\sqrt{2}] - \pi/4 \right] \quad (26)$$

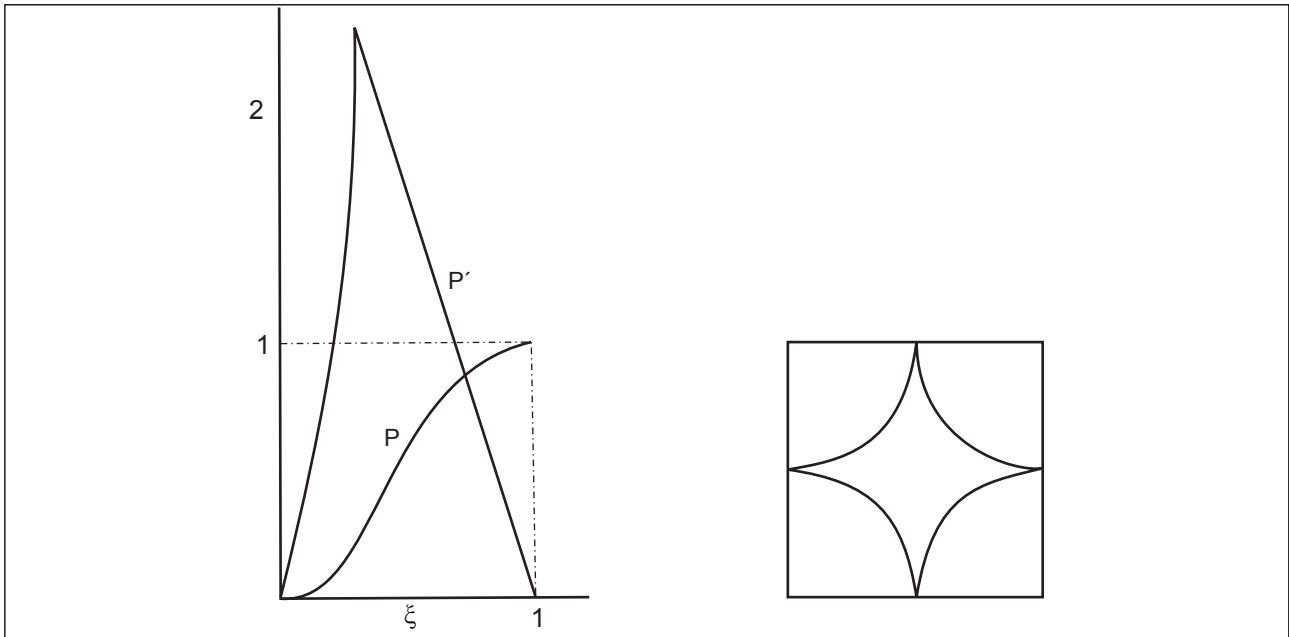
$$P'(\xi) = 4(1 - \xi) \left[\pi/4 - \arccos 1 / [(1 - \xi)\sqrt{2}] \right] \quad (27)$$

$$\xi \in \langle 1 - 1/\sqrt{2}, 1 \rangle$$

$$P(\xi) = 1 - \pi(1 - \xi)^2 / 2 \quad (28)$$

$$P'(\xi) = \pi(1 - \xi) \quad (29)$$

Obr. 2.15 Funkcia $P(\xi)$ a $P'(\xi)$ inverzného kruhového bodu



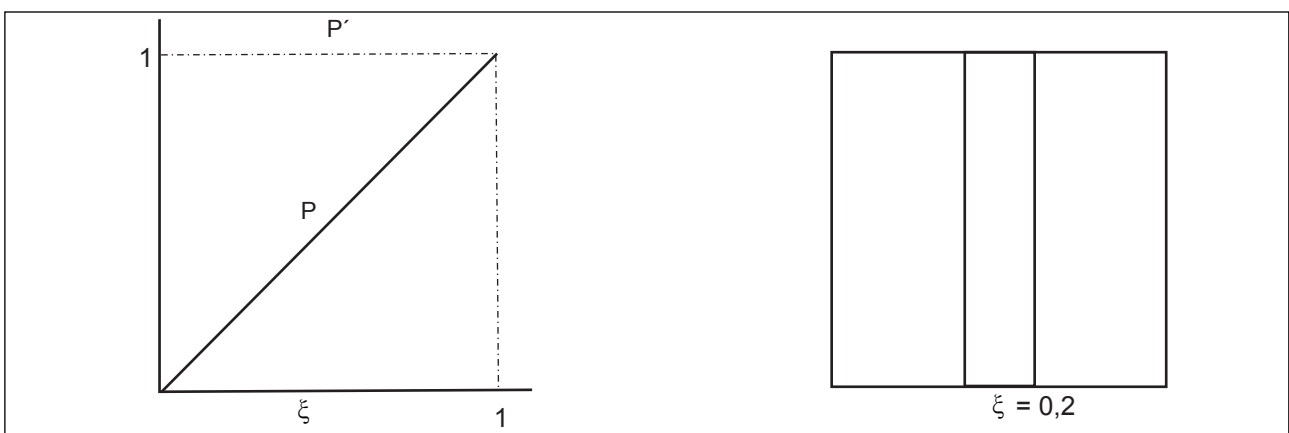
g) linkový bod

Zmena pokrytia nezávisí na sieťovej tónovej hodnote.

$$P(\xi) = \xi \quad (30)$$

$$P'(\xi) = 1 \quad (31)$$

Obr. 2.16 Funkcia $P(\xi)$ a $P'(\xi)$ linkového bodu



h) kompozitný (euklidov) bod

Bod má premennú geometriu, a preto je funkcia $P(\xi)$ zložená z troch. Zmena geometrie v závislosti na plošnom pokrytí je: kruhový, diamond, inverzný kruhový bod.

2.6 Norma 12647-2 pre kvalitu ofsetovej tlače

Podľa normy je rozsah reprodukovateľných plošných pokrytí od 3 % do 97 % pre sieťovú frekvenciu medzi 40 cm⁻¹ a 70 cm⁻¹ a od 5 % do 95 % pre sieťové frekvencie 80 cm⁻¹. Je to daň za kompatibilitu s prípravou platní z filmov, kde dochádza k podkopírovaniu tlačových bodov. Digitálne tlačové platne nemajú problém s reprodukciou plného tónového rozsahu 1–99 %.

V kategóriách A–H udáva norma nárast tlačového bodu v závislosti na sieťovej tónovej hodnote. Prírastok tónovej hodnoty by mal byť špecifikovaný pre každú procesnú farbu zvlášť a mal by odpovedať jednej z definovaných kategórií, alebo hodnotám špecifikovaným pre daný papier, stroj a tlačovú formu. Pokiaľ nie sú tieto hodnoty známe, mali by sa zhodovať 50% plošným pokrytím s niektorými hodnotami z tab. 2.3.

Tab. 2.2 Prírastok tónových hodnôt na tlači kontrolného prúžku

Tónová hodnota na filme [%]	Tónová hodnota na výťažku [%]							
	A	B	C	D	E	F	G	H
25	9	12	15	18	20	23	26	29
40	13	16	19	22	25	28	31	34
50	15	17	20	23	25	28	31	33
70	14	16	17	18	20	21	23	24
75	13	14	15	16	17	18	19	20
80	12	12	13	14	14	15	16	17

Tab. 2.3 Prírastok tónových hodnôt 50% plochy na výťažku kontrolného prúžku (lineatúra 60 cm⁻¹)

Typ tlačovej platne	Typ papiera	Prírastok tónovej hodnoty [%]
Kotúčová ofsetová tlač (heatset) časopisov – chromatické farby		
pozitívna	3	19
negatívna	3	27
Štvorfarbotlač nekonečných formulárov		
pozitívna	1, 2	26
pozitívna	4, 5	29
negatívna	1, 2	29
negatívna	4, 5	33
Komerčná a akcidenčná tlač – chromatické farby		
pozitívna	1, 2	17
pozitívna	3	19
pozitívna	4, 5	23
negatívna	1, 2	25
negatívna	3	27
negatívna	4, 5	31

Tab. 2.4 Tolerancia prírastku tónových hodnôt a maximálneho rozptylu v stredných tónoch na kontrolných prúžkoch so sieťovou frekvenciou 50 cm⁻¹ až 70 cm⁻¹

Tónová hodnota na filme [%]	Prípustná odchylka na nátlaku [%]	Prípustná odchylka na OK hárku [%]	Prípustná odchylka v produkčnej tlači [%]
40 alebo 50	3	4	4
75 alebo 80	2	3	3
max. rozptyl v stredných tónoch	4	5	5

Tab. 2.5 Typy papierov

Typ papieru	Charakteristika papiera	Plošná hmotnosť [g/m ²]
1	lesklý, natieraný, bezdrevý	115
2	matný, natieraný, bezdrevý	115
3	lesklý, natieraný, kotúčový	70
4	nenatieraný, biely	115
5	nenatieraný, nažltlý	115
Referenčný tlačový papier		150

Uvedené hodnoty prírastkov tónovej hodnoty sú uvedené pre chromatické farby. U čiernej farby je rozšírenie tlačového bodu o 2–3 % väčšie, pretože sa väčšinou tlačí prvá a nános farby má väčšiu hrúbku.

Ako tvary tlačového bodu norma predpokladá tvar kruhový, štvorcový a eliptický. Je dôležité sledovať, kedy dochádza k dotyku tlačových bodov, pretože dochádza k skokovej zmene tónovej hodnoty. V tejto chvíli sa pozitívny zväčšujúci bod zmení na negatívny zmenšujúci sa tlačový bod. Norma hovorí, že k tomuto dotyku nesmie dôjsť pod 40 % plošného pokrytia [11].

3. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

3.1 Experimentálny materiál

Farba

Pri tlači boli použité farby Cyan a Black-Arrowstar Fast Setting SF-3030 firmy Flint-Schmidt.

Vlhčiaci roztok

Bol použitý koncentrovaný vlhčiaci roztok V 45 pre ofsetové stroje firmy POOLA. Daný roztok zaručuje stabilné pH v rozmedzí 4,6 až 4,9.

Tlačová platňa

Pozitívna tlačová platňa GREEN je konvenčná platňa s pozitívnou svetlocitlivou diazo vrstvou. Rozsah reprodukcie 3–98 %.

Ofsetový pot'ah

Použitý bol ofsetový pot'ah Perfect dot 4-MX od firmy Heidelberg s rozmermy $337 \times 555 \times 1,95$ mm.

Tlačový papier

Testovací obrazec sa tlačil na tri druhy papierov:

1. Bezdrevený ofsetový papier

Plošná hmotnosť: 80 g/m^2

Biely, ofsetový tlačový papier, strojovo hladený.

2. Lesklo natieraný papier

Plošná hmotnosť: 135 g/m^2

Biely, obojstranne natieraný papier.

3. APCO

Plošná hmotnosť: 150 g/m^2

Štandardizovaný, obojstranne natieraný papier bez opticky zjasňujúcich prostriedkov.

3.2 Experimentálne metódy a prístroje

3.2.1 Meracie prístroje

Spektrofotometer GRETAG SPM 50

Tento prístroj meria žiarenie v rozsahu vlnových dĺžok 380–730 nm v kroku 10 nm. Vyhodnocuje spektrálny graf a z neho vyhodnocuje farbové priestory CIE LAB, LUV, LCh. Možno ho použiť ako denzitometer. Dokáže vyhodnotiť denzitu farieb Cyan, Magenta, Yellow, Black, nárast tlačového bodu, plošné pokrytie, trapping, kontrast, chybu odstieňu a šedosť. Všetky údaje sú zobrazené na LCD displeji.

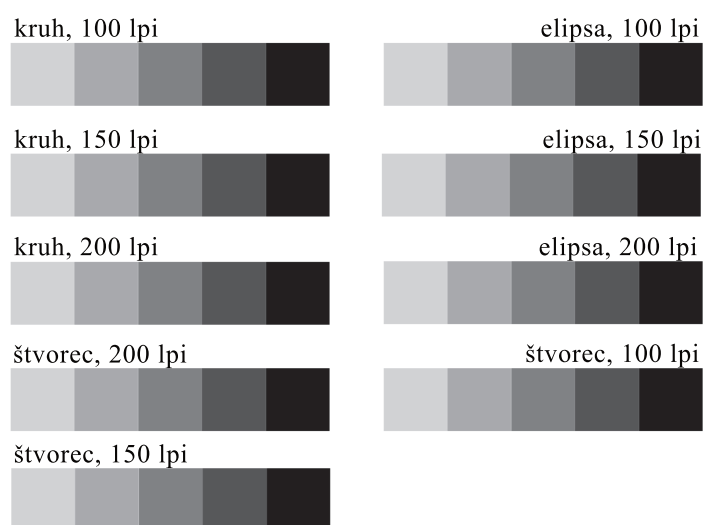
3.2.2 Experimentálne metódy

Vzorky použité pre experiment boli vytlačené na tlačovom stroji Heidelberg Quick Master 46-2 pri zachovaní konštantných podmienok (okolitá teplota, pH vlhčiaceho roztoku, použitý ofsetový potťah). Boli použité 3 druhy papierov. Pre rôzne kombinácie papiera, tlačového tlaku, tlačovej rýchlosti a farby bolo odobraných 5 vzorkov po ustanovení rovnováhy farba/vlhčiaci roztok, pre každú zmenu podmienok.

Rozšírenie tlačového bodu

Bolo merané spektrofotometrom GRETAG SPM 50. Prístroj sa nakalibroval tak, aby denzita nepotlačenej plochy bola nulová. Počas merania boli vzorky umiestnené na čiernej podložke. Zmerala sa denzita plnej a autotypickej plochy a pomocou Murray-Daviesovej rovnice bola určená sieťová tónová hodnota, z ktorej sa určilo rozšírenie tlačového bodu oproti sieťovej tónovej hodnote na filme. Meranie bolo prevedené na všetkých vzorkoch v rastrových poliach 20 %, 40 %, 60 %, 80 % a pre frekvencie siete 100 lpi, 150 lpi, 200 lpi. Pre každý typ papiera, zmenu tlaku, zmenu rýchlosti tlače a zmenu farby bolo prevedených 15 meraní a ako výsledky boli použité priemerné hodnoty s rozptylom nameraných hodnôt.

Obr. 3.1 Merné pole tlačového hárku



3.3 Experimentálne výsledky

Všetky namerané hodnoty rozšírenia tlačového bodu sú prehľadne uvedené v tabuľkách a zobrazené graficky ako funkcie:

- a) závislosť nárastu tónovej hodnoty na tónovej hodnote na filme,
- b) závislosť tónovej hodnoty na tlači na tónovej hodnote na filme.

1. časť

Zobrazuje graficky rozšírenie tlačového bodu na papieri APCO, natieranom a ofsetovom papieri. Zobrazuje rozšírenie kruhového, eliptického a štvorcového tlačového bodu pri plošnom pokrytí na filme 20–80 % a lineatúre siete 150 lpi. Zrovnáva nárast bodu pri použití cyan a black tlačovej farby a na záver porovnáva najvhodnejší tvar bodu pre daný typ papiera. Tlak určený medzerou medzi ofsetovým a tlakovým valcom pre APCO = 0,14 mm, ofsetový papier = 0,065 mm, natieraný papier = 0,12 mm a rýchlosť tlače 5000 hárkov/hod.

2. časť

Zobrazuje graficky závislosť rozšírenia kruhového, eliptického a štvorcového tlačového bodu na použitej lineatúre siete pri použití cyan tlačovej farby, APCO tlačového papiera, tlačový tlak a rýchlosť, viz. 1. časť.

3. časť

Zachytáva zmenu rozšírenia kruhového, elipsového a štvorcového tlačového bodu na zmene tlačového tlaku (zmene medzery medzi ofsetovým a tlakovým valcom) a zmene tlačovej rýchlosti (zmene počtu hárkov za hodinu) pri použití natieraného papiera a frekvencie siete 150 lpi.

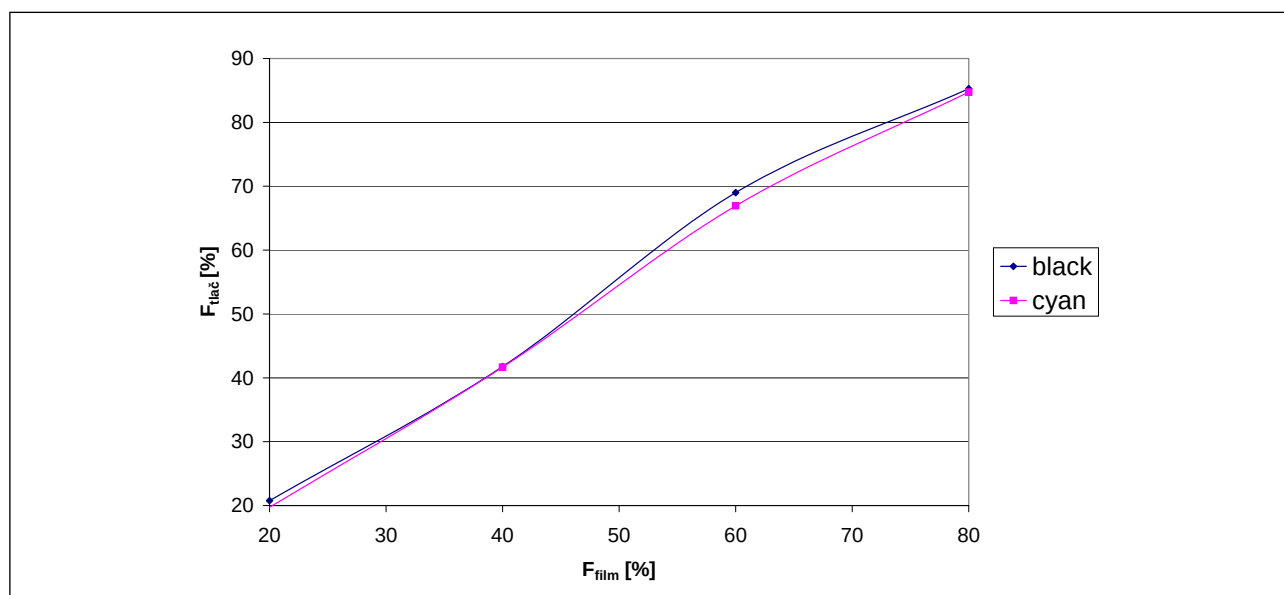
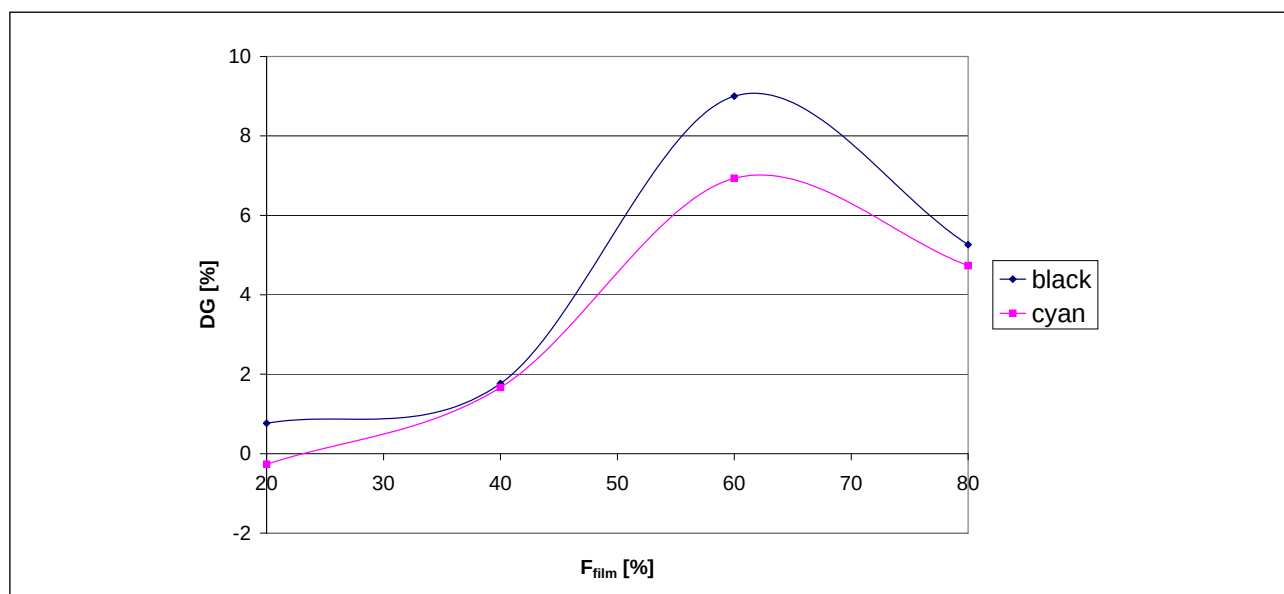
1. část

– APCO

Tab. 3.1 Kruhový bod

F_{film} [%]	Cyan			Black		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	F_{tisk} [%]	σ^2
20	0	20	0,20	1	21	0,53
40	2	42	0,22	2	42	0,30
60	7	67	0,33	9	69	0,59
80	5	85	0,20	5	85	1,04

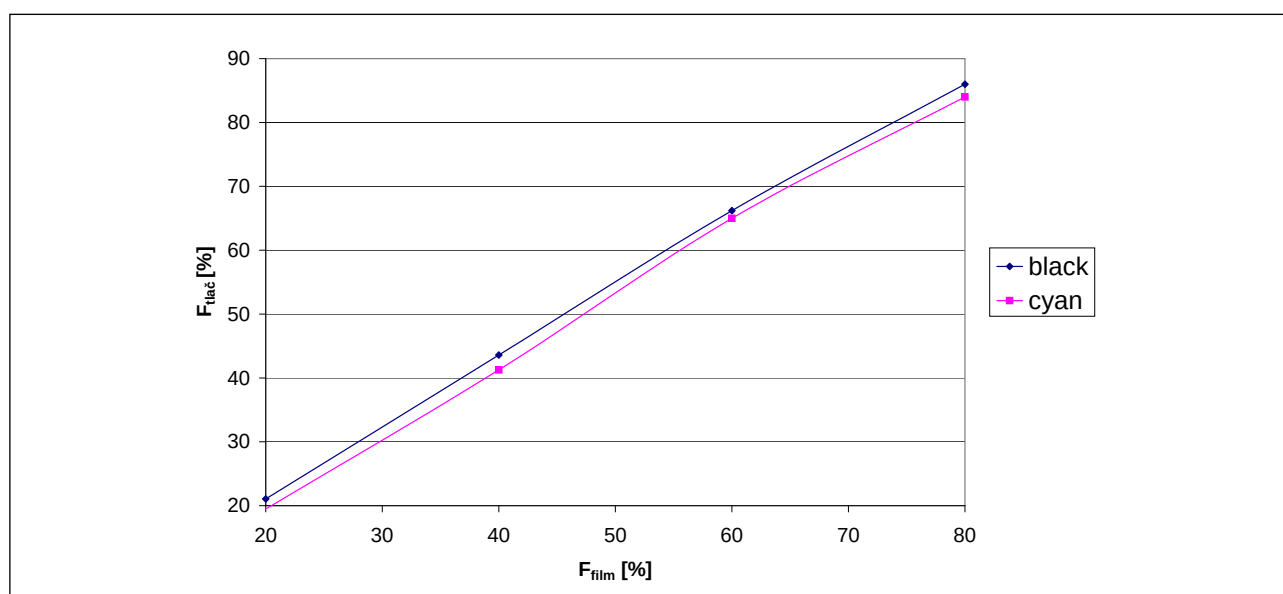
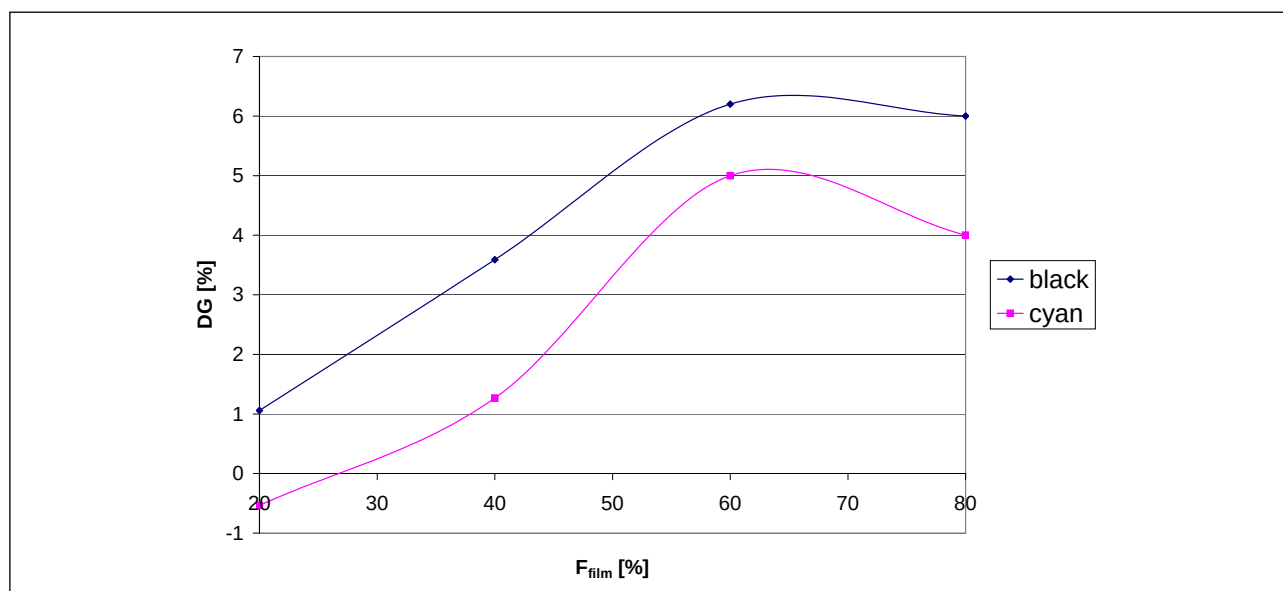
Obr. 3.2 Kruhový bod



Tab. 3.2 Eliptický bod

F_{film} [%]	Cyan			Black		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	F_{tisk} [%]	σ^2
20	-1	19	0,25	1	21	0,41
40	1	41	0,33	4	44	0,24
60	5	65	0,27	6	66	0,43
80	4	84	0,13	6	88	0

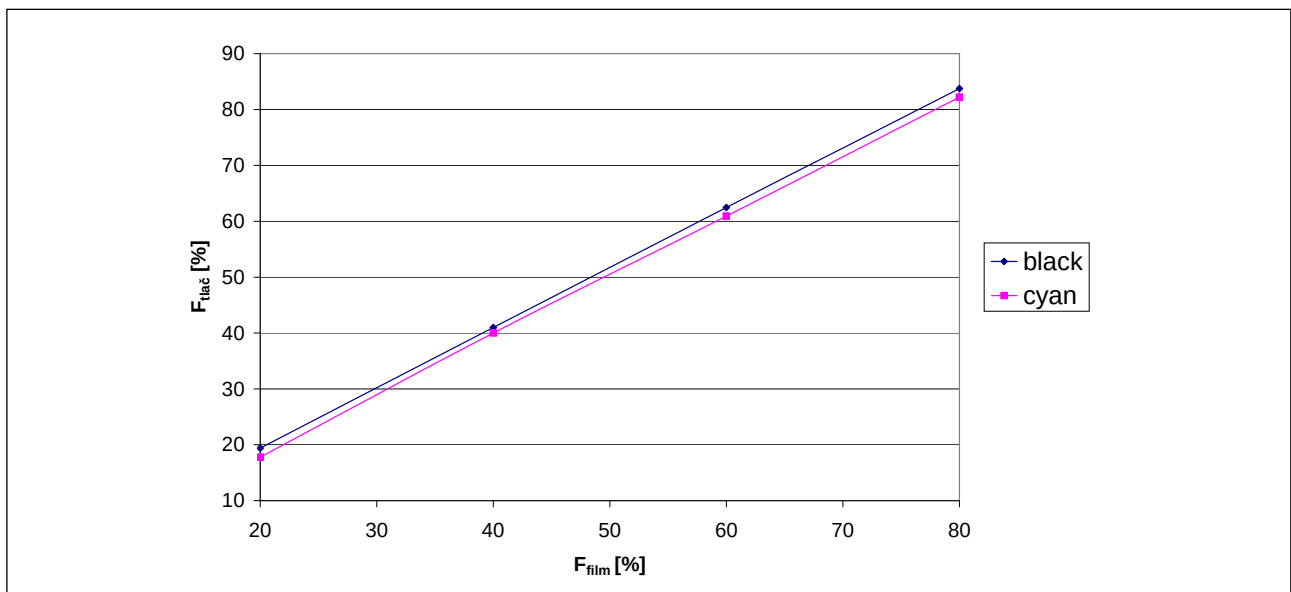
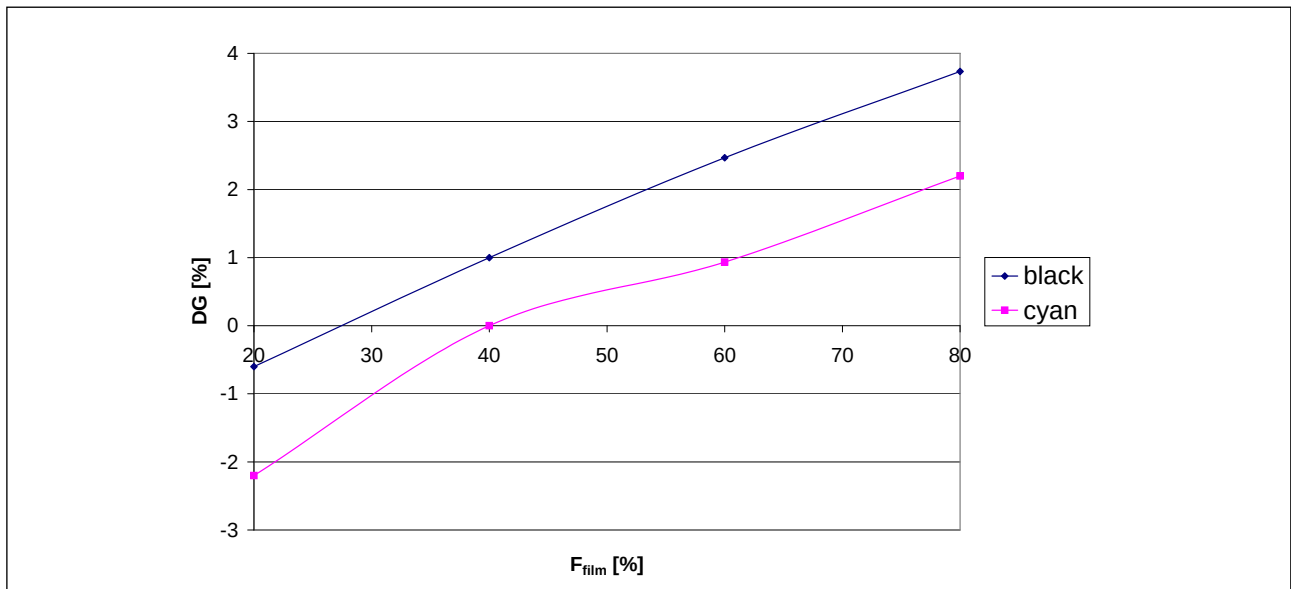
Obr. 3.3 Eliptický bod



Tab. 3.3 Štvorcový bod

F_{film} [%]	Cyan			Black		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	F_{tisk} [%]	σ^2
20	-2	18	0,29	-1	19	0,37
40	0	40	0,27	1	41	0,53
60	1	61	0,33	2	62	0,78
80	2	82	0,43	4	84	0,20

Obr. 3.4 Štvorcový bod

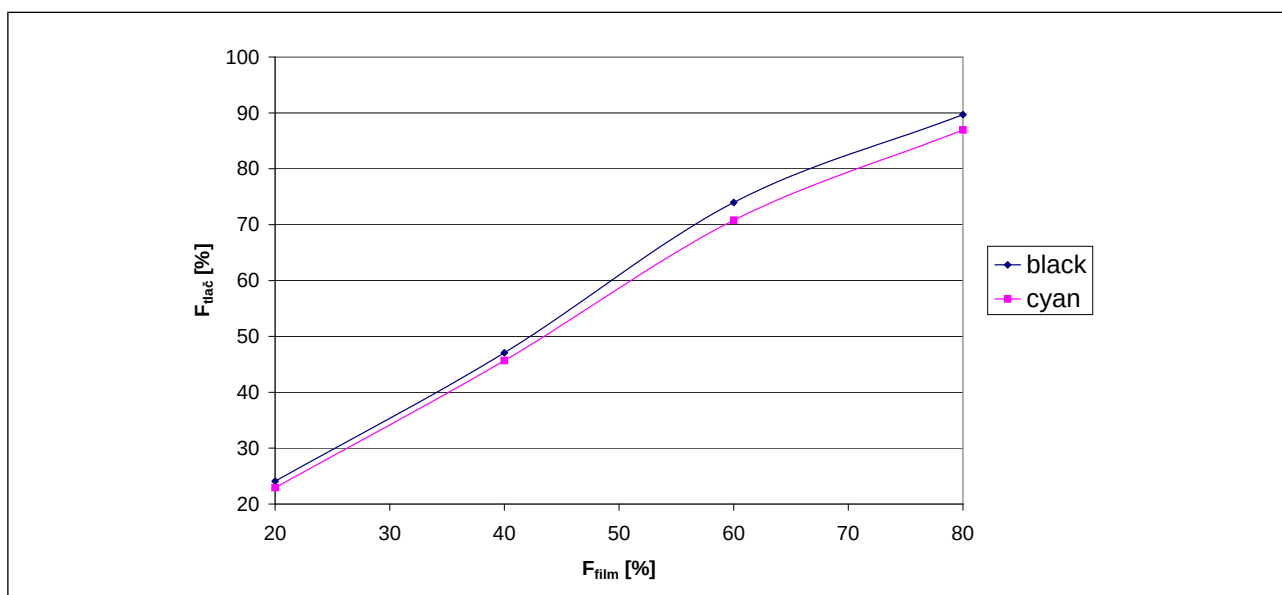
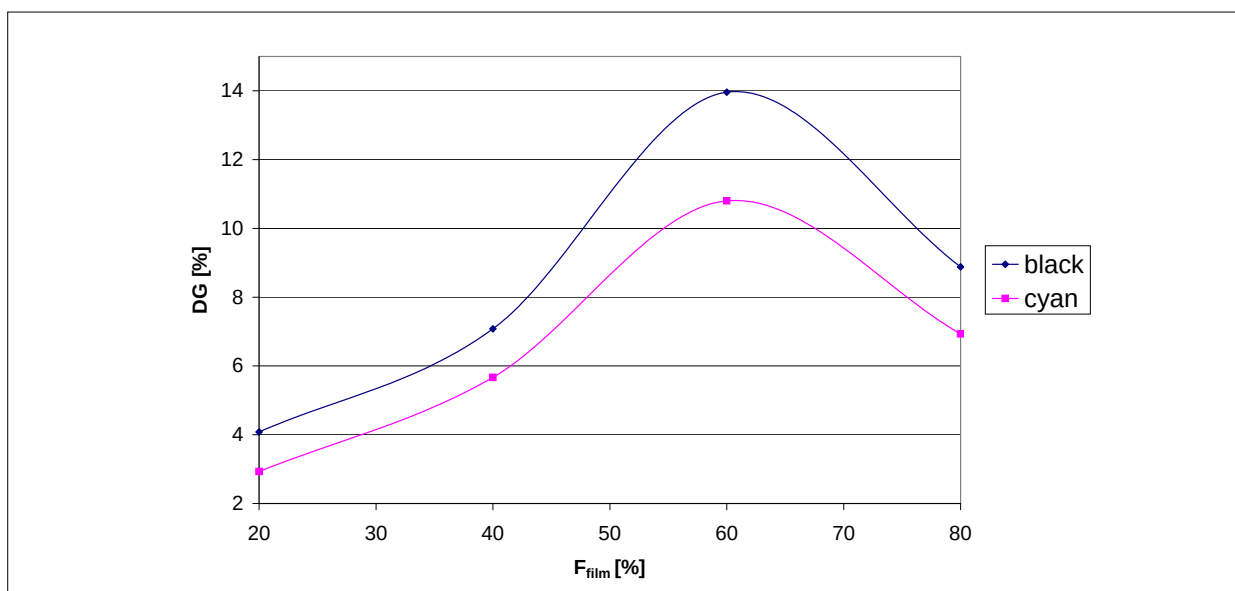


– Ofsetový papier

Tab.3.4 Kruhový bod

F_{film} [%]	Cyan			Black		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	F_{tisk} [%]	σ^2
20	3	23	0,46	4	24	0,23
40	6	46	0,76	7	47	0,47
60	11	71	0,56	14	74	0,44
80	7	87	0,33	9	89	0,51

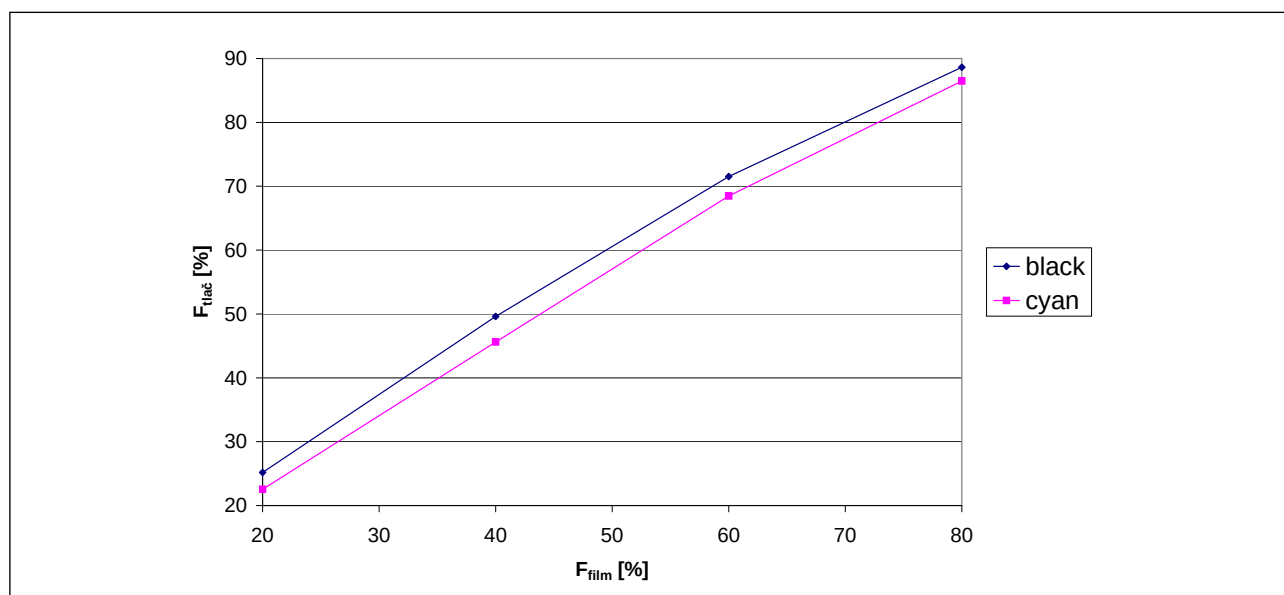
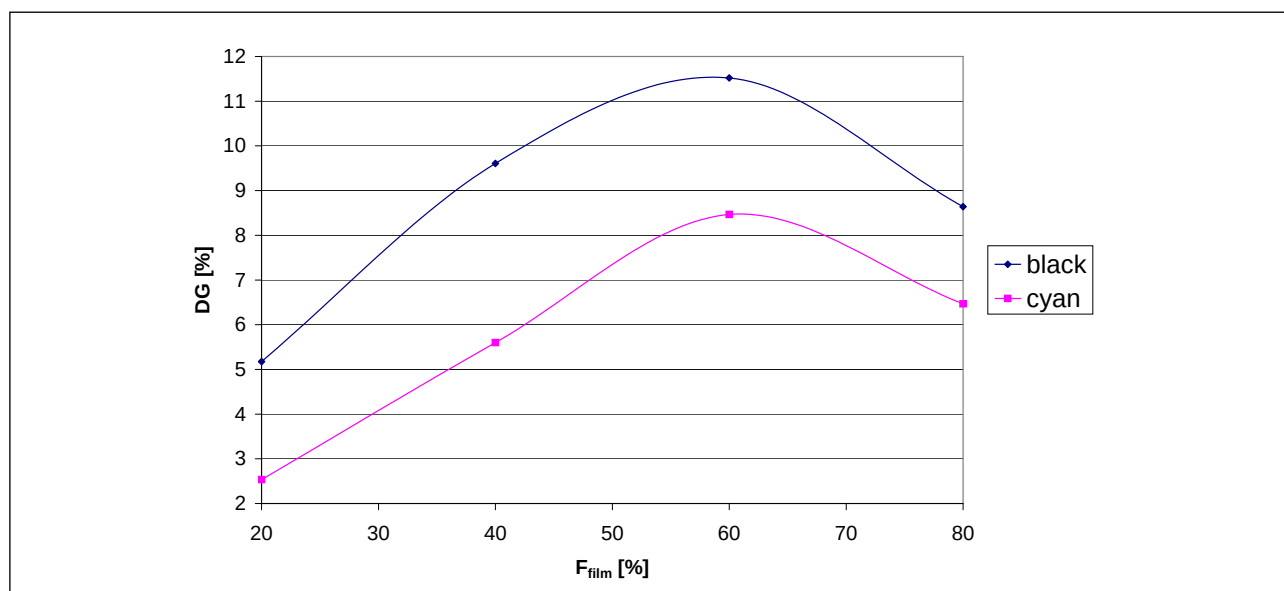
Obr. 3.5 Kruhový bod



Tab. 3.5 Eliptický bod

F_{film} [%]	Cyan			Black		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	F_{tisk} [%]	σ^2
20	3	23	0,65	5	25	0,58
40	6	46	0,37	10	50	0,85
60	8	68	0,15	12	72	0,42
80	6	86	0,25	9	89	0,23

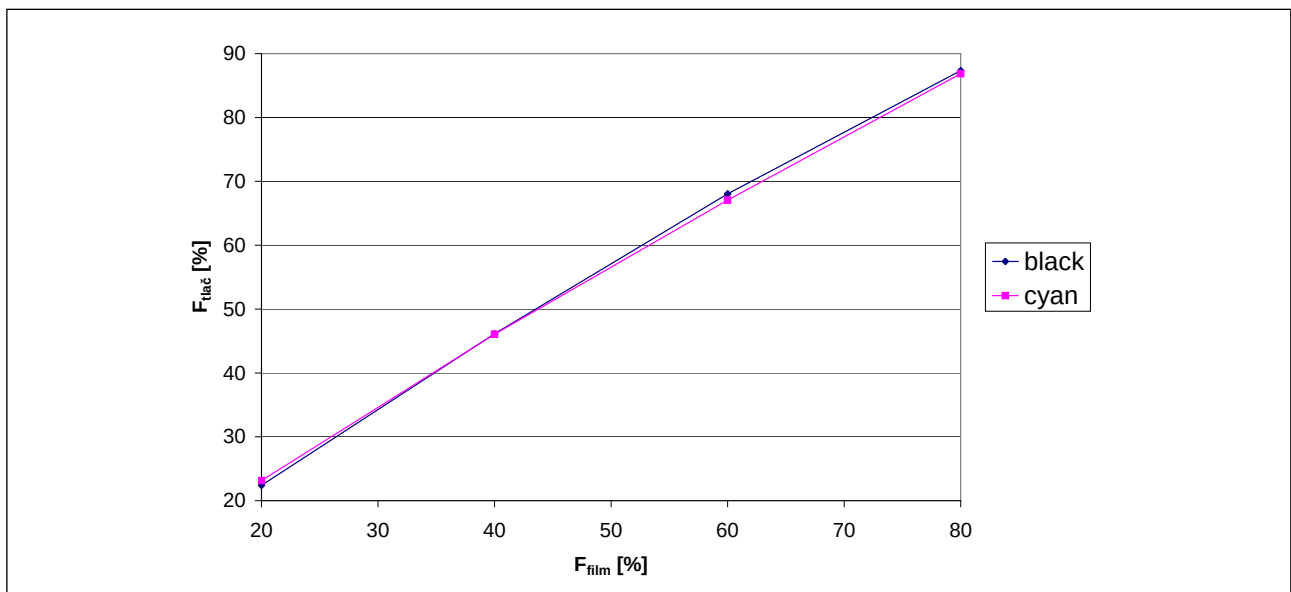
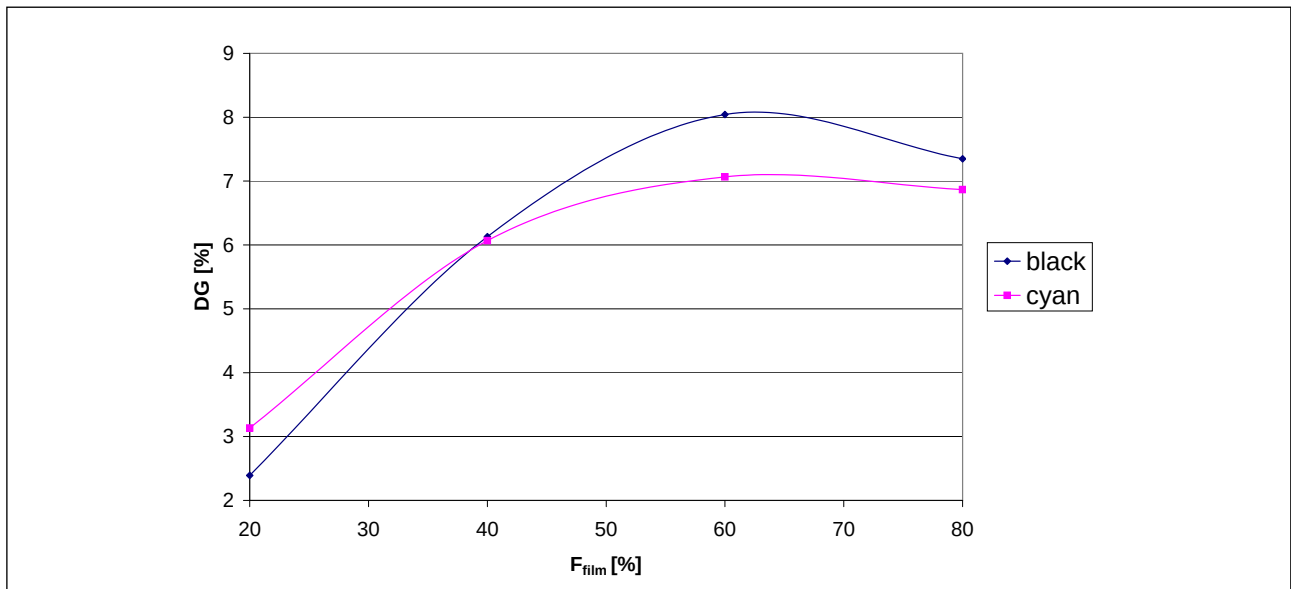
Obr. 3.6 Eliptický bod



Tab. 3.6 Štvorcový bod

F_{film} [%]	Cyan			Black		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	F_{tisk} [%]	σ^2
20	3	23	0,52	2	22	0,50
40	6	46	0,73	6	46	1,07
60	7	67	0,86	8	68	0,56
80	7	87	0,92	7	87	0,23

Obr. 3.7 Štvorcový bod

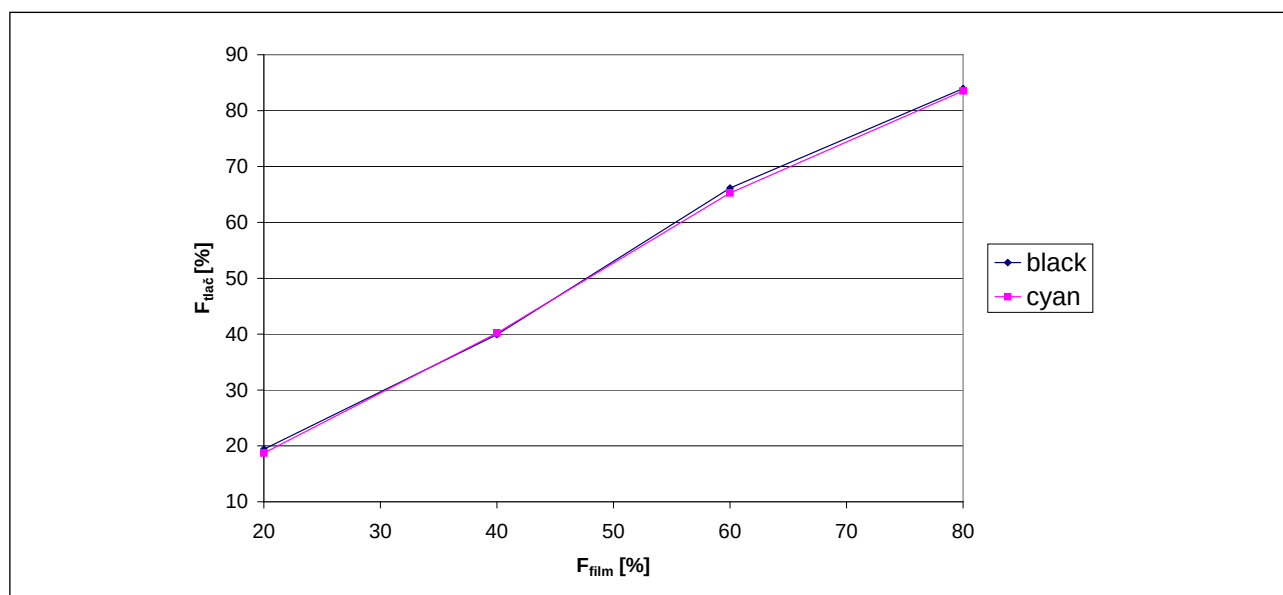
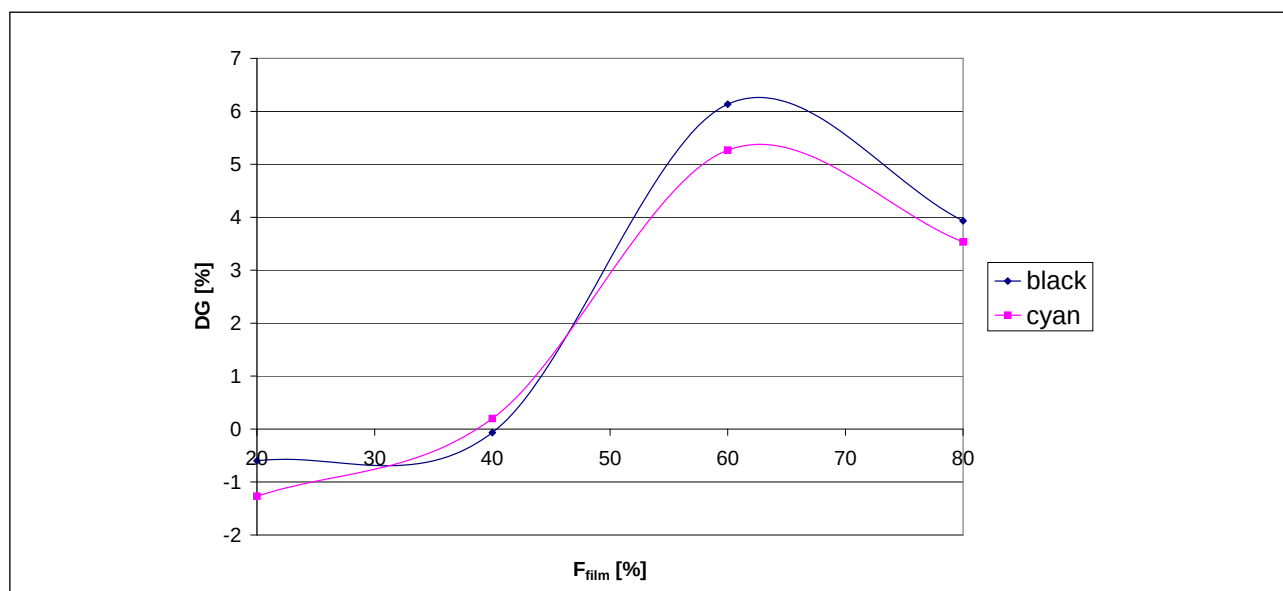


– Natieraný papier

Tab. 3.7 Kruhový bod

F_{film} [%]	Cyan									Black		
	100 lpi			150 lpi			200 lpi			DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2			
20	1	21	0,37	-1	19	0,46	1	21	0,25	-1	19	0,37
40	2	42	0,22	0	40	0,16	3	43	0,25	0	40	0,33
60	4	64	0,27	5	65	0,20	10	70	0,69	6	66	0,78
80	3	83	0	4	84	0,25	7	87	0,33	4	84	0,20

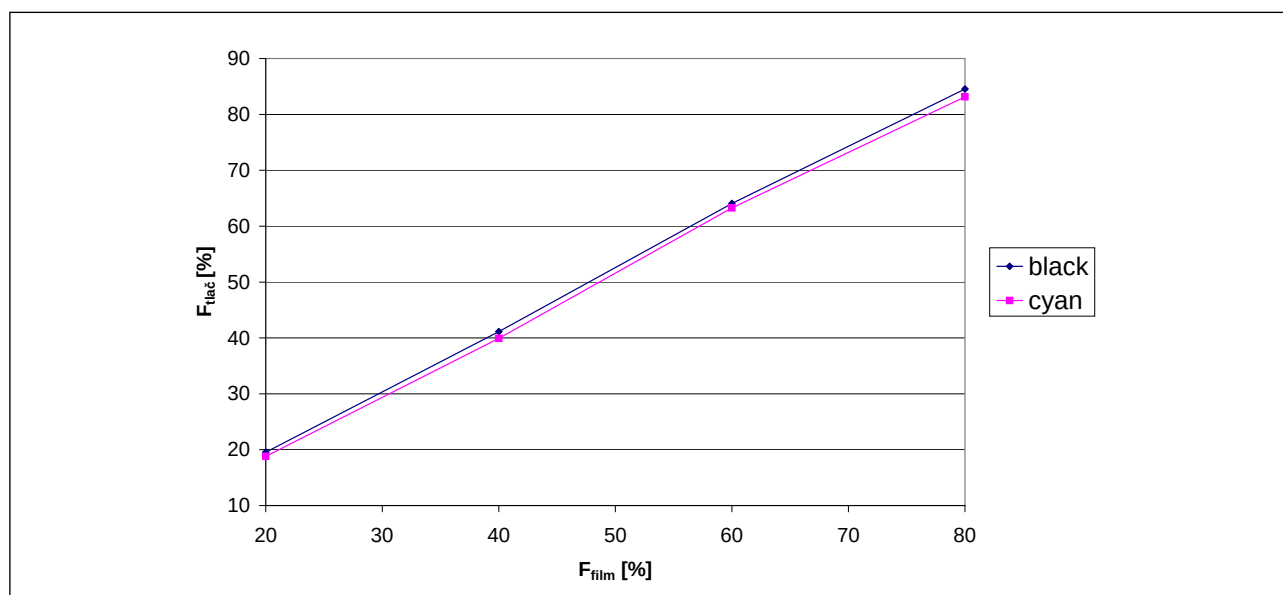
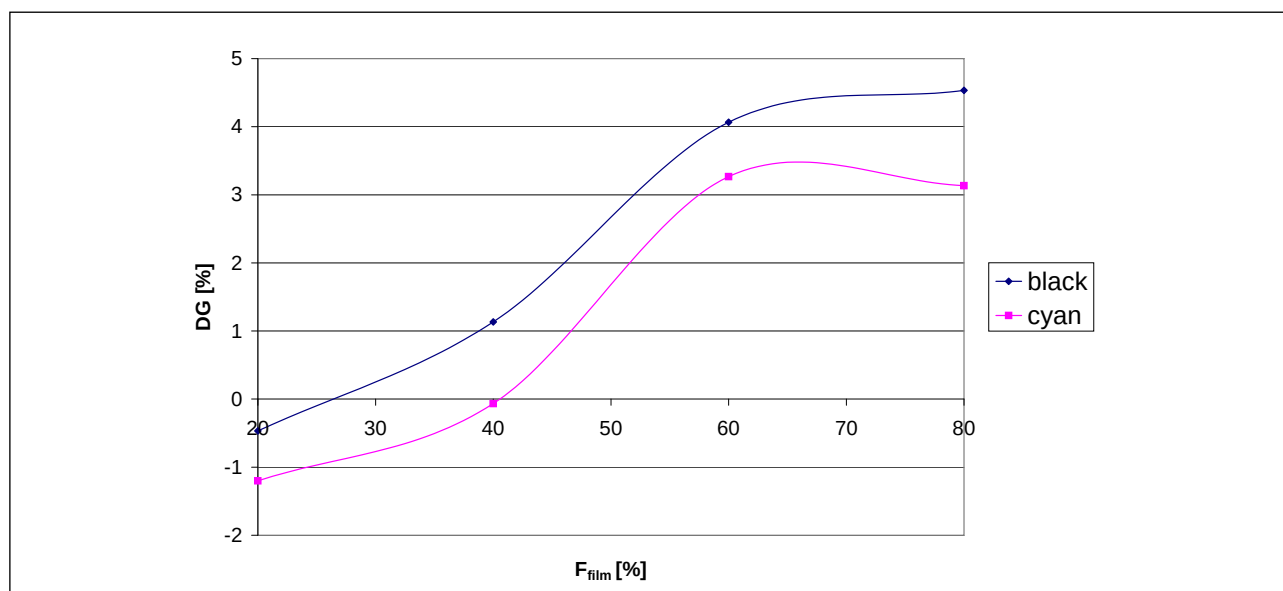
Obr. 3.8 Kruhový bod



Tab. 3.8 Eliptický bod

F_{film} [%]	Cyan									Black		
	100 lpi			150 lpi			200 lpi					
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2
20	1	21	0,25	-1	19	0,16	-1	19	1,09	0	20	0,92
40	1	41	0,27	0	40	0,06	1	41	0,38	1	41	0,92
60	3	63	0,06	3	63	0,20	7	67	0,73	4	64	0,20
80	2	82	0,12	3	83	0,12	6	86	0,16	5	85	0,25

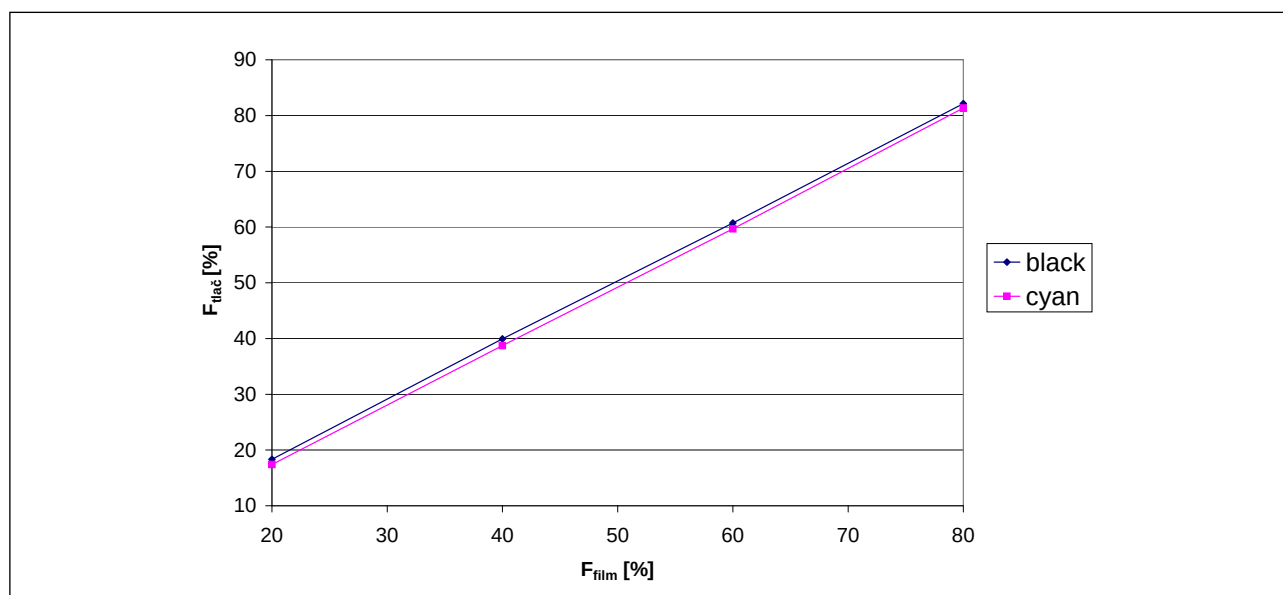
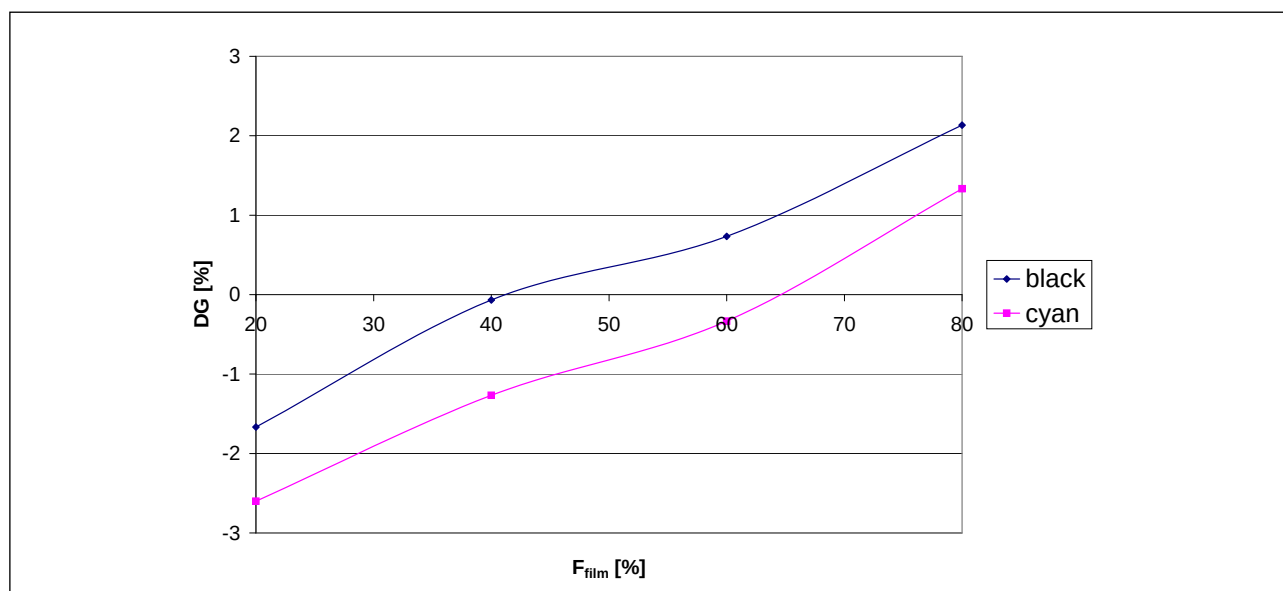
Obr. 3.9 Eliptický bod



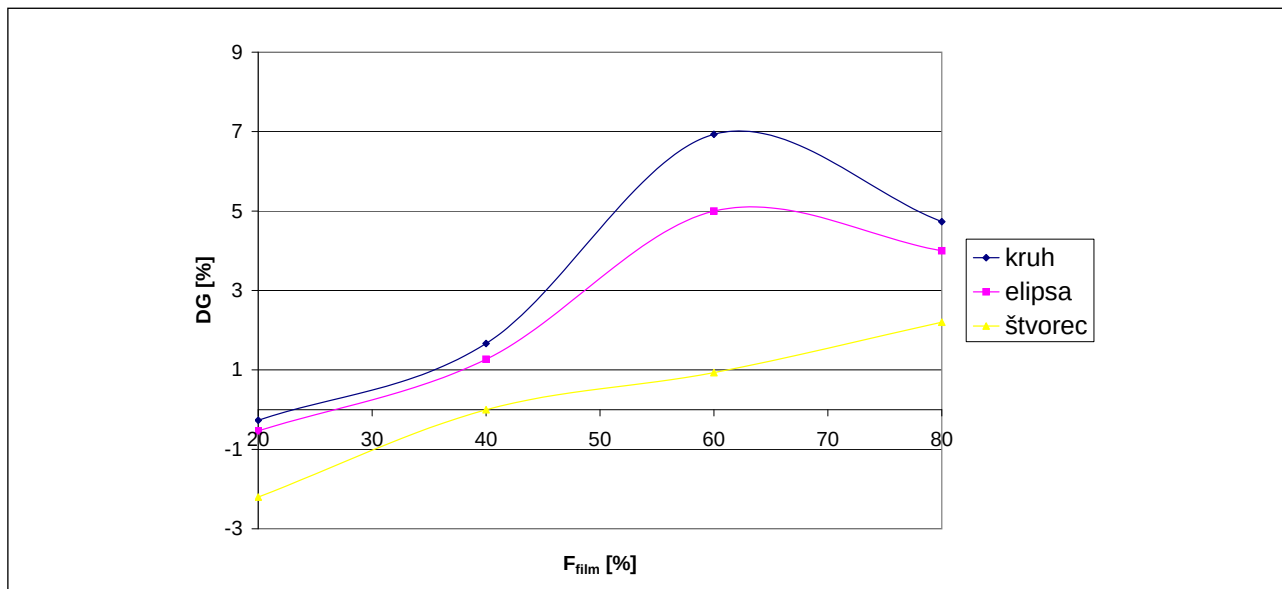
Tab. 3.9 Štvorcový bod

F_{film} [%]	Cyan									Black		
	100 lpi			150 lpi			200 lpi			DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2			
20	0	20	0,24	-3	17	0,51	-5	15	0,43	-2	18	0,62
40	1	41	0,29	-1	39	0,20	-4	36	0,24	0	40	0,46
60	2	62	0,06	0	60	0,22	-2	58	0,33	1	61	0,73
80	2	82	0,12	1	81	0,62	4	84	0,25	2	82	0,38

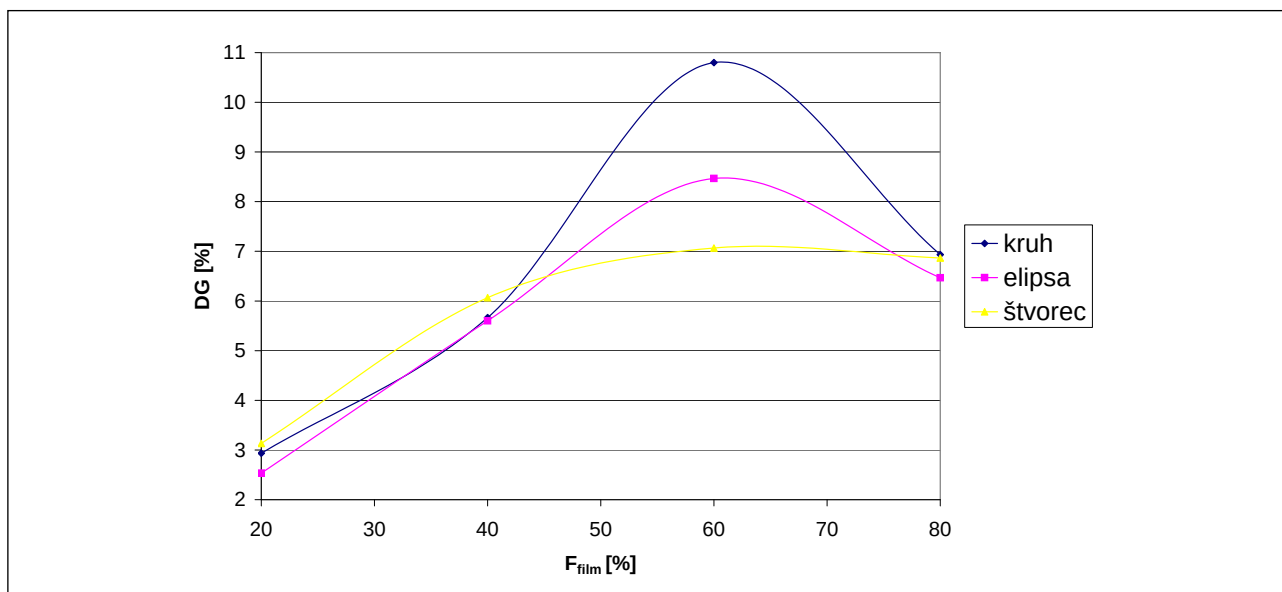
Obr. 3.10 Štvorcový bod



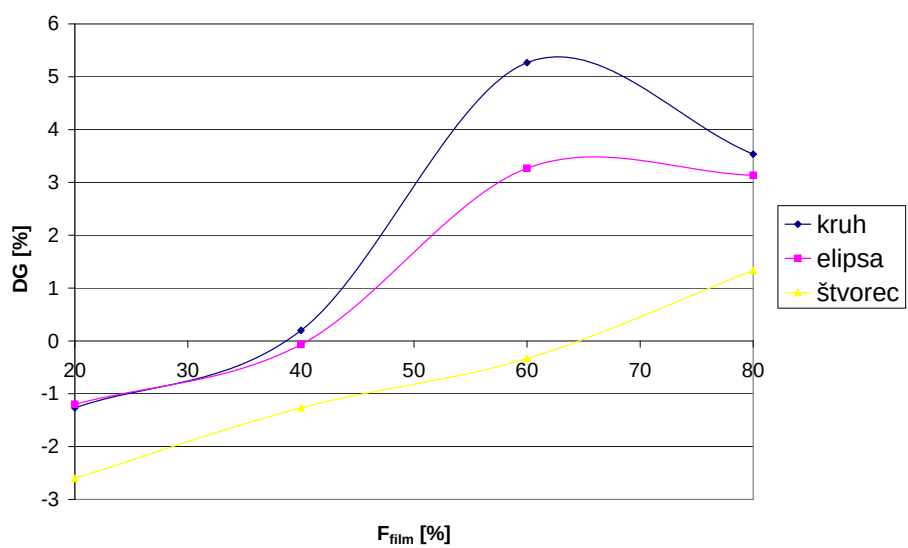
Obr. 3.11 APCO



Obr. 3.12 Ofsetový papier

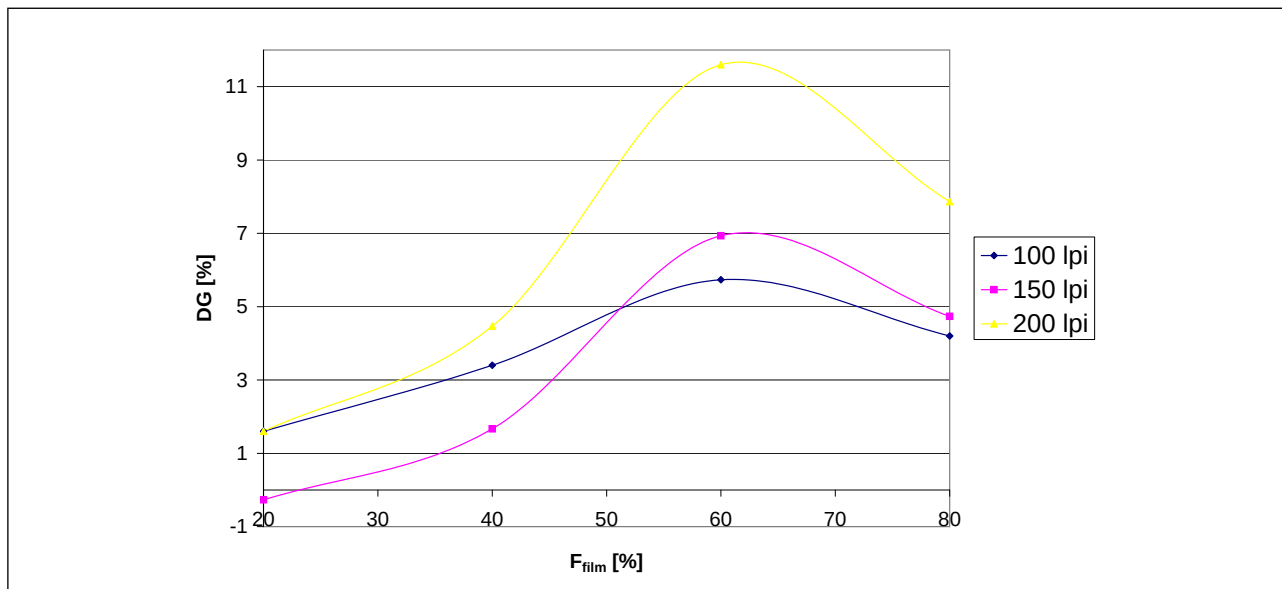


Obr. 3.13 Natieraný papier

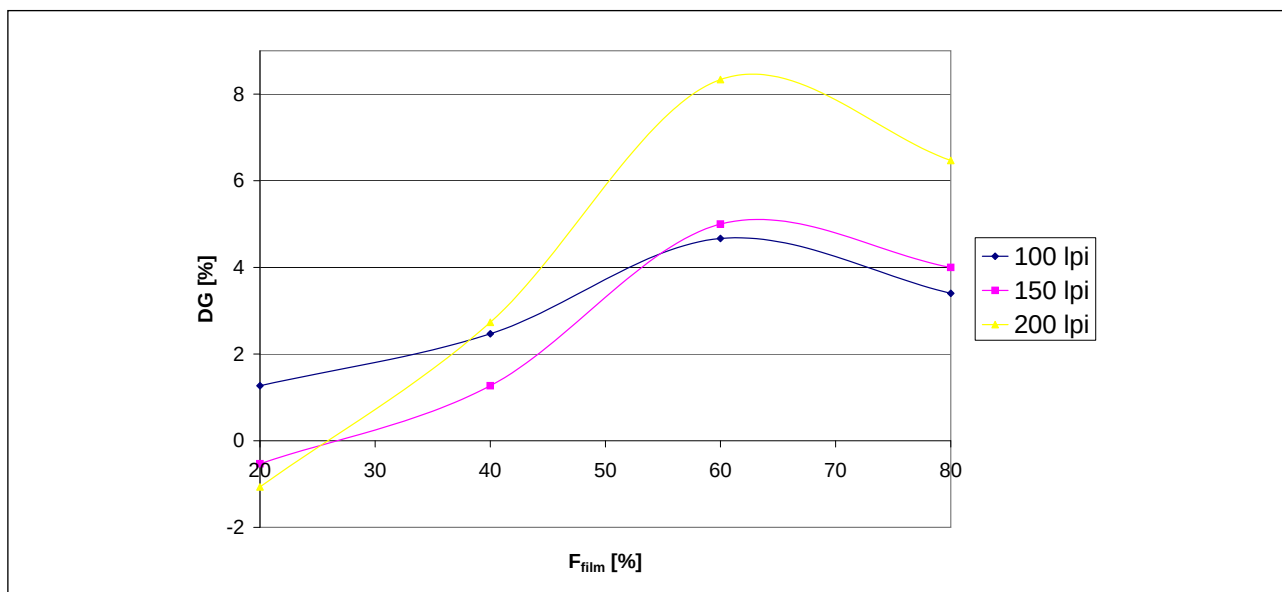


2. část

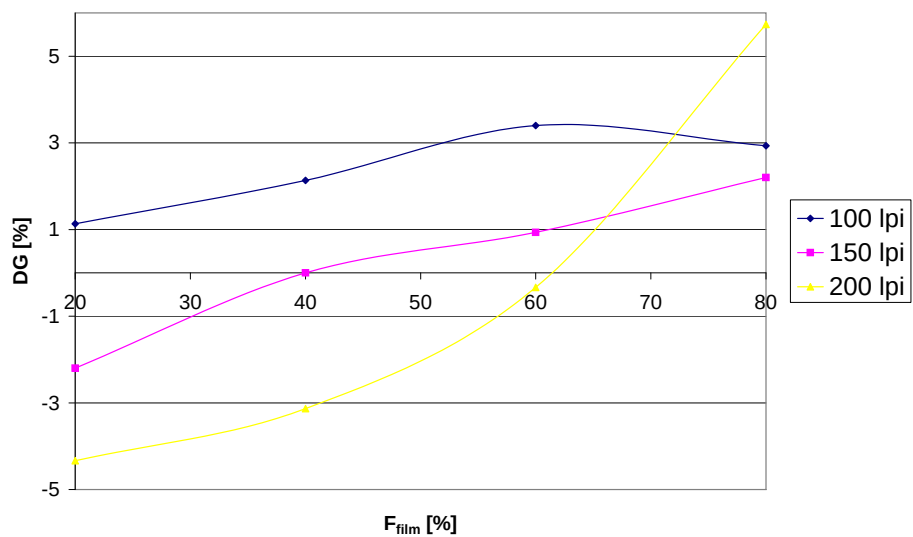
Obr. 3.14 Kruhový bod



Obr. 3.15 Eliptický bod



Obr. 3.16 Štvorcový bod



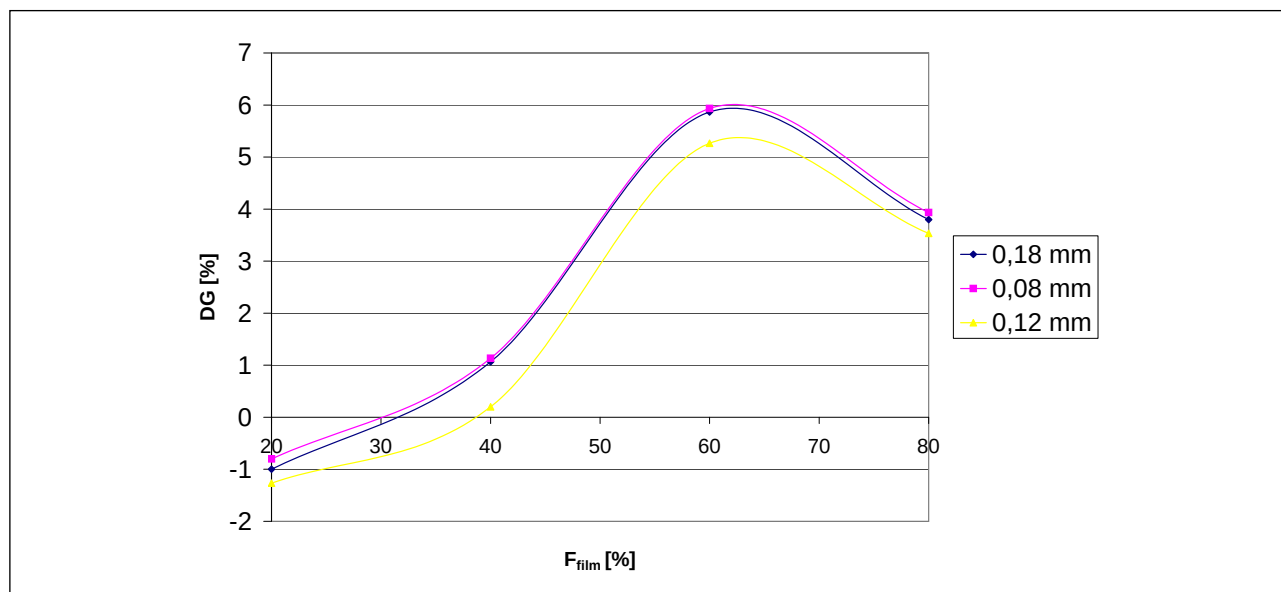
3. část

– Zmena tlačového tlaku

Tab. 3.10 Kruhový bod

F_{film} [%]	0,18 mm			0,08 mm		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2
20	-1	19	0,40	-1	19	0,56
40	1	41	0,46	1	41	0,25
60	6	66	0,38	6	66	0,33
80	4	84	0,16	4	84	0,20

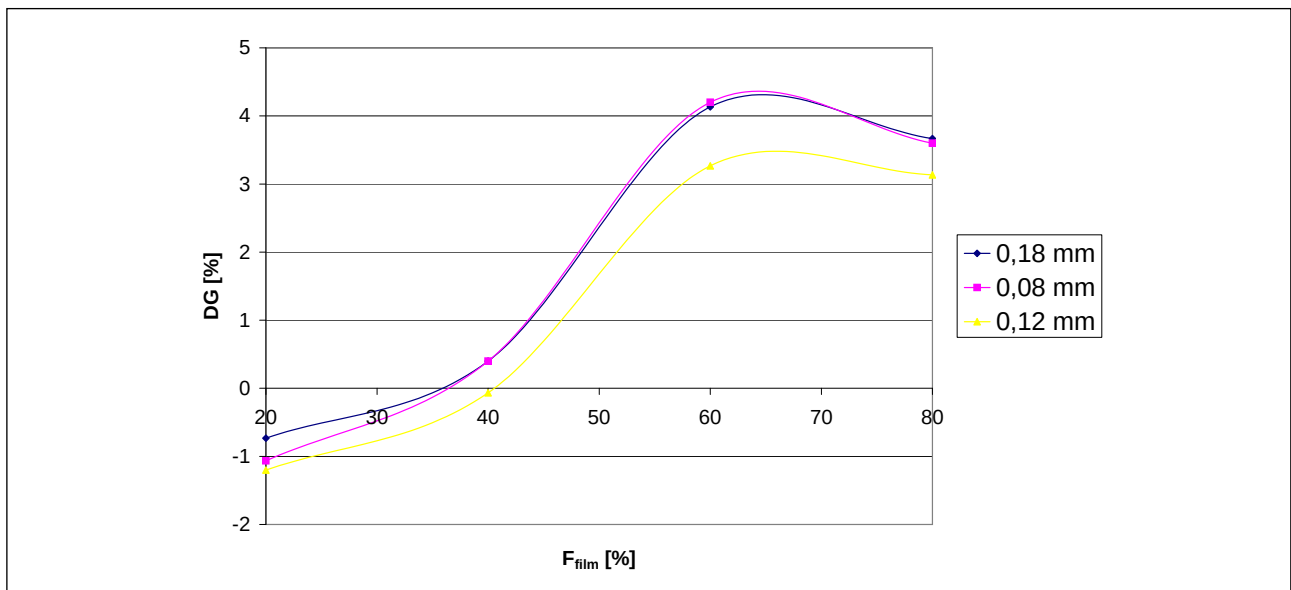
Obr. 3.17 Kruhový bod



Tab. 3.11 Eliptický bod

F_{film} [%]	0,18 mm			0,08 mm		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2
20	-1	19	0,20	-1	19	0,60
40	0	40	0,37	0	40	0,37
60	4	64	0,38	4	64	0,29
80	4	84	0,22	4	84	0,24

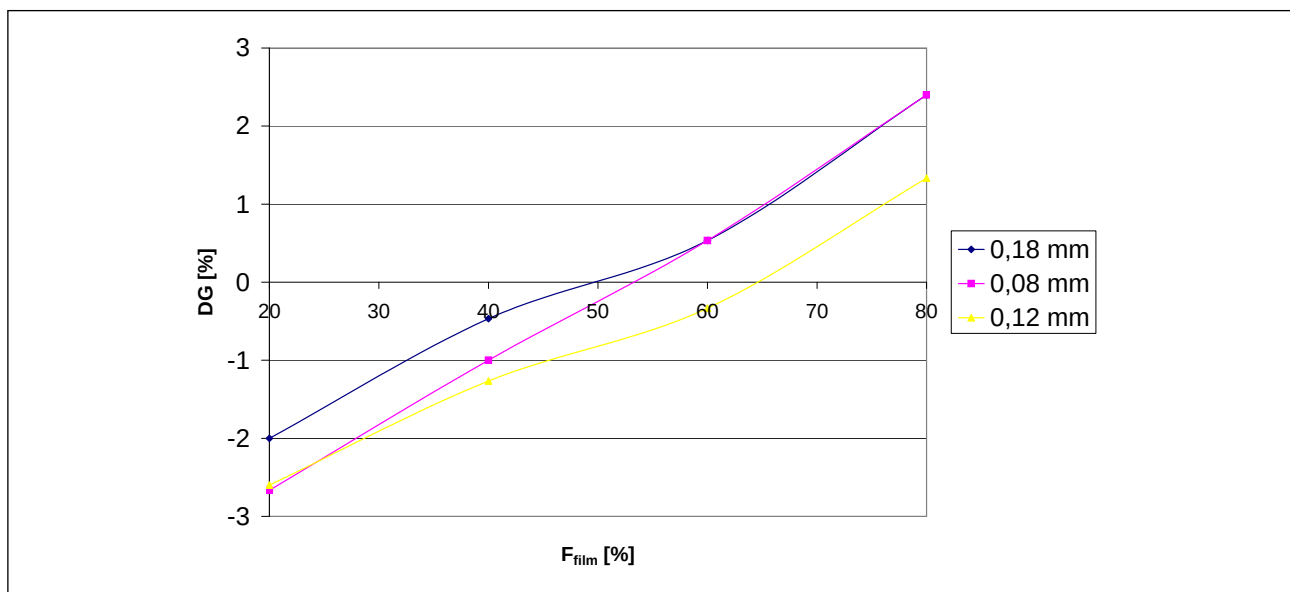
Obr. 3.18 Eliptický bod



Tab. 3.12 Štvorcový bod

F_{film} [%]	0,18 mm			0,08 mm		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2
20	-2	18	0,40	-3	17	0,49
40	0	40	0,52	-1	39	0,40
60	1	61	0,56	1	61	0,52
80	2	82	0,24	2	82	0,37

Obr. 3.19 Štvorcový bod

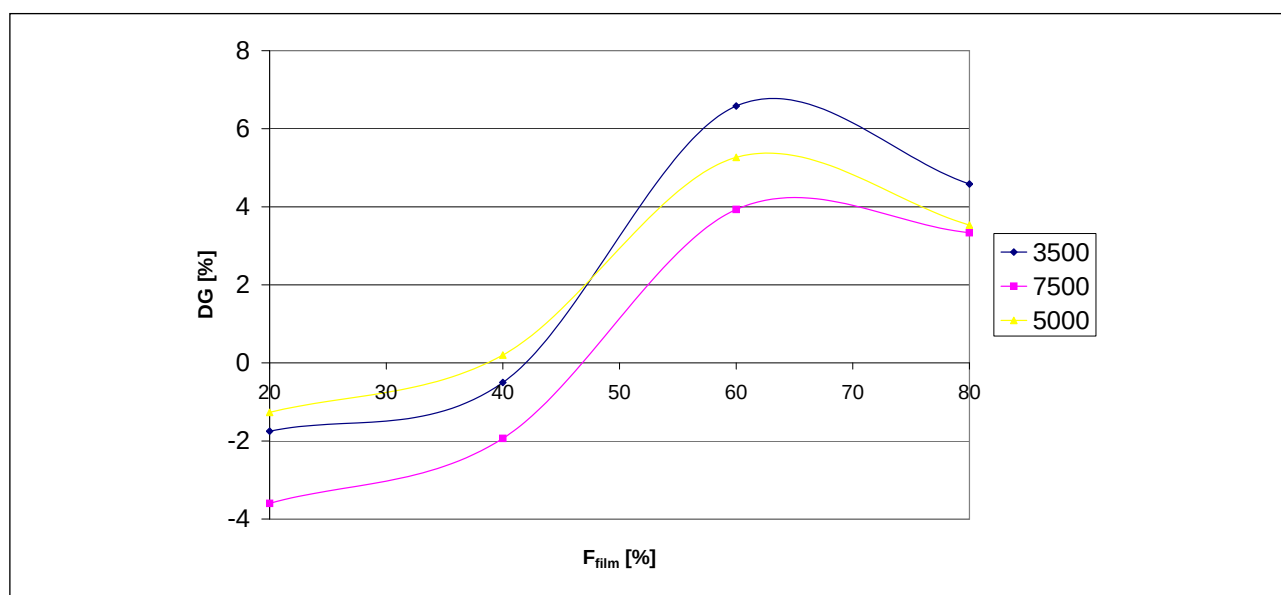


– Zmena tlačovej rýchlosti

Tab. 3.13 Kruhový bod

F_{film} [%]	3500 mm			7500 mm		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2
20	-2	18	0,19	-4	16	0,24
40	-1	39	0,25	-2	38	0,20
60	7	67	0,58	4	64	0,33
80	5	85	0,24	3	83	0,22

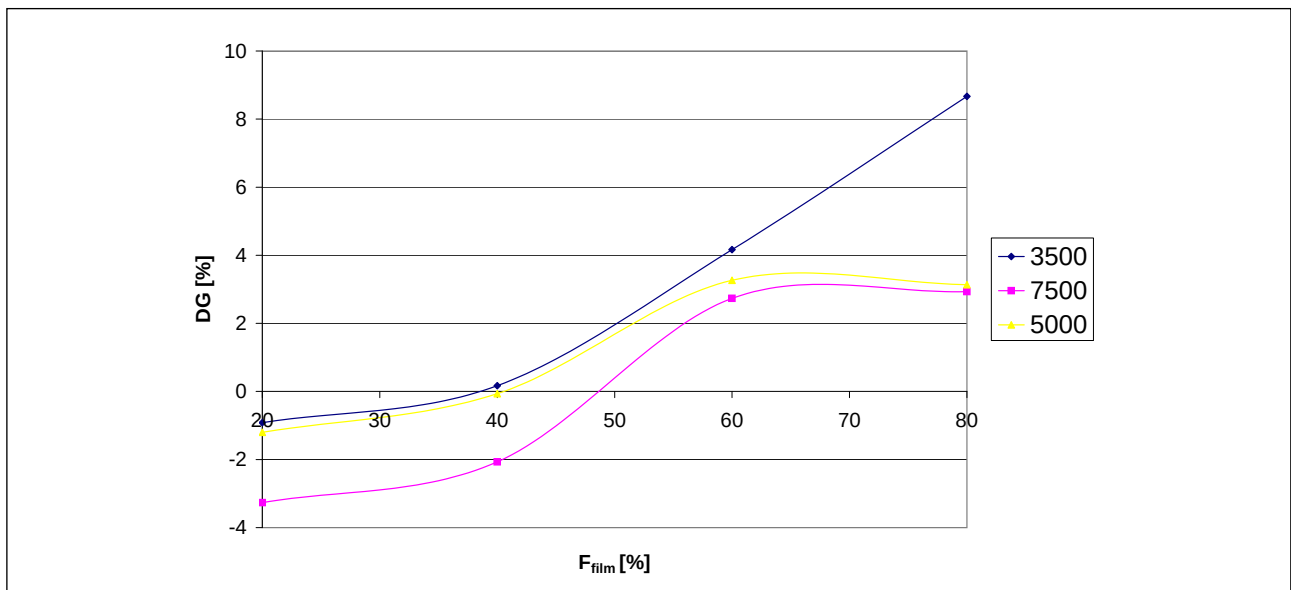
Obr. 3.20 Kruhový bod



Tab. 3.14 Eliptický bod

F_{film} [%]	3500 mm			7500 mm		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2
20	-1	19	0,74	-3	17	0,33
40	0	40	0,47	-2	38	0,60
60	4	64	0,14	3	63	0,46
80	9	89	0,25	3	83	0,20

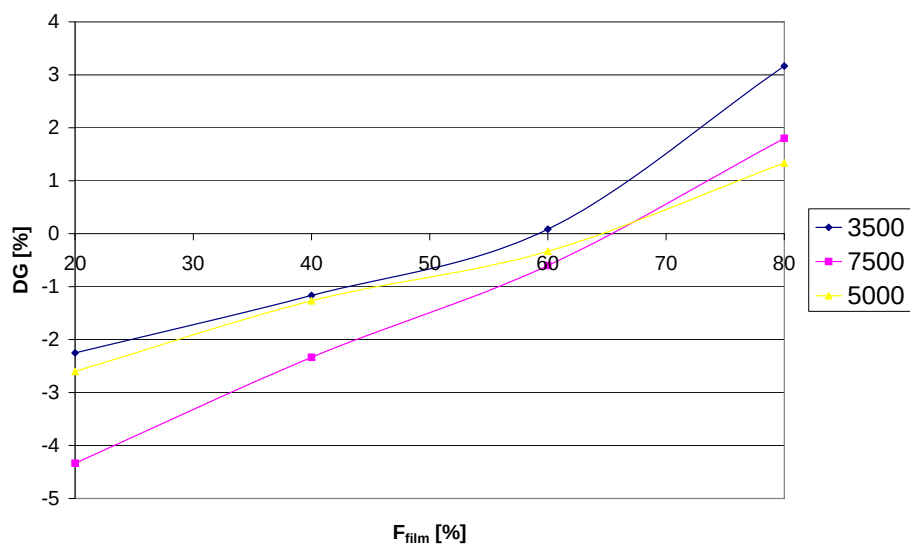
Obr. 3.21 Eliptický bod



Tab. 3.15 Štvorcový bod

F_{film} [%]	3500 mm			7500 mm		
	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2	DG [%]	$F_{\text{tlač}}$ [%]	σ^2
20	-2	18	0,69	-4	16	0,62
40	-1	39	0,47	-2	38	0,49
60	0	60	0,24	-1	59	0,24
80	3	83	0,14	2	82	0,43

Obr. 3.22 Štvorcový bod



4. DISKUSIA A ZÁVERY

Cieľom práce bolo zistiť rozšírenie tlačového bodu v závislosti na:

- geometrii tlačového bodu,
- lineatúre siete,
- type použitého papiera,
- tlačovom tlaku a rýchlosti.

Všetky hodnoty optického zväčšenia tlačového bodu boli merané na prístroji Gretag SPM 50. DG dokonca v niektorých prípadoch vykazuje záporné hodnoty. Pravdepodobne to bolo spôsobené značným podsvietením bodov na pozitívnom filme a tým došlo k významnému zmenšeniu plošného pokrytia na pozitívnej tlačovej platni. Aj napriek nárastu bodu v tlači sa hodnoty DG nedostali do kladnej oblasti.

Optické zväčšenie tlačového bodu u čiernej farby je o 2–3 % väčšie ako u azúrovej farby.

Geometria tlačového bodu

Kruhový bod

Kruhový bod vykazuje najvyššie rozšírenie v stredných tónoch v oblasti okolo 60 % plošného pokrytia na filme, kde výrazne narastá. Skokový nárast bodu je spôsobený prvým dotykom 4 styčných plôch jednotlivých susedných bodov. Jeho nárast tónovej hodnoty v oblasti stredných tónov je vďaka veľkej styčnej ploche najvyšší zo všetkých geometrií a preto je jeho použitie v danej tónovej oblasti spojené s problémami.

Následne sa bod mení v negatívny zmenšujúci sa bod, kde dochádza znovu k poklesu DG. Skokový nárast bodu pri dotyku jednotlivých bodov popisuje funkcia $P(\xi)$ (16) a jej derivácia $P'(\xi)$ (17), kde $\xi = D/a$ – pomer charakteristického rozmeru bodu (priemer kruhového bodu) k dĺžke strany tónovej bunky je v max. rovný 1.

Eliptický bod

Je zvolený ako alternatíva k bodu kruhovému, znížiť skokový nárast tónovej hodnoty spôsobený dotykom bodov. Podobne ako u kruhového bodu je najväčšie rozšírenie tlačového bodu v oblasti stredných tónov, avšak menšie ako u bodu kruhového o 2–3 %. Jeho pokles nárastu plošného pokrytia od prvého dotyku styčných plôch je miernejší a nakoniec sa DG v tieňoch kruhového a eliptického bodu vyrovná. U eliptického bodu dochádza k dotyku 2 styčných plôch v stredných tónoch a preto skokový nárast eliptického tlačového bodu nedosahuje kruhového. Podobne ako u kruhového bodu z funkcií $P(\xi)$ (14) a $P'(\xi)$ (15) odčítame, že najväčšia zmena plošného pokrytia nastáva pri dotyku eliptických bodov dlhšou osou elipsy pri $\xi = 1$.

Štvorcový bod

Má odlišné vlastnosti ako kruhový a eliptický bod. DG štvorcového bodu rastie lineárne so sieťovou tónovou hodnotou na filme. K dotyku bodov dochádza až pri vysokých sieťových tónových hodnotách. Štvorcové body sú vhodné pre svetlá a stredné tóny, kde nenastáva skokový nárast bodu spôsobený dotykom jednotlivých bodov.

Aj napriek tomu, že z teoretického hľadiska má kruhový bod najvyššie povrchové napätie a malo by minimálne dochádzať k deformácii okrajovej zóny, v porovnaní 20% tónových hodnôt štvorcového a kruhového bodu dosahuje štvorcový bod nižšieho nárastu tónovej hodnoty.

K odchylke od derivácie funkcie $P'(\xi)$ (19) dochádza pri 80% plošnom pokrytí u ofsetového papiera, kde vďaka fyzikálnym vlastnostiam papiera dochádza k poklesu DG. Je to spôsobené značným rozpitím bodov na papieri na úkor prázdneho miesta v okolí bodov, kde bod nemá možnosť väčšieho nárastu, pretože farba jednotlivých bodov sa začína prelínať.

Lineatúra siete

Závislosť lineatúry siete jednotlivých geometrií tlačových bodov je zobrazená na obr. 3.14, obr. 3.15, obr. 3.16. U kruhového a eliptického bodu s rastúcou hodnotou l_{pi} narastá DG najmä v oblasti, kde sa začínú body dotýkať a pokračuje v oblasti tmavých tónov. Je to spôsobené vzdialenosťou bodov, ktorá so zvyšujúcou sa l_{pi} klesá. U štvorcového bodu nedochádza k dotyku bodov a DG so zvyšujúcim sa l_{pi} významne narastá až v tmavých tónoch.

Typ papiera

Typ použitého papiera významne ovplyvňuje DG. Najnižší nárast bodu je zaznamenaný u lesklo natieraného papiera a najvyšší u bezdrevého ofsetového papiera. Ofsetový papier patrí medzi málo klížené papiere s vysokou hodnotou tlačovej penetrácie, kde k rozšíreniu bodu dochádza rozpíjaním farby na papiery. Naopak a natieraného a APCO papiera dochádza k rozšíreniu bodu prevažne kôli tlačovému tlaku.

Tlačový tlak a rýchlosť

Nastavenie tlačového tlaku a rýchlosti patrí medzi priame mechanické rozšírenie tlačového bodu a podobne ako typ papiera patrí medzi dôležité faktory ovplyvňujúce rozšírenie tlačového bodu. Závislosť DG na tlačovom tlaku je zobrazená na obr. 3.17, obr. 3.18, obr. 3.19. Príliš vysoký tlak podporuje roztekание farby po povrchu papiera a rýchlosť absorpcie farby v papieri a naopak, príliš nízky tlak spôsobuje šmykovanie, vďaka čomu narastá DG. Je dôležité poznať hrúbku tlačového hárku a následne podľa neho nastaviť zodpovedajúci tlak, aby nedošlo k zbytočne vzniknutým problémom

s nárastom tlačového bodu.

Závislosť DG na tlačovej rýchlosti je zobrazená na obr. 3.20, obr. 3.21, obr. 3.22. So znižujúcou sa tlačovou rýchlosťou narastá rozšírenie tlačového bodu. Papier zotrúva dlhšiu dobu v nipe, kde podlieha pôsobeniu tlačového tlaku a tým sa zvyšuje DG. Naopak príliš vysoká rýchlosť môže mať za následok nedostatočné vyfarbenie a tým sa zvýši potreba prívodu farby.

Záver

Najpriaznivejší tvar tlačového bodu v svetlách a stredných tónoch vykazuje bod štvorcový, vďaka svôjmu najnižšiemu nárastu tónovej hodnoty. V oblasti stredných tónov nedochádza k dotyku tlačových bodov, čo u ostatných tlačových bodov spôsobuje problémy.

Avšak ďalšie skúmanie brilantnosti tlače s použitím štvorcového bodu, by mohlo poukázať na jeho problémy s moaré, spôsobené pravidelnou, hranatou geometrickou štruktúrou.

Naproti tomu najviac podlieha rozšíreniu práve v oblasti stredných tónov kruhový bod a preto je vhodnejšie použiť ako alternatívu bod eliptický, alebo použiť kompozitný bod, kde je kruhový bod použitý v oblasti svetiel.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Dohnal, M. *Lasery a jejich aplikace v polygrafii*, 1st ed., Univerzita Pardubice, 1997
- [2] www.printing.cz/art/pol_minim/rastr.html
- [3] www.printing.cz/art/osvit/zakladni_hodnoty_rastru.html
- [4] www.printing.cz/art/osvit/osvit_moare.html
- [5] Bartoň, J. *Úvod do technologie offsetu*, Nakladatelství grafické školy, 2003
- [6] Smékal, J., Kavecký, F. et al. *Noviny pre grafický priemysel*, 2007, vol. 7, no. 6, pp. 3
- [7] www.cz.heidelberg.com/wwwbinaries/bin/files/cze/cs/vzdelani/Rastrove_hodnoty.pdf
- [8] www.xrite.com/documents/apps/public/whitepapers/Ga00005a.pdf
- [9] www.imaging_resource.com/TIPS/LAWLER/DOTGAIN.PDF
- [10] Komínková, I. *Tiskové papíry*, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, KPF FChT, Pardubice 1997
- [11] Kaplanová, M. *Informační servis pro polygrafii*, 1999, no. 3, pp. 2–5

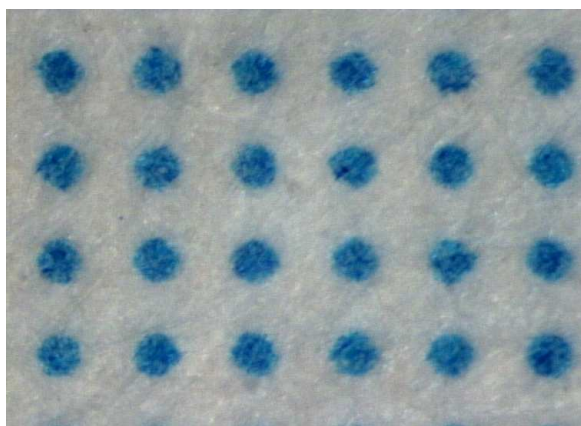
Zoznam použitých skratiek

l_{pi}	frekvencia siete	
d_{pi}	rozlíšenie tlače	
G	počet stupňov šedej	
φ_g	geometricky účinné plošné pokrytie	
φ_d	opticky účinné plošné pokrytie	
F	sieťová tónová hodnota	[%]
D_A	optická hustota (denzita) autotypickej plochy	
D_P	optická hustota (denzita) plnej plochy	
D_0	optická hustota (denzita) papieru	
E_1	energia vynaložená na rozdelenie farbového filmu	[J m ⁻²]
k_1	konštanta	[m ² N ^{-1/2} s ^{-1/2}]
η	viskozita	[Pa s]
y_1	hrúbka filmu prenesenej farby	[m]
v_1	otáčky rotujúceho valca (rýchlosť tlače)	[s ⁻¹]
A	styčná plocha dosiek	[m ²]
y_2	hrúbka filmu	[m]
v_2	rýchlosť oddeľovania plôch (rýchlosť tlače)	[m s ⁻¹]
F	sila potrebná k oddialeniu dvoch dosiek	[N m ²]
τ	šmykové napätie	[Pa]
D	šmyková rýchlosť	[s ⁻¹]
τ_M	medzné šmykové napätie	[Pa]
η_∞	viskozita pri nekonečnej šmykovej rýchlosti (plastická viskozita)	[Pa s]
p_k	kapilárny tlak	[Pa]
Θ	kontaktný uhol	
r_1	polomer kapilár	[m]
γ_{lp}	medzipovrchové napätie farba/voda	[N m]
v_3	rýchlosť absorpcie farby do papieru	[m s ⁻¹]
Δp	tlačový tlak v nipe (kapilárny tlak za nipom)	[Pa]
l	dĺžka kapilár	[m]
r_2	polomer farbovej vrstvy	[m]
h	hrúbka farbovej vrstvy	[m]
E_2	množstvo zaemulgovaného roztoku	[g _{H₂O} /100g _{farby}]
t	doba emulgácie	[s]
k_2	emulgačný koeficient	[s ⁻¹]
$P(\xi)$	funkcia plošného pokrytia	
ξ	pomerná dĺžka	
DG	dot gain (nárast tlačového bodu)	[%]

Príloha

Kruhový bod, 100 lpi, ofsetový papier

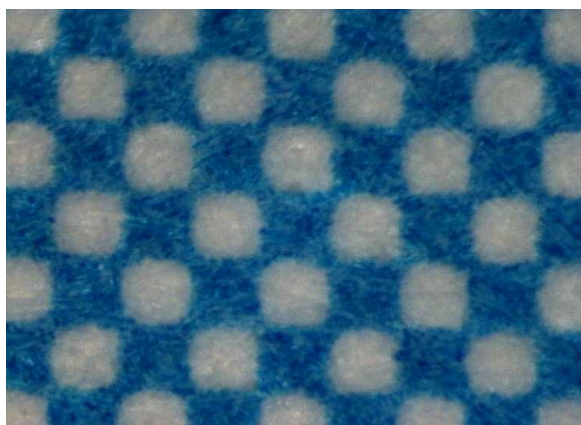
$F_{\text{film}} = 20 \%$



$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

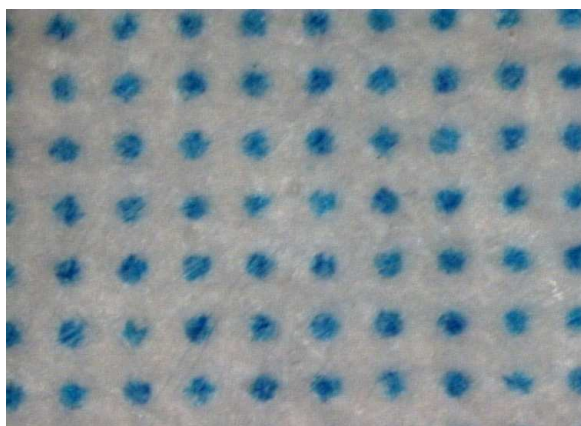


$F_{\text{film}} = 80 \%$

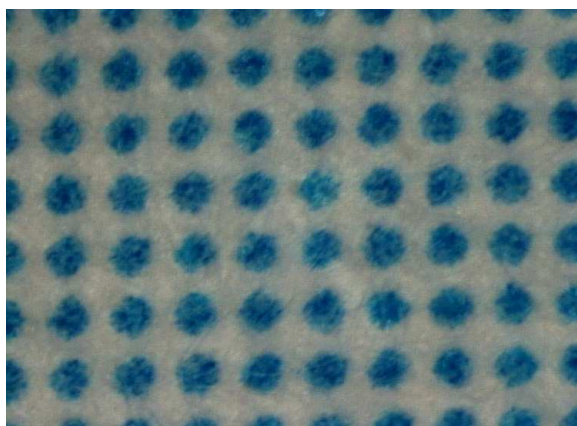


Kruhový bod, 150 lpi, ofsetový papier

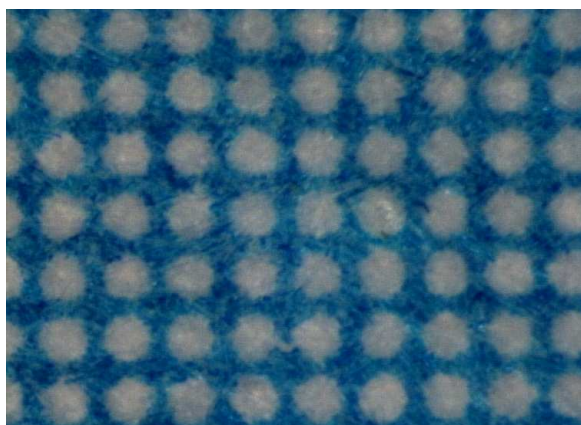
$F_{\text{film}} = 20 \%$



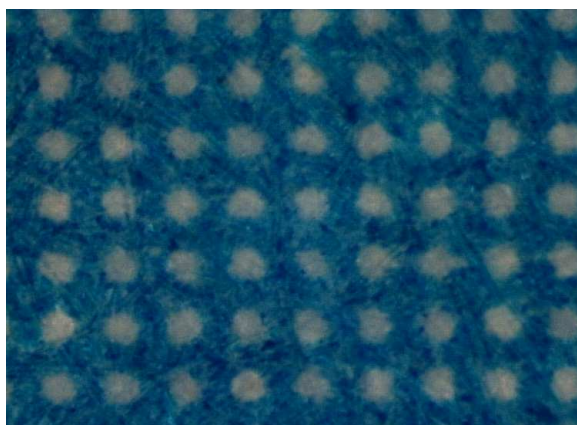
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

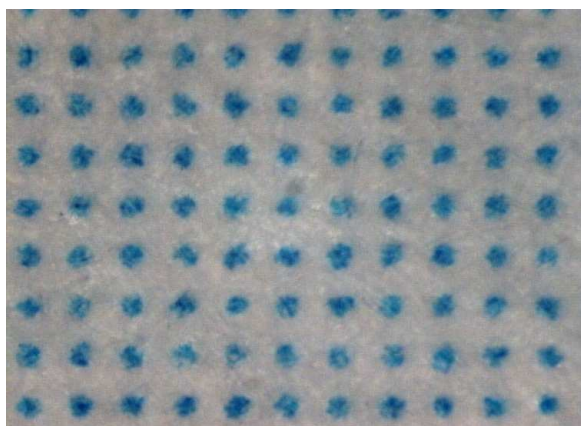


$F_{\text{film}} = 80 \%$

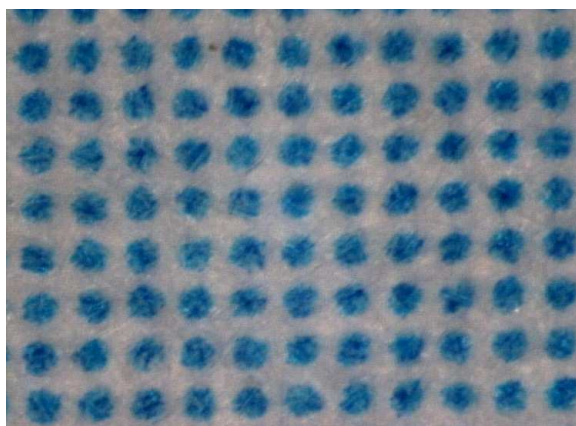


Kruhový bod, 200 lpi, ofsetový papier

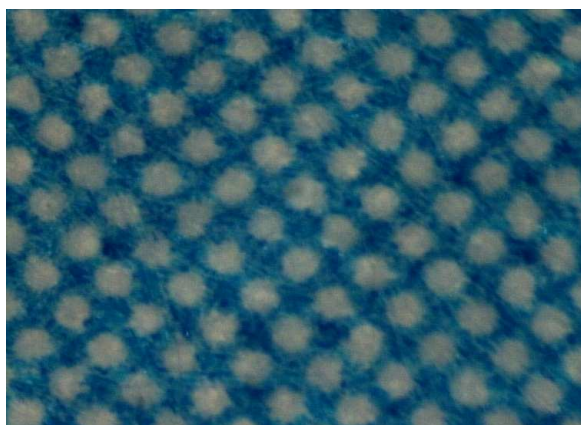
$F_{\text{film}} = 20 \%$



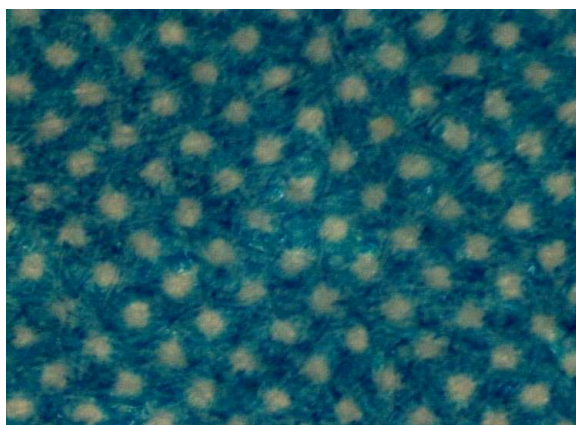
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

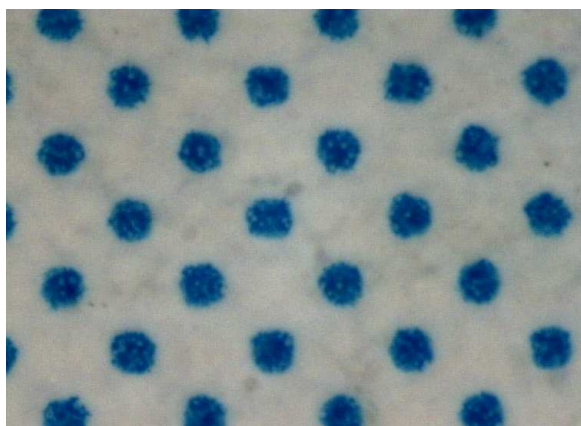


$F_{\text{film}} = 80 \%$

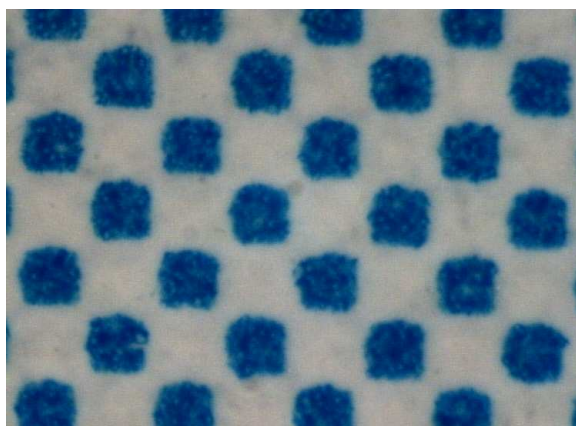


Kruhový bod, 100 lpi, natieraný papier

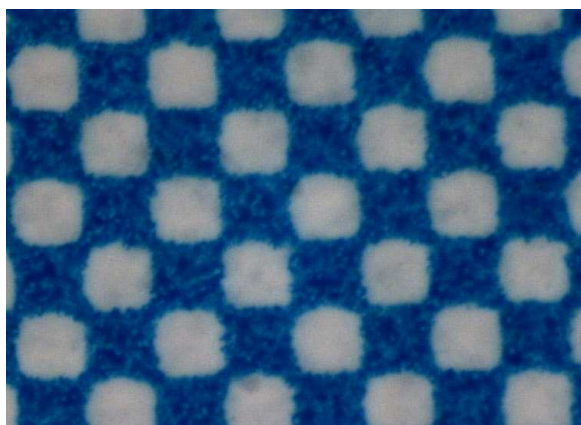
$F_{\text{film}} = 20 \%$



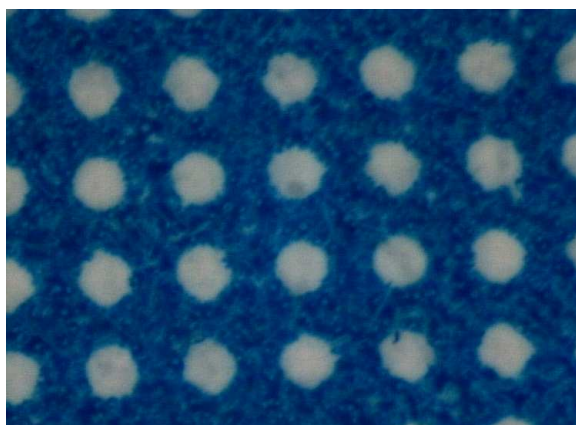
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

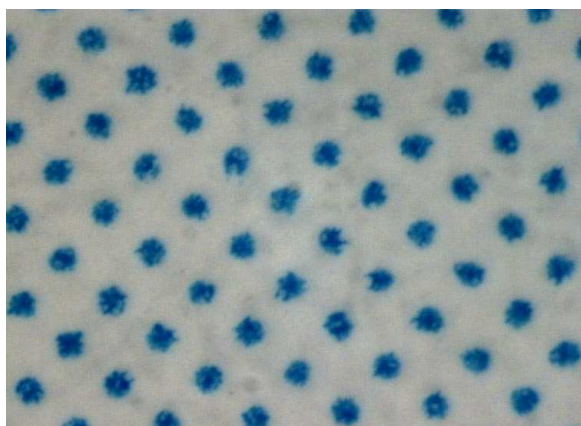


$F_{\text{film}} = 80 \%$

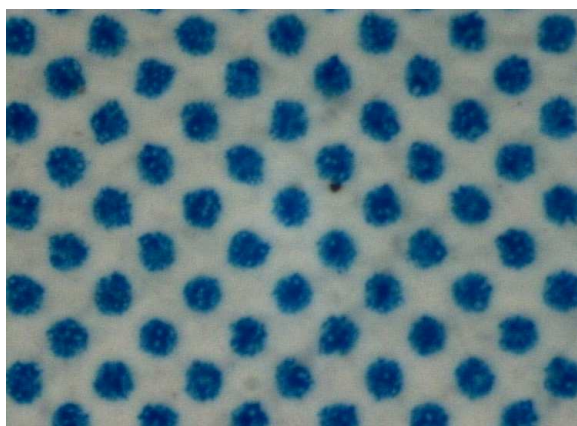


Kruhový bod, 150 lpi, natieraný papier

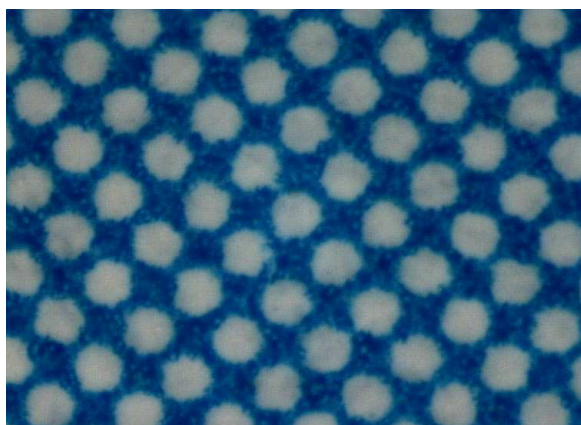
$F_{\text{film}} = 20 \%$



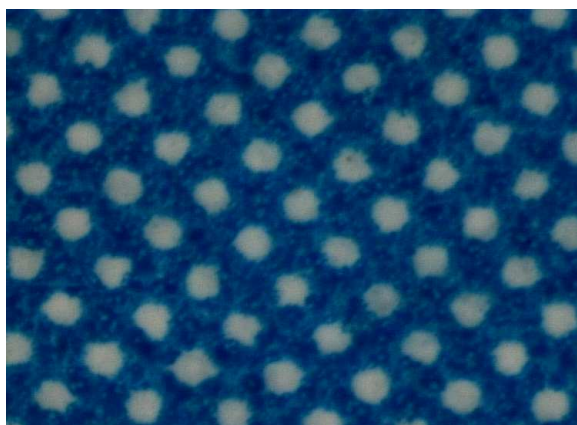
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

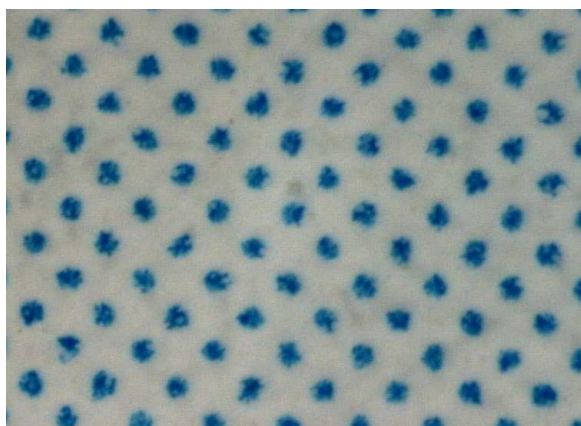


$F_{\text{film}} = 80 \%$

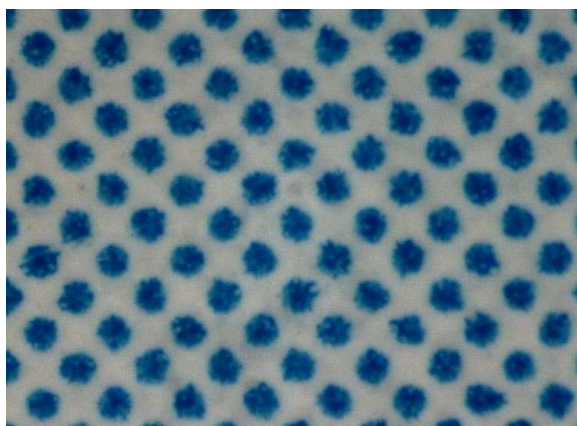


Kruhový bod, 200 lpi, natieraný papier

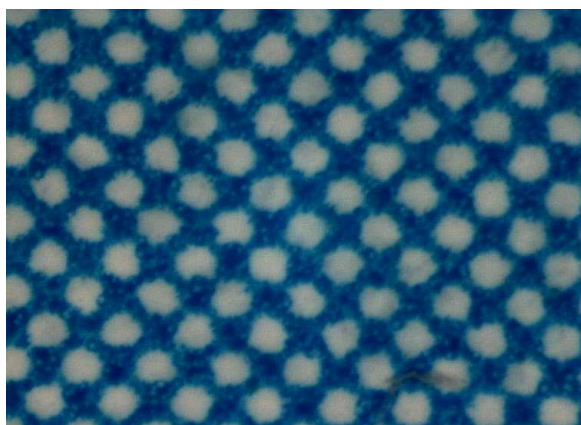
$F_{\text{film}} = 20 \%$



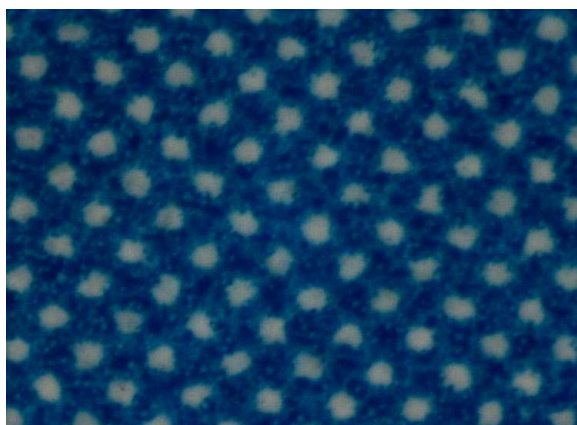
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

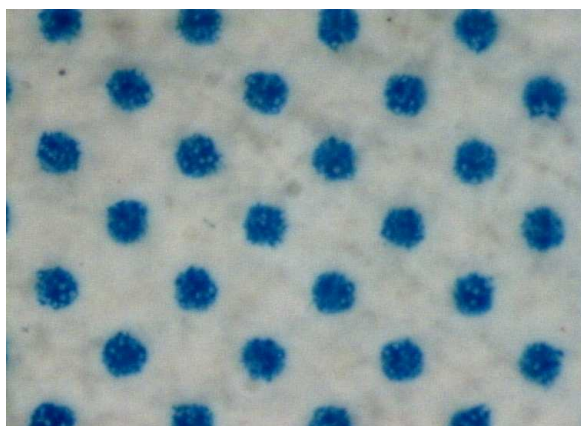


$F_{\text{film}} = 80 \%$

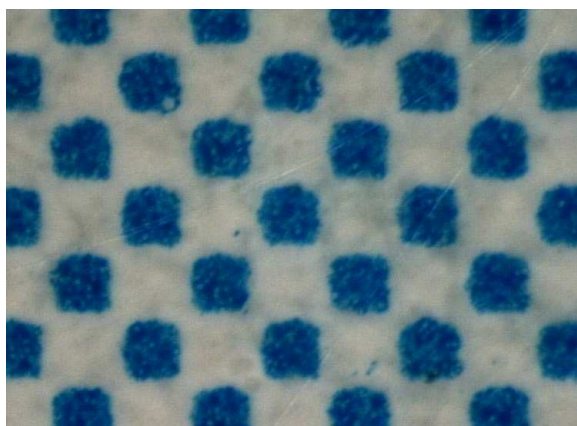


Kruhový bod, 100 lpi, APCO

$F_{\text{film}} = 20 \%$



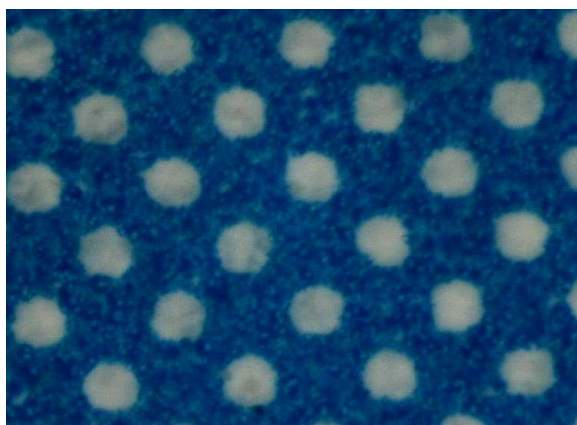
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$



$F_{\text{film}} = 80 \%$

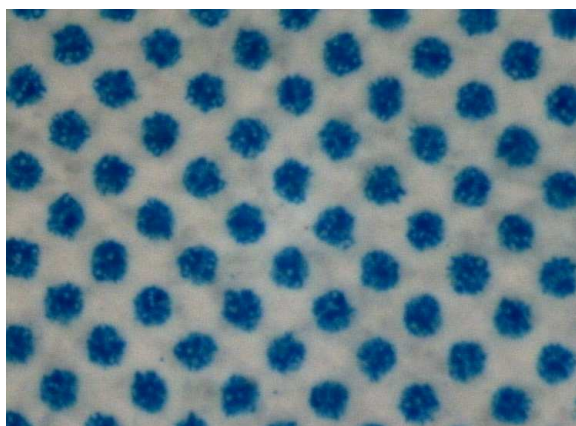


Kruhový bod, 150 lpi, APCO

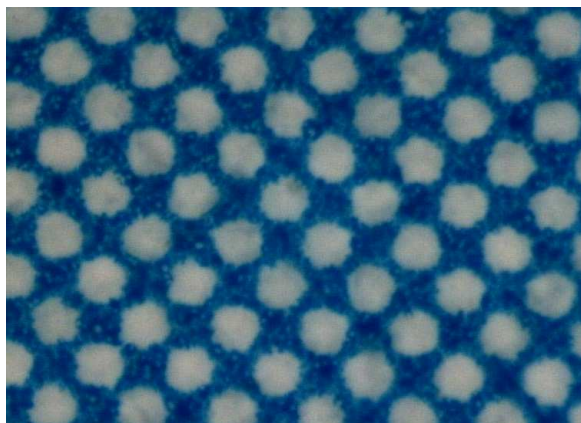
$F_{\text{film}} = 20 \%$



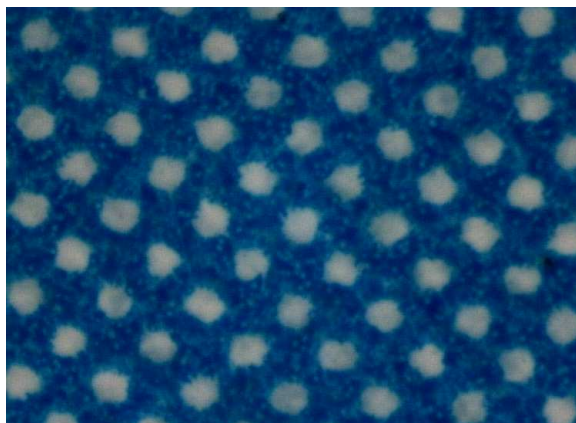
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

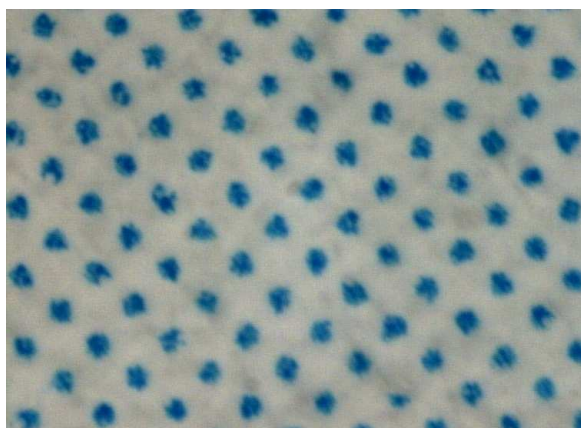


$F_{\text{film}} = 80 \%$

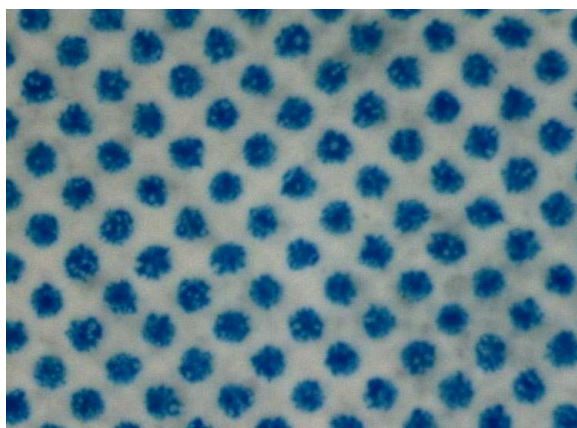


Kruhový bod, 200 lpi, APCO

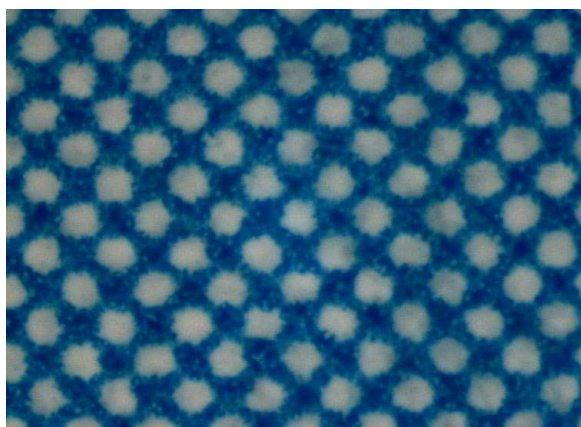
$F_{\text{film}} = 20 \%$



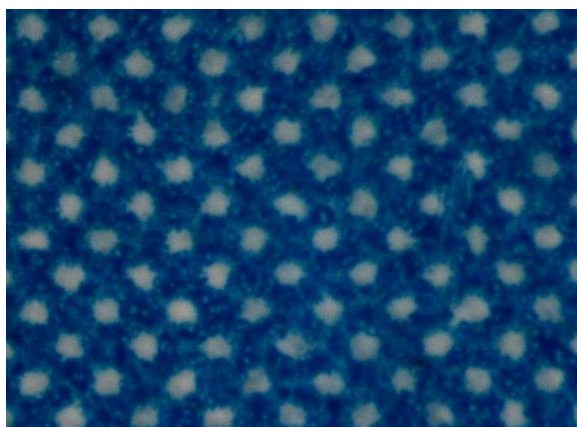
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

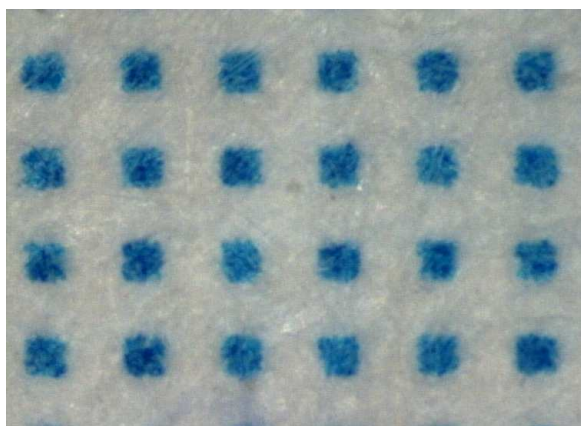


$F_{\text{film}} = 80 \%$

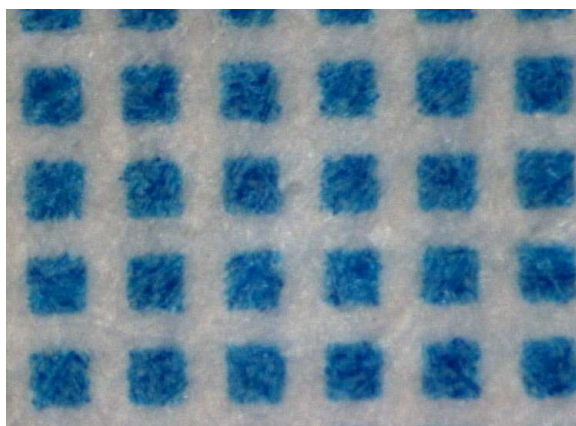


Štvorcový bod, 100 lpi, ofsetový papier

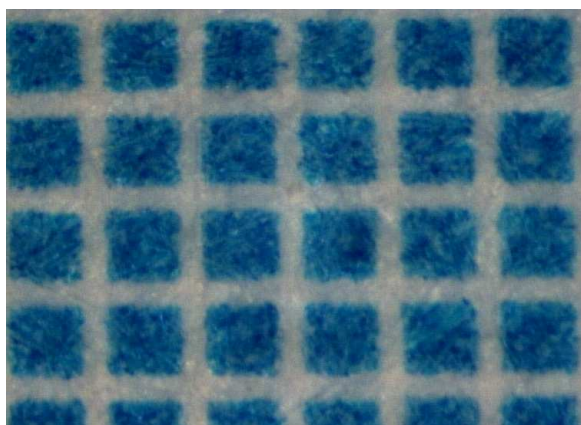
$F_{\text{film}} = 20 \%$



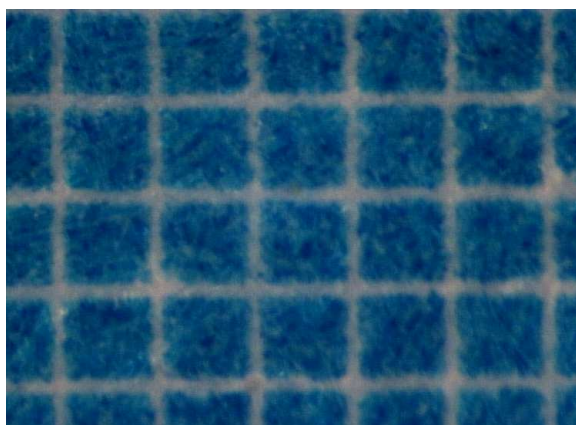
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

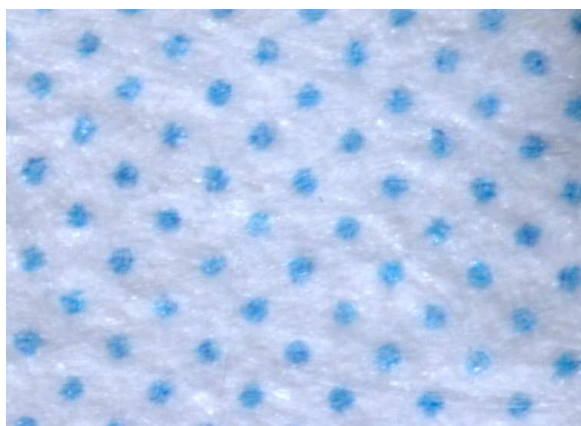


$F_{\text{film}} = 80 \%$

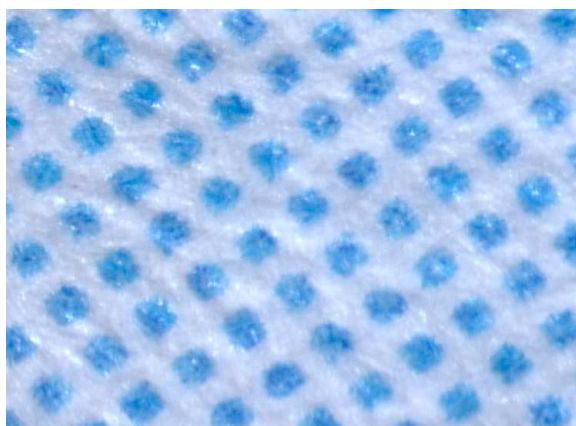


Štvorcový bod, 150 lpi, ofsetový papier

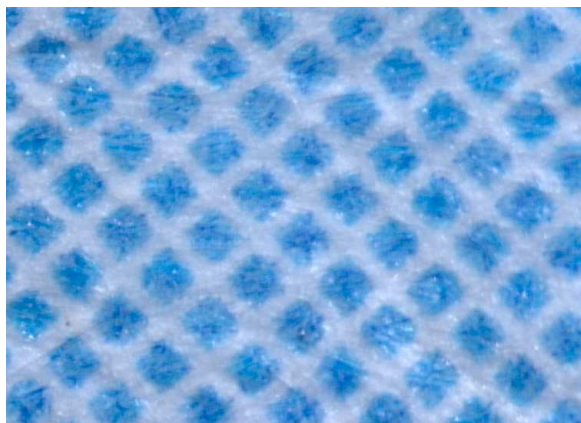
$F_{\text{film}} = 20 \%$



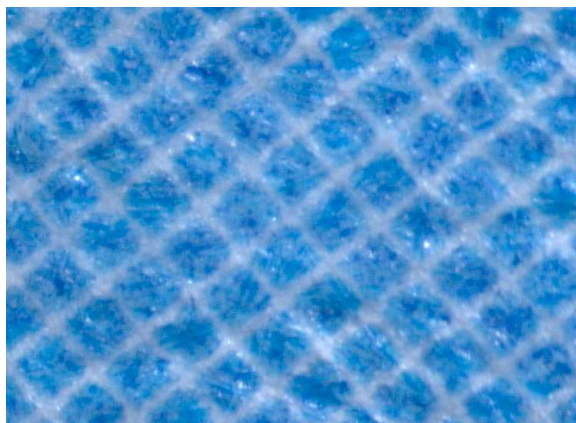
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

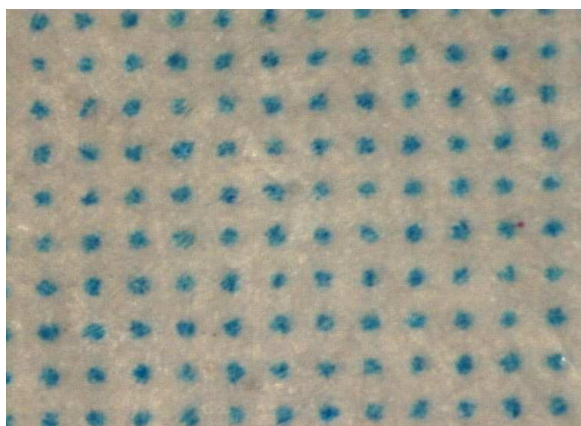


$F_{\text{film}} = 80 \%$

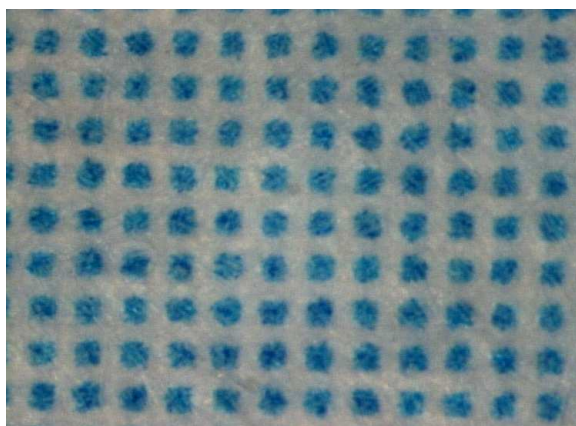


Štvorcový bod, 200 lpi, ofsetový papier

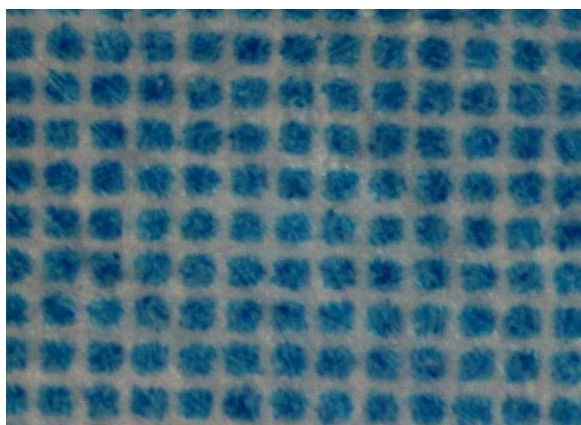
$F_{\text{film}} = 20 \%$



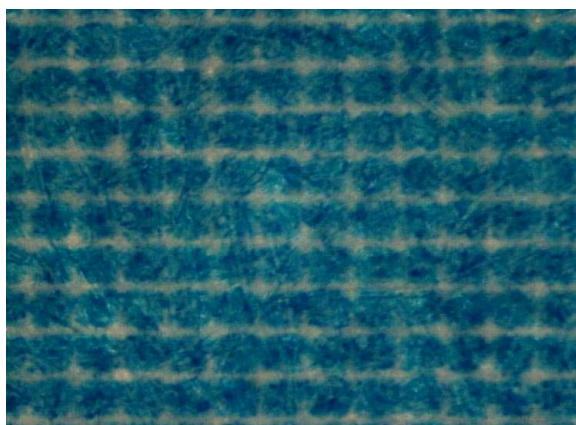
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

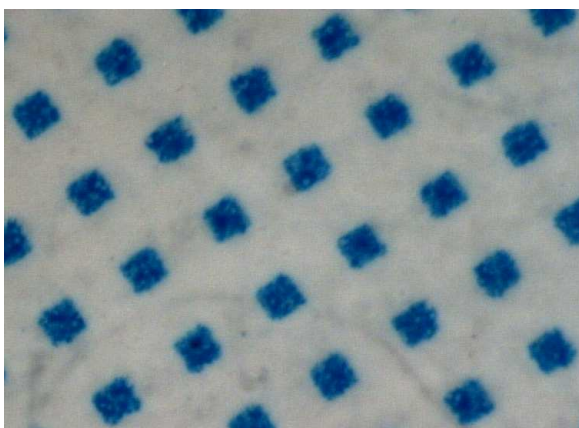


$F_{\text{film}} = 80 \%$

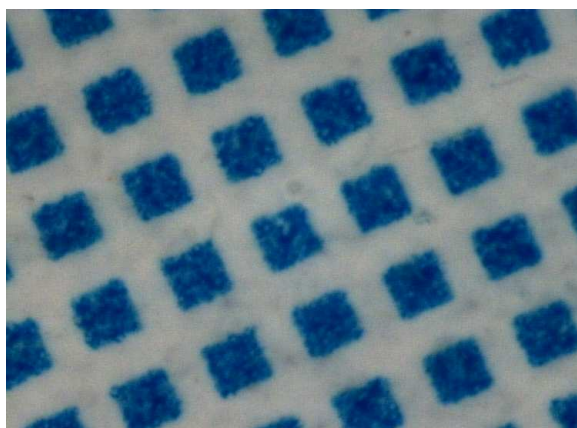


Štvorcový bod, 100 lpi, natieraný papier

$F_{\text{film}} = 20 \%$



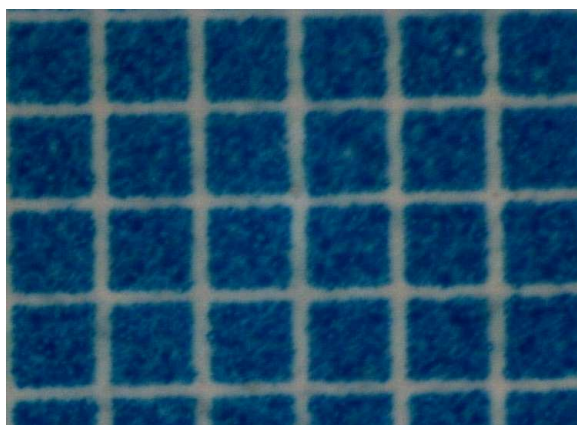
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

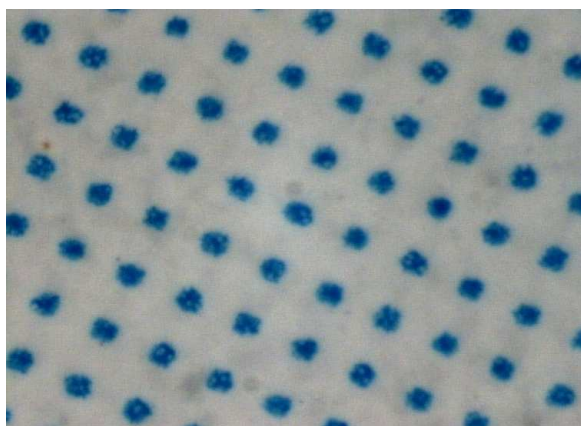


$F_{\text{film}} = 80 \%$

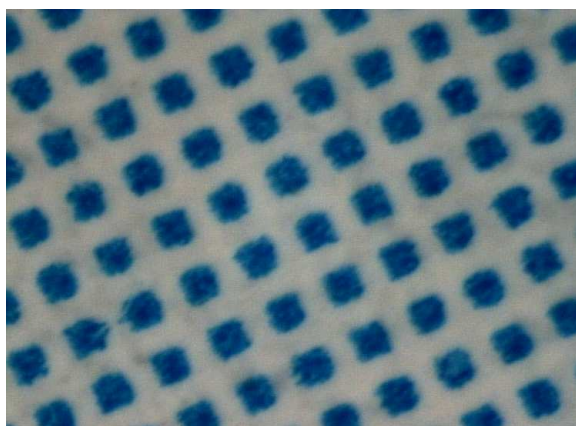


Štvorcový bod, 150 lpi, natieraný papier

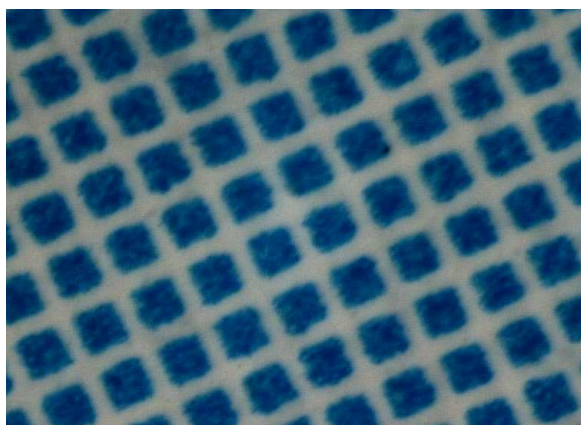
$F_{\text{film}} = 20 \%$



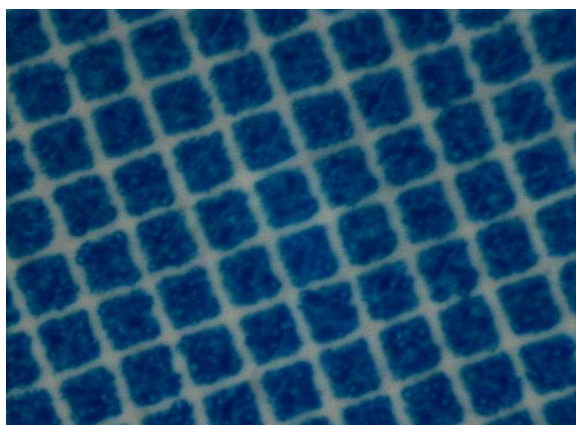
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

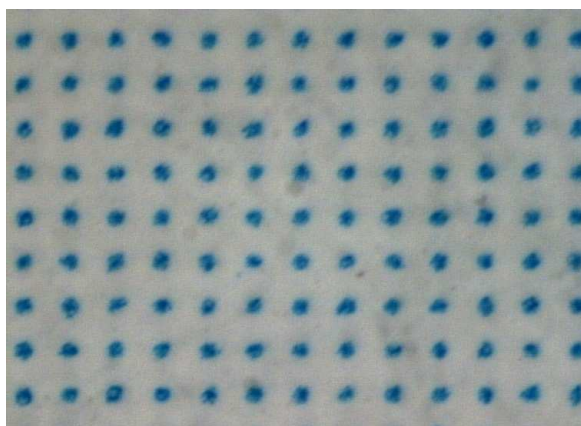


$F_{\text{film}} = 80 \%$

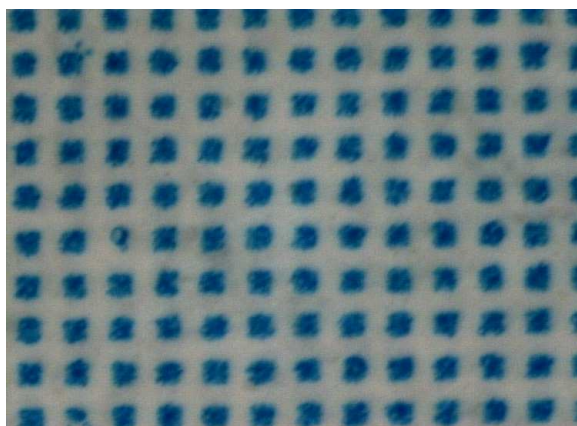


Štvorcový bod, 200 lpi, natieraný papier

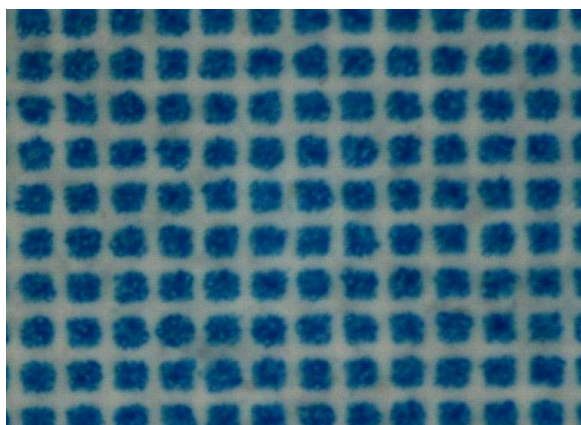
$F_{\text{film}} = 20 \%$



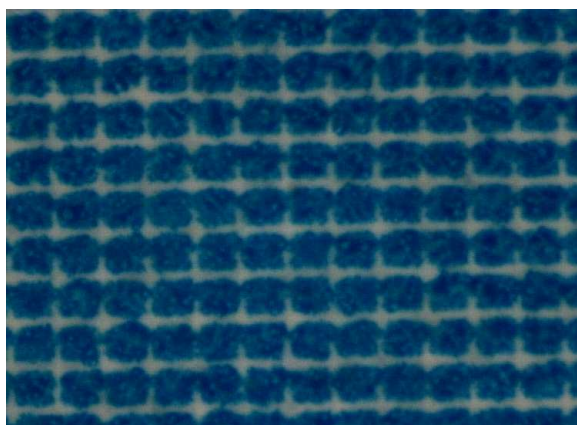
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

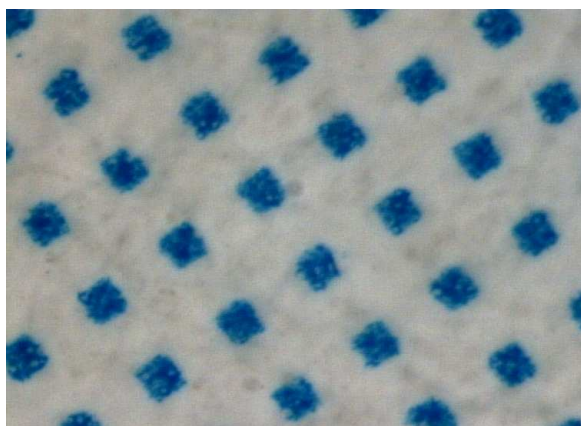


$F_{\text{film}} = 80 \%$

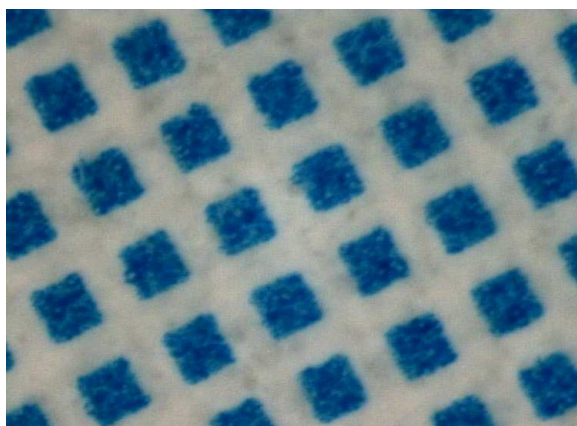


Štvorcový bod, 100 lpi, APCO

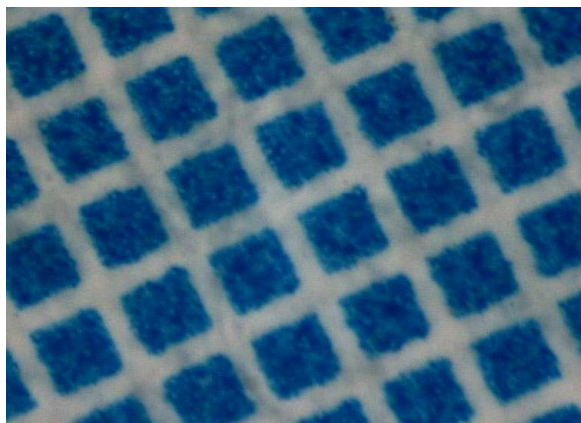
$F_{\text{film}} = 20 \%$



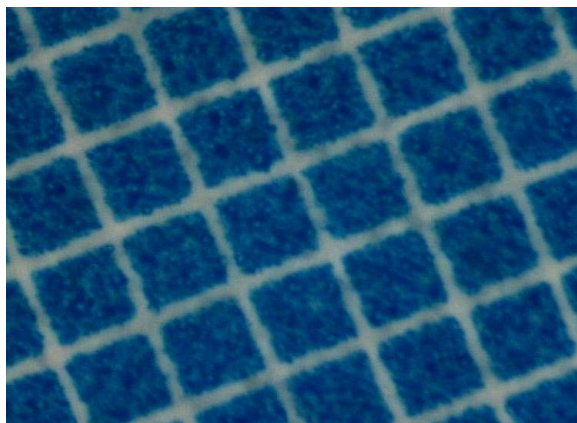
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

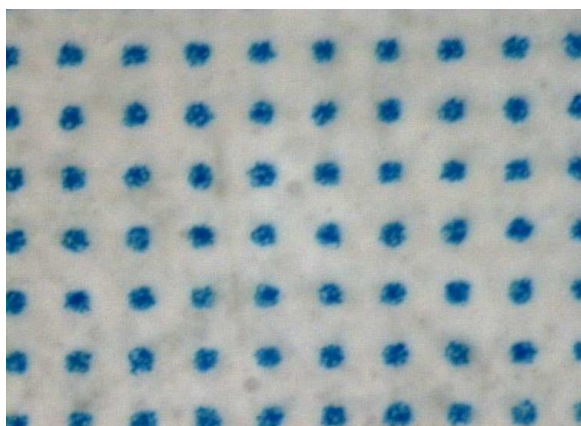


$F_{\text{film}} = 80 \%$

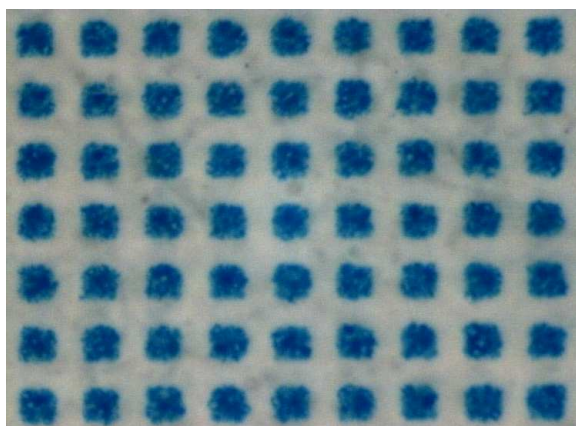


Štvorcový bod, 150 lpi, APCO

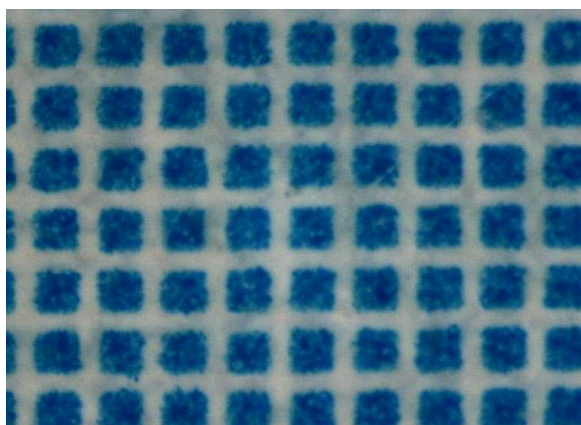
$F_{\text{film}} = 20 \%$



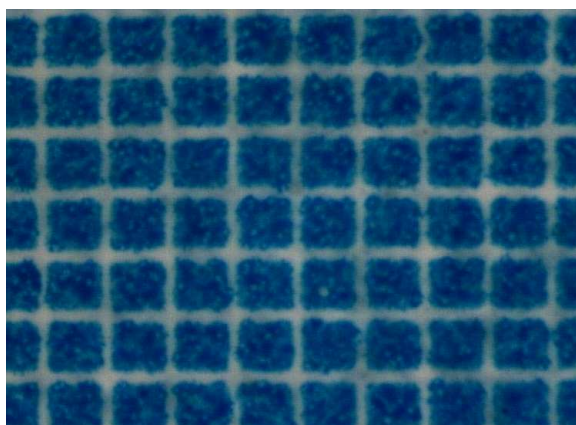
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

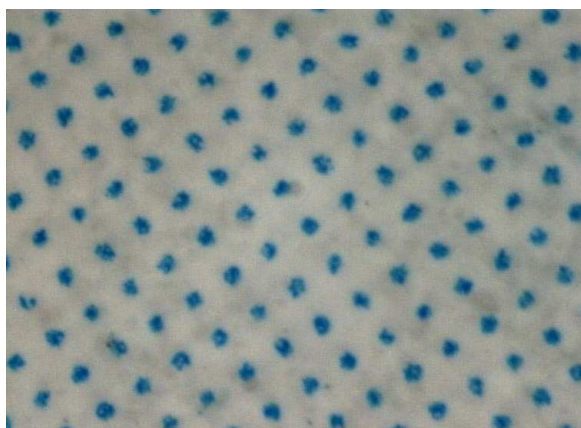


$F_{\text{film}} = 80 \%$

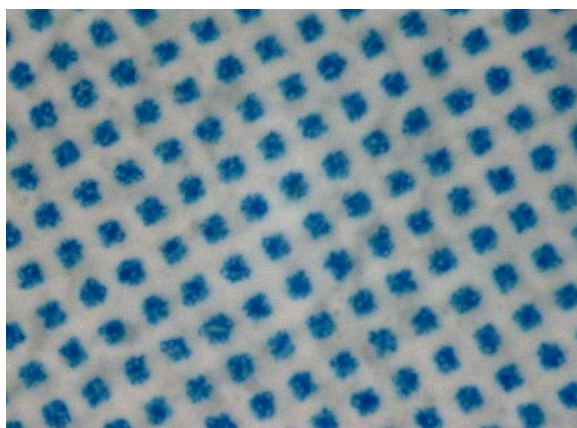


Štvorcový bod, 200 lpi, APCO

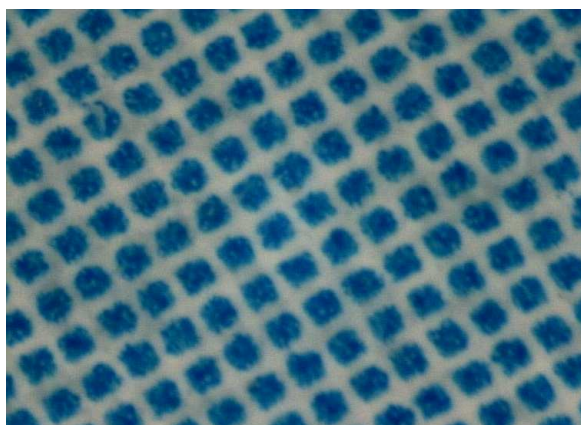
$F_{\text{film}} = 20 \%$



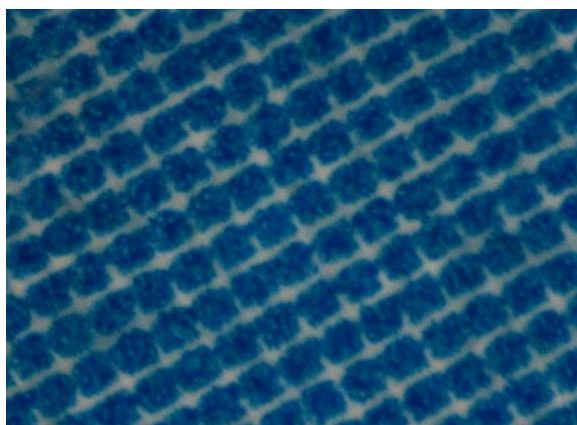
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

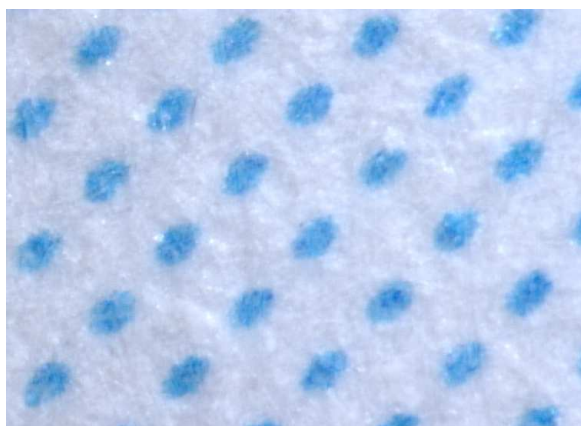


$F_{\text{film}} = 80 \%$

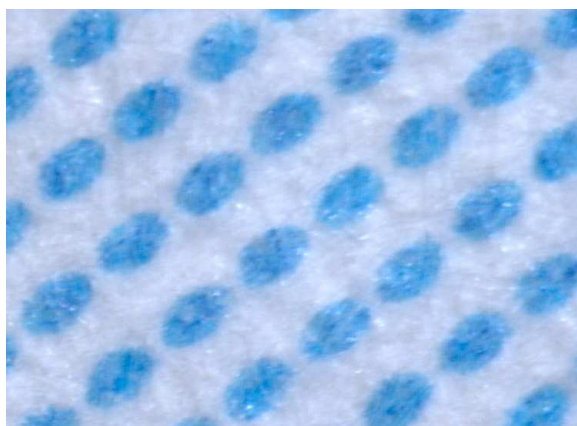


Eliptický bod, 100 lpi, ofsetový papier

$F_{\text{film}} = 20 \%$



$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

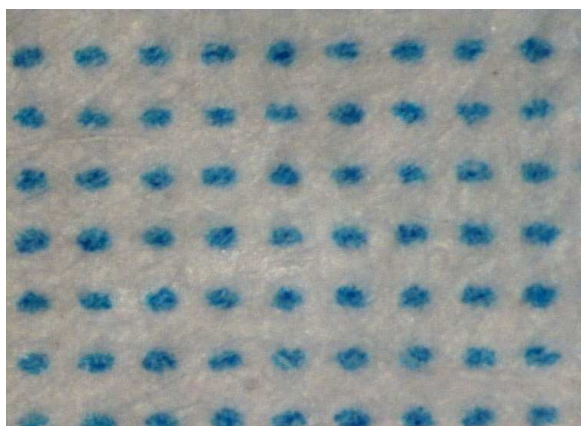


$F_{\text{film}} = 80 \%$

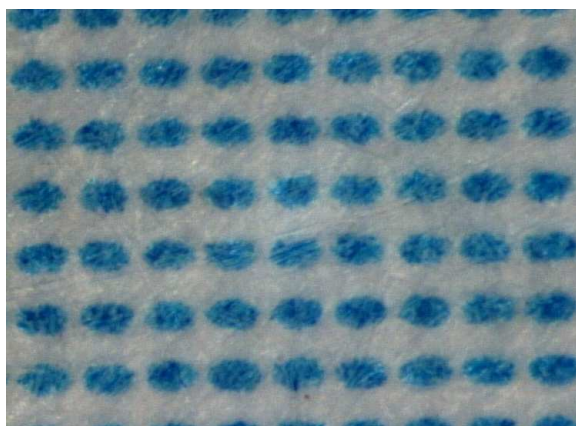


Eliptický bod, 150 lpi, ofsetový papier

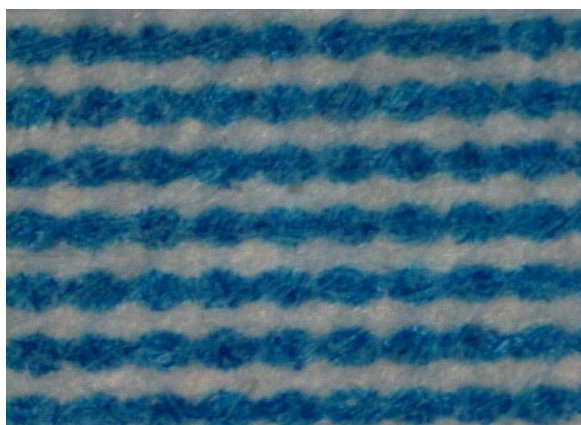
$F_{\text{film}} = 20 \%$



$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

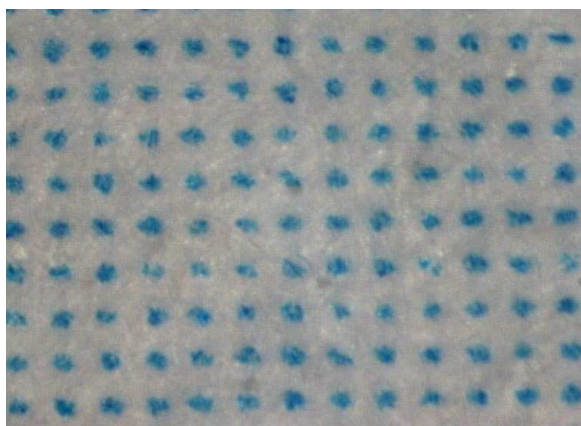


$F_{\text{film}} = 80 \%$

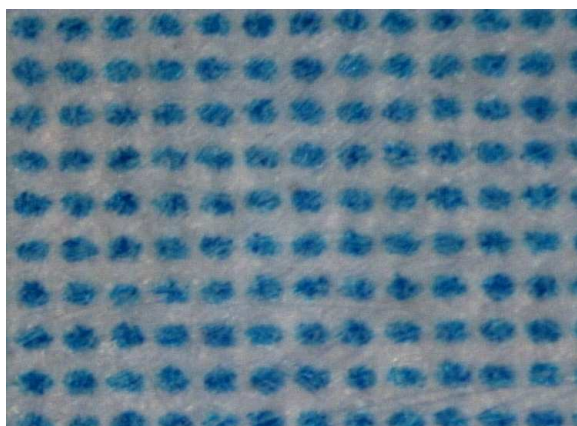


Eliptický bod, 200 lpi, ofsetový papier

$F_{\text{film}} = 20 \%$



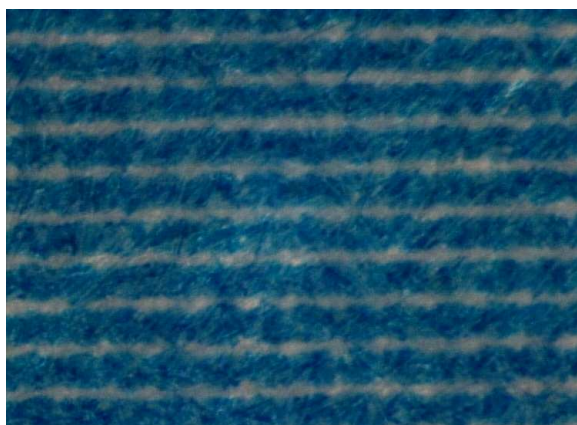
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

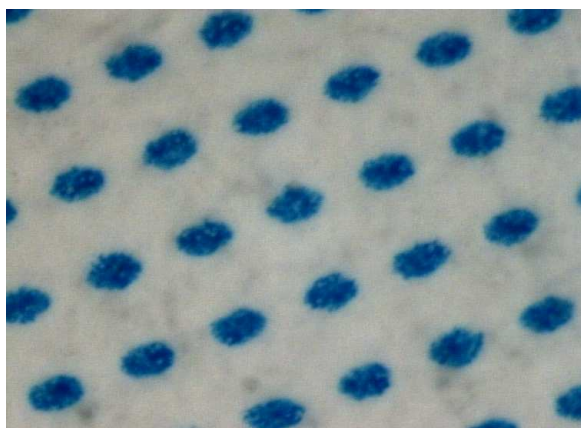


$F_{\text{film}} = 80 \%$

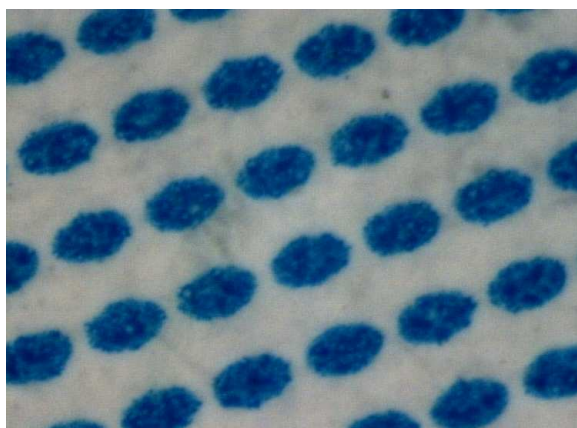


Eliptický bod, 100 lpi, natieraný papier

$F_{\text{film}} = 20 \%$



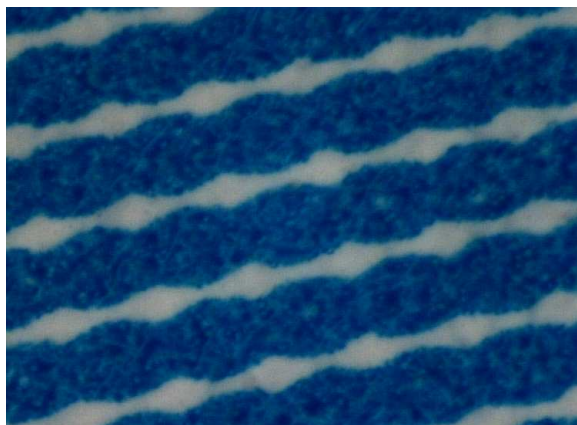
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

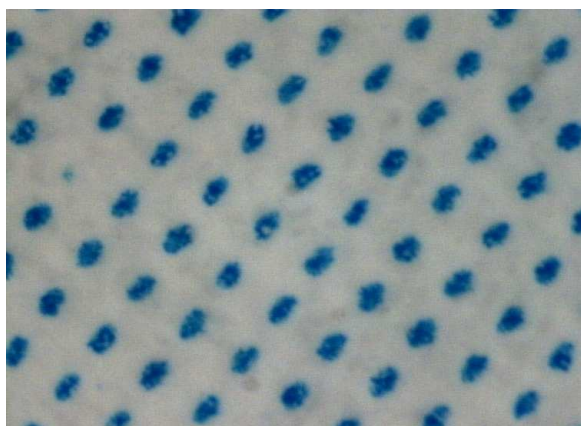


$F_{\text{film}} = 80 \%$

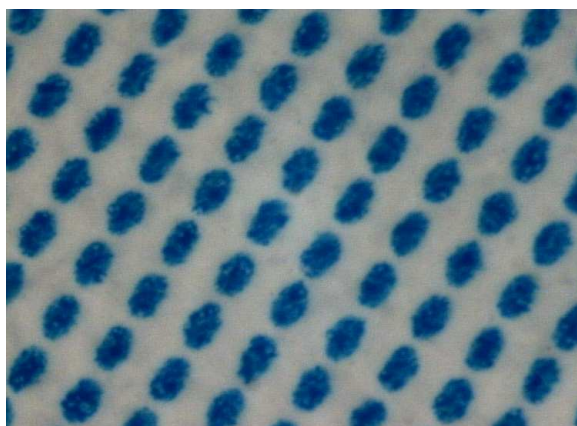


Eliptický bod, 150 lpi, natieraný papier

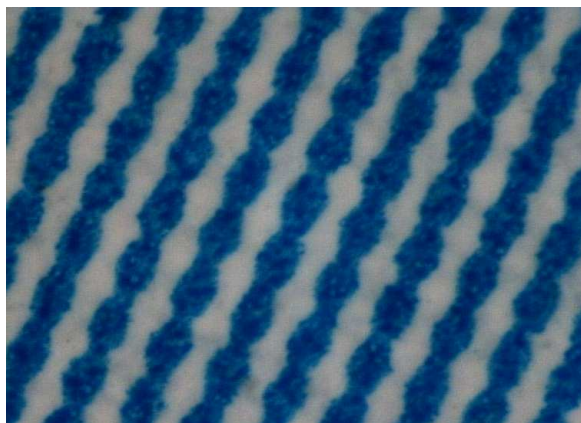
$F_{\text{film}} = 20 \%$



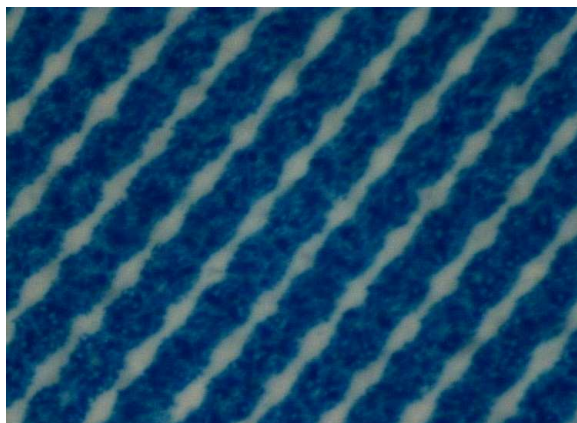
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

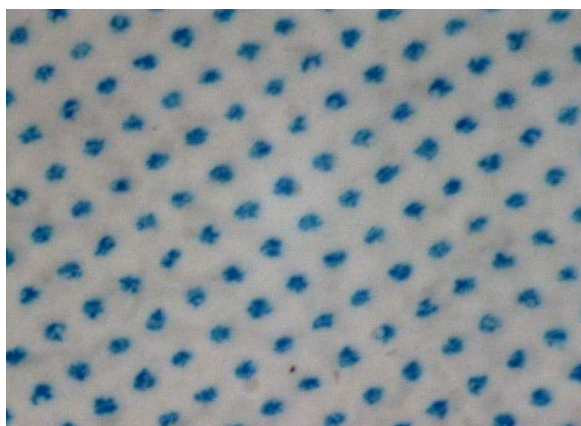


$F_{\text{film}} = 80 \%$

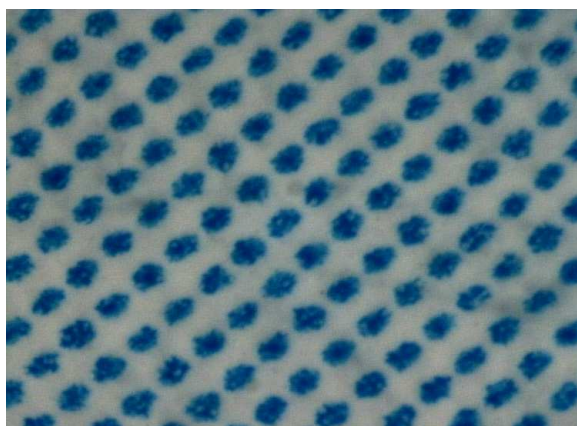


Eliptický bod, 200 lpi, natieraný papier

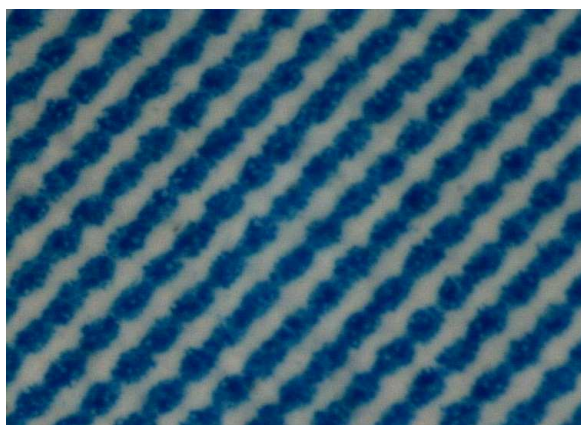
$F_{\text{film}} = 20 \%$



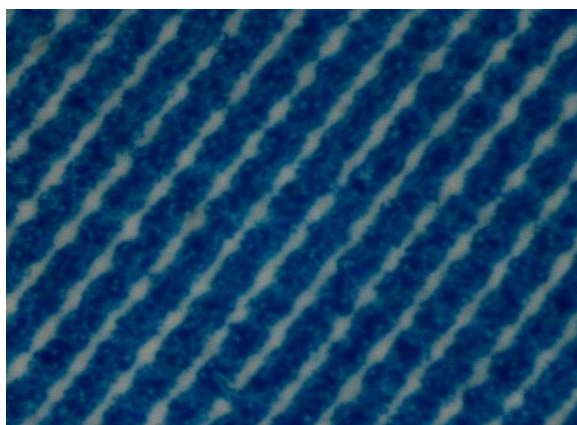
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

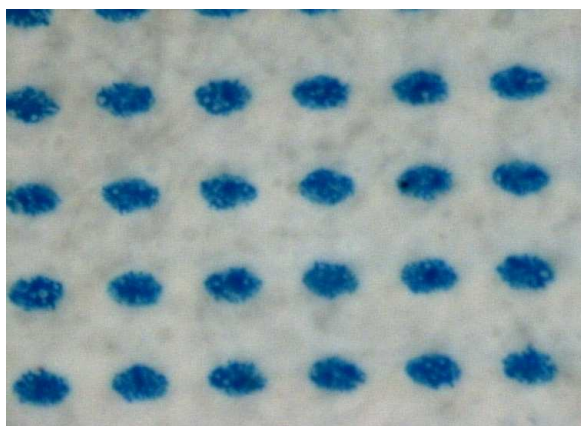


$F_{\text{film}} = 80 \%$

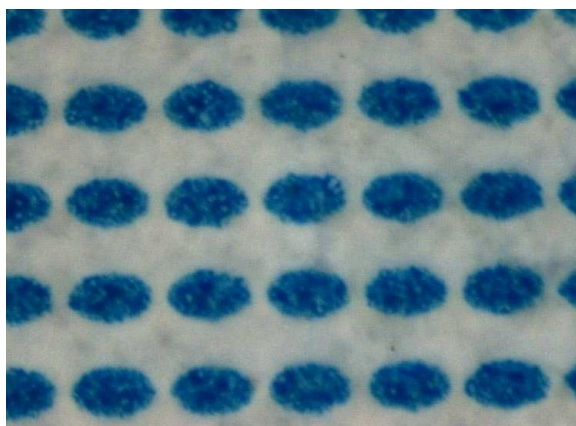


Eliptický bod, 100 lpi, APCO

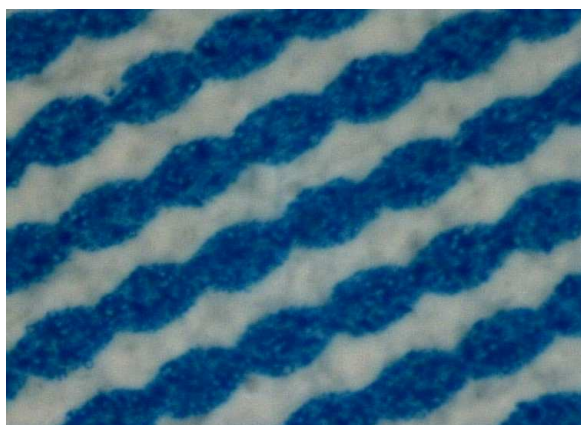
$F_{\text{film}} = 20 \%$



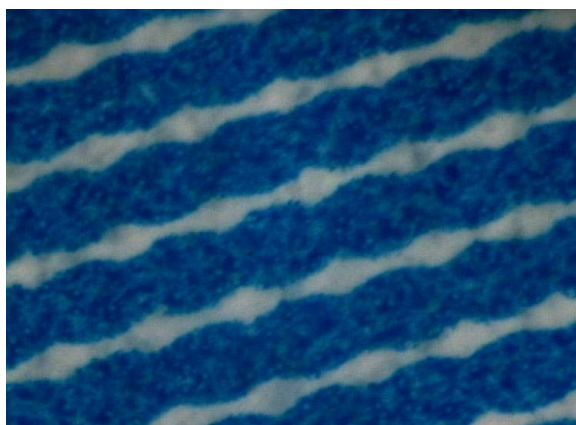
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

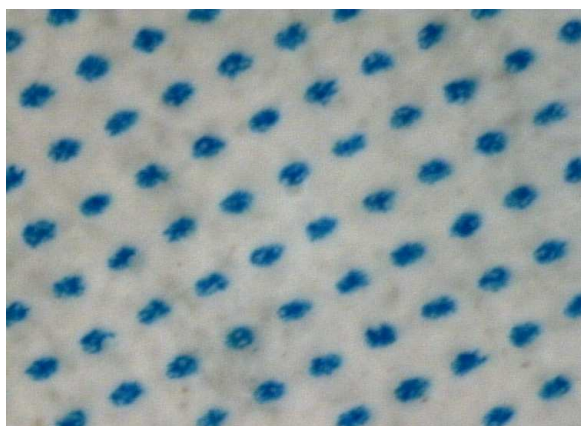


$F_{\text{film}} = 80 \%$

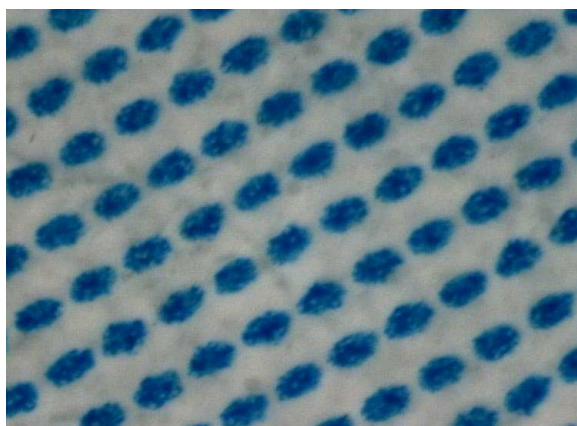


Elíptický bod, 150 lpi, APCO

$F_{\text{film}} = 20 \%$



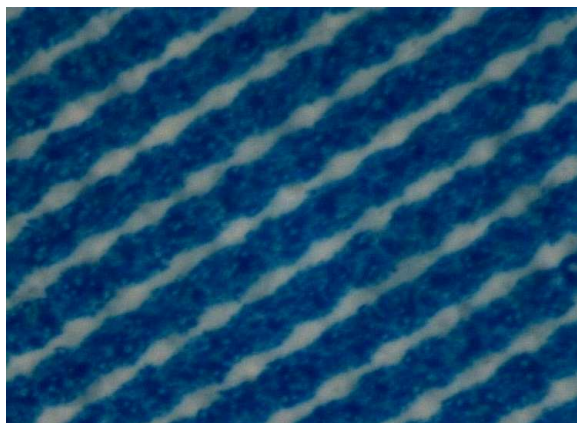
$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$

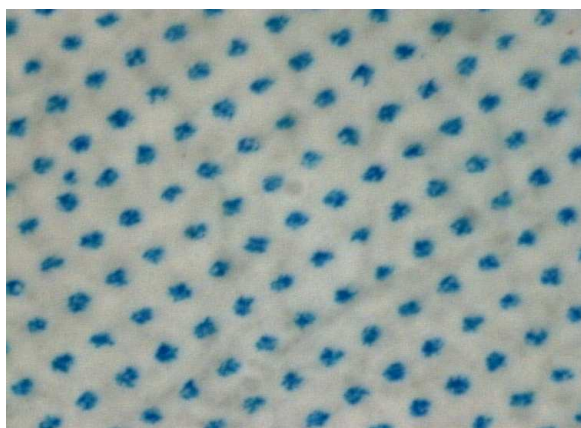


$F_{\text{film}} = 80 \%$

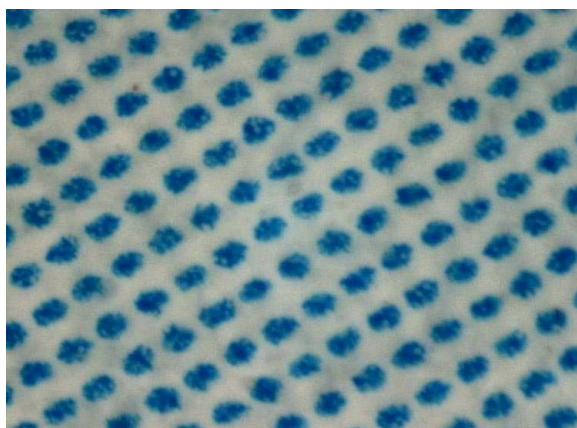


Eliptický bod, 200 lpi, APCO

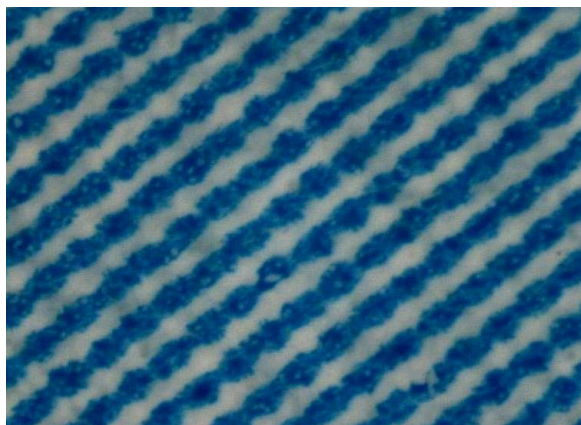
$F_{\text{film}} = 20 \%$



$F_{\text{film}} = 40 \%$



$F_{\text{film}} = 60 \%$



$F_{\text{film}} = 80 \%$

