



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Dejan Kumpar

**DEFINIRANJE PARAMETARA OPTIMALIZACIJE
RELATIVNOG TISKOVOG KONTRASTA
U NOVINSKOM TISKU**

MAGISTARSKI RAD

Zagreb, 2011



University of Zagreb

THE FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Dejan Kumpar

**DEFINING THE PARAMETERS OF
OPTIMALIZATION OF THE RELATIVE PRINTING
CONTRAST IN NEWSPAPER PRINT**

MASTER THESIS

Zagreb, 2011



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Dejan Kumpar

**DEFINIRANJE PARAMETARA OPTIMALIZACIJE
RELATIVNOG TISKOVOG KONTRASTA
U NOVINSKOM TISKU**

MAGISTARSKI RAD

Mentor:
doc. dr. sc. Igor Zjakić

Zagreb, 2011



University of Zagreb

THE FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Dejan Kumpar

**DEFINING THE PARAMETERS OF
OPTIMALIZATION OF THE RELATIVE PRINTING
CONTRAST IN NEWSPAPER PRINT**

MASTER THESIS

Supervisor:
doc. dr. sc. Igor Zjakić

Zagreb, 2011

UDK 655.3.026.12:658.562

Povjerenstvo za ocjenu i obranu magistarskog rada:

1. prof. dr. sc. Stanislav Bolanča, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, predsjednik
2. doc. dr. sc. Igor Zjakić, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, mentor
3. doc. dr. sc. Martinia Ira Glogar, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, vanjska članica

Datum obrane magistarskog rada: 4. studenog 2011. g.

Mjesto obrane magistarskog rada: Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

Povjerenstvo za obranu magistarskog rada donijelo je sljedeću odluku:

Obranio – jednoglasnom odlukom Povjerenstva;

Zagreb, 4. studenog 2011. g.

UDK: 655.3.026.12:658.562

Znanstveno područje: Tehničke znanosti
Znanstveno polje: Grafička tehnologija
Znanstvena grana: Procesi grafičke reprodukcije
Institucija u kojoj je izrađen rad: Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Katedra za tisak

Voditelj rada: dr. sc. Igor Zjakić, doc.

Broj stranica: 162

Broj (slika, tablica, grafova): 145

Broj literaturnih referenci: 35

Jezik teksta: Hrvatski

Jezik sažetka: Hrvatski i engleski

Sastav povjerenstva: dr.sc. Stanislav Bolanča, red. prof. GF

dr. sc. Igor Zjakić, doc. GF

dr.sc. Martinia Ira Glogar, doc. TTF

Predgovor

Ovaj magistarski rad nastao je u želji da dobiveni rezultati koji su nastali u realnoj proizvodnji najtiražnijih dnevnih novina, obrađeni u ovom istraživanju, kao i teoretska objašnjenja i pojašnjenja, pomognu pri razjašnjavanju i boljem razumijevanju dobivenih podataka relativnog tiskovnog kontrasta kao jednog od najbitnijih čimbenika dobivanja kvalitetnog proizvoda, a prije svega da se upozori na neophodne promjene i poboljšanja u dobivanju kvalitetnijeg novinskog proizvoda.

Razvojem proizvoda i tiskarskih dostignuća, kvaliteta postaje glavni čimbenik u definiranju nekog proizvoda. Kvaliteta se istražuje i definira niz godina i kao takva je podložna napretku i promjenama. Tijekom godina došlo je do standardizacija mnogih parametara u proizvodnji.

Ovim radom željelo se doprinijeti znanstvenom istraživanju definiranjem parametara optimalizacije relativnog tiskovnog kontrasta u novinskoj proizvodnji. Provedenim ispitivanjima ustanovljene su devijacija unutar relativnog tiskovnog kontrasta kao i njena optimalizacija koja može dovesti do poboljšanja krajnjeg proizvoda.

Na kraju, iskreno se želim zahvaliti svima koji su mi svojim savjetima ili na bilo koji drugi način pomogli u izradi ovog rada, a prvenstveno svom mentoru dr. sc. Igoru Zjakiću, doc., koji me svojim stručnim savjetima vodio kroz izradu rada, zatim članovima povjerenstva dr.sc. Stanislavu Bolanči, red. prof. i dr.sc. Martinii Iri Glogar, doc., te svojem poduzeću 24sata, na čijim primjercima se radilo znanstveno istraživanje te tiskarskoj kući Tiskara Zagreb u čijim se pogonima odvijao proizvodni dio istraživanja.

Sažetak

Globalna kriza utječe na smanjenje kupovne moći građana te posljedično na smanjenje prodaje svih tiskovina, uključujući i dnevne novine. Za novinski tisak se u današnje vrijeme, zbog ušteda, koriste jeftiniji repromaterijali koji su svojom kvalitetom i kvantitetom na samoj granici dobivanja kvalitetnog proizvoda. Izdavačke kuće primorane su tražiti načine smanjenja proizvodnih troškova, pa se sve više okreću proizvodnji na novinskim rotacijama, dok su zahtjevi za kvalitetom otisnutog proizvoda postali sve veći zbog dobivanja tržišne prednosti. Uštede se prvenstveno odnose na papir i boje.

Ispitivanja u ovom radu provest će se na otiscima tiskanim ofsetnim tiskom na rotacijskim strojevima za novinski tisak te će se pokušati definirati parametri prirasta i optimalizacije relativnog tiskovnog kontrasta.

Ovim istraživanjem provedena su mjerenja prirasta rastertonskih vrijednosti na cjelokupnoj proizvodnji dnevnih novina "24sata", odnosno praćeni su prirasti rastertonskih vrijednosti u novinskoj proizvodnji. Cilj istraživanja je promatrati i usporediti proizvodnju dnevnih novina kroz nakladu.

Ključne riječi:

novinski tiska, ofset, relativni tiskovni kontrast, prirast rasterskog elementa

Summary

The global crisis affects to the reducing of citizen purchasing power, and consequently to that we have decrease in sales of all publications. Today in newspaper press we use cheaper material that their quality is on the brink of getting a final quality product.

Publish house are forced to look for ways to reduce production costs, because of the lowest production costs they are turning to the production of the newspaper print while the demands for quality products have become more and more important because of a market advantage. The savings are primarily related to paper and paint.

The research in this work will be carried out on the samples that are printed on newspaper offset printing machine and we will define the parameters of screen element and optimization of relative printing contrast in newspaper print

In this research measurement on printing screen elements was carried on hall circulation on newspaper production that is accompanied by increments of dot gain value in newspaper production. The research aims is to observe and compare the production of daily newspapers through a total circulation.

Key words:

Newspaper print, offset, screen element, dot gain, relative printing contrast

Sadržaj

1. UVOD	4
1.1 PROBLEMATIKA RADA	5
1.2 CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	6
2. TEORETSKI DIO	7
2.1 POVIJEST	7
2.1.1 Povijest papira	7
2.1.2 Povijest tiskarstva.....	7
2.1.2.1 Povijest plošnog tiska	8
2.1.2.2 Ofsetni tisak.....	8
2.1.2.3 Povijest rotacijskog stroja.....	8
2.1.3 Tiskarstvo u Hrvatskoj	9
2.1.4 Povijest novina i novinskog tiska	9
2.1.5 Tiskovine u Hrvatskoj	10
2.2 TEHNIKA PLOŠNOG TISKA	12
2.2.1 Ofsetna rotacija.....	12
2.2.2 Definiranje rasterskih elemenata i podjela	13
2.2.2.1 Klasični raster	14
2.2.2.2 Stohastički raster	15
2.2.2.3 Hibridni raster.....	15
2.2.3 Kut rastriranja.....	16
2.2.3.1 Moare.....	16
2.2.4 Digitalno rastriranje.....	17
2.2.5 Deformiranje rasterskog elementa.....	17
2.2.5.1 Geometrijska deformacija rasterskog elementa.....	18
2.2.5.2 Optička deformacija rasterskog elementa.....	18
2.2.6 Zapunjavanje rasterskog elementa	19
2.2.7 Prirast rastertonskih vrijednosti (dot gain–tone increase curve)	19
2.2.7.1 Optički efikasna površina	21
2.2.8 Relativni tiskovni kontrast.....	22
2.3 KVALITETA U NOVINSKOM TISKU	24

2.3.1	Kontrolni elementi	24
2.3.2	Kontrolni stripovi	25
2.3.2.1	Signalni stripovi.....	25
2.3.2.2	Mjerni stripovi	26
2.3.3	Optimalno obojenje	27
2.3.4	Polje punog tona	27
2.3.5	Ton boje i pogreška tona	27
2.3.6	Sivoća boje	28
2.3.7	Polje za mjerenje prirasta RTV i tiskovnog kontrasta.....	28
2.3.8	Prihvatanje boje	28
2.3.9	Polje za kontrolu ujednačenosti obojenja (sivi balans)	29
2.3.10	Ukupni nanos boje (TAC)	31
2.3.11	Gustoća obojenja	31
2.4	MJERNI UREĐAJI ZA KONTROLU KVALITETE	32
2.4.1	Denzitometar	32
2.4.1.1	Analitička optička gustoća	33
2.4.1.2	Integralna optička gustoća.....	33
2.4.2	Kolorimetar.....	33
2.4.3	Spektrofotometar	34
2.5	KONVERZIJE STANDARDA OFSETNOG TISKA	35
2.5.1	CMYK konverzija u karakterizaciji	35
2.5.2	UCR, GCR i UCA metode konvertiranja boja	35
2.5.3	CMS (<i>Color Management Systems</i>)	35
2.5.3.1	Perceptualno renderiranje.....	36
2.5.3.2	Apsolutno kolorimetrijsko renderiranje.....	36
2.5.3.3	Relativno kolorimetrijsko renderiranje.....	36
2.5.3.4	Saturacijsko renderiranje	37
2.5.4	PCS (<i>Profile Connection Space</i>)	37
2.5.5	CMM (<i>Color Matching Module</i>).....	37
2.5.6	ICC (<i>International Color Consortium</i>)	38
2.5.7	CIE (<i>International Commission on Illumination</i>)	39
2.5.8	ISO (<i>International Organization for Standardization</i>)	40
2.5.8.1	ISO specifikacije ofsetnog tiska	41

2.6	KALIBRACIJA I KARAKTERIZACIJA STROJEVA I UREĐAJA	42
2.6.1	Metodologija procesa kalibracije tiskarskog stroja	43
2.7	BOJA.....	45
2.7.1	Miješanje boja	45
2.7.1.1	Aditivno miješanje boja.....	45
2.7.1.2	Suptraktivno miješanje boja	46
2.7.2	Optičko miješanje boja	47
2.7.3	Rastersko miješanje boja	47
2.7.4	CIE L*a*b* prostor boja	47
2.7.5	Gamut	48
2.8	TISKARSKI MATERIJALI.....	49
2.8.1	Tiskarske boje.....	49
2.8.1.1	Osnovne karakteristike tiskarskih boja.....	50
2.8.1.2	Bojila	52
2.8.1.3	Pigment.....	53
2.8.1.4	Veziva.....	53
2.8.1.5	Punila.....	53
2.8.2	Sušenje boje u novinskom tisku	54
2.8.3	Tiskovna podloga (papir)	54
2.8.3.1	Svojstva papira	55
2.8.4	Otopina za vlaženje	56
2.9	NEOPHODNI UREĐAJI MODERNE TEHNIKE TISKA	57
2.9.1	X-rite SpectroEye	57
2.9.2	CtP (<i>Computer to Plate</i>).....	57
2.9.3	Hibridni raster (<i>Sublima</i>).....	58
2.9.4	Uređaji za prepodešavanje.....	59
2.9.4.1	Upravljačka platforma (<i>PECOM</i>).....	59
2.9.5	Ofsetne ploče	59
3.	EKSPERIMENTALNI DIO	61
3.1	PLAN I CILJ ISTRAŽIVANJA	61
3.1.1	Proizvodni proces	64
3.1.1.1	Korišteni strojevi i uređaji	64
3.1.1.2	Korišteni materijali.....	65

3.1.2 Metodologija rada.....	65
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA (TABLICE).....	67
5. DISKUSIJA REZULTATA.....	136
6. ZAKLJUČAK.....	148
7. LITERATURA	149
8. POPIS SLIKA TABELA I FORMULA	151
POPIS OBJAVLJENIH ZNANSTVENIH RADOVA:.....	161

1. Uvod

Svaki dan smo u prilici vidjeti kako tržište grafičkih proizvoda postaje sve zahtjevnije po pitanju produkta dobivene kvalitete, a s druge strane utjecajem krize postavlja ekonomska ograničenja. Kako bi se zadovoljili zahtjevi tržišta, proizvođači grafičkih proizvoda ulažu ogromne napore i sredstva u razvoj i poboljšanje materijala koji bi ekonomski bili prihvatljiviji, a sa druge strane zadovoljili kriterije i povećali kvalitetu finalnog proizvoda i konstantnost tiskovnih materijala. Uporaba novih materijala u grafičkoj struci i razvoj postojećih, kao i implementacija novih suvremenih tehnologija, omogućuje nam razvoj i napredak kvalitete grafičkih reprodukcija. Takve promjene moraju se adekvatno tiskarskim strojevima prilagođavati i testirati kako bi se dobio bolji i kvalitetniji proizvod. U suprotnom, zbog utjecaja različitih parametara i materijala neadekvatno pripremljenih i kalibracijski prilagođenih postizemo kvalitetu proizvoda nerealnu korištenim materijalima.

Izdavači i tiskani mediji danas su u velikim problemima pod naletom interneta i njihove brzine informiranja potrošača. Mnogi izdavači časopisa zbog svojih ekonomskih prilika primorani su gasiti svoja izdanja ili u najboljoj varijanti okrenuti se jeftinijoj tehnici tiska, novinskom ofsetu, koji postaje sve više zastupljenija tehnika tiska zbog jeftinijeg načina proizvodnje. Dnevne tiskovine nekako se uspijevaju zadržati na tržištu, što zbog navike čitatelja, tako i ekonomskih računica proizvodnog dijela, koje su u novinskim rotacijama ipak najisplativije. Mnoge revijalne ofset rotacije se zbog svojih proizvodnih gubitka i tržišne utrke okreću manje kvalitetnim grafičkim materijalima u nadi tržišnog opstanka. Ipak, uz sve ekonomske računice, kvaliteta gotovog proizvoda je najvažniji element.

Na kvalitetu i izgled gotovog proizvoda utječe niz elemenata tijekom proizvodnje, od kojih su neki od ključne važnosti u dobivanju kvalitetnog proizvoda. Jedan od bitnih faktora koji utječe na kvalitetu novinskog proizvoda je nekonzistentnost obojenja na tiskovnoj podlozi koji je i u direktnoj ovisnosti s vrijednostima relativnog tiskovnog kontrasta i prirasta rastertonskog elementa. Tijekom vremenskog intervala u kojem se događa proces tiskanja mora se paziti na promjene unutar proizvodnog dijela koje mogu uvjetovati pad kvalitete grafičkog proizvoda. Uzrok takve nestalnosti je niz različitih parametara koji tijekom proizvodnje uzrokuju promjene unutar proizvodnih parametara koji uvjetuju dobivanje kvalitetnog proizvoda. Međutim, tiskom u takvim graničnim uvjetima s mnogo promjena unutar proizvodnih parametara dolazio do mogućnosti zapunjavanja rasterskih elemenata, odnosno povećanja prirasta rasterskih vrijednosti. Kao posljedica prevelikog

prirasta rastertonskih vrijednosti je smanjenje relativnog tiskovnog kontrasta, a time se uzrokuje i pad kvalitete grafičkog proizvoda.

Prema prof. Zjakiću: "Pojava prirasta rastertonskih vrijednosti problem je koji se gotovo uvijek događa u tisku i može se riješiti tek nakon što se prvo ustanovi vrijednost prirasta rastertonskih vrijednosti, a zatim određenim metodama predvidi i smanji prije i u toku tiska". [1]

Tisak se danas u najvećem dijelu obavlja automatizirano po definiranim standardima uz korištenje kontrolnih uređaja. U ovom istraživanju koje je nastalo na uzorcima najtiražnijih dnevnih novina 24sata, željele su se prikazati promjene relativnog tiskovnog kontrasta koje su nastale u pojedinim izdanjima kroz cijelu nakladu na svakom tiskovnom tornju zasebno. Uzimajući u obzir dobivene vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta i prirasta, možemo definirati vrijednosti optimalnog obojenja, odnosno onu količinu bojila koja je potrebna da se unutar reprodukcijuskog procesa bojilo kvalitetno apsorbira. Kad je postignuta najveća vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta, pomak u prirastu rastertonskih vrijednosti su minimalne i postaju vidljivi visoki tonovi rastertonskih elemenata. Kontrola dobivenih vrijednosti obavljat će se denzitometrijskim mjerenjem na dobivenim otiscima uzoraka redovne proizvodnje.

1.1 Problematika rada

Društvo u kojem djelujemo postavlja pred nas mnoge zahtjeve za dobivanje kvalitetnog grafičkog proizvoda. Proizvodnja i sam tisak koji je sam po sebi u graničnim uvjetima tehnoloških ograničenja samih materijala teži u što kraćem vremenskom intervalu dobiti što kvalitetniji grafički proizvod. Proizvodnja u kojoj kvalitetu gotovog proizvoda definiramo korelacijom subjektivnih i objektivnih doživljaja pojedinca, a koja je u direktnoj ovisnosti o tehničkim i tehnološkim karakteristikama proizvodnih dijelova, ne možemo uzimati kao relevantnost kvalitete gotovog proizvoda. Takav dio tiska koji se odvija bez sagledavanja i detaljne analize dobivenih vrijednosti proizvodnog dijela može dovesti do dobivanja ne kvalitetnog gotovog proizvoda. Svaki korak u proizvodnji koji nije prilagođen ili homogeniziran s trenutačno korištenim materijalima donosi nove probleme u standardizaciji tehnoloških parametara.

1.2 Ciljevi istraživanja

Cilj rada je istražiti i proučiti kritične točke u proizvodnom dijelu koje mogu umanjiti kvalitetu proizvoda. Trebaju se odrediti i definirati parametri koji optimiziraju relativni tiskovni kontrast na svakom tiskarskom agregatu, usporediti i analizirati promjene koje se dešavaju kroz izdanje u ovisnosti o navedenom tiskovnom agregatu. U analizi otisaka trebaju se komparirati aparativnim metodama dobivene vrijednosti prirasta rastertonskih vrijednosti sa dobivenim vrijednostima relativnog tiskovnog kontrasta i njihove korelacije. Treba analizirati kolike su promjene u vremenskim intervalima proizvodnje, kao i proces vremenskog dijela u kojem se proizvodnja odvijala. Kolike su vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta na početku proizvodnog dijela uspoređujući ih s relativnim tiskovnim kontrastom na kraju proizvodnje u ovisnosti o vrijednostima prirasta. U kojem segmentu tog dijela proizvodnje je nastao zamor materijala ili utjecaj ljudskog faktora, te u kolikoj mjeri problemi promjena uvjeta tiska uzrokuju različitu kvalitetu otiska. Potrebno je istražiti je li, i ako je, na koji način moguće izbjeći utjecaj negativnih čimbenika na pad kvalitete grafičkog proizvoda.

U cilju dobivanja željenih rezultata nužno je ustanoviti međudnose primarnih parametara koji čine grafičku proizvodnju kao što je nanos bojila, gustoća obojenja, raspon rastertonskih vrijednosti, priraste rastertonskih vrijednosti i relativni tiskovni kontrast.

U skladu s dobivenim podacima, zadatak ovog istraživanja je prikazati i definirati granične uvjete vrijednosti optimalne količine bojila pomoću relativnog tiskovnog kontrasta u realnoj proizvodnji dnevnih novina u cilju dobivanja kvalitetnijega grafičkog proizvoda, čime se također žele dati i smjernice u proizvodnji u cilju nadogradnje elemenata potrebnih za optimalizaciju relativnog tiskovnog kontrasta kao primarnog parametra koji utječe na kvalitetu grafičkog proizvoda.

2. Teoretski dio

2.1 Povijest

Tiskarstvo i cjelokupno njegovo viđenje promijenilo se preko noći, od Gutenbergova izuma i tiska prve Biblije 1455. godine. Gutenbergov izum osvaja svijet i u vrlo kratkom vremenu je prihvaćen u svim zemljama koje su bile otvorene za širenje kulture i stvaranje novih dostignuća. U Njemačkoj je poznato šezdesetak tiskarskih radionica već do 1500. godine. Inkunabule su po svojoj ljepoti, umjetničkoj i kulturnoj vrijednosti osobito poznate bile u Italiji. Prva tiskara u Italiji osnovana je 1465. godine. Venecija u sljedećih nekoliko godina postaje buduće središte talijanskog i europskog tiskarstva. Smatra se jednim od najvažnijih otkrića posljednjih 2000 godina

2.1.1 Povijest papira

Prvi materijal sličan današnjem papiru, a bio je pogodan za pisanje, zvao se papyrus. Koristio se u Egiptu 300 godina prije nove ere. Zabrana izvoza papyrusa iz Egipta dovela je do razvoja pergamenta. Materijal koji se počeo koristiti bio je puno trajniji i postojaniji na vlagu od papyrusa. Dobivao se od tankih koža životinja. Sve do danas, ovaj materijal se smatra jednim od najboljih za pisanje perom i tintom.

Sredinom 14. st. papir se polako nameće i istiskuje pergament. Papir kao materijal na kojima se vršilo prvo zapisivanje dolazi iz Kine, iz doba dinastije *Han*, i prvi zapisi pronađeni su iz vremena oko 105. godine. Kao otac izuma papira smatra se *Tsa'i Lunu*. Prvi papir dobiva se mrvljenjem kore drveta od starog konopa, krpe i ribarske mreže, koja je isprešana i osušena tako da tvori čvrst i tanak list papira. Papir u Europu stiže tek u 12. stoljeću kao trgovačka roba iz arapskih zemalja. U to vrijeme najviše se upotrebljava u Španjolskoj i Italiji.

2.1.2 Povijest tiskarstva

Izum tiskarske preše je jedna od najvećih čovjekovih otkrića. Pretpostavlja se da su Kinezi prvi došli do izuma tiskarskog stroja već u 3. stoljeću, pomoću drvenih slova. Točnije, tehnikom drvoreza, koja dobiva ime po upotrebljavanoj podlozi (matrici) koja je bila sačinjena od drveta kruške ili trešnje. Pravo tiskarsko umijeće i počeci tiska potječe iz Mainza od *Johanna Gutenberga*, koji se smatra izumiteljem tiskarskog stroja. Prva i

najpoznatija tiskana knjiga na svijetu je dvostupačna 42-redna Biblija izdana 1455. godine, nedatirana i bez ikakvih oznaka tiskana na kolofonu.

2.1.2.1 Povijest plošnog tiska

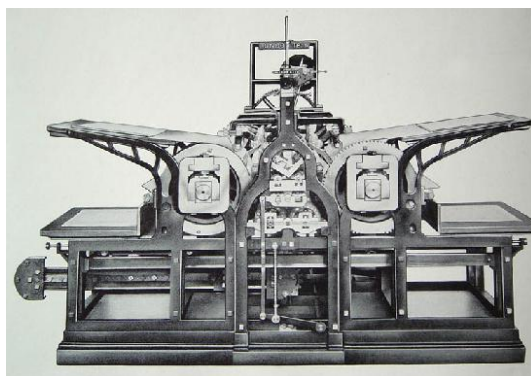
Začetnik plošnog tiska je *Alois Senefelder* koji 1797. godine dolazi do otkrića litografije i kamenotiska, gdje se prvi put primjenjuje i tehnika plošnog tiska. Pošto su u plošnom tisku tiskovne i slobodne površine u istoj ravnini, tisak se zasniva na hidrofilnosti i oleofobnosti tiskovnih i slobodnih površina.

2.1.2.2 Ofsetni tisak

Do otkrića ofsetnog tiska došao je *Ira Washington Rubel* 1903. godine. Prilikom tiska na tiskarskoj preši za kamenotisak zaboravlja postaviti list papira tako da se otisak preslikao na gumeni cilindar. Uvidjevši pogrešku postavlja papir i dolazi do dobivenog otiska s obje strane. S jedne strane otiska napravio je kamen, a s druge gumeni cilindar. Na istim tim principima i danas temeljimo suvremeni ofsetni tisak.

2.1.2.3 Povijest rotacijskog stroja

Prvi tip rotacijskog stroja napravio je Nijemac *Friedrich König* 1812. godine, kada je gornju ploču stroja zamijenio sa valjkom. Stroj je bio pokretan parom. Takvim tipom stroja su tiskane i britanske dnevne novine "*The Times*". Brzina stroja je bila 1100 otisaka na sat. Prve rotacije za novinski tisak imale su olovne tiskovne ploče.



Slika 1. Prvi rotacijski stroj za novinski tisak

1875. godine u Engleskoj *Robert Barclay* patentira prvi rotacijski ofsetni litografski tiskarski stroj. Koristio je ofsetni cilindar obložen posebno obrađenim kartonom koji je služio za prijenos otiska s kamene ploče na tiskovnu površinu.

Prvu ofsetnu rotaciju patentirao je *Caspar Hermann* 1907. godine, a izradio tek 1910. godine. Imala je tiskovni agregat od četiri cilindra (plošni – gumeni – gumeni – plošni cilindar) koji su omogućavali obostrani tisak. 1921. godine MAN gradi svoju prvu rotaciju. Dvije godine poslije konstruirana je prva ofsetna rotacija za višebojni tisak. MAN-ova ofsetna rotacija za razliku od Hermannove je imala više tiskovnih cilindara sastavljenih u jednu cjelinu. Nova rotacija je bila puno sigurnija za višebojni obostrani tisak. Brzina tiska je oko 30 000 otisaka na sat, a Hermannova rotacija je tiskala brzinom od 6 000 otisaka na sat.

2.1.3 Tiskarstvo u Hrvatskoj

Vrlo brzo nakon tiskanja Gutenbergove Biblije, hrvatski glagoljaši približuju naš narod europskoj tiskarskoj obitelji. U to doba Vrbnik je jedno od naših najvećih glagoljičkih središta. Pretpostavlja se da je prva hrvatska knjiga, drugo izdanje *glagoljskog Misala po zakonu rimskoga dvora*. To je prvi misal u Europi koji nije tiskan latiničnim slovima. Jedan je od 6 hrvatskih glagoljskih inkunabula tiskanih u vremenu koje se smatra godinom izuma tiskarskog stroja od 1455. do 1500. godine.

Hrvatski glagoljaši prvi tiskaju glagoljicom i uvode glagoljicu u tiskarstvo. Hrvati su jedini narod koji ima inkunabule tiskane latinicom i glagoljicom. Poznato nam je devet hrvatskih inkunabula, od čega je pet tiskano glagoljicom. Najpoznatije tiskovine Senjske tiskare bile su *Misal* iz 1494. godine i *Spovid općena* iz 1496. godine.

Najvažnija osoba hrvatske tiskarske kulture i osnivač prve hrvatske tiskare u Senju je *Blaž Baromić* 1493. godine. U Veneciji tiska svoj prvi brevijar i donosi potreban alat za tiskanje knjiga. Vjeruje se da su u Veneciji po njegovu nacrtu odlivena glagoljska slova.

2.1.4 Povijest novina i novinskog tiska

Oduvijek je bilo potrebe za informacijama i njihovom objavljivanju. Počeci izdavanja novosti datiraju iz vremena starog Rima 48. g. pr. Kr., gdje se u većim gradovima poput Atene izdaju novine. Prve novine za građanstvo pisane su po naredbi Gaja Julija Cezara pod nazivom *Acta Duma*. Novine su uključivale vijesti koje su se ticale državnih poslova i ostalih informacija. I u Grčkoj povijesnoj literaturi spominju se novine pod nazivom *Newspaper of the Trojan War*.

1501. godine papa Aleksandar VI naređuje da Crkva mora imati uvid u ono što će se tiskati kako bi spriječila herezu. U renesansnom dijelu 15. st. u Europi jedan od najpoznatijih autora, Vlado Tepeš, poznatiji kao Drakula, objavljuje djela i piše o strašnim zločinima u

Transilvaniji. U tom razdoblju dosta se objavljuju novosti o ratovima i ekonomskim zbivanjima među ljudima i promjenama. U Veneciji 1556. godine tiskane su prve mjesečne novine, a prve tiskane novine u Njemačkoj objavljuju se 1605. godine.

Francuska prve novine izdaje 1631. pod nazivom *La Gazette*, a malo kasnije, 1645. godine, u Švedskoj počinju izlaziti *Post-och Inrikes Tidningar*, koje se i danas objavljuju, ali u online izdanju. Najstarije tiskane novine koje su i danas dostupne u tiskanom obliku su *Opregte Haarlemsche Courant* koje se objavljuju od 1656. godine.

Prve britanske informacije koje su objavljivale važne događaje bili su letci i uspješno su objavljeni 1622. pod naslovom *The weekly news*. Prve američke novine tiskane su u Bostonu 1690. godine pod naslovom *Publick Occurrence*. 1903. godine počinje izdavanje i danas svjetski poznatog tabloida *Daily Mirrora*. Industrijska revolucija dovodi do velike ekspanzije izdavaštva i tiskanog medija. 1850. godine već je postojalo 2526 različitih novina.

2.1.5 Tiskovine u Hrvatskoj

Prve hrvatske novine tiskane u Zagrebu su *Ephemerides Zagrebienses* izdane na latinskom jeziku. Prve novine pisane na hrvatskom i talijanskom jeziku zovu se *Kraljski Dalmatin* i tiskaju se u Zadru 1806. godine. Ljudevit Gaj izdaje prve novine tiskane samo na hrvatskom jeziku pod nazivom *Novine Horvatske* objavljene 1835. godine i imale su književni prilog Danica.



Slika 2. Novine Horvatske (Lj. Gaj, 1835.) s književnim prilogom Danica

Danas se u Hrvatskoj izdaje pregršt novinskih naslova, bilo dnevnih, tjednih, mjesečnih, tromjesečnih ili u nekom drugom obliku vremenske objave. Neke tiskovine su vrlo

popularne među čitateljima, što dnevnog informativnog oblika ili tjednog zabavnog. Dnevne novine 24sata su najprodavanije i najčitanije dnevne novine u Hrvatskoj s dnevnom čitanošću većom od milijun ljudi. Uz navedene, na tržištu je još velik broj raznolikih novina koje su sadržajem prilagođene potrebama i zahtjevima korisnika. Izdavači se osim tiskanom mediju informiranja sve više okreću i drugim paralelnim multimedijским platformama informacijskog djelovanja.

2.2 Tehnika plošnog tiska

Ofset je tiskarska tehnika koju još nazivamo “plošna“ tehnika tiska. Spada u skupinu indirektnih tehnika tiska, kod kojih se boja s tiskovne forme prvo prenosi na posrednika (gumeni valjak, tampon i sl.), a zatim na tiskovnu podlogu. Strojeve u ofsetnom tisku dijelimo na tisak iz role i tisak iz arka.

2.2.1 Ofsetna rotacija

Karakteristično za ofsetne rotacije je tiskovna podloga u obliku role (kotura), a tiskovna forma oblika rotirajućeg cilindra. Ofsetne rotacije grade se s više identičnih tiskovnih agregata (tiskovni toranj) i u više nivoa, kao parterne ili etažne jedinice. Prema načinu otiskivanja je indirektna tehnika tiska, gdje se boja na podlogu transferira preko gumenog cilindra. Tiskovna forma za plošni tisak ima tiskovne elemente i slobodne površine gotovo u istoj ravnini, a boja s tiskovne forme prenosi se na tiskovnu podlogu posredstvom ofsetnog cilindra.^[2] Funkcioniranje tiskovnih formi u plošnom tisku temelji se na oleofilnosti, odnosno hidrofobnosti tiskovnih elemenata (prihvataju boju, odbijaju vodu), te hidrofilnosti i oleofobnosti slobodnih površina (prihvataju vodu, odbijaju boju).

Ofsetni tisak je danas u hrvatskoj grafičkoj industriji najzastupljenija tiskarska tehnika. Tiskaju se različiti grafički proizvodi kao što su: monografije, višebojni časopisi, brošure, plakati velikih formata itd. Razlog takvoj zastupljenosti ofsetnog tiska je u jednostavnosti pripremnog procesa i visoko kvalitetnoj konstrukciji ofsetnih strojeva, kojima se postiže kvalitetan otisak relativno niske proizvodne cijene.

Danas je najčešće korištena tiskovna forma za ofsetni tisak monumentalna aluminijska ploča oslojena tankim fotoosjetljivim diazo slojem. Smatra se da je tiskarska boja za plošni tisak najsloženija boja. Izložena je djelovanju tekućine za vlaženje i mora podnijeti dvostruki prijelaz s cilindra na podlogu. Također, od ovih se boja očekuje dobra ljepljivost zbog načina sušenja. Zbog prevelike ljepljivosti boje može doći i do čupanja papira, zbog toga je bitno da se viskoznost boje određuje ovisno o brzini tiska i podlozi na kojoj se vrši otiskivanje. Ofset je tiskarska tehnika koja traži savršeno ugađanje kemijskih i fizikalnih svojstava repromaterijala te postupka tiska kako bi se dobio proizvod zadovoljavajuće kvalitete.^[3]

Kako je riječ o indirektnom tisku, nanosi boje na tiskovnu podlogu u odnosu na druge tehnike tiska tanji su oko 2 μm. To znači da pigmenti boja za plošni tisak moraju biti vrlo izdašni te da je koncentracija pigmenata u boji velika. Boje za plošni tisak najčešće se suše

oksipolimerizacijom površinskog sloja, hlapljenjem i penetracijom tekućih komponenti bojila u tiskovnu podlogu i prisilnim sušenjem. Kvaliteta tiska ofsetnim rotacijama nimalo ne zaostaje za vrhunskim ofsetnim strojevima za tisak iz arka. Na današnjim suvremenijim ofsetnim rotacijama vrhunsku kvalitetu tiska osiguravaju mnogi uređaji za automatsku regulaciju i kontrolu. ^[4]

Rastriranje nam omogućuje da reproduciramo različite tonove višetonskih slika s pomoću tiskovnih i netiskovnih elemenata na jedinici površine. Kao rezultat rastriranja dobivamo rasterski element.

2.2.2 Definiranje rasterskih elemenata i podjela

Raster je sredstvo kojim se obavlja rastriranje, a kao produkt rastriranja nastaje rasterski element. Rasterski element je skup elementa koji predstavljaju mrežu rasterskih elemenata na nekoj podlozi. Udaljenost između rasterskih elemenata određuje se nagibom. Reprodukciju originala obavljamo uz pomoć rastera koji svojim oblikom i veličinom omogućava dobivanje kvalitetne reprodukcije. Što je količina rasterskih elemenata veća, to je kvaliteta slike bolja. Vrijednost svakog pojedinačnog rasterskog elementa određuje dubinu boje. Što je dubina boje veća, veći je i tonaliteta boje koji se može prikazati, što ujedno znači i kvalitetniji prikaz. ^[5] Razlučivosti rastera (finoća, rezolucija) linearno su međusobno povezane. Prirast elementa ima paralelan odnos s razlučivošću elementa. Uzroci prirasta rasterskog elementa kriju se u spoju dvije pojave koje nastaju iz različitih razloga geometrijske ili optičke deformacije rasterskog elementa.

Veličina rasterskog elementa može se izraziti kao postotak pokrivenosti površine odnosno rasterske vrijednosti ili preko integralne gustoće zacrtnjenja (D_i).

$$D_i = \log [S/(S-S_a)] \quad [1(2.2.2)]$$

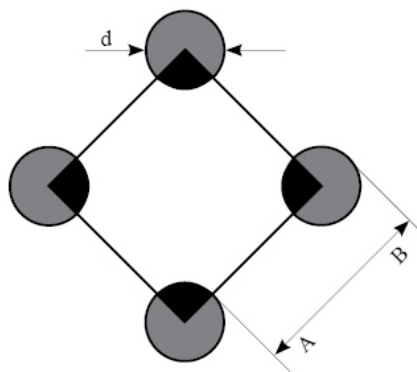
Što je veća količina rasterskih elemenata po jedinici površine, tim je veći prirast. Određene karakteristike rasterskih elemenata definiraju pojedini raster kao što su finoća rastera, oblik rasterskog elementa i kut rastriranja. Svaki od pojedinih elemenata utječe na doživljaj boje i tona, dok jačina doživljaja tona ovisi o interakciji podloge s rasterom, bojila s rasterom, itd.

Osnovne karakteristike rastera su *finoća rastera (linijatura)* i *oblik rasterskog elementa*. Finoća rastera se definira brojem linija po centimetru. Što je broj linija veći, to je

reprodukcija kvalitetnija. Najčešći oblik rasterskog elementa je krug, a može imati i oblik elipse, kvadrata, linije, romba ili neki drugi posebni oblik. Uz osnovnu podjelu rastera (*amplitudni i frekventni*) postoje i podskupine rastera nastale kombinacijom dvaju osnovnih tipova koje nazivamo *hibridnim rasterima*.

2.2.2.1 Klasični raster

Kod amplitudno moduliranog rastera (*AM*), kojeg još nazivamo i klasičnim rasterom, doživljaj tonova i boje uvjetovan je promjenom veličine rasterskog elementa. Razmak između rasterskih elemenata ostaje isti. Rasterski element pokriva dio površine elementarnog kvadrata sačinjenog od četiri istovjetna elementa. Što je površina elementarnog kvadrata manja, proporcionalno tome povećava se finoća rasterskog elementa.



Slika 3. Prikaz površine elementarnog kvadrata kod AM rastera

$(A-B)$ označava udaljenost između rasterskih elemenata, (d) promjer rasterskog elementa, dok (k) označava površinu elementarnog kvadrata. Navedena formula se koristi samo kod rastera s okruglim rasterskim elementom.

$$k = (A - B)^2 \quad [1(2.2.2.1)]$$

Amplitudni raster se često upotrebljava zbog svoje jednostavnosti ali i težeg uočavanja deformacije rasterskog elementa, što proizlazi iz tromosti ljudskog oka koje vrlo teško razaznaje rasterske elemente amplitudnog rastera.

U novinskom tisku sve do nedavno se koristio navedeni raster zbog svoje jednostavnosti a i skrivanja manjih nepravilnosti odnosno težeg uočavanja deformacija rasterskih elemenata. Slaba strana AM rastera je njegova ne mogućnost reprodukcije sitnih detalja kod velikih rastertonskih vrijednosti.

2.2.2.2 Stohastički raster

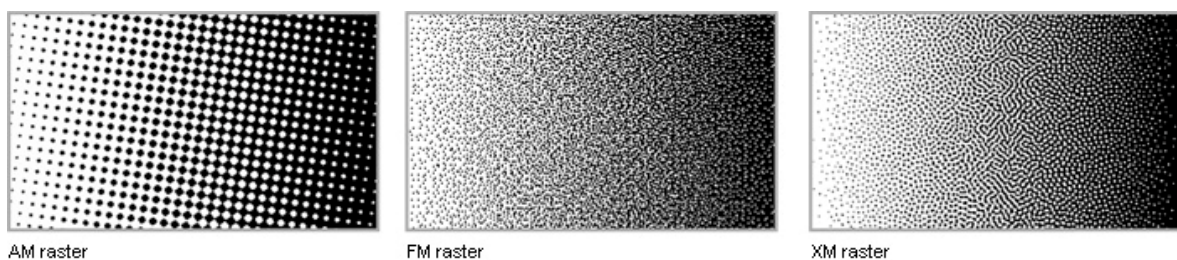
Kod frekventno modularnog rastera (*FM*) osjećaj tona dobiva se različitom udaljenošću među rasterskim elementima, dok rasterska točkica ostaje nepromijenjena. Finoća rastera se definira veličinom rasterskog elementa.

Stohastički rasteri zahtijevaju više pažnje u pripremnom i proizvodnom procesu te obaveznu linearizaciju i kalibraciju. Lošije strane su lakše uočavanje pomaka pasera kao i deformacija rasterskog elementa, dok su prednosti stohastičkog rastera brže sušenje boje i mogućnost kvalitetne reprodukcije vrlo sitnih detalja, kao i izostanak pojave *moarea*.

2.2.2.3 Hibridni raster

Razlike između rastera određene su razlikama u veličini i razmaku rasterskih elemenata koji tako definiraju finoću ili linijaturu rastera. Hibridni raster sastoji se od kombinacije karakteristika elemenata frekventnog i amplitudnog rastera.

Prijelaz sa filma na ploču podigao je kvalitetu proizvodnje uveliko. Snimanjem direktno na ploču omogućeno je postizanje puno detaljnijeg rasterskog elementa. Hibridni rasteri su sljedeća obećavajuća revolucija u ofsetnom tisku koja uspijeva kvalitetu prikaza boje i tona poboljšati.

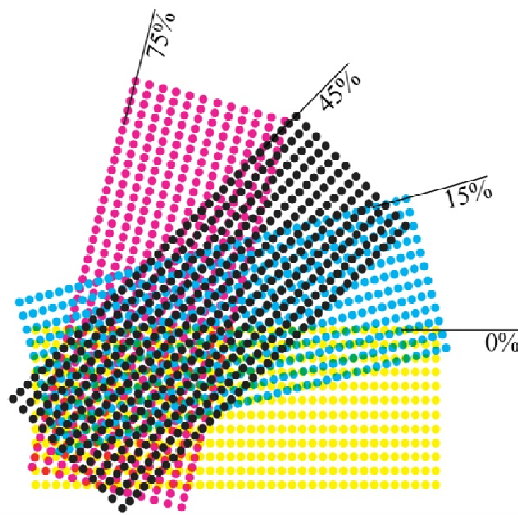


Slika 4. Razlika između AM, FM i XM rastera

Razlike između frekventno modularnog i hibridnog rastera se najviše uočavaju u nižim tonovima između 1 i 3 % rastertonske vrijednosti gdje su tonovi najsvjetliji i jako tamnim tonovima od 97 – 99 %. Pomoću hibridnih rastera možemo ispraviti i otkloniti nedostatke u razlučivosti koji se dešavaju u tiskarskom procesu.^[13] Kao pozitivna strana je nemogućnost pojave *moarea*.

2.2.3 Kut rastriranja

Kod pojedinih rastera kutevi njihovih položaja rastriranja su točno definirani. Mozak lakše percipira uzorak koji se nalazi pod kutem od 0 i 90 stupnjeva. Crna boja ima najveći kontrast na podlozi i raster crne stavlja se pod kutem od 45 stupnjeva kako bi uzorak bio što manje uočljiv. Kut rastriranja se točno definira za svaku boju u želji izbjegavanja moare efekta.



Slika 5. Prikaz kuteva rastriranja

2.2.3.1 Moare

Pravilno postavljanje kuteva rastera od iznimne je važnosti u osiguravanju kvalitetnog ispisa. Krivo postavljene kutevi rastriranja dovode do efekta zvanog moarea. Do pojave moarea dolazi zbog tromosti oka koja se uočava kod amplitudno modularnog rastera. Pravilan nagib rastera je bitan u postizanju i osiguravanju kvalitetnog ispisa i izbjegavanju pojave moarea. Prostorni razmak između rasterskih elemenata rezultira slabim moareom koji se razbija nepravilnom stohastičkom distribucijom. Kako ne bi došlo do pojave moarea, rasterski element mora biti otisnut pod točno definiranim kutevima rastriranja. Boja koja je najviše kontrastna (crna) tiska se pod kutem od 45%, cyan i magenta pod kutem od 15% i 75%, a najmanje kontrastna boja (žuta) tiska se pod kutem od 0%.

2.2.4 Digitalno rastriranje

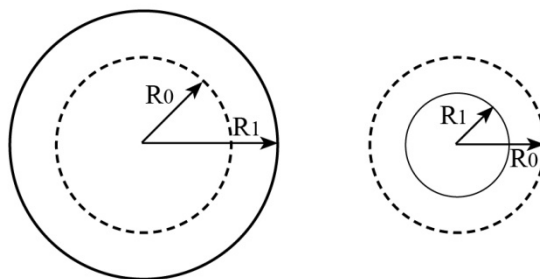
Kod digitalnog rastriranja ulogu rastriranja preuzima RIP (*Raster Image Processors*). To je sučelje za obradu slikovnih elemenata i rastera što je ostvareno preko *PostScript* jezika, pomoću kojeg komuniciramo sa digitalnim ispisnim uređajima. U RIP-u će se izvršiti konverzija iz korisničkog koordinatnog prostora u koordinatni prostor ispisanog uređaja s definiranom ispisnom rezolucijom. Informacija se računalom šalje preko RIP-a na osvjetljivač.

2.2.5 Deformiranje rasterskog elementa

Veličina rasterskog elementa može se izraziti kao postotak pokrivenosti jedinične površine rastertonskih vrijednosti. U toku proizvodnog procesa rasterski elementi se dimenzionalno mijenjaju. Kod samog prijenosa rasterskog elementa s tiskovne površine na tiskovnu podlogu mijenja se i njegov oblik, a time i rastertonska vrijednost. Deformacija rasterskog elementa je sastavni i neizbježni dio procesa proizvodnje. Rasterski element je podvrgnut mnogim utjecajima deformacije od samog njenog početka. Jedan od glavnih čimbenika za dobivanje kvalitetnog otiska je pokušaj dobivanja što manje promjene u deformaciji rasterskog elementa.

Kvaliteta reprodukcije i raspon gustoće obojenja ovisi o uvjetima u toku tiska koji utječu na veličinu rasterskog elemenata prilikom njenog prijenosa.

Deformacija rasterskog elementa ustanovljava se razlikom radijusa između teoretske i stvarne veličine rasterskog elementa. Rasterski element teoretski je definiran da pokriva točno definirani dio površine.



Slika 6 Deformacije rasterskog elementa

Deformaciju elementa možemo prikazati kao pozitivnu deformaciju, gdje se rasterski element povećava u odnosu na teoretsku površinu ili negativnu deformaciju, gdje se

rasterski element smanjuje u odnosu na teoretsku površinu. U novinskom tisku u većini slučajeva dolazi do pozitivne deformacije.

Raster finije strukture koji ima manje rasterske elemente a veću brojčanu količinu, prilikom deformacije rasterskog elementa imati će veći prirast RTV u usporedbi sa grubljim rasterom koji ima veće rasterske elemente a manju količinu na jedinici površine. Mnogo faktora može utjecati na deformaciju rasterskog elementa kao što je: napetost gume, kvaliteta gume, temperaturne promijene, pH vrijednost sredstva za vlaženje, kvaliteta i vrsta materijala..., a jedan od glavnih i najčešćih uzroka deformacije rasterskog elementa je sila pritiska između cilindara.

2.2.5.1 Geometrijska deformacija rasterskog elementa

Geometrijska deformacija definirana je pomoću kružnog vijenca oko rasterskog elementa. Deformacija rasterskog elementa nastaje tijekom tiska zbog mehaničkog djelovanja na rasterski element. Do geometrijskih deformacija rasterskog elementa najčešće dolazi zbog neujednačenosti obodnih brzina cilindara i valjaka, ali i ostali mnogi čimbenici utječu na izgled rasterskog elementa kao što je: montaža, intenzitet osvjetljenja tiskovne forme, kvaliteta razvijaača, pozitivna ili negativna tiskovna forma, površinska svojstva tiskovnog materijala, kvaliteta bojila i otopine za vlaženje, kvaliteta gumene navlake, tehničko stanje ispravnosti stroja i pritisci između cilindara. Regulacija pritiska između cilindara i tiskovnog materijala je od krucijalne važnosti i mora se raditi za svaki tiskarski materijal posebno. Neki od elemenata geometrijske deformacije rasterskog elementa u toku tiska su: smicanje, dubliranje, razmazivanje...

Geometrijsku deformaciju moguće je ustanoviti razlikom radijusa između teoretske veličine rasterskog elementa i stvarne dobivene veličine rasterskog elementa. Kad je $R_1 > R_0$ kažemo da je nastala pozitivna deformacija, a za $R_1 < R_0$ kažemo da je nastala negativna deformacija.

2.2.5.2 Optička deformacija rasterskog elementa

Optička deformacija je razlika između optički efikasne površine i teoretski definirane relativne površine. Deformacija koja se događa uslijed prolaska svjetlosti kroz tiskovnu podlogu gdje se dio svjetlosti vraća natrag reflektirajući se od unutarnjih slojeva tiskovne podloge naziva se *halo efekt*. Rezultat takve refleksije svjetlosti se doživljava kao proširenje rasterskog elementa.

Odnos upadne svjetlosti i njene refleksije ovise o parametrima koji uzrokuju refleksiju i apsorpciju na tiskovnoj podlozi. Optička deformacija rasterskog elementa može ovisiti o papiru (svjetlo može ući u papir, lomiti se pa tek onda izaći); o boji (nanosu); linijaturi; intenzitetu svijetla (rasterski element djeluje veći jer se manje svjetla reflektira).

Osjetljivost na optičku deformaciju najviše je izražena kod rastertonskih vrijednosti od 70% do 80% jer ljudsko oko najslabije osjeća razliku među njima. Optička deformacija uvijek je veća od geometrijske deformacije.

2.2.6 Zapunjavanje rasterskog elementa

Zapunjavanje rasterskih elemenata je karakteristika većine tiskarskih tehnika. Količina bojila koja se nalazi na rasterskom elementu nije ista kroz cijeli tiskovni proces. Uzrok takve nestalnosti je niz različitih parametara tijekom proizvodnje gdje se osobito mora paziti na promjene koje mogu uvjetovati i pad kvalitete grafičkog proizvoda.

Kako je jedan od osnovnih ciljeva grafičke proizvodnje postići što veći raspon gustoće obojenja prilikom reprodukcije, tijekom tiska potrebno je dozirati količinu bojila u kojoj (K_{rel}) ima maksimalnu vrijednost, odnosno onu količinu bojila koju je reproduksijski proces u stanju kvalitetno apsorbirati. Zbog tiska u graničnim uvjetima, zbog prevelike količine bojila tijekom tiska ili premale količine otopine za vlaženje, postoji mogućnost zapunjenja rasterskih elemenata. Posljedica zapunjenja rasterskih elemenata je smanjenje reprodukcije gustoće obojenja, a time i pad kvalitete grafičkog proizvoda.

2.2.7 Prirast rastertonskih vrijednosti (dot gain–tone increase curve)

Prirast rastertonskog elementa na otisku dobiva se oduzimanjem vrijednosti stvarne pokrivenosti od vrijednosti mjerne pokrivenosti. Tijekom tiska i pojave deformacije rasterskog elementa površina koja se tiska ovisna je o razlici teorijske i stvarne površine, zato povećanje stvarne pokrivenosti u odnosu na teorijsku pokrivenost naziva se prirast rastertonskih vrijednosti (*dot gain*).^[6]

Jedan od osnovnih preduvjeta za postizanje kvalitetne reprodukcije je smanjenje prirasta rastertonskih vrijednosti. Pojava prirasta tijekom tiska je uobičajena stvar i najveću vrijednost ima kod 50% RTV-a. Rješava se ustanovljavanjem njenih vrijednosti i podešavanjem krivulja. Tijekom tiska potpuna eliminacija prirasta rastertonske vrijednosti nije moguća nego ga je moguće dovesti na granične vrijednosti u kojima je prirast gotovo jednak nuli.

Utjecaj prirasta rastertonskih vrijednosti tijekom tiska ovisi o mnogo faktora: tiskovnoj podlozi, tiskarskoj boji, tiskovnim pločama i drugim tehničkim karakteristikama koje prvenstveno utječu na deformaciju rasterskog elementa, a time i na prirast. Prirast rastertonske vrijednosti (DG) izračunavamo oduzimanjem otisnute rastertonske vrijednosti (R_D) od stvarne rasterske vrijednosti originala (R_F).

$$DG[\%] = R_D[\%] - R_F[\%] \quad [1(2.2.8)]$$

Prirast rastertonske vrijednosti tijekom tiska uveliko utječe na kvalitetu otiska. Zbog toga se za ustanovljavanje pogreške odstupanja izračunava ukupni prirast rastertonske vrijednosti. Prirast rastertonskih vrijednosti jednobojne reprodukcije izračunavamo *Yule-Nielsenovom* jednadžbom.

$$R(a) = \left[aR_S^{\frac{1}{n}} + (1-a)R_0^{\frac{1}{n}} \right]^n \quad [2(2.2.8)]$$

gdje je $1 \leq n \leq 2$, za refleksiju tiskovnih (R_S) i netiskovnih (R_0) elemenata.

Yule-Nielsenovom jednadžbom nije moguće izračunati optički i ukupni prirast rastertonskih vrijednosti nego je vrijednost prirasta dana izračunom umnoška optičkog i ukupnog prirasta rastertonskih vrijednosti. *Yule-Nielsenovom* jednadžbom ne uzimamo u obzir refleksiju tiskovnog materijala, dok *Clapper* i *Yule* uzimaju u obzir odnos tiskovnog sloja, refleksije s površine tiskovne podloge i utjecaja okoline. Kad svjetlost ulazi u papir između rasterskih elemenata dolazi do njenog rasipanja.

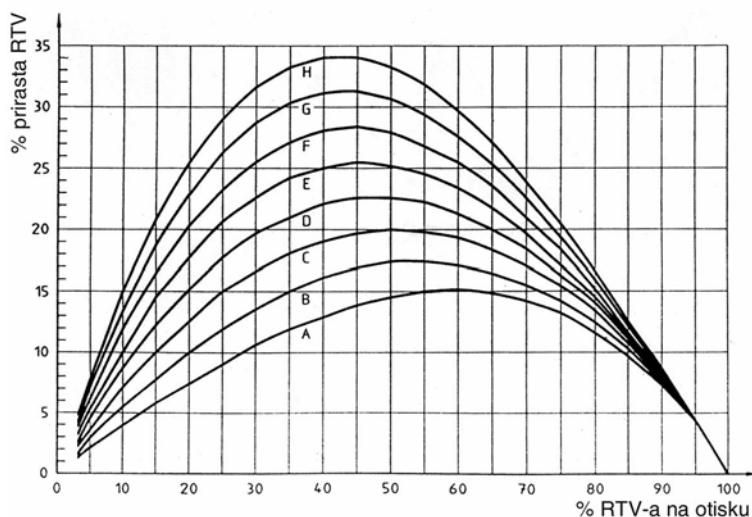
U procesu rasipanja dolazi do veće mogućnosti da svjetlost pogodi rasterski element i bude apsorbirana. Ako je sloj bojila konstantan, a svjetlost s površine difuzna, refleksija se može izraziti kao

$$R = Ks + \frac{x(1-s)r(1-a+at)^2}{1-r(1-x)(1-a+at^2)} \quad [3(2.2.8)]$$

gdje je (Ks) refleksija s gornjeg sloja površine papira, a ($1-s$) udio svjetlosti koja prolazi kroz papir, te vrijednost (a) površine pokrivene bojilom, dok je (t) transparentija bojila.

Vrijednost (x) predstavlja svjetlost koja izlazi iz tiskovnog materijala, a koja je prethodno već reflektirana u unutarnjim slojevima materijala.

Kako je prirast rastertonskih vrijednosti ovisan o gore navedenim faktorima, ne postoji jedinstvena preporuka koliki prirasti trebaju biti kod određenih rastertonskih vrijednosti. Stoga je međunarodna ISO preporuka da se prirasti rastertonskih vrijednosti svrstaju u osam kvalitativnih kategorija (A-H), gdje su točno određeni postoci prirasta za točno definirane rastertonske vrijednosti.



Slika 7. Kategorije prirasta rastertonskih vrijednosti po ISO preporukama

Integralna optička gustoća rasterskog polja na otisku ovisi o relativnoj rasterskoj površini na kopirnom predlošku, optičkoj gustoći punog polja, deformaciji rasterske točkice na tiskovnoj formi, kao i o deformaciji rasterske točkice u tisku.

2.2.7.1 Optički efikasna površina

Optički efikasna površina se izračunava pomoću *Murray-Daviesove formule* i procjenjuje stvarnu rastertonsku vrijednost pojedinog polja.^[7] Optička efikasna površina pokazuje koliki dio ulazne svjetlosti apsorbira rastersko polje, bez obzira na veličinu rasterskih točkica.

$$R_D = \frac{1-10^{-D_R}}{1-10^{-D_{PP}}} \times 100\% \quad [1(2.2.8.1)]$$

gdje je (R_D) – efektivna površina otisnutog rasterskog polja; (D_R) – gustoća obojenja rasterskog polja; (D_{PP}) – gustoća obojenja punog polja. Optički efikasna površina jednaka

je relativnoj rasterskoj površini u slučaju kada se zadovolje parametri jednakomjernog obojenje svih rasterskih elemenata, upotrijebe idealna transparentna bojila i da je svjetlost u 100 % iznosu reflektirana s površine tiskovnog elementa

2.2.8 Relativni tiskovni kontrast

U želji postizanja što bolje kvalitete na otisku kao glavni čimbenik koristi se relativni tiskovni kontrast. Relativnim tiskovnim kontrastom određujemo kolika je količina optimalno obojenje da bi se na otisku dobila maksimalno kvalitetna reprodukcija. Koristi se za kontrolu gustoće obojenja i raspona njihovih tonova.

Na kvalitetu otiska u ofsetnom tisku može utjecati više parametara, tako da svaki tiskarski proces ima i tiskarske parametre dobivanja kvalitetnog otiska. Zbog toga se za dobivanje optimalnog obojenja izračunava relativni tiskovni kontrast. Izračunavanje relativnog tiskovnog kontrasta dobije se iz odnosa:

$$K_{rel} = \frac{D_{PP} - D_R}{D_{PP}} \quad [1(2.2.9)]$$

gdje je (D_{PP}) – gustoća obojenja punog tona, (D_R) – gustoća obojenja 70% - 80% rastertonske vrijednosti. Vrijednost gdje je (K_{rel}) maksimalan smatra se optimalnim obojenjem.

Karakteristika kvalitetne reprodukcije i postizanja što većeg raspona gustoće obojenja a time i tiskovnog kontrasta je u uvjetima najmanjeg raspona gustoće obojenja, što je u novinskom tisku u rasponu od 3 - 90% RTV-a. [8]

Kako je jedan od glavnih ciljeva u grafičkoj proizvodnji postizanje što većeg raspona gustoće obojenja prilikom reprodukcije, tijekom tiska potrebno je dozirati količinu bojila u kojoj relativni tiskovni kontrast (K_{rel}) ima maksimalnu vrijednost, odnosno količinu bojila koju je reprodukcijski proces u stanju kvalitetno apsorbirati. U takvim uvjetima tiska deformacija se u većini slučajeva smanjuje. Relativni tiskovni kontrast je razlika između gustoće obojenja 75% RTV-a i polja punog tona.

Kad je postignuta najveća vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta, pomaci u prirastu rastertonskih vrijednosti su minimalizirane i postaju vidljivi visoki tonovi rastertonskih elemenata. [9] Relativni tiskovni kontrast ovisi o mnogo faktora (tiskovnim podlogama, bojilu, tiskovnom stroju...). Maksimalna vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta na

određenim tiskarskim uređajima i vrstama materijala smatra se vrijednostima optimalnog obojenja za tu tehniku tiska. U iznimnim slučajevima dobivanje optimalnog nanosa boje kod kojeg je postignuta maksimalna vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta ne treba biti na najvišoj maksimalnoj razini.

Kontrola relativnog tiskovnog kontrasta u pojedinim slučajevima nam može biti i alternativa kontroli prirasta rastertonske vrijednosti. Ako nam se za vrijeme tiska vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta smanjuje, unatoč činjenici da je nanos gustoće obojenja kod punog polja konstantna, to nam govori da su narušeni neki od čimbenika koji utječu na kvalitetu tiska (pritisaka, navlaka ispod gume, odnos vlaženja i bojila itd)

2.3 Kvaliteta u novinskom tisku

Rotacijski strojevi koji se koriste u novinskom tisku (*cold set*) spadaju u najzahtjevniju tehniku ofsetnog tiska, s obzirom na željenu kvalitetu proizvoda i korištene tiskovne materijale. Današnji rotacijski strojevi za novinski tisak koriste se automatiziranim uređajima za predpodešavanje i kontrolu proizvodnih dijelova, ali i prilikom korištenja takvih uređaja i dalje se treba voditi kontrola kvalitete korištenjem mjernih uređaja ili kontrolno signalnih stripova, pomoću kojih se mogu uočiti određeni problemi u tisku (deformacije rasterskih točkica, promjena obojenja i sl.).

Mnogo faktora može utjecati na kvalitetu dobivenog otiska (otopina za vlaženje, pritisak između valjaka, kvaliteta tiskovne podloge...). Isto tako, jedan od glavnih faktora koji utječe na kvalitetu reprodukcije i njen izgled je količina gustoće obojenja koja se nanosi na podlogu tijekom tiska. U želji za što kvalitetnijim otiskom dolazi do prevelikog nanosa boje što uzrokuje zapunjavanje rasterskih elemenata, povećanjem prirasta, mazanjem, što na kraju dovodi do ne kvalitetnog proizvoda.

Problem tiska i njene kvalitete u mnogočemu ovisi i o kvaliteti tiskovne podloge na kojoj se tiska i bojila, što mora biti u optimalnom odnosu. Novinski tisak, uporaba i kvaliteta papira na kojima se tiska su jako niski i u većini slučajeva ne mogu zadovoljiti zadane kriterije. Pojava koja jako utječe na kvalitetu tiska je papirna prašina. Papirna prašina se pojavljuje kod korištenja manje kvalitetnih tiskovnih podloga koje ne adekvatno reagiraju s otopinom za vlaženje. Takva pojava je najčešća u novinskom tisku.^[10]

Preslikavanje se uglavnom događa kad se na podlogu nanosi prevelika količina bojila. Prevelika gustoća obojenja može uzrokovati i otiranje boje. Preslikavanje na otisku se može dogoditi i ako je priprema napravljena sa prevelikim ukupnim nanosom boje, gdje i sušenje tada zahtjeva puno dulje vrijeme.

2.3.1 Kontrolni elementi

Kvalitetu otisnutog proizvoda najbolje možemo ocijeniti uspoređujući sa originalom. Pravovremeno ustanovljavanje i detekcija problema, deformacije rasterskih elemenata i kvalitetno postavljanje sustava koji će na adekvatan način minimalizirati deformaciju rasterskog elementa dovodi do dobivanja kvalitetnog otiska.

Kontrola kvalitete tiska najlakše se obavlja uz pomoć kontrolnih stripova. Svrha kontrolnih stripova je da pomoću njih vizualno ili različitim denzitometrijskim i spektrometrijskim

mjernim metodama ustanovimo odstupanja u tisku. Denzitometrijske vrijednosti punog polja mogu varirati ovisno o vrsti podloge.

2.3.2 Kontrolni stripovi

Pošto je tijekom proizvodnog procesa deformacija rasterskih elemenata neizbježan dio tiska, nakon ustanovljavanja tipa deformacije potrebno ju je svesti na minimum. Kontrolu kvalitete tiska obavlja se pomoću kontrolnih stripova koji se u novinskom tisku sastoje od polja 3,5 x 3,5 mm smještenih uz rub tiskovnog dijela. Sastoje se najčešće od polja punog tona za sve četiri boje raspoređene na tiskovnoj podlozi s ciljem pokrivanja svih tiskarskih zona. Mogu se koristiti i polja sivog balansa koja uspoređujući sa vrijednostima punog tona i vizualno mogu ukazati na propuste u kvaliteti otiska. Pojedine izdavačke kuće svoje kontrolne elemente znaju uklopiti i u dizajn novina.

2.3.2.1 Signalni stripovi

Zbog sposobnosti ljudskog oka, neke promjene u kvaliteti moguće je ustanoviti vizualno, pomoću signalnih stripova. Signalne stripove koristimo za praćenja reprodukcije rasterskih elemenata.

Temelje se na činjenicama da finiji raster, zbog veće količine rasterskih elemenata na jedinici površine, pokazuje veći prirast u odnosu na grublji raster. Postoji više vrsta signalnih stripova, mogu biti sačinjeni od linija i kružnica, koji najčešće pokazuju geometrijsku deformaciju rasterskog elementa kao što su smicanja ili dubliranja što se najbolje uočava sa zvjezdastim stripom.^[1]

Zvjezdasti strip konstruiran je od linija u kružnici koje su usmjerene od središta prema rubu. Linije se proporcionalno središtu smanjuju da bi se u središtu potpuno stopile u jednu točku. Ovisno o deformacijama, debljina linija se mijenja i osjećaj kružnice u središtu u idealnim uvjetima se mijenja ovisno o smjeru smicanja u elipsasti dio.^[1]

Osim navedenih signalnih stripova koristimo i strip za kontrolu tiska koji signalizira pogrešku pomaka pasera. Kontrolni element je sastavljen od križića. Njegovim preklapanjem se ustanovljava je li došlo do pomaka pasera.

Signalni strip koji vizualnom metodom kontrole može uputiti na deformaciju je *signalna traka SLUR*. Signalni element koji se najčešće koristi u tisku iz arka. Ovi elementi optički pojačavaju sadržaj pogreške na otisku (zapunjavanje – neoštar i prejak otisak ili oštar i blijed otisak, pomicanje, dupliranje itd.) Pogreške se jače uočavaju u finom rasteru.

Osim različitih deformacija rasterskog elementa koje je potrebno pratiti tijekom tiska, potrebno je pratiti i prijenos rasterskih elemenata.

Kako je tijekom tiska nemoguće u potpunosti izbjeći prirast rastertonskih elemenata, potrebno ga je svesti na minimum. Za ustanovljavanje i kontrolu optimalnog prijenosa rasterskih elemenata na podlogu koriste se signalni stripovi sastavljeni od polja malih i velikih rastertonskih vrijednosti te mikrolinija. Najčešća polja od kojih se sastoje navedeni stripovi su: 0,5%, 1%, 2%, 3%, 4% i 5% te 96%, 97%, 98%, 99% i 99,5% RTV-a.

Pretpostavka kvalitetnog prijenosa rasterskih elemenata na tiskovnu podlogu je i kvalitetno i ispravno snimljena tiskovna forma.

2.3.2.2 Mjerni stripovi

Osim vizualne kontrole kvalitete, pomoću signalnih stripova, koristimo i mjerne stripove za kontrolu deformacije rasterskog elementa. Mjerne stripove u proizvodnji koristimo da bi sa sigurnošću uz pomoć dobivenih vrijednosti mogli određene procese u proizvodnji dovesti u željeno stanje i da bi se proces tiska mogao odvijati pod kontroliranim uvjetima kroz cijelu nakladu.

Mjerni stripovi i postupci koji se primjenjuju nezamjenjiv su čimbenik u tisku upravo iz razloga ne uniformiranosti i tromosti ljudskog oka, kao i različitog subjektivnog doživljaja kvalitete otiska.

Mjerenja se najčešće vrše pomoću denzitometra i spektrofotometra. Mjerni stripovi koji se najčešće koriste u novinskoj proizvodnji sadrže polje punog tona 100% RTV-a za pojedinu boju. Osim definiranja gustoće optimalnog obojenja bitan čimbenik kvalitetnog tiska su i CIE $L^*a^*b^*$ vrijednosti osnovnih tiskarskih boja.

Mjernim stripom se još može ustanoviti: prirast RTV-a, relativni tiskovni kontrast, prihvaćanje boje, sivi balans, pogreška tona, efikasnost boje i sivoća boje. Ovisno o vrsti mjernih stripova, kontrolni element može sadržavati polja na kojima se mjerenjem dobivaju rezultati tristimulusnih vrijednosti. Tristimulusna informacija koja se prenosi s originala u određeni medij. Tijekom prijenosa i transformacije informacije u drugi medij pokušavamo zadržati što više izvornih tristimulusnih informacija.

Kako je jedna od karakteristika ofsetnog tiska ta da je količina bojila koja se nalazi na uređaju za obojenje promjenjiva veličina, tisak je potrebno izvoditi tako da količina bojila na tiskovnoj podlozi reflektira točan iznos određene spektralne energije u ljudsko oko.

Poremećajem tih odnosa, izvorna tristimulusna informacija originala neće odgovarati tristimulusnoj informaciji na otisku.

Informacija o boji koja se transformira i prenosi s jednog elementa na drugi mora zadržati i sadržavati što više informacija o originalu. Zbog toga je jedan od glavnih uvjeta za postizanje kvalitetnog tiska definiranje optimalnog obojenja.

2.3.3 Optimalno obojenje

Tijekom tiska, osim problema deformacija rasterskih elementa, jedan od glavnih uvjeta za postizanje kvalitetne reprodukcije je ustanovljavanje količine optimalnog obojenja. Tisak s većom gustoćom obojenja od optimalne dovodi do mogućeg zapunjanjavanja rasterskih elemenata.

U novinskoj proizvodnji od redakcijskog proizvodnog dijela i grafičke reprodukcije se u načelu zahtijeva da fotografije zadovoljavaju pripremu adekvatnu standardima novinske proizvodnje. Prema definiranim standardima u ofsetnom tisku, polje s rastertonskom vrijednošću od 97% ne smije se zapunjavati, dok vrijednosti rasterskog polja od 3% moraju biti vidljive na otisku.

2.3.4 Polje punog tona

Polja za kontrolu nanosa punog tona su najčešće korišteni kontrolni elementi u novinskom tisku. Služi za ispitivanje količine nanosa boje (gustoće obojenja) na punoj površini. Mjerenja se vrše denzitometarskim i spektrofotometrijskim mjernim uređajima. U svakoj zoni tiska nalazi se po jedno polje punog tona za svaku pojedinu boju. To polje punog tona omogućuje mjerenje i kontrolu jednoličnog nanosa boje preko cijele tiskovne površine. Mjerna polja su veličine 40 x 40 mm. Preporučene vrijednosti nanosa boje definirane su denzitometrijski prema IFRA standardima za svaku tiskarsku tehniku i vrstu tiskovne podloge.

2.3.5 Ton boje i pogreška tona

Pogreška tona je postotak koji određuje vrijednost pomaka gustoće obojenja pojedine boje spektra prema drugom djelu spektra. Određuje se uspoređivanjem idealnog stanja sa realnim. Denzitometar unutar svojih vrijednosti već ima ugrađenu toleranciju pogreške boje, a možemo i izmjeriti refleksijom svjetlosti kroz filter pojedinih boja uvrštavanjem dobivenih vrijednosti u formulu:

$$T_{pogr} = \frac{D_L - D_M}{D_H - D_L} \times 100 \% \quad [1(2.3.5)]$$

(T_{pogr}) – pogreška tona; (D_L) – najniža optička gustoća; (D_M) – srednja optička gustoća; (D_H) – najviša optička gustoća

Ton boje i njene vrijednosti određujemo pomoću svjetla koja se reflektira odnosno apsorbira. Teoretski idealne vrijednosti procesnih boja apsorbiraju 1/3 vidljivog dijela spektra, a reflektiraju 2/3 spektra.

2.3.6 Sivoća boje

Prilikom određivanja, promatra se udio boja cyan, magente i žute (CMY). Mjeri se uslijed realne refleksije, na isti način kao i pogreška tona. Što je dobivena vrijednost sivoće manja, njihova kromatičnost je veća, čime je dobivena kvalitetnija reprodukcija.

$$S_b = \frac{D_L}{D_H} \times 100 \% \quad [1(2.3.6)]$$

D_L – najmanja denzitometrijska vrijednost

D_H – najviša denzitometrijska vrijednost

Vrijednost sivoće boja služi kao indikator za određivanje čistoće procesnih boja. Prikazuje sadržaj sivih tonova unutar boja. Vrijednosti boja određujemo prije procesa tiska.

2.3.7 Polje za mjerenje prirasta RTV i tiskovnog kontrasta

Koristimo više različitih polja za mjerenje prirasta, kao što je rastersko polje sustava *FOGRA PMS*, čije polje sadrži okruglu točkicu od 40% odnosno 80% rastertonske vrijednosti kod rasterske podjele od 60 linija po cm. Ovo polje se prije svega koristi za mjerenje prirasta rastertonske vrijednosti i tiskovnog kontrasta.

2.3.8 Prihvaćanje boje

Jedna od karakterističnih stvari u ofsetnom tisku je prihvaćanje boje na boju (*eng. Trapping*). Pogreška prekrivanja se javlja kao rezultat lošeg nalijeganja boje na boju u procesu višebojnog tiska. Ta sposobnost očituje se u mogućnosti tiska s većom ili manjom gustoćom obojenja. Na takve mogućnosti najveći utjecaj ima kvaliteta tiskovne podloge

koja je u direktnoj ovisnosti sa sušenjem bojila. Kvalitetu prihvaćanja bojila može se izračunati pomoću jednadžbe:

$$f = \frac{D_{1+2} - D_1}{D_2} \times 100 \% \quad [1(2.3.8)]$$

kao postotak prihvaćanja bojila (f), gdje je (D_{1+2}) gustoća obojenja na istoj površini punog polja dviju boja mjereno filterom komplementarnim sa drugo otisnutom bojom, (D_1) gustoća obojenja prvog bojila na površini punog polja, (D_2) gustoća obojenja drugog bojila na površini punog polja. Što je postotak faktora primanja (f) veći, primanje bojila je bolje.

Pri određivanju vrijednosti prihvaćanja boje na boju potrebno je definirati relacije koje će biti u odnosu sa standardom prirasta rasterskog elementa.^[31] Problem prihvaćanja boje na podlogu ovisi i o veličini RTV-a. Prihvaćanje boje možemo računati i pomoću:

$$F_{tr} = \frac{1 - 10^{-D_{F1+F2}}}{1 - 10^{-(D_{F1}+D_{F2})}} \times 100\% \quad [2(2.3.8)]$$

gdje dobivamo vrijednosti (F_{tr}) ukupnog nanosa bojila, (D_{F1}) – gustoća obojenja punog polja prvo otisnute boje, (D_{F2}) – gustoća obojenja punog polja druge boje, (D_{F1+F2}) – gustoća obojenja punog polja otisnute obadvije boje, izmjerene komplementarnim filterom drugo otisnute boje. Dobiveni rezultati se mogu koristiti samo pri kontroli tiska unutar jedne naklade.^[11]

U ovom istraživačkom radu tiskanog na novinskoj tiskarskoj rotaciji GEOMAN, boja se nanosi redoslijedom CMYK.

2.3.9 Polje za kontrolu ujednačenosti obojenja (sivi balans)

Nekom vrstom kontrolnih stripova možemo smatrati i kontrolna polja sivog balansa. Kontrolna polja sivog balansa jako dobro poslužuju prilikom reprodukcije motiva koji imaju velik udio tiskovne površine u malim kromatskim vrijednostima. Polja sivog balansa pokazuju je li postignut uvjet optičke ravnoteže između boja. Pod kontrolnim poljem sivog balansa podrazumijevamo otisnut raster cyan, magente i žute (CMY) boje, jedno preko drugog, tako da zajedno daju akromatski tonalitet sive boje. Takav otisak se uspoređuje s

poljem na kojem je otisnut raster crne boje određene RTV-om, tako da se dobije jednaki stupanj sive boje. Uz navedena siva polja nikad se ne otiskuju šarena polja.

Kad su uvjeti i parametri u tisku izvan standarda, polje sivog tona sastavljeno od tri osnovne tiskarske boje C M Y neće dati osjećaj neutralne sive boje kao i polje otisnuto samo s crnom bojom. Navedene vrijednosti odnose se na premazane tiskovne podloge.

Navedena polja ujednačenosti obojenja (sivi balans) mogu se kontrolirati vizualno pomoću postojeće kombinacije rasterskih kontrolnih polja ili spektrofotometrom. Kod vizualnog ocjenjivanja okolina promatranog polja mora biti takva da ne utječe na doživljaj kromatičnosti navedenog polja.

Tablica 1. Neke od preporuka rasterskih vrijednosti sivog polja

	Cyan (RTV)	Magenta (RTV)	Žuta (RTV)	Crna (RTV)
ISO 12647-2:1996	40%	29%	30%	40%
ISO 12647-2:1996	25%	19%	19%	25%
ISO 12647-2:1996	50%	40%	41%	50%
ISO 12647-2:1996	75%	64%	64%	75%
FOGRA	28%	21%	19%	40%
FELIX BRUNNER	50%	41%	41%	40%

Kad se upravljanje tiskom obavlja uz pomoć spektrofotometra, mjerenjem obojenja polja sivog balansa dobivaju se CIE L*a*b* vrijednosti koje se uz izračun ΔE uspoređuju s rastertonskom vrijednošću crne boje. Odstupanja neutralno sive boje sivog balansa mogu se definirati uz određene tolerancije odstupanja od polja crne boje te se u tim slučajevima ne događa korekcija vrijednosti obojenja za vrijeme tiska. Korekcije obojenja dogodit će se samo kad su CIE L*a*b* vrijednosti sivog balansa van tolerancije. Na taj način vrlo kvalitetno se može upravljati tiskom, bez obzira na promjenu uvjeta tiska i poremećaje interakcija različitih tiskarskih parametara.

2.3.10 Ukupni nanos boje (TAC)

Ukupni nanos boje je vrijednost maksimalnog tona koji se može reproducirati tijekom tiskarskog procesa, odnosno maksimalna gustoća koja se može reproducirati na pojedinoj tehnici tiska na podlozi.

U proizvodnji novinskog tiska koristimo 4 boje CMYK i svaka boja u punom tonu može dati vrijednost 100%. Sa svakom bojom u maksimalnom nanosu teoretski možemo imati nanos boje od (total ink coverage) 400%. Ovakvu količinu nanosa boje u novinskom tisku bilo bi nemoguće prenijeti na podlogu. Kad obrađujemo i korigiramo sliku, definiramo željene maksimalne vrijednosti ukupnog nanosa bojila.

Za novinski tisak preporučena ukupna količina nanosa boje iznosi 240% (max 260%). Nanošena količina veća od preporučene dovela bi do otežanog sušenja, a time i upitne kvalitete. Nanos bojila možemo mjeriti pomoću denzitometra indirektno, ali nikako ne možemo reći da se nanos bojila mjeri pomoću denzitometra.

2.3.11 Gustoća obojenja

Najčešće reklamacije na kvalitetu tiska odnose se na nanos gustoće obojenja. Zbog tankog nanosa bojila u novinskom tisku koji ima najniže definirane vrijednosti $C=0.9$, $M=0.9$, $Y=0.9$, $K=1.1$ po *IFRA* standardima u kojima i tolerancije mogu biti minimalne.

$$D = \log \frac{1}{R} \quad [1(2.3.11)]$$

Gdje je (R) stupanj refleksije u rasterskom polju.

$$R = L_{ep}/L_{ew} \quad [2(2.3.11)]$$

gdje je (L_{ep}) – refleksija s rasterskog polja, a (L_{ew}) – refleksija s apsolutne bijele podloge. Denzitometar koristimo za određivanje gustoće nanosa obojenja punog tona za sve četiri procesne boje CMYK, odnosno stupanj refleksije svjetlosti u mjernoj površini.

2.4 Mjerni uređaji za kontrolu kvalitete

Uređaji koji se koriste u kontroli otiska neophodni su u definiranju kvalitete proizvoda. Direktno mjerenje boje ovakvim uređajima nije moguće, korištenjem indirektna metode određivanja nanosa vrši se mjerenje apsorpcijske svjetlosti s otiska pomoću *denzitometra* ili *kolorimetrijskim* mjerenjem vrijednosti obojenja. Navedenim uređajima mjere se stimulansi koji izazivaju osjećaj boje koja je određena ukupnim intenzitetom zračenja.

2.4.1 Denzitometar

Uređaj kojim se služimo za mjerenje optičke gustoće obojenja otisnutog bojila na tiskovnoj podlozi nazivamo denzitometar (eng. Density). Navedeni uređaj koristi se kao mjerni uređaj indikatora kvalitete tiskovnog proizvoda na površini punog tona. Denzitometar je jednostavan fotoelektrični uređaj koji mjeri refleksiju, odnosno transmisiju svjetlosnih elemenata određujući pritom veličinu optičke gustoće obojenja. Dobivena optička gustoća izražena je u obliku logaritamskih vrijednosti. Denzitometrom ne mjerimo debljinu boje nego samo stupanj refleksije i transmisije svjetlosti na otisku. Dobivene vrijednosti daju količinu gustoće obojenja na proizvodu.

Optička gustoća (D) matematički se definira kao logaritamska vrijednost opaciteta (neprozirnosti) na osnovi sljedećih formula:

$$\begin{aligned} D &= \log O \\ O &= 1/T, O = 1/R & T &= I_t/I_o, R = I_r/I_o & [1(2.4.1)] \\ D &= \log 1/T = \log (I_o/I_r) & D &= \log 1/R = \log (I_o/I_r) \end{aligned}$$

gdje (O) predstavlja oznaku za opacitet, (T) za transmisiju, a (R) za refleksiju. Oznaka (I_o) predstavlja intenzitet upadnoga toka svjetla, a (I_t i I_r) intenzitet transmitiranog odnosno reflektiranog toka svjetla.

Denzitometar ima nedefinirani izvor svjetla, a može imati ugrađeni polarizirajući filter, pomoću kojeg se mjeri gustoća obojenja njihovih komplementarnih boja suptraktivne sinteze. Svjetlo koje se emitira iz nekog izvora svjetla mijenja se ovisno o penetraciji tiskarske boje u podlogu dok se ostatak reflektira. Dio svjetla se apsorbira, a ostatak se odnosi na remisiju bjeline papira.

Kod denzitometarskog mjerenja važno je napomenuti da su refleksija i transparentija u osnovnoj funkciji valne dužine, koja za određivanje optičke gustoće mora koristiti određene funkcije koje opisuju na koji način refleksija i transparentija moraju biti definirane. S obzirom na vrstu uzorka koji mjerimo i njenu primjenu, optička gustoća se može razdijeliti na analitičku i integralnu.

Spektralnim denzitometrom možemo matematički simulirati sve filtere. Iz izmjerenih vrijednosti duljine vala mogu se odrediti odvojene kolorimetrijske vrijednosti i vrijednosti gustoće za procesne boje. Prednost mjerenja spektralne gustoće je u tome što se vrijednosti gustoće mogu utvrditi u bilo kojem dijelu spektra boja, pa se vrlo precizno može izmjeriti svaku spot boju u maksimalnom području gustoće. ^[12]

Denzitometarsko mjerenje rastertonske vrijednosti određenog polja određuje se mjerenjem dviju vrijednosti, bjeline papira (RTV 0%) i punog tona (RTV 100%).

2.4.1.1 **Analitička optička gustoća**

Mjeri se na jednoslojnim uzorcima i to filterom komplementarne boje. Navedeno mjerenje se koristi u proizvodnji kolor fotomaterijala za ispitivanje pojedinačnih slojeva.

2.4.1.2 **Integralna optička gustoća**

Integralna gustoća, predstavlja postotak pokrivenosti površine (D_i) u postotku, a mjeri se na višeslojnom uzorku. Integralna optička gustoća je zbroj analitičkih optičkih gustoća i pratećih optičkih gustoća nastalih zbog neželjene apsorpcije.

Denzitometarskim mjerenjem nanosa bojila na podlozi ne možemo direktno odrediti debljinu nanosa bojila nego indirektno zbog nepoželjne i raspršene refleksije koja se u većini slučajeva događa bez obzira na kvalitetu bojila. Rastertonska vrijednost predstavlja udio jedinične vrijednosti površine pokrivena bojilom izražene u postotku.

Denzitometri imaju, za razliku od spektrofotometara, nedefiniran izvor svjetla, a mogu imati ugrađene filtere (definiranih karakteristika) boja aditivne sinteze pomoću kojih se mjeri gustoća obojenja njihovih komplementarnih boja suptraktivne sinteze.

2.4.2 **Kolorimetar**

Kolorimetar je uređaj za mjerenje boje na način sličan ljudskom doživljaju. Mjeri tristimulusne vrijednosti boja objašnjavajući ih numeričkim načinom u pravilu podešenim prema krivulji standardnog promatrača. Mjerenje boja temelji se na uspoređivanju ispitivane boje s bojom nastalom u kolorimetru miješanjem osnovnih boja aditivne sinteze,

prema *Grassmanovim zakonima*. Vrijednosti se prikazuju u jednom od CIE prostora boja (XYZ, L*a*b* ili LUV).

Prednost uporabe kolorimetra je mogućnost izračunavanja ΔE razlike boja na temelju razlika u svjetlini, tonu i kromatičnosti. Glavni nedostatak kolorimetra je nemogućnost registriranja metamernih boja. Oni su ograničeni na standardnog promatrača i na samo jedan standardni izvor svjetla (D50 ili D65), pa ne mogu provjeriti poklapaju li se dva različita uzorka boja vizualno pod različitim izvorima svjetla.

2.4.3 Spektrofotometar

Spektrofotometar je uređaj koji mjeri promjene u refleksiji, transmisiji ili zračenju, u intervalima, duž valnih dužina vidljivog dijela spektra. Spektrofotometrijskim mjerenjem određuje se spektralna raspodjela fizičkog podražaja (stimulus). Kao rezultat mjerenja dobiva se spektrofotometrijska krivulja u valnom području od 350 μm do 750 μm .

Rad spektrofotometra se temelji na rastavljanju bijelog svjetla na pojedinačne valne dužine pomoću monokromatora, a zatim se tim izdvojenim pojedinačnim valnim duljinama osvjetljava ispitivani uzorak boje i bijeli standard (najčešće magnezij-oksidi, MgO). Kao monokromator koristi se prizma ili optička rešetka koja iz polikromatske svjetlosti izdvaja monokromatsku svjetlost.

Postupak se provodi duž čitavog spektra s monokromatskim svjetlom. Reflektirano svjetlo dolazi do fotočelije koja ih pretvara u električne impulse. Impulsi se dalje preračunavaju tako da se na skali mogu očitati faktori refleksije ili transmisije pri određenoj valnoj dužini u odnosu na bijeli standard. Suvremeni spektrofotometri sadrže informacije o CIE standardnom promatraču, krivuljama spektralne emisije za mnoge standardne izvore svjetla i mikroracunalo za izračunavanje CIE tristimulusnih vrijednosti.^[13] Na temelju CIE koordinata koje se mogu izračunati za boje pod različitim izvorima svjetla može se predvidjeti koji će izvori svjetla dovesti do pojave metamerije.

2.5 Konverzije standarda ofsetnog tiska

Postavljanjem sustava i parametara u kojima će vrijednosti unutar transformacije podataka o boji biti u optimalnim razmjerima i najmanje odstupati od svojih originalnih vrijednosti definiramo unutar konverzija.

2.5.1 CMYK konverzija u karakterizaciji

Kao osnovna konverzija u karakterizaciji boje u cilju dobivanja što kvalitetnijeg otiska, trebamo znati vrijednosti informacija CMYK konverzija. Tiskara bi trebala ustupiti vrijednosti za dot gain, color standarde, UCR/GCR, ink coverage, grey balance za papir koji je izabran. Drugi način da dobijemo zadovoljavajuću kvalitetu u konverziji je da dobijemo ICC profil od tiskare.

2.5.2 UCR, GCR i UCA metode konvertiranja boja

Separacije boje koristimo u pripremnom dijelu proizvodnje (redakcija) prilikom konverzije pomoću odgovarajućih profila.

UCR (*Under Color Removal*) separacija utječe samo na neutralna područje na slici. Tiskom osnovnih CMY boje korektnog sivog balansa dobiti ćemo prirodno sivi ton, koji možemo UCR separacijom zamijeniti sa rasterom crne boje koji će i dalje davati isti ton boje s drugačijim omjerom pojedinih boja. Prednosti korištenja UCR separacije je bolje prijanjanje boje na boju i povećanje kontrasta crne boje. UCR model separacije se najviše primjenjuje u novinskoj proizvodnji jer dovodi do ušteda u potrošnji boja.

GCR (*Gray Component Replacement*) koristimo kada želimo smanjiti sivo obojenje rastriranog područja bojila cijana, magente i žutog, sa povećanjem crnog bojila, kako bi se postiglo slično obojenje sa manjom količinom procesnih boja.

UCA (*Under Color Addition*) separaciju koristimo kada želimo pojačati siva područja, povećanjem osnovnih boja cijana, magente i žute.

2.5.3 CMS (*Color Management Systems*)

Color Management Systems je modul koji kontrolira kolorne konverzije između ulazno i izlazno prezentiranog kolornog prostora koristeći ICC profile. Color Management pomaže da se nosioc informacije (boja) što vjernije prikaže na svim korištenim uređajima. Primarni cilj kod upravljanja bojama je dobiti identičnu podudarnost informacija između različitih uređaja.

Color management systems omogućuje transformaciju informacije unutar uređaja gdje se mapiranje boje iz jednog uređaja informacija o boji prenosi u drugi uređaj. Transformacija uzima u razmatranje karakteristike oba uređaja i uvjete u kojima se dešava promatranje. Sistem omogućuje da se zadrži sve informacija nad bojama kroz transformaciju među proizvodnim procesima. U svojoj osnovi rada CMS koristi tri ključne komponente:

- Referentni prostor boja (*Profile Connection Space – PCS*)
- Modul sa algoritmom za usklađivanje boje (*Color Management Module - CMM*)
- ICC profili

Postoje četiri različita modula u color managementu koji se bave rješavanjem kolorne konverzije. Glavna razlika među njima je način na koji uspjevaju prevoditi boje u uređaje kolornih prostora.

2.5.3.1 **Perceptualno renderiranje**

Perceptualno renderiranje je metoda transformiranja kolora koja se uglavnom koristi kod konvertiranja grafičkih slika. Perceptualno renderiranje zadržava male razlike u kolorima i koriste se u želji približavanja osjećaja ljudskom oku da doživljava boje kao prirodne. Sama riječ percepcija referira se na to kako da oko i mozak rade zajedno te osjete - razumiju boju. ^[14] Konverzije boja perceptualnim renderiranjem zadovoljava bitne kriterije ekvivalentne i korespondirajuće reprodukcije.

2.5.3.2 **Apsolutno kolorimetrijsko renderiranje**

Želeći dobiti sličan odnos boja između originala i reprodukcije, koristi se kolorna konverzija apsolutnog renderiranja. Apsolutna metoda renderiranja se primarno koristi u simuliranju otiska s proof print uređajem. Metoda se koristi u situacijama kad je bitno reproducirati boju maksimalno, točnije s proof uređajem.

Karakteristika ovakve metode mapiranja je nejednolikost svijetlih tonova, koja može biti prouzrokovana tiskovnim podlogama.

2.5.3.3 **Relativno kolorimetrijsko renderiranje**

Navedenom metodom koristi se transformacija boje koja se nalazi izvan gamuta reprodukcije i obavlja se prema najbližoj boji koja ima istu svjetlinu. Kod relativnog kolorimetrijskog renderiranja definirana je bijela boja. Metoda se koristi u slučaju kad želimo dobiti optimalan odnos boje na otisku i originalu. Perceptualna konverzija može

uzrokovati gubitak kontrasta i saturacije na slici, a u tom slučaju relativna konverzija može dati bolji rezultat.

2.5.3.4 Saturacijsko renderiranje

Saturacija je vrsta mapiranja koja se preferira kod upotrebe rada s objektima gdje nije bitan točan odnos među bojama nego njihov intenzitet. Glavna karakteristika saturacijskog renderiranja je transformacija boje koja se nalazi izvan gamuta reprodukcije ili na samom rubu. Glavni elementi koji se moraju uzeti u obzir radeći konverziju za tisak su: vrsta papira, tiskarski proces i polutonski rasterski elementi.

Pomoću ta tri glavna parametara definira se i odlučuje kakva će biti crna generirana u odnosu na ostale tri boje, koji level koristiti UCR ili GCR. Sva tri efekta utječu na dot gain do kojeg dolazi u tiskarskom procesu i u proizvodnji na pločama.^[15] Kod konvertiranja slike mora se postaviti i vrijednosti za nanos boje GCR UCR, sivi balans i kolorne standarde za pojedinu tehniku tiska.

2.5.4 PCS (*Profile Connection Space*)

Referentni prostor boja (PCS) osigurava postojanost boje kroz sve uređaje u kojima se koristi. PCS funkcionira kao središte koje skuplja informacije iz svih ulaznih uređaja te ih šalje prema izlaznim uređajima. Svaka veza objašnjava reprodukciju boja pojedinog uređaja i naziva se profilom uređaja (device profile). Prostori boja prema klasifikaciji mogu biti podijeljeni u dvije osnovne grupe: prostori boja ovisni o uređaju (device dependent) i prostori boja neovisni o uređaju (device independent).

Prostori boja koji su ovisni o uređaju na kojem se primjenjuju orijentirani su na fizičke komponente i karakteristike samog uređaja. Ovisi o kromatskim karakteristikama primarnih boja koje se koriste kod procesa bojanja.

Prostori boja neovisni o uređaju definiraju boju na bazi percepcije standardnog promatrača, a ne na mogućnostima uređaja. Najvažnija grupa prostora boja neovisnih o uređaju temelji se na postavkama CIE komisije iz 1931. i 1964. godine.

2.5.5 CMM (*Color Matching Module*)

Color Matching Module (CMM) je dio unutar CMS sustava koji vrši transformaciju informacija između uređaja. Colour matching je osnovni dio uređaja koji vrši matematičke operacije konvertiranja RGB ili CMYK vrijednosti boja koristeći CIE L*a*b* podatke, odnosno tumači ICC profil i u tom svojstvu transferira boje koje su izvan gamuta izvornog

uređaja u paletu boja koja se može producirati pomoću odredišnog uređaja. Numeričke vrijednosti boja iz izvornog prostora boja preračunava u vrijednosti referentnog prostora boja (PCS).^[16]

Color matching module se može nalaziti u okviru CMS ili kao zasebni dio operativnog sistema (Adobe ACE, Microsoft ICM, Apple ColorSync itd.). Renderiranje iz jednog gamuta u drugi obično zahtijeva kompromis pa se koristi metoda renderiranja iste kao kod CMS principa: *Perceptual, Saturation, Relative i Absolute* proces renderiranja.

2.5.6 ICC (*International Color Consortium*)

International Color Consortium (ICC) organizacija se bavi standardima u sustavu za upravljanjem boja. Profili u procesu usklađivanja boje predstavljaju informaciju o karakteristikama reproduciranja za određeni uređaj. Svrha ICC profila je da osigura protok identičnih informacija među platformskim uređajima. Specifikacije unutar ICC profila su definirane mogućnostima tiskarskih mašina da bi korisnicima osigurali što kvalitetniji proizvod. ICC profile možemo podijeliti u četiri glavne komponente:

- *Profili uređaja (RCS)* Reference Color Space, neovisni prostor boje unutar uređaja
- *Profili prostora boja (CPS)* Color Space Profile, sadrže podatke koji su potrebni za translaciju informacija
- *Apstraktni profili (Abstract Profiles)* omogućuju aplikativnim programima korištenje različitih specijalnih efekata s bojom.
- *Profili povezivanja (Device Linked Profiles)* kombiniraju profile različitih uređaja u jednom reprodukcijском lancu.

U pripremnom dijelu proizvodnje koristimo *ICC profile* kao alat za pretvorbu boja. Kad koristimo *Color Management systems* sva tri faktora utječu na dobivanje finalnog rezultata. Profil uspoređuje kako uređaj reproducira boju u usporedbi s referentnim vrijednostima boja temeljenim na CIE L*a*b* vrijednostima boja. Razlike između tih dviju vrijednosti su temelji za dobivanje ICC profila. Razlike između vrijednosti generiraju informacije koje s obzirom na kolorne kompenzacije, dobivaju iste kolorne vrijednosti kao referentne vrijednosti na kolornoj mapi.^[17]

Pojedini proizvođači daju profile sa svojim proizvodima (skeneri, printeri). Ima i nekoliko programa na tržištu koji mogu kreirati profile: Agfa, Heidelberg, profilmaker pro. Za

stvaranje profila treba software i standardna kolorna paleta s različitim referentnim poljima. Podaci su printani, skenirani ili tiskani, te se uspoređuju s referentnim vrijednostima. Rezultate mjerimo pomoću spektrofotometra. Izgled kolornih polja definira se ISO standardima IT8.

Vrlo je bitno znati kakav odnos boje treba biti između originala i reprodukcije. Ono što je ljudskom oku važno je odnos točnosti i osjećaj ugodnosti. Zbog toga je 2001. godine definiran ICC standard

2.5.7 CIE (*International Commission on Illumination*)

CIE je izvedenica iz francuskog naziva (Commission internationale de l'éclairage). Internacionalno udruženje osnovano 1913. godine sa namjenom proučavanja svjetla, osvjetljenja, boja, prostora boja. Među glavnim karakteristikama dobivanja kvalitetnog otiska je točno definiranje boja. CIE model boja zasniva se na činjenici da različite spektralne distribucije mogu proizvesti istu boju. Model je temeljen na eksperimentu proučavanja ljudske percepcije boja počevši od rane 1930. godine. Zaključeno je da percepcija boja kod ljudi može biti opisana pomoću tri osjetljive krivulje. CIE model ima podjelu na CIE $L^*a^*b^*$ i CIEXYZ. CIE model boja ima točno određene svjetlosne dužine za primarne boje: plava = 435.8 μm , zelena = 546.1 μm , crvena = 700 μm .

S CIE kromacitetom boje se mogu usporediti, bez uporabe uzoraka, direktno iz mjernih instrumenata. Većina tehnika za mjerenje boja ima ozbiljan nedostatak utvrđivanja boja uspoređujući boje s uzorcima iz nekog referentnog sustava. Često je potrebno točno i objektivno utvrditi boju tako da proizvođač može proizvesti određeni ton boje za točno definirane uvjete. U takvim situacijama pomože i katalog uzoraka boja.

CIE-sustav boja je čisto matematička konstrukcija, kao i većina matematičkih modela. Osnova za taj model su takozvani "normalni" promatrači. "Normalni" promatrač je hipotetski promatrač koji vidi normalne boje i posjeduje određeno vidno polje. Bio je zasnovan na temelju prosječnog znanja boja mnogih testnih subjekata. Iz testnih rezultata CIE udruženje je dalo dokaze, prema bilješkama, kako pinete kod prosječnih ljudi reagiraju na crvenu, zelenu i plavu.^[18]

"Normalni" promatrači i CIE dijagram, koji su temeljeni na sposobnosti čovjekove percepcije, temelj su za objektivno mjerenje boja koji se slaže s uzorcima boja. CIE sistem je samo model mjerenja boja i zasniva se na fizičkoj bazi na kojoj boje mogu biti izmjerene uz pomoću spektrometra.

Pozicija boja u CIE sistemu boja je definirana pomoću tri karakteristike: boja T pokazuje mjesto na vanjskoj liniji, zasićenje/intenzitet S determinira udaljenost od točke bezbojnosti, a osvjetljenje Y determinira razinu boje.

2.5.8 ISO (*International Organization for Standardization*)

ISO (International Organization for Standardization) je organizacija koja se prvenstveno bavi definiranjem i uspostavom standarda. Cilj svakog dijela u procesu tiska je što kvalitetnija reprodukcija originala. Da bi se što točnije transferirala informacija o boji iz jednoga medija u drugi i da su performanse medija pri tome što stabilnije, provodi se postupak kalibracije i karakterizacije. ISO organizacija ne definira metode samih standarda za pojedine uređaje nego potrebne zahtjeve i specifikacije koji se trebaju ispuniti da bi se osigurao standard koji svaki otisak treba zadovoljiti. Pomoću ISO standarda definirani su procesi rada s ciljem vrijednosti i tolerancije, a ne proizvod rada.

Unutar specifikacija *ISO/IEC Guide 2:2004 (EN 45020)* organizacije imamo podjelu unutar 7 kategorija standarda: *Testing standard* – standardi koji se bave procesima metoda testiranja; *Process standard* – standardi koji specificiraju zahtjeve koji trebaju biti ispunjeni procesom; *Basic standard* – standardi koji imaju široko područje djelovanja; *Product standard* – standardi koji specificiraju proizvodne zahtjeve koji trebaju biti ispunjeni procesom; *Interface standarde* – standardi koji specificiraju potrebe vodeći evidenciju o kompatibilnostima produkta ili sistema; *Terminology standard* – standardi koji definiraju uvjete; *Services standarda* – standardi koji trebaju biti zadovoljeni servisnim dijelom. Standardizaciju vrijednosti u grafičkoj tehnologiji definirana je unutar kategorije standarda ISO 12647 – x, unutar kojih imamo podjelu na 8 cjelina.

ISO 12647-1:2004 Parametri i mjerne metode

ISO 12647-2:2004 Ofset proces proizvodnje

ISO 12647-3:2004 Ofsetni novinski tisak

ISO 12647-4:2005 Tisak publikacija i gravura

ISO 12647-5:2001 Rasterski tisak

ISO 12647-6:2006 Flekso tisak

ISO 12647-7:2007 Procesi rada direktno sa digitalnih podataka (proof)

ISO/DIS 12647-8 Provjera postupaka ispisa direktno iz digitalnih podataka

Standardizacija procesa ofsetnog tiska pomoću ISO 12647-3:2004 standarda, na temelju čijih specifikacija se radilo i ovo istraživanje doveli su do toga da se točno definiraju: parametri i načini ispitivanja, proizvodni ciklusi, kolorimetrijske vrijednosti, specifikacije rada s bojama i pojedinim podlogama, prirast rastertonskih vrijednosti u ovisnosti o podlozi i ostale parametre neophodne za dobivanje kvalitetnog otiska.

2.5.8.1 ISO specifikacije ofsetnog tiska

Prema međunarodnom IFRA quality standardima ISO 12647-3:2004 izvršena je proizvodnja navedenog istraživanja. Tiskara Zagreb, u čijim se proizvodnim pogonima odvijalo ovo istraživanje, članica je IFRA Quality Club 2008., kojoj je i dodijeljen certifikat *Ifra/ISO Quality Certificate*. ISO 12647-3 certifikat se odnosi na tiskanje samog produkta i dokaz je da se proizvodnja, a i njen dobiveni produkt odvija po najstrožim svjetskim standardima. Specifikacijske vrijednosti navedene pod oznakom ISO 12647-3:2004 predstavljaju preporuke za dobivanje kvalitetnog proizvoda

INCQC (*International Newspaper Color Quality Club*) je jedina svjetska organizacija za kvalitetu novinskog tiska. Cilj joj je poboljšati kvalitetu gotovog proizvoda i tiska u njenom proizvodnom dijelu, a isto tako potaknuti konkurentnost, kao i edukaciju motivirajući dio osoblja. Testiranja i analize za dobivanje INCQC se odvijaju svakih dvije godine.

2.6 Kalibracija i karakterizacija strojeva i uređaja

Da bi došlo do uspješnog provođenja kolornih postavki (*color management*) kroz sve proizvodne dijelove i da bi se dobio kvalitetan i ujednačen otisak visoke kvalitete kroz cijeli reprodukcijski proces, potrebno je ukomponirati i uskladiti kolorne postavke i gamut boja provođenjem kalibracijskih i karakterizacijskih postavki različitih uređaja.

Kalibracija je postupak mijenjanja načina rada uređaja u želji postizanja stabilnosti i konzistencije. Karakterizacija je postupak kojim se registrira način rada uređaja i stvara profil uređaja. Karakterizacijom se ne mijenja način rada uređaja nego se stvara profil koji opisuje ponašanje uređaja.

Profil uređaja povezuje vrijednosti RGB ili CMYK boja koje daje uređaj sa vrijednostima neovisnima o uređaju CIEXYZ ili CIE $L^*a^*b^*$ koje predstavljaju boje vidljive standardnom promatraču. Profil sadrži informacije o tri osnovne varijable koje opisuju ponašanje uređaja; informaciju o gamutu, dinamičkom rasponu i informacije o reprodukciji tonova koje uređaj može postići.

Za dobivanje kvalitetne i konzistentne reprodukcije potrebno je uređaje za probni otisak kalibrirati sa točno definiranim profilima. Kalibracija je ugađanje i podešavanje uređaja i njegovih procesa, tako da se dobivene vrijednosti mogu ponavljati. Da bi se mogla ostvariti visoka kvaliteta i konzistentnost u reprodukciji boja, potrebno je osigurati kvalitetu uređaja koji reproducira dobivenu informaciju.

Mjerenjem pomoću kolorimetra ili spektrofotometra omogućujemo karakterizaciju uređaja. Proces karakterizacije se obavlja nakon kalibracije uređaja, opisuje ponašanje uređaja i sadrži podatke o bojama koje uređaj može generirati, odnosno o opsegu obojenja (gamutu) koji je moguće dobiti tim uređajem, s pridruženim kolorimetrijskim vrijednostima boja.

Najveći nedostatak u postizanju kvalitetne transmisije informacija je konzistentnost i pouzdanost proizvodnih dijelova koji prikazuju informaciju na različitim uređajima. Kalibrator je uređaj za mjerenje koji uz pomoć programa usklađuje trenutne boje sa standardima.

Stabilizacija i ujednačenost svih pret proizvodnih tiskarskih uređaja (*pre-press*) je neophodna za dobivanje kvalitetnog rezultata. S vremenom i korištenjem karakteristike uređaja se degradiraju pa je potrebno njihovo konstantno održavanje i kalibriranje. Njihovo periodično neodržavanje (kalibriranje) izaziva promjene u kvaliteti viđenja i definiranja boja, koje na kraju umanjuju i kvalitetu gotovog proizvoda.

2.6.1 Metodologija procesa kalibracije tiskarskog stroja

Kalibracija tiskarskog stroja ovisi o mnogo faktora koji se moraju uzeti u obzir, počevši od bojila, vrsti tiskovne podloge i uvjetima tiska. Proces kalibracije bi se trebao odvijati nakon svake promjene materijala na stroju npr. guma, otopina za vlaženje, boja... Proces kalibracije stroja odvija se paralelno na oba tornja rotacijskog stroja Geoman. Postupak kalibracije se može podijeliti u pet osnovnih faza:

Prva faza rada je izrada lineariziranih tiskovnih formi. Pod navedeni proces podrazumijevamo pripremu testne forme koja mora sadržavati mjerna polja s rasterskim vrijednostima od 0% do 100%, za sve četiri boje (CMYK). Testne forme su osvijetljene na CTP uređaju bez ikakvih kompenzacijskih krivulja, osim linearizacijske krivulje, što jamči linearno osvijetljenu ploču. Na kontrolnim stripovima pomoću spektrometrijskih i denzitometrijskih uređaja obavljamo kontrolu boje.

Druga faza rada je tisak testne forme. Proces tiska počinje s malim nanosima bojila (CMYK boja) i kontinuiranim povećavanjem sve do prekomjernog nanosa. Stalnim mjerenjem i praćenjem otiska, nanose bojila moramo dovesti do idealnih vrijednosti u okviru ISO standarda. Proces otiskivanja se odvija po IFRA standardima. Odabire se nekoliko najboljih uzoraka i na njima vrši se mjerenja prijenosa rastertonskih vrijednosti na podlogu.

Treća faza rada je mjerenje otisnutog arka papira. Prvo mjerimo i provjeravamo promjene unutar gustoće obojenja po cijeloj širini arka. Razlika između najmanje i najveće vrijednosti gustoće obojenja ne smije prelaziti 10%, a ako vrijednosti slučajno prelaze tada treba podesiti valjke za razribavanje bojila. CIE L*a*b* vrijednosti boja (ISO 13655 uvjeti mjerenja: 0/45, D50, 2°, CIE L*a*b*) i odgovarajuće vrijednosti gustoće obojenja punih polja mjere se na uzorcima u mokrom stanju. Pohranjuju se kao vrijednosti za mokri arak, a ti će se podaci koristiti kao ciljane vrijednosti u sljedećoj fazi rada. Pojedinačni arci iz serije tiska se vrednuju najranije nakon 20 sati zato što se standardne CIE L*a*b* vrijednosti odnose na osušeni arak i to na temelju srednje vrijednosti tri mjerenja za svaki toranj. Pomoću Murray-Daviesove formule preračunava se vrijednost postotka rastera. Utvrđuje se prirast rastertonskih vrijednosti na otisku (eng. Dot gain ili Tone Value) i postavlja se kao osnova za bilo kakve promjene ili podešavanja LUT krivulja (eng. Look

Up Table) na RIP-u za CMYK boje. Iz dobivenih srednjih vrijednosti za svaki toranj uzima se srednja vrijednost za cijeli stroj.

Četvrta faza rada je izrada korigiranih tiskovnih formi i ponovni tisak. Nakon korekcije LUT krivulja na RIP-u, tiskovne forme se ponovno osvjetljavaju i tad se tiska novim gustoćama obojenja punog polja.

Peta faza rada verificira i analizira rezultate na otisku. Provjera vrijednosti rezultata na otisku koji su nastali promjenama u podešavanju LUT krivulja na RIP-u. Postignute vrijednosti u tisku moraju odgovarati denzitometrijskim specifikacijama punog tona te specifikacijama vezanim za prirast rasterskog elementa prema kategorizaciji prirasta ovisno o vrsti tiskovne podloge. Pojedinačni parametri (CIE L*a*b* vrijednosti, gustoća obojenja, povećanje tonske vrijednosti) ponovno se sprema kao parametri tiska i postave kao ciljane vrijednosti.

Proces kalibracije se mora ponoviti za svaku promjenu tipa papira ili boje, pojedinačno postaviti jer kolorimetrijske vrijednosti i povećanje tonske vrijednosti ovisi o materijalu na kojem se tiska.

2.7 Boja

Subjektivni osjet koji nastaje kao posljedica djelovanja elektromagnetskog zračenja nazivamo boja. Naše oko ima tri tipa receptora za boje u obliku čunjića i može vidjeti samo tri spektralna područja: crvenu, plavu i zelenu (RGB). Ovisno o valnoj duljini podržavan je različiti receptor u oku koji stimulira određenu boju. Ljudsko oko može razlikovati u vidljivom spektru oko 160 različitih nijansi boja. Najveća osjetljivost oka je kod većeg intenziteta osvjetljenja (dnevno svjetlo).

RGB boje nazivamo primarnim bojama aditivne sinteze. Miješajući te tri boje u našem mozgu stvaraju se sve ostale vidljive boje. Sve boje spektra imaju različite valne duljine i frekvencije. Crvena se nalazi na donjem kraju spektra i ima višu valnu duljinu, ali nižu frekvenciju od ljubičaste koja se nalazi na vrhu spektra, a ima nižu valnu duljinu i višu frekvenciju.

S psihofizičkog stajališta tri su glavne karakteristike boje kao vizualnog osjećaja i percepcije: ton boje, zasićenost i svjetlina.^[19]

ton boje – je kvaliteta boje određena valnim duljinama zraka svjetlosti koje u oku izazivaju osjećaj boje. Ton boje definira vrstu boje.

zasićenost (saturacija) – je mjera za čistoću boje. Stupanj zasićenosti govori o odsutnosti bijele boje u nekoj šarenoj boji. Mali stupanj zasićenja kaže da je boja blijeda.

svjetlina (luminacija) - je sadržaj crne boje u nekoj šarenoj boji. Stupanj tamnoće, kod čega crno daje najveći stupanj tamnoće, ton boje je jednak nuli.

2.7.1 Miješanje boja

Kvaliteta vizualne komunikacije između boja u proizvodnji i tisku od iznimne je važnosti da bi se mogao dobiti otisak identičan ili što je moguće sličniji originalu. Svaka boja nastaje miješanjem tri osnovne boje. Kvaliteta fotografija dobivena miješanjem boja na ekranu i u tisku u mnogo segmenata se razlikuju.

Miješanje boje dijelimo na aditivno i suptraktivno, a osim te dvije osnovne podjele, razlikujemo optičko i rastersko miješanje.

2.7.1.1 Aditivno miješanje boja

Temeljnim i osnovnim sustavom miješanja boje smatra se aditivno miješanje. Zasniva se na zbrajanju pojedinih komponenti unutar osnovnog spektra boja RGB. Boje aditivne sinteze se koriste u procesuiranju vizualnih signala u uređajima kao što su LCS, monitori,

printeri, skeneri. Aditivno miješanje boje ili aditivna sinteza je postupak u kojem se miješaju primarni podražaji boja koji istovremenim emitiranjem primarnog izvora svjetla emitiraju ljubičasto-plavu, zelenu i crvenu boju.

Kada bi vidljivi dio spektra podijelili na tri približno istovjetna dijela unutar spektralnog područja (područje kratkih, srednjih i viših valnih dužina) i prikazali na podlozi, dobili bismo osnovne boje aditivne sinteze. Svaku boju ili nijansu pojedine boje može se dobiti miješanjem triju osnovnih boja aditivne sinteze

Aditivno miješanje ili dodavanje boja sastoji se od (R) crvene, (G) zelene i (B) modre boje, gdje zbrajanjem boja zelena + modra = modrozeleno (cyan); zelena + crvena = žuta (yellow); modra + crvena = purpurna (magenta)

Miješanje osnovnih boja aditivne sinteze u punom intenzitetu emitiranja oko će percipirati bijelu boju. Ako se smanjuje stimulans emitiranja pojedinog intenziteta svjetlosti unutar boje, dobiva se tamnija boja, dok isključivanjem svih stimulansa u području spektra boja dobivamo crnu boju.

2.7.1.2 **Suptraktivno miješanje boja**

Suptraktivna sinteza se temelji na oduzimanju pojedinih područja valnih duljina svjetlosti. Osnova suptraktivne sinteze je promjena u doživljaju boje modulacijom svjetlosnih podražaja nastalih reflektiranjem s podloge ili njenim prolaskom. Suptraktivna sinteza isto kao i aditivna polazi od bijelog svjetla, osim što se kod navedene sinteze pomoću pojedinih filtera određenih bojama oduzimaju pojedini dijelovi spektra.

Primarne boje suptraktivne sinteze su zeleno-plava (C), purpurna (M) i žuta (Y). Miješanjem svih tih boja dobivamo crnu. Osnovne boje koje se koriste u tisku su CMY + (K) crna. Miješanjem samo dviju boja suptraktivne sinteze generiramo sekundarne boje u tisku. Boje suptraktivne sinteze nastaju oduzimanjem pomoću filtera pojedinih dijelova spektra od bijelog svjetla: bijela-modro = žuta (yellow); bijela-zelena = purpurna (magenta); bijela-crvena = modrozeleno (cyan).

Akromatske boje su bijela, crna i siva. To su boje koje se ne nalaze u spektru. Nazivamo ih još i ne šarenim bojama. Dodavanjem akromatskih boja kromatskim bojama dobivamo tonove kromatskih boja. Totalnim suptraktivnim miješanjem nastaje crna boja.

2.7.2 Optičko miješanje boja

Optičko miješanje boja zasniva se na tromosti oka i ovisi o svakoj pojedinoj osobi te o njenom viđenju boja. Dolazi do stapanja pojedinih osjeta boja, zbog fizioloških ili psiholoških sposobnosti za osjet ili doživljavanje boja

2.7.3 Rastersko miješanje boja

Rastersko miješanje boja je drugačije od gore navedenih. Do rasterskog miješanja boja dolazi zbog površinske refleksije, totalne refleksije sa sloja tiskarske boje, zbog utjecaja debljine sloja tiskarske boje, pojave rasterskog polja do kojeg dolazi zbog raspršivanja svjetla o papir, utjecaja podloge i sl. Rastersko miješanje boja sadrži elemente optičkog, suptraktivnog i aditivnog miješanja boja

Kod rasterskog miješanja boja modularna obojenost nastaje kombiniranjem i prekrivanjem rasterskih točkica, zasićenjem rasterskih točkica ili uporabom pojedine vrste rastera, dok svjetlinu korigiramo dodavanjem onih točkica koje su komplementarne osnovnoj obojenosti. Osim navedenih dolazimo i do ne otisnutih površina podloge, odnosno elemenata bijelog. Zbog kombinacija mogućih miješanja boje dobiva se osjećaj jedinstvene boje.^[20]

Rastersko miješanje boje možemo opisati kao stapanje pojedinih osjećaja boja koji je prouzročen suptraktivnim miješanjem osnovnih boja, uz moduliranje pojedinih dijelova rasterskih elementa koje ljudsko oko ne može razdvojiti.

2.7.4 CIE L*a*b* prostor boja

Godine 1976. CIE komisija je kreirala CIE L*a*b* i L*u*v* kolorne prostore boja koji su nastali kao pokušaj rješenja perceptualne ne uniformiranosti. Da bi se objektivno moglo odlučiti i definirati željeno viđenje boje, mjerenja se vrše pomoću spektrofotometra. Spektrofotometrijska mjerenja u tisku, kao i prostor boje koji se upotrebljava u grafičkoj tehnologiji pri definiranju boja te toleranciji između boja definiramo CIE L*a*b* sustavom.^[21]

To je trodimenzionalni model prikazivanja boja, nastao iz CIEXYZ sistema i temelji se na ljudskoj percepciji boja. L*a*b* koordinate sustava određuju karakteristike psihofizičkim djelovanjem, što se postiže primjenjivanjem kromatske adaptacije nelinearnog vizualnog odziva boje. Upravo rad s točno određenim bojama s računalnim perifernim uređajima kao što su na primjer monitor, skener i printer zahtijeva međunarodnim valjani prostor boje

koji garantira komunikaciju boja. Standardizirani prostor boje iz CIE L*a*b* sistema poretka boje kreira ne samo bazu za profesionalno upravljanje bojom nego uz to nudi još jedan veći izbor boja nego na primjer RGB i CMYK modeli boja.

On pretvara nezavisan uređaj kodiranja boja iz RGB i CMYK modusa u CIE L*a*b* modus boja i može se, primjerice, koristiti direktno u programima za obradu slika kao što je na primjer Adobe Photoshop. CIE L*a*b* je temeljen na trodimenzionalnom sustavu koji se sastoji od četiri obojene plohe koje se nalaze u sredini sistema između obje osi boja, crveno – zelene (a-os) i plavo – žute (b-os).

Na a-osi su pozitivne vrijednosti (+a), kao i crvena boja i negativne vrijednosti (-a), kao i zelena nijansa boje. Na b-osi su pozitivne vrijednosti (+b), kao i žuta i negativne vrijednosti (-b) prikazana u plavim tonovima. Na rubovima leže spektralne boje s najviše zasićenja (S 100), prema osi se zasićenje smanjuje (S 0). Vertikalna L-os (osvjetljenje) predstavlja osvjetljenje od crne (0) prema bijeloj (100).

U tom prostoru boja sad je moguće predstaviti svaku boju: svaka boja može biti jasno određena pripadajućim koordinatama.^[22] CIE L*a*b* uz svoje najvažnije prednosti koje se odnose na uvođenje svjetline kao treće dimenzije i koordinata koje slijede zonsku teoriju, te formule za izračunavanje kolorimetrijske razlike koje su pridonijele širokoj primjeni u upravljanju bojama, ima i mogućnost predviđanja prikazivanja boja (što je posljedica uvođenja kromatske adaptacije, pa se koristi i kao model prikazivanja boja u mnogim aplikacijama).

2.7.5 Gamut

Gamut pokazuje opseg informacija o boji koji uređaj može reproducirati. Osnovni zadatak svake reprodukcije je ujednačavanje doživljaja između gamuta na originalu i reprodukciji što stvara prividan osjećaj boje u ljudskom oku koji tu boju doživljava identično originalu. Zbog tromosti ljudskog oka ponekad su važniji međusobni odnosi između boja nego njihove precizne vrijednosti u odnosu na original.

Boje koje se nalaze izvan gamuta pojedinog medija, a žele se reproducirati, moraju se smjestiti unutar gamuta koje dani uređaj može prikazati. Taj postupak naziva se mapiranje gamuta. Za boje koje su unutar gamuta provodi se mapiranje između kontrolnih vrijednosti uređaja i CIE prostora boje. Veći gamut profila omogućuje nam i veći raspon boja koje možemo reproducirati.^[23]

2.8 Tiskarski materijali

Tiskarske metode i vrste materijala upotrebljavane u proizvodnji mogu utjecati na kolornu reprodukciju. Za dobivanje grafičkog otiska nužna je uporaba dva osnovna materijala: tiskovne podloge i tiskarske boje. Kao tiskovne podloge mogu se koristiti različiti materijali.

U ovom istraživanju, kao i u novinskom tisku, korištena tiskovna podloga je papir. Svaka tiskovna metoda i tiskovna podloga razlikuju se po količini boje koja može biti nanescna ili apsorbirana. Što se više boje može staviti na podlogu, to je širi opseg boja i bolja reprodukcija. Najbolji primjer kako tiskarske metode mogu utjecati na kolornu reprodukciju je vidljiv u ofsetnom tisku. Boja se nanosi jedna na drugu prije njihova sušenja, takav princip nazivamo tisak mokro na mokro. Zbog toga nije moguće reproducirati cijeli gamut boja koji bi se teoretski trebao. ^[24]

2.8.1 Tiskarske boje

Uloga boje je da sliku i tekst sa tiskovne forme prenese na tiskovnu podlogu sa što je moguće manje gubitaka u informaciji. Zadatak tiskarske boje je da što bolje odrazi kontrast boje o podlogu sa svim svojim detaljima, koji zajedno daju cjelinu reprodukcije.

Tiskarske boje razlikujemo prema fizikalno-kemijskim svojstvima koje se razlikuju ovisno o tehnici tiska, tiskovnoj podlozi i tiskarskom stroju na kojem se tiska. Boja se koristi kao osnovni materijal za tisak grafičkih proizvoda, koriste se različite tiskovne podloge i odgovarajuće im tiskarske boje. Različite tiskovne podloge i brzine tiska uvjetuju uporabu tiskarskih boja različitih svojstava koja odgovaraju točno definiranoj tiskarskoj tehnici i tiskovnoj podlozi.

Sastav boja i njene komponente variraju ovisno o vrsti tiska, čak i tipu stroja na kojima se tiska. Različite su ovisno o načinu tiska, tisak iz arka ili tisak iz role. Također ih razlikujemo ovisno o mehanizmu sušenja: sušenje boje penetracijom bez utjecaja dodatnih pomagala ili utjecajem raznih uređaja za sušenje (UV zračenjem, IR zračenjem ili snopom elektrona).^[22] Boje često definiramo i po njihovoj namjeni: (boje otporne na površinska oštećenja, ambalažne boje, otpornost boje na izbljeđivanje, boje za prehrambenu namjenu, boje korištene za lijekove i ambalažu za dječje igračke).

Boju možemo podijeliti i po njoj konzistenciji, brzo ili sporo prijanjanje na tiskovnu podlogu, njoj pokrivenosti, jačini obojenja, sušenju boje, mogućnošću prašenja...

Tiskarska boja je složeni koloidni i molekularni disperzni sustav čije ponašanje u procesu tiska ovisi o kemijskom sastavu boje od kojih se sastoji: pigmenata, bojila, punila, veziva (ulja, smole, otapala), sušila (sikativi), raznih dodataka kao osnovnih komponenti kojima se definiraju tiskarske boje. Nanos boje na tiskovnim elementima je samo nekoliko mikrona i zavisi o tehnici tiska i tiskovnoj podlozi, a kreće se od približno od 2 do 60 mikrona, dok je debljine filma otisnute boje za offset ~ 2 - 3 mikrona

2.8.1.1 Osnovne karakteristike tiskarskih boja

Tiskarske boje potrebno je prilagoditi različitim uvjetima otiskivanja, različitim tehnikama tiska, brzinama otiskivanja i tiskovnim podlogama. Osnovna svojstva tiskarske boje su:

Konzistencija opisuje stanje boje u masi. Obuhvaća svojstva kao što su: kohezija, adhezija, viskoznost, tečenje, granica tečenja, tiksotropija i površinska napetost. Konzistencija tiskarske boje mijenja se promjenom temperature i određenog stupnja miješanja, a do promjena može doći i s vremenom stajanja boje. Prema konzistenciji razlikujemo dvije vrste boja: "rijetke" (fluidne, rukovanje njima je jednostavno) i "guste" boje, odnosno boje lake i teške konzistencije. U novinskom tisku koristimo boje guste konzistencije.

Adhezija je privlačna sila među česticama različitih tvari i o njoj gotovo izravno ovisi ljepljivost. Kad govorimo o adheziji između tiskarske boje i tiskovne podloge, zapravo prvo mislimo na „močenje“ tiskovne forme bojom prije otiska na tiskovnu podlogu. Sposobnost „močenja“ određene boje određuje se jačinom sila između čestica boje i materijala od kojeg je napravljena tiskovna forma. Sile adhezije moraju biti dovoljno jake kako bi se boja prihvatila na tiskovnu formu i zatim u cijelosti prenijela na tiskovnu podlogu. Boja se treba dobro prenositi s tiskovne forme na tiskovnu podlogu, a ne smije ostati na tiskovnoj formi ili čupati papir koji se najčešće rabi kao tiskovna podloga.

Kohezija je privlačna sila između čestica iste tvari. Za tiskarsku boju je najvažnija kohezija veziva. Razlikujemo tiskarske boje jake kohezije, tiskari ih obično nazivaju "duge" boje jer se pri odvajanju tiskovne forme od tiskovne podloge razvlače u duge niti. Za razliku od njih, "kratke" boje su tiskarske boje sa slabom kohezijom koje se razvlačenjem prekidaju.

Duga boja u procesu tiska razvlači se u dugačke niti. Te boje su obično previše ljepljive i zbog pucanja niti uzrokuju prašenje boje. Ta prašina pada na otisak te se lijepi za otisak i

za tiskovnu formu, što u konačnici rezultira mazanjem otiska, odnosno nekvalitetnim tiskom. Duge boje daju oštar otisak.

Kratka boja ima malu ljepljivost, dobro je pokretna, dobro leži na tiskovnoj podlozi, ima dobru pokretnost, a tijekom tiska ne praši. Loša osobina kratke boje je što daje relativno neoštar otisak, što znači da ne ocrta dovoljno dobro detalje. Ako je boja previše kratka i slabo ljepljiva, ostatak će ležati u bojaniku i neće se prenositi na valjke za razribavanje.

Ljepljivost se može definirati kao otpor boje razvlačenju koji ovisi o njezinoj površinskoj napetosti i njezinoj viskoznosti. Obično se priručno ocjenjuje ljepljivost tiskarske boje prema dužini niti. Ljepljiva boja razvlači se u duge niti, boja neznatne ljepljivosti razvlačit će se malo, a nastale niti odmah će se prekinuti. Premala ljepljivost boje uzrokuje taloženje boje u bojaniku i zapunjavanje rastera na tiskovnoj formi. Svojstvo ljepljivosti je rezultat djelovanja kohezijskih i adhezijskih sila tvari od kojih je formulirana tiskarska boja.

Viskoznost je pojava koja se javlja uslijed trenja među česticama boje koje teku, odnosno unutarnjeg trenja ili frikcije. Viskoznost ovisi o temperaturi, njenim porastom viskoznost se smanjuje i boja postaje tečnija, što ovisi i o sastavu tiskarske boje. Viskoznost neke boje se odrađuje mjerenjem otpora prolaza metalne pločice određene težine kroz boju u jedinici vremena ili otporom rotacije metalnog valjka u boji, za guste boje.

Za rijetke boje priručno se koristi Fordova čašica, odnosno mjeri se protok određenog volumena boje kroz rupicu definiranog promjera u jedinici vremena ili elektroničkim viskozimetrom uronjenom u bojanik.

Tečenje boja je svojstvo obrnuto proporcionalna dinamičkoj viskoznosti. To je svojstvo tvari da lako teče. Za razliku od viskoznosti, tečljivost je proporcionalna povišenju temperature. Boja s dobrim tečenjem dobro će se porazmjestiti po valjcima za razribavanje.

Tiksotropija je poželjno svojstvo nekih koloidnih otopina koje mirovanjem prelaze u pseudogel, a koji se miješanjem razara i prelazi u tekuće stanje. Navedena pojava je karakteristična za većinu pastoznih tiskarskih boja u kojima se duljim stajanjem stvara gel, a razribavanjem na stroju ili miješanjem pseudogel se razara. Pojava tiksotropije objašnjava se kao posljedica električkog naboja čestica, koje se zbog toga orijentiraju u pravilne nizove ili mrežice te tvore pseudogel, a miješanjem se takav raspored čestica poremeti i boja ponovo postaje tečljiva.

Površinska napetost je pojava napetosti na površini svake tekućine. Molekula u unutrašnjosti tekućine okružena je sa svih strana susjednim molekulama koje uzajamno

djeluju jedna na drugu jednakim kohezijskim silama što ih održava u stanju ravnoteže. Na molekule koje se nalaze na površini tekućine djeluju s jedne strane privlačne sile susjednih molekula, a s druge adhezijske sile molekula tvari s kojom su u dodiru. Te dvije vrste sila nisu u ravnoteži, a to rezultira pojavom površinske napetosti, odnosno pjenjenja.

Vršni ton je boja koju vidimo na otisku neposredno po izlazu istog iz tiskovnog agregata. Kod mnogih boja vršni ton mijenja se sušenjem boje na otisku. Iz tog razloga treba pričekati nekoliko trenutaka da se otisak osuši i tek tad donositi sud o nijansi otisnute boje.

Pod ton je boja koja se vidi na otisku kad se odstrani od izvora svjetlosti. Različiti izvori svjetlosti emitiraju različitu boju svjetlosti koja bitno utječe na donošenje suda o otisnutoj nijansi boje i cijelog otisnutog arka. Najbolje je gledati otisak i donositi sud o kvaliteti višebojne reprodukcije pri rasvjeti koja je najbliže danjem svjetlu.

Tinktorijalna moć je jačina boje koja ovisi o učešću pigmenata u boji. Može se reći da boja ima veću moć obojenja što ima više pigmenata. No ova konstatacija vrijedi samo do određene granice jer prevelik sadržaj pigmenata u boji može biti uzrokom lošijeg otiska. Zapunjava se raster na tiskovnoj formi ili maže otisak.

Ton u masi je nijansa boje. Ta nijansa se razlikuje od nijanse na otisku i to u praksi vrlo često. Transparentne boje pokazuju najveću razliku između tona u masi i otisnutog tona. Pokrivne boje obično pokazuju gotovo isti ton u masi i na otisku.^[25]

2.8.1.2 **Bojila**

Bojila su krute organske tvari koje daju obojenje tiskarskim bojama. Za razliku od pigmenata, bojila se uglavnom otapaju u otapalima (vezivu) s kojima tvore molekularne disperzije. Upravo zbog disperzije na molekularnoj razini, ove su otopine "čiste", prozirne. Prema podrijetlu bojila se dijele na: prirodna i umjetna bojila.

Prirodna bojila koja su biljnog ili životinjskog podrijetla danas se gotovo i ne rabe jer su ih iz uporabe istisnula kvalitetnija i po svojstvima konzistentna umjetna bojila.

Umjetna bojila dobivaju se najčešće sintezom od aromatskih ugljikovodika i srodnih spojeva iz katrana kamenog ugljena. Svaki obojeni organski spoj sadrži kromogen, a boja mu ovisi o kromoforu (kromoforna skupina - nosioc obojenja organskih spojeva). Osim toga, svako bojilo, za razliku od ostalih obojenih organskih spojeva, sadrži auksokrom koji bojilu daje mogućnost obojenja neke sekundarne supstance. Glavni nedostatak bojila je njihova mala molekularna masa. Zbog transparentnosti nemaju veliku pokretnu moć kao što ju imaju anorganski pigmenti i drugi sintetički i organski pigmenti. Zbog male gustoće

bojila u molekularnim disperzijama, bojila je potrebno otiskivati u relativno debelim slojevima kako bi se dobila zadovoljavajuća gustoća obojenja otiska.

2.8.1.3 Pigment

Osnovna supstanca unutar bojila je pigment. Daje obojenje bojama. Pigment je kruti prašak, prirodno ili umjetno dobiveni, koji pomiješan s prikladnim tekućinama (vezivima) ima svojstvo da daje obojenje tiskarskoj boji. Osnovno svojstvo pigmenta je njegova netopivost u vodi, odnosno vezivima u kojima se raspršuju, dispergiraju i u kojima se trebaju dobro močiti. O vrsti i svojstvima pigmenta ovise mnoga bitna svojstva tiskarske boje.

Pigmenti se ne vežu s biljnim i životinjskim vlaknima i po tome se bitno razlikuju od bojila. Bojila se za razliku od pigmenta tope u vodi ili raznim organskim otapalima te se također upotrebljavaju za izradu grafičkih boja, i to uglavnom rijetkih.^[26] Pigmente možemo podijeliti prema: podrijetlu (prirodne, umjetne, sintetičke pigmente); kemijskom sastavu (anorganske, organske); boji (akromatske, kromatske); strukturi (amorfne, kristalne) i uporabi.

Prosječna veličina čestica koje se najčešće upotrebljavaju su veličine od 0.1 do 10 μm . Nepoželjne su velike tvrde čestice jer djeluju abrazivno na tiskovnu formu i tiskovnu podlogu. Međutim, nepoželjne su i male, vrlo fine čestice jer daju mali doprinos opacitetu, mogu zapunjavati raster na tiskovnoj formi, a ponekad mogu uzrokovati i nepoželjan brončani odblijesak.

2.8.1.4 Veziva

Vezivo je komponenta grafičke boje koja služi kao sredstvo nositelja dispergiranih pigmentnih čestica. Vezivo daje boji odgovarajuća reološka svojstva (plastičnost i tečenje). Vezivo veže pigmentne čestice za površinu tiskovne podloge i daje bojama potrebne sušive osobine. Što je brzina stroja veća, boja mora imati manji viskozitet.

2.8.1.5 Punila

Jedna od osnovnih komponenti pri formuliranju tiskarskih boja su punila. Uglavnom je potrebno da boja ne bude previše koncentrirana pigmentima jer previše pigmenta u boji negativno djeluje na tiskarska svojstva boje. Punila ne utječu na ton tiskarske boje, ali mijenjaju reološka svojstva tiskarskih boja. Između ostalog poboljšavaju bojama konzistenciju pa one postaju pogodnije za tisak. Punila su netopiva u vezivima i

dodavanjem daju transparentnu disperziju. Zadatak punila je da u određenom postotku zamijene skupe pigmente i svojim pozitivnim svojstvima utječu na tiskarska svojstva boja.

2.8.2 Sušenje boje u novinskom tisku

Sušenje boje je prijelaz boje iz tekućeg u kruto stanje na tiskovnoj podlozi. Sušenje boje penetracijom veziva u tiskovnu podlogu najjednostavniji je način sušenja bez utjecaja kemijskih supstanci i promjene njihova sastava u vezivu. Javlja se prilikom otiskivanja na svakoj upojnoj podlozi. Tiskarska boja se apsorbira na površinu podloge (papira) i malo prodire u njegovu strukturu. Otisak je zaštićen samo strukturom vlaknaca, pa je njegova otpornost na trenje relativno mala.^[27]

Sušenje boje penetracijom je uobičajen način sušenja roto boja u novinskom tisku i cold set boja u ofsetnim rotacijama. Gotovo isključivo penetriranjem se suše boje za tisak novina. U ovom istraživanju proces sušenja boje bio je penetracijom.

Boje koje se suše načinom penetracije suše se vrlo brzo, ako se tiskaju na odgovarajućoj tiskovnoj podlozi pripremljenoj za takav način tiska, a stabilnost takvih boja na tiskarskom stroju je dobra. Ove boje izrađene su na bazi veziva koje ne suši. Vezivo je takve konzistencije da lagano prodire u papir i veže se na vlaknaca u papiru, no bitno je da se pritom ne odvoji pigment.

2.8.3 Tiskovna podloga (papir)

U grafičkoj industriji najčešće korištena tiskovna podloga je papir. Materijal dobiven ispreplitanjem celuloznih vlaknaca kojima su dodana punila, keljiva i bojila. Kvaliteta papira, njegove tehničke mogućnosti i karakteristike ovise i o stroju na kojem se proizvodnja odvija. Papir kao tiskovnu podlogu najčešće klasificiramo po gramaturi i formatu, iako ih možemo dijeliti i po: namjeni, tehnicima tiska, upojnosti itd.

Papire koje koristimo u novinskoj proizvodnji uveliko utječu na kvalitetu kolornih reprodukcija. Tek nekoliko vrsta papira je potpuno bijelo, većina papira ima lagani ton boje. Za fini tisak koriste se papiri koji reflektiraju više svjetla nego novinski papiri. Što više svjetla papir može reflektirati, to je veća mogućnost dobivenog tonaliteta, a time i kolorne reprodukcije. Papir za novinski tisak po karakteristikama je nepremazani, gramature od 42,5 gr/m² do 48,8 gr/m².^[28]

2.8.3.1 Svojstva papira

Po svojstvima koja određuju strukturu papira kao tiskovne podloge najčešće vršimo podjelu na:

Opća svojstva klasificiraju i karakteriziraju specificiranje tiskovne podloge po debljini papira, gramaturi papira, specifičnom volumenu i dvostranost papira.^[28]

Debljina papira podrazumijeva udaljenost paralelnih površina jednog lista; *Gramaturom papira* podrazumijeva masu jednog metra četvornog izraženu u gramima; *Specifični volumen* prikazuje odnos između debljine i gramature, definiran kao volumen jednoga grama papira izražen u centimetrima kubičnim; *Dvostranost papira* se javlja zbog specifičnosti proizvodnje naravnih papira te se manifestira različitim svojstvima sa svake strane.

Površinska svojstva papira karakterizira se kao jedna od glavnih svojstva prilikom podjele i određivanja papira kao tiskovne podloge koju klasificiramo: glatkoća papira, čupanje papira, prašenje papira.

Glatkoće papira podrazumijeva približavanje površinskih svojstva idealnoj ravnini. Papiri veće glatkoće u pravilu omogućuju kvalitetnije reprodukcije; *Čupanje papira* se javlja prilikom oštećivanja površine papira tijekom samog proizvodnog procesa gdje dolazi do odvajanja komponenti papira zbog adhezijskih sila između bojila i papirne površine; *Prašenja papira* se javlja zbog odvajanja sitnih čestica s površine papira tijekom tiska zbog nedovoljno dugih i isprepletenih vlakanca ili čestica punila koje nisu vezane uz podlogu.

Strukturalna svojstva papira i njegovu karakterizaciju određuju smjer vlakancaca, vlaga u papiru, upojnost, dimenzionalna stabilnost, kompresibilnost.

Smjer vlakancaca papira određuje se na tiskarskom stroju. Zbog neodgovarajućeg smjera toka vlakancaca, prilikom otiskivanja, može doći do problema vezanih uz registar; *Vlaga u papiru* u znatnoj mjeri utječe na netočnost registra i u uskoj je vezi s dimenzionalnom stabilnosti koja određuje sklonost papira za promjenu dimenzija do koje dolazi zbog promjene vlage; *Upojnost* je svojstvo koje utječe na prodiranje tekućine u papir, a javlja se kod papira zbog šupljina koje nastaju prilikom njegove izrade. Više šupljina manifestira se većom upojnošću. Tijekom tiskarskog procesa upojnost omogućuje prodiranje veziva tiskarskog bojila u papir. Premala upojnost prilikom tiska uzrokuje probleme vezane uz nedovoljno sušenje otisaka i mazanje dok prevelika upojnost rezultira prebrzim prodiranjem veziva tiskarskog bojila u papir; *Kompresibilnost* je svojstvo koje nam govori

u kojoj mjeri će papir prilikom pritiska kojemu je izložen tijekom otiskivanja mijenjati svoje dimenzije.

Mehanička svojstva papira karakteriziraju elemente papira prema otpornosti na kidanje i otpornosti na savijanje. *Otpornost prema kidanju* je svojstvo papira koje nam govori u kojoj mjeri je papir otporan na mehanička opterećenja; *Otpornost prema savijanju* nam govori u kojoj mjeri je papir podatan savijanju, a da pri tome ne dolazi do boranja koje narušava kvalitetu grafičkog proizvoda.

Kemijska svojstva papira ovise o sastavu tvari iz kojih je izrađen papir, a pH vrijednost jedno je od osnovnih svojstava kojima se treba posvetiti pažnja. Vrijednost pH koja se traži kod pojedinih papira ovisi o tehnici tiska i njenim specifičnim zahtjevima.

Optička svojstva karakteriziraju podjelu poput: bjeline, sjajnosti, fluorescentnosti, transparentnosti i svjetlostalnosti, ovisno o samoj namjeni pojedinoga grafičkog proizvoda.

Bjelina je standardno definirana kao stupanj refleksije difuznog svjetla valne dužine 461 nm s površine sloja papira u odnosu na standardni uzorak magnezijeva oksida čija se vrijednost uzima kao 100% bijelo; *Transparentnost* je svojstvo koje nam govori u kolikoj je mjeri papir propustan za difuzno svjetlo; *Sjajnost papira* je svojstvo papira koje je uglavnom određeno glatkoćom papira; *Fluorescentnost* je svojstvo se javlja kad neko tijelo apsorbira svjetlost te je pretvara u određene zrake druge valne duljine; *Svjetlostalnost* je svojstvo papira koje je određeno stupnjem promjene papira pod utjecajem svjetla.

Sva ova svojstva direktno utječu u većoj ili manjoj mjeri na pogodnost papira kao tiskovne podloge te na kvalitetu otisnutih površina. Pojedine vrste papira potrebno je posebno proizvesti ovisno o karakterizaciji tehnika tiska u kojoj se koristi.

2.8.4 Otopina za vlaženje

Jedan od glavnih faktora u tisku je otopina za vlaženje i njeno reagiranje sa pripadajućim elementima u proizvodnji. Otopina za vlaženje sastoji se od vode i aditiva koji se dodaju kako bi se umanjila površinska napetost i tako stvorili uvjeti za ravnomjerno nanošenje otopine za vlaženje po slobodnim površinama. Jedna od čestih pojava koje mogu smanjiti kvalitetu tiska, a ustanovljavaju se vizualnom kontrolom, je pojava toniranja. Koja se često događa u graničnim uvjetima tiska s vrlo malo otopine za vlaženje. Pojava toniranja se može dogoditi i zbog nepravilne količine supstanci u otopini za vlaženje. Pojava veće količine otopine za vlaženje uzrokuje ispiranje boje na rubnim dijelovima, što uzrokuje bljedilo na otisnutim dijelovima.

2.9 Neophodni uređaji moderne tehnike tiska

Uvođenjem u proizvodnju automatizacija i digitalizacija, uvelike se smanjuju odstupanja u kvaliteti proizvoda, kao i ovisnost o iskustvu radnika koji neposredno upravlja strojem. Uvode se sustavi za digitalno kopiranje CtP (*Computer to Plate*), uvode se digitalizirani ofsetni strojevi za izravno ispisivanje tiskovne forme na plošnim cilindrima, sustavi za personalizirano tiskanje ili tiskanje malih naklada, sustavi integrirane, računalski umrežene proizvodnje poput formata CIP3 (*International Cooperation for Integration of Prepress, Press and Postpress*), CIP4 (*The International Cooperation for the Integration of Processes in Prepress, Press, and Postpress*), JDF (*Job Definition Format*), PDF (*Portable Document Format*).

2.9.1 X-rite SpectroEye

SpectroEye je ručni prijenosni spektrofotometar koji sadrži sve kolorimetrijske i denzitometrijske funkcije potrebne za precizno mjerenje i kontrolu boja prilikom tiska. Osim mjerenja primarnih CMYK boja, koristi se za mjerenje direktnih spot boja. S visokom spektralnom rezolucijom od 3,3 μm može detektirati i najmanje devijacije boja. Kako bi se osigurala optimalna preciznost mjerenja, SpectroEye sadrži integrirani referentni bijeli kvadrat koji mu omogućuje automatsku kalibraciju bez potrebe za korisnikovom intervencijom.

SpectroEye nudi iste mogućnosti za mjerenje kao i denzitometar (gustoća obojenja, prirast, prihvaćanje bojila na bojilo), ali i mogućnosti pohranjivanja podataka te automatskog prepoznavanja tipa mjerenja koje se provodi.^[4] Uz to, koristi i široku paletu raspona boja te različitih formula za računanje razlika između boja koje može prikazati grafički ili numerički, što omogućuje brzu i jednostavnu analizu. SpectroEye može mjeriti apsolutnu jačinu boje te na taj način možemo saznati koliko pigmenata sadrži bojilo kojim otiskujemo. Također, navedenim uređajem možemo mjeriti bjelinu papira tako da pomoću njega možemo pratiti i kvalitetu papira.

2.9.2 CtP (*Computer to Plate*)

CtP označava proces izrade tiskovne forme koji je potpuno digitaliziran i u koji informacija dolazi direktno iz računala. Navedeni proces isključuje sve prijašnje faze rada (izrada kopirnih predložaka, ručnu montažu, osvjetljivanje, razvijanje) te predstavlja jedan od najviših stupnjeva objedinjavanja procesa pripremne proizvodnje u području grafičke

tehnologije, s gotovom tiskovnom formom kao nositeljem informacije. Rezultat dobiven CtP procesom je tiskovna forma (ploča), koja se definira kao nositelj informacija koje se koriste za dobivanje krajnjeg proizvoda postupkom otiskivanja.

Većina CtP procesa u pravilu se sastoji od sljedećih faza: planiranje, copy-dot, prijenos, zaprimanje i pohrana podataka, provjera podataka, impozicija, procesiranje, izrada proba, ispis (digitalno oslikavanje), završna obrada: razvijanje i zaštita (ne koristi se kod nekih uređaja), što skraćeno možemo reći da se unutar CtP uređaja ploče direktno osvjetljavaju za tiskovni proces koji radi na principu Violet tehnologije, koja je stabilnija i brža od termalne tehnologije.

Prilikom snimanja tiskovnih formi na CtP uređaju zadovoljeni su uvjeti koji čine optimalni prirast rastertonskih vrijednosti, kao i reproduksijsku sposobnost tiskovne forme da na tiskovni materijal prenese optimalnu količinu bojila ovisno o različitim rastertonskim vrijednostima.

2.9.3 Hibridni raster (*Sublima*)

Prijelaz s filma na ploču podigao je kvalitetu proizvodnje uveliko. Snimanjem direktno na ploču omogućeno je postizanje puno preciznijih rasterskih elemenata. U ovom istraživanju za rastriranje je korišten hibridni raster proizvođača Agfa (*Sublima XM Cross Modulate*). Kombiniranjem najboljih karakteristika amplitudno i frekventno modularnog načina rastriranja omogućeno je ispravljanje nedostataka koji u jako svijetlim i jako tamnim tonovima nestaju ako tiskarski stroj nije u apsolutno savršenom stanju.

Kombiniranjem rastriranja dobiva se proizvod s visokim detaljima stohastičkog rastera i punoćom tonova kod konvencionalnog rastera. XM raster funkcionira na način da se za rastriranje koristi uobičajen raster do trenutka kad bi elementi bili premali za otisak, tad XM preuzima raster i čini element najmanjim koji se da otisnuti, ali s nasumičnim uzorkom sličnim FM-u u kojem su elementi posloženi prema konvencionalnim rasterskim kutovima.^[29] Manjkavost XM-a rastriranja je u tome što zbog karakterističnosti FM rastera na većim jednobojnim površinama daje osjećaj zrnatosti, a u tamnim tonovima crna boja se čini presvijetla.

2.9.4 Uređaji za prepodešavanje

Navedeni uređaji i operativni sistemi omogućavaju nam da se upravljanje proizvodnjom odvija u točno definiranim i kontroliranim uvjetima. Unutar tih postavki imamo i sustave automatskog upravljanja dijelovima proizvodnje, što znači da su podaci o kojima ovisi proizvodnja povezani između pripreme – tiska – nakon tiska.

Jedan od sustava automatskog upravljanja je CIP3 (Cooperation for Integration of Proses in Prepress, Press and Postpress) sustav koji je donio novitete u kvaliteti produktivnosti tiska (kratko vrijeme pripreme, smanjenje makulature) i kvalitete (digitalizirana obrada podataka, ograničen broj manualnih podešavanja, poboljšana kontrola kvalitete i osigurana visoka produktivnost).

U određivanju kvalitete, osim tiskovne forme kao rezultat CtP procesa, može biti i generiranje CIP3/CIP4 podataka koje se koristi za upravljanje procesima proizvodnje u tisku ili završnoj proizvodnji. Utjecaj podataka CIP3/CIP4 datoteka bit će razmatran samo u domeni upravljanja informacijama potrebnim za usklađivanje tiskarskog stroja s tiskovnom formom u želji postizanja kvalitetnijeg proizvoda u kraćem vremenu. U ovom istraživanju korištena je CIP3 tehnologija za prepodešavanje registra boje.

2.9.4.1 Upravljačka platforma (*PECOM*)

Pecom (*Procesna, Elektronika, Kontrola, Organizacija i Management*) je digitaliziran sustav pripreme koji se povezuje s ostalim odjelima i uređajima. Dolazi od proizvođača tiskarskih strojeva “manroland“. Pecom je digitalizirani sustav pripreme proizvodnje koji se može povezati s odjelima za pretproizvodnju (Prepress) i upravno kontrolnim dijelom tiskare.

To je centralni sustav za opsluživanje svih proizvodnih poslova i pomoću njega u svakom trenutku možemo doći do svih potrebnih podataka za svaki posao.^[4] Pecom zadržava sve informacije postavke stroja (predpodešavanja) o nekom proizvodu i pomoću njega vrlo brzo i kvalitetno možemo pretpodesiti proizvodnju novog proizvoda ako za njega imamo informaciju.

2.9.5 Ofsetne ploče

Ofsetne ploče mogu biti različitih proizvođača, među kojima su najzastupljeniji Agfa i Kodak debljina između 0.15 i 0.40 mm. Imamo različite vrste konvencionalnih i CtP ploča, kao što su: termalne ploče, fotopolimerne ploče, srebrne ploče, bez kemijske ploče...

Osnovni element ploča je legura aluminija na koju je nanesen diazo kopirni sloj, osjetljiv na određene valne dužine svjetlosti.^[32]

Za tisak novina upotrebljavaju se predoslojene ploče različitih formata, što daje mogućnost tiska dvije odnosno četiri novinske stranice s jedne ploče. U našem istraživanju korištene su negativne aluminijske fotopolimerne ploče debljine 20 mm i veličine 298 x 475 mm, koja sadrži dvije novinske stranice na jednoj ploči. Ploča je spektralne osjetljivosti 405 μm , rezolucije rastera od 3 do 97% uz 200 lpi. Mogućnost otiska je cca 200.000 primjeraka.

3. Eksperimentalni dio

Kao i u svakoj proizvodnji, krajnji cilj grafičkog proizvoda je zadovoljiti kupca kvalitetom, brzinom i cijenom gotovog proizvoda. Svi navedeni parametri doveli su do industrijalizacije struke koja je za sobom povukla standardizaciju proizvodnog dijela.

Tehnika ofsetnog tiska danas je najviše zastupljena tehnika u grafičkoj industriji. Tako i očekivanja za povećanjem kvalitete tiskanih proizvoda svake godine postaja sve zahtjevnija. Takva tendencija nije zaobišla ni proizvodnju novina. Naprotiv, pred njih je stavljen najveći teret učinkovitosti u postizanju što boljeg i kvalitetnijeg krajnjeg proizvoda sa što isplativijom ekonomskom računicom.

Navedeni parametri doveli su do takve pomutnje u industrijalizaciji struke koja je uzrokovana i ekonomskim stanjem u Europi i svijetu da se od novinskog tiska i rotacije očekuje kvaliteta revijalnih proizvoda, a od revijalnih rotacija ekonomska računica na nivou novinskog proizvoda. Takvim načinom rada i komparacijama nastala su velika očekivanja grafičke struke, što nas je i ponukalo da istražimo koliko još prostora u napretku unutar poboljšanja kvalitete može biti s datim proizvodima.

Zbog širokog spektra grafičkog djelovanja i kompleksnosti grafičke tehnologije, ovo istraživanje radit će se u jednom od najčešće primjenjivanih tiskarskih tehnika u segmentu ofsetnog tiska (coldset).

3.1 Plan i cilj istraživanja

Sukladno postavljenim ciljevima i na osnovi opisanih teza, procedura provedbe procesa istraživanja izvršit će se na otisnutim primjercima redovite proizvodnje. Istražit će se i prikazati u kojoj mjeri se nalaze dobiveni parametri relativnog tiskovnog kontrasta prilikom tiska novina. Prikazati utjecaj različitih interakcija koje se događaju tijekom tiska, a mogu biti uzrokovani različitim utjecajima.

Provedbom istraživanja na osnovu dobivenih rezultata realne proizvodnje pokušat će se ustvrditi kolika su odstupanja u prirastu i promjene devijacija relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu utjecale na kvalitetu dobivenog proizvoda i prikazati mogućnosti i prostor u poboljšanju kvalitete tiska. Prikazati odstupanja u proizvodnom dijelu tiskovnih agregata u odnosu jednog na drugi i njihov utjecaj na gotov novinski proizvod.

Nakon analize uzoraka obaviti će se sinteza rezultata dobivenih istraživanjem i prikazati devijacije relativnog tiskovnog kontrasta unutar proizvodnog dijela. Na temelju dobivenih

rezultata, te stečenih spoznaja, sukladno postavljenim ciljevima u okviru postojećih standardiziranih sustava grafičke reprodukcije, istražiti će se mogućnost povećanja kvalitete grafičkog proizvoda optimiziranjem pojedinih parametara.

Eksperimentalni dio odvijao se u nekoliko faza, koji za glavni cilj treba pokazati parametre optimalizacije relativnog tiskovnog kontrasta koji utječe na kvalitetu novinskog proizvoda. Usklađivanjem i uspoređivanjem pojedinih parametara u nakladi kroz izdanja i njihovih interakcija tijekom procesa grafičke reprodukcije s dobivenim parametrima otisnutog proizvoda, s glavnom pretpostavkom da je cilj svakog otisnutoga grafičkog proizvoda ostvariti što točniju komunikaciju u prijenosu informacije u želji dobivanja idealne grafičke reprodukcije.

Da bi se prikazalo stvarno stanje reprodukcije proizvodnog procesa, eksperimentalni dio je rađen u realnoj proizvodnji novina. Otisnuta naklada na kojoj su se vršila mjerenja bila je u količini od 189.000 otisaka kroz šest izdanja s prosječnom nakladom po izdanju od minimalno 35.000 primjeraka. Pošto se istraživanje radilo u realnoj proizvodnji (ne mogućnost utjecaja na proizvodne segmente), spajalo se prvo i drugo izdanje, kao što je i prikazano u grafovima.

Uzorci koji su korišteni u ovom istraživanju uzimali su se u prosjeku svakih 5.000 komada, što je navedeni optimum zbog veličine naklade i relevantnosti uzorkovanja. Zbog velike proizvodne naklade dobiveno je mnoštvo otisnutih uzoraka koji su poslužili u najvećoj mjeri za kvalitetno prikazivanje devijacija relativnog tiskovnog volumena unutar proizvodnje pojedinog izdanja gdje se vršilo kretanje - stajanje i prirast svakog uzorka kroz to isto izdanje. Glavni cilj u istraživanju bio je prikazati promjene na otisku tijekom proizvodnje dnevnih novina.

Priprema, odnosno izrada tiskovne forme rađena je na realnoj dnevnoj redakcijskoj proizvodnji gdje su testni klinovi, dimenzija 3,5 x 3,5 mm, smješteni uz slog "layouta" novina tako da su pokrivena sva zonska polja na pojedinom tornju. Pošto je naš tiskarski stroj bio sastavljen od dvije tiskovne jedinice, dobivena vrijednost se uspoređivala na svakom tiskovnom agregatu (tiskovni toranj) posebno i vršile su se usporedbe.

Kontrolni elementi korišteni u ovom istraživanju bili su polja 25%, 50%, 75% i 100% rastertonske vrijednosti za svaku boju. Na navedenim kontrolnim poljima vršili smo mjerenje punog tona i vrijednosti prirasta. Dobivene vrijednosti na kontrolnim poljima mjerena su denzitometrijskim uređajem.

Rezultati dobiveni u istraživanju prikazani su grafovima te tablicama numerički. Grafom je prikazana krivulja prirasta rastertonskih vrijednosti za svaki pojedini uzorak u izdanju na svakoj tiskovnoj jedinici. Na (x) osi su prikazane rasterske vrijednosti pojedine boje, dok se na drugoj osi grafa nalaze vrijednosti prirasta.

Prikazane rasterske vrijednosti osi (x) na grafu su [0; 25; 50; 75; 100] posto (%), dok vrijednosti prirasta rastertonskog elementa ovise o dobivenim mjerenjima. Vrijednosti prirasta rastertonske vrijednosti smo dobili oduzimanjem otisnute rastertonske vrijednosti (R_D) od stvarnih rasterskih vrijednosti (R_F), dok iscrtkana linija na grafu prikazuje preporučene ISO vrijednosti prirasta.

$$DG[\%] = R_D[\%] - R_F[\%] \quad [1(3.1)]$$

U tablicama su prikazane vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta za svaki mjereni uzorak prilikom definiranja vrijednosti standardne devijacije relativnog tiskovnog kontrasta. Dobivene vrijednosti su prikazane tablicama za svako izdanja i za svaku pojedinu boju.

Pošto se mjerenjem uzoraka dobila vrijednost prirasta rastertonskih elemenata, a za izračunavanje relativnog tiskovnog kontrasta potrebna nam je gustoća obojenja 75% rastertonskog polja, željenu vrijednost gustoće obojenja izračunali smo pomoću formule:

$$D_R = ABS(\log(1 - [10]^{-R_D})) / (1 - [10]^{-D_{PP}}) \times 100\% \quad [2(3.1)]$$

Relativni tiskovni kontrast dobivamo izračunom razlika između gustoće obojenja 75% rasterskog polja i 100% rasterskog polja, podijeljeno sa vrijednostima gustoće obojenja punog tona.

$$K_{rel} = (D_{PP} - D_R) / D_{PP} \quad [3(3.1)]$$

Elementi koji su korišteni za izračunavanje standardne devijacije relativnog tiskovnog kontrasta prikazani su u tablicama, gdje je (n) mjereni uzorak; (D_{PP}) gustoća obojenja punog tona; (D_R) gustoća obojenja rastertonskog polja; (ΔD) vrijednosti relativnog

tiskovnog kontrasta oduzeto od ukupne prosječne vrijednosti; $(\Delta D)^2$ srednja vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta na kvadrat. Pomoću dobivenih vrijednosti izračunali smo standardnu devijaciju (σ_D) relativnog tiskovnog kontrasta.

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D)^2}{(n-1)}} \quad [4(3.1)]$$

Vrijednosti maksimalne i minimalne standardne devijacije (*stdv*), prikazani su grafički zelenom iscrtkanom linijom. Srednja vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta prikazana je sivom linijom, dok sivo područje na grafu prikazuje toleranciju od $\pm 5\%$ srednje vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta. Vrijednosti gdje je relativni tiskovni kontrast maksimalan smatramo optimalnim obojenjem.

3.1.1 Proizvodni proces

Tijekom provođenja ovog rada korišteni su resursi Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i tiskare Tiskara Zagreb, kao i novinsko izdavačke kuće 24sata, koja je dopustila da se unutar novina implementiraju kontrolni elementi. Ispitivani uzorci su uzimani iz realne dnevne novinske produkcije, s početkom proizvodnje u 17.30 sati i završetkom proizvodnje u 2.15 sati.

3.1.1.1 Korišteni strojevi i uređaji

Ispitivani uzorci su rađeni na rotacijskom stroju *Manroland Geoman*, formata Broadsheet 450 x 300 mm, širine role 1200 mm, brzina tiska 32.500 primjeraka na sat po tornju, dok je izlagački dio proizvodnje rađen na liniji *Ferag*. Osvjetljavanje predložaka za tisak rađeno je na CtP uređaju *Agfa POLARIS XEV*

Pretpodešavanje i kvaliteta proizvodnje obavlja se pomoću *CIP3* sustava. Kontrola kvalitete obavljena je denzitometarskim uređajem *X-rite SpectroEye*

Kalibracija uređaja (skaner, monitor) je obavljena pomoću spektrofotometrijskog uređaja *X-rite Eye One* uz pomoć programa *Eye One Match 3.4*.

Redakcijski dio dizajna i obrade fotografija rađen je na osobnim računalima (*PC*) unutar redakcijskog operativnog sustava *DTI (Digital Technology International)* koji je temeljen na platformi *Adobe CS3 programa*. Unutar proizvodnje redakcijskog dijela koristimo se još

nizom univerzalnih alata (Fractal), uređaja (printeri) i materijala, koji nam pomažu u dobivanju kvalitetnijeg proizvoda.

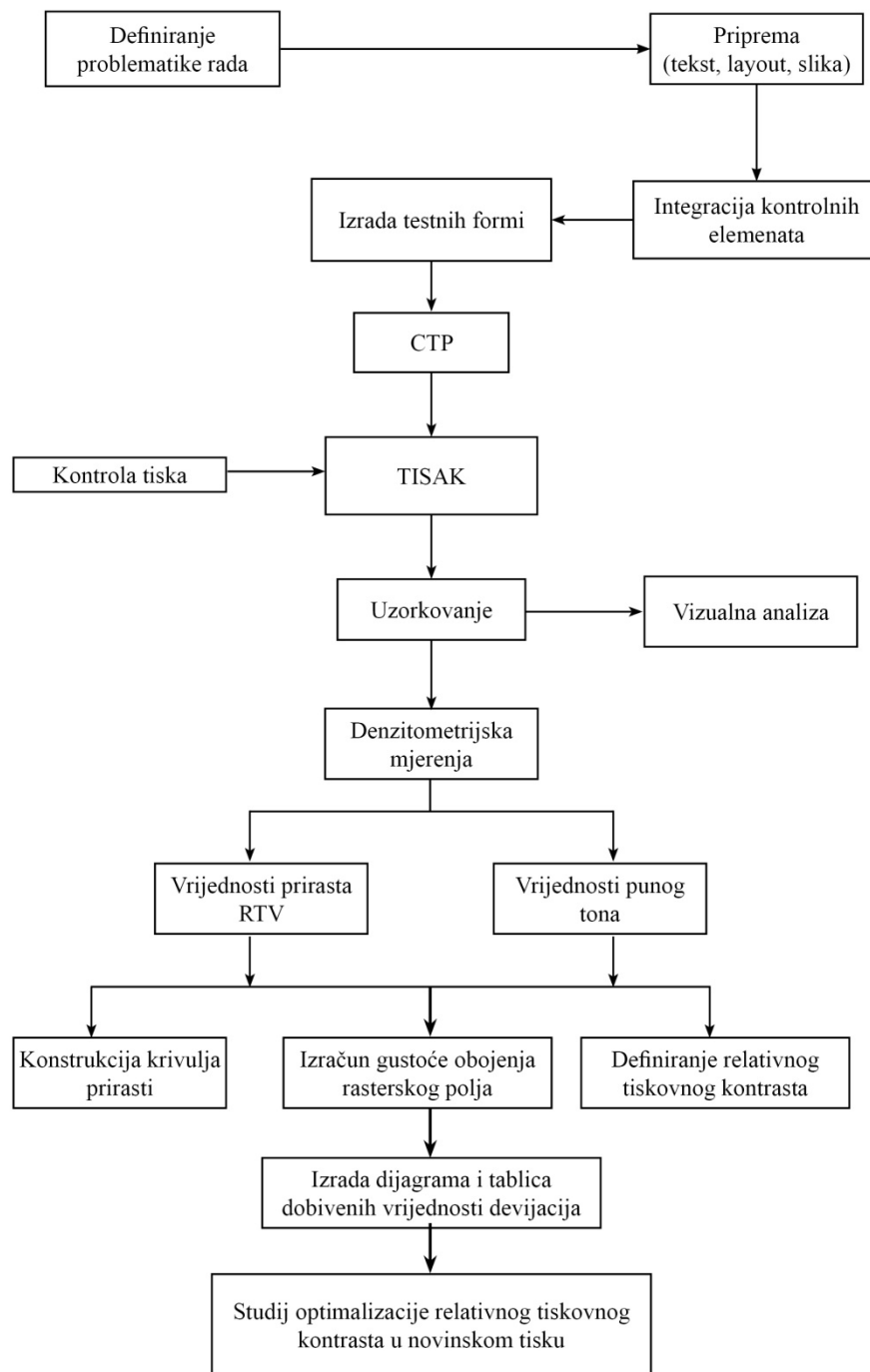
3.1.1.2 **Korišteni materijali**

Ispitivani uzorci u ovom istraživanju otisnuti su na novinskom papiru debljine 42,5 g/m² *Norske Skog "Nornews"* širine role 120 cm. Papir dolazi iz tvornice u austrijskom Brucku koji se sastoji od 92% pulpe od reciklirane sirovine, 7% je vlaga, a 1% veziva. Korištena boja je SunChemical lower tack za sve četiri boje.

Otopina za vlaženje i pufer su od Sunchemical *SunFount 935*. Korištene su fotopolimerne ploče od proizvođača *AGFA N91V*, dimenzija 298 x 479 mm i debljina 0,20 mm. Za rastriranje se koristio *Sublima (XM)* modularno hibridni raster. Ulazni dokumenti su kontrolirani i optimizirani pomoću *Arkitex OptiInka*. Cijeli operativni sustav unutar RIP - Ctp dijela temeljen na *Arkitex workflow*, dok je upravljački tiskarski sistem odvijan na platformi *Pecom*.

3.1.2 **Metodologija rada**

Otisci za ispitivanje tiskani su u realnoj proizvodnji. Proces proizvodnje se vrši točno prema definiranim standardima IFRA-e. Nakon otiskivanja prva faza istraživanja odnosit će se na mjerenje i vizualnu ocjenu kvalitete otisnutih uzoraka kao i vrijednosti gustoće obojenja pojedinih uzoraka koja će se obavljati mjernom metodom.



Slika 10. Shema provedbe rada

4. Rezultati istraživanja (tablice)

Nakon provedenog otiskivanja i mjerenja uzetih uzoraka, dobiveni rezultati su prikazani u tablicama i grafovima. Uzorkovan je svaki 5000-ti primjerak novina za svako izdanje. Vrijednosti su dobivene denzitometrijskim mjerenjem i unesene su u tablicama iz kojih smo izračunavali relativni tiskovni kontrast i prirast. Dijagrami pokazuju dobivene vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta za svaku boju kroz izdanje po pojedinom tornju (*T*). Devijacije relativnog tiskovnog kontrasta su računane kroz nakladu svakog izdanja i kao takve su prikazane u grafovima. Maksimalne i minimalne vrijednosti su prikazane zelenom iscrtkanom linijom. Siva linija označava srednju vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta koji smo dobili izračunom razlika između gustoće obojenja tročetvrtinskog rasterskog polja i vrijednosti polja punog tona. Vrijednost gdje je relativni tiskovni kontrast imao maksimum smatra se optimalnim obojenjem. Površina koja je na grafu označena sa transparentno svijetlosivom bojom označava vrijednosti tolerancije od pet posto od srednje vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta.

Rasterske vrijednosti prirasta prikazani su grafom od 0% do 100% za svaku boju i izdanje posebno. Preporučene ISO vrijednosti obilježene su plavom iscrtkanom linijom.

Tablica 2. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja prvog i drugog izdanja na prvom tornju

C 1 i 2 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5773	0,76	24,039	0,90	0,8185
10000	0,5714	0,75	23,813	0,68	0,4604
15000	0,5773	0,76	24,039	0,90	0,8185
20000	0,5788	0,74	21,784	-1,35	1,8252
25000	0,6209	0,81	23,346	0,21	0,0445
30000	0,5850	0,75	22,000	-1,13	1,2877
35000	0,5831	0,77	24,273	1,14	1,2949
40000	0,5788	0,74	21,784	-1,35	1,8252
Average (Ā)	0,5841	0,76	23,135	0,000	1,047
stdv (σ) =			1,094	Σ(ΔD_i)² =	8,375
max stdv =			24,229	s =	3,459
min stdv =			22,041		

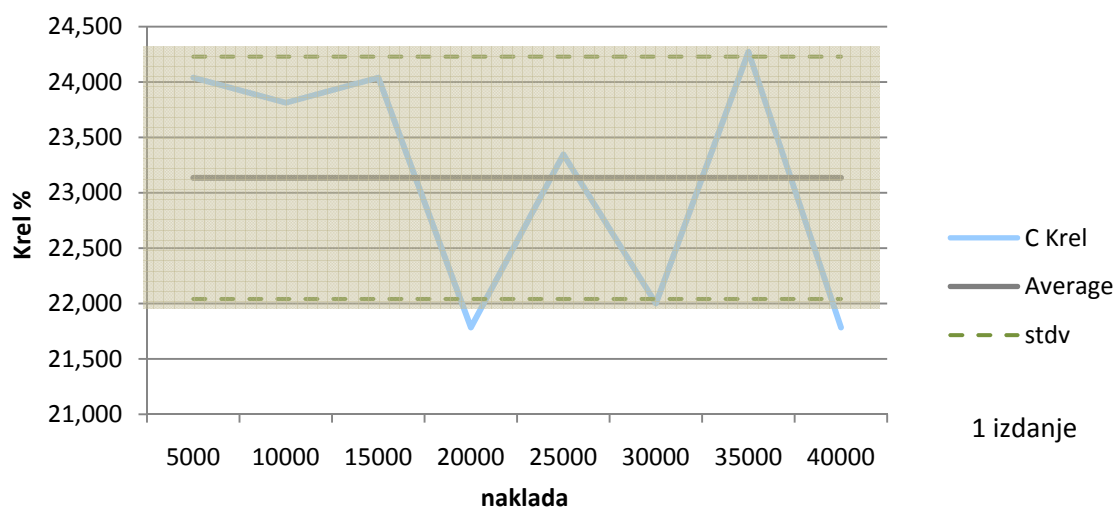
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{8,375}{7}} = 1,094$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 23,135 \pm 1,094$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 1,094 = 3,459$$



Graf 1. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na prvom tornju

Tablica 3. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja prvog i drugog izdanja na prvom tornju

M 1 i 2 izdanje T1					
otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,4266	0,78	45,308	11,13	123,9324
10000	0,5206	0,80	34,925	0,75	0,5622
15000	0,5375	0,81	33,642	-0,53	0,2843
20000	0,5456	0,80	31,800	-2,38	5,6416
25000	0,5419	0,82	33,915	-0,26	0,0679
30000	0,5436	0,77	29,403	-4,77	22,7777
35000	0,5729	0,86	33,384	-0,79	0,6264
40000	0,5311	0,77	31,026	-3,15	9,9176
Average (Ā)	0,5275	0,8013	34,175	0,000	20,476
stdv (σ) =			4,838	Σ(ΔD) ² =	163,810
max stdv =			39,013	s =	15,298
min stdv =			29,338		

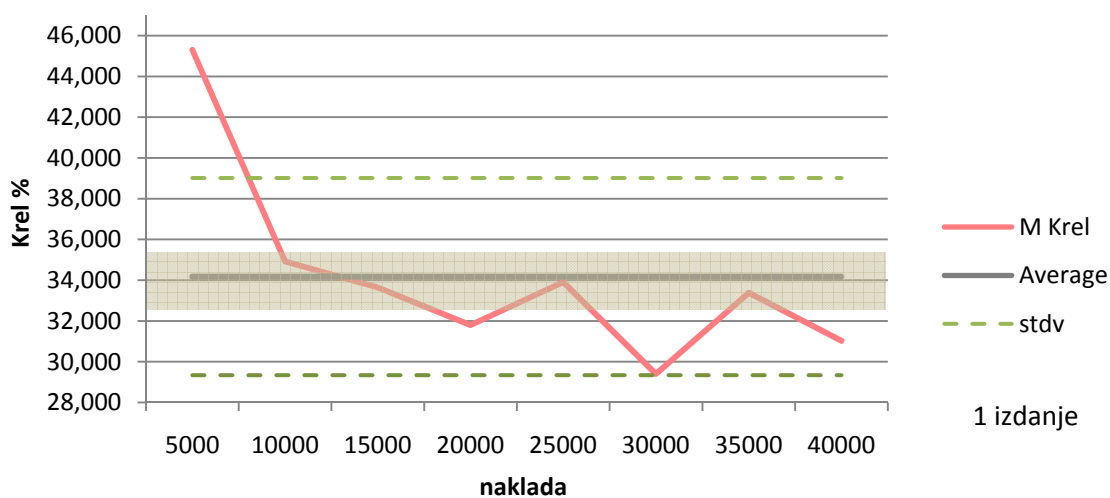
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{163,810}{7}} = 4,838$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 34,175 \pm 4,838$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 4,838 = 15,298$$



Graf 2. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na prvom tornju

Tablica 4. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja prvog i drugog izdanja na prvom tornju

Y 1 i 2 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5616	0,78	28,000	0,47	0,2252
10000	0,5773	0,76	24,039	-3,49	12,1523
15000	0,5616	0,78	28,000	0,47	0,2252
20000	0,5669	0,79	28,241	0,72	0,5113
25000	0,5859	0,80	26,763	-0,76	0,5821
30000	0,5537	0,79	29,911	2,39	5,6926
35000	0,5859	0,80	26,763	-0,76	0,5821
40000	0,5721	0,80	28,488	0,96	0,9255
Average (Ā)	0,5706	0,7875	27,525	0,000	2,612
stdv (σ) =			1,728	Σ(ΔD) ² =	20,896
max stdv =			29,253	s =	5,464
min stdv =			25,798		

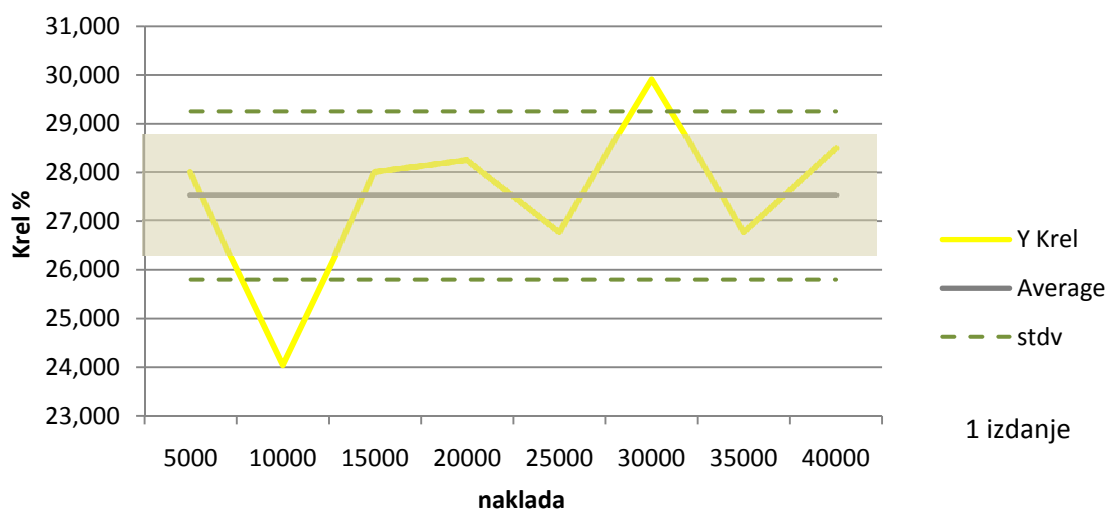
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{20,896}{7}} = 1,728$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 27,525 \pm 1,728$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 1,728 = 5,464$$



Graf 3. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na prvom tornju

Tablica 5. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja prvog i drugog izdanja na prvom tornju

K 1 i 2 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	$(\Delta D)^2$
5000	0,7897	1,10	28,209	-2,97	8,8328
10000	0,7985	1,12	28,705	-2,48	6,1292
15000	0,7001	1,16	39,647	8,47	71,6641
20000	0,7820	1,14	31,404	0,22	0,0495
25000	0,7780	1,13	31,150	-0,03	0,0009
30000	0,7691	1,17	34,265	3,08	9,5102
35000	0,8028	1,13	28,956	-2,23	4,9521
40000	0,8382	1,15	27,113	-4,07	16,5490
Average (\bar{A})	0,7823	1,1375	31,181	0,000	14,711
	stdv (σ) =		4,100	$\Sigma(\Delta D)^2 =$	117,688
	max stdv =		35,281	s =	12,966
	min stdv =		27,081		

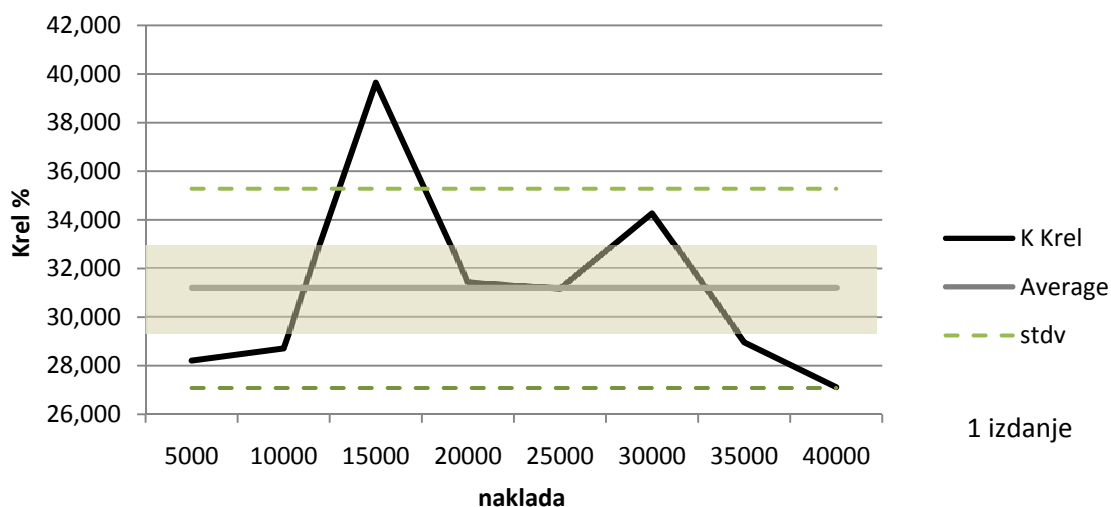
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{117,688}{7}} = 4,100$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 31,181 \pm 4,100$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 4,100 = 12,966$$



Graf 4. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na prvom tornju

Tablica 6. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja trećeg izdanja na prvom tornju

C 3 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,6032	0,78	22,667	-0,19	0,0363
10000	0,5850	0,75	22,000	-0,86	0,7348
15000	0,5911	0,76	22,224	-0,63	0,4013
20000	0,5773	0,76	24,039	1,18	1,3978
25000	0,5595	0,73	23,356	0,50	0,2490
Average (Ā)	0,5832	0,7560	22,857	0,000	0,564
stdv (σ) =			0,840	Σ(ΔD) ² =	2,819
max stdv =			23,697	s =	2,655
min stdv =			22,018		

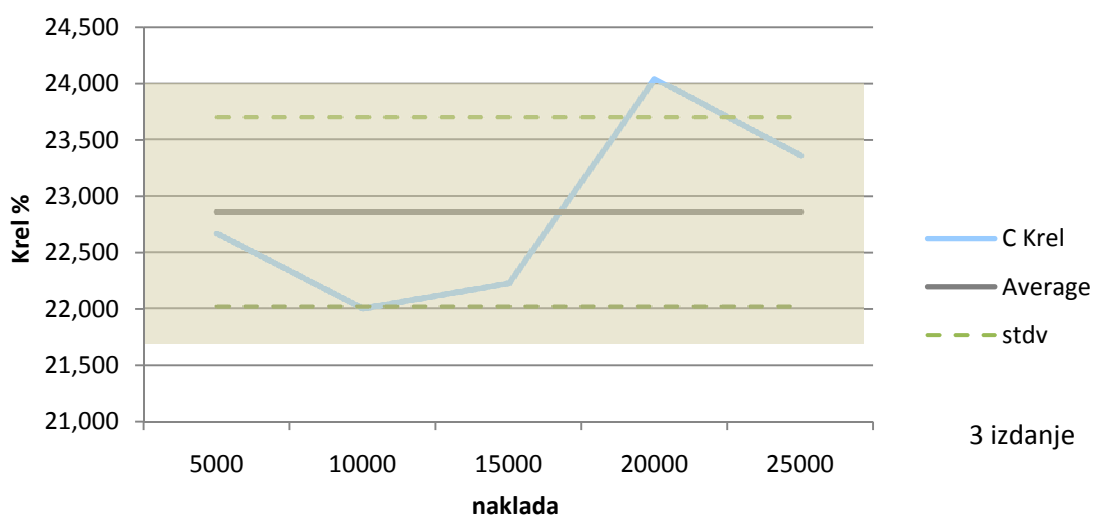
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{2,819}{7}} = 0,840$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 22,857 \pm 0,840$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 0,840 = 2,655$$



Graf 5. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na prvom tornju

Tablica 7. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja trećeg izdanja na prvom tornju

M 3 izdanje T1					
otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5456	0,80	31,800	1,55	2,3876
10000	0,5262	0,76	30,763	0,51	0,2584
15000	0,5510	0,76	27,500	-2,75	7,5891
20000	0,5486	0,78	29,667	-0,59	0,3459
25000	0,5408	0,79	31,544	1,29	1,6628
Average (Ā)	0,5424	0,7780	30,255	0,000	2,449
	stdv (σ) =	1,750	Σ(ΔD)² =	12,244	
	max stdv =	32,004	s =	5,533	
	min stdv =	28,505			

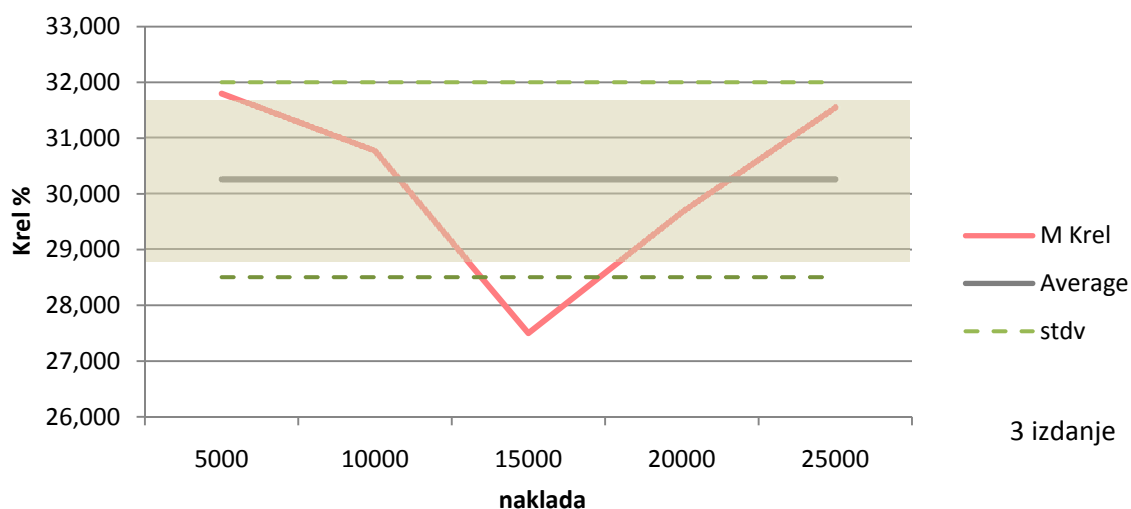
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{12,244}{7}} = 1,750$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 30,255 \pm 1,750$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 1,750 = 5,533$$



Graf 6. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na prvom tornju

Tablica 8. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja trećeg izdanja na prvom tornju

Y 3 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5721	0,80	28,488	1,46	2,1284
10000	0,5695	0,77	26,039	-0,99	0,9794
15000	0,5616	0,78	28,000	0,97	0,9436
20000	0,5586	0,80	30,175	3,15	9,8998
25000	0,5972	0,77	22,442	-4,59	21,0410
Average (Ā)	0,5718	0,7840	27,029	0,000	6,998
stdv (σ) =			2,958	Σ(ΔD) ² =	34,992
max stdv =			29,986	s =	9,353
min stdv =			24,071		

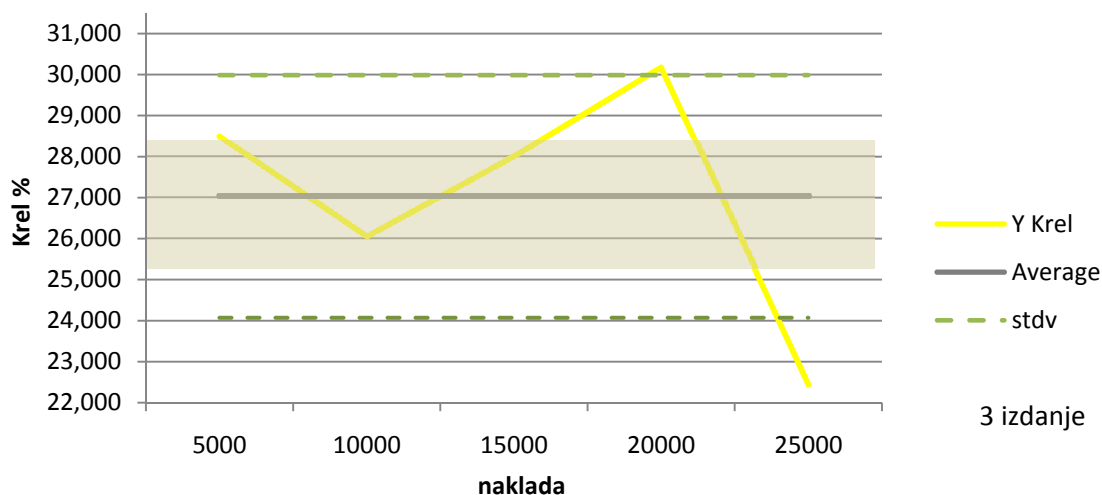
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{34,992}{7}} = 2,958$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 27,029 \pm 2,958$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,958 = 9,353$$



Graf 7. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na prvom tornju

Tablica 9. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja trećeg izdanja na prvom tornju

K 3 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,7178	1,09	34,147	0,39	0,1483
10000	0,7508	1,12	32,964	-0,80	0,6358
15000	0,7658	1,10	30,382	-3,38	11,4234
20000	0,6940	1,14	39,123	5,36	28,7418
25000	0,7391	1,09	32,193	-1,57	2,4618
Average (Ā)	0,7335	1,1080	33,762	0,000	8,682
	stdv (σ) =		3,294	Σ(ΔD)² =	43,411
	max stdv =		37,056	s =	10,418
	min stdv =		30,467		

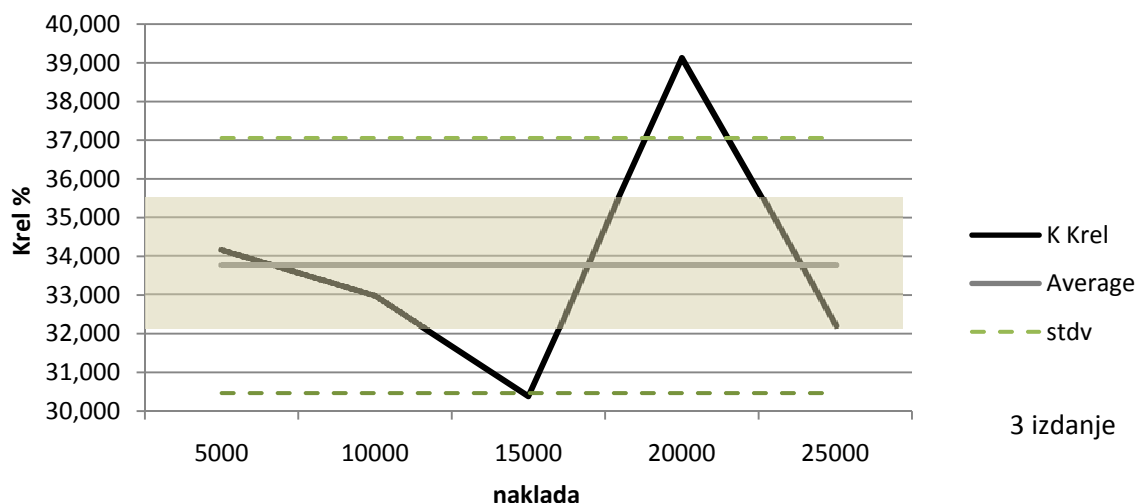
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{43,411}{7}} = 3,294$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 33,762 \pm 3,294$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 3,294 = 10,418$$



Graf 8. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na prvom tornju

Tablica 10. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja četvrtog izdanja na prvom tornju

C 4 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5655	0,74	23,581	0,09	0,0076
10000	0,5773	0,76	24,039	0,55	0,2977
15000	0,5911	0,76	22,224	-1,27	1,6133
20000	0,5535	0,72	23,125	-0,37	0,1360
25000	0,5889	0,78	24,500	1,01	1,0123
Average (Ā)	0,5753		23,494	0,000	0,613
	stdv (σ) =		0,876	Σ(ΔD)² =	3,067
	max stdv =		24,369	s =	2,769
	min stdv =		22,618		

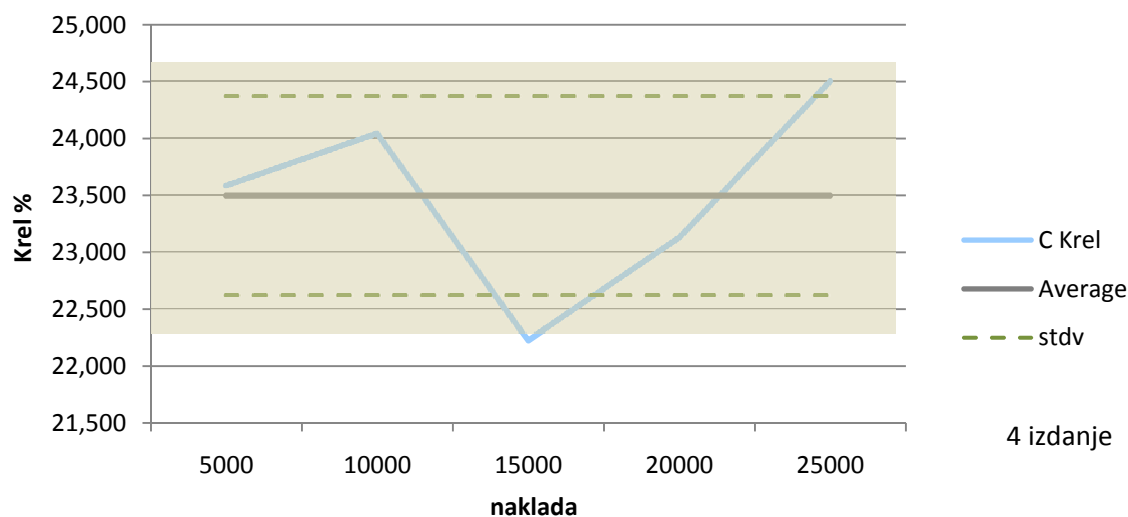
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{3,067}{7}} = 0,876$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 23,494 \pm 0,876$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 0,876 = 2,769$$



Graf 9. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu četvrtog izdanja na prvom tornju

Tablica 11. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja četvrtog izdanja na prvom tornju

M 4 izdanje T1					
otisak (n)	Dr (75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5332	0,75	28,907	-0,66	0,4333
10000	0,5227	0,73	28,397	-1,17	1,3635
15000	0,5486	0,78	29,667	0,10	0,0103
20000	0,5564	0,77	27,740	-1,82	3,3295
25000	0,5284	0,79	33,114	3,55	12,5952
Average (Ā)	0,5379	0,7640	29,565	0,000	3,546
stdv (σ) =			2,105	Σ(ΔD) ² =	17,732
max stdv =			31,670	s =	6,658
min stdv =			27,459		

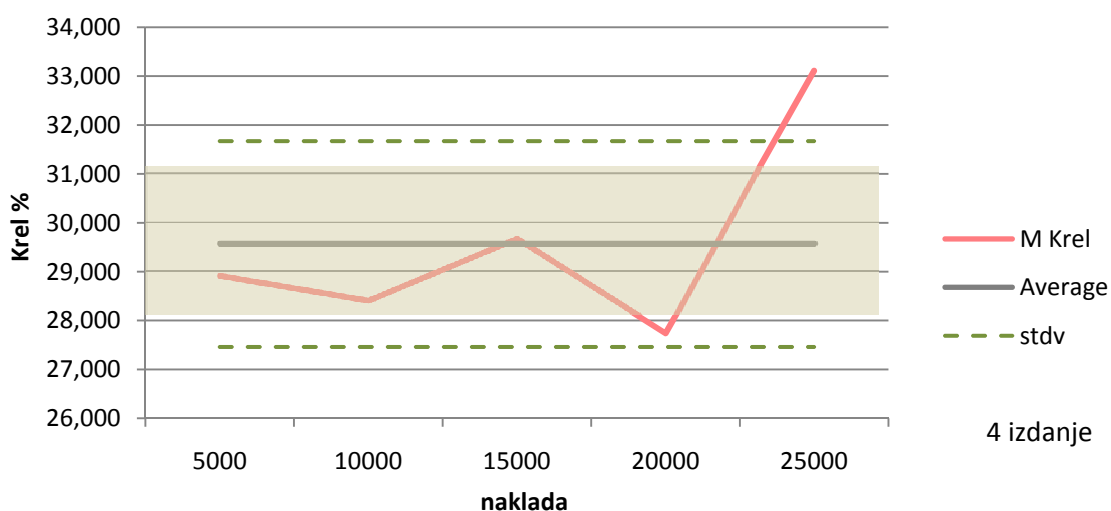
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{17,732}{7}} = 2,105$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 29,565 \pm 2,105$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,105 = 6,658$$



Graf 10. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu četvrtog izdanja na prvom tornju

Tablica 12. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja četvrtog izdanja na prvom tornju

Y 4 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr (75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5714	0,75	23,813	-4,35	18,9616
10000	0,5772	0,81	28,741	0,57	0,3282
15000	0,5616	0,78	28,000	-0,17	0,0282
20000	0,5408	0,79	31,544	3,38	11,4006
25000	0,5772	0,81	28,741	0,57	0,3282
Average (Ā)	0,5656	0,7880	28,168	0,000	6,209
stdv (σ) =			2,786	Σ(ΔD)² =	31,047
max stdv =			30,954	s =	8,810
min stdv =			25,382		

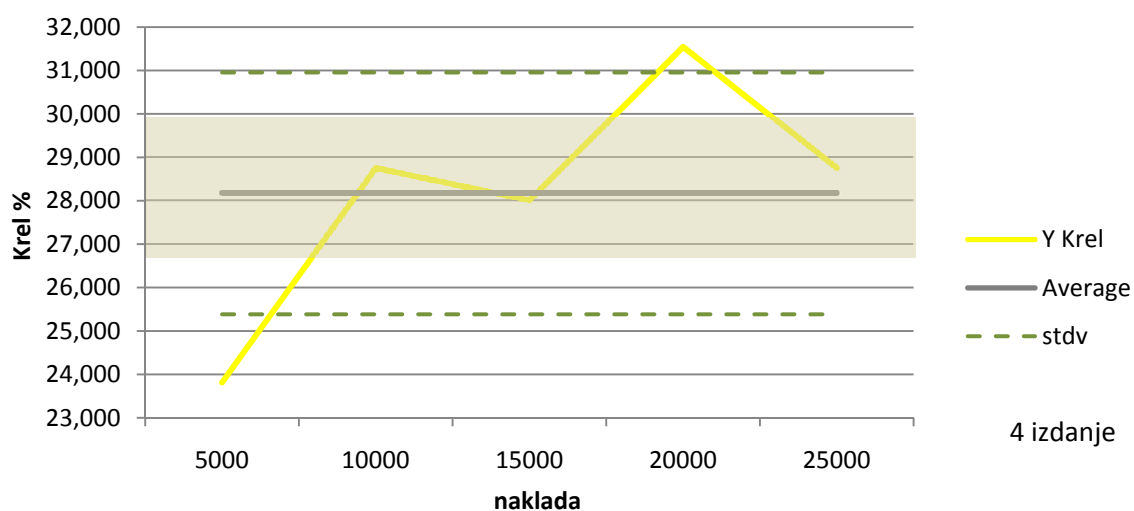
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{31,047}{7}} = 2,786$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 28,168 \pm 2,786$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,786 = 8,810$$



Graf 11. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu četvrtog izdanja na prvom tornju

Tablica 13. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja četvrtog izdanja na prvom tornju

K 4 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	$(\Delta D)^2$
5000	0,7392	1,15	35,722	-2,06	4,2488
10000	0,7215	1,10	34,409	-3,37	11,3833
15000	0,6903	1,07	35,486	-2,30	5,2763
20000	0,6745	1,14	40,833	3,05	9,3045
25000	0,6559	1,14	42,465	4,68	21,9202
Average (\bar{A})	0,6963	1,1200	37,783	0,000	10,427
stdv (σ) =			3,610	$\sum(\Delta D)^2 =$	52,133
max stdv =			41,393	s =	11,416
min stdv =			34,173		

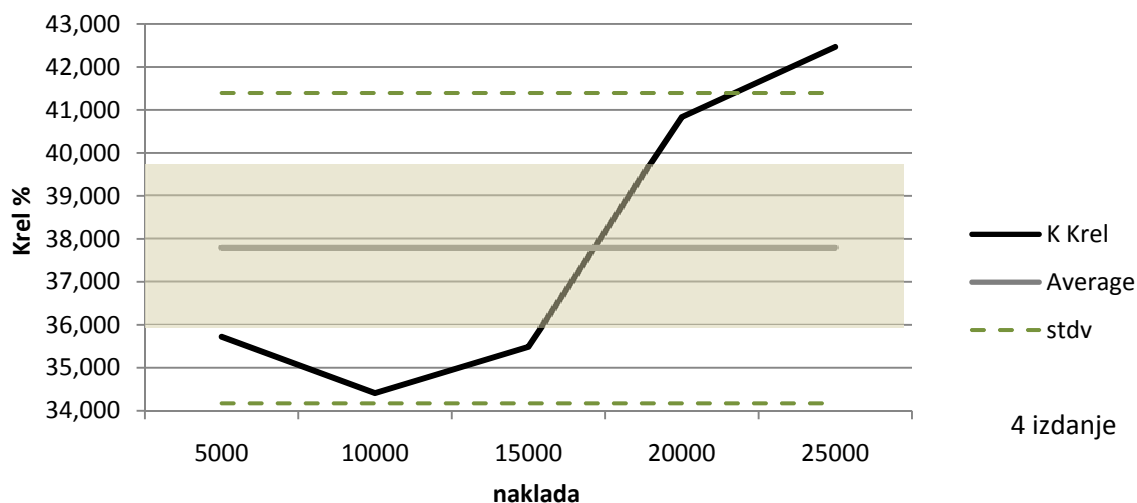
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{52,133}{7}} = 3,610$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 37,783 \pm 3,610$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 3,610 = 11,416$$



Graf 12. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu četvrtog izdanja na prvom tornju

Tablica 14. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja petog izdanja na prvom tornju

C 5 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5859	0,80	26,763	6,70	44,8550
15000	0,6332	0,78	18,821	-1,24	1,5490
25000	0,6212	0,74	16,054	-4,01	16,0886
30000	0,6266	0,77	18,623	-1,44	2,0786
Average (Ā)	0,6167	0,7725	20,065	0,000	16,143
		stdv (σ) =	4,639	Σ(ΔD)² =	64,571
		max stdv =	24,704	s =	14,671
		min stdv =	15,426		

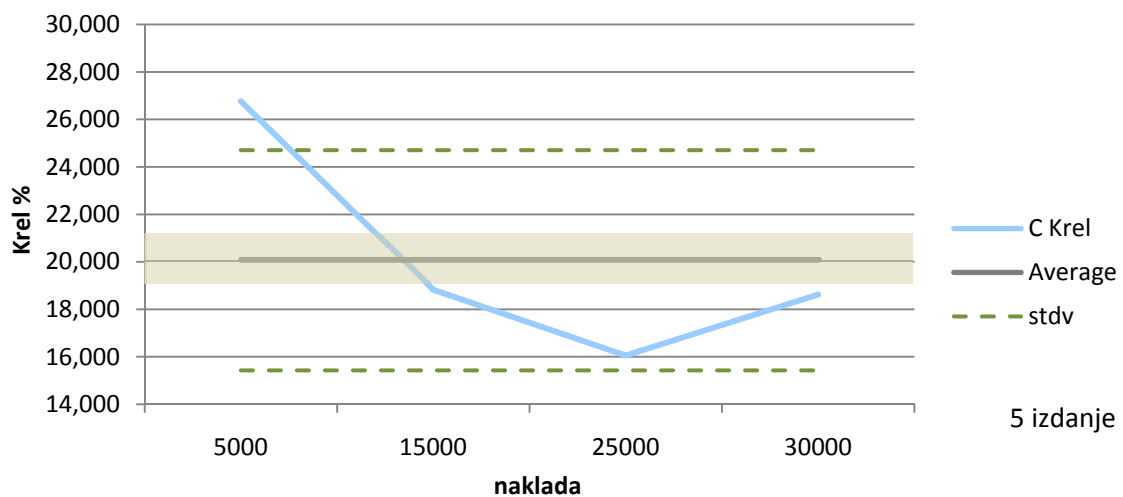
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{64,571}{7}} = 4,639$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 20,065 \pm 4,639$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 4,639 = 14,671$$



Graf 13. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na prvom tornju

Tablica 15. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja petog izdanja na prvom tornju

M 5 izdanje T1					
otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5234	0,71	26,282	-2,43	5,9124
15000	0,5384	0,76	29,158	0,44	0,1977
25000	0,5212	0,75	30,507	1,79	3,2164
30000	0,5332	0,75	28,907	0,19	0,0374
Average (Ā)	0,5291	0,7425	28,713	0,000	2,341
		stdv (σ) =	1,767	Σ(ΔD)² =	9,364
		max stdv =	30,480	s =	5,587
		min stdv =	26,947		

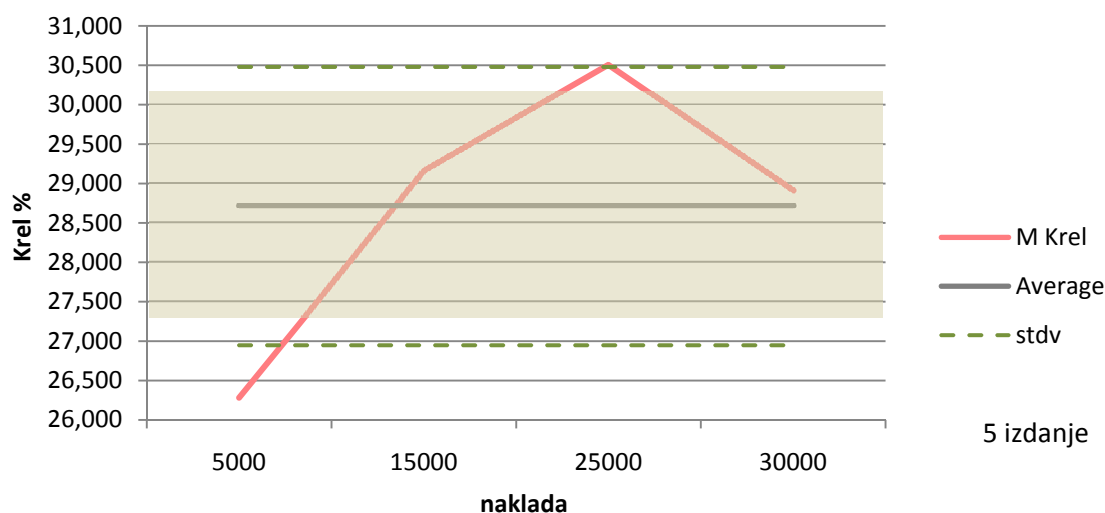
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{9,364}{7}} = 1,767$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 28,713 \pm 1,767$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 1,767 = 5,587$$



Graf 14. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na prvom tornju

Tablica 16. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja petog izdanja na prvom tornju

Y 5 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5669	0,79	28,241	3,51	12,3231
15000	0,5911	0,76	22,224	-2,51	6,2820
25000	0,5640	0,76	25,789	1,06	1,1223
30000	0,6032	0,78	22,667	-2,06	4,2577
Average (Ā)	0,5813	0,7725	24,730	0,000	5,996
stdv (σ) =			2,828	Σ(ΔD) ² =	23,985
max stdv =			27,558	s =	8,941
min stdv =			21,903		

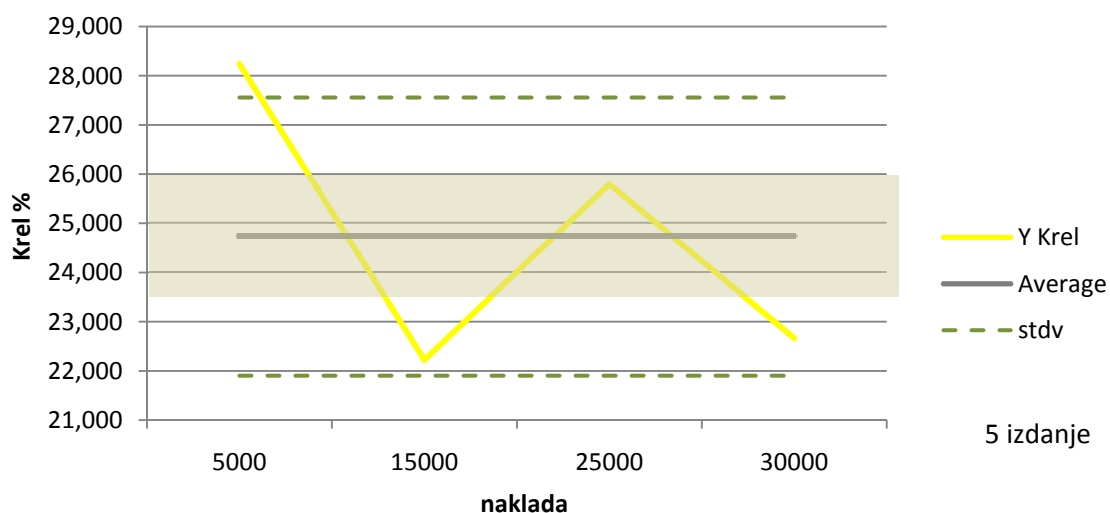
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{23,985}{7}} = 2,828$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 24,730 \pm 2,828$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,828 = 8,941$$



Graf 15. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na prvom tornju

Tablica 17. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja petog izdanja na prvom tornju

K 5 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	$(\Delta D)^2$
5000	0,6984	1,04	32,846	-1,58	2,4907
15000	0,7111	1,13	37,071	2,65	7,0037
25000	0,7024	1,05	33,105	-1,32	1,7413
30000	0,7251	1,11	34,676	0,25	0,0632
Average (\bar{A})	0,7093	1,0825	34,424	0,000	2,825
stdv (σ) =			1,941	$\sum(\Delta D)^2 =$	11,299
max stdv =			36,365	s =	6,137
min stdv =			32,484		

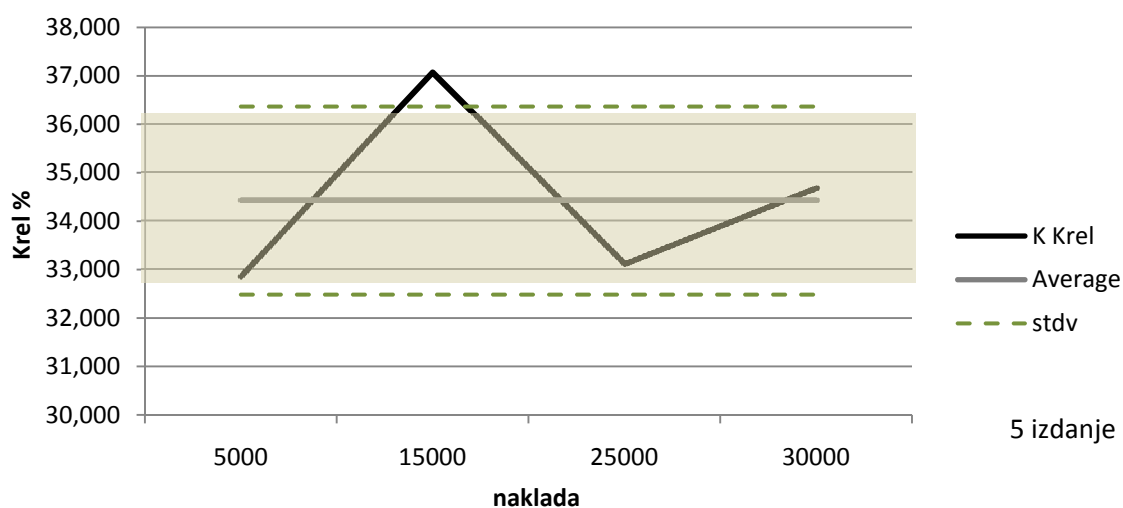
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{11,299}{7}} = 1,941$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 34,424 \pm 1,941$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 1,941 = 6,137$$



Graf 16. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na prvom tornju

Tablica 18. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja šestog izdanja na prvom tornju

C 6 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5889	0,78	24,500	1,22	1,4859
15000	0,6002	0,80	24,975	1,69	2,8695
25000	0,5583	0,75	25,560	2,28	5,1936
35000	0,5725	0,73	21,575	-1,71	2,9094
48000	0,5219	0,62	15,823	-7,46	55,6287
54000	0,5456	0,75	27,253	3,97	15,7791
Average (Ā)	0,5646	0,7383	23,281	0,000	13,978
	stdv (σ) =		4,096	Σ(ΔD)² =	83,866
	max stdv =		27,377	s =	12,951
	min stdv =		19,186		

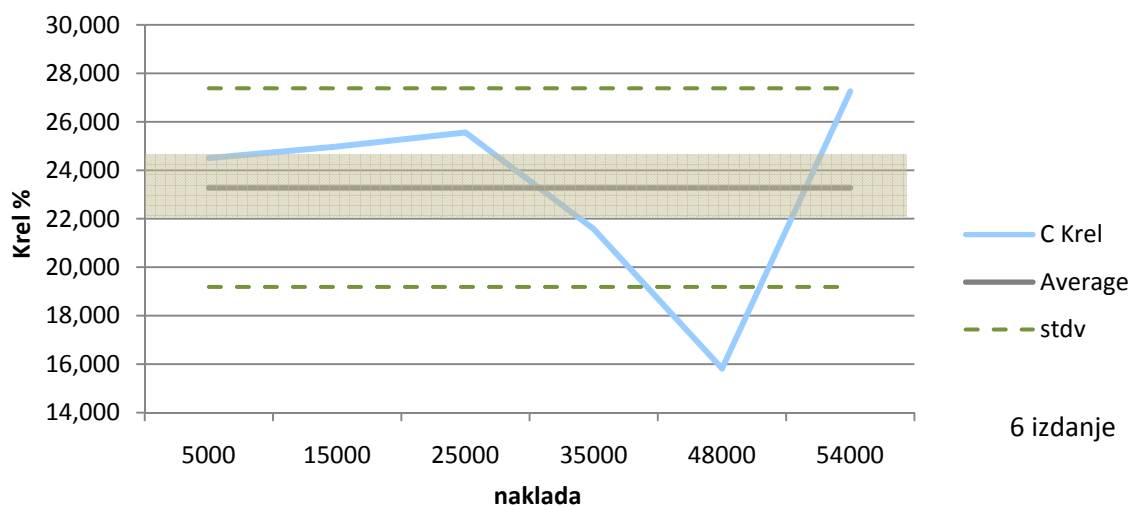
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{83,866}{7}} = 4,096$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 23,281 \pm 4,096$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 4,096 = 12,951$$



Graf 17. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na prvom tornju

Tablica 19. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja šestog izdanja na prvom tornju

M 6 izdanje T1					
otisak (n)	Dr (75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,4656	0,75	37,920	4,33	18,7464
15000	0,5162	0,74	30,243	-3,35	11,2027
25000	0,5047	0,74	31,793	-1,80	3,2294
35000	0,4870	0,75	35,067	1,48	2,1797
48000	0,4591	0,69	33,464	-0,13	0,0160
54000	0,4887	0,73	33,055	-0,54	0,2868
Average (Ā)	0,4869	0,7333	33,590	0,000	5,943
	stdv (σ) =		2,671	Σ(ΔD)² =	35,661
	max stdv =		36,261	s =	8,445
	min stdv =		30,920		

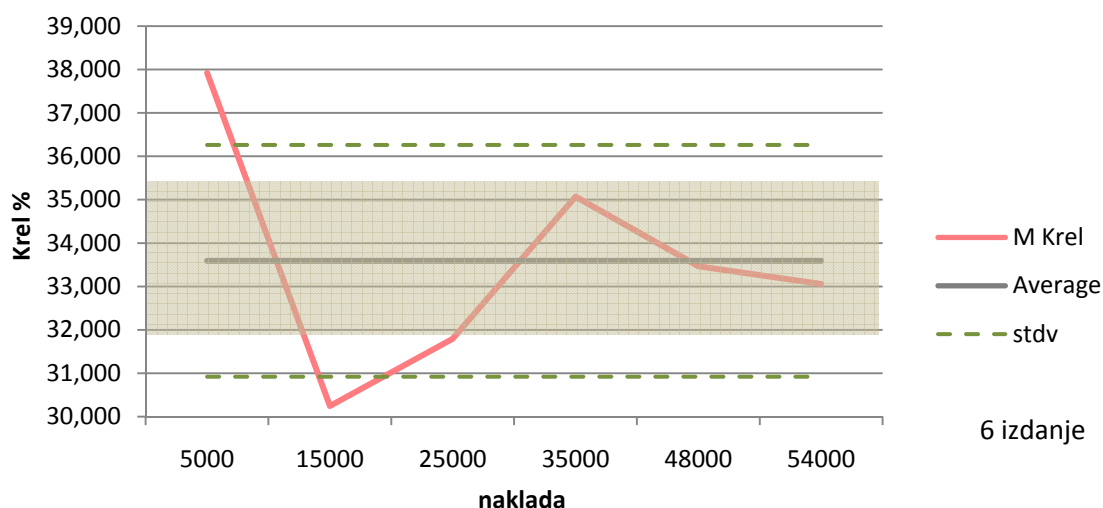
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{35,661}{7}} = 2,671$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 33,590 \pm 2,671$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,671 = 8,445$$



Graf 18. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na prvom tornju

Tablica 20. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja šestog izdanja na prvom tornju

Y 6 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5486	0,78	29,667	0,93	0,8646
15000	0,5695	0,77	26,039	-2,70	7,2784
25000	0,5586	0,80	30,175	1,44	2,0684
35000	0,5635	0,81	30,432	1,70	2,8740
48000	0,5469	0,73	25,082	-3,65	13,3563
54000	0,5311	0,77	31,026	2,29	5,2402
Average (Ā)	0,5530	0,7767	28,737	0,000	5,280
		stdv (σ) =	2,517	Σ(ΔD)² =	31,682
		max stdv =	31,254	s =	7,960
		min stdv =	26,220		

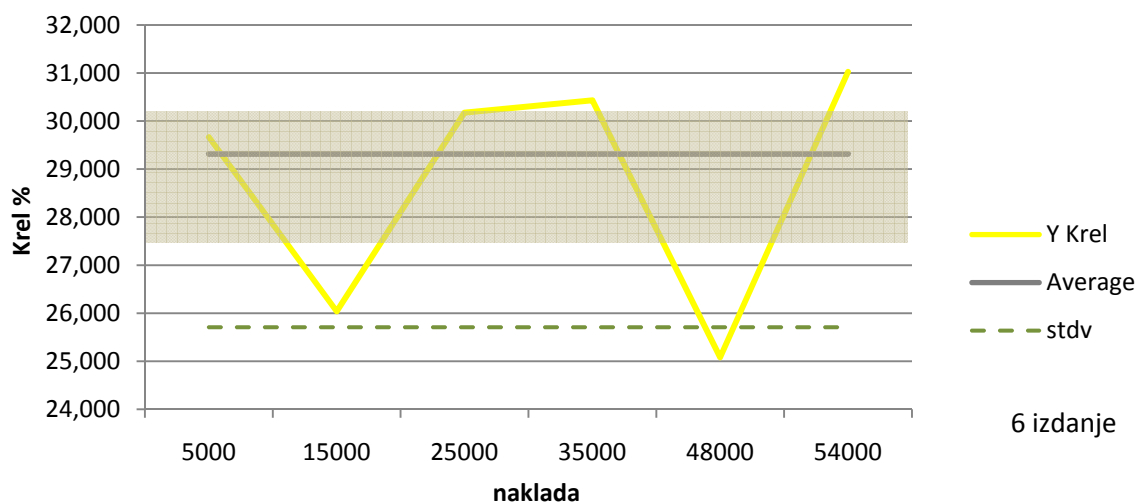
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{31,682}{7}} = 2,517$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 28,737 \pm 2,517$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,517 = 7,960$$



Graf 19. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na prvom tornju

Tablica 21. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja šestog izdanja na prvom tornju

K 6 izdanje T1					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	$(\Delta D)^2$
5000	0,7165	0,99	27,626	-1,69	2,8566
15000	0,7698	1,01	23,782	-5,53	30,6276
25000	0,6944	1,03	32,583	3,27	10,6676
35000	0,6635	1,00	33,650	4,33	18,7801
48000	0,7056	1,01	30,139	0,82	0,6760
54000	0,7260	1,01	28,119	-1,20	1,4342
Average (\bar{A})	0,7126	1,0083	29,316	0,000	10,840
	stdv (σ) =		3,607	$\Sigma(\Delta D)^2 =$	65,042
	max stdv =		32,923	s =	11,405
	min stdv =		25,710		

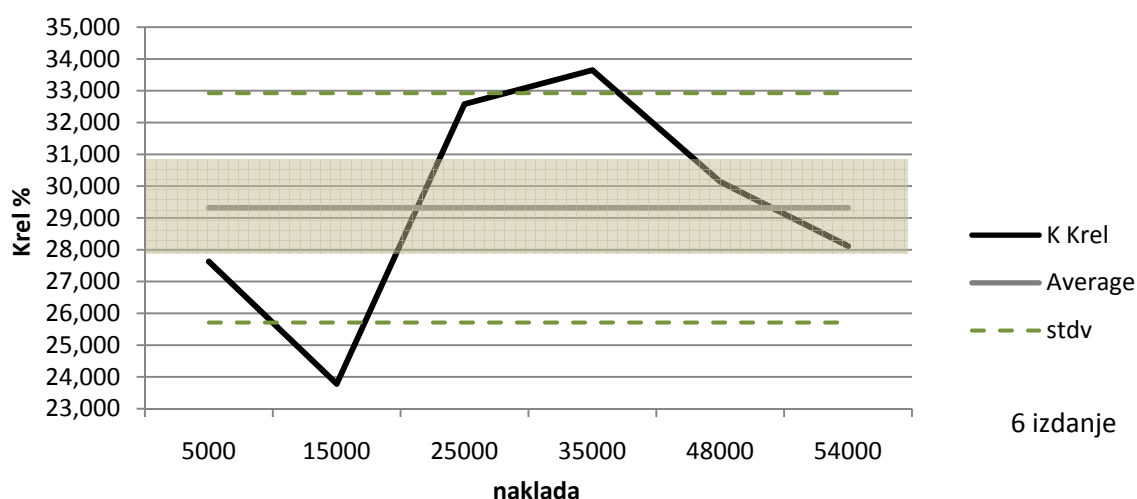
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{65,042}{7}} = 3,607$$

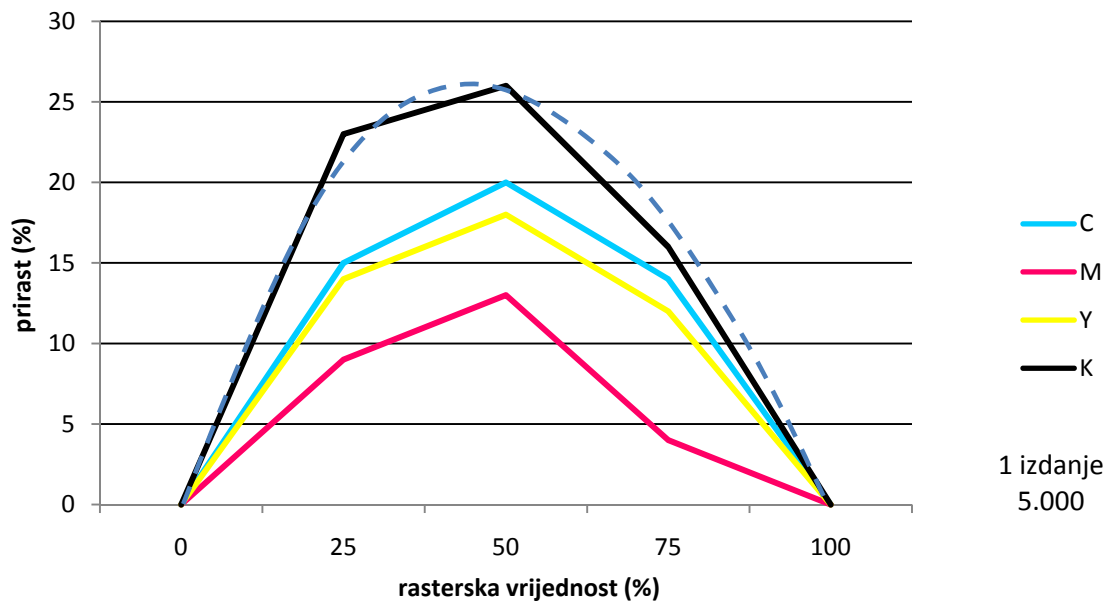
$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 29,316 \pm 3,607$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

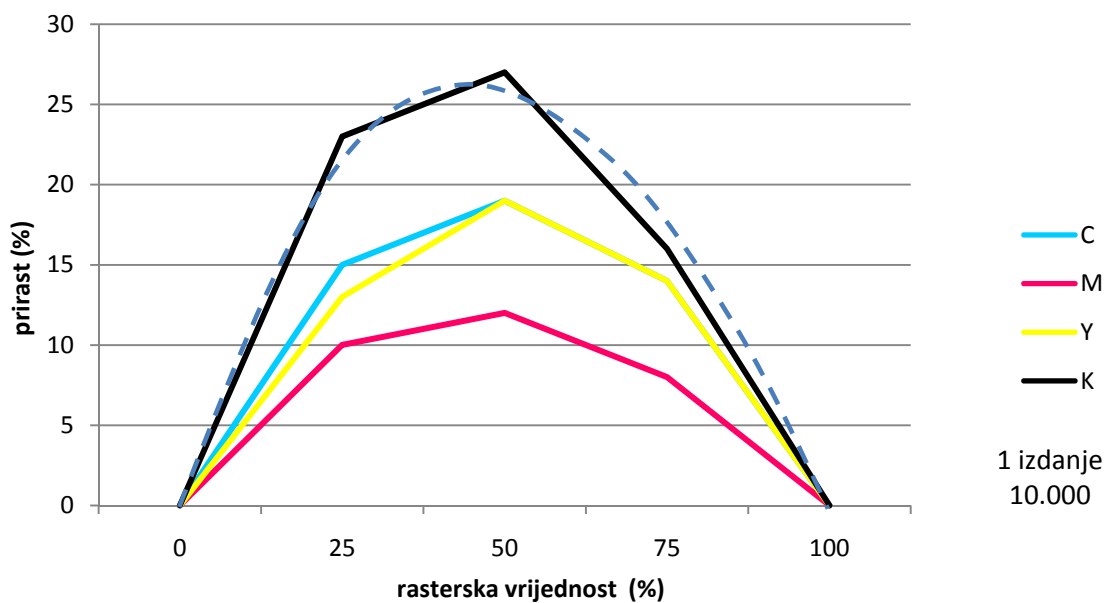
$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 3,607 = 11,405$$



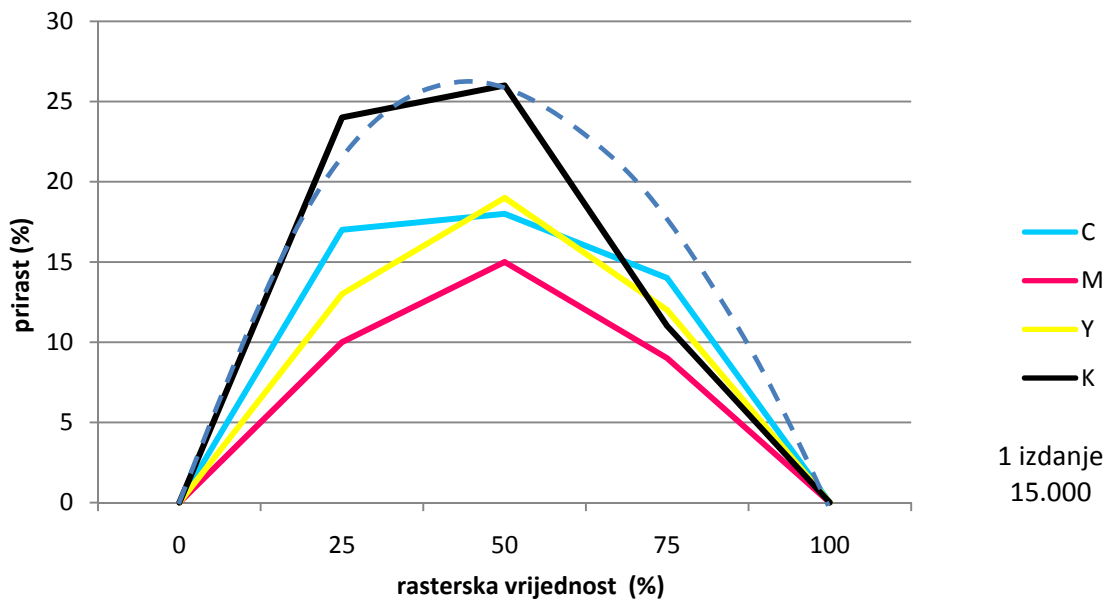
Graf 20. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na prvom tornju



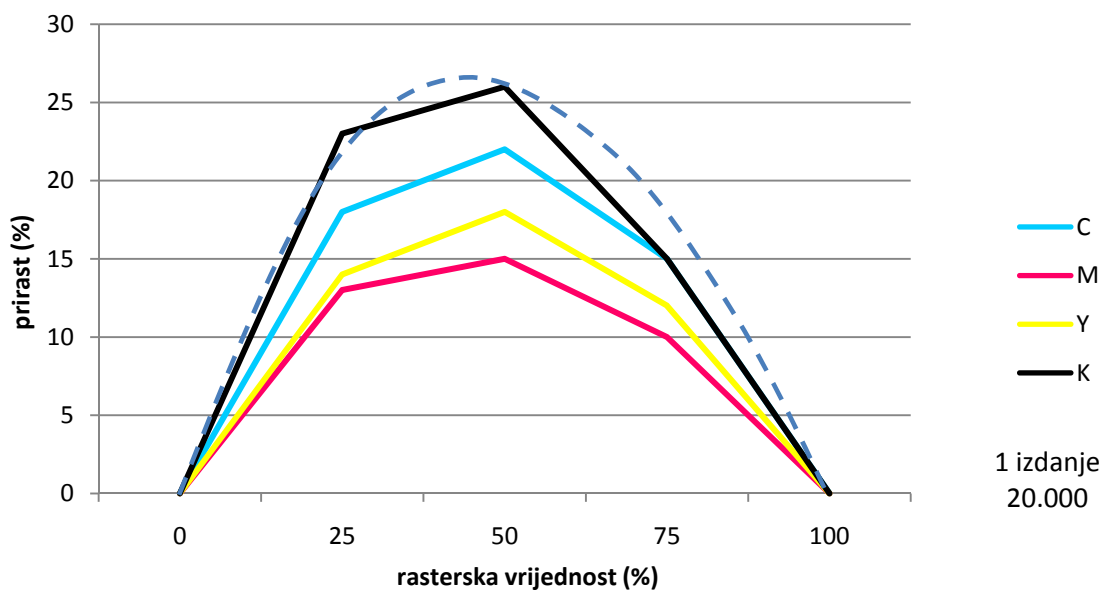
Graf 21. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju



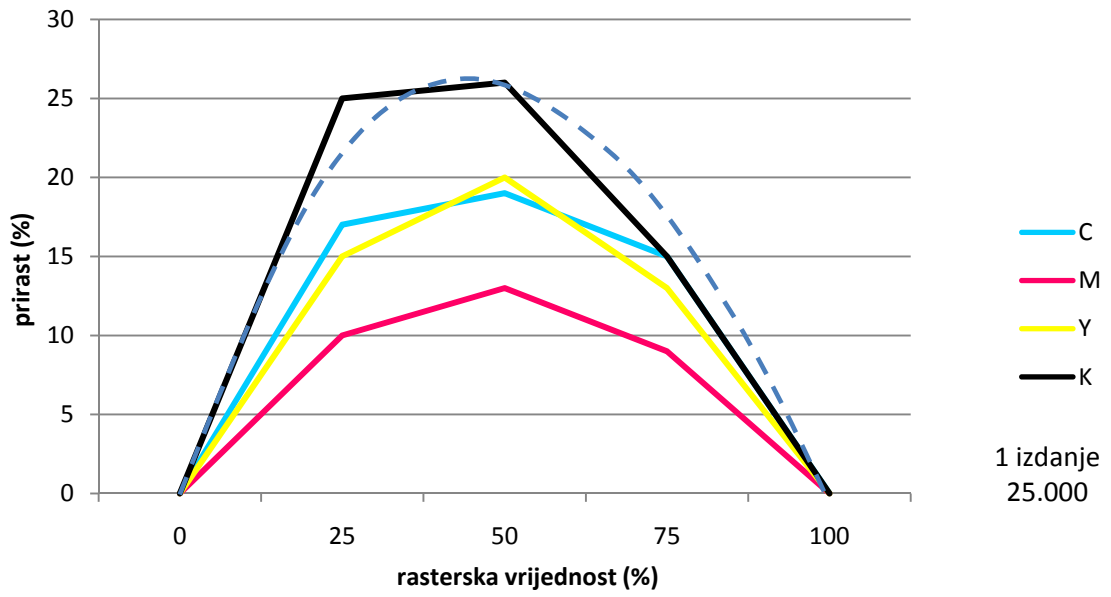
Graf 22. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju



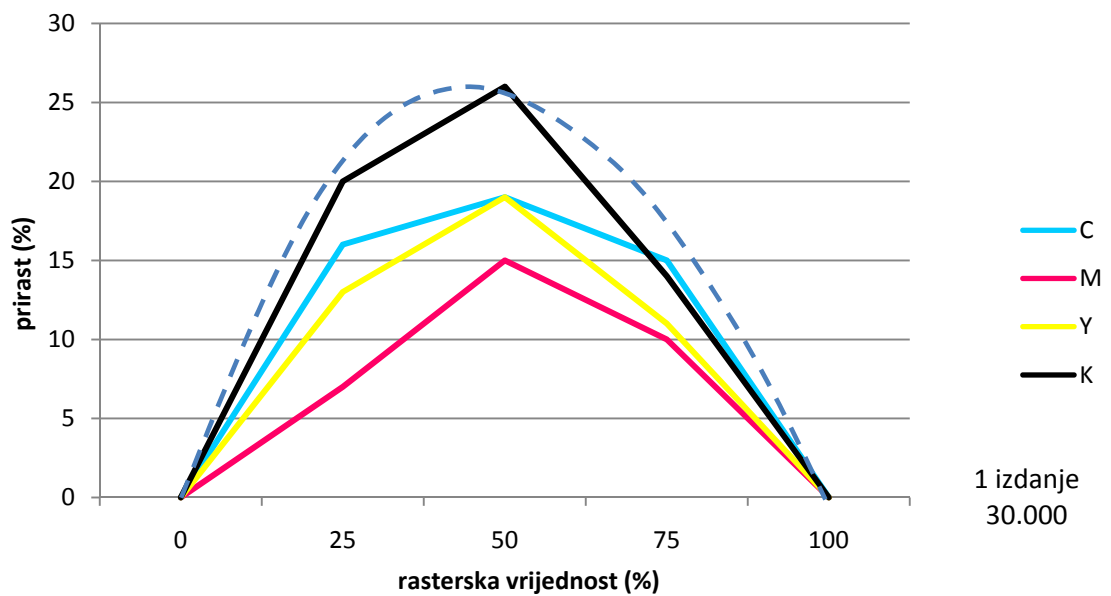
Graf 23. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju



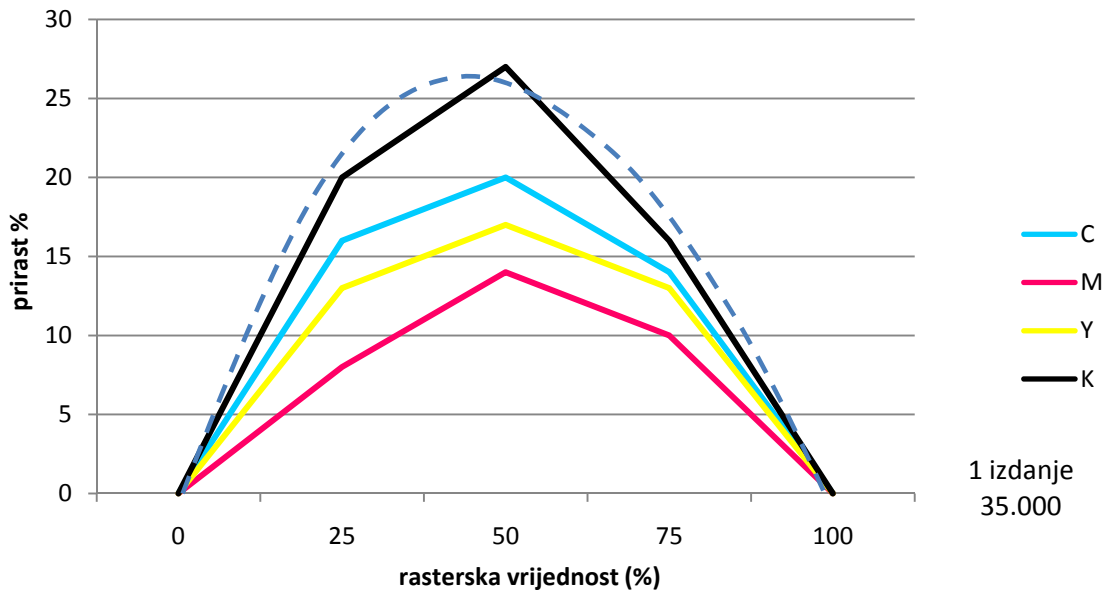
Graf 24. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, 1i2 izdanja otisnutog na prvom tornju



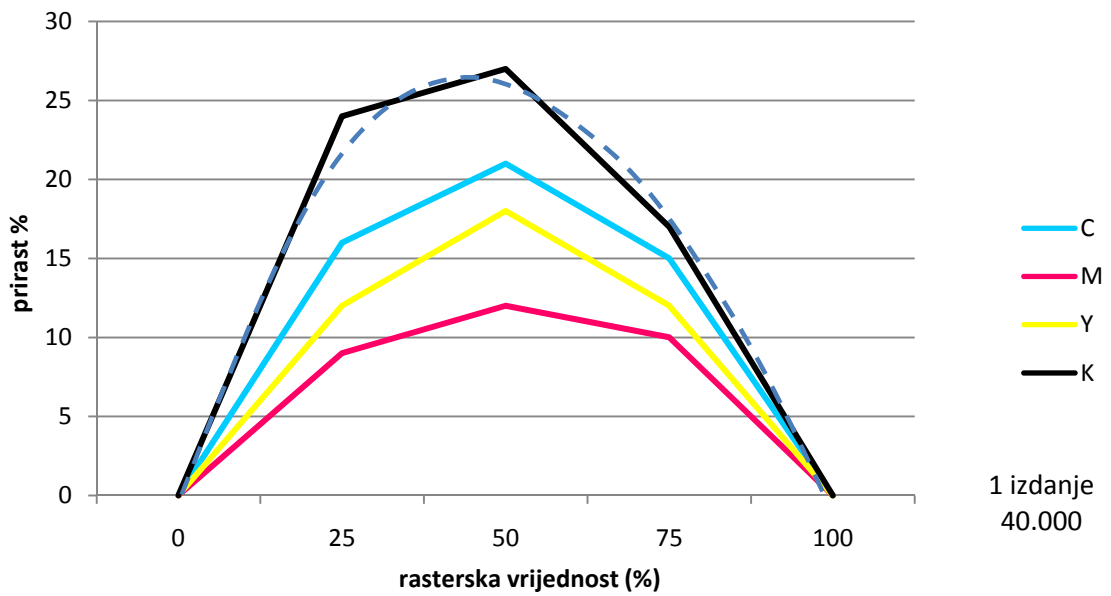
Graf 25. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju



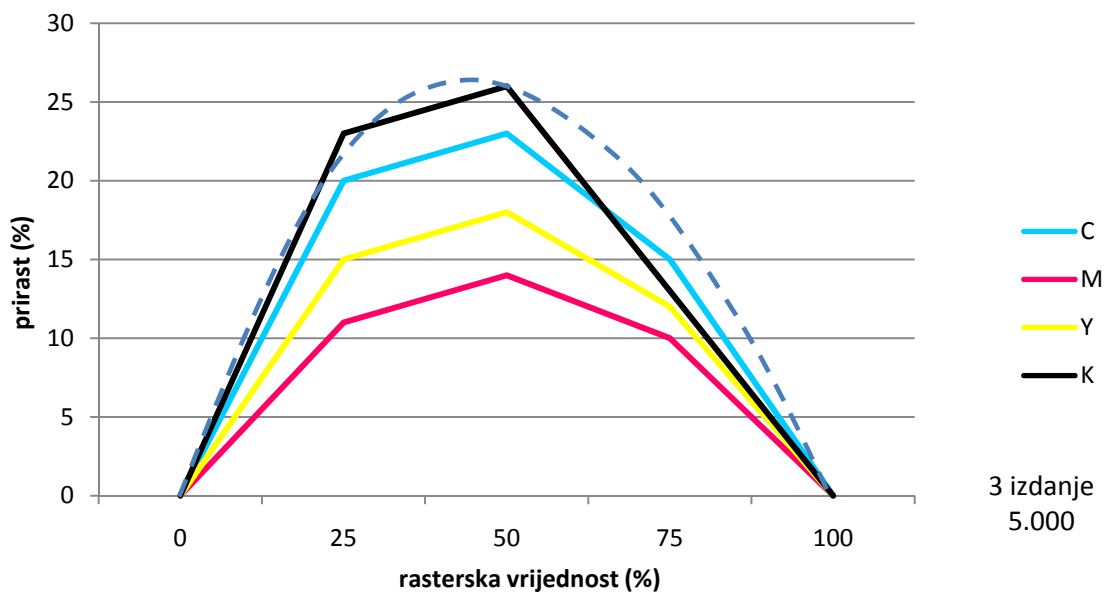
Graf 26. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 30.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju



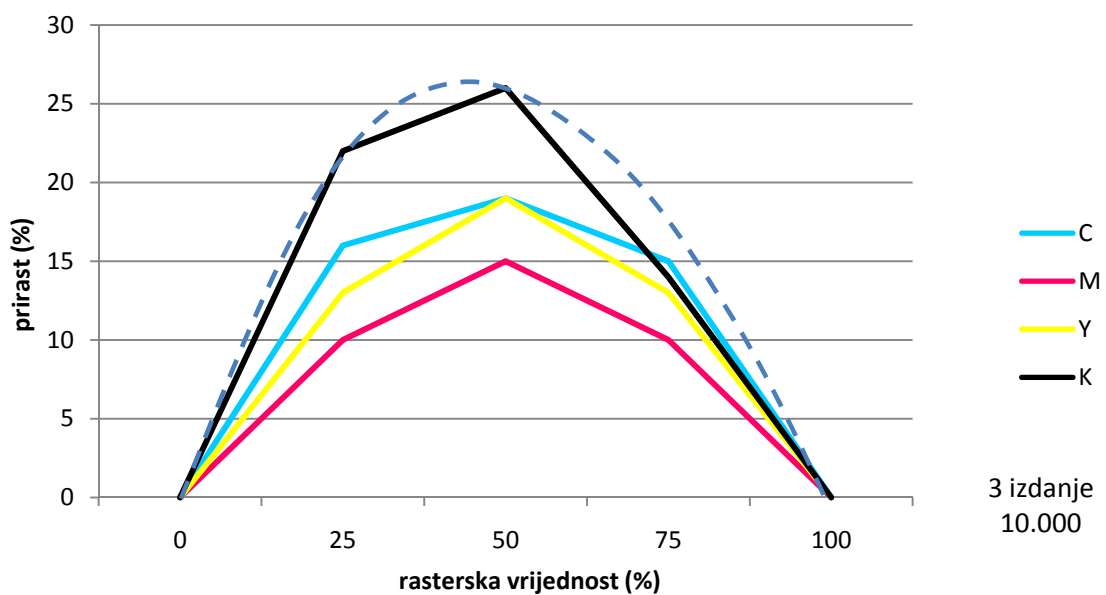
Graf 27. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 35.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju



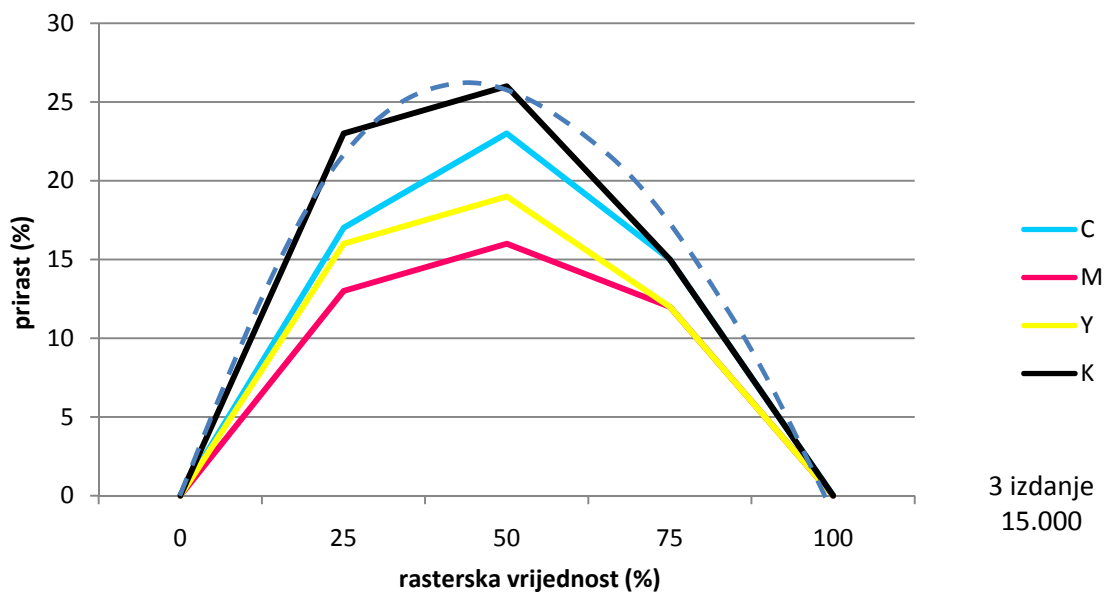
Graf 28. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 40.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju



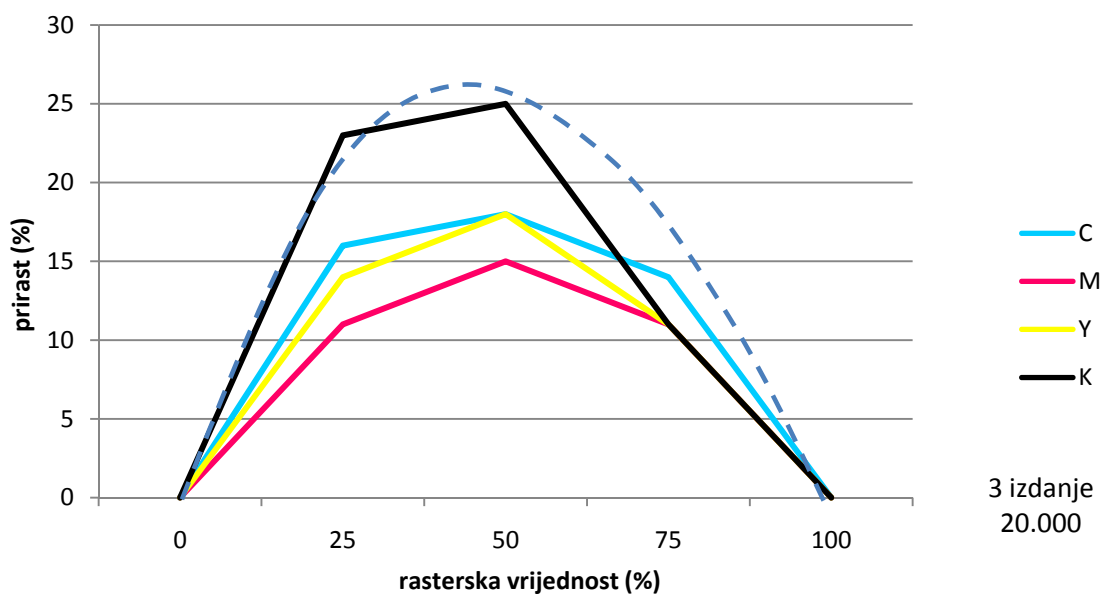
Graf 29. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju



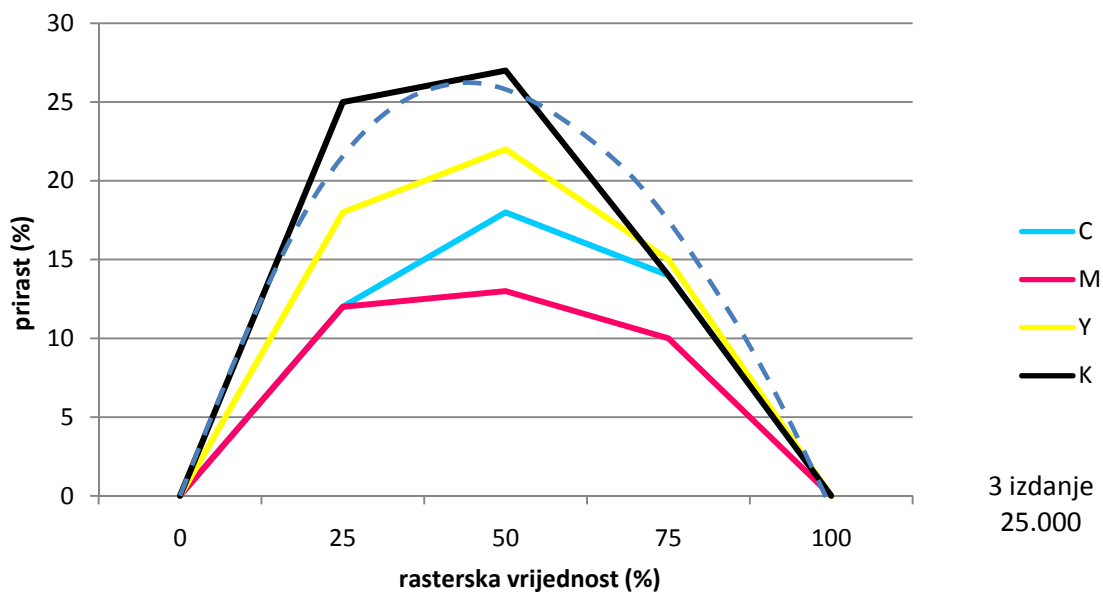
Graf 30. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju



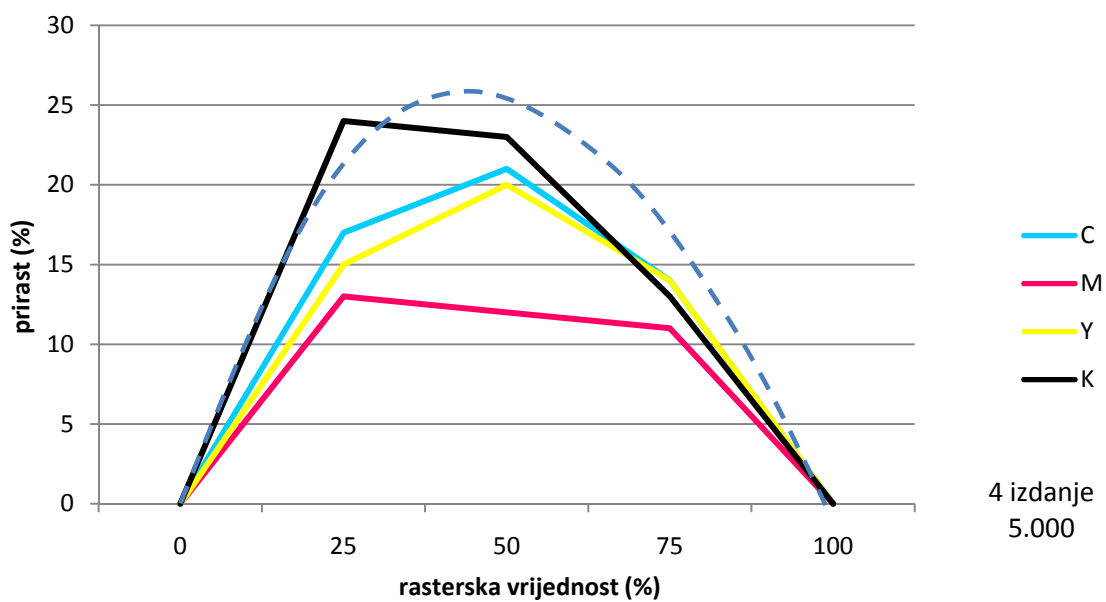
Graf 31. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju



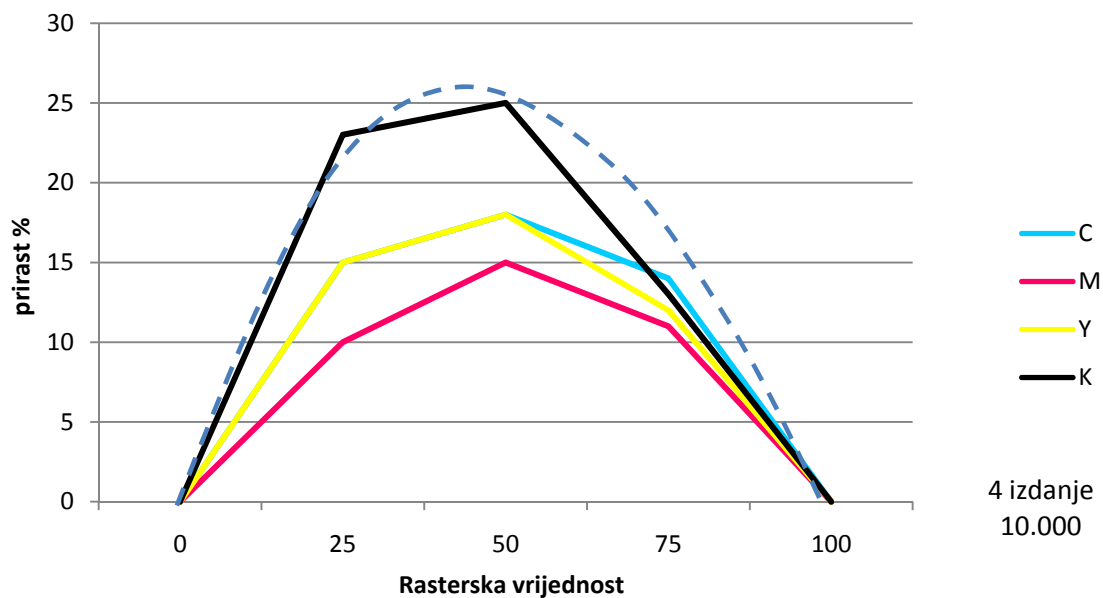
Graf 32. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju



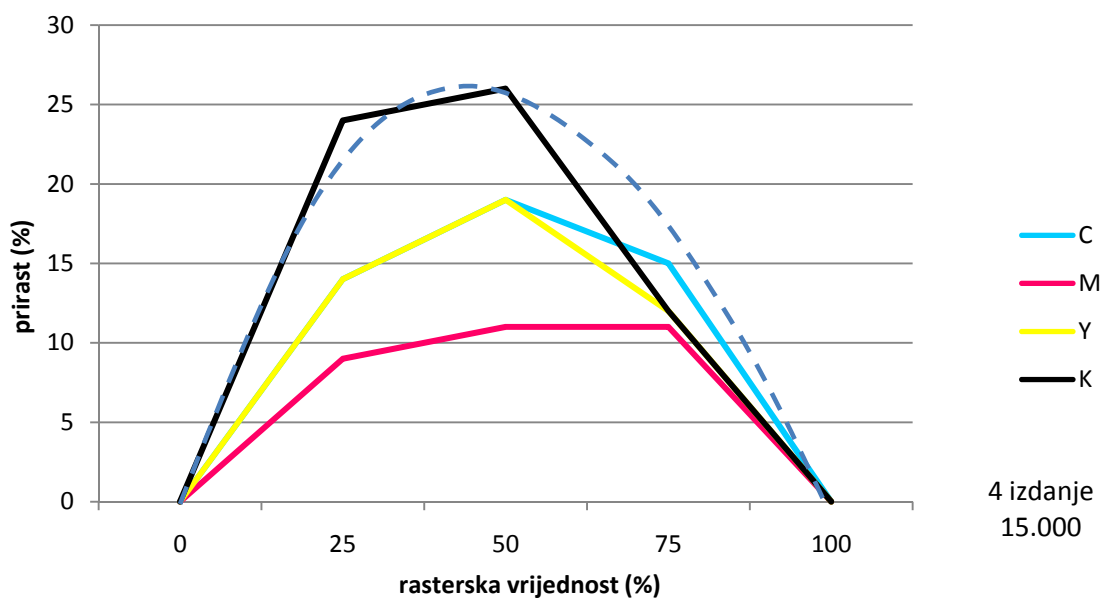
Graf 33. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju



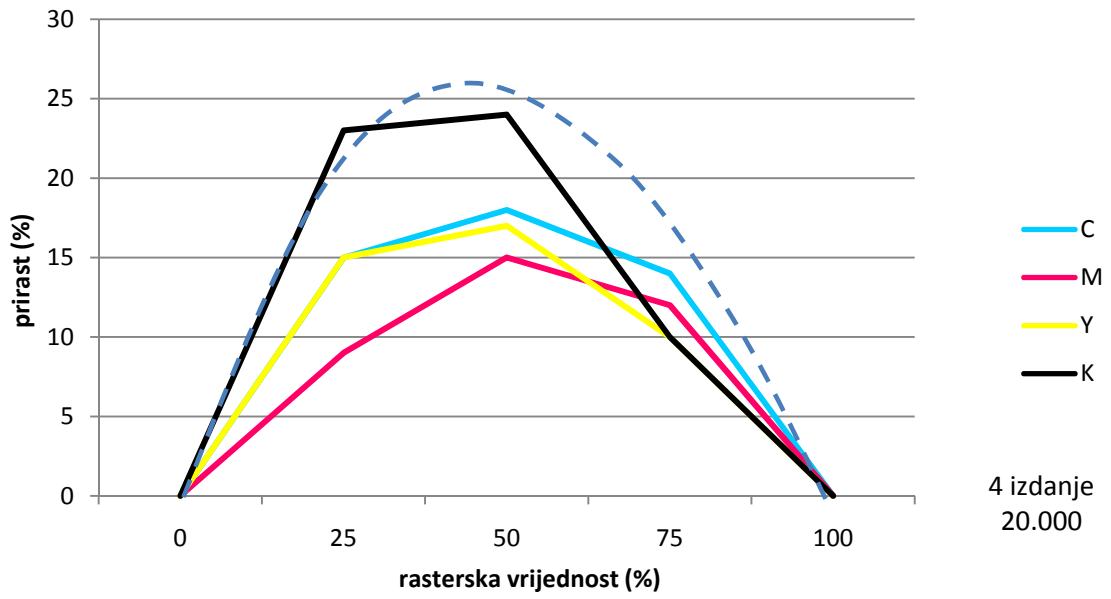
Graf 34. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju



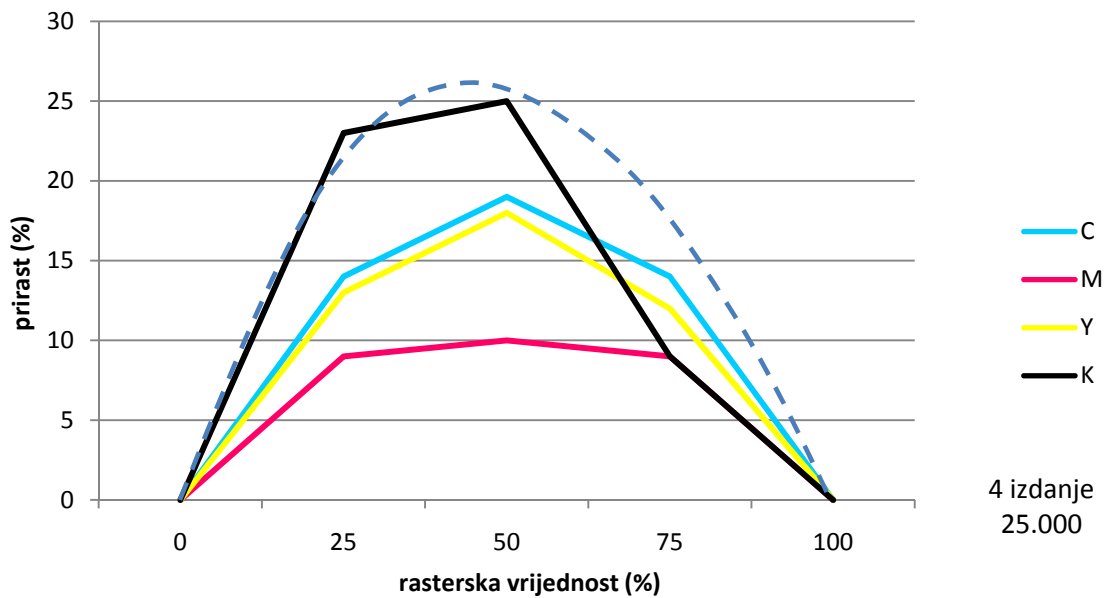
Graf 35. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju



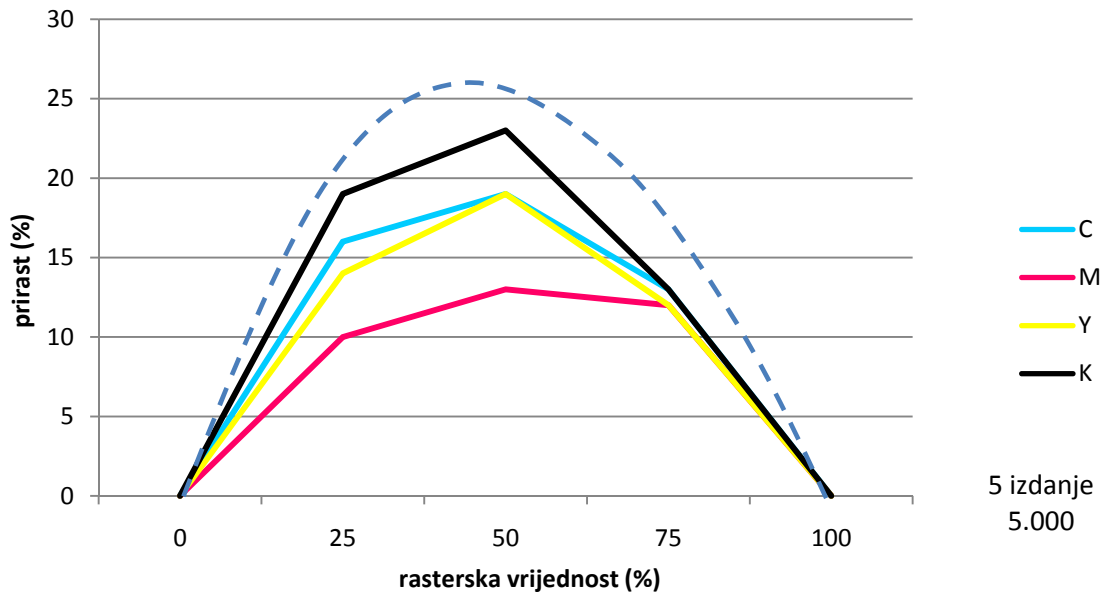
Graf 36. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju



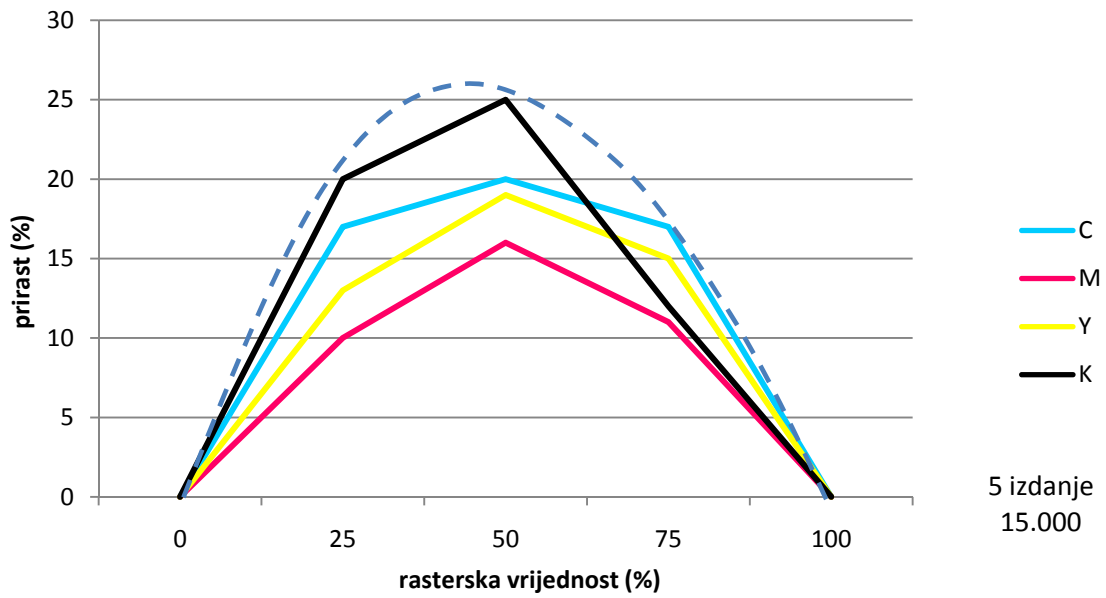
Graf 37. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju



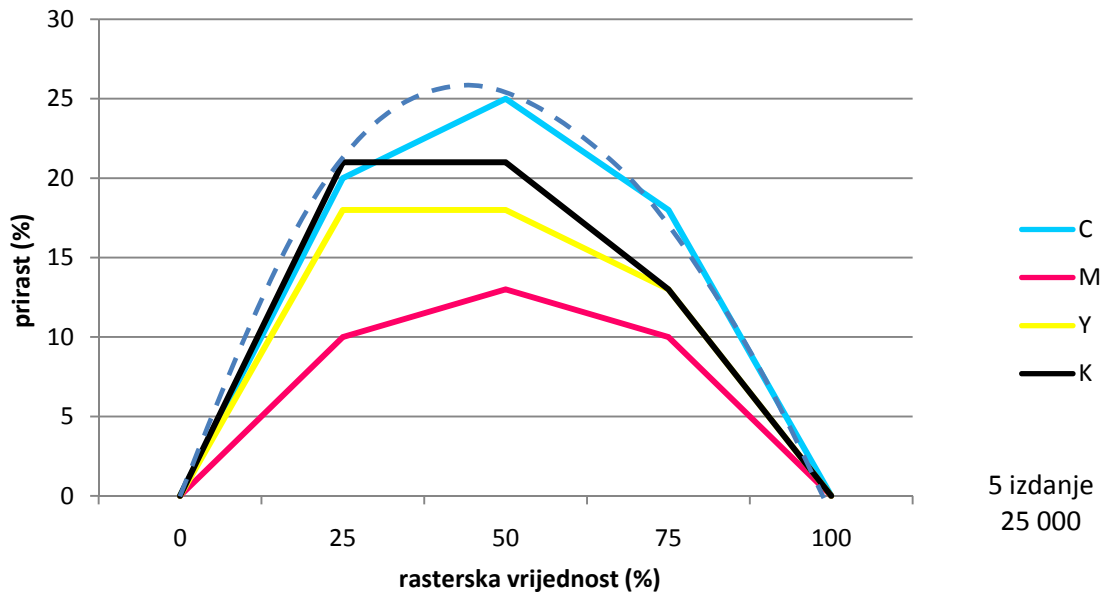
Graf 38. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju



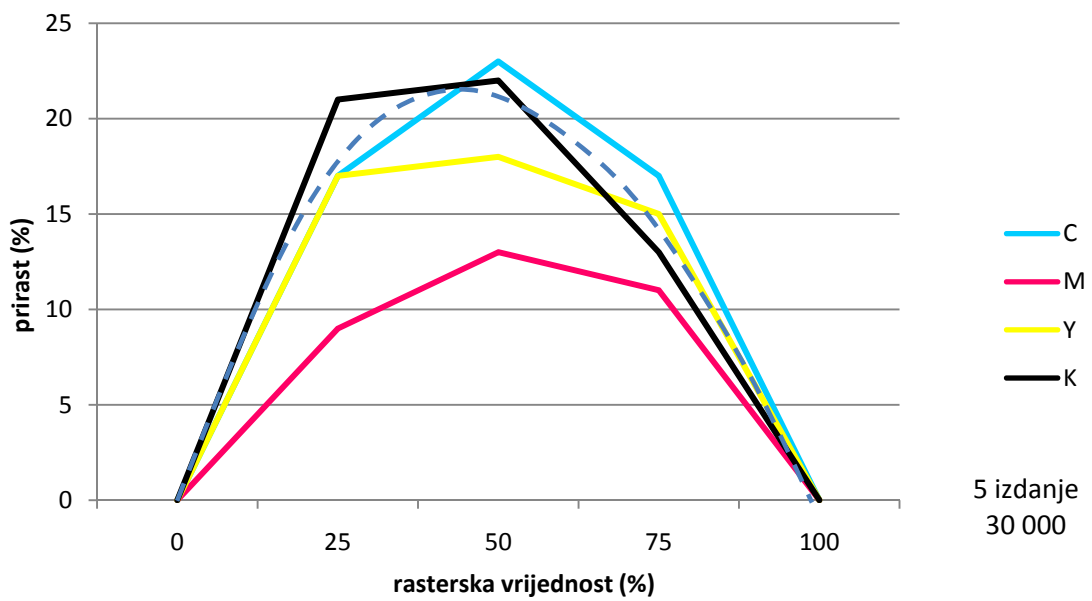
Graf 39. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 5 izdanja otisnutog na prvom tornju



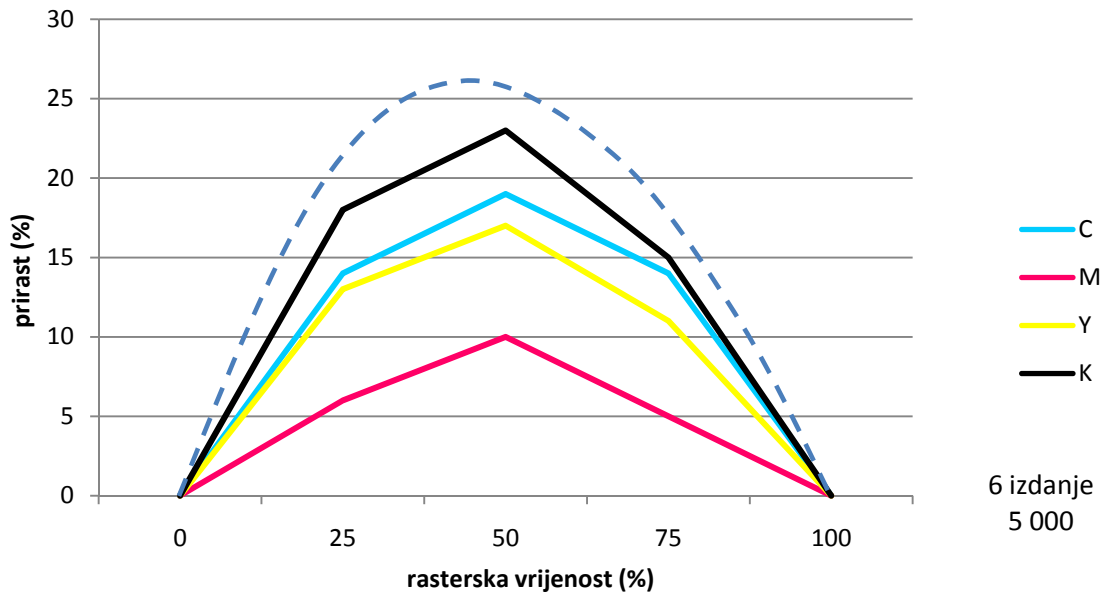
Graf 40. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 5 izdanja otisnutog na prvom tornju



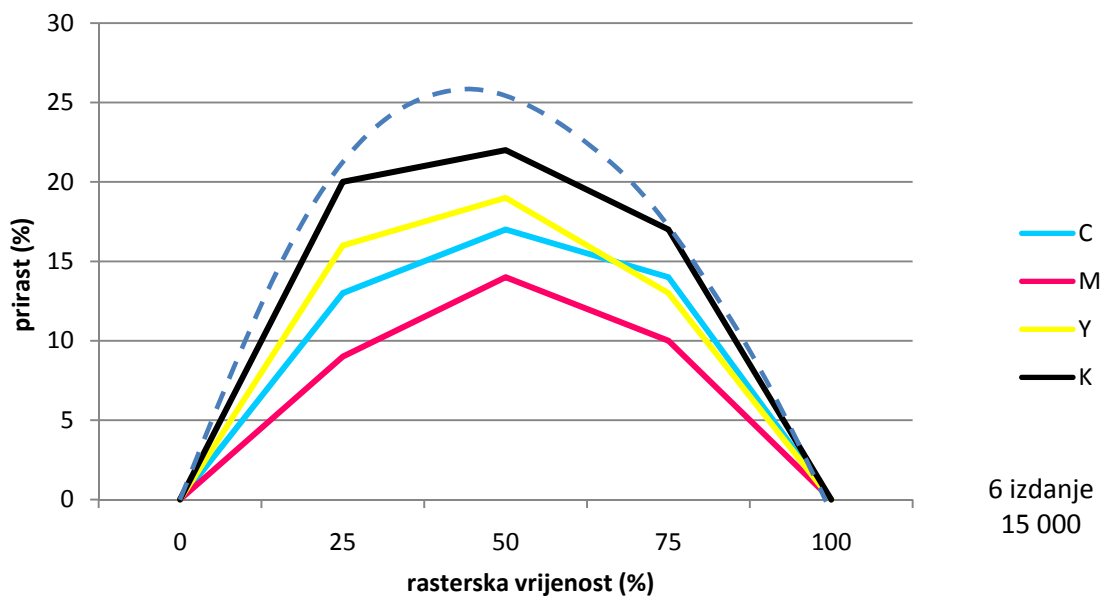
Graf 41. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 5 izdanja otisnutog na prvom tornju



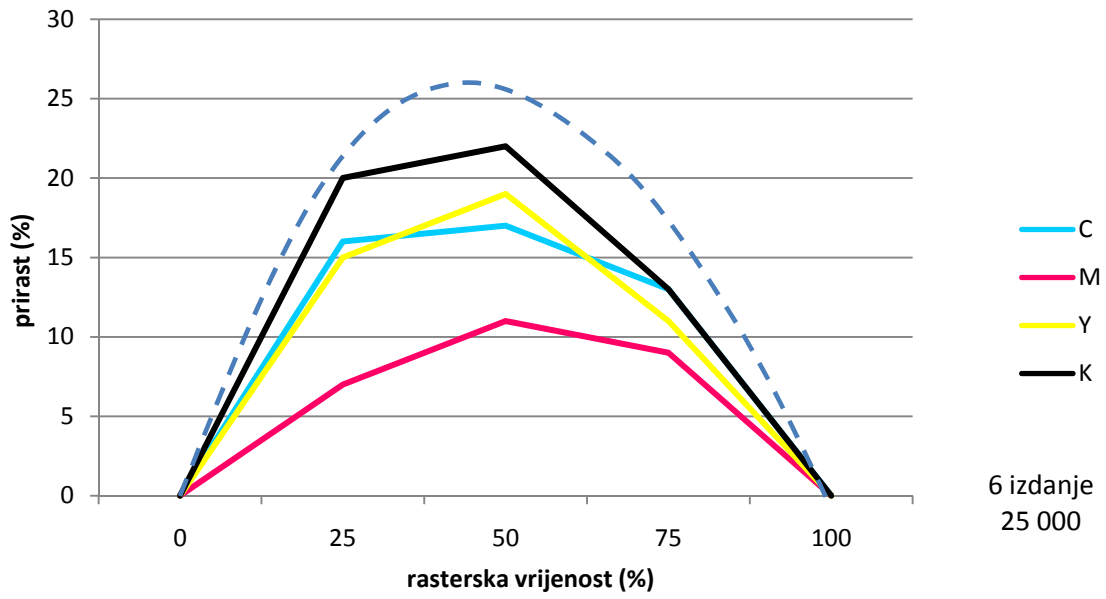
Graf 42. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 30.000 -tom uzorku, 5 izdanja otisnutog na prvom tornju



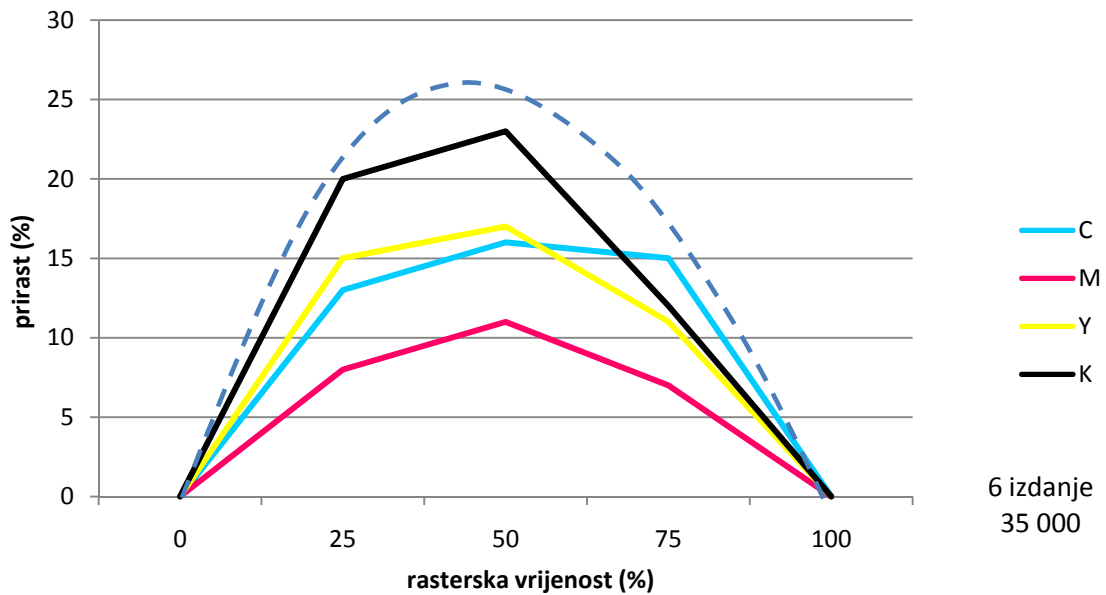
Graf 43. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju



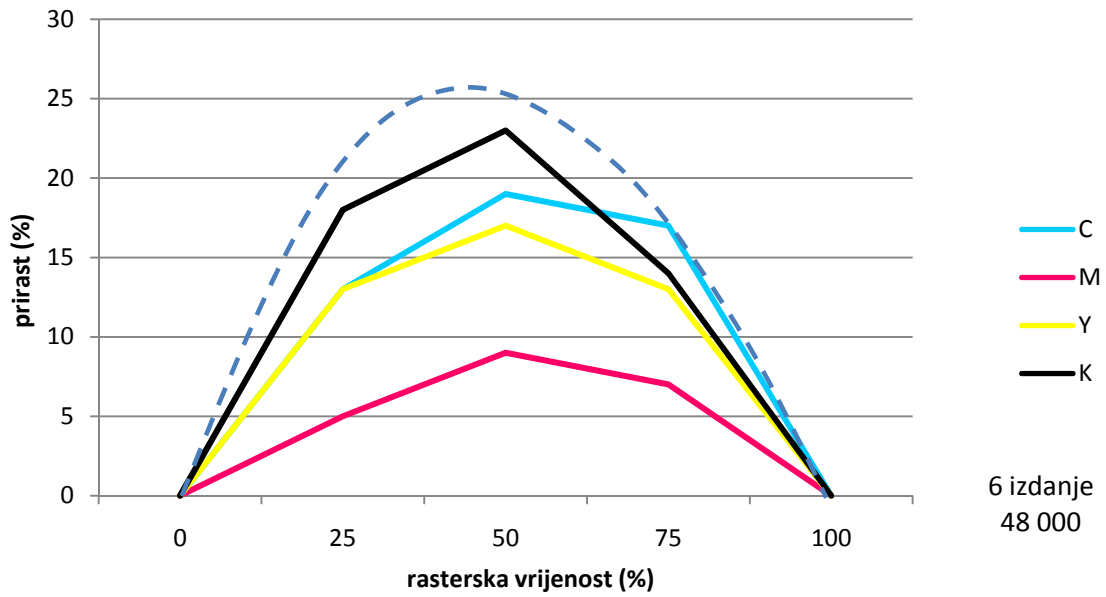
Graf 44. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju



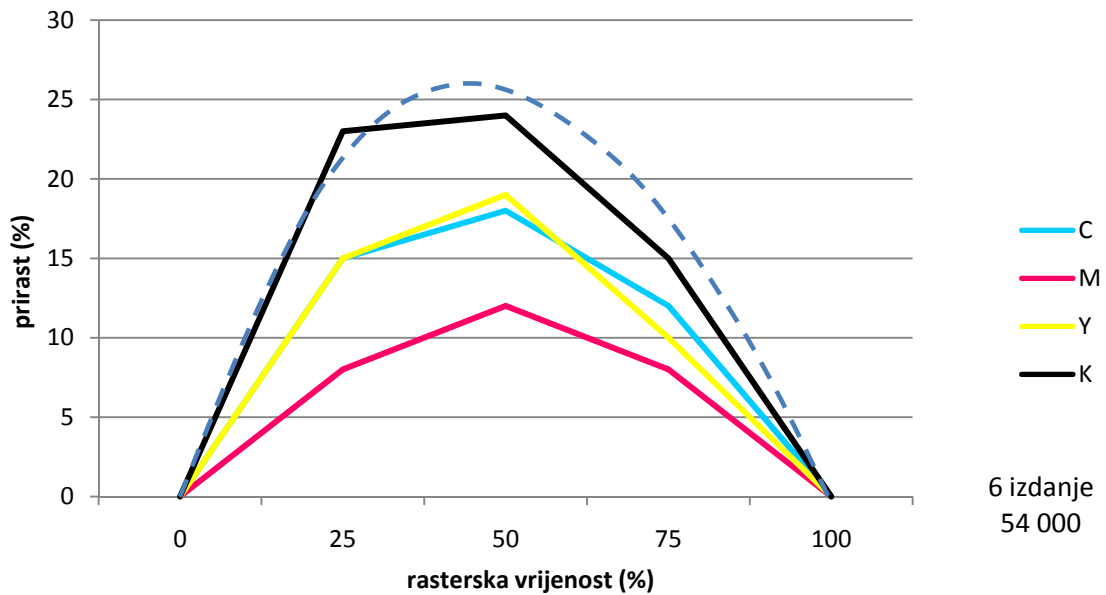
Graf 45. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju



Graf 46. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 35.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju



Graf 47. Prikaz krivulje prirasta rasterijskih vrijednosti na 48.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju



Graf 48. Prikaz krivulje prirasta rasterijskih vrijednosti na 54.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju

Tablica 22. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja prvog i drugog izdanja na drugom tornju

C 1 i 2 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5274	0,66	20,091	1,30	1,6928
10000	0,5321	0,65	18,138	-0,65	0,4243
15000	0,5526	0,68	18,735	-0,05	0,0030
20000	0,5471	0,69	20,710	1,92	3,6877
25000	0,5594	0,69	18,928	0,14	0,0190
30000	0,5437	0,65	16,354	-2,44	5,9340
35000	0,5274	0,66	20,091	1,30	1,6928
40000	0,5791	0,70	17,271	-1,52	2,3055
Average (Ā)	0,5461	0,67	18,790	0,000	1,970
stdv (σ) =			1,500	Σ(ΔD)² =	15,759
max stdv =			20,290	s =	4,745
min stdv =			17,289		

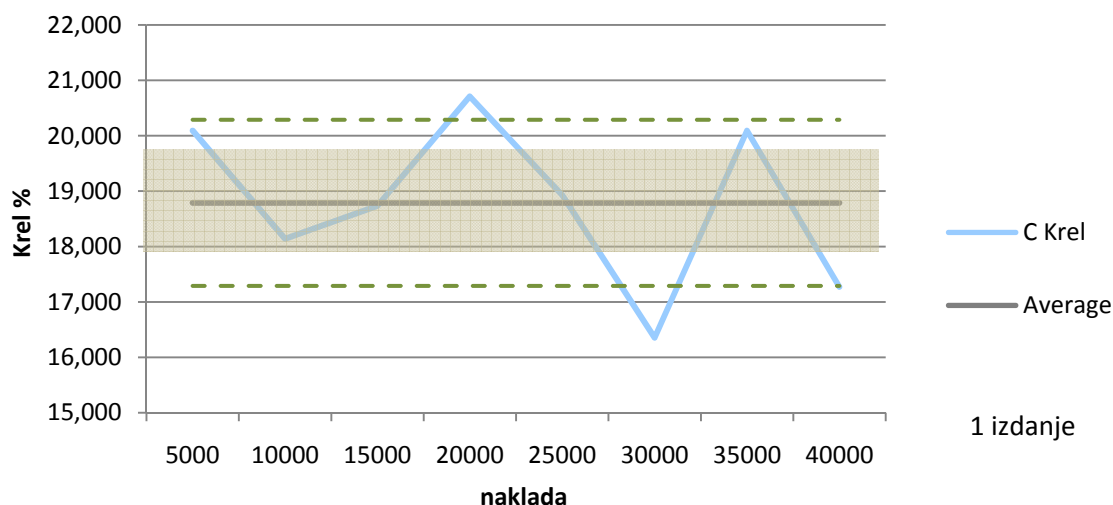
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{15,759}{7}} = 1,5004$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 18,790 \pm 1,5004$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 1,5004 = 4,745$$



Graf 49. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na drugom tornju

Tablica 23. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja prvog i drugog izdanja na drugom tornju

M 1 i 2 izdanje T2					
otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5002	0,78	35,872	4,63	21,4488
10000	0,5913	0,81	27,000	-4,24	17,9819
15000	0,5564	0,77	27,740	-3,50	12,2518
20000	0,5486	0,78	29,667	-1,57	2,4770
25000	0,4948	0,72	31,278	0,04	0,0014
30000	0,4791	0,71	32,521	1,28	1,6400
35000	0,4839	0,72	32,792	1,55	2,4061
40000	0,4887	0,73	33,055	1,81	3,2916
Average (Ā)	0,5179	0,75	31,241	0,000	7,687
		stdv (σ) =	2,964	Σ(ΔD)² =	61,499
		max stdv =	34,205	s =	9,373
		min stdv =	28,276		

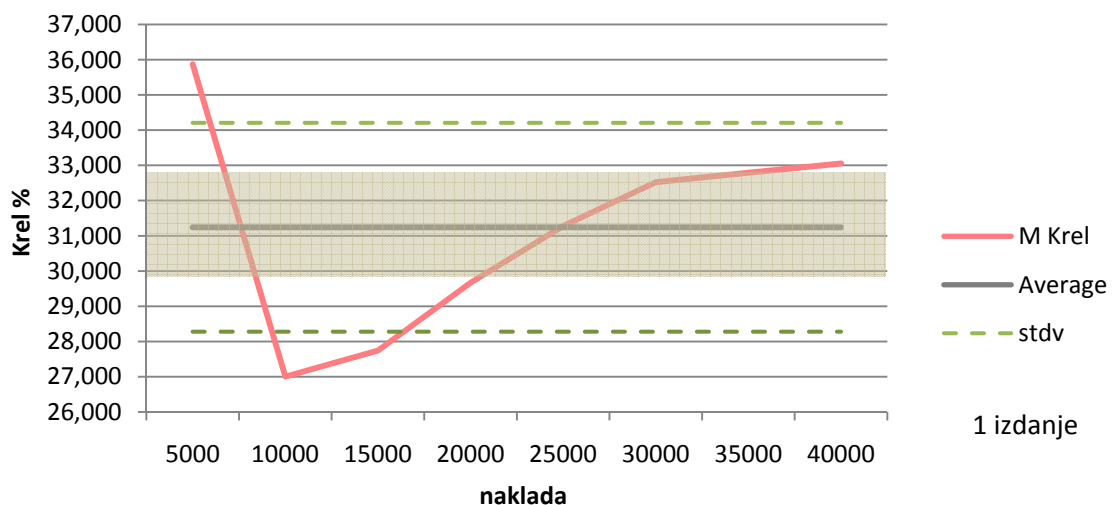
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{61,499}{7}} = 2,964$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 31,241 \pm 2,964$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,964 = 9,373$$



Graf 50. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu prvog izdanja na drugom tornju

Tablica 24. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja prvog i drugog izdanja na drugom tornju

Y 1 i 2 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,4639	0,70	33,729	1,87	3,4835
10000	0,4948	0,72	31,278	-0,58	0,3415
15000	0,5332	0,75	28,907	-2,96	8,7350
20000	0,5212	0,75	30,507	-1,36	1,8374
25000	0,5027	0,76	33,855	1,99	3,9724
30000	0,4934	0,74	33,324	1,46	2,1379
35000	0,4887	0,73	33,055	1,19	1,4224
40000	0,5162	0,74	30,243	-1,62	2,6209
Average (Ā)	0,5018	0,74	31,862	0,000	3,069
		stdv (σ) =	1,873	Σ(ΔD)² =	24,551
		max stdv =	33,735	s =	5,922
		min stdv =	29,989		

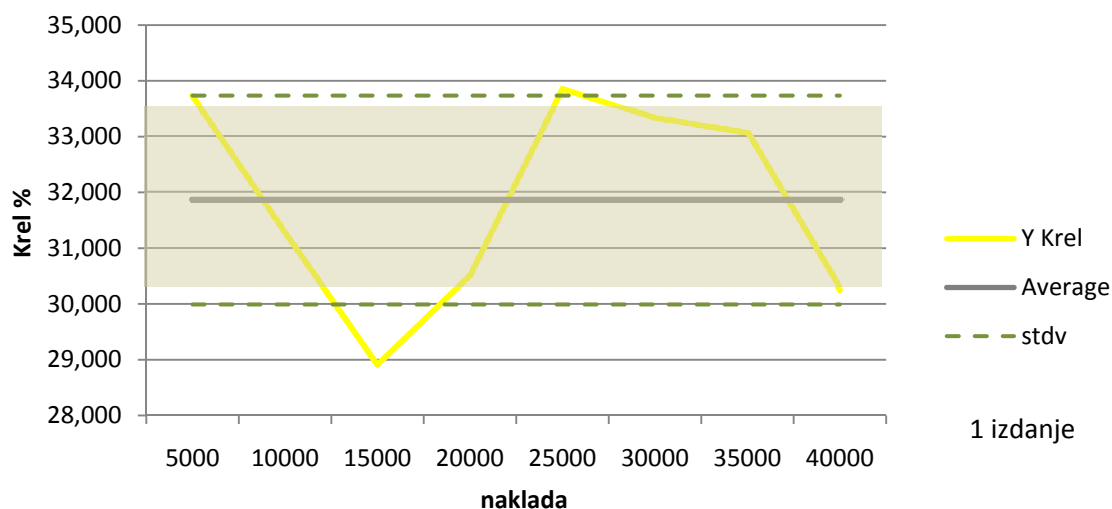
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{24,551}{7}} = 1,873$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 31,862 \pm 1,873$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 1,873 = 5,922$$



Graf 51. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu prvog izdanja na drugom tornju

Tablica 25. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja prvog i drugog izdanja na drugom tornju

K 1 i 2 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,7352	1,03	28,621	-7,47	55,8062
10000	0,7820	1,14	31,404	-4,69	21,9792
15000	0,6244	1,09	42,716	6,62	43,8758
20000	0,7063	1,06	33,368	-2,72	7,4190
25000	0,5742	1,08	46,833	10,74	115,3824
30000	0,6415	1,09	41,147	5,06	25,5538
35000	0,7545	1,13	33,230	-2,86	8,1889
40000	0,7270	1,06	31,415	-4,68	21,8708
Average (Ā)	0,6931	1,09	36,092	0,000	37,510
		stdv (σ) =	6,547	Σ(ΔD)² =	300,076
		max stdv =	42,639	s =	20,705
		min stdv =	29,544		

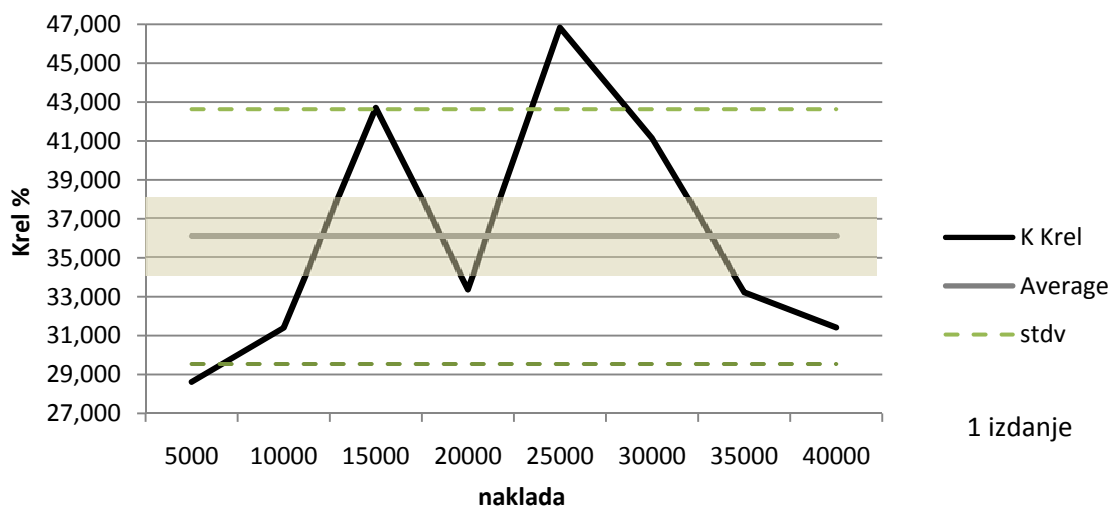
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{300,076}{7}} = 6,547$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 36,092 \pm 6,547$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 6,547 = 20,705$$



Graf 52. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu prvog izdanja na drugom tornju

Tablica 26. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja trećeg izdanja na drugom tornju

C 3 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5321	0,65	18,138	-1,51	2,2934
10000	0,5120	0,69	25,797	6,14	37,7517
15000	0,5161	0,66	21,803	2,15	4,6232
20000	0,5365	0,64	16,172	-3,48	12,1173
25000	0,5437	0,65	16,354	-3,30	10,8835
Average (Ā)	0,5281	0,6580	19,653	0,000	13,534
		stdv (σ) =	4,113	Σ(ΔD)² =	67,669
		max stdv =	23,766	s =	13,007
		min stdv =	15,540		

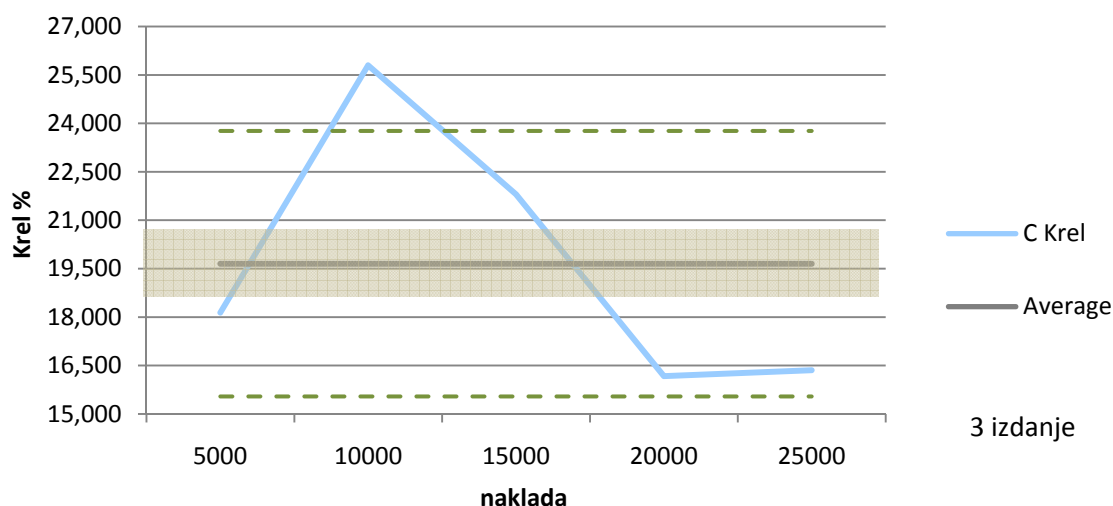
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{67,669}{7}} = 4,113$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 19,653 \pm 4,113$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 4,113 = 13,007$$



Graf 53. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na drugom tornju

Tablica 27. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja trećeg izdanja na drugom tornju

M 3 izdanje T2					
otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5411	0,72	24,847	-4,88	23,7928
10000	0,5564	0,77	27,740	-1,98	3,9392
15000	0,5002	0,78	35,872	6,15	37,7830
20000	0,5262	0,76	30,763	1,04	1,0778
25000	0,5436	0,77	29,403	-0,32	0,1039
Average (Ā)	0,5335	0,7600	29,725	0,000	13,339
	stdv (σ) =	4,083	Σ(ΔD)² =	66,697	
	max stdv =	33,808	s =	12,913	
	min stdv =	25,642			

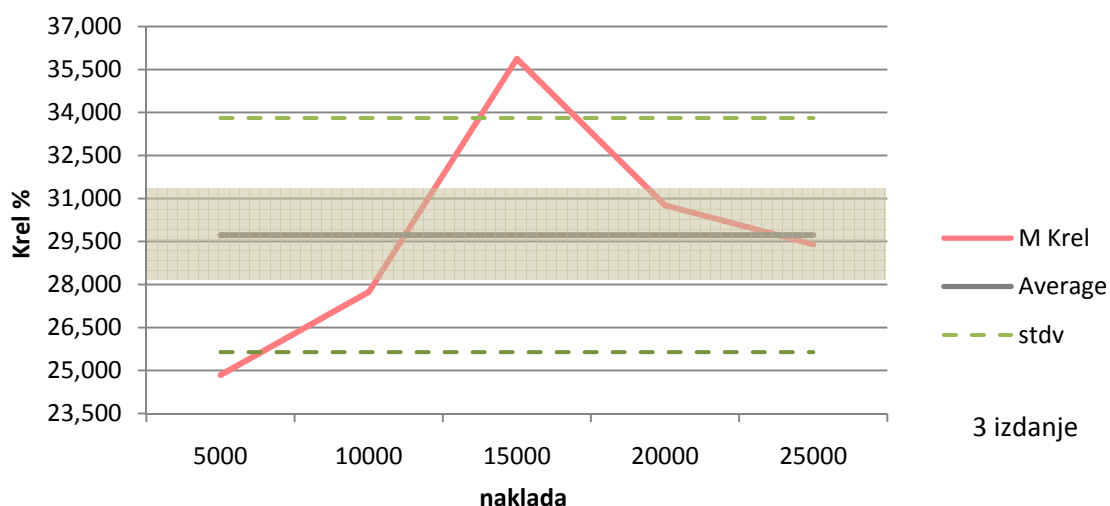
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{66,697}{7}} = 4,083$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 29,725 \pm 4,083$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 4,083 = 12,913$$



Graf 54. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na drugom tornju

Tablica 28. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja trećeg izdanja na drugom tornju

Y 3 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,4953	0,68	27,162	-4,89	23,8897
10000	0,5118	0,78	34,385	2,34	5,4529
15000	0,4389	0,71	38,183	6,13	37,6214
20000	0,4847	0,68	28,721	-3,33	11,0815
25000	0,5047	0,74	31,797	-0,25	0,0636
Average (Ā)	0,4871	0,7180	32,049	0,000	15,622
		stdv (σ) =	4,419	Σ(ΔD)² =	78,109
		max stdv =	36,468	s =	13,974
		min stdv =	27,631		

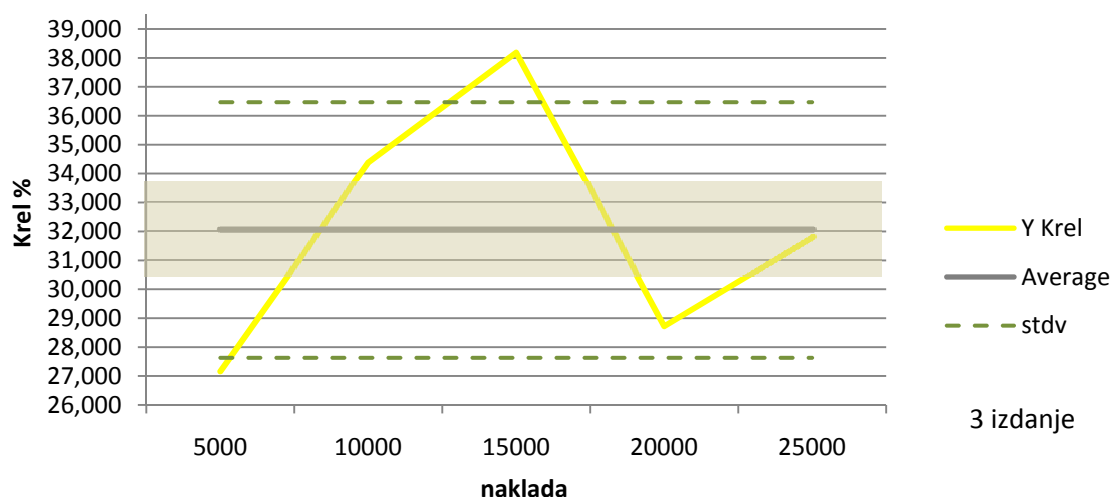
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{78,109}{7}} = 4,419$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 32,049 \pm 4,419$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 4,419 = 13,974$$



Graf 55. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na drugom tornju

Tablica 29. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja trećeg izdanja na drugom tornju

K 3 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,7270	1,06	31,415	3,84	14,7472
10000	0,7397	1,04	28,875	1,30	1,6903
15000	0,7100	1,02	30,392	2,82	7,9370
20000	0,7100	1,02	30,392	2,82	7,9370
25000	0,7488	0,90	16,800	-10,77	116,0981
Average (Ā)	0,7271	1,0080	27,575	0,000	29,682
stdv (σ) =			6,091	Σ(ΔD)² =	148,410
max stdv =			33,666	s =	19,262
min stdv =			21,484		

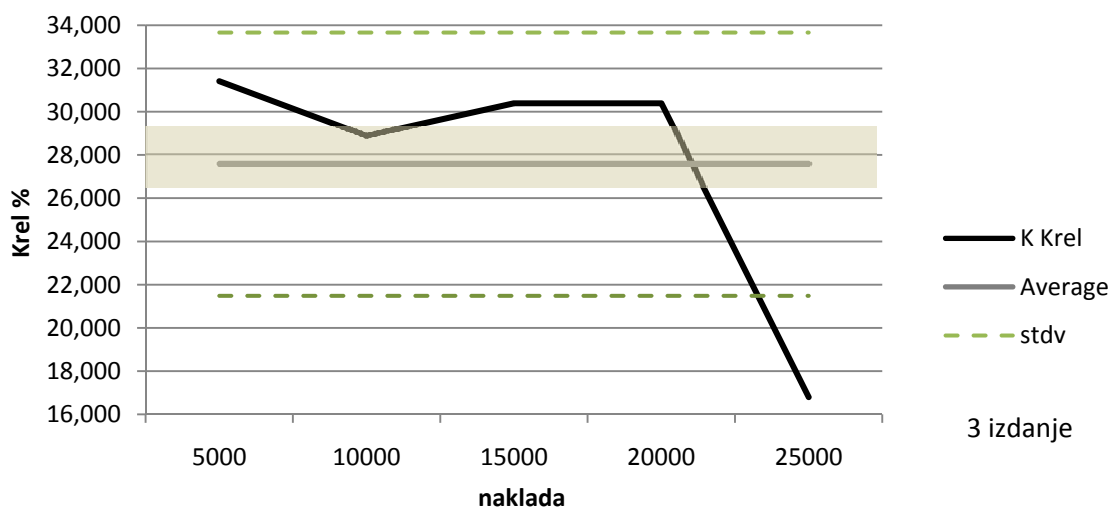
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{148,410}{7}} = 6,091$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 27,575 \pm 6,091$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 6,091 = 19,262$$



Graf 56. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na drugom tornju

Tablica 30. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja četvrtog izdanja na drugom tornju

C 4 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5350	0,69	22,464	-1,47	2,1609
10000	0,5474	0,71	22,901	-1,03	1,0658
15000	0,5350	0,69	22,464	-1,47	2,1609
20000	0,5177	0,70	26,043	2,11	4,4482
25000	0,5120	0,69	25,797	1,86	3,4720
Average (Ā)	0,5294	0,6960	23,934	0,000	2,662
	stdv (σ) =		1,824	Σ(ΔD)² =	13,308
	max stdv =		25,758	s =	5,768
	min stdv =		22,110		

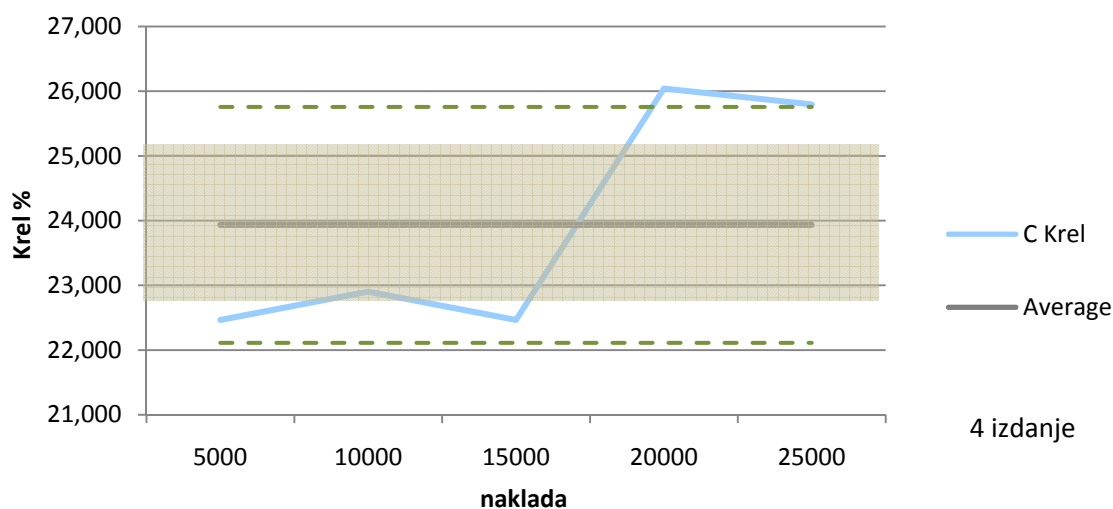
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{13,308}{7}} = 1,824$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 23,934 \pm 1,824$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 1,824 = 5,768$$



Graf 57. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu črtvotog izdanja na drugom tornju

Tablica 31. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja četvrtog izdanja na drugom tornju

M 4 izdanje T2					
otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5173	0,72	28,153	-4,84	23,4465
10000	0,5011	0,81	38,136	5,14	26,4285
15000	0,4915	0,76	35,329	2,33	5,4476
20000	0,5284	0,79	33,114	0,12	0,0142
25000	0,5162	0,74	30,243	-2,75	7,5718
Average (Ā)	0,5109	0,7640	32,995		
	stdv (σ) =		3,966	Σ(ΔD)² =	62,909
	max stdv =		36,961	s =	12,541
	min stdv =		29,029		

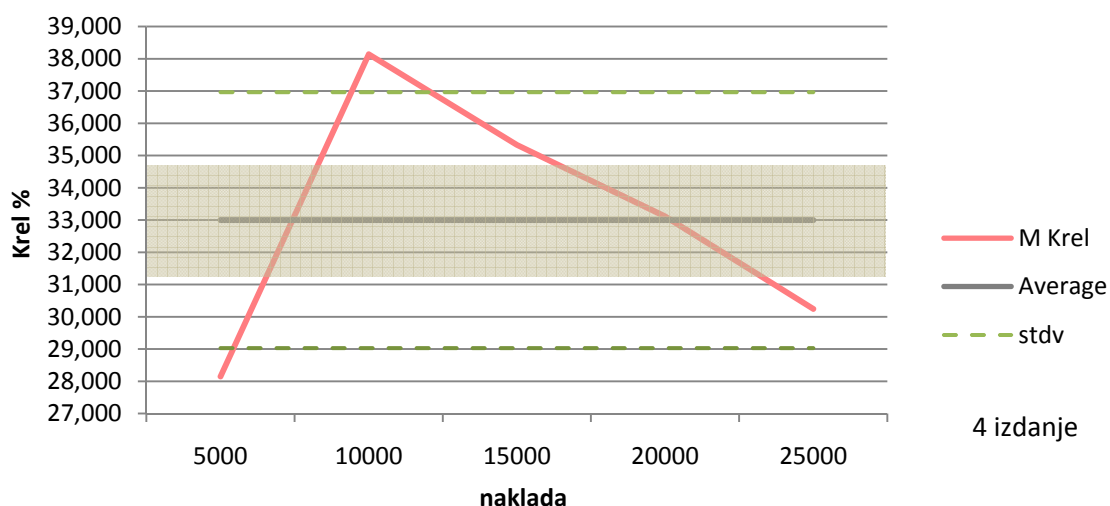
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{62,909}{7}} = 3,966$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 32,995 \pm 3,966$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 3,966 = 12,541$$



Graf 58. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu črtvotog izdanja na drugom tornju

Tablica 32. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja četvrtog izdanja na drugom tornju

Y 4 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5262	0,76	30,763	-0,32	0,0996
10000	0,4630	0,72	35,694	4,62	21,3042
15000	0,4870	0,75	35,067	3,99	15,9031
20000	0,5161	0,66	21,803	-9,28	86,0398
25000	0,5095	0,75	32,067	0,99	0,9759
Average (Ā)	0,5004	0,7280	31,079	0,000	24,865
		stdv (σ) =	5,575	$\Sigma(\Delta D)^2 =$	124,323
		max stdv =	36,654	s =	17,630
		min stdv =	25,504		

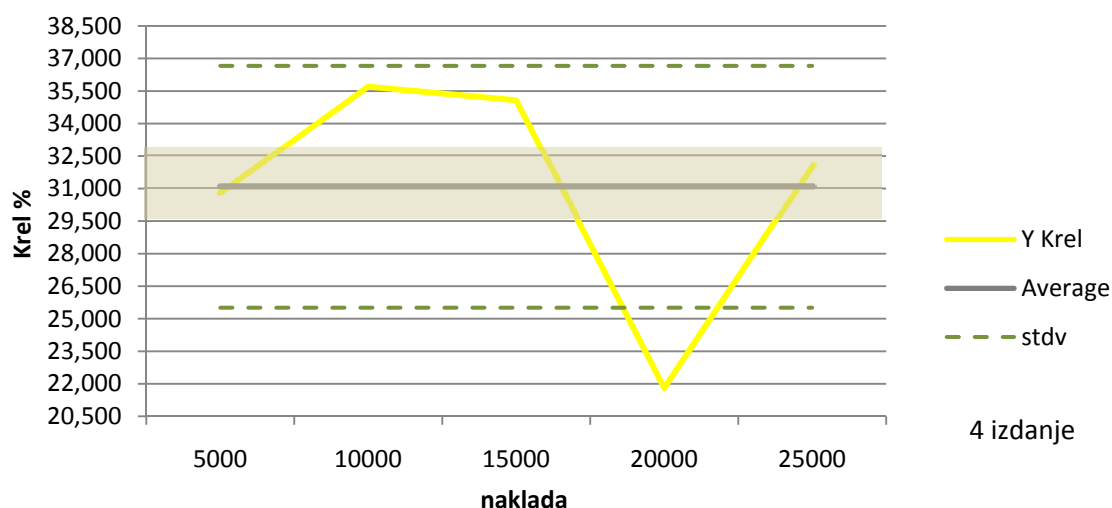
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{124,322}{7}} = 5,575$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 31,079 \pm 5,575$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 5,575 = 17,630$$



Graf 59. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu črtvotog izdanja na drugom tornju

Tablica 33. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja četvrtog izdanja na drugom tornju

K 4 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr (75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,8028	1,13	28,956	-6,70	44,8659
10000	0,7270	1,18	38,390	2,74	7,4850
15000	0,7828	1,21	35,306	-0,35	0,1212
20000	0,7691	1,17	34,265	-1,39	1,9293
25000	0,6803	1,16	41,353	5,70	32,4842
Average (Ā)	0,7524	1,1700	35,654	0,000	17,377
	stdv (σ) =		4,661	Σ(ΔD)² =	86,886
	max stdv =		40,315	s =	14,738
	min stdv =		30,993		

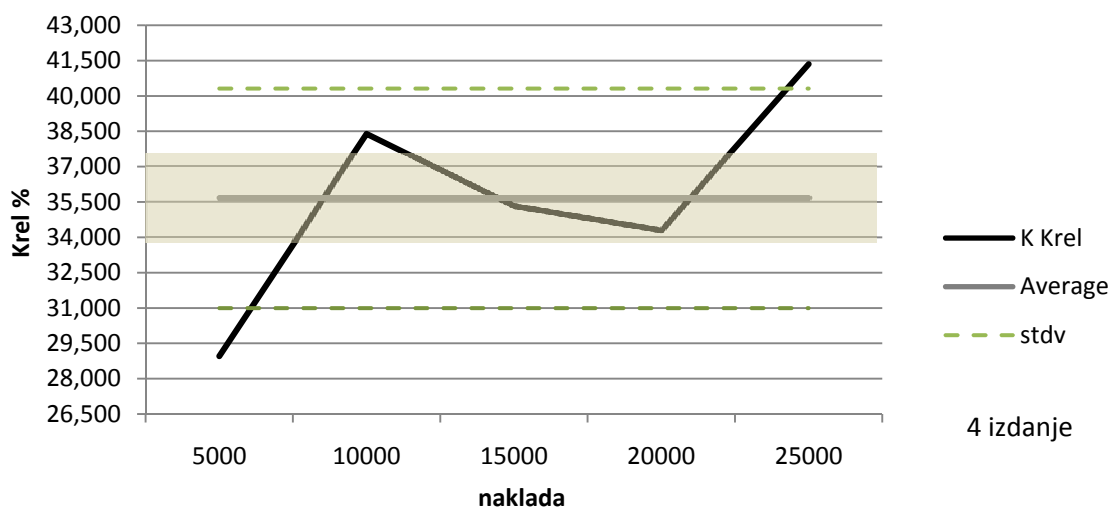
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{86,886}{7}} = 4,661$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 35,654 \pm 4,661$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 4,661 = 14,738$$



Graf 60. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu črtvotog izdanja na drugom tornju

Tablica 34. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja petog izdanja na drugom tornju

C 5 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5599	0,71	21,141	0,54	0,2898
15000	0,5526	0,68	18,735	-1,87	3,4864
25000	0,5288	0,68	22,235	1,63	2,6661
30000	0,5340	0,67	20,299	-0,30	0,0924
Average (Ā)	0,5438	0,6850	20,602	0,000	1,634
		stdv (σ) =	1,476	Σ(ΔD)² =	6,535
		max stdv =	22,078	s =	4,667
		min stdv =	19,127		

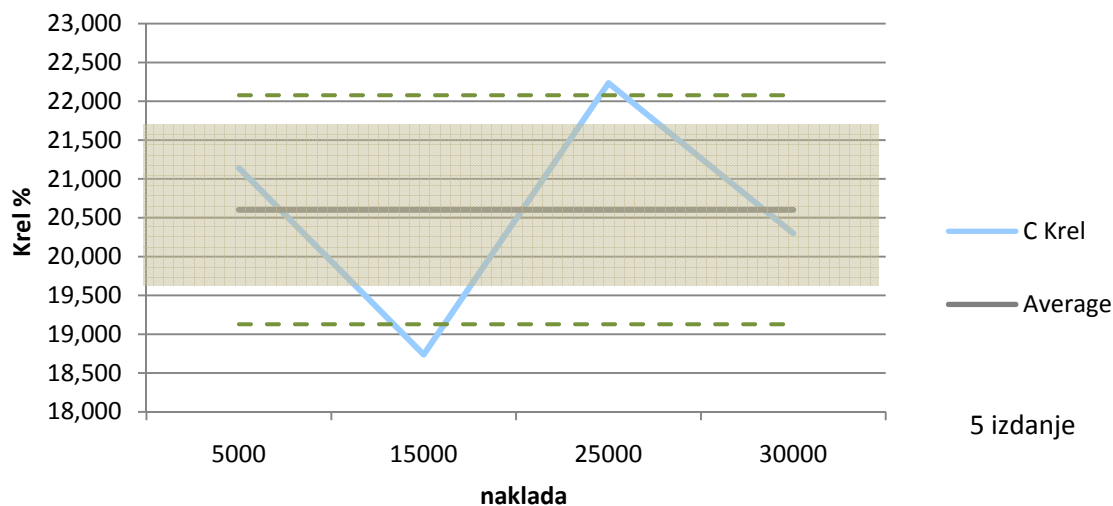
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{6,535}{7}} = 1,476$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 20,602 \pm 1,476$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 1,476 = 4,667$$



Graf 61. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na drugom tornju

Tablica 35. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja petog izdanja na drugom tornju

M 5 izdanje T2					
otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	$(\Delta D)^2$
5000	0,5408	0,79	31,544	-2,82	7,9393
15000	0,5376	0,84	36,000	1,64	2,6831
25000	0,5463	0,83	34,181	-0,18	0,0329
30000	0,5335	0,83	35,723	1,36	1,8521
Average (\bar{A})	0,5396	0,8225	34,362	0,000	3,127
		stdv (σ) =	2,042	$\Sigma(\Delta D)^2 =$	12,507
		max stdv =	36,404	s =	6,457
		min stdv =	32,320		

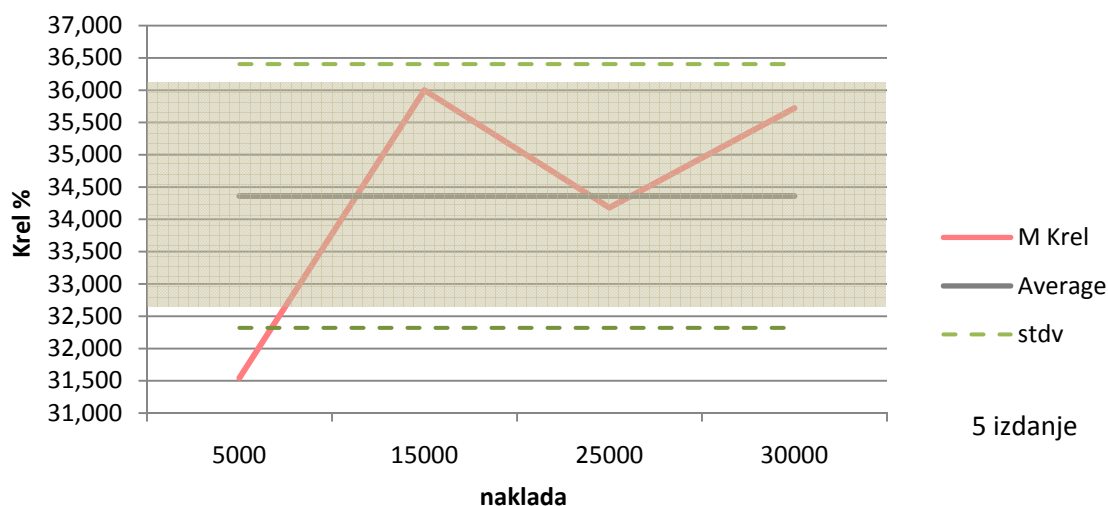
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{12,507}{7}} = 2,042$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 34,362 \pm 2,042$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,042 = 6,457$$



Graf 62. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na drugom tornju

Tablica 36. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja petog izdanja na drugom tornju

Y 5 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5237	0,78	32,859	2,37	5,6272
15000	0,5262	0,76	30,763	0,28	0,0764
25000	0,5290	0,72	26,528	-3,96	15,6739
30000	0,5047	0,74	31,797	1,31	1,7174
Average (Ā)	0,5209	0,7500	30,487	0,000	5,774
		stdv (σ) =	2,775	Σ(ΔD)² =	23,095
		max stdv =	33,261	s =	8,774
		min stdv =	27,712		

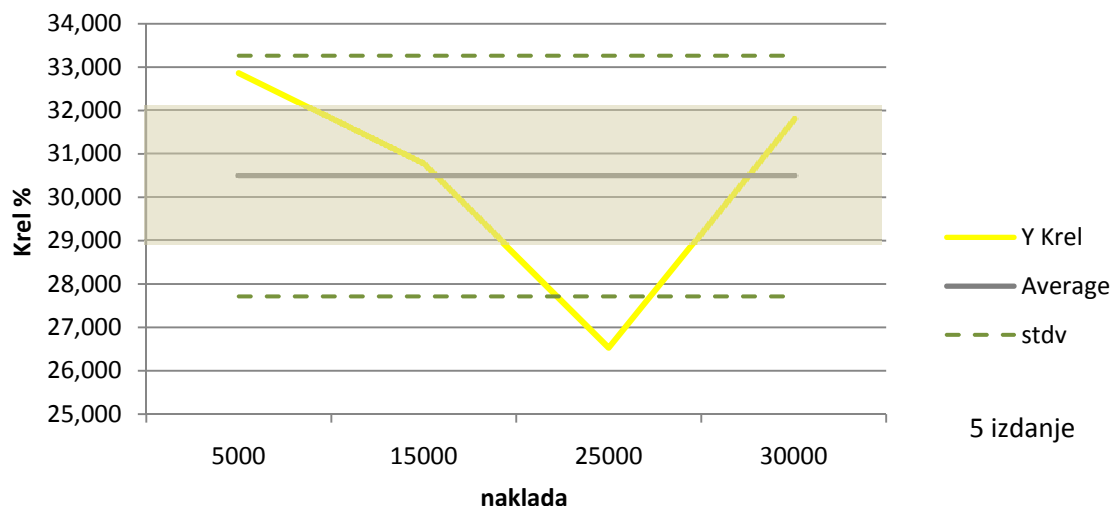
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{23,095}{7}} = 2,775$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 30,487 \pm 2,775$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,775 = 8,774$$



Graf 63. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na drugom tornju

Tablica 37. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja petog izdanja na drugom tornju

K 5 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	$(\Delta D)^2$
5000	0,7619	1,15	33,748	-1,64	2,6735
15000	0,6656	1,11	40,036	4,65	21,6515
25000	0,7619	1,15	33,748	-1,64	2,6735
30000	0,7656	1,16	34,000	-1,38	1,9125
Average (\bar{A})	0,7388	1,1425	35,383	0,000	7,228
		stdv (σ) =	3,104	$\Sigma(\Delta D)^2 =$	28,911
		max stdv =	38,487	s =	9,817
		min stdv =	32,279		

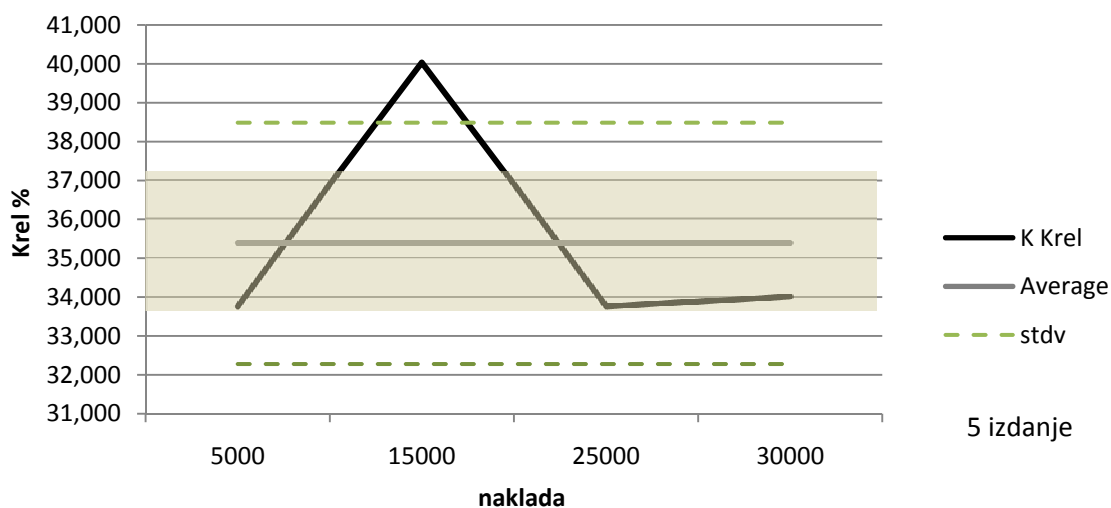
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{28,911}{7}} = 3,104$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 35,383 \pm 3,104$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 3,104 = 9,817$$



Graf 64. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na drugom tornju

Tablica 38. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja šestog izdanja na drugom tornju

C 6 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	$(\Delta D)^2$
5000	0,5350	0,69	22,464	2,41	5,7931
15000	0,5225	0,67	22,015	1,96	3,8339
25000	0,5526	0,68	18,735	-1,32	1,7466
35000	0,5340	0,67	20,299	0,24	0,0584
48000	0,5340	0,67	20,299	0,24	0,0584
54000	0,5509	0,66	16,530	-3,53	12,4368
Average (\bar{A})	0,5382	0,6733	20,057	0,000	3,988
stdv (σ) =			2,188	$\Sigma(\Delta D)^2 =$	23,927
max stdv =			22,244	s =	6,918
min stdv =			17,869		

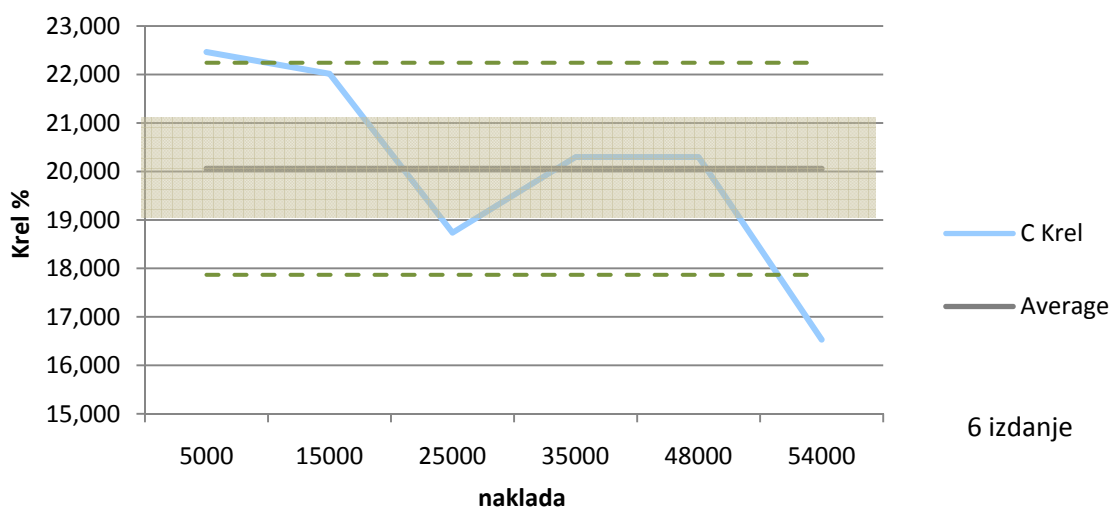
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{23,927}{7}} = 2,188$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 20,057 \pm 2,188$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 2,188 = 6,918$$



Graf 65. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na drugom tornju

Tablica 39. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja šestog izdanja na drugom tornju

M 6 izdanje T2					
otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	$(\Delta D)^2$
5000	0,5456	0,75	27,253	-5,27	27,7248
15000	0,5456	0,80	31,800	-0,72	0,5166
25000	0,5210	0,83	37,229	4,71	22,1855
35000	0,5143	0,76	32,329	-0,19	0,0360
48000	0,5284	0,79	33,114	0,60	0,3542
54000	0,5329	0,80	33,388	0,87	0,7547
Average (\bar{A})	0,5313	0,7883	32,519	0,000	8,595
stdv (σ) =			3,212	$\Sigma(\Delta D)^2 =$	51,572
max stdv =			35,730	s =	10,156
min stdv =			29,307		

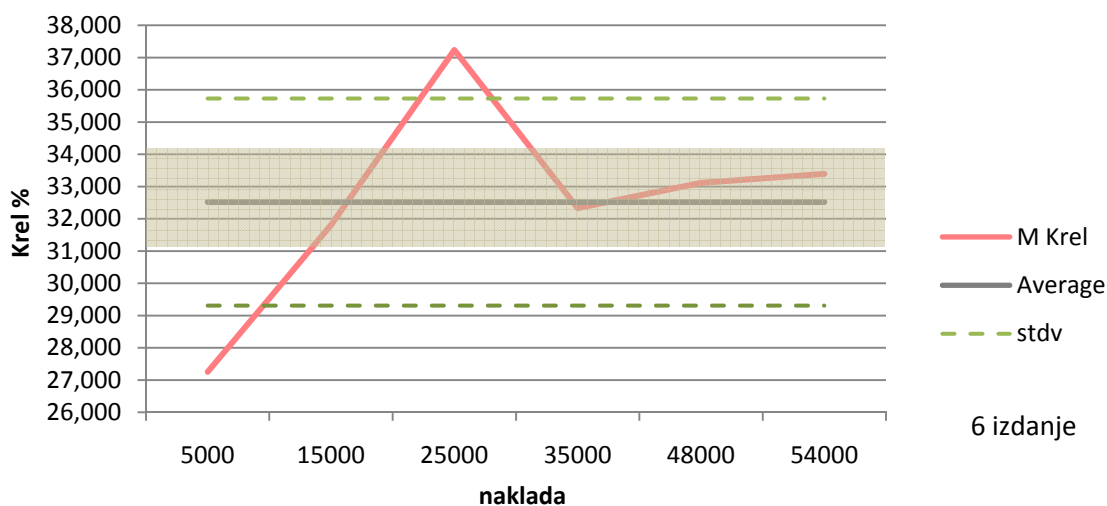
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta \bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{51,572}{7}} = 3,212$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 32,519 \pm 3,212$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 3,212 = 10,156$$



Graf 66. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na drugom tornju

Tablica 40. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja šestog izdanja na drugom tornju

Y 6 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr(75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,5059	0,72	29,736	-0,46	0,2132
15000	0,5384	0,76	29,158	-1,04	1,0816
25000	0,5408	0,79	31,544	1,35	1,8128
35000	0,5311	0,77	31,026	0,83	0,6857
48000	0,4656	0,75	37,920	7,72	59,6310
54000	0,5161	0,66	21,803	-8,39	70,4736
Average (Ā)	0,5163	0,7417	30,198	0,000	22,316
stdv (σ) =			5,175	Σ(ΔD) ² =	133,898
max stdv =			35,373	s =	16,364
min stdv =			25,023		

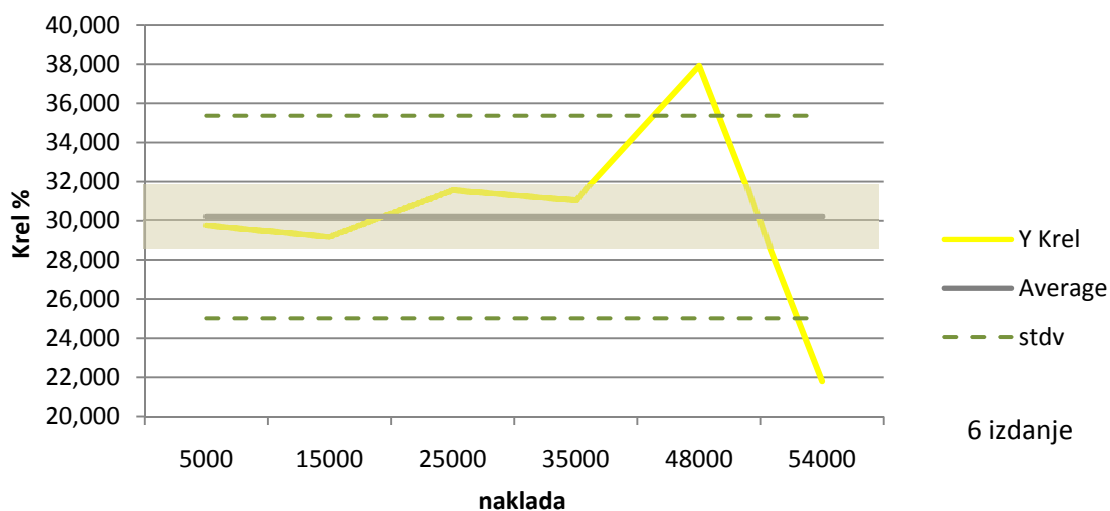
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{133,898}{7}} = 5,175$$

$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 30,198 \pm 5,175$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 5,175 = 16,364$$



Graf 67. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na drugom tornju

Tablica 41. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja šestog izdanja na drugom tornju

K 6 izdanje T2					
Otisak (n)	Dr (75%)	Dpp (100%)	Krel = dpp-dr/dpp	ΔD	(ΔD) ²
5000	0,7486	1,06	29,377	-7,02	49,2338
15000	0,7583	1,14	33,482	-2,91	8,4773
25000	0,6971	1,15	39,383	2,99	8,9315
35000	0,6613	1,16	42,991	6,60	43,5249
48000	0,7619	1,15	33,748	-2,65	7,0024
54000	0,6971	1,15	39,383	2,99	8,9315
Average (Ā)	0,7207	1,1350	36,394	0,000	21,017
	stdv (σ) =		5,022	Σ(ΔD)² =	126,102
	max stdv =		41,416	s =	15,881
	min stdv =		31,372		

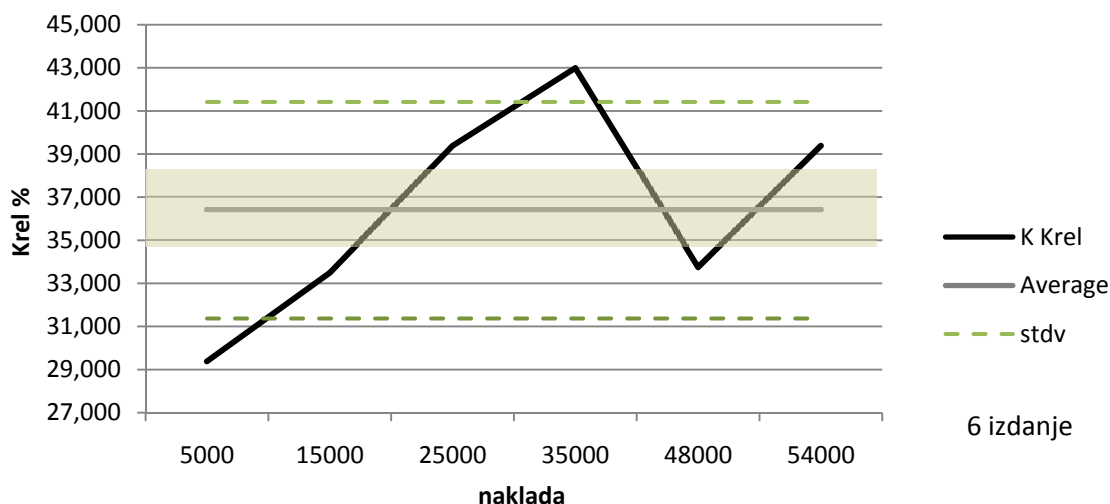
Standardna devijacija (σ) relativnog tiskovnog kontrasta (K_{rel}):

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\bar{D}_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{126,102}{7}} = 5,022$$

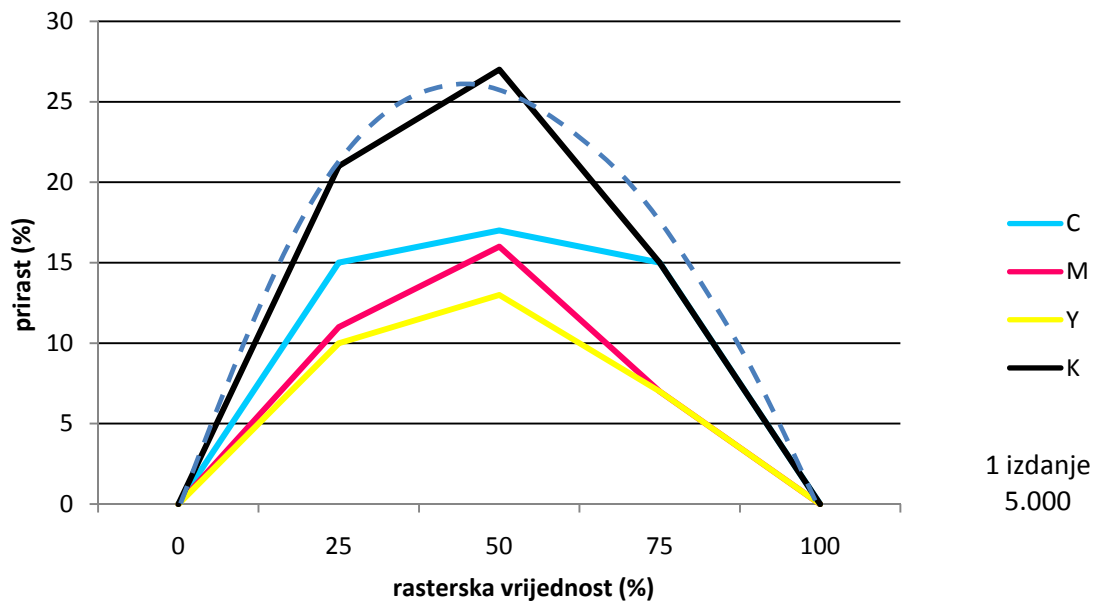
$$K_{rel} = \bar{A} \pm \sigma_D = 36,394 \pm 5,022$$

Standardna devijacija na jednom mjerenju (s):

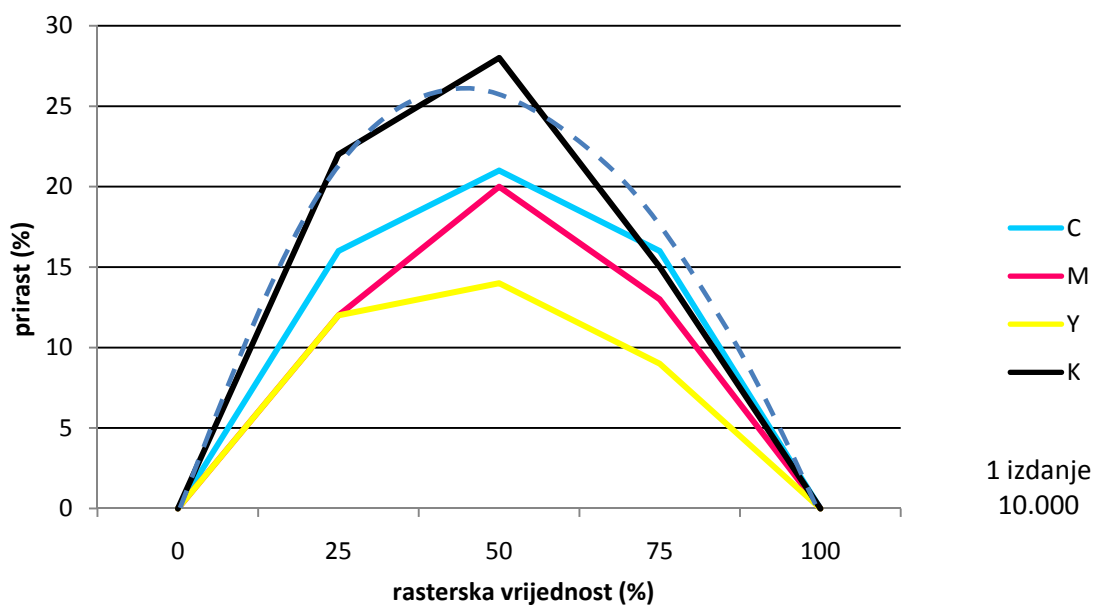
$$s = \sqrt{n} \times \sigma_D = \sqrt{8} \times 5,022 = 15,881$$



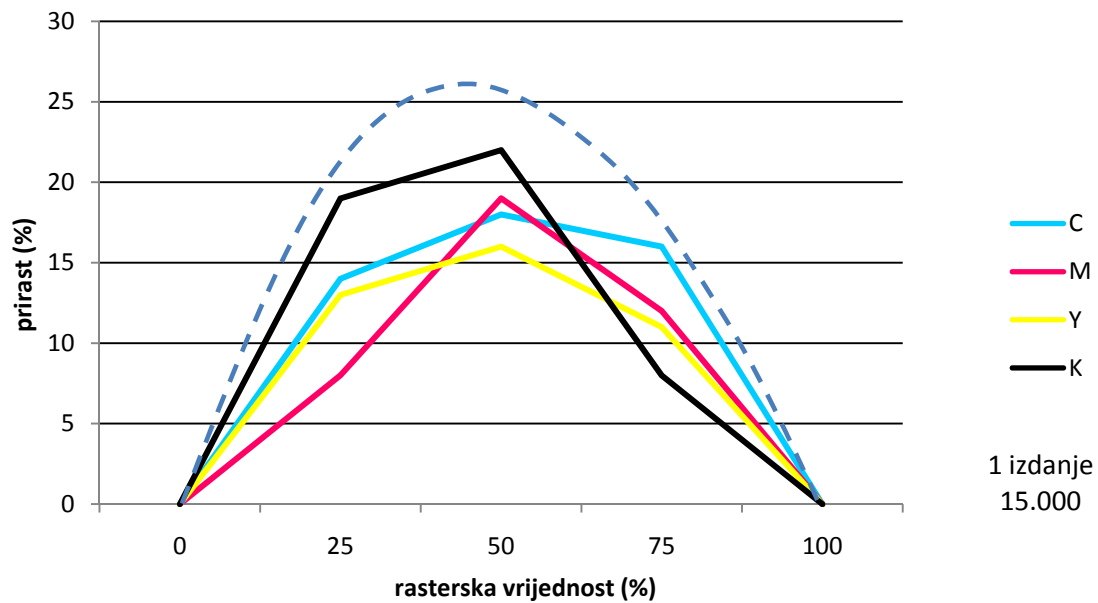
Graf 68. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na drugom tornju



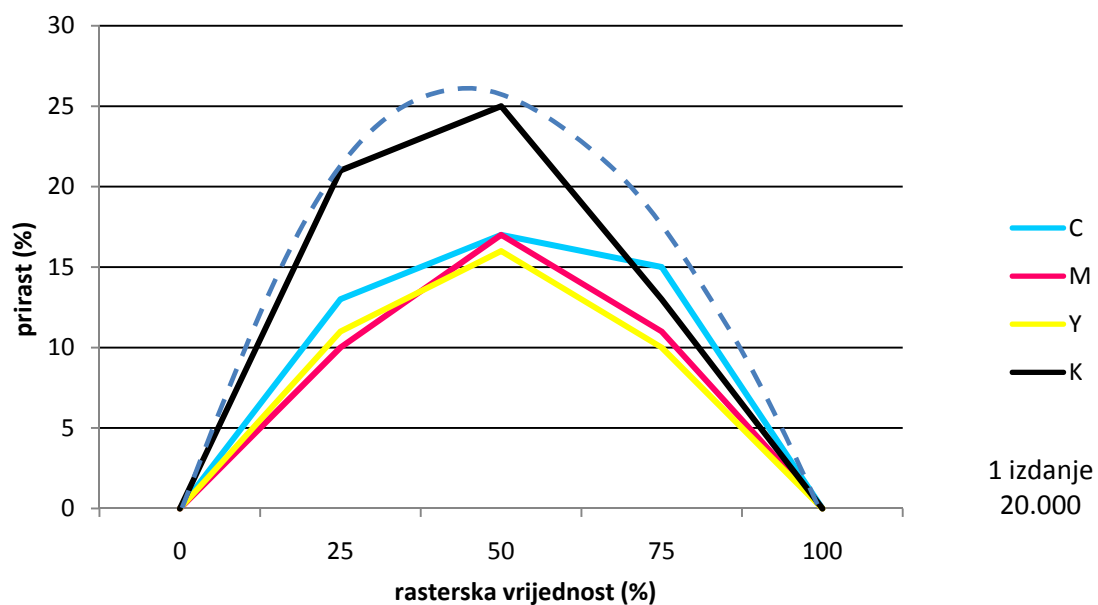
Graf 69. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju



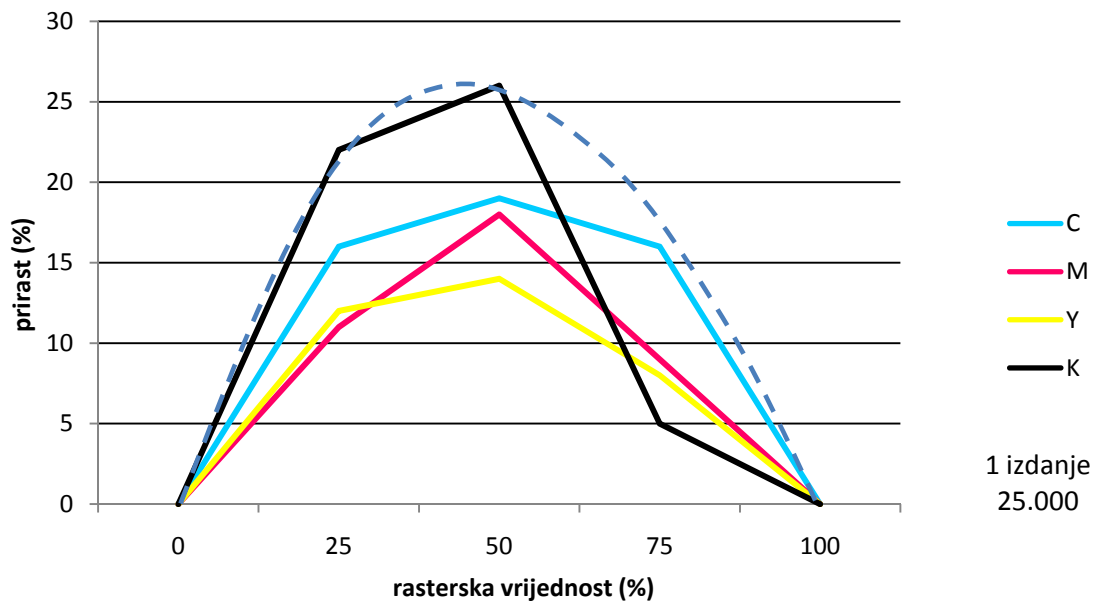
Graf 70. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju



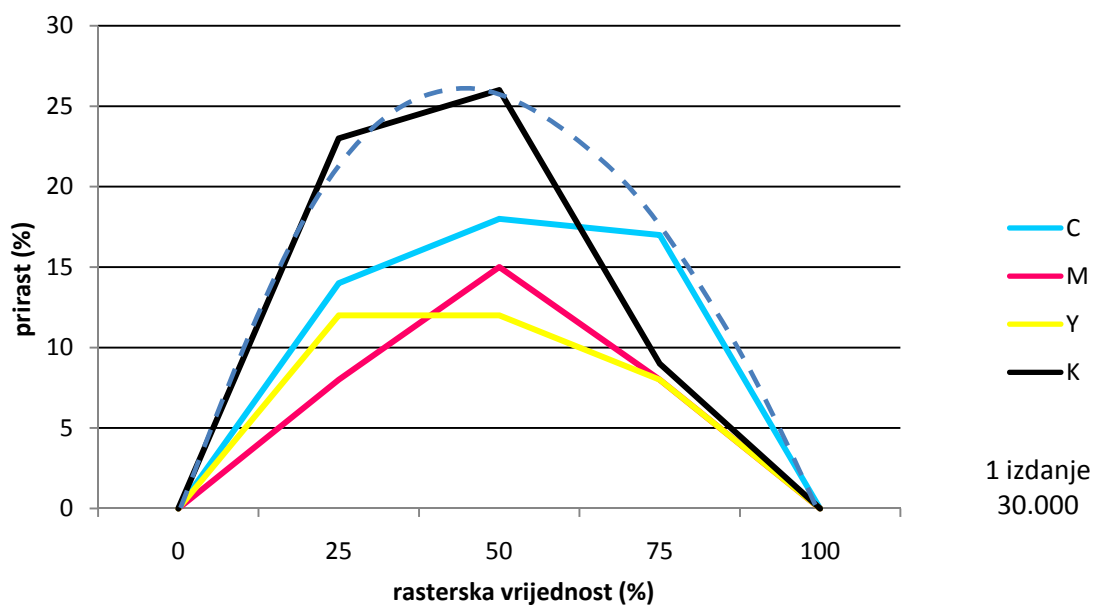
Graf 71. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju



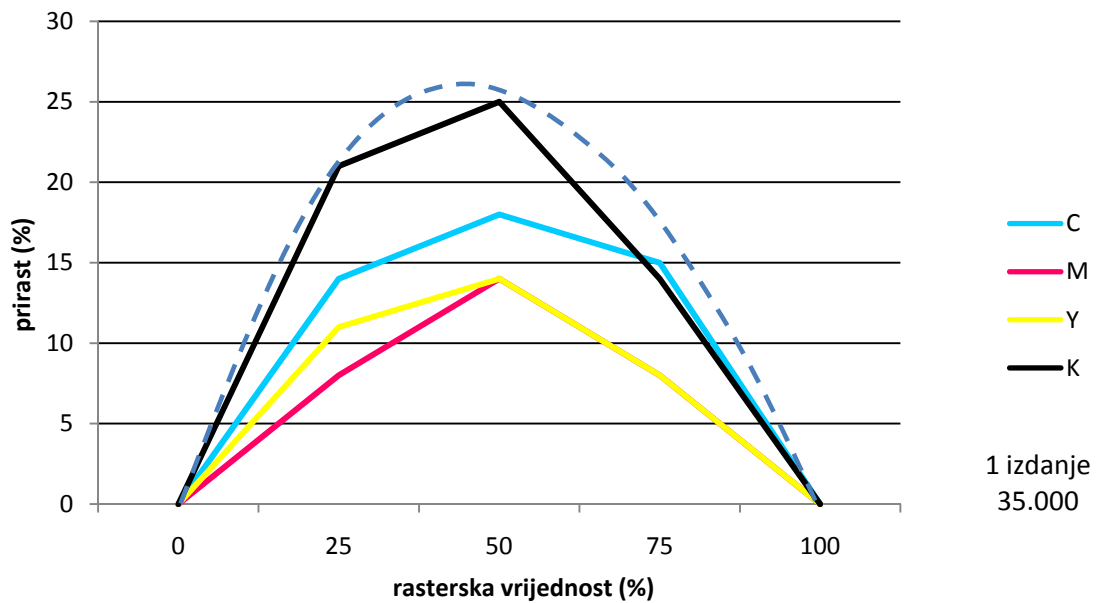
Graf 72. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju



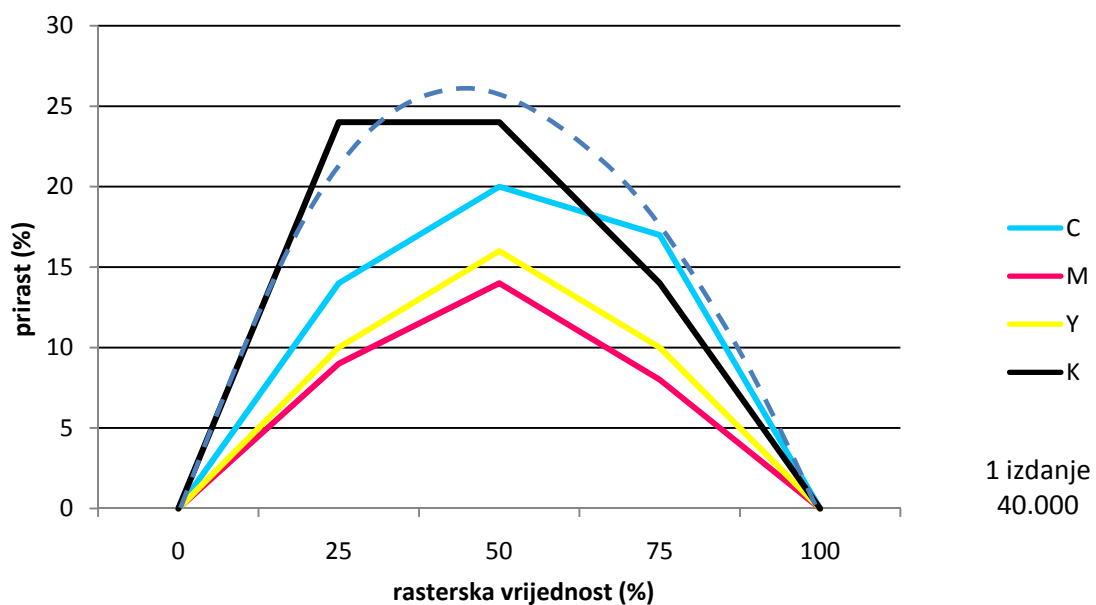
Graf 73. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju



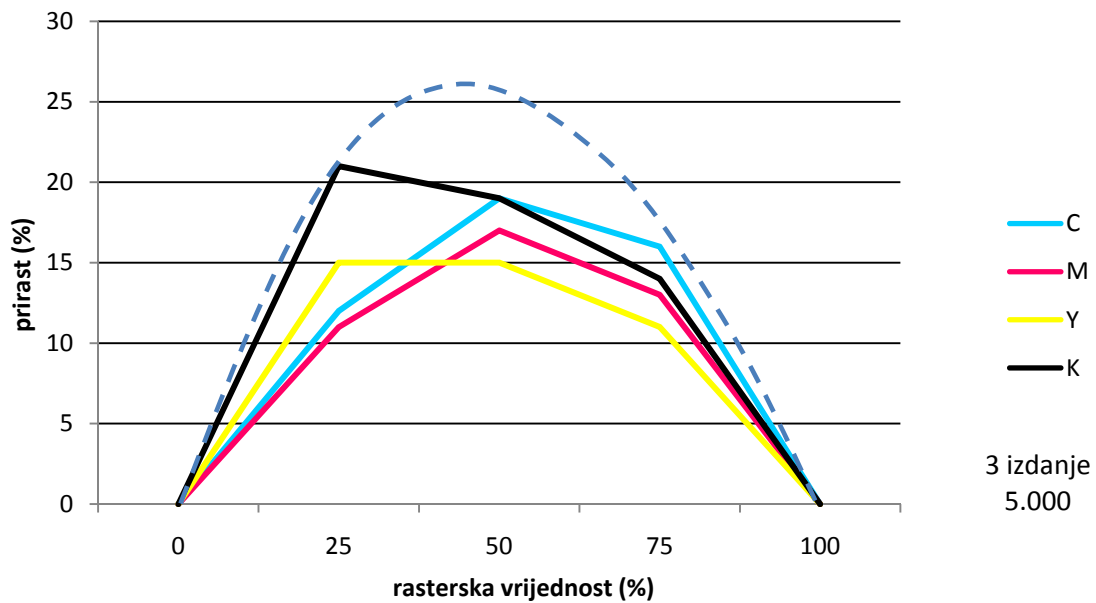
Graf 74. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 30.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju



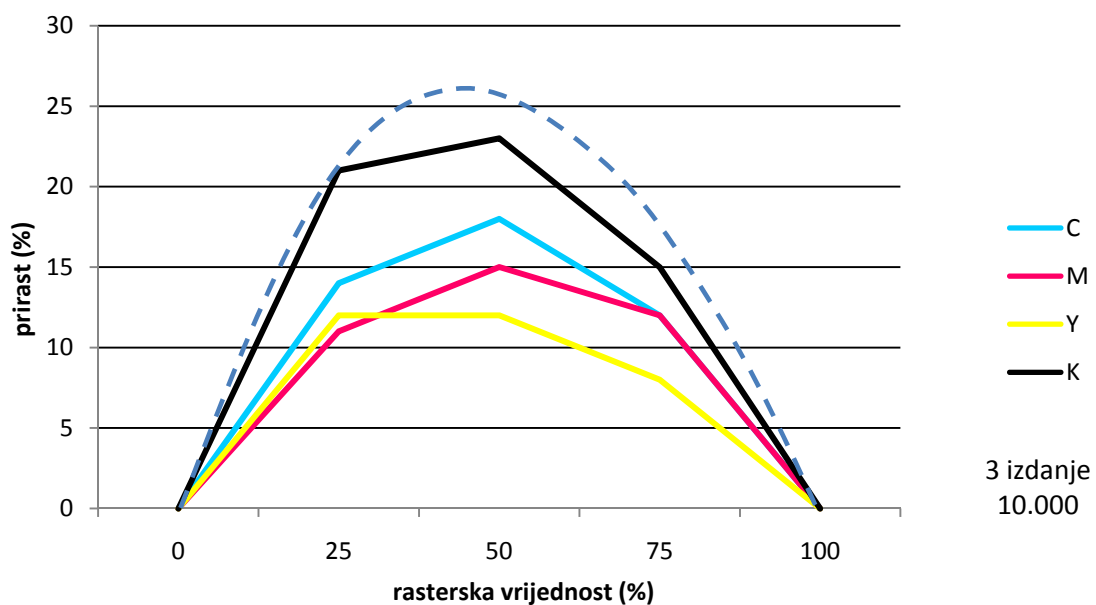
Graf 75. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 35.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju



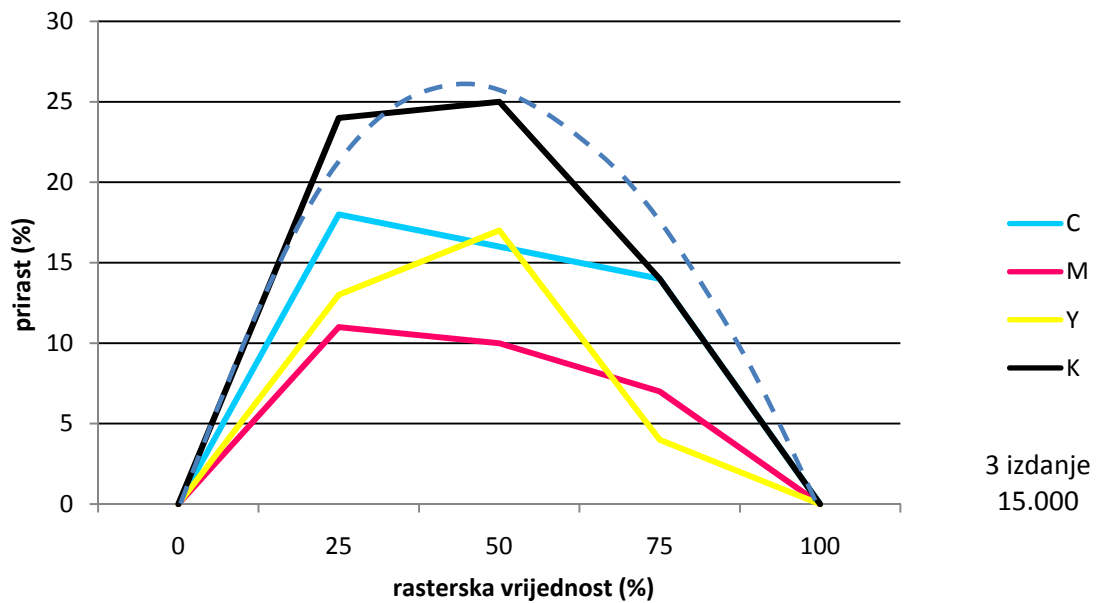
Graf 76. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju



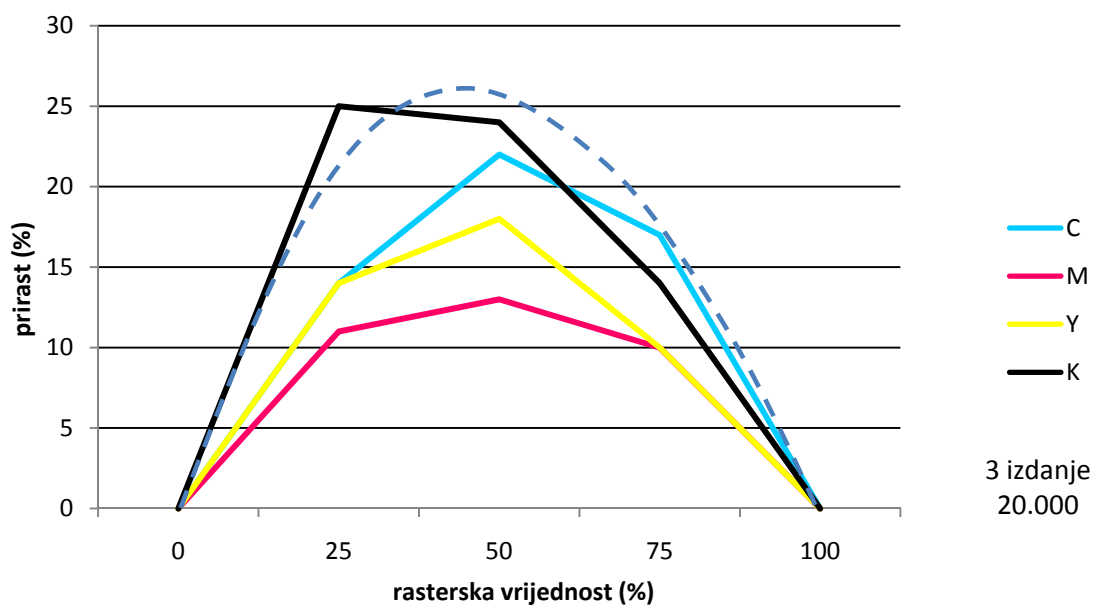
Graf 77. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju



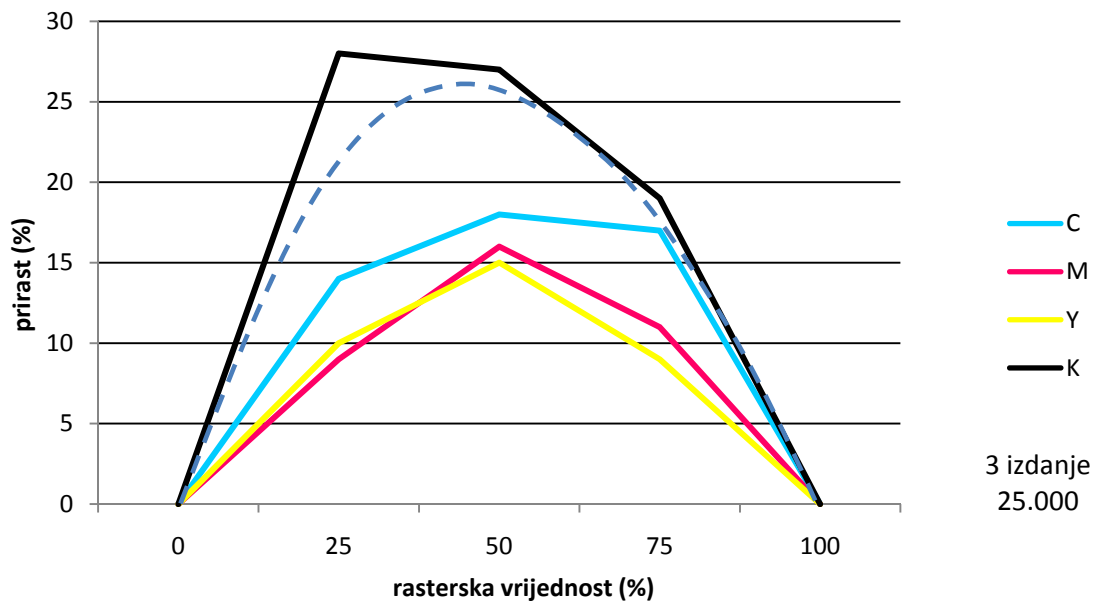
Graf 78. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju



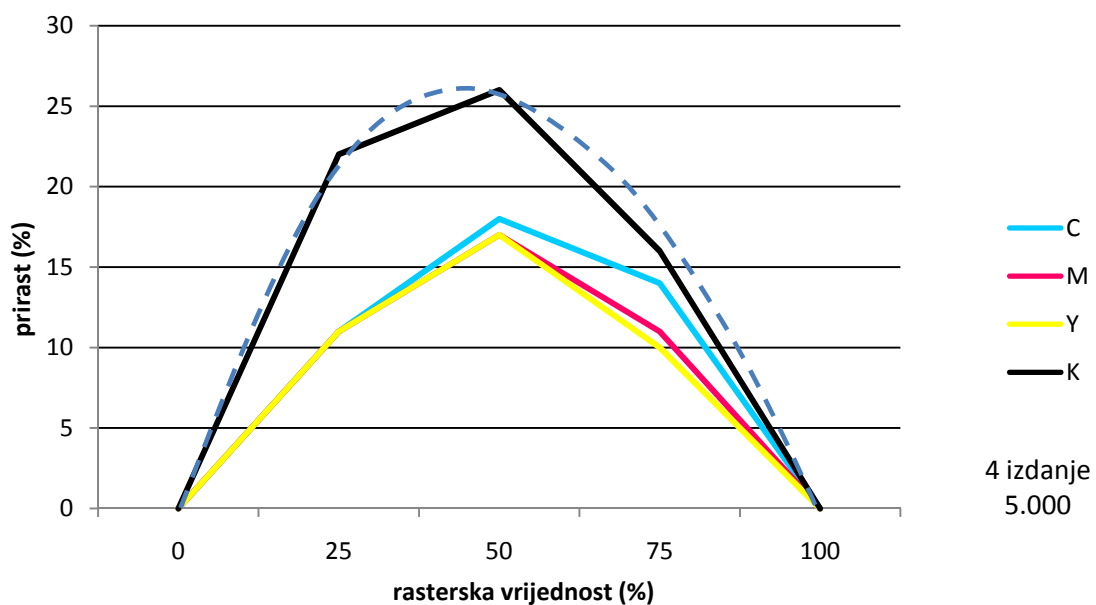
Graf 79. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju



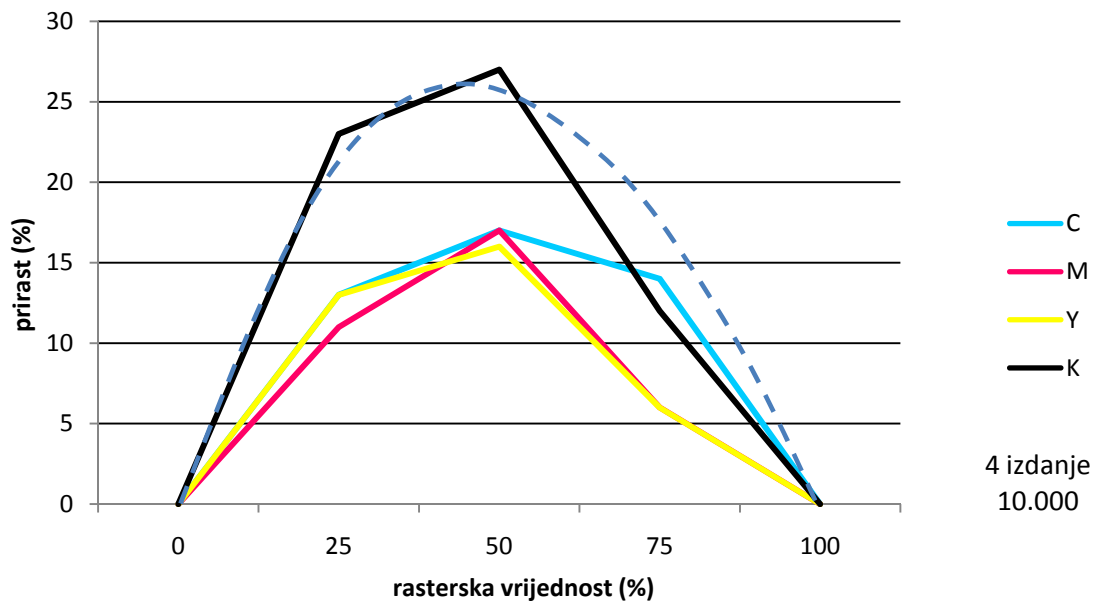
Graf 80. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju



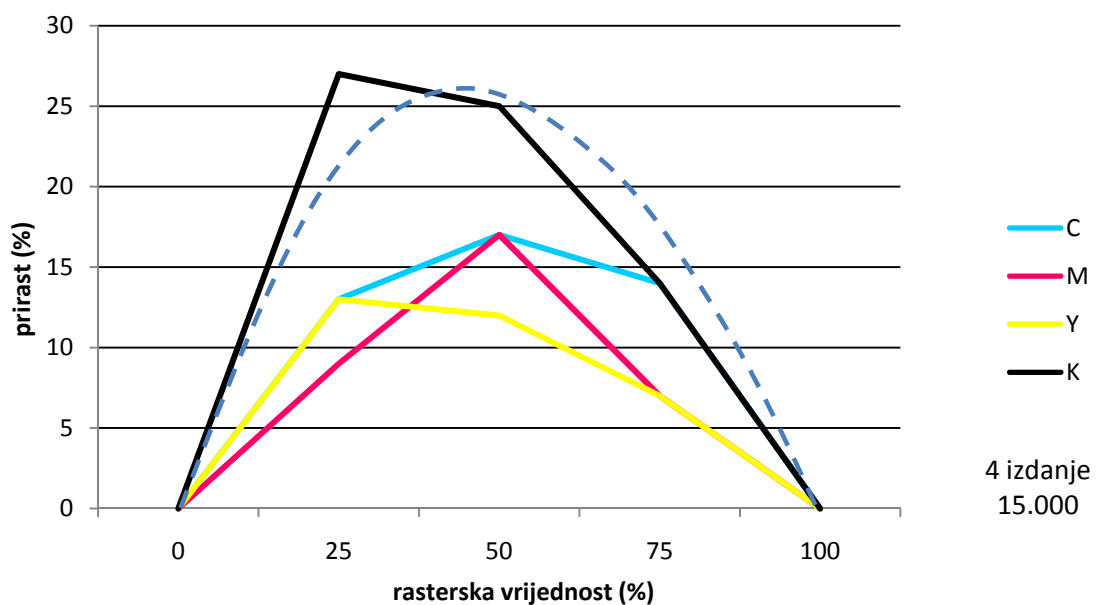
Graf 81. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju



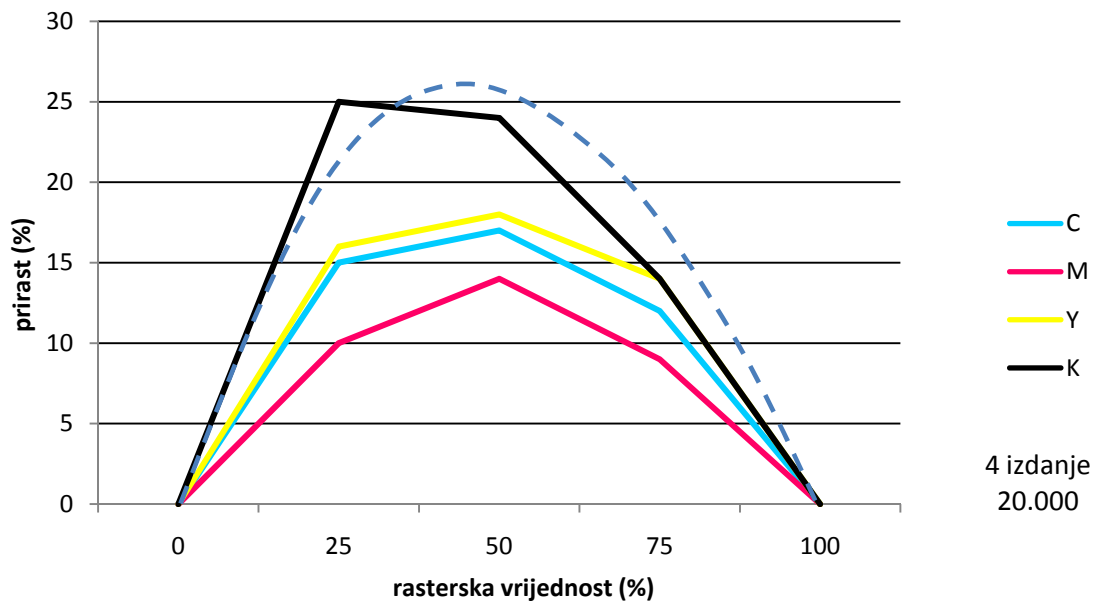
Graf 82. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju



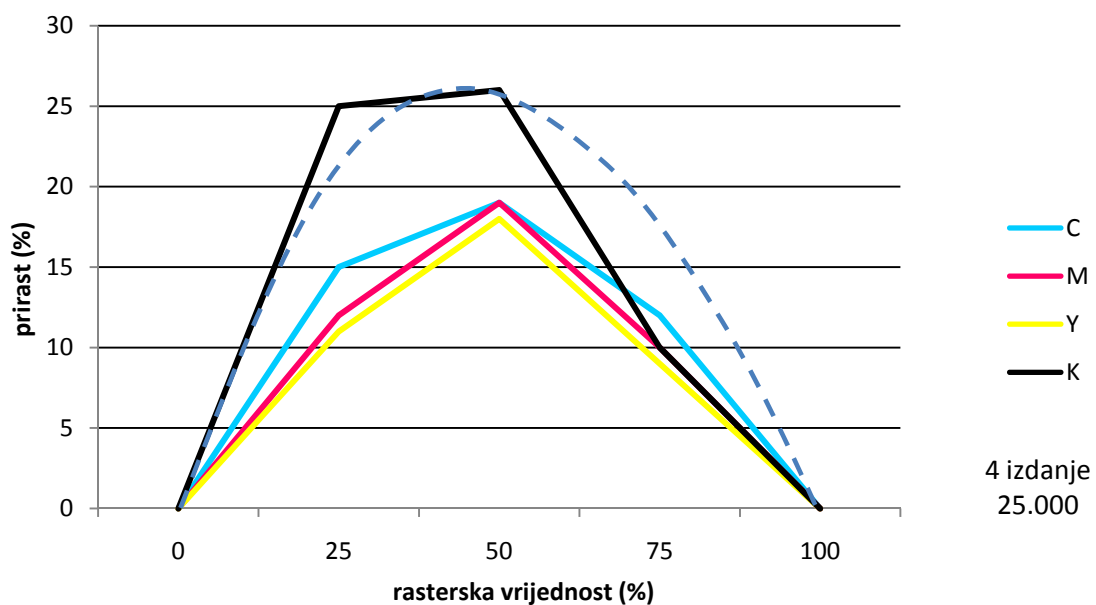
Graf 83. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju



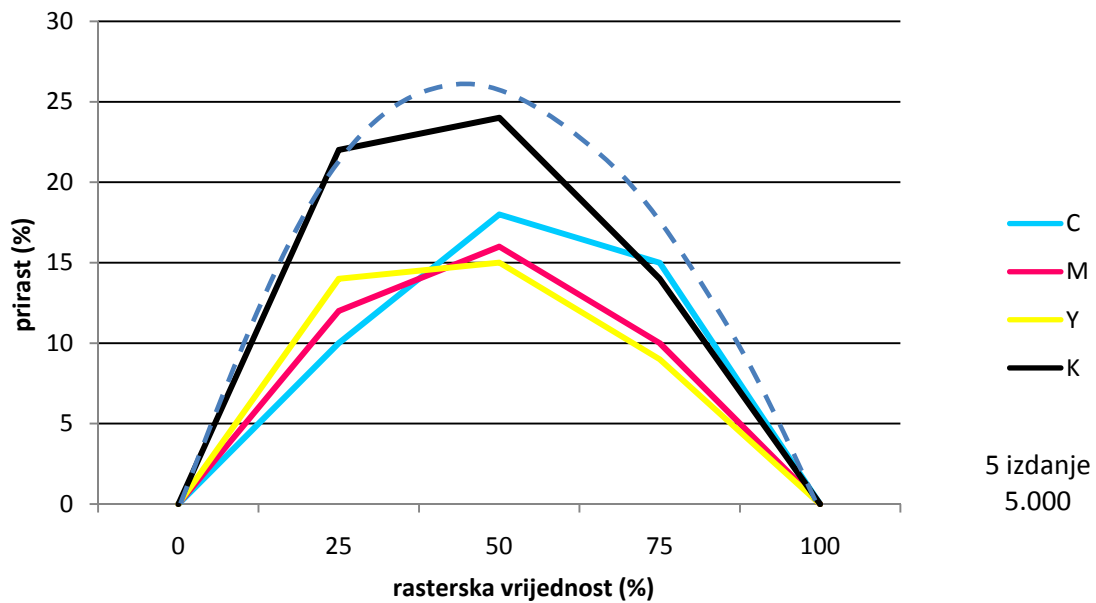
Graf 84. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju



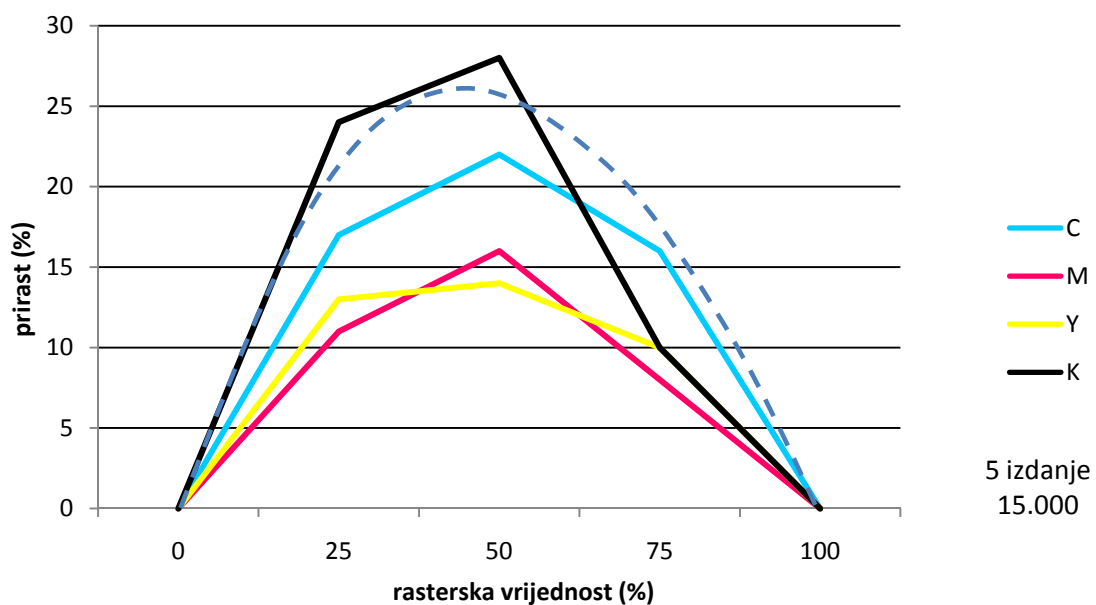
Graf 85. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju



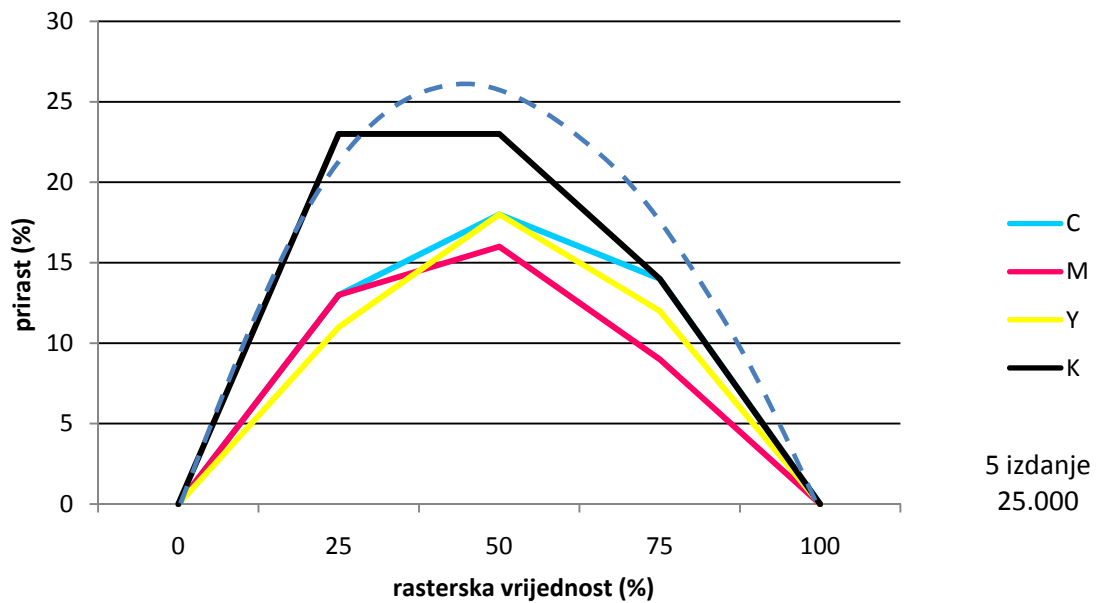
Graf 86. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju



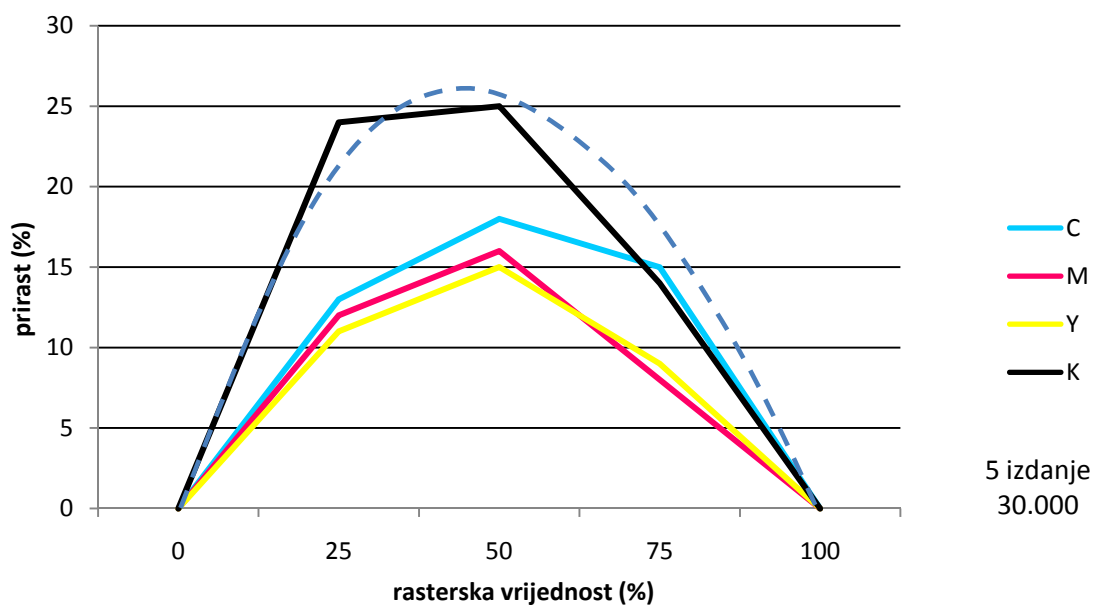
Graf 87. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, petog izdanja otisnutog na drugom tornju



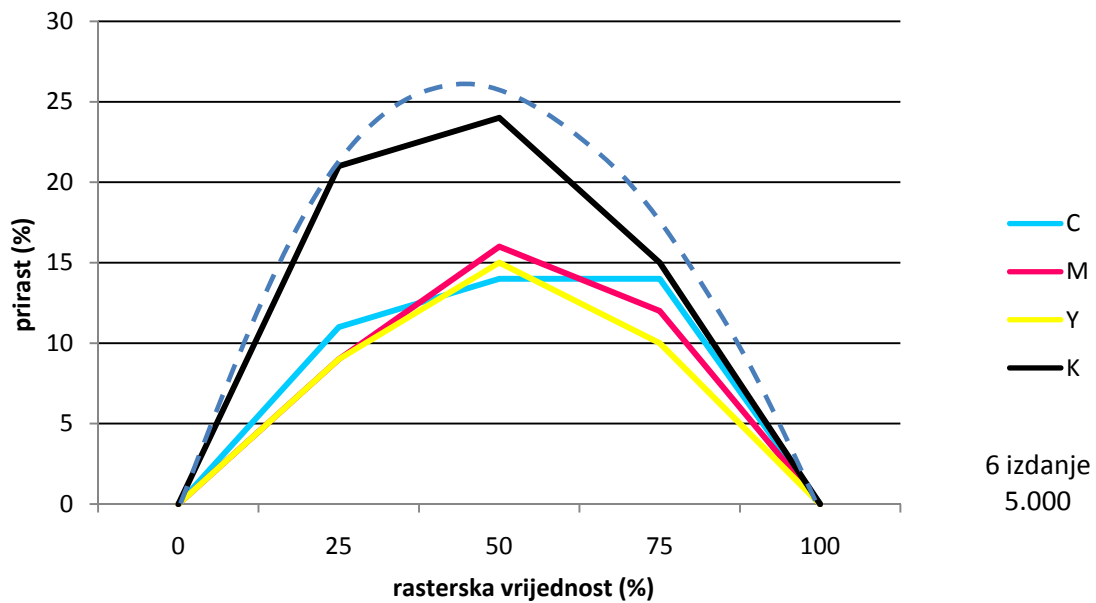
Graf 88. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, petog izdanja otisnutog na drugom tornju



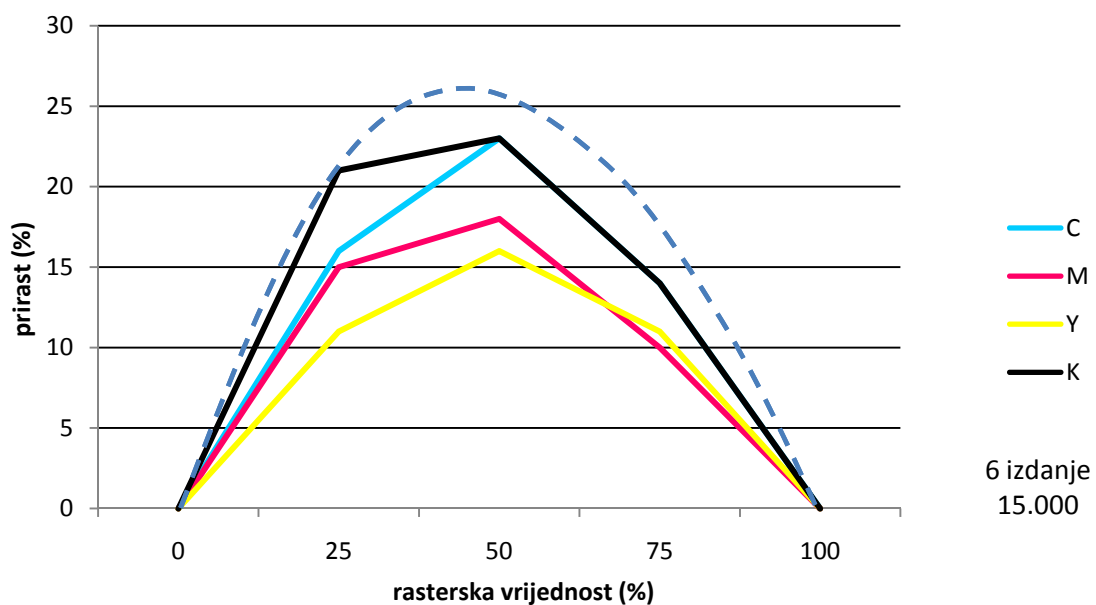
Graf 89. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, petog izdanja otisnutog na drugom tornju



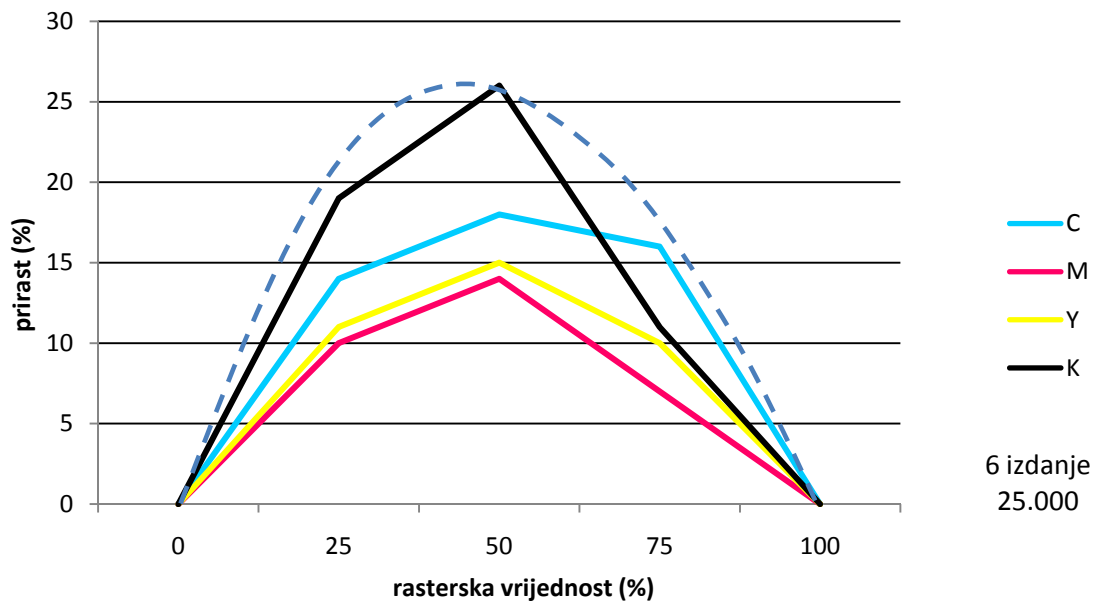
Graf 90. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 30.000 -tom uzorku, petog izdanja otisnutog na drugom tornju



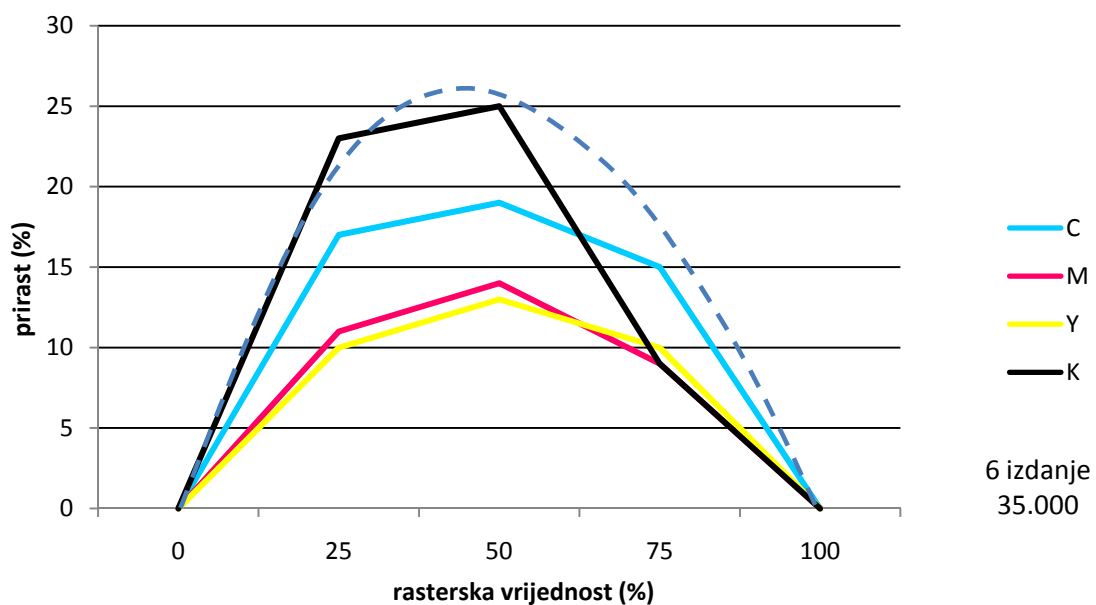
Graf 91. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju



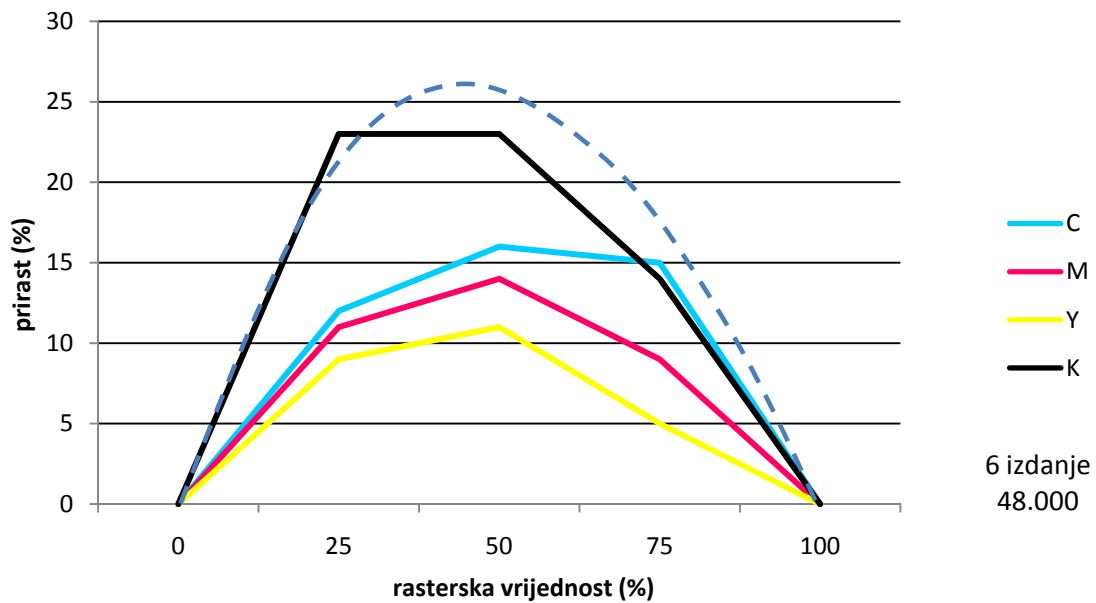
Graf 92. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju



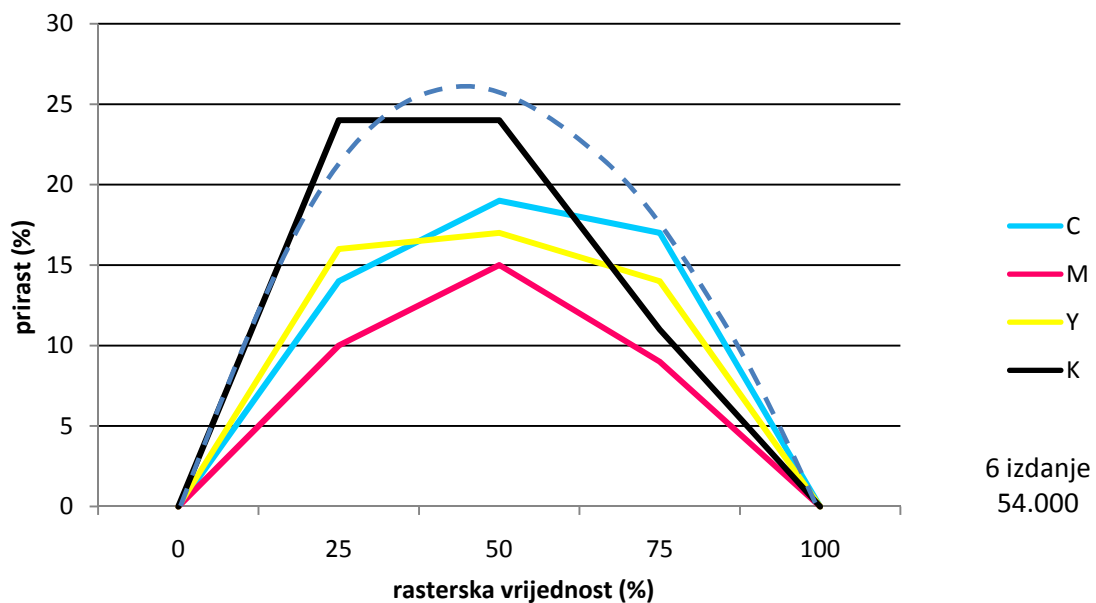
Graf 93. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju



Graf 94. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 35.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju



Graf 95. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 48.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju



Graf 96. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 54.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju

5. Diskusija rezultata

U diskusiji rezultata istraživanja analizirani su rezultati grafičkih prikaza vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz cijelu nakladu unutar pojedinih izdanja na svakoj tiskovnoj jedinici. Diskusija rezultata obavljena je za svaki od navedenih grafova relativnog tiskovnog kontrasta kao i prirasta rastertonskih vrijednosti. Unutar diskusije rezultata istraživanja analizirani su rezultati prikazani grafovima i tablicama.

Najznačajniji faktori koji utječu na promjenu dimenzija rasterskih elemenata koji mogu dovesti i do devijacija deformacije relativnog tiskovnog kontrasta su: osvjetljenje tiskovne forme, brzina razvijanja, kvaliteta reproduksijskih materijala, vrsta tiskovne forme, karakteristike tiskovnog materijala, kvaliteta bojila, kvaliteta gumene navlake, pritisci između cilindra i valjaka, otopina za vlaženje.

Grafovima od 1. do 20. prikazani su dobiveni rezultati mjerenja relativnog tiskovnog kontrasta na uzorcima prvog izdanja otisnutog na prvoj tiskovnoj jedinici, dok je krivulja prirasta rastertonske vrijednosti višebojne reprodukcije prikazana na grafovima 21 do 48. Prikaz vremenske distance u proizvodnji vidljiv je u grafovima između prvog i šestog izdanja gdje je vremenski interval proizvodnje početka i kraja u vremenskoj razlici od sedam. Navedenim primjerom vidljiv je zamor materijala zbog količine otiska kao i kompaktnost stroja i njegovih dijelova zbog njegovog dužeg rada u cjelini. Iz analize je također vidljiv prikaz različitog tiskovnog cilindra i njihov međusobni utjecaj. Ono što je na svim grafovima vidljivo je variranje prirasta kroz pojedini uzorak naklade u izdanju.

Iz grafa 1. je vidljivo da je cyan bojom na 5.000-tom uzorku prvog izdanja dobivena vrijednost idealnog nanosa bojila u punom tonu po srednjim vrijednostima ukupnog izdanja ali sa prevelikim rastertonskim vrijednostima, što je dovelo do povećanja vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta. Nastala devijacija je uzrokovana početkom proizvodnog ciklusa zbog nestabilnosti proizvodnih materijal unutar proizvodnje. Parametri koji mogu utjecati na navedenu pojavu su početak proizvodnje sa prevelikom količinom tekućine za vlaženje. Promijene vidljive na 10.000-tom otisku prikazuju smanjenja vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta ($K_{rel} = 23,813$) uzrokovano smanjenjem nanosa obojenja punog tona kao i padom rastertonskih vrijednosti. Veće promjene na grafu vidljive su tek na 20.000-tom otisku gdje je vrijednost punog tona obojenja smanjena na minimalnu vrijednost ($D_{pp} = 0,74$) što je sa minimalnom promjenom u rastertonskim vrijednostima dovelo do velike devijacije relativnog tiskovnog kontrasta u odnosu na apsolutnu srednju

vrijednost. Relativni tiskovni kontrast na navedenom uzorku ima najnižu vrijednost sa negativnom promjenom unutar devijacije ($\Delta_D = -1,35$). Optimalni otisak cyan obojenja dobiven je na 25.000-tom otisku gdje je vrijednost nanosa punog tona gustoće obojenja puno veća ($D_{pp} = 0,81$) od preporučene srednje vrijednosti ($D_{pp} = 0,76$). Dobiveni optimalni otisak sa većom rastertonskom vrijednošću ($D_r = 0,6209$) od srednje rastertonske vrijednosti ($D_r = 0,5841$) doveo je do minimalne devijacije ($\Delta_D = 0,21$) cyan obojenja u odnosu na srednju vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta. Iz većih vrijednosti devijacije vidljivo je da su vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta varijabilne što nam pokazuje i sam graf za svaki ispitivani uzorak. Iz grafa je vidljivo da su devijacije na 25.000-tom i 40.000-tom otisku van dopuštenih tolerancija, dok su ukupne ostale vrijednosti otiska unutar parametara maksimalnih i minimalnih vrijednosti polja standardne devijacije. Iz grafa 21. vidljivo je da su odstupanja unutar prirasta na otiscima do 20.000-tog primjerka veća nego na ostalim mjernim otiscima.

Na grafu 2. prikazanim sa magenta obojenjem, vidljivo je da je vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta na 5.000-tom uzorku prevelika ($K_{rel} = 45,308$) u odnosu na srednju vrijednost navedenog obojenja relativnog tiskovnog kontrasta ($\bar{A} = 34,175$). Vrijednost nanosa punog tona obojenja je premala ($D_{pp} = 0,78$) u odnosu na ukupnu srednju vrijednost ($\bar{A} = 0,80$), dok i rastertonski element ima najnižu vrijednost od ($0,4266$) u usporedbi sa srednjom vrijednošću ($\bar{A} = 0,5275$), što je dovelo do najvećeg odstupanja unutar relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = 11,13$). Promijene su vidljive već na 10.000-tom otisku gdje je došlo do povećanja nanos obojenja punog tona. Idealnu vrijednost za magenta obojenje na prvom izdanju dobivamo na 25.000-tom otisku gdje je nanos obojenja punog tona veći od idealnog ($D_{pp} = 0,82$) a rastertonski element ima puno veću vrijednost ($D_r = 0,5419$) od srednje dobivene vrijednosti ($\bar{A} = 0,5275$). Navedenim primjerom je prikazano da najmanje promijene unutar odstupanja relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = -0,26$), možemo dobiti i sa rastertonskim vrijednostima i vrijednostima punog tona obojenja koja odstupaju od preporučenih. Iz grafa je vidljivo da su vrijednosti standardne devijacije van tolerancija. Ostale vrijednosti na uzorcima nalaze se unutar vrijednosti standardnih devijacija osim vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta na prvom mjernom uzorku. Uzorci 10.000-ti, 25.000-ti i 35.000-ti primjerak nalaze se unutar tolerancija relativnog tiskovnog kontrasta. Iz grafa 21. krivulje prirasta vidljivo je da magenta na 5.000-tom uzorku ima najveći prirast u odnosu na ostale dobivene vrijednosti unutar izdanja što nam potvrđuju i

vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta. Vrijednost prirasta se smanjuje sa ostalim mjernim uzorcima navedenog izdanja ali i dalje prirast ostaje puno niži u usporedbi sa ostalim bojama i preporučenim ISO vrijednostima

Kod nanosa žutog bojila na 5.000-tom uzorku iz grafa 3. je vidljivo da su vrijednost nanosa punog tona ($D_{pp}= 0,78$) i rastertonska vrijednost ($D_r= 0,56169$) u idealnoj korelaciji što pokazuje i minimalna devijacija relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D= 0,47$) od preporučene. Količina obojenja koja relativni tiskovni kontrast prikazuje kao optimalni iznos za navedeno obojenje, vidljivo je i na 15.000-tom otisku. Na navedenom otisku količina bojila punog tona i vrijednosti rastertonskog elementa su identični kao na mjernom uzorku 5.000-tog otiska, što je rezultiralo identičnim vrijednostima prirasta. Iz grafova je vidljivo da sa malim promjenama unutar vrijednosti dolazi do velikih devijacija na otisku.

Vrijednosti standardnih devijacija su van tolerancija relativnog tiskovnog kontrasta što pokazuje da je u toku proizvodnje dolazilo do velikih promjena unutar vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta što je i vidljivo iz pikova na 10.000-tom otisku gdje je vrijednost nanosa punog tona manja, dok je količina rastertonske vrijednosti ostala optimalna u odnosu na srednju dobivenu vrijednost što je dovelo do najveće devijacije relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D= -3,49$) unutar navedenog izdanja.

Iz krivulje prirasta graf 8. vidljivo je da prirast ima najmanja odstupanja od preporučenih ISO vrijednosti na 10.000-tom uzorku, iako je relativni tiskovni kontrast imao najveću negativnu devijaciju.

Kod nanosa crnog bojila uzorak na 5.000-tom otisku je imao idealan nanos obojenja punog tona po preporučenim IFRA standardima sa povećanom rastertonskom vrijednošću ($D_r= 0,7897$) u odnosu na srednju vrijednost ($\bar{A}= 0,7823$) što je ipak dovelo do prevelikog odstupanja unutar prirasta. Najveće odstupanje vidljiva su iz grafa 9. na 15.000-tom otisku, gdje nanosa punog tona ima veću vrijednost ($D_{pp}= 1.16$) od srednje vrijednosti, što i nije najveće odstupanje crne boje unutar navedenog izdanja. Do velikog odstupanja u devijaciji relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D= 8,47$) utjecala je niska rastertonska vrijednost. Idealna vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta crne tiskarske boje u navedenom izdanju dobivena je između 20.000-tog i 25.000-tog otiska. Vidljivo je da vrijednost punog tona ($D_{pp}= 1,14$) na 20.000-tom otisku je veća od srednje vrijednosti, dok vrijednost prirasta ostaje u parametrima optimalnog ($D_r= 0,7820$). Sa promjenom vrijednosti prirasta ($\bar{A}= 0,7780$) od optimalne vrijednosti i smanjenjem nanosa punog tona ($D_{pp}= 1,13$) kao što je

vidljivo na 25.000-tom otisku, dobili smo najmanje odstupanje relativnog tiskovnog kontrasta u odnosu na optimalni. Iz navedenih otisaka i dobivenih vrijednosti vidljivo je da minimalna odstupanja od preporučenih vrijednosti mogu biti u granicama tolerancija. Iz navedenog grafa 11. uočavamo da su devijacije unutar relativnog tiskovnog kontrasta van dopuštenih tolerancija, što je uzrokovalo veliko odstupanje na 15.000-tom otisku.

Na navedenim uzorcima sa najmanjim stupnjem devijacije relativnog tiskovnog kontrasta, prirast je imao najmanju vrijednost. Najveću vrijednost odstupanja crne boje u prvom izdanju prirasta ima na 15.000-tom otisku.

Analizirajući sve boje prvog izdanja po otiscima i njihovoj međusobnoj korelaciji, vidljivo je da su magenta i crna na prvom mjernom uzorku imale velika odstupanja unutar relativnog tiskovnog kontrasta od preporučenih vrijednosti. Idealan otisak svih boja na prvom izdanju dobiven je na 25.000-tom primjerku, gdje su vrijednosti svake boje približne preporučenim vrijednostima relativnog tiskovnog kontrasta. Gledajući standardnu devijaciju relativnog tiskovnog kontrasta po pojedinoj boji ona je najveća kod obojenja magenta bojilom ($\sigma= 15,298$) a najmanja kod cyan obojenja ($\sigma= 3,459$).

U trećem izdanju vrijednosti cyan obojenja su u granicama tolerancije. Prvi mjerni otisak u trećem izdanju ima najmanje odstupanje relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D= -0,19$) u odnosu na srednju vrijednost. Nanos obojenja punog tona ($D_{pp}= 0,78$) na 5.000-tom otisku kao i rastertonske vrijednosti ($D_r= 0,632$) koje su nešto veće nego preporučena srednja vrijednost. Sa navedenim parametrima koji odstupaju od preporučenih dobili smo vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta koja je najbliža preporučenim vrijednostima. U navedenom grafu cyan obojenja skoro sve vrijednosti su unutar devijacijskih parametara, osim 20.000-tog primjerka koji se nalazi unutar preporučenih vrijednosti tolerancija.

Vrijednosti prirasta su nešto niže od preporučenih vrijednosti ISO standarda, ali su konstantne kroz cijelo izdanje.

Kod magenta obojenja na trećem izdanja krivulja prirasta ima najveću devijaciju relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D= -2,75$) u 15.000-tom otisku, gdje je nanos obojenja punog tona ($D_{pp}= 0,76$) niži od preporučene vrijednosti ($\bar{A}= 0,77$), dok rastertonski element ima veću vrijednost ($D_r= 0,5510$) od srednje vrijednosti rastertonskog elementa ($\bar{A}= 0,5424$). Zbog navedene devijacije relativnog tiskovnog kontrasta na 15.000-tom otisku, vrijednosti

standardne devijacije nalaze se van tolerancija iako se svi mjerni uzorci navedene boje nalaze unutar parametara tolerancije. Vrijednosti optimalnog obojenja za navedenu boju odnosno najmanje vrijednosti devijacije ($\Delta_D = 0,51$) nalazi se na 10.000-tom otisku, gdje se parametri rastertonskih vrijednosti i punog tona nalaze ispod srednjih vrijednosti.

Prirast navedene boje u trećem izdanju nalazi se ispod preporučenih vrijednosti. Na 15.000-tom otisku prirast ima najmanju vrijednost uspoređujući ga kroz izdanje ali i dalje konstantno malu vrijednost uspoređujući ga sa ostalim bojama.

Unutar vrijednosti žutog obojenja trećeg izdanja, relativni tiskovni kontrast se nalazi van parametara standardne devijacije na 25.000-tom otisku gdje je nanos punog tona obojenja ($D_{pp} = 0,77$) malo niži od srednje vrijednosti ($\bar{A} = 0,78$) a dobivena mjerna vrijednost prirasta ($D_r = 0,5972$) nešto veća od srednje vrijednosti ($\bar{A} = 0,5718$). Devijacija relativnog tiskovnog kontrasta na navedenom primjerku je niža ($\Delta_D = -0,49$), a najmanja devijacija relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = 0,97$) je vidljiva na 15.000-tom otisku. Maksimalne i minimalne vrijednosti standardne devijacije su van tolerancija. Najmanji prirast je vidljiv na zadnjem mjernom uzorku, gdje je i najveća devijacija.

Na crnom obojenju najmanja devijacija ($\Delta_D = 0,39$) relativnog tiskovnog kontrasta je na prvom mjernom uzorku gdje je vrijednost punog tona ($D_{pp} = 1,09$) nešto niža od srednje vrijednosti ($\bar{A} = 1,10$), dok je i vrijednost rastertonskog elementa ($D_r = 0,7178$) niža od srednje rastertonske vrijednosti ($\bar{A} = 0,7335$) na crnom obojenju. Najveća deformacija relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = 5,36$) je na 20.000-tom otisku gdje je vrijednost nanosa punog tona ($D_{pp} = 1,14$) prevelika, a rastertonska vrijednost ($D_r = 0,6940$) premala u odnosu na srednje dobivene vrijednosti. Mjerne vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta, osim 15.000-tog i 20.000-tog uzorka su unutar parametara maksimalnih i minimalnih vrijednosti standardnih devijacija i tolerancija, ali vrijednosti devijacija nalaze se van preporučenih tolerancija.

Stupanj devijacije deformacije relativnog tiskovnog kontrasta je najveći na crnom uzorku dok obojenja cyan bojilom unutar trećeg izdanja ima najmanji stupanj deformacije.

U četvrtom izdanju nanosi cyan obojenja relativnog tiskovnog kontrasta optimalni su na 5.000-tom otisku, gdje je vrijednost nanosa punog tona obojenja ($D_{pp} = 0,74$) manja u

odnosu na srednju vrijednost ($\bar{A}= 0,7520$). Dobivena devijacija relativnog tiskovnog kontrasta je minimalna ($\Delta_D= 0,09$), dok i rastertonska vrijednost ima negativan omjer uspoređujući ga sa srednjom vrijednošću. Vrijednosti devijacija su unutar parametara tolerancije. Mjerenje na 15.000-tom uzorku imaju najveću devijaciju ($\Delta_D= -1,27$) koja se nalazi van preporučenih parametara tolerancije. Prirast je najmanji na 15.000-tom otisku dok vrijednosti ostalih mjerenja imaju konstantu.

Vrijednosti deformacije relativnog tiskovnog kontrasta sa magenta bojom u četvrtom izdanju su optimalne na 15.000-tom otisku gdje je dobivena devijacija relativnog tiskovnog kontrasta minimalna ($\Delta_D= 0,10$). Navedeni uzorak je imao veći nanos obojenja punog tona ($D_{pp}= 0,75$) od srednje vrijednosti ($\bar{A}= 0,7640$), dok je rastertonska vrijednost bila neznatno niže vrijednosti od preporučene. Deformacija relativnog tiskovnog kontrasta ima najveću devijaciju ($\Delta_D= 3,55$) na zadnje mjerenom uzorku (25.000), gdje dobivena vrijednost uveliko premašuje maksimalne vrijednosti devijacije. Devijacija relativnog tiskovnog kontrasta za magenta obojenje nalazi se van vrijednosti preporučenih tolerancija, što je uzrokovalo deformacija rasterskog elementa na zadnje mjerenom uzorku.

Prirast rasterskog elementa konstantne i najmanje vrijednosti postignuta je na 20.000-tom uzorku, dok su vrijednosti najvećeg prirasta imamo na zadnje mjerenom uzorku, gdje je i deformacija najveća.

Dobivene vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta sa žutim obojenjem postignuto je na 15.000-tom otisku gdje je vrijednost devijacije najmanja ($\Delta_D= -0,17$). Na dobivenom mjernom uzorku nanos punog tona je identičan ($D_{pp}= 0,78$) dobivenim srednjim vrijednostima, dok je rastertonska vrijednost bila niža ($D_r= 0,5616$) od srednje rastertonske vrijednosti. Najveća deformacija relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D= -4,35$) dobivena je na prvom mjernom uzorku, gdje je nanos obojenja dosta ispod optimalne vrijednosti obojenja ($D_{pp}= 0,75$). Devijacija relativnog tiskovnog kontrasta se ponovno dešava na 20.000-tom mjernom uzorku, što je uzrokovalo da devijacija bude van dopuštenih tolerancija.

Prirast ima najveću vrijednost na prvom mjernom uzorku, dok na ostalim vrijednostima unutar naklade ostaje konstantan.

Nanos crnog bojila u četvrtom izdanju dosta varira i dobiveni rezultati relativnog tiskovnog kontrasta nisu u parametrima tolerancija, što pokazuje nestabilnost otiska kroz cijelo izdanje, a vidljivo je i iz nanosa punog tona.

Devijacija relativnog tiskovnog kontrasta je vidljiva i iz prirasta, gdje je dobiveni prirast velik oscilira uspoređujući ga sa vrijednostima ostalih izdanja.

Kao i na prijašnjem izdanju, četvrto izdanje ima stupanj devijacije relativnog tiskovnog kontrasta najveće na crnom uzorku dok obojenja cyan bojilom imaju najmanji stupanj deformacije.

Cyan obojenje u petom izdanju na prvom mjernom uzorku ima najveću deformaciju relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = 6,70$). Nanos punog tona je puno veći ($D_{pp} = 0,80$) od dobivenih srednjih vrijednosti ($\bar{A} = 0,7725$), kao i rastertonske vrijednosti. Iz dobivenih vrijednosti mjerenja vidljiva je ne konstantnost unutar proizvodnje što je i rezultiralo dobivenim vrijednostima relativnog tiskovnog kontrasta svakog uzorka van preporučenih vrijednosti tolerancija.

Dobiveni prirast na prvom mjerenju je prevelik dok se na ostalim mjernim uzorcima nalazi iznad preporučenih vrijednosti ISO standarda. Graf 13 pokazuje nestabilnost otiska.

Prvi mjerni uzorak za magenta bojilo u petom izdanju ima najveću deformaciju relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = -2,43$) koja svojim vrijednostima nije u kritičnim poljima, ali je ipak van tolerancija. Dobivena vrijednost deformacije se najbolje očituje kroz nanos obojenja koji ima premalu vrijednost ($D_{pp} = 0,71$) u odnosu na preporučenu srednju vrijednost. Vrijednost optimalnog obojenja u ovom izdanju i sa navedenim bojilom pri čemu je dobivena najmanja devijacija deformiranja relativnog tiskovnog kontrasta, je na zadnjem mjerenom uzorku gdje je dobiveno najmanje odstupanje ($\Delta_D = 0,19$).

Dobivena vrijednost prirasta je najveća na prvom mjernom uzorku, a najmanja na drugom uzorku.

Sa žutim bojilom dobivene vrijednosti pokazuju najveće devijacije relativnog tiskovnog kontrasta. Vrijednost obojenja relativnog tiskovnog kontrasta unutar parametara tolerancije dobivena je samo na 15.000-tom uzorku sa velikom deformacijom ($\Delta_D = 1,06$). Vrijednosti prirasta variraju u odnosu na preporučene vrijednosti.

Sa crnim bojilom dobili smo većinu vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta unutar tolerancija osim 10.000 tog otiska, koji ima najveću deformaciju ($\Delta_D = 2,65$). Najmanju deformaciju izmjerili smo na zadnjem uzorku ($\Delta_D = 0,25$)

Gledajući elemente deformaciju relativnog tiskovnog kontrasta unutar cijelog petog izdanja, dobivamo da je najveća dobivena deformacija bila na cyan obojenju a najmanja deformacija na magenta obojenju.

U šestom izdanju devijacija relativnog tiskovnog kontrasta na cyan obojenju je najveća na predzadnjem mjernom uzorku gdje je deformacija relativnog tiskovnog kontrasta iznosila $\Delta_D = 7,46$, što je najveća devijacijska vrijednost pojedine boje kroz cijelo izdanje na prvom mjernom tornju. Vrijednost punog tona obojenja je jako niska ($\Delta_D = 0,62$) u usporedbi sa preporučenim vrijednostima, dok rastertonska vrijednost nije imala tako velika negativna odstupanja ($D_r = 0,5219$) od srednje rastertonske vrijednosti ($\bar{A} = 0,5646$). Vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta sa najmanjim devijacijskim otklonom ($\Delta_D = 1,22$) je postignuta na prvom mjernom uzorku, dok se sve ostale mjerne vrijednosti nalaze van parametara tolerancija kao i vrijednost standardnih devijacija.

Sa magenta obojenjem vrijednosti približno optimalnog obojenja relativnog tiskovnog kontrasta dobivena je na 48.000-tom uzorku. Najveće oscilacije su na prvom i drugom mjernom uzorku koje se nalaze van maksimalnih i minimalnih devijacijskih vrijednosti. Vrijednosti prirasta su najveće na prvom mjernom uzorku i osciliraju kroz cijelo izdanje. Navedena vrijednost prirasta je najveća u odnosu na cijelo izdanje.

Unutar žutog bojila najmanja devijacija relativnog tiskovnog kontrasta je postignuta na prvom mjernom uzorku. Maksimalne i minimalne vrijednosti devijacija nalaze se van dopuštenih tolerancija.

Na crnom obojenju vidljivo je da su vrijednosti nanosa punog tona ispod standardnih vrijednosti punog tona preporučene po standardima novinskog tiska. Najveća devijacija relativnog tiskovnog kontrasta je na drugom mjernom uzorku dok je najmanja dobivena vrijednost devijacije relativnog tiskovnog kontrasta u šestom izdanju je dobivena na predzadnjem mjernom uzorku.

Navedenim promjenama relativnog tiskovnog kontrasta svake boje u šestom izdanju možemo vidjeti da su približno najmanje devijacije bile na prvim mjernim primjercima dok su sva daljnja mjerenja unutar proizvodnja pokazala značajne oscilacije. Iz navedenih vrijednosti se vidi da je došlo do zasićenja materijala i parametri koji su mogli dovesti do ovakve nestalnosti su opisani na početku izlaganja. Iz grafa prirasta vidljivo je da je najmanji prirast dobiven na drugom mjernom uzorku.

U analizi rezultata dobivenih mjerenjem uzoraka otisnutih na drugom tiskovnom tornju, prikazani i obrazloženi rezultati relativnog tiskovnog kontrasta su vidljivi od 49. do 68. grafa, dok vrijednosti prirasta za drugi toranj su prikazani grafovima od 69. do 96.

Iz mjerenja uzoraka cyan obojenja otisnutih drugim tiskovnim tornjem vidljivo je da vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta na trećem mjernom uzorku (35.000) ima najmanju devijaciju ($\Delta_D = -0,05$). Vrijednost punog tona obojenja je veća ($D_{pp} = 0,68$) u odnosu na srednju dobivenu vrijednost ($\bar{A} = 0,68$). Rastertonska vrijednost na navedenom uzorku je nešto veća ($D_r = 0,5526$) u odnosu na srednju rastertonsku vrijednost ($\bar{A} = 0,5461$). Najveća devijacija relativnog tiskovnog kontrasta postignuta je na 30.000-tom uzorku ($\Delta_D = -2,44$) gdje je vrijednost punog tona cyan obojenja ($D_{pp} = 0,65$) nešto ispod preporučenih vrijednosti. Rastertonska vrijednost za navedenu devijaciju iznosi $D_r = 0,5437$. Ostale mjerne vrijednosti nalaze se van dobivenih vrijednosti tolerancija.

Prirast rastertonskih vrijednosti je jako mali, i uspoređujući ga sa vrijednostima prirasta na prvoj tiskovnoj jedinici vidljiv je veliki ne srazmjer u vrijednostima.

Uspoređujući rastertonske vrijednosti i vrijednosti punog tona cyan obojenja na drugom tornju sa dobivenim vrijednostima na prvom tornju, vidljivo je da je nanos boje na drugom tornju puno niži u usporedbi sa vrijednostima na prvom tornju. Dobivena srednja vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta na drugom tornju ($K_{rel} = 18,790$) je puno manja nego na prvom tornju ($K_{rel} = 23,135$). Dobivene vrijednosti devijacija deformacija su puno manje na prvom tornju ($\sigma_1 = 1,094$) nego deformacije relativnog tiskovnog kontrasta na drugom tiskovnom tornju ($\sigma_2 = 1,500$).

Vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kod magenta obojenja na prvom uzorku imaju najveću deformaciju ($\Delta_D = 4,63$) rasterskog elementa isto kao i na uzorku prvog tiskovnog agregata ($\Delta_D = 11,13$) samo sa puno manjom devijacijom. Najmanja devijacija relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = 0,04$) je izmjerena na 25.000-tom uzorku, gdje je vrijednost obojenja punog tona niža ($D_{pp} = 0,72$) od dobivene srednje vrijednosti ($\Delta_D = 0,75$).

Vrijednost prirasta je isto nešto niža nego ($D_r = 0,4948$) srednja dobivena vrijednost. Vrijednosti maksimalnih i minimalnih standardnih devijacija su van preporučenih tolerancija. Prirast je znatan i oscilira kroz navedeno izdanje.

Uspoređujući vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta sa prvim tornjem vidljiva je tek neznatna razlika unutar vrijednosti, dok su vrijednosti standardne devijacije puno veće na prvom tornju ($\sigma_1 = 4,838$) nego dobivene vrijednosti na drugom tornju ($\sigma_2 = 2,964$). Uspoređujući vrijednosti nanosa punog tona magenta obojenja između tornjeva, vidljivo je da je na prvom tornju imamo veći nanos boje ($\bar{A}_{T1} = 0,80$) nego dobivene vrijednosti na drugoj tiskovnoj jedinici ($\bar{A}_{T2} = 0,75$).

Relativni tiskovni kontrast kod žutog obojenja postiže najmanju vrijednost ($\Delta_D = -0,58$) na drugom mjernom uzorku (10.000), gdje je nanos obojenja punog tona za žuto bojilo ispod ($D_{pp} = 0,72$) srednje dobivenih vrijednosti. Najveću devijaciju relativnog tiskovnog kontrasta izmjerili smo na trećem mjernom uzorku gdje je deformacija iznosila $\Delta_D = -2,96$.

Kod crnog bojila sve vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta su van tolerancija gdje su i devijacije relativnog tiskovnog kontrasta velike. Najveća deformacija elementa ($\Delta_D = 10,74$) je na 25.000-tom uzorku gdje i rastertonski element ima najnižu vrijednost. Prirast varira kroz cijelo izdanje, a najveći je na 25.000-tom otisku gdje je i deformacija relativnog tiskovnog kontrasta bila najveća.

Devijacija u navedenom izdanju je najveća bila kod crnog bojila ($\sigma = 6,547$), dok je najmanju vrijednost imala kod cyan obojenja ($\sigma = 1,500$).

Na trećem izdanju cyan obojenja vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta ima najveću deformaciju na drugom mjernom uzorku ($\Delta_D = 6,14$), gdje je dobivena vrijednost punog tona ($D_{pp} = 0,69$). Sve mjerne vrijednosti su van tolerancija. Puni ton obojenja i dalje ima nižu vrijednost nanosa od standardno preporučenih dok su vrijednosti prirasta minimalne.

Kod magente vrijednosti deformacije relativnog tiskovnog kontrasta ima najveći ($\Delta_D = 6,15$) otklon kod trećeg mjernog uzorka (15.000). Najmanja deformacija ostvarena je na zadnjem mjernom uzorku ($\Delta_D = -0,32$)

Žuta ima najveću devijaciju relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = 6,15$) na trećem mjernom uzorku (15.000), dok najmanju devijaciju ima na zadnjem mjernom uzorku ($\Delta_D = -0,25$). Prirast je velik i varira kroz izdanje, a najveći je na 15.000-tom uzorku, dok je kod crnog

bojila trećeg izdanja vidljiv najveći postotak devijacije relativnog tiskovnog kontrasta i to na zadnjem mjernom uzorku ($\Delta_D = -10,77$).

Četvrto izdanje cyan obojenja i dalje ima nisku vrijednost nanosa punog tona. Ukupna devijacija relativnog tiskovnog kontrasta je niska ($\sigma = 1,824$), ali i dalje optimalna vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta nije postignuta.

Magenta kao i na trećem izdanju na prvim mjernim uzorcima ima veliku vrijednost deformacije tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = 4,84$), dok najnižu vrijednost postiže na 20.000-tom otisku.

Kod žutog obojenja nanos punog tona ima nižu vrijednost na četvrtom mjernom uzorku (20.000) čime je uzrokovana velika deformacija tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = -9,28$). Najmanja vrijednost deformacije relativnog tiskovnog kontrasta postignuta je na prvom mjernom uzorku ($\Delta_D = 0,99$).

Optimalan kontrast crnog bojila u četvrtom izdanju postignut je sa većim nanosom obojenja punog tona ($D_{pp} = 1,21$), gdje je dobivena najniža vrijednost deformacije tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = -0,35$). Navedene vrijednosti su dobivene na trećem mjernom uzorku. Najveća deformacija je izmjerena na prvom uzorku ($\Delta_D = -6,70$) gdje je vrijednost punog tona niža od optimalnog ($D_{pp} = 1,13$), ali opet višlja od standardima preporučenog.

U petom izdanju cyan obojenja vrijednosti devijacija su minimalne unutar izdanja ali nijedna deformacija relativnog tiskovnog kontrasta nije približna srednjoj dobivenoj vrijednosti. Nanos punog tona obojenja je i dalje nizak.

Kod magente vrijednosti nanosa punog tona obojenja su veća nego na prijašnjim izdanjima istog tiskovnog tornja. Devijacije tiskovnog kontrasta nisu velike i najmanja deformacijska vrijednost ($\Delta_D = -0,18$) ostvarena je na trećem mjernom uzorku (25.000). Skoro sve vrijednosti, osim prvog mjernog uzorka su u granicama tolerancije.

Žuto obojenje u petom izdanju ima najveću deformaciju rasterskog elementa ($\Delta_D = -3,96$) na trećem mjernom uzorku (25.000) gdje je nanos obojenja punog tona manji ($D_{pp} = 0,72$) nego dobivena srednja vrijednost ($\bar{A} = 0,75$). Najmanja devijacija tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = 0,28$) dobivena je na drugom uzorku.

Kod crnog bojila vrijednosti najmanje devijacije tiskovnog kontrasta nisu postignute, te su skoro svi mjerni elementi van preporučenih tolerancija.

Unutar cyan obojenja šestog izdanja postignuta je konstanta dobivene vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta na uzorku četvrtog i petog mjerenja gdje je dobivena

minimalna devijacijska vrijednost ($\Delta_D = 0,24$). U navedenom dijelu, parametri nanosa punog tona obojenja ($D_{pp} = 0,67$) nalaze se preporučenim vrijednostima.

Magenta obojenje već na prvom mjernom uzorku ima veliku deformaciju tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = -5,27$). Rastertonska vrijednost dovela je do takve deformacije zbog veće rastertonske vrijednosti ($D_r = 0,5456$) u odnosu na srednju dobivenu vrijednost ($D_r = 0,5313$).

Žuto obojenje ima tonske vrijednosti na prva četiri mjerna uzoraka unutar vrijednosti tolerancija. Najmanja deformacija relativnog tiskovnog kontrasta ($\Delta_D = -0,46$) je na prvom mjernom uzorku, dok najveću devijaciju mjerimo na zadnjem uzorku ($\Delta_D = -8,39$).

Na crnom mjernom uzorku šestog izdanja vrijednost najveće deformacije tiskovnog kontrasta izmjerena je na prvom mjernom uzorku ($\Delta_D = -7,02$) gdje je i nanos punog tona obojenja bio i najmanji

6. Zaključak

Kao što je vidljivo iz ovog istraživanja kvaliteta gotovog proizvoda podložna je utjecajima tiskarskih procesa kao i njihovih interakcija s pojedinim elementima kao što su: podloge, bojila, otopine za vlaženje itd. Uz svu silu modernizacije i tehnološkog napretka u postizanju kvalitetnijeg proizvoda u što kraćem vremenu, utjecaj ljudskog faktora i njegova procjena je od neizmjerne važnosti za dobivanje kvalitetnog proizvoda.

U istraživanju se vidjelo da se količina nanosa punog tona pojedine boje razlikuje od izdanja do izdanja kao što su i vidljive devijacije u gustoći obojenja punog tona boje između tiskovnih tornjeva na istom mjernom uzorku.

Iz grafova je vidljivo da krivulja prirasta pokazuje manje vrijednosti kada su devijacije unutar relativnog tiskovnog kontrasta veće od preporučenih vrijednosti, dok kod vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta koji su ispod preporučenih srednjih vrijednosti, navedena odstupanja u prirastu nemaju većih promjena.

Vidljivo je da su devijacije na prvim mjernim uzorcima bile puno veće. Pojava takvih devijacija u direktnoj je ovisnosti sa gustoćom obojenja u tisku i prirastom rastertonskih vrijednosti.

Ovim istraživanjem potvrđeno je da odstupanjem samo jednog parametara van tolerancija preporučenih vrijednosti $\pm 5\%$ dolazi do devijacija unutar vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta iako navedena vrijednost ne mora biti i najbolja za krajnji grafički proizvod, što je pokazatelj u nejednakostima dobivenih vrijednosti tiskovnih jedinica na istom mjernom uzorku.

Istraživanjima je potvrđeno da je krivulja prirasta rastertonskih vrijednosti približna krivulji ISO standarda iako je i devijacija relativnog tiskovnog kontrasta u optimalnim ili nižim vrijednostima. Ovim radom je dokazano da je podizanje kvalitete tiska moguće definiranjem parametara optimalnog relativnog tiskovnog kontrasta.

Rezultati ovog istraživanja su pokazatelj da se definiranjem parametara relativnog tiskovnog kontrasta u novinskom tisku može pomoći u postizanju bolje kvalitete finalnog proizvoda i u svakodnevnoj proizvodnji.

7. Literatura

1. Zjakić, I. Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007
2. Bolanča S., Suvremeni ofsetni tisak, Školska knjiga, Zagreb, 1991., 20-28
3. Bolanča S., Glavne tehnike tiska, Acta Graphica, Zagreb, 1997
4. Horvatić S. Tiskarske rotacije i roto-tisak, Adamić, Rijeka, 2004
5. Kipphan, H. (2001). Handbook of Print Media: technologies and production methods, Springer, ISBN 3-540-67326-1, New York
6. Gustavson, S. (1997). Dot gain in colour halftones, Linköping University, ISBN 91-7871-981-X, Linköping
7. Arney J. S., Engeldrum P. G., and Zeng H., An expanded Murray-Davies model of tone reproduction in halftone imaging, Journal of Imaging Science and Technology, 1995., 502–508
8. Zjakić I., Utjecaj metamerije u tisku, Magistarski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2002.
9. Kipphan H., Quality and Productivity Enhancement in Modern Offset Printing, Polygraph International, Special Print 3-93, 1993.
10. Bolanča S., Mikota M., Mrvac N., Majnarić I., Comparison of the Quality Limits of some Printing Papers in Offset and Digital Printing, Advances in Printing Science and technology (Edited by Anthony Bristow), Surrey, UK 2001.
11. Mesaroš F., Grafička enciklopedija, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.
12. Zjakić I., Bolanča S., Majnarić I., Istraživanje metamerije u suvremenom tisku, Znanstveno-stručni simpozij hrvatskih grafičara, Senj, 2002., 72-75
13. Bolanča S., Mrvac N., Zjakić I., Reproduction Objectivity of Four Color and Seven Color Conventional Printing and Digital Offset Printing Technique, 28th IARIGAI Research Conference, Montreal, Canada, 2001.
14. Glassner A. S., Fishkin K. P., Marimont D. H., and Stone M C., Device - directed rendering. ACM Transactions on Graphics, 14(1), 1995., 60–76
15. McCann J. J., Color Gamut Measurement and Mapping, The Role of Color Spaces, SPIE Proceedings, 3648, 1999., 68-82

16. Kipphan H., Color Measurement Methods and Systems in Printing Technology and Graphic Arts, Proceedings SPIE, 1912 (Color Hardcopy and Graphic Arts II). The Society for Optical Engineering (SPIE), Bellingham(WA) 1993., 270–298.
17. Montag E. D. and Fairchild M. D., Simulated color gamut mapping using simple rendered images, In Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hard Copy, and Graphic Arts, 2658 of Proceedings of the SPIE, 316–325. SPIE, Bellingham,WA, 1996.
18. Homann, J.-P. (2007). Digitales Color management, 3rd edition, Springer, ISBN 978-3-540-67119-0, Berlin
19. Knesaurek N., Optimiziranje razlika reproduciranih boja, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 1998., 7-40, 80-89
20. Johnson T., A complete colour reproduction model for graphic arts, Proceedings of the Technical Association of the Graphic Arts, Technical Association of the Graphic Arts, Rochester, NY, 1996., 1061–1076
21. Braun G. J., Fairchild M. D., Gamut Mapping for Pictorial Images, TAGA Proceedings, 9, 1999., 420-432
22. Agić D., Broz D., Kolorimetrijske razlike boja kod vrlo zasićenih boja, Acta Graph. 8-3, 1996., 103-108
23. Milković M., Studij gamuta grafičkih otisaka, Magistarski rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2003.
24. Mandić L., Upravljanje bojama u sustavu grafičke reprodukcije, Magistarski rad, FER, Sveučilište u Zagrebu, 2000, 96-108
25. Morović J., Luo M., R., Calculating Image and Medium Gamut Boundaries for Gamut Mapping, Color & Imaging Institute, Darby, UK, 2002, 3-24
26. Zjakić I., Bolanča S., Bolanča Z., The Colour Characteristics of Modern Printing, First Conference on Color in Graphics, Image and Vision, IS&T, Poitiers, France, 2002.
27. Stollnitz E., Reproducing Color Images With Custom Inks, Doktorska disertacija, University of Washington, 1998.
28. Golubović A., Tehnologija izrade i svojstva papira, VGŠ, Zagreb, 1984.
29. Valdec, D.; Vusić, D; Tomiša, M., XM Screening Technology, Blaž Baromić 11, 2007

30. Frank J. R. (Ed); GATF Encyclopedia of Graphic Communications, GATFPRESS, Pittsburgh, 1998.
31. Mrvac N., Bolanča S., Zjakić I., Influence of Register Error of particular Colour on the Visual Evaluation of the Print Quality, 28th IARIGAI Research Conference, Montreal, Canada, 2001.
32. Mrvac N., Sinteza interakcija odabranih parametara grafičke reprodukcije, Doktorska disertacija, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2003.

8. Popis slika tabela i formula

- Slika 1. Prvi rotacijski stroj za novinski tisak
- Slika 2. Novine Horvatske (Lj. Gaj, 1835.) s književnim prilogom Danicza
- Slika 3. Prikaz površine elementarnog kvadrata kod AM rastera
- Slika 4. Razlika između AM, FM i XM rastera
- Slika 5. Prikaz kuteva rastriranja
- Slika 6. Deformacije rasterskog elementa
- Slika 7. Kategorije priprata rastertonskih vrijednosti po ISO preporukama
- Slika 8. Neke od preporuka rasterskih vrijednosti sivog polja
- Tablica 1. Neke od preporuka rasterskih vrijednosti sivog polja
- Tablica 2. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja prvog i drugog izdanja na prvom tornju
- Tablica 3. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja prvog i drugog izdanja na prvom tornju
- Tablica 4. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja prvog i drugog izdanja na prvom tornju
- Tablica 5. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja prvog i drugog izdanja na prvom tornju
- Tablica 6. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja trećeg izdanja na prvom tornju
- Tablica 7. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja trećeg izdanja na prvom tornju
- Tablica 8. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja trećeg izdanja na prvom tornju
- Tablica 9. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja trećeg izdanja na prvom tornju

- Tablica 10. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja četvrtog izdanja na prvom tornju
- Tablica 11. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja četvrtog izdanja na prvom tornju
- Tablica 12. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja četvrtog izdanja na prvom tornju
- Tablica 13. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja četvrtog izdanja na prvom tornju
- Tablica 14. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja petog izdanja na prvom tornju
- Tablica 15. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja petog izdanja na prvom tornju
- Tablica 16. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja petog izdanja na prvom tornju
- Tablica 17. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja petog izdanja na prvom tornju
- Tablica 18. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja šestog izdanja na prvom tornju
- Tablica 19. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja šestog izdanja na prvom tornju
- Tablica 20. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja šestog izdanja na prvom tornju
- Tablica 21. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja šestog izdanja na prvom tornju
- Tablica 22. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja prvog i drugog izdanja na drugom tornju
- Tablica 23. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja prvog i drugog izdanja na drugom tornju
- Tablica 24. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja prvog i drugog izdanja na drugom tornju
- Tablica 25. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja prvog i drugog izdanja na drugom tornju
- Tablica 26. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja trećeg izdanja na drugom tornju
- Tablica 27. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja trećeg izdanja na drugom tornju
- Tablica 28. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja trećeg izdanja na drugom tornju
- Tablica 29. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja trećeg izdanja na drugom tornju
- Tablica 30. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja četvrtog izdanja na drugom tornju
- Tablica 31. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja četvrtog izdanja na drugom tornju

- Tablica 32. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja četvrtog izdanja na drugom tornju
- Tablica 33. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja četvrtog izdanja na drugom tornju
- Tablica 34. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja petog izdanja na drugom tornju
- Tablica 35. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja petog izdanja na drugom tornju
- Tablica 36. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja petog izdanja na drugom tornju
- Tablica 37. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja petog izdanja na drugom tornju
- Tablica 38. Dobivene mjerne vrijednosti cyan obojenja šestog izdanja na drugom tornju
- Tablica 39. Dobivene mjerne vrijednosti magenta obojenja šestog izdanja na drugom tornju
- Tablica 40. Dobivene mjerne vrijednosti žutog obojenja šestog izdanja na drugom tornju
- Tablica 41. Dobivene mjerne vrijednosti crnog obojenja šestog izdanja na drugom tornju
- Graf 1. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na prvom tornju
- Graf 2. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na prvom tornju
- Graf 3. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na prvom tornju
- Graf 4. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na prvom tornju
- Graf 5. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na prvom tornju
- Graf 6. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na prvom tornju
- Graf 7. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na prvom tornju
- Graf 8. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na prvom tornju

- Graf 9. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu četvrtog izdanja na prvom tornju
- Graf 10. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu četvrtog izdanja na prvom tornju
- Graf 11. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu četvrtog izdanja na prvom tornju
- Graf 12. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu četvrtog izdanja na prvom tornju
- Graf 13. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na prvom tornju
- Graf 14. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na prvom tornju
- Graf 15. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na prvom tornju
- Graf 16. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na prvom tornju
- Graf 17. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na prvom tornju
- Graf 18. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na prvom tornju
- Graf 19. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na prvom tornju
- Graf 20. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na prvom tornju
- Graf 21. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 22. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 23. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju

- Graf 24. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 25. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 26. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 30.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 27. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 35.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 28. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 40.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 29. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 30. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 31. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 32. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 33. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 3 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 34. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 35. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 36. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 37. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 38. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 4 izdanja otisnutog na prvom tornju

- Graf 39. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 5 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 40. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 5 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 41. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 5 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 42. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 30.000 -tom uzorku, 5 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 43. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 44. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 45. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 46. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 35.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 47. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 48.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 48. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 54.000 -tom uzorku, 6 izdanja otisnutog na prvom tornju
- Graf 49. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu 1 i 2 izdanja na drugom tornju
- Graf 50. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu prvog izdanja na drugom tornju
- Graf 51. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu prvog izdanja na drugom tornju
- Graf 52. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu prvog izdanja na drugom tornju
- Graf 53. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na drugom tornju

- Graf 54. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na drugom tornju
- Graf 55. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na drugom tornju
- Graf 56. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu trećeg izdanja na drugom tornju
- Graf 57. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu črtvtog izdanja na drugom tornju
- Graf 58. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu črtvtog izdanja na drugom tornju
- Graf 59. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu črtvtog izdanja na drugom tornju
- Graf 60. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu črtvtog izdanja na drugom tornju
- Graf 61. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na drugom tornju
- Graf 62. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na drugom tornju
- Graf 63. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na drugom tornju
- Graf 64. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu petog izdanja na drugom tornju
- Graf 65. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na drugom tornju
- Graf 66. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na drugom tornju
- Graf 67. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na drugom tornju
- Graf 68. Prikaz vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta kroz nakladu šestog izdanja na drugom tornju

- Graf 69. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 70. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 71. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 72. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 73. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 74. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 30.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 75. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 35.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 76. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, 1 i 2 izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 77. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 78. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 79. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 80. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 81. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, trećem izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 82. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 83. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju

- Graf 84. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 85. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 20.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 86. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, četvrtom izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 87. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, petog izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 88. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 10.000 -tom uzorku, petog izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 89. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, petog izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 90. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 30.000 -tom uzorku, petog izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 91. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 5.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 92. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 15.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 93. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 25.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 94. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 35.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 95. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 48.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju
- Graf 96. Prikaz krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti na 54.000 -tom uzorku, šestog izdanja otisnutog na drugom tornju
- [1(2.2.2)] formula za izračunavanje veličine rasterskog elementa
- [1(2.2.2.1)] formula za izračunavanje elementarnogkvadrata
- [1(2.2.8)] Zjakić. I., upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007. Str. 50

- [2(2.2.8)] Yule, J A C and Nielsen, W J: The penetration of light into paper and its effect on halftone reproduction, TAGA Proceedings 3(1951):65-76
- [3(2.2.8)] Clapper, F R and Yule, J A C: The effect of multiple internal reflections on the densities of half-tone prints on paper, Journal of the Optical Society of America 43(1953)7: str.600
- [1(2.2.8.1)] Zjakić. I., Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007. Str. 49
- [1(2.2.9)] Bolanča S., Suvremeni ofsetni tisak, Školska knjiga, Zagreb, 1991. str. 42
- [1(2.3.5)] Milković M., Analogni i računalni modeli boja, KGŠ, Zagreb, 2003., str. 55
- [1(2.3.6)] Zjakić. I., Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007. Str. 88
- [1(2.3.8)] Bolanča S., Suvremeni ofsetni tisak, Školska knjiga, Zagreb, 1991. str. 43
- [2(2.3.8)] Bolanča S., Suvremeni ofsetni tisak, Školska knjiga, Zagreb, 1991. str. 56
- [1(2.3.11)] Kipphan H., Handbook of Print Media, Springer, Berlin, 2001., str. 96
- [2(2.3.11)] Kipphan H., Handbook of Print Media, Springer, Berlin, 2001
- [1(2.4.1)] Kostelac-Bifl R., Reprodukciona fotografija, VGŠ, Zagreb, 1980, str. 71
- [1(3.1)] Zjakić. I., upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007. Str. 50
- [2(3.1)] Zjakić. I., upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007. Str. 49
- [3(3.1)] Zjakić. I., upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007. Str. 86

Popis objavljenih znanstvenih radova:

1. Kumpar D., Zjakić I., Bates I., Deviation of deformation of the screen elements through circulation in the newspaper printing, DAAAM International Scientific Book 2010, Vienna, Austria 357-366.
2. Dobrić E., Kumpar D., Golubović K., Svjetlostalnos novinskog tiska otisnutog uz korištenje modernih repromaterijala, *zbornik radova 14. međunarodnog savjetovanja tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić Senj*, 2010. 158-165
3. Dobrić E., Golubović K., Kumpar D., Utjecaj povišene temperature na optička svojstva pigmentiranih papira, *zbornik radova 15. međunarodnog savjetovanja tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić Senj*, 2011