



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN



**RAZVOJ MODELA OBJEKTIVNE KONTROLE
POVRŠINSKIH OŠTEĆENJA PREMAZNIH PAPIRA U
PROCESU SAVIJANJA**

- doktorska disertacija -

Kandidat:

MSc Magdolna Pal

Mentor:

Prof. dr Dragoljub Novaković

Novi Sad, 2014.

Istraživanja realizovana u okviru disertacije su potpomognuta sredstvima Ministarstva prosvete i nauke republike Srbije u okviru projekta tehnološkog razvoja broj 35027, "Razvoj softverskog modela za unapređenje znanja i proizvodnje u grafičkoj industriji"

Zahvalnost želim da izrazim mentoru, profesoru dr Dragoljubu Novakoviću na korisnim sugestijama i ukazanoj nesebičnoj pomoći pri izradi ove disertacije.

Zahvaljujem se i kolegama, u zemlji i u inostranstvo, porodici i prijateljima na bezrezervnoj podršci, savetima i velikom razumevanju.

Posebnu zahvalnost dugujem suprugu na poverenju, strpljenju i ljubavi.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

| | |
|---|---|
| Редни број, РБР: | |
| Идентификациони број, ИБР: | |
| Тип документације, ТД: | Монографска публикација |
| Тип записа, ТЗ: | Текстуални штампани материјал |
| Врста рада, ВР: | Докторска дисертација |
| Аутор, АУ: | МСц Магдолна Пал |
| Ментор, МН: | Проф. др Драгољуб Новаковић |
| Наслов рада, НР: | Развој модела објективне контроле површинских оштећења премазних папира у процесу савијања |
| Језик публикације, ЈП: | Српски |
| Језик извода, ЈИ: | Српски |
| Земља публикавања, ЗП: | Република Србија |
| Уже географско подручје, УГП: | А.П. Војводина |
| Година, ГО: | 2014 |
| Издавач, ИЗ: | Ауторски репринт |
| Место и адреса, МА: | Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6 |
| Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога) | 11/281/143/110/96/4 |
| Научна област, НО: | Графичко инжењерство и дизајн |
| Научна дисциплина, НД: | Графичко инжењерство и дизајн |
| Предметна одредница/Кључне речи, ПО: | Премазни папири, савијање, површинска оштећења, визуелна контрола, дигитална обрада слике |
| УДК | |
| Чува се, ЧУ: | У библиотеци ФТН у Новом Саду |
| Важна напомена, ВН: | |
| Извод, ИЗ: | У дисертацији се представљају истраживања која су резултирала развојем модела објективне контроле отпорности премазних папира према површинском оштећењу у процесима савијања. На бази анализе низа изабраних параметара процеса контроле, предложена су три обележја дигиталних узорака премазних папира за опис и оцену површинског оштећења. Резултати предложених обележја, као и корелационе анализе омогућују примену тих обележја у функцији контроле квалитета као основе развоја објективне процесне контроле премазних папира у процесу савијања. |
| Датум прихватања теме, ДП: | |
| Датум одбране, ДО: | |
| Чланови комисије, КО: | Председник: Др Драгиша Вилотић, редовни професор |
| | Члан: Др Мирослав Гојо, редовни професор |
| | Члан: Др Бранко Милосављевић, редовни професор |
| | Члан: Др Игор Карловић, доцент |
| | Члан, ментор: Др Драгољуб Новаковић, редовни професор |
| | Потпис ментора |



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ ● ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

| | |
|---|---|
| Accession number, ANO : | |
| Identification number, INO : | |
| Document type, DT : | Monographic Publication |
| Type of record, TR : | Textual material, printed |
| Contents code, CC : | Ph. D. thesis |
| Author, AU : | MSc Magdolna Pál |
| Mentor, MN : | Prof. PhD Dragoljub Novaković |
| Title, TI : | Development of a model for objective control of surface damages on coated papers in the folding process |
| Language of text, LT : | Serbian |
| Language of abstract, LA : | Serbian |
| Country of publication, CP : | Republic of Serbia |
| Locality of publication, LP : | A.P. Vojvodina |
| Publication year, PY : | 2014. |
| Publisher, PB : | Author's reprint |
| Publication place, PP : | Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6 |
| Physical description, PD : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small> | 11/281/143/110/96/4 |
| Scientific field, SF : | Graphic engineering and design |
| Scientific discipline, SD : | Graphic engineering and design |
| Subject/Key words, S/KW : | Coated papers, folding, surface cracking and damage, visual control, digital image processing |
| UC | |
| Holding data, HD : | The library of FTS, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6 |
| Note, N : | |
| Abstract, AB : | The research presented in this dissertation resulted in development of the objective quality control model for fold cracking resistance of coated papers. Based on the analysis of chosen control process parameters, three different features of the digitalised coated paper samples were proposed for describing and classifying surface damages. The results of the proposed features along with their correlation analysis contribute to their usage in objective process quality control of coated papers in the folding process. |
| Accepted by the Scientific Board on, ASB : | |
| Defended on, DE : | |
| Defended Board, DB : | President: Dragiša Vilotić, Ph. D., full professor |
| Member: | Miroslav Gojo, Ph. D., full professor |
| Member: | Branko Milosavljević, Ph. D., full professor |
| Member: | Igor Karlović, Ph. D., assistant professor |
| Member, Mentor: | Dragoljub Novaković, Ph. D., full professor |
| | Mentor's sign |

IZJAVA

Ja, Magdolna Pal (broj indeksa 54) izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da ova doktorska disertacija predstavlja isključivo rezultate mog rada u saradnji sa mentorom, da se temelji na mojim naučno-stručnim saznanjima i istraživanjima i da se oslanja na popisanu i navedenu literaturu.

Izjavljujem da nijedan deo ove doktorske disertacije nije napisan na nedozvoljen i neetičan način, preuzimanjem ili prepisivanjem iz bilo kojeg necitiranog rada, tuđih dela ili rezultata, koji bi bio u suprotnosti sa akademskom moralnošću.

Autorska prava svih rezultata i elemenata koji su dobijeni u doktorskoj disertaciji pripadaju Departmanu za grafičko inženjerstvo i dizajn odnosno Fakulteta tehničkih nauka kao pravnog lica.

Potpis kandidata

Spisak slika

| | |
|---|----|
| Slika 1.1 - Tipični primeri premaznog papira veće gramature sa površinskim oštećenjima premaza (a), odnosno oštećenja i premaza i baznog papira (b) prilikom savijanja | 16 |
| Slika 2.1 – Poprečni preseki jednostrukog, dvostrukog i trostrukog premaznog papira..... | 21 |
| Slika 2.2 – Uticaj količine punila na osobine papira..... | 22 |
| Slika 2.3 – Procentualni udeo korišćenih pigmenata u proizvodnji premaznih papira (Holik, 2013) . | 23 |
| Slika 2.4 – Poprečni presek premaznog papira dobijenog pomoću rakel noža (a) i vazdušne četke (b) | 25 |
| Slika 2.5 – Principi savijanja materijala levkom (a), klapnama (b), džepom (c) i nožem (d) | 27 |
| Slika 2.6 – Osnovna geometrija određivanja deformacija pri savijanju | 27 |
| Slika 2.7 – Osnovna geometrija savijanja papira | 28 |
| Slika 2.8 – Kompozitna struktura premaznog papira za modeliranje ponašanja pri savijanju | 29 |
| Slika 2.9 – Primer modela savijenog premaznog papira sa obeleženim veličinama deformacija (a) i realnog uzorka sa vidljivim oštećenjima u premaznom sloju (b)..... | 30 |
| Slika 2.10 – Poprečni presek premaznog papira sa raslojenim baznim papirom (a) odnosno nepremaznog papira sa više, izvijenim slojeva papira (b) | 31 |
| Slika 2.11 – Proces formiranja žljeba (a) sa inicijalnom delaminacijom (b) i konačnom delaminacijom karton u predelu prevoja (c) | 31 |
| Slika 2.12 – Simetričan položaj neutralne površine pri savijanju (a), odnosno pomerena površina ka spoljašnjim (b) i ka unutrašnjim (c) slojevima materijala - papira | 32 |
| Slika 2.13 – Formirane linije prekida materijala usled savijanja premaznog papira sa premazom od 100% prirodnom kalcijum karbonatom (a) i kaolinom (b) | 33 |
| Slika 2.14 – Šematski prikaz toka određivanja količine oštećenja površine premaza papira..... | 42 |
| Slika 2.15 – Primeri različitih epruveta za vizuelnu analizu u laboratoriji UPM-a (a) i SAPPI-a (b) ... | 42 |
| Slika 5.1 – Šematski prikaz primene računarskih i programskih resursa u in-line sistemu procesne kontrolne | 55 |
| Slika 5.2 – Šematski prikaz odvijanja toka eksperimenta..... | 57 |
| Slika 5.3 – Primeri definisanih uglova postavljanja uzoraka pri digitalizaciji | 61 |
| Slika 5.4 – Princip stvaranja X-zraka pri EDS analizi (a) i primer spektra EDS analize..... | 62 |
| Slika 5.5 – Izgled greške prekida papira nakon savijanja u rotacionoj štampi | 64 |
| Slika 5.6 - Koraci odvijanja procesa određivanja zaostale zatezne čvrstoće nakon savijanja..... | 65 |
| Slika 5.7 – Šematski prikaz mehanizma stvaranja površinskog oštećenja prilikom savijanja grede (a) i poprečnog preseka uzorka pri određivanju otpornosti prema prskanju po Mullen-u | 66 |
| Slika 5.8 – Šema algoritma za pripremnu obradu i analizu destrukcije površine premaznih papira .. | 69 |
| Slika 5.9 – Primer originalne slike u boji (a) i izdvojenog crvenog kanala (b) | 70 |
| Slika 5.10 – Primeri jednostruko (a) i višestruko (b) digitalizovanih uzoraka sa odgovarajućim histogramima slike sivih tonova (c-jednostruko, d-višestruki) | 71 |
| Slika 5.11 – Detalj originalne slike (a) i rezultata segmentacije pomoću Kapur (b), Kittler (c), Otsu (d), Thai (e) i Rosin (f) metodama | 72 |
| Slika 5.12 – Izgled koso postavljenog uzorka pri digitalizaciji (a) i segmentirane slike nakon primene Hough-ove transformacije sa detektovanom linijom prevoja (b)..... | 73 |
| Slika 5.13 – Izgled koso postavljenog uzorka pri digitalizaciji (a) i segmentirane slike nakon primene Hough-ove transformacije sa detektovanom linijom prevoja (b)..... | 74 |
| Slika 5.14 – Tipičan spektar EDS analize premaza odabranih papira | 79 |

| | |
|--|-----|
| Slika 5.15 – Izgled mašine za savijanje Horizon AFC 544 AKT (a) i princip odvijanja procesa savijanja za potrebe istraživanja (b)..... | 81 |
| Slika 5.16 – Skener Canon CanoScan 5600 f (a) i način postavljanja uzoraka za skeniranje (b)..... | 82 |
| Slika 5.17 – Digitalni fotoapararat Canon EOS 550D (a) i način postavljanja uzoraka za fotografisanje (b) | 84 |
| Slika 5.18 – Optički mikroskop Olympus BX – 51 (a) i način pripreme uzoraka za snimanje (b) | 86 |
| Slika 6.1 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi pri različitom geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima)..... | 91 |
| Slika 6.2 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi pri različitom geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima)..... | 92 |
| Slika 6.3 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za poprečno savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 4800 spi pri različitom geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima) | 93 |
| Slika 6.4 – Grafički prikaz uporedne analize uticaja rezolucije skeniranja na rezultate procenata belih piksela po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m ² - a,b; 115 g/m ² - c, d; 130 g/m ² - e, f; 150 g/m ² - g, h; 170 g/m ² – i, j)..... | 95 |
| Slika 6.5 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi | 96 |
| Slika 6.6 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi i različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka..... | 98 |
| Slika 6.7 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za poprečno savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi i različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka | 100 |
| Slika 6.8 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 4800 spi i sa različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka..... | 101 |
| Slika 6.9 – Grafički prikaz uticaja rezolucije skeniranja na rezultate odnosa obima i površine oštećenja po smerovima savijanja (paralelni uzorci - a, c, e, g, i; poprečni uzorci - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m ² - a, b; 115 g/m ² - c, d; 130 g/m ² - e, f; 150 g/m ² - g, h; 170 g/m ² - i, j) | 102 |
| Slika 6.10 – Prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi | 103 |
| Slika 6.11 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi | 104 |
| Slika 6.12 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 4800 spi | 105 |
| Slika 6.13 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi i sa različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka..... | 107 |
| Slika 6.14 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi i sa različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka | 108 |
| Slika 6.15 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 4800 spi i sa različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka | 109 |

| | |
|---|-----|
| Slika 6.16 – Grafički prikaz uticaja rezolucije skeniranja na rezultate distribucije oštećenja po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m ² - a, b; 115 g/m ² - c, d; 130 g/m ² - e, f; 150 g/m ² - g, h; 170 g/m ² - i, j)..... | 111 |
| Slika 6.17 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi | 112 |
| Slika 6.18 – Grafički prikaz rezultata procenata belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm sa različitim uglovima postavljanja uzoraka..... | 115 |
| Slika 6.19 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm sa različitom geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima)..... | 117 |
| Slika 6.20 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm sa različitom geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima)..... | 118 |
| Slika 6.21 – Grafički prikaz uticaja udaljenosti fotografisanja na rezultate procenata belih piksela po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m ² - a, b; 115 g/m ² - c, d; 130 g/m ² - e, f; 150 g/m ² - g, h; 170 g/m ² - i, j)..... | 120 |
| Slika 6.22 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm..... | 121 |
| Slika 6.23 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm..... | 122 |
| Slika 6.24 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm..... | 123 |
| Slika 6.25 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja uzoraka | 124 |
| Slika 6.26 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja uzoraka | 126 |
| Slika 6.27 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja uzoraka | 127 |
| Slika 6.28 – Grafički prikaz uticaja udaljenosti fotografisanja na rezultate odnosa obima i površine po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m ² - a, b; 115 g/m ² - c, d; 130 g/m ² - e, f; 150 g/m ² - g, h; 170 g/m ² - i, j) | 128 |
| Slika 6.29 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm..... | 130 |
| Slika 6.30 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm..... | 131 |
| Slika 6.31 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm..... | 132 |
| Slika 6.32 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm i sa različitom geometrijom postavljanja | 133 |

| | |
|--|-----|
| Slika 6.33 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm i sa različitom geometrijom postavljanja | 135 |
| Slika 6.34 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm i sa različitom geometrijom postavljanja | 136 |
| Slika 6.35 – Grafički prikaz uticaja rezolucije skeniranja na rezultate distribucije oštećenja po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m ² - a, b; 115 g/m ² - c, d; 130 g/m ² - e, f; 150 g/m ² - g, h; 170 g/m ² - i, j)..... | 137 |
| Slika 6.36 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm..... | 139 |
| Slika 6.37 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm..... | 140 |
| Slika 6.38 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12cm..... | 141 |
| Slika 6.39 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa..... | 142 |
| Slika 6.40 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa..... | 144 |
| Slika 6.41 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa..... | 146 |
| Slika 6.42 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa..... | 147 |
| Slika 6.43 – Grafički prikaz rezultata gramature ispitanih papira | 149 |
| Slika 6.44 – Grafički prikaz rezultata debljine ispitanih papira | 149 |
| Slika 6.45 – Grafički prikaz rezultata sadržaja pepela ispitanih papira | 150 |
| Slika 6.46 – Grafički prikaz rezultata hrapavosti površine ispitanih papira | 151 |
| Slika 6.47 – Grafički prikaz rezultata zatezne čvrstoće ispitanih papira..... | 152 |
| Slika 6.48 – Grafički prikaz rezultata izduženja pri kidanju..... | 152 |
| Slika 6.49 – Grafički prikaz rezultata indeksa zatezanja ispitanih papira | 153 |
| Slika 6.50 – Zaostala zatezna čvrstoća ispitanih papira..... | 153 |
| Slika 6.51 – Grafički prikaz rezultata veličine deformacije pri prskanju po Mullen-u..... | 155 |
| Slika 6.52 – Rezultati otpornosti na prskanje epruveta sa i bez savijanja | 156 |
| Slika 6.53 – Primer dijagrama rasturanja za procenat belih piksela i zaostale zatezne čvrstoće | 159 |
| Slika 7.1 – Uporedni prikaz detektovanih oštećenja na uzorcima paralelno savijenih papira sa gramaturama od 90 g/m ² (a), 115 g/m ² (b), 130 g/m ² (c), 150 g/m ² (d) i 170 g/m ² (e)..... | 164 |
| Slika 7.2 – Tipični primeri detektovanih oštećenja na uzorcima paralelno (a) i poprečno (b) savijenih papira gramature 130 g/m ² | 164 |
| Slika 7.3 – Uporedni prikaz detektovanih oštećenja paralelno savijenih uzoraka gramature 90 g/m ² skerinarnih sa rezolucijom 1200 spi (a), 2400 spi (b) i 4800 spi (c) | 165 |
| Slika 7.4 – Uporedni prikaz poprečno savijenih uzoraka gramature 90 g/m ² skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi sa unutrašnjim uglovima postavljanja od 15° (a), 45° (b) i 180° (c) | 166 |
| Slika 7.5 – Uporedni prikaz paralelno savijenih uzoraka gramature 90 g/m ² fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm (a), 21 cm (b) i 12 cm (c)..... | 167 |

| | |
|--|-----|
| Slika 7.6 – Uporedni prikaz poprečno savijenih uzoraka gramature 90 g/m ² fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm sa unutrašnjim uglovima postavljanja od 15° (a), 45° (b) i 180° (c) . | 168 |
| Slika 7.7 – Uporedni prikaz paralelno savijenih uzoraka papira 90 g/m ² sa unutrašnjim uglovima postavljanja od 90° (a) i 180° (b) kao i poprečno savijenih papira gramature 130 g/m ² sa unutrašnjim uglovima postavljanja od 90° (c) i 180° (d)..... | 169 |
| Slika 7.8 – Karakteristični primeri obima detektovanih oštećenja na paralelno i poprečno savijenim uzorcima gramature 90 g/m ² (a i d), 130 g/m ² (b i e) i 170 g/m ² (c i f)..... | 171 |
| Slika 7.9 – Uporedni prikaz obima detektovanih površina paralelno savijenih uzoraka gramature 130 g/m ² skerinaranih sa rezolucijom 1200 spi (a), 2400 spi (b) i 4800 spi (c) | 172 |

Spisak tabela

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 – Najvažnije karakteristike glavnih pigmenata premaza | 24 |
| Tabela 5.1 – Ispitane osnovne karakteristike i odgovarajući standardi | 61 |
| Tabela 5.2 – Osnovne karakteristike papira za umetničku štampu Simbol Freelifa Gloss..... | 79 |
| Tabela 5.3 – Prosečni maseni i atomski udeo (%) u analizi sastava premaza ispitanih papira..... | 79 |
| Tabela 5.4 – Osnovne tehničke karakteristike mašine za štampu KBA Rapida 75 | 80 |
| Tabela 5.5 – Osnovne tehničke karakteristike mašine za savijanje Horizon AFC 544 AKT | 81 |
| Tabela 5.6 – Tehničke karakteristike ravnog skenera Canon CanoScan 5600 f..... | 83 |
| Tabela 5.7 – Osnovni parametri skeniranih uzoraka | 83 |
| Tabela 5.8 – Tehničke karakteristike digitalnog fotoaparata Canon EOS 550D..... | 85 |
| Tabela 5.9 – Osnovni parametri fotografisanja uzoraka..... | 85 |
| Tabela 5.10 – Tehničke karakteristike optičkog mikroskopa Olympus BX - 51 | 86 |
| Tabela 5.11 – Osnovni parametri snimljenih digitalnih uzoraka | 86 |

Rezime

Premazni papiri imaju vrlo široku primenu u gafičkoj industriji zahvaljujući pre svega izvanrednoj reprodukciji originala, međutim oni ispoljavaju i izražen stepen destrukcije površinskih slojeva prilikom savijanja. Greške u obliku oštećenja premaza i baznog papira, nastale usled prekomernog opterećenja na istezanje spoljašnjih slojeva materijala u procesu savijanja mogu biti estetskog karaktera ali isto tako mogu ugroziti i samu upotrebu gotovih proizvoda. S obzirom na to da savijanje predstavlja jednu od najčešće korišćenih obradnih operacija grafičke proizvodnje i tako greške nastale usled te operacije predstavlja značajan ekonomski i ekološki teret, poboljšavanje otpornosti premaznih papira prema površinskim oštećenjima postalo je aktuelna oblast istraživanja. Pored uobičajnih ispitivanja mehaničkih karakteristika premaznih papira, u poslednjih nekoliko godina se pojavila i računarski potpomognuta kontrola. Data metoda sa digitalizovanih materijalnih uzoraka formira objektivnu procenu količine oštećenja premaznih papira putem softverske analize. Pozitivne odlike metode su očigledne, međutim uočeni su značajni nedostaci u pogledu primene date metode i upotrebi parametra za procenu oštećenosti površine.

Istraživanja sprovedena u okviru disertacije imaju za cilj unapređenje kontrole kvaliteta premaznih papira u smislu uniformisanja procesnih parametara pri izvođenju kontrole kvaliteta, odnosno uvođenja novih, strukturnih parametara ili obeležja opisa površine oštećenja uz jasno definisane korake obrade i analize digitalnih slika.

Određen je osnovni set parametara izrade materijalnih uzoraka, digitalizacije istih, zatim i uticajni i kontrolni parametri od značaja za istraživanje. Postavljeni su zahtevi prema algoritmu za pripremnu obradu i analizu destrukcije posmatrane površine, odnosno definisana su obeležja digitalnih slika za procenu otpornosti premaznih papira ka površinskoj destrukciji pri savijanju (procenat belih piksela, odnos obima i površine oštećenja, distribucija oštećenja). Instrumentalnim istraživanjem su utvrđene sve relevantne karakteristike korišćenih materijala kao i referentni rezultati opisa oštećenja pomoću mehaničkih karakteristika premaznih papira. Analiza podobnosti upotrebe varijabilnih parametara pripreme uzoraka, digitalizacije kao i predloženih obeležja je izvršena pomoću uporedne analize rezultata objektivne vizuelne kontrole i referentnih merenja.

Rezultati referentnih metoda određivanja otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju, kao i kontrolni parametri pripreme uzoraka su ukazali da razvijeni algoritam ispunjava postavljene zahteve i da predložena obeležja digitalizovanih uzoraka verno opisuju nastala oštećenja. Nijedan ispitani uticajni parametar pripremnih operacija digitalizacije uzoraka (rezolucija, ugao, metod digitalizacije) se ne izdvaja sa superiornim prednostima u svakom pogledu, tako da nije bilo moguće formirati set preporučenih podešavanja jedinstvene primene. Saznanja o njihovom uticaju na konačne rezultate definisanih obeležja dobijena istraživanjem će doprineti unapređenju kontrole uniformisanjem parametara pripreme uzoraka i procesa digitalizacije po oblastima implementacije. Dobijeni rezultati predloženih obeležja, kao i korelacione analize omogućuju primenu tih obeležja u funkciji kontrole kvaliteta kao osnove razvoja objektivne procesne kontrole premaznih papira u procesu savijanja.

Abstract

Coated papers are widely used in the graphic industry mostly because of their outstanding reproduction quality, but they also show a significant rate of surface destruction during the folding process. Damages of the coating layer and base paper caused by high tensile stresses on the outer side of the folding line can lead to decreased aesthetic appearance or even to complete loss of product functionality. Since the folding process is one of the most commonly used operations in the graphical production and the damages during this process can have significant economical and environmental effects, the improvement of the fold cracking resistance of coated papers has become a significant field of research. Along the usually employed measurements of the mechanical characteristics of coated papers, in the last couple of years the computer aided quality control gained ground. This method derives an objective assessment of surface damages by running a software analysis on digitalized samples. Although, the positive features of this method are obvious, significant deficiencies are noticed in its application as well as in the used parameters for the quality assessment.

Research conducted in this thesis aims to improve the objective quality control of coated papers by means of uniformisation of the quality control process and also by introducing new, structural features extracted from the digitalized samples along with their definition.

Determination of basic parameters for specimen preparation and digitalisation process was done along with the determination of the variable and control parameters relevant for the investigation. The algorithm requirements for the pre-processing and image analysis methods were defined and features of digitalised samples were proposed for the fold cracking resistance assessment (i.e. white pixel percentage, perimeter-surface ratio and distribution of damages). All relevant characteristics of the selected coated paper samples were determined by instrumental measurements and the referent mechanical measurements used for surface damage evaluation were also done. The analysis of applicability of variable parameters of sample preparation, digitalization as well as the proposed features is conducted by comparative analysis of objective visual assessment and referent measurements.

Results of the referent measurements of the fold crack resistance along with control parameters of sample preparation indicated that the developed algorithm fulfills the set requirements and the proposed features of digitalised samples faithfully describe the analysed surface damages. None of the sample preparation and digitalisation parameters show superior performances at all points, therefore a single set of best parameters for unique implementation cannot be proposed. The acquired knowledge of their influence on the final results of proposed features derived from investigation contributes to the quality control improvement by uniformisation of sample preparation and digitalisation process on different fields of implementation. The obtained results of the proposed features along with their correlation analysis contribute to their usage in objective process quality control of coated papers in the folding process.

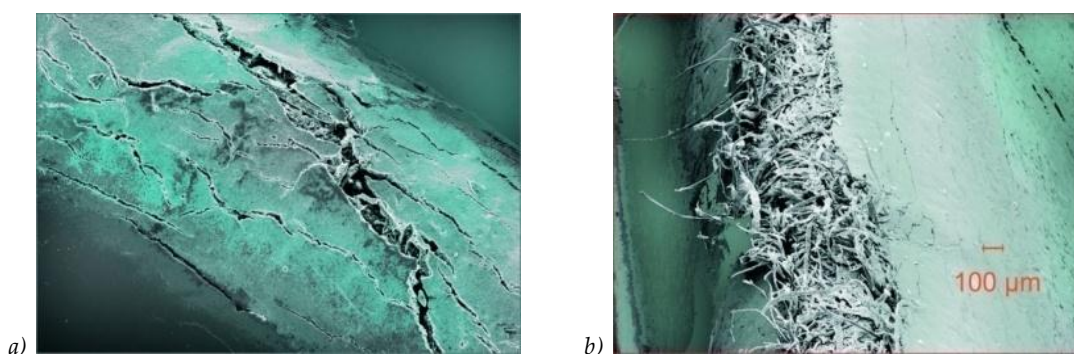
Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 16 |
| 1.1. Pregled sadržaja disertacije..... | 18 |
| 2. Aktuelno stanje u oblasti istraživanja..... | 19 |
| 2.1. Premazni papiri..... | 19 |
| 2.1.1. Bazni papir..... | 21 |
| 2.1.2. Premazi..... | 22 |
| 2.1.3. Proces premazivanja papira..... | 25 |
| 2.1.4. Savijanje premaznog papira..... | 26 |
| 2.1.5. Otpornost premaznih papira prema površinskom oštećenju..... | 34 |
| 2.1.6. Metode ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja..... | 41 |
| 2.2. Softverska obrada slike..... | 45 |
| 2.2.1. Digitalna slika..... | 45 |
| 2.2.2. Digitalna obrada slike..... | 48 |
| 2.2.3. Primena digitalne obrade slike..... | 49 |
| 3. Predmet i cilj istraživanja..... | 51 |
| 3.1. Način rešavanja postavljenog zadatka..... | 52 |
| 3.2. Očekivani rezultati i njihov značaj..... | 53 |
| 4. Hipoteza istraživanja..... | 54 |
| 5. Metodologija istraživanja..... | 55 |
| 5.1. Plan rada i metode istraživanja..... | 56 |
| 5.1.1. Predefinisani i varijabilni parametri izvođenja eksperimenta..... | 57 |
| 5.1.2. Metode ispitivanja osnovnih karakteristika premaznih papira..... | 61 |
| 5.1.3. Metode ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja..... | 63 |
| 5.1.4. Objektivna vizuelna metoda..... | 67 |
| 5.1.5. Obrada rezultata i statističke metode..... | 78 |
| 5.2. Uređaji, materijali i softverski alati..... | 78 |
| 5.2.1. Karakteristike korišćenih materijala..... | 78 |
| 5.2.2. Karakteristike korišćenih uređaja i pribora..... | 80 |
| 5.2.3. Karakteristike korišćenih softverskih alata za analizu..... | 88 |
| 6. Rezultati istraživanja..... | 89 |
| 6.1. Rezultati kvantitativne i kvalitativne analize detektovanih oštećenja nastalih na premaznim papirima u procesu savijanja..... | 89 |

| | |
|---|-----|
| 6.1.1. Rezultati skeniranih uzoraka | 89 |
| 6.1.2. Rezultati fotografisanih uzoraka | 114 |
| 6.1.3. Rezultati uzoraka digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa | 141 |
| 6.2. Rezultati otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja pri savijanju | 148 |
| 6.2.1. Pregled rezultata osnovnih karakteristika premaznih papira | 148 |
| 6.2.2. Rezultati zaostale zatezne čvrstoće | 153 |
| 6.2.3. Rezultati ispitivanja otpornosti prema prskanju – određivanje veličine deformacije | 155 |
| 6.2.4. Rezultati otpornosti prema prskanju savijenih papira | 156 |
| 6.3. Uporedna analiza rezultata referentnih metoda ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja i predloženih obeležja objektivne metode | 158 |
| 6.3.1. Skenirani uzorci | 159 |
| 6.3.2. Fotografisani uzorci | 160 |
| 6.3.3. Mikroskopski snimci | 161 |
| 7. Diskusija | 163 |
| 7.1. Procenat belih piksela | 163 |
| 7.2. Odnos obima i površine oštećenja | 170 |
| 7.3. Distribucija oštećenja | 173 |
| 8. Zaključci | 176 |
| 9. Naučni doprinos istraživanja i mogućnosti primene u praksi | 180 |
| 10. Literatura | 181 |
| 11. Prilozi | 191 |

1. Uvod

Premazni papiri predstavljaju grupu proizvoda papirne industrije, čija je površina oplemenjena premazom s jedne ili obe strane. Primena premaznih papira u velikoj meri zavisi od količine premaza, pa tako papiri sa manjim nanosom premaza uglavnom se primenjuju za izradu skromnijih revijalnih izdanja, reklamnih brošura, letaka, dok papiri sa većim nanosom se upotrebljavaju pri izradi visokokvalitetnih grafičkih proizvoda, kao što su ilustrovane knjige, kalendari, časopisi, etikete i slično. Zajednička osobina svih premaznih papira jeste mogućnost postizanja visokog kvaliteta štampe sa izvanrednim reprodukcijama originala bilo da je reč o konvencionalnim ili digitalnim tehnikama štampe. Pored visokokvalitetne štampe i niza drugih pozitivnih odlika premaznih papira (mogućnost površinskog oplemenjivanja putem lakiranja, oslojavanje filmovima ili folijama, itd.) premazni papiri imaju i nedostatke i to pre svega u području završne grafičke obrade, tj. u fazi prerade i oblikovanja papira u gotove grafičke proizvode. Nedostaci, kao problemi prilikom obrade materijala se javljaju u operacijama rezanja, lepljenja, šivenja i drugih oblika povezivanja, međutim ti nedostaci u većini slučajeva ne utiču na vizuelni izgled konačnog proizvoda. Za razliku od spomenutih operacija, gde se papir kao materijal za obradu opterećuje ravnomerno, savijanje predstavlja operaciju preoblikovanja materijala gde se javljaju različita opterećenja: spoljašnji slojevi su opterećeni na zatezanje, dok unutrašnji slojevi na pritisak. Usled tih opterećenja premazni papiri ispoljavaju izražen stepen destrukcije površinskih slojeva prilikom savijanja. Površinska oštećenja se javljaju u obliku prekida materijala (premaznog sloja ili/i osnovnog papira) zbog povišenog opterećenja na zatezanje i kao rezultat po liniji savijanja se pojavljuju razna oštećenja premaza i baznog papira (Slika 1a i b) (Fogra, 2014).



Slika 1.1 - Tipični primeri premaznog papira veće gramature sa površinskim oštećenjima premaza (a), odnosno oštećenja i premaza i baznog papira (b) prilikom savijanja (Fogra, 2014)

Reklamacije povodom takvih oštećenja su najznačajnije u domenu rotacione ofset štampe sa heat-set bojama, međutim ekonomski aspekti takvih grešaka u tabačnoj ofset štampi predstavljaju količinski isto značajne gubitke (Metz, 2010).

Oštećenja su izraženija ukoliko se radi o papiru veće gramature, samim tim i veće debljine, jer su tada veće i sile zatezanja na spoljašnjoj strani prevoja papira. Često kao prevencija od površinske destrukcije, primenjuje se operacija formiranja ili utiskivanja žljeba, jedna od

najraspostranjenijih operacija pre-definisanja mesta savijanja. Formiranjem žljeba se mogu ublažiti negativni efekti savijanja, a ne i potpuno eliminisati.

Kako je savijanje jedna od osnovnih operacija završne grafičke obrade i kao takva, nezaobilazna u izradi većine grafičkih proizvoda, proizvođači papira neprekidno rade na poboljšanju mehaničkih karakteristika premaznih papira, kako bi što više smanjili površinska oštećenja. U razvojnom procesu novih premaza proizvođači papira se većim delom služe kvantitativnim metodama putem objektivnih ispitivanja mehaničkih karakteristika papira ili samog premaza (npr. zaostala zatezna čvrstoća, otpornost na savijanje i slično). Sa pomenutim metodama je omogućeno egzaktno upoređivanje kvaliteta premaza različitih sastava što obezbeđuje podlogu za objektivnu evaulaciju mere oštećenja površine premaznih papira. Prednost je u objektivnosti i ponovljivosti ovih metoda, koje opravdavaju primenu tih dugotrajnih ispitivanja. Pored tih metoda, za bolje razumevanje mehanizma procesa savijanja papira odnosno destrukcije površine premaza u toku savijanja često se primenjuju metode vizuelnih analiza pomoću različitih optičkih sistema i pri različitim uvećanjima. Putem tih metoda moguće je dobiti kvalitativne informacije o samom procesu odvijanja oštećenja kao i o strukturi oštećene površine. Ključna stvar kod ovih metoda jeste da sama analiza predstavlja kvalitativni opis posmatranih površina. Metode opisnih evaulacija kvaliteta i ocenjivanja pomoću referentnih površina su takođe poznate, mada su one prevashodno rasprostranjene pri obradi papira (pri savijanju) u industrijskim uslovima. Prednost vizuelne kontrole se ogleda u brzini izvođenja, ali zbog nedostatka objektivnih merila, ne-ponovljivosti, odnosno subjektivnosti posmatrača, vizuelna kontrola nije bila podesna za egzaktno definisanje proizvodnih i obradnih parametara sve dok se nisu počeli primenjivati računarski i programski sistemi i u ovoj oblasti. Digitalizacijom materijalnih uzoraka savijenih papira i analizom dobijenih slika otvorile su se nove mogućnosti primene vizuelne kontrole i sa tim je započeto premošćavanje problema subjektivnosti ljudske vizuelne kontrole.

Upotreba računara i programskih alata za digitalnu obradu slike pri analizi i proceni otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju u procesu savijanja započeta je sa jednom, vrlo intuitivnom kvantitativnom merom: merom oštećenja površine premaza. U dostupnoj literaturi postoji više različitih opisa ove metode objektivne procene otpornosti premaza prema površinskom oštećenju sa definisanjem načina pripreme epruvete, digitalizacije iste odnosno matematičke osnove za proračun vrednosti mere oštećenja površine premaza. Iako opisane metode se međusobno razlikuju u operacijama pripreme, digitalizacije i evaulacije, one ipak dele zajedničku suštinsku osnovu: epruvete pre savijanja se odštampaju nekom tamnijom bojom kako bi nakon savijanja oštećenja bila uočljiva i registrovana u obliku belih površina. Količine tih belih površina zatim se predstavljaju jednom vrednošću - procentom oštećenja, tj. odnosom površine oštećenja u odnosu na celu sliku, tj. posmatranu površinu.

Prednosti spomenute metode su više nego očigledne i sa velikom dozom sigurnosti se može pretpostaviti da će zauzeti (ako već i nije zauzela) važno mesto u razvojnom i proizvodnom procesu industrije papira, ali ipak ovoj metodi se mogu pripisati tri osnovna nedostatka. Prvi nedostatak je nepostojeća uniformna primena metode, odnosno standardizacije iste. U literaturi se susreću opisi metode sa različitim instrukcijama za pripremu uzoraka papira, digitalizacije istih, ali takođe se varira predmet i veličina

površine posmatranja. Kao drugi nedostatak se izdvaja primena samo jednog parametara za okarakterisanje oštećenosti površine. Iako postoji mogućnost za definisanje dodatnih strukturnih parametara posmatrane površine oštećenja premaznog sloja papira se opisuje samo jednim parametrom: površinom oštećenje premaza izraženim u procentima u odnosu kompletnu posmatranu sliku ili u mm² po definisanoj dužini ili površini. Treći nedostatak se ogleda u nedostatku informacija o primenjenim tehnikama digitalne pripreme i analize digitalizovane slike. Od primenjenih tehnika poboljšavanja slike kao i od algoritma segmentacije i definisanja površine od interesa u velikoj meri zavise rezultati oštećenja dobijenih sa digitalizovanih slika materijalnih uzoraka.

Automatski sistemi za analizu slike su već zauzeli svoja mesta skoro u svim granama proizvodne industrije, pa tako i u grafičkoj industriji i industriji papira, pa je za očekivati u skoroj budućnosti i unapređenje vizuelne kontrole kvaliteta premaza papira pomoću računarskih i programskih resursa i njena integracija u kontrolni i proizvodni proces.

1.1. Pregled sadržaja disertacije

Disertacija se može grubo podeliti u dve celine: teorijske osnovne i eksperimentalni deo. U prvoj celini su dati teorijski prilazi neophodni pri rešavanju problema istraživanja, dok u drugoj celini su prikazani rezultati eksperimentalnih istraživanja.

Nakon uvodnih razmatranja poglavlje aktuelnih istraživanja daje pregled literaturnih nalaza iz oblasti istraživanja, obuhvatajući osnovne pojmove vezanih za premazne papire, njihove karakteristike, specifičnosti procesa savijanja istih, uticajnih parametra kvaliteta savijanja kao i metode ispitivanja otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju u procesu savijanja. Pored pomenutih obrađena je i tematska oblast softverske obrade slike sa sažetim prikazom aktuelnih istraživanja vezanih za problematiku rada.

U delu definisanja predmeta rada i ciljeva istraživanja, odnosno načina rešavanja postavljenih zadataka su koncizno dati svi bitni elementi od značaja za izvođenja eksperimenta radi dobijanja relevantnih rezultata, koji čine podlogu za donošenje relevantnih zaključaka o hipotezi rada.

U drugoj celini disertacije je data metodologija istraživanja, odabir varijabilnih i predefinisanih parametara izvođenja eksperimenta, opis korišćenih metoda ispitivanja osnovnih karakteristika premaznih papira kao i ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja, a poseban akcenat je dat razvoju algoritma za objektivnu vizuelnu kontrolu kao i definisanju obeležja digitalnih uzoraka na osnovu kojih se vrši kvantitativna i kvalitativna analiza oštećenja premaznih papira u procesu savijanja. Dobijeni rezultati su predstavljeni u posebnom poglavlju, nakon čega sledi njihova analiza i diskusija. Na kraju disertacije pored formiranih neophodnih zaključaka dat i pregled naučnog doprinosa istraživanja kao i mogućnosti primene dobijenih rezultata u praksi.

2. Aktuelno stanje u oblasti istraživanja

Aktuelna istraživanja u predmetnoj oblasti se mogu podeliti na dve grupe. Prvu grupu čine istraživanja vezana za premazne papire i za njihovu kontrolu kvaliteta sa posebnim akcentom na ispitivanje otpornosti premaznih papira na prvršinska oštećenja u procesu savijanja. Druga grupa obuhvata literaturne izvore vezanih za primenu računarskih i programskih aplikacija u kontrolnim sistemima. Pregled aktuelnog stanja prati pomenutu podelu oblasti istraživanja.

2.1. Premazni papiri

Premazni papiri predstavljaju najveću grupu među podlogama za štampu u grafičkoj industriji. Imaju široku primenu zbog dobrih površinskih karakteristika koje su poboljšane u odnosu na nepremazne papire primenom raznih mineralnih i sintetičkih dodataka pri proizvodnji papira i doradi istih. Osnovni zadatak premazivanja je poboljšanje površinskog kvaliteta papira i kartona. Poboljšanja mogu biti usmerena ka optičkim osobinama, kao što su belina, sjaj i opacitet, zatim ka taktilnim osobinama u vidu glatkoće, a najznačajniji vid unapređenja kvaliteta premazivanjem se ogleda u poboljšanju štamparskih karakteristika i kvaliteta reprodukcije – otiska. Nanošenjem pigmentata (najčešće visoke beline) na bazni papir povećava se njegova belina, opacitet, tj. neprovidnost (*eng. shine through*), ujednačava se hrapava površina baznog papira što direktno utiče na konačnu glatkoću i sjaj površine iste. Premaznim slojem se smanjuje penetracija a time i razlivanje štamparske boje što ima pozitivan uticaj na oštrinu reprodukcije slike. Debljina nanosa je ujednačenija kod premaznih papira uz znatno manju potrošnju štamparske boje, upoređujući sa nepremaznim papirima. Mogućnosti primene premazivanja u svrhu postizanja specijalnih funkcija proizvoda su danas sve značajnije (Holik, 2013).

Ekonomski aspekti proizvodnje premaznih papira su postali veoma značajni, ako ne i najznačajniji. Mineralni pigmenti kao glavni sastojci premaze suspenzije, su mnogo jeftiniji u odnosu na celulozu i druge vlaknaste sirovine, pa je upotreba tih jeftinih mineralnim sirovina u što većoj količini umesto vlaknastih sirovina radi smanjenja troškova proizvodnje papira više nego poželjna, mada zahteva posebne metode optimizacije. Naime, iako mineralne sirovine u mnogim slučajevima poboljšaju ciljane karakteristike papira, prekomernom upotrebom se mogu javljati problemi u štampi i kod operacija završne grafičke obrade (Sixta, 2006; Andersson, 2008).

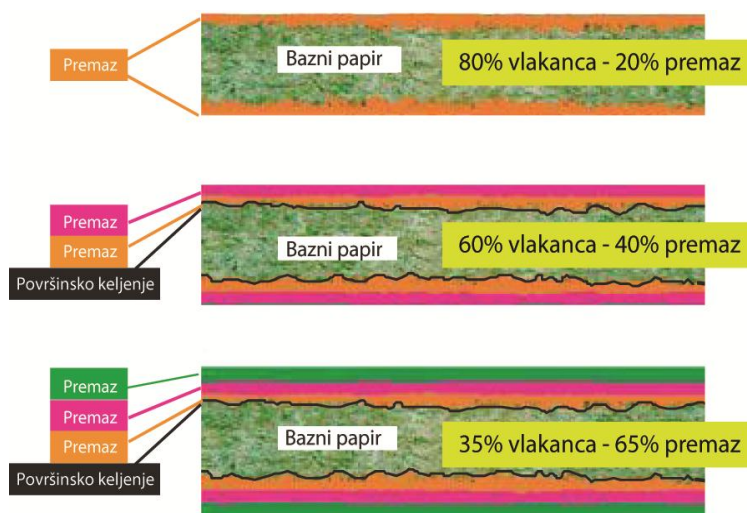
Trendovi razvoja premaznih papira uključuju dalja unapređenja same tehnologije premazivanja, u cilju dobijanja kvalitetnijih podloga za unapređene sistema grafičke industrije (štamparske mašine i mašine za obradu). Istraživanja su takođe usmerena ka rešavanju potencijalnih problema ekologije i zaštite životne sredine pri proizvodnji i upotrebi papira kao zbrinjavanju otpada od papira, koji predstavlja značajan izvor ne samo sekundarnih vlaknastih materijala već i mineralnih sirovina, što za sobom povlači potrebu i za unapređenje primene premazne suspenzije, kao i razvoj novih sirovina istih (Ek i drugi, 2009; Holik, 2013).

Premazni papiri čine posebnu grupu grafičkih papira sa bezdrvnim ili srednjefinim baznim papirom čija je površina oplemenjena sa jedne ili sa obe strane vodenom suspenzijom. Jednostrano premazani papiri (hromopapiri) prevashodno služe za izradu etiketa i omota za čokolade, dok obostrano premazni papiri su u upotrebi za visokokvalitetnu višebojnu ilustracionu štampu, tj. štampu umetničkih slika, višebojnih reprodukcija, knjiga, kataloga, prospekata i slično. Obostrano premazni papiri, poznati i kao papiri za umetničku štampu (*nem. Kunstdruck Papier*) predstavljaju grupu premaznih papira sa najvećom količinom premaza, jer po definiciji originalnog kunstdruk papira (*lat. Pro arte imprimendi*) težina premaza ne sme biti manja od jedne trećine ukupne težine gotovog premaznog papira (Perić, 2004).

Postoje različite podele premaznih papira u dostupnoj literaturi. Jedna od najsveobuhvatnijih podela se nalazi u (Holik, 2013) po kojem se premazni papiri mogu podeliti na osnovu sirovinskog sastava papira, pa tako postoje papiri sa sadržajem drvenjače, tj. srednjefini papiri (*WC, eng. wood-containing*) i bezdrvni papiri (*WF, eng. wood-free*), po gramaturi i količini premaza papira. Na osnovu tih karakteristika premazni papiri nose oznake po sledećem (Annus i drugi, 2003; Holik, 2013):

- ULWC (*eng. ultra light weight coated*) papiri su ultra lagano premazni, srednjefini, gramature 35-48 g/m² sa sadržajem premaza od 5-7 g/m²,
- FCO (*eng. film coated*) papiri su pigmentirani srednjefini papiri sa gramaturom od 45-65 g/m² i nanosom premaza od 5-10 g/m²,
- LWC (*eng. light weight coated*) papiri su lako premazani srednjefini papiri gramature od 35 g/m² do 80 g/m² i sadržajem premaza do 6-12 g/m²,
- MFC (*eng. machine finished coated*) papiri su mašinski premazani srednjefini ili bezdrvni papiri gramature 48-80 g/m² i sadržaja premaza od 5-15 g/m²,
- MWC (*eng. medium-weight coated*) papiri predstavljaju premazne srednjefine papire srednje težine sa količinom premaza 12- 25 g/m², gramature 70-120 g/m²,
- HWC (*eng. high-weight coated*) papiri su premazani srednjefini papiri velike mase, gramature 100-135 g/m² i količine premaza 25-35 g/m²,
- WFC (*eng. wood free coated*) papiri su bezdrvni premazni papiri, gramature 85-155 g/m² količine premaza od 25-35 g/m²,
- papiri za umetničku štampu (*eng. art paper, nem. Kunstdruck Papier*) imaju su bezdrvni bazni i nanos premaza od 20% do 40% i ukupnu gramaturu 100-230 g/m².

Premazne papire je moguće podeliti i na osnovu svojstva površine papira, pa tako postoje mat, polumat, sjajni i visokosjajni premazani papiri. Broj premaza i tehnike nanošenja tih premaza su se razvijali tokom vremena, pa danas su najviše u upotrebi papiri sa tri sloja premaza kada su u pitanju papiri visokog kvaliteta (HWC, WFC i papiri za umetničku štampu), dok papiri sa manjom količinom premaza se proizvode sa jednim (ULWC, FCO i LWC) ili dva sloja (MWC, HWC i WFC). Na slici 2.1 su dati poprečni preseki premaznih papira sa posebnim osvrtom na procentualni odnos vlaknastih materijala i mineralnih i drugih pigmenata (Annus i drugi, 2003; Holik, 2013).



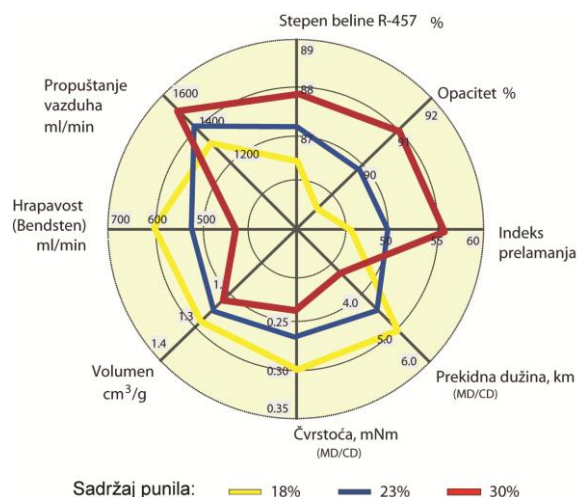
Slika 2.1 – Poprečni presezi jednostrukog, dvostrukog i trostrukog premaznog papira

2.1.1. Bazni papir

Za proizvodnju kvalitetnog premaznog papira neophodan je kvalitetan bazni ili osnovni papir. Osnovni papir za premazivanje se izrađuje kao bezdrvni, eventualno kao srednje fini, mašinski gladak, puno keljeni koji mora imati potpuno ravnu površinu, odnosno mora imati odgovarajuću mekoću da bi se mogao postići ravnomeran nanos premaznih sredstava sa visokovrednim pigmentima. Da bi se to sve postiglo, mora se koristiti adekvatna kombinacija kratkovlakanaste-lišćarske celuloze i dugovlakanaste-četinarske drvenjače sa visokim stepenom mlevenja i minimalnim procentom trski (Perić, 2004).

Bazni papiri moraju imati ravnomernu prozračnost, minimalno odstupanje u gramaturi, debljini i vlažnosti, na površini ne smeju imati otisnuta obeležja od sita ili filca (pogrešno je misliti da će se to pokriti sa premazom, jer premaz samo ističe vidljivost tih defekata). Kako su mehaničke osobine gotovog premaznog papira u najvećem delu uslovljene sa mehaničkim osobinama baznog papira, one su od posebnog značaja. Bazni papiri predviđeni za rotacionu štampu moraju imati gramaturu od 45-50 g/m², dok za višebojnu tabačnu ofset štampu oni se izrađuju gramaturama od 60 g/m² do 200 g/m². Baze za premazne kartone su gramature od 200 g/m² do 300 g/m² (Ek i drugi, 2009; Holik, 2013).

Uz bazne papire, moraju se pomenuti i punila, koja predstavljaju sastavni deo svakog papira, pa tako i baznih za proizvodnju premaznih papira. Punila povećavaju neprozirnost papira, zatvaraju površinu papira poboljšavajući time štamparske karakteristike, povećavaju stepen beline (svojom bojom), opacitet i voluminoznost papira, poboljšavaju dimenzionu stabilnost, pospešuju mekoću papira i snižavaju cenu proizvodnje. Dodavanjem punila smanjuju se mehaničke karakteristike, posebno čvrstoća papira. Čestice punila prekidaju neposrednu vezu vlakancaca prema vlakancu i to dovodi do smanjenje otpornosti papira na kidanje, savijanje i na cepanje. Naravno, ove osobine zavise i od upotrebljenog punila – ne utiču svi identično (Holik, 2013). Uticaj količine punila na neke značajne karakteristike papira je prikazan grafički na slici 2.2.



Slika 2.2 – Uticaj količine punila na osobine papira (Holik, 2013)

Punila, kao anorganske materije nisu zapaljiva, pa prilikom sagorevanja pri određivanju pepela, dobijena količina pepela se aproksimira i poistovećuje sa količinom punila u papiru (svega 1-2% sadržaja pepela može da potiče iz vlaknastih materijala ili pomoćnih materijala, hemikalija). Količina punila zavisi od tipa papira i njegove primene, pa tako može da varira od 3% do 30%. Primarni punioci su prirodni i istaloženi kalcijev karbonat, kaolin i u posebnim slučajevima talk (Perić, 2004; Sixta, 2006; Grönfors, 2010). Kako primarni punioci predstavljaju i primarne pigmente premaznog sloja, detaljnije o njima će biti reči u sledećem poglavlju.

2.1.2. Premazi

Premazna suspenzija papira ima nekoliko komponenata od kojih su najbitniji beli pigmenti (glina, kalcijum karbonat, talk, titan dioksid) i sredstva za vezivanje (skrob i lateks) s obzirom na njihovu količinu u samom premazu i cenu koštanja. Pored pomenutih, specifični dodaci su još od posebnog značaja jer pomoću njih se može uticati na razne proizvodne karakteristike premaza (sadržaj čvrste komponente u suspenziji, reologija, vezivanje vode, imobilizacija premazne suspenzije, itd.) kao i na fizičke i optičke karakteristike premaza (dispergatori, sredstva protiv penušanja, retencionna sredstva) (Perić, 2004; Holik, 2013).

Voda predstavlja osnovnu komponentu premazne suspenzije, omogućivši mešanje svih sastavnih komponenata premaza kao i ravnomerno raspoređivanje premaza u procesu nanošenja. Nakon isparavanja vode, premazni sloj se očvrstne i veziva formiraju adekvatnu čvrstu vezu između čestica pigmentata i baznog papira. Kako sadržaj vode direktno utiče na troškove proizvodnje zbog energetske potrošnje u operaciji sušenja, sadržaj čvrste komponente u premaznim suspenzijama treba da bude što veći i danas može da postigne čak i 70% (Holik, 2013).

2.1.2.1. Pigmenti premaza

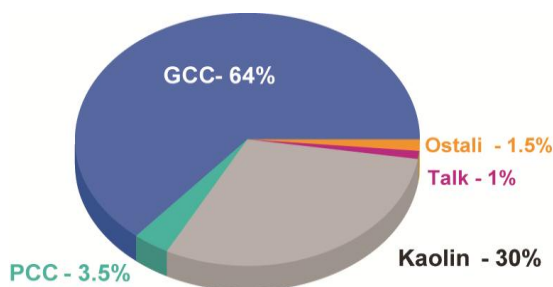
Pigmenti su glavne komponente premaza raznih papira i kartona, koji čine 80-95% težinskog sadržaja suve materije, odnosno 70-80% zapreminskog udela suve materije gotovog premaza. Najvažnije karakteristike pigmenata su veličina i distribucija veličine čestica, oblik i distribucija oblika čestica, indeks loma čestica, rasipanje i apsorpcija svetlosti na česticama, kao i gustoća ili zbijenost čestica u samom premazu. Osobine premazne suspenzije i gotovog premaza u velikoj meri zavise od ovih karakteristika pigmenata. Oblik i veličina čestica, odnosno distribucija veličine čestice su najznačajniji uticajni faktori procesa premazivanja, mada od oblika i raspodele čestice u premazu zavisi još i sušenje papira, poroznost i volumen iste, vezivanje i upijanje štamparske boje, čvrstoća, prašenje, hrapavost (glatkoća) površine premaza kao i sjaj (Chinga-Carrasco, 2002; Holik, 2013).

Pigmenti se mogu podeliti u tri grupe (Holik, 2013):

- glavni pigmenti: prirodno granulisan kalcijum karbonat (GCC – eng. *ground calcium carbonate*), kaolinska glina i taložen kalcijum karbonat (PCC – eng. *precipitated calcium carbonate*),
- specijalni pigmenti: talk, kalcijum sulfat, polimerni pigmenti i barium sulfat,
- dodatni pigmenti: kalcinirana glina, titan dioksid i aluminium trihidrat, itd.

Prema podacima za 2010. godinu, potrošnja mineralnih pigmenata u proizvodnji papira je iznosila 32 miliona tona. Nešto više od polovine te količine (tačnije 16.2 miliona tona) je upotrebljeno u procesima premazivanja, a procentualni udeo glavnih pigmenata kalcijum karbonata je najznačajniji (Slika 2.3). Najbitnije granulometrijske karakteristike glavnih pigmenata su prikazane u tabeli 2.1 (Holik, 2013).

Prirodno granulisan kalcijum karbonat predstavlja najznačajniji mineralni pigment u proizvodnji premaznih papira. Ima izuzetno visok stepen beline (87-95%) i sitnozrnastu strukturu (veličine ispod 2 μm i do 99% ukupne količine čestica). Takve granulometrijske osobine omogućavaju visok sadržaj čvrste komponente premazne suspenzije (i do 76%) što pozitivno utiče na energetska efikasnost proizvodnje, jer se postiže visoka radna brzina (1800 m/min) i smanjuje se potrošnja energije pri sušenju premaza (Perić, 2004; Grönfors, 2010; Vrkljan, 2010; Holik, 2013).



Slika 2.3 – Procentualni udeo korišćenih pigmenata u proizvodnji premaznih papira (Holik, 2013)

Taložni kalcijum karbonat predstavlja veštački, industrijski proizveden kalcijum karbonat (97% CaCO₃, 3% MgCO₃) koji se dobija hemijskim taloženjem ili precipitacijom iz rastvora pod definisanim uslovima. Takva proizvodnja pigmenta omogućava potpunu ili strogu kontrolu nad bitnim parametrima kao što su veličina čestice, distribucija veličine čestice i oblik. U poslednjim decenijama postaje sve značajnija sirovina industrije papira pre svega zbog visoke čistoće i homogenosti dobijenih čestica (Perić, 2004; Vrkljan, 2010; Holik, 2013).

Kaolin je zapravo bela glina ili drugom nazivom porcelanska zemlja (*China Clay*), a po hemijskom sastavu je aluminijev silikat. Kaolin je bele boje sa stepenom beline od 70 do 90%. Kvalitet kaolina uslovljen bojom (što je belji to je kvalitetniji) i granulacijom, veličinom zrnaca (što ravnomernije to bolje, ali najmanje 55% mora biti veličine 5-10 mikrona) i čistoćom (što manje primesa, to je kvalitetniji kaolin). Kaolin se upotrebljava i kao boja za premaz pri proizvodnji premaznih papira i kartona – svugde gde je bitno postići visoki sjaj (Perić, 2004; Conceicao i drugi, 2005; Grönfors, 2010; Holik, 2013).

Tabela 2.1 – Najvažnije karakteristike glavnih pigmenta premaza

| Osobina | GCC | Kaolin | PCC |
|--|-------------------|--|-------------------|
| Oblik | romb | ploča | romb, igličast |
| Hemijska formula | CaCO ₃ | Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O | CaCO ₃ |
| Indeks prelamanja | 1.56 | 1.56 | 1.59 |
| Stepen beline – R457 [%] | 87-95 | 80-92 | 92-97 |
| Površinska energija [J/cm ²] | 75-80 | 500-600 | 75-80 |
| Gustina [g/cm ³] | 2.7 | 2.6 | 2.7 |
| Veličina čestice [μm] | 0.3-5 | 0.3-5 | 0.1-1 |

2.1.2.2. Veziva premaza

Veziva predstavljaju drugu najvažniju komponentu premaza. Njihova osnovna funkcija je povezivanje komponente premaza sa baznim papirom, međusobno povezivanje komponenta premaza, kao i popunjavanje rupa u strukturi premaza, zatim pozitivan uticaj na viskoznost i na zadržavanje pigmenta premazne suspenzije u strukturi papira u toku proizvodnje. Postoje razna veziva prirodnog i veštačkog porekla. Od prirodnih najčešće se skrob upotrebljava, mada su proteini i celulozni derivati takođe poznati. Među najpoznatijih sintetičkih veziva su iz grupe sintetičkih kaučuka: stiren-butadijen (SB) kaučuk, stiren-akrilat (SA) kaučuk i polivinilacetat (PVAc) kaučuk (Holik, 2013).

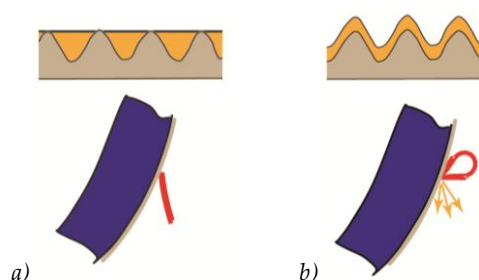
Skrob i njegovi derivati, su bili jedino korišćena veziva u ranim godinama proizvodnje premaznih papira. Danas su najviše upotrebljeni u kombinaciji sa dopunskim vezivima i modifikatorima premaza. Upoređujući sa ostalim vezivima, skrob i njegovi derivati su jeftiniji, pogotovo oni dobijeni od kukuruza ili krompira. Primenjuje se u praškastom obliku, inače se sastoji od malih granula. Iako se intenzivno razvijaju nova veziva, pre svega sintetička, skrob i dalje ima značajan udeo (od 33%) među upotrebljenim vezivima (podatak za 2010. godinu). Potreba za novim i efikasnijim materijalima pri velikim brzinama proizvodnje, pokrenula intenzivniji razvoj na sintetičkim vezivima. Pomoću tih novih veziva, postignute su visoke brzine rada (2000 m/min, a na pilot mašinama 3300 m/min) i to sa povećanim udelom čvrste komponente premazne suspenzije uz smanjenu

viskoznost. Od svih poznatih veziva, stiren-butadijenski kaučuk (koriti se i pod nazivom lateks) je jedan od najviše korišćenih danas u proizvodnji premaznih papira (udeo 54%). Stiren-butadijenski kaučuk je kopolimer stirena (25 do 30%) i butadijena. Dobija se emulzijskom polimerizacijom radikalskim mehanizmom, koji se odvija u micelama emulgatora uz dodatak odgovarajućeg inicijatora (Maurer, 2009; Holik, 2013).

2.1.3. Proces premazivanja papira

Mašinskim premazivanjem se dobijaju premazni papiri (LWC, ULWC, MFC itd.) za masovnu proizvodnju ilustrovanih časopisa i drugih višebojnih publikacija sa nižom količinom premaza (5-15 g/m²). Po kvalitetu (debljini i sjaju) zaostaju iza onih papira koji se premazuju na posebnim uređajima, ali zbog cene su više prisutni pri masovnoj primeni (Holik, 2013).

Premazivanje van papir mašine se vrši na tzv. premaznim mašinama. Postupke premazivanja prema tehničkoj izvedbi se mogu podeliti u direktne (debljina premaza se određuje nakon nanošenja) i indirektne postupke (debljina premaza se definiše pre nanošenja). Premazivanje valjcima spada u direktno premazivanje gde se suspenzija premazne boje se najpre ravnomerno raspoređuje u sistemu za razribavanje, zatim prolaskom papirne trake između cilindra sa gumenom oblogom i cilindra za pritisak nanosi se premaz u ravnomernom sloju. Premazivanje se vrši valjkom, koji distribuira premaz na površinu papira a pritiskom tog valjka (kroz penetracijski pritisak) se definiše količina premaza. Zbog nedostatka ove metode u pogledu mogućih komplikacija pri nanošenju premaza usled kojih se smanjuje homogenost sloja, umesto valjaka danas je sve više u upotrebi mlaznica za nanošenja premaza. Za konačno određivanje debljine premaza se mogu koristiti različiti elementi, kao što su čelični ili gumeni noževi, merne šipke ili pak vazdušne četke. U zavisnosti od primenjenog elementa, konačna premazana površina papira može biti izuzetno glatka, ali sam premaz je neuniformne debljine (Slika 2.4a) ili pak manje glatka, ali ravnomernim nanosom i adekvatnim pokrivanjem baznog papira (Slika 2.4b) (Holik, 2013).



Slika 2.4 – Poprečni presek premaznog papira dobijenog pomoću rakel noža (a) i vazdušne četke (b)

Indirektno premazivanje predstavlja alternativno rešenje za nanošenje premazne suspenzije sa visokim sadržajem čvrstog dela. U takvim sistemima, količina potrebnog premaza se definiše prvo na valjku velikog prečnika, sa kojeg pomoću pritiska manjeg valjka se prenosi na podlogu, tj. na bazni papir (Holik, 2013).

2.1.4. Savijanje premaznog papira

Tehnologija grafičke obrade papira obuhvata sve neophodne operacije u procesu konačnog oblikovanja proizvoda od papira i kartona. Postoje različite operacije obrade materijala koje su uključene u završnu obradu grafičkih i ambalažnih proizvoda, a operacije preoblikovanja čine jednu značajnu grupu tih operacija (Kipphan, 2000). Osnovni zadatak preoblikovanja, kao procesne operacije završne grafičke obrade, jeste postizanje promene u stanju materijala bez promene u težini ili dimenziji polaznog materijala, pa tako preoblikovanje najčešće predstavlja promenu iz 2D oblika u 3D oblik (Holik, 2013).

Operacija savijanja se može uvrstati među operacijama preoblikovanja po standardu DIN 8580, u kojem su operacije preoblikovanja podeljene po primenjenom mehaničkom opterećenju na (Holik, 2013):

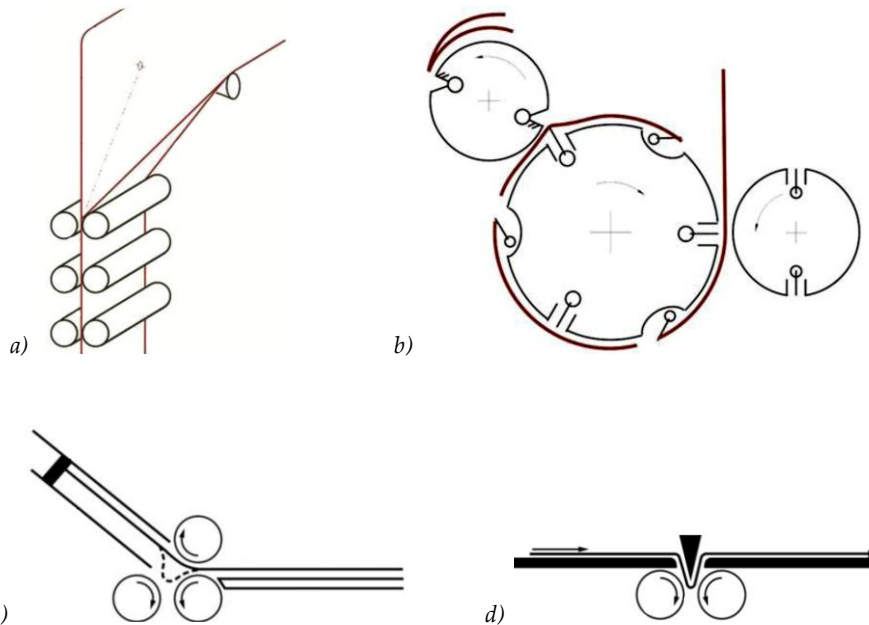
- operacije preoblikovanja pritiskom, gde se materijali oblikuju isključivo pomoću silama pritiska koje mogu delovati u jednoj ili u više osa;
- operacije preoblikovanja zatezanjem i pritiskom, koje uključuju obradne operacije u kombinaciji sile istezanja i pritiska;
- operacije preoblikovanja zatezanjem, pri kojima se obradni materijali prerađuju isključivo silama zatezanja u jednom ili u više osa;
- operacije preoblikovanja savijanjem, kod kojih se materijali formiraju putem naprezanjima savijanja;
- operacije preoblikovanja smicanjem, gde su prisutni samo naponi smicanja pri obradi materijala.

Savijanje spada u grupu najčešće primenjivanih metoda tehnologije plastičnog deformisanja (Plančak i Vilotić, 2007). Kako je savijanje jedna od osnovnih operacija završne grafičke obrade, i kao takva nezaobilazna u izradi većine grafičkih proizvoda, njegova analiza je od posebnog značaja (Liebau i Heinze, 2001).

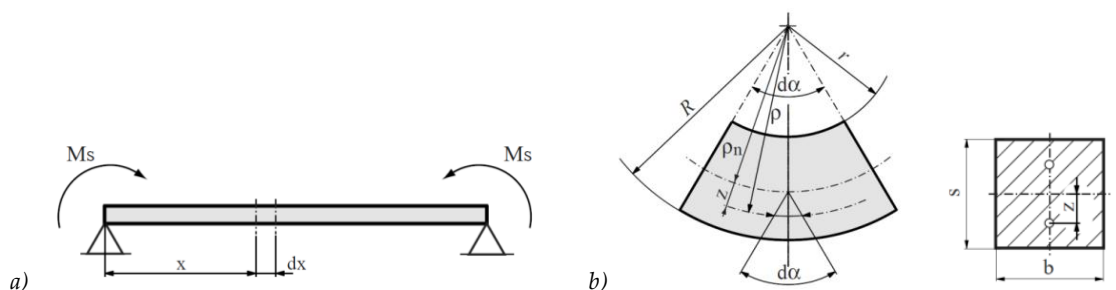
U zavisnosti od oblika materijala, operacija savijanja se deli na savijanje traka i tabaka, a u zavisnosti od načina formiranja linije prevoja postoje tehnike sa formiranjem linije prevoja paralelno sa pravcem kretanja materijala i normalno na pravac kretanja materijala. Trake paralelno sa pravcem kretanja materijala se najčešće savijaju principom levka (Slika 2.5a), dok poprečno na kretanje materijala principom klapni (Slika 2.5b). Tabaci u oba pravca kretanja materijala se najčešće savijaju primenom principa savijanja džepovima (Slika 2.5c) i noževima (Slika 2.5d) (Liebau i Heinze, 2001).

Prilikom preoblikovanja materijala savijanjem deformacije se javljaju usled sile zatezanja i sile pritiska (Slika 2.6a). U većini slučajeva, savijanje karakterišu lokalne deformacije, tj. da su one koncentrisane samo na manji deo zapremine materijala (Plančak i Vilotić, 2007). Najjednostavniji matematički model opisa deformacija koja se javljaju usled savijanja se mogu islustrirati pomoću elementarne teorije čistog pravog savijanja grede (Slika 2.6b). Pod dejstvom opterećenja momenta savijanja u posmatranom elementu materijala dolazi do promene dužina pojedinih vlakana. Sa unutrašnje strane krivine savijenog materijalnog

elementa za vrednosti poluprečnika od r do ρ_n vlakna se skraćuju, tj. u tim površinama vladaju naponi pritiska, dok sa spoljašnje strane savijenog materijalnog elementa za vrednosti poluprečnika krivine od ρ_n do R nastaju naponi zatezanja, odnosno dolazi do povećanja prvobitne dužine vlakana materijala (Plančak i Vilotić, 2007).



Slika 2.5 - Principi savijanja materijala levkom (a), klapnama (b), džepom (c) i nožem (d)



Slika 2.6 - Osnovna geometrija određivanja deformacija pri savijanju

Zanemarujući efekat napona smicanja i u granicama elastičnosti, deformacija pri nekoj udaljenosti (z -koordinata) od neutralne površine (poluprečnik krivine ρ_n) se može izraziti pomoću (Plančak i Vilotić, 2007):

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{z \cdot d\alpha}{\rho_n \cdot d\alpha} = \frac{z}{\rho_n} \quad (1)$$

gde je: z – tekuća koordinata – udaljenost posmatrane tačke od neutralne površi,
 ρ_n – poluprečnik neutralne površine u kojem nema deformacije.

Najveće deformacije se javljaju u graničnim površinama materijala, tj. za vrednosti poluprečnika r i R , koje se definišu prema sledećim (Plančak i Vilotić, 2007):

$$\varepsilon_r = \frac{r - \rho_n}{\rho_n} < 0 \quad (2)$$

$$\varepsilon_R = \frac{R - \rho_n}{\rho_n} > 0 \quad (3)$$

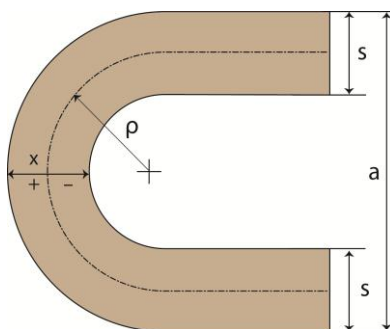
gde je: r – najmanji poluprečnik tj. unutrašnja stana savijenog materijala,
 R – najveći poluprečnik, spoljašnja strana savijenog materijala,
 ε_r – deformacija (pritiskivanje) unutrašnjih vlakana,
 ε_R – deformacija (izduženje) spoljašnjih vlakana.

Posmatrajući pojednostavljen model papira na slici 2.7, debljine s , najveći napon i njemu odgovarajuća najveća deformacija se može definisati (Metz, 2010; Barbier i drugi, 2002, Rättö i Hornatowska, 2010):

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot t}{I} = \frac{E_x s}{2\rho} \quad (4)$$

$$\varepsilon_{max} = \frac{s}{2\rho} \quad (5)$$

gde je: σ_{max} – najveći napon na spoljašnjoj strani savijenog elementa,
 ε_{max} – najveća deformacija na spoljašnjoj strani savijenog elementa,
 M – moment savijanja,
 t – udaljenost spoljašnje površine od neutralne ose (po pretpostavci je polovina debljine papira),
 s – debljina papira,
 E – modul elastičnosti,
 ρ – poluprečnik krivine savijanja,
 $E_x s$ – zatezna čvrstoća,
 l – dužina krivine.



Slika 2.7 – Osnovna geometrija savijanja papira

Prilikom savijanja, poluprečnik krivine se konstanto smanjuje sve dok ne postigne svoju graničnu vrednost, koja na osnovu slike 2.7 se lako definiše pomoću osnovne geometrije

savijenog papira. Kada je papir potpuno savijen (formira se unutrašnji ugao od 0°) jednačina za deformaciju (5) postaje (Metz, 2010):

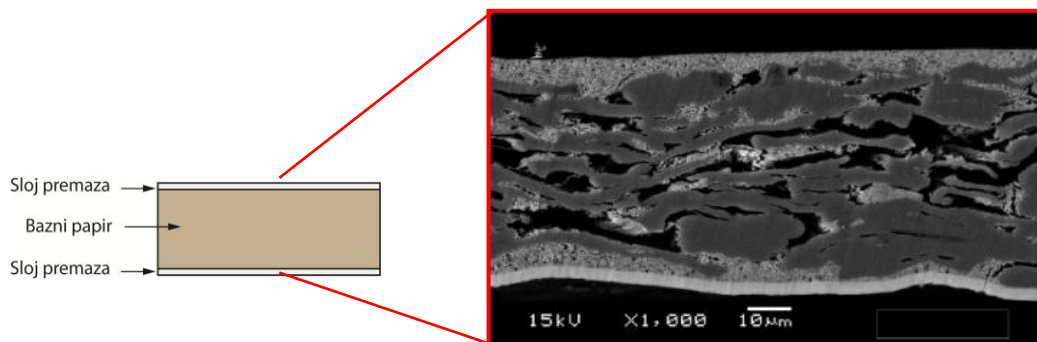
$$\varepsilon_{max} = \frac{s}{2\rho} = 1, \quad \text{zbog: } a = 2 * s \quad \text{i} \quad \rho = \frac{s}{2} \quad (6)$$

gde je: ε_{max} - najveća deformacija na spoljašnjoj strani savijenog elementa,
 s – debljina papira,
 a – udaljenost između spoljašnjih strana materijala pri savijanju od 180° ,
 ρ – poluprečnik krivine savijanja.

Jednačina (6) označava 100% izduženje vlakana na spoljašnjoj strani materijala i 100% skraćivanje vlakana sa unutrašnje strane krivine savijenog elementa (Metz, 2010).

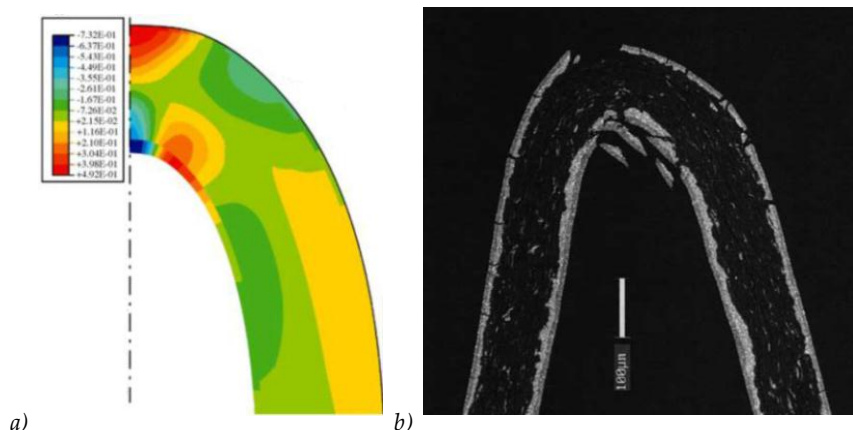
Jednačine (4) i (5) predstavljaju pojednostavljen sistem savijanja (premaznih papira) pri čemu su usvojene pretpostavke o homogenosti materijala, o sličnostima u čvrstoći materijala pri zatezanju i pritisku, odnosno naponi smicanja i sve deformacije usled smicanja su zanemarene (Barbier i drugi, 2002; Rättö i Hornatowska, 2010). Prema tim pretpostavkama za neki dati poluprečnik savijanja indukovani naponi zatezanja sa spoljašnje strane prevoja su direktno proporcionalni sa zateznom čvrstoćom, a indukovane deformacije sa debljinom materijala. Iz toga proizilazi da površinska oštećenja pri savijanju premaznih papira se mogu izbeći ukoliko bi zatezna čvrstoća materijala (premaza) bila dovoljno velika da savlada napone na spoljašnjoj strani materijala pri savijanju, odnosno ako bi se smanjila debljina materijala (zajednička debljina baznog papira i premaza) ili ako se povećala poluprečnik krivine savijanja (Barbier i drugi, 2002; Rättö i Hornatowska, 2010). Međutim pojava površinskih deformacija tokom savijanja premaznog papira predstavlja višestruki i kompleksan problem (Fogra, 2014).

Pre svega, slojevita struktura premaznih papira ne može biti zamenjena homogenim materijalom ni pri računarskim simulacijama procesa savijanja ukoliko se želi dobiti realna aproksimacija naponskog stanja. U takvim sistemima se najčešće usvoji model troslojnog kompozitnog materijala za strukturu premaznog papira, koji se sastoji od debelog baznog papira, sačinjen od mreže vlakanca i punila i dva tanka sloja premaza formiran od raznih pigmenta i veziva (Slika 2.8a-b) (Barbier i drugi, 2005a-b).



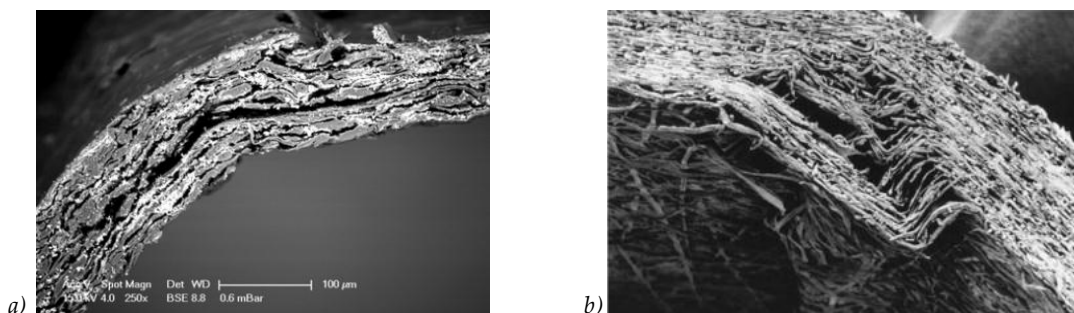
Slika 2.8 – Kompozitna struktura premaznog papira za modeliranje ponašanja pri savijanju (Barbier, 2005)

Takva osnovna struktura sa odgovarajućim matematičkim modelima korišćenih materijala i kriterijumima deformacija omogućuje uspešnu i detaljnu numeričku analizu napona i deformacija pomoću metoda konačnih elemenata. Na slici 2.9a je dat model savijenog premaznog papira (model troslojnog kompozitnog materijala) sa označenim veličinama deformacija, dok je na slici 2.9b dat poprečni presek konkretnog uzorka savijenog premaznog papira (Barbier i drugi, 2005a-b). Prema prikazanim slikama se lako vidi da do površinskog oštećenja ne dolazi samo u spoljašnjim slojevima materijala (usled napona zatezanja), već ona se mogu javljati i sa unutrašnje strane linije savijanja, gde premaz, usled sile pritiska takođe može stradati (Barbier i drugi, 2005a-b; Alam i drugi, 2009).



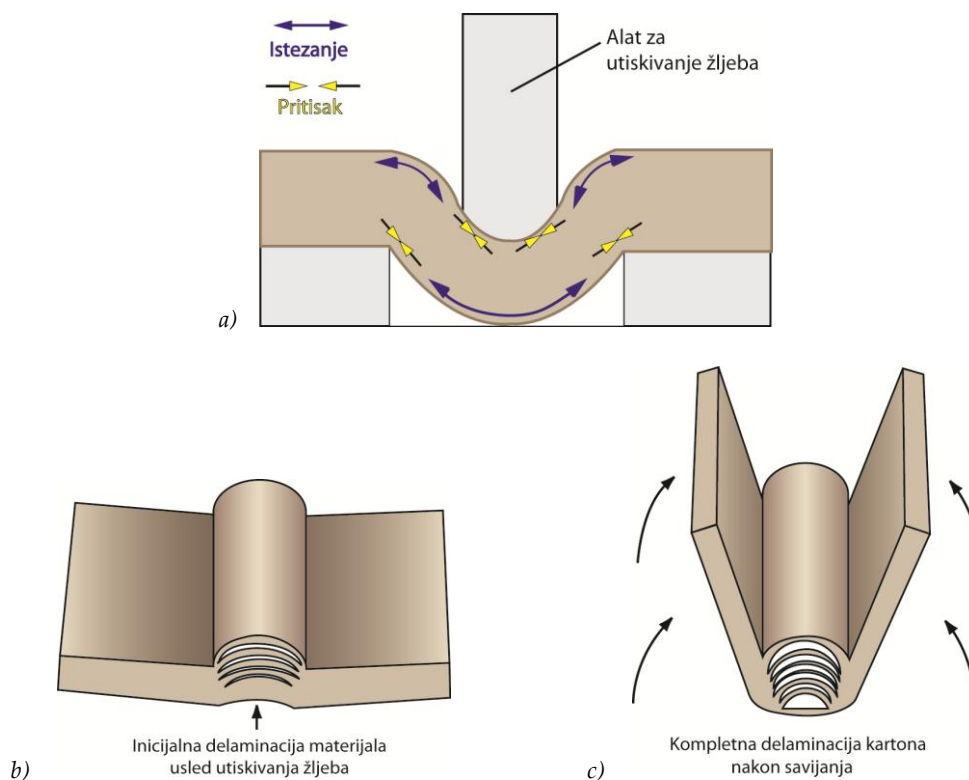
Slika 2.9 – Primer modela savijenog premaznog papira sa obeleženim veličinama deformacija (a) i realnog uzorka sa vidljivim oštećenjima u premaznom sloju (b) (Barbier i drugi, 2005a-b)

Dugačka i tanka vlakna baznog papira su vrlo nestabilna pri opterećenju na pritisak i sklona su izvijanju. Velika otpornost premaza prema pritisku (karakteristika tipa pigmenta premazne suspenzije) u kombinaciji sa jakom vezom između papira i premaza samo još više podstakne izvijanje vlakanca i razaranje unutrašnjih veza među vlaknima, rezultujući raslojavanje unutar papira (Alam i drugi, 2009; Barbier i drugi, 2012). Tako da, iako su slojevi premaza opterećeni najvećim naprezanjima, u mnogim slučajevima deformacije u baznom papiru se mnogo ranije javljaju nego u premaznom sloju. Raslojavanje papira u domenu štampe, kada se pokidaju unutrašnje veze među vlaknima odnosno slojevima vlakana usled jakih adhezionih sila između štamparske boje i podloge za štampu (izražena lepljivost štamparske boje), ima negativnu konotaciju rezultujući značajne gubitke pri proizvodnji, međutim u toku savijanja raslojavanjem u predelu linije prevoja se smanjuju naponi zatezanja i pritiska u slojevima premaza papira, tako smanjujući mogućnosti pojave površinskih deformacija. Na slici 2.10a je dat poprečni presek tanjeg papira u savijenom obliku, gde je prikazano karakteristično raslojavanje materijala u blizini neutralne površine savijanja (Barbier i drugi, 2012). Pojava takvog odvajanja slojeva vlakanca usred baznog papira sa jedne strane objašnjava delovanjem različitih napona ispod i iznad neutralne površine (FOGRA, 2014), dok sa druge strane su uključeni i naponi smicanja u konačne deformacije papira (Alam i drugi, 2009). Ukoliko razdvojeni slojevi vlakana se odvoje dovoljno od ostatka papira, najčešće izvijanjem prema unutrašnjosti prevoja (Slika 2.10b) oni omogućavaju nezavisnu deformaciju zaostalog papira bez ili sa smanjenim površinskim oštećenjima (Barbier i drugi, 2002; Ek i drugi, 2009; Choi i drugi, 2012; Fogra, 2014).



Slika 2.10 – Poprečni presek premaznog papira sa raslojenim baznim papirom (a) odnosno nepremaznog papira sa više, izvijenim slojeva papira (b) (Barbier i drugi, 2012)

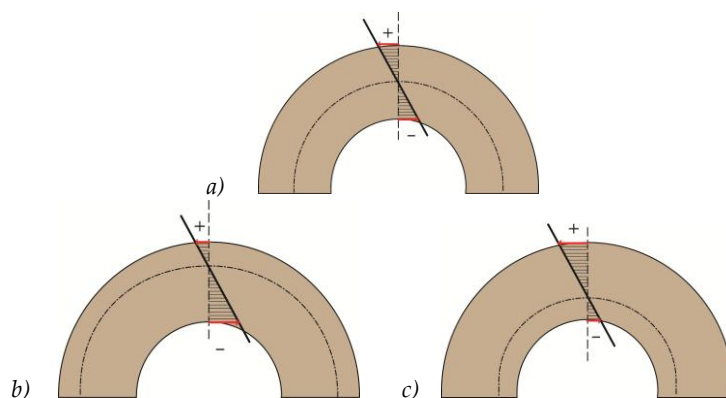
Pozitivan uticaj raslojavanja na smanjenje naponskih opterećenja pri savijanju, pri čemu se ne smanjuje značajno zateznu čvrstoću baznog materijala (Alam i drugi, 2009; Barbier i drugi, 2012) primenjuje se i u operaciji utiskivanja žljeba debljih papira i kartona. Na slikama 2.11a-c su prikazane faze utiskivanja žljeba i savijanja značajne u pogledu raslojavanja kartona u predelu linije savijanja (Ek i drugi, 2009; Barbier i drugi, 2012; Holik, 2013; Kirwan 2013; Fogra, 2014).



Slika 2.11 – Proces formiranja žljeba (a) sa inicijalnom delaminacijom (b) i konačnom delaminacijom kartona u predelu prevoja (c) (Kirwan, 2012)

Pretpostavka o približnim vrednostima čvrstoće materijala pri zatezanju i pritisku bi trebalo takođe da se suspenduje radi dobijanja realnije slike o ponašanju papira, pogotovo premaznog papira pri savijanju. Naime, pri različitim otpornostima materijala na zatezanje i na pritisak, neutralna površina se pomera na onu stranu gde su veće vrednosti otpornosti materijala (Slika 2.12a-c) (Metz, 2010). Kako su razlike u čvrstoći premaza pri različitim

uniaksijalnim opterećenjima često izrazite (pigmenti premaza su više otporni na pritisak nego na zatezanje) kod obostrano premaznih papira neutralna površina je uvek pomerena prema unutrašnjoj strani prevoja indukujući veće napone zatezanja sa spoljašnje strane prevoja. Radi savladanja tih većih, indukovanih opterećenja na zatezanje mora se postići adekvatna čvrstoća i pri zatezanju, i ukoliko se radi o istom sastavu premaza to se postiže povećavanjem debljinu premaza. Međutim sa time se automatski povećava i debljina celog papira za savijanje, pa tako se stvaraju još veći naponi u spoljašnjim slojevima premaznog papira (Metz, 2010; Rättö i Hornatowska, 2010). Rešenje problema površinskih oštećenja premaznih papira pri savijanju prema tome leži u karakteristikama premaza. Naime, na asimetričnost položaja neutralne površine najviše utiču sastav premazne suspenzije, broj, debljina i redosled odnosno modul elastičnosti slojeva premaza (Metz, 2010).

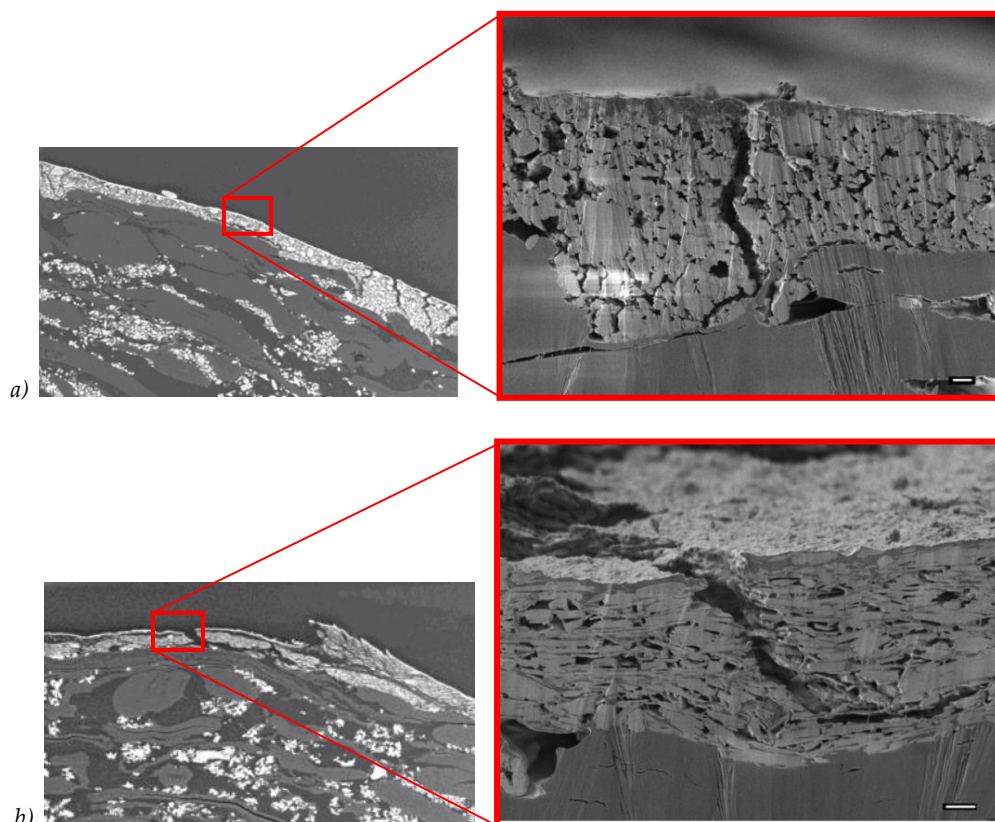


Slika 2.12 – Simetričan položaj neutralne površine pri savijanju (a), odnosno pomerenje površine ka spoljašnjim (b) i ka unutrašnjim (c) slojevima materijala - papira (Metz, 2010)

Zanemarivanje napona smicanja pri savijanju može biti validna samo u slučajevima kada je dužina krivine/luka savijanja značajno veća u odnosu na debljinu materijala i kada je modul klizanja ima isti red veličine kao i modul elastičnosti pri zatezanju i pritisku (Anon, 1974). Kako ti uslovi nisu ispunjeni kod premaznih papira, deformacije koje se javljaju toku savijanja su indukovane ne samo čistim savijanjem već i smicanjem materijala. Smicanje u velikoj meri utiče na sve slojevite sturkture materijala: kako na bazni papir tako i na sam premaz. Rättö i Hornatowska (2010) pomoću SEM mikrografa su ustanovili da sa pljosnatim oblikom kaolin formira slojevitou strukturu premaza, koji je zbog toga manje otporan na napone smicanja, pa ima tendenciju raslojavanja u procesu savijanja za razliku od premaza od prirodnog kalcijum karbonata (Slika 2.13a i b).

Ukoliko se doda prethodno izloženim nalazima i izražena anizotropna priroda papira i uticaj vlažnosti pre svega na mehaničke karakteristike papira, formira se prava slika koliko je kompleksan problem savijanja premaznih papira. Anizotropno ponašanje pri mehaničkim opterećenjima je posledica orijentacije vlaknaca u toku proizvodnje papira. Tako postoji: mašinski pravac papira, koji odgovara pravcu kretanja papirne trake pri proizvodnji (MD – eng. *machine direction*), poprečni pravac koji je normalan na pravac kretanja papira pri proizvodnji (CD – eng. *cross direction*), odnosno treći pravac, pravac debljine papira (ZD – eng. *thickness direction*). Anizotropna priroda papirnih materijala dolazi do izražaja skoro pri svim operacijama preoblikovanja, pa tako i u operaciji savijanja, zbog toga poznavanje ponašanja i osnovnih karakteristika papira u tim pravcima je od posebnog značaja (Ek i drugi, 2009). Na one operacije preoblikovanja papira u kojima

se mehanička opterećenja igraju ulogu, uticaj sadržaja vlažnosti papira je značajan. Sa povećanjem vlažnosti, oslabljuju se vodonične veze između vlaknaca papira, pa se time smanjuje i zatezna čvrstoća, odnosno snižava se granica između elastične i plastične deformacije, dok izduženje pri zatezanju se povećava. Pri snižavanju relativne vlažnosti, vlakanci izgube svoju prirodnu elastičnost i papir postaje krt, sklon pucanju. Operacije preoblikovanja se mnogo jednostavnije mogu obaviti ukoliko je papirima obezbeđen adekvatan nivo relativne vlažnosti, tj. ako su adekvatno kondicionirani (Ek i drugi, 2009; Holik, 2013; Kirwan, 2013).



Slika 2.13 – Formirane linije prekida materijala usled savijanja premaznog papira sa premazom od 100% prirodnom kalcijum karbonatom (a) i kaolinom (b) (Rättö i Hornatowska, 2010)

Izloženi mehanizmi ponašanja premaznih papira predstavljaju samo osnovne teorijske prilaze. Savremenim metodama simulacija i modeliranja, upotrebom računarskim resursima je omogućeno precizno definisanje ponašanja premaza i baznog papira u cilju dobijanja realnih podataka o naponima koji se javljaju u toku savijanja, kao mehaničke obrade. u tim sistemima reološki model papira mora odgovarati realnim osobinama i karakteristikama materijala (papira) pa pojednostavljene veze između napona i deformacija (4) i (5) sa idealizovanim karakteristikama materijala i osnovnim geometrijskim pretpostavkama nisu više aktuelne (Nygårds i drugi, 2005; Nygårds i drugi, 2009; Huang i Nygårds, 2010; Giampieri i drugi, 2011; Huang i Nygårds, 2011; Huang, 2012). One mogu biti validne samo u slučaju malih deformacija, međutim, pri velikim deformacijama, što je zapravo i savijanje, te pojednostavljene veze se mogu koristiti samo u funkciji diferenciranja uticaja posmatranih parametara u početnim fazama ispitivanja radi provere radnih hipoteza (Barbier i drugi, 2002; Rättö i drugi, 2011).

2.1.5. Otpornost premaznih papira prema površinskom oštećenju

Odgovarajući kvalitet premaznih papira u pogledu otpornosti prema površinskom oštećenju pri savijanju poslednjih godina predstavlja važan zahtev. Pored estetskih aspekta, otpornost prema površinskom oštećenju pri savijanju ima i funkcionalni značaj prema tome uticajnim parametrima kvaliteta premaznim papirima se mora posvetiti posebna pažnja. Na osnovu aktuelnih istraživanja, uticajne faktore savijanja premaznih papira je moguće podeliti u dve osnovne grupe (Fogra, 2014). U prvu grupu spadaju uticajni parametri izrade, tj. proizvodnje papira kao što su na primer sirovinski sastav baznog papira, veza između baznog papira i površinskog premaza, karakteristike pigmenata i veziva premaza, broj, debljina i mehaničke karakteristike premaza i slično. Drugu grupu uticajnih parametara čine faktori prerade papira sa specifičnostima tehničko-tehnoloških uslova proizvodnje grafičkih proizvoda od štampe preko svih neophodnih operacija završne grafičke obrade (UPM, 2008).

U nastavku je dat sažet literaturni pregled svih značajnijih uticajnih faktora otpornosti premaznih papira prema površinskih oštećenja iz obe grupe parametara sa posebnim akcentom na metode ispitivanja.

2.1.5.1. Uticajni parametri proizvodnje premaznih papira

Colley (1982a) je predložio sistematski pristup pri upoređivanju zatezne čvrstoće premaznih papira pre i posle savijanja i utiskivanja žljeba. Pomoću predložene metode Colley (1982b) je utvrdio da bazni papir ima veliki uticaj na pojavu ispucalosti premaza i da sa optimizacijom stepena mlevenja vlakana bi se moglo smanjiti, pa čak i potpuno izbeći, površinsku destrukciju pri savijanju.

Prema (Guyot i drugi, 1992) otpornost premaznih papira na površinska oštećenja je povezana sa penetracijom premazne boje u bazni papir i time i sa otpornošću na izvijanje sa unutrašnje strane prevoja. Po njima sa povećanjem penetracije se smanjuju površinska oštećenja. Zaostala zatezna čvrstoća (zatezna čvrstoća papira pre i posle savijanja) je korišćena kao objektivna mera oštećenosti. Pored spomenutog uticaja penetracije, autori su zaključili da sa povećanjem količine premaza povećava se sila kidanja, kako kod savijenih, tako i kod nesavijenih uzoraka. Na osnovu rezultata, autori prema oštećenju koja nastaju u toku savijanja premaznih papira predložili su podelu premaznih papira u četiri grupe. U prvu grupu spadaju papiri kod kojih do deformacije i do oštećenja dolazi samo u premaznom sloju sa spoljašnje strane prevoja. Drugu grupu čine papiri sa manjim oštećenjem baznog papira (pored ozbiljnih oštećenja premaza). Treća grupa predstavlja premazne papira sa intenzivnim prekidom vlakana baznog papira sa spoljašnje strane, dok u četvrtu grupu prezamnih papira su svrstani papiri sa prekidom premaznih slojeva sa obe strane linije savijanja (što prethode oštećenja baznog papira).

Jopson i Towers (1995) su se bavili ispitivanjem povezanosti baznog papira sa slojem premaza upoređivanjem zateznu čvrstoću papira pre i nakon savijanja. Manji gubitak zatezne čvrstoće su povezali sa visokim otpornošću papira prema površinskom oštećenju pri savijanju.

Usporednom numeričkom i eksperimentalnom analizom varijabilnih faktora zatezne čvrstoće savijenih premaznih papira je utvrđeno da na zaostalu zateznu čvrstoću negativno utiče povećanje broja premaznih slojeva, smanjenje debljine baznog papira, povećanje količine veziva (skroba) u premaznom sloju kao i redukcija upotrebe hemijske celuloze u sastavu baznog papira (Rudat i drugi, 1993).

Otpornost papira na površinska oštećenja u toku savijanja uslovljen i debljinom baznog papira. Eksperimentalna ispitivanja u (Barbier i drugi, 2002) su bila usmerena na utvrđivanje dominantnih mehanizama loma u premaznim papirima u toku savijanja. Po rezultatima analize napona preko debljine papira i poluprečnika krivine savijanja, debljina baznog papira ima veliki uticaj na pojavu površinskih deformacija. Mikroskopskom analizom je utvrđeno da pri savijanju dolazi do delaminacije, tj. do raslojavanja baznog papira i to sa unutrašnje strane linije savijanja.

Za detaljniju analizu papira predložili su primenu numeričkih metoda i analizu konačnih elemenata, što su i objavili u (Barbier i drugi, 2005a). Pomenuti autori koristeći numeričku analizu naponskih stanja pri savijanju su došli do zaključka da raslojavanje ne smanjuje značajno napone u površinskom sloju. Pomoću analize konačnih elemenata su nagovestili da brzina i dinamika odvijanja procesa savijanja nema uticaja na konačno naponsko stanje i oštećenja premaza (Barbier i ostali, 2005b).

Mogućnosti optimizacije krutosti pri savijanju premaznih papira i otpornosti na površinska oštećenja pri savijanju su bile analizirane metodom konačnih elemenata i u (Salminen i drugi, 2008a). Pomoću modela obostranog, dvostruko i trostruko premazanog papira sa različitim sadržajem sintetičkog veziva (stiren-butadijen lateks) sa različitim modulima elastičnosti je utvrđena najbolja kombinacija broja, debljine i elastičnosti slojeva premaza za maksimalizaciju krutosti a i otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju. Na osnovu rezultata modeliranja predložen sistem premaza se sastoji od tankog i veoma otpornog predpremaza, debelog sloja manje krutog srednjeg premaza i od tankog i otpornog gornjeg (podkrovnog) premaza. Eksperimentalna istraživanja opisana u (Salminen i ostali, 2008b) su usmerena na standardna ispitivanja krutosti papira prema savijanju i zaostale zatezne čvrstoće (% zatezne čvrstoće papira nakon savijanja), čiji rezultati su potvrdili numeričku analizu. Navedeni rezultati numeričke i eksperimentalne analize su bili potvrđeni i u (Alam i drugi, 2009) pri čemu, pored dvoslojnih i troslojnih u analizu su bili uključeni i jednoslojni premazni papira u cilju dobijanja najveće moguće krutosti pri savijanju i otpornosti na površinska oštećenja pri savijanju.

Rezultati dobijeni u (Salminen i drugi, 2008a-b; Alam i drugi, 2009) su implementirani od strane Yang i Xie (2011) pri realnim proizvodnim uslovima, testirajući uticaj ukupne količine premaza i procenat sadržaja lateksa na otpornost pri savijanju. Premazni papiri su ispitivani pomoću objektivne vizuelne analize oštećenja, razvijene od strane autora. U radu je dat poseban akcenat proveriti primenljivosti te predstavljene vizuelne metode. Na osnovu rezultata probne proizvodnje je utvrđeno da papiri sa većim nanosom premaza, ali sa manjim % sadržajem lateksa u premazu su manje otporni na površinska oštećenja rezultirajući veći procenat ispucale površine. Autori su istakli da optimizacija količine premaza i lateksa je samo jedan od mogućih prilaza unapređenja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja pri savijanju. Sa smanjenjem debljine baznog papira, sa

snižavanjem otpornosti premaza na pritisak, i sa povećanjem elastičnosti premazne boje se mogu postići isto tako dobri rezultati mada se značajno smanjuje krutost pri savijanju.

Uticaj lateksa sa različitim granulometrijskim karakteristikama i temperaturom kristalizacije je bio predmet ispitivanja i u (Kim i drugi, 2010), gde pored različitih optičkih i površinskih karakteristika premaznih kartona, analizirane su i deformacije i oštećenja pri utiskivanju žljeba i savijanju. Autori su ustanovili da veća površinska hrapavost ukazuje na intenzivniju destrukciju površine premaza pri savijanju i da prisustvo lateksa sa manjim veličinama čestica i sa niskom temperaturom kristalizacije poboljšava se otpornost premaza ka površinskom oštećenju. Vizuelna kontrola površinskog oštećenja je vršena sa mikroskopom uz prateći softver za analizu digitalizovanih uzoraka, pri čemu su dati samo približni vrednosti procenat ispucale površine (bez definisanja veličine posmatrane površine i metodike dobijanja brojčanih vrednosti oštećenja).

U temeljnom istraživanju o uticaju kompozicije premazne boje na ponašanje premaza i na pojavu površinskih oštećenja u procesu utiskivanja žljeba premaznih papira kreda i kaolin su bili korišćeni kao pigmenti u kombinaciji sa 100%-nim lateksom i sa mešanim vezivom 50% lateksa i 50% skroba u različitim ukupnim sadržajem u sastavu premaza (Rättö i Hornatowska, 2010a). Vizuelna analiza ponašanja premaza pri utiskivanju žljeba, koja je vršena pomoću SEM mikrografova, ukazala da na mehanizam stvaranja loma u velikoj meri utiče korišćen pigment: prirodna kreda rezultuje manji broj, sitnijih preloma, normalnih na ravan opterećenja (na ravan premaza), dok kaolin, zbog geometrije pigmenta, daje veće i slojevite linije preloma paralelnih sa ravnom opterećenja. Te razlike su potvrđene i pri analizi veličine površinskih oštećenja određenih kvantitativno primenom jedne verzije objektivne vizuelne metode. Kreda rezultovala značajno manje površinska oštećenja u odnosu na kaolin, i to sa kombinacijom sa čistim lateksom. Posmatrajući uticaj veziva na ispucale površine, 100%-ni lateks se pokazao bolji i u kombinaciji sa kaolinom upoređujući sa vezivom mešavine 50% lateksa i 50% skroba. Pored eksperimentalnog ispitivanja u radu su prikazane neke osnovne teorijske analize i pretpostavke o mehanizmu ponašanja samog premaza i premaznog papira pri utiskivanju žljeba i savijanju. Autori svoja istraživanja su proširili i na dinamičke aspekte opterećenja pri savijanju (Rättö i Hornatowska, 2010b). Vizuelnim praćenjem (termokamerom) premaznih papira na aksijalno opterećenje (na zatezanje) ustanovili su da kaolin-bazni premazi kasnije puknu u odnosu na kredu, da 100% lateks vezivo uspori dinamiku kompletnog prekida epruvete, a sa povećanjem sadržaja veziva prolongira inicijaciju površinskog oštećenja i usporava prostiranje linije preloma u premazu. Kvantitativna provera oštećenja je izvršena pomoću objektivne metode opisane u (Rättö i Hornatowska, 2010a). Istraživanje u (Rättö i drugi, 2011) je obuhvatilo SEM analizu nastanka i odvijanja prostiranja linije prekida u premazima različitog sastava pri većim uvećanjima (4500x i 7000x). Sa upoređivanjem eksperimentalnih rezultata sa teorijskim modelima deformacije i loma pokazalo se da oblik pigmenata u velikoj meri uslovljava mesto stvaranja i način prostiranja loma kroz premaz. Kreda rezultuje površinske naprsline i nastale linije prekida prostiru kroz cele debljine premaza manje više normalno na ravan premaza. Premazi sa kaolinom imaju tendenciju prostiranja linije prekida pod uglom, a mesto inicijacije prekidne linije može biti i gornja i donja strana premaza. Zbog romboidnog oblika čestice prirodnog kalcijum karbonata (GCC), ona ima izražene osobine izotropnog materijala, dok

kaolin zbog pločaste strukture pigmenta se ponaša više kao ortotropni (u opštem smislu anizotropni) materijal sa smanjenom čvrstoćom u z-pravcu.

Razlike u ponašanju premaznog papira i kartona u procesima savijanja i utiskivanja žljeba u zavisnosti od sastava premaza je predmet analize u (Barbier i drugi, 2012). Istraživanje obuhvatilo eksperimentalno utvrđivanje površine ispucalosti premaza u procesima savijanja i utiskivanja žljeba, SEM analizu poprečnih preseka prevoja kao i numeričku analizu napona i deformacije u premaznom sloju pri spomenutim operacijama pomoću metode konačnih elemenata. Na osnovu SEM slika i FEM analize utvrđeno je da pri savijanju papira i kartona se javljaju potpuno drugačija opterećenja stoga i deformacije. Kod kartona, pored čistog savijanja silama, smicanje igra veliku ulogu pri deformaciji materijala kod kojeg dolazi do višestrukog raslojavanja kartona, dok kod premaznih papira do raslojavanja dolazi samo po sredini baznog papira i formira se skoro pravilna krivina, što ukazuje da kod tih materijala naponi zatezanja i pritiska su dominantni. Površinska oštećenja pri utiskivanju su više uslovljeni pigmentima (kaolin rezultira veća oštećenja), dok pri savijanju veziva imaju veći uticaj na pojavu pukotina u premazu (premaz u kombinaciji sa 100%-nim lateksom povećava otpornost premaza prema površinskom oštećenju).

Ispitivanje mehaničkih osobina samostalnog, nepodupretog premaznog sloja predstavlja bitan segment za bolje razumevanje površinske destrukcije premaznih papira. Wildberger i Bouer (2008) su putem ispitivanja osnovnih mehaničkih osobina kao i krutosti premaza pri savijanju analizirali uticaj odnosa lateks-skrob veziva i tipa pigmenta na karakteristike mehaničke otpornosti premaza. Rezultati ukazuju da zamena lateksa sa prirodnim skrobom ima veliki uticaj na elastičnost premaza: veći udeo skroba povećava krutost i čvrstoću premaza.

Husband i drugi (2009) su na bazi teorijskih osnova mehanike elastičnih tela (napona i deformacije savijanja) ustanovili da krutost pri savijanju i otpornost pri zatezanju imaju najveći uticaj od svih mehaničkih karakteristika premaza na površinska oštećenja. Stoga su svoja istraživanja usmerili na analizu uticaja oblika kaolinskog pigmenta i procenta sadržaja sintetičkog veziva (stiren-butadijena) na spomenute mehaničke karakteristike. Sa povećanjem odnosa veličine i debljine pigmenta povećava se zatezna čvrstoća i krutost pri savijanju, dok sa dodavanjem više lateksa u sastav premaza povećava se modul elastičnosti.

Kako raspodela napona u savijenom materijalnom elementu zavisi i od zatezne čvrstoće materijala i od čvrstoće iste pri pritisku (Metz, 2010), stoga ispitivanje premaznog sloja i na kompresiju predstavlja bitan segment analize uticaja proizvodnih parametara na pojavu površinskih destrukcija premaznog papira pri savijanju. Jopson i Trowel (1995) su prvo predložili metodu ispitivanja otpornosti papira prema pritisku sa malim zazorom za ispitivanje mehaničkih osobina premaza. Ponašanje samog premaznog sloja pri kompresiji i zatezanju je tema u (Alam i drugi, 2007), gde su otpornosti na zatezanje i pritisak testirani pomoću kockastih epruveta, a dobijeni rezultati su upoređeni sa različitim matematičkim modelima (Voigt, Reuss i Halpin-Tsa). Po njima, zatezanje ne prati nijednu pomenutu funkciju, dok za pritisak Voit model se pokazao kao primenljiv. U svom istraživanju Puhakka i drugi (2011) su testirali primenljivost ispitivanja samog (nepodupretog)

premaznog sloja prema metodi ispitivanja otpornosti papira prema pritisku sa malim zazorom. Studija obuhvatila uporednu analizu uticaja izbora pigmenta (kaolin, prirodna kreda i sintetički istaložena kreda), odnosno odabira količine i temperature kristalizacije stiren-butadijen lateksa na otpornost premaza prema pritisku i prema zatezanju. Na osnovu rezultata je utvrđeno oblik pigmenta ima izuzetan uticaj na mehaničke osobne premaza: kaolin sa pločastim oblikom pigmenta daje najveću zateznu čvrstoću, dok prirodna kreda sa kockastom strukturom čestica pigmenta smanjuje čvrstoću prema pritisku. Temperatura kristalizacije sintetičkog veziva takođe modifikuje ispitane osobine: sa povećanjem temperature povećava se i otpornost prema pritisku kao i zatezna čvrstoća.

Pored debljine baznog papira (Barbier, 2002), sirovinski sastav i kompozicija papirne pulpe utiče na površinska oštećenja. Razna mehanička ispitivanja papira su bila primenjena u (Sim i drugi, 2012), u kojem su papiri sa različitim udelom četinarske i lišćarske beljene celuloze i sa različitim stepenima mlevenja datih vlakana bili testirani radi analize uticaja vlaknastog sastava i stepena mlevenja vlakana baznog papira na otpornost premaznih papira na površinska oštećenja pri savijanju. Pored mehaničkih ispitivanja, uzorci savijenih papira su bili i vizuelno ocenjeni, pomoću digitalne obrade slike. Rezultati vizuelne metode su bile povezane sa rezultatima mehaničkih ispitivanja, radi dobijanja kompletnije slike o posmatranim uticajnim parametrima. Primena smeše lišćarske i četinarske celuloze u odnosu 90:10 se pokazala najotpornije na oštećenja pri savijanju. Sa povećanjem stepena mlevenja vlakana poboljšaju se mehaničke otpornosti papira, ali ne i otpornost na površinska oštećenja.

Problem oštećenja spoljašnje površine papira pri savijanju se javlja i u drugim granama grafičke industrije. Mogućnosti određivanja sklonosti lajner papira (grupni/zajednički naziv gornjeg, ravnog sloj talasaste lepeneke – u domaćoj literaturi su najviše korišćeni izrazi teslajner i kraftlajner, koji tačno definišu tip i karakteristike ravnog sloja) na površinske deformacije i oštećenja u procesima savijanja kutija putem fizičkih ispitivanja papira su analizirane u (Popil, 2010). Pri ispitivanju sklonosti papira ka površinskoj destrukciji razne metode su bile primenjene, neke već uveliko korišćene i neke nove. Uporednom analizom dobijenih rezultata nekih rasprostranjenih metoda (npr. otpornost na dvostruko savijanje) i predloženih metoda je potvrđeno da predstavljena modifikovana metoda određivanja otpornosti prema prskanju po Mullen-u ima dobre potencijale za automatizovanu implementaciju on-line kontrole kvaliteta lajner papira, dok je modifikovana zatezna čvrstoća previjenih epruveta adekvatna za brza laboratorijska ispitivanja.

2.1.5.2. Uticajni parametri grafičke obrade premaznih papira

Carlsson i drugi (1982) su modelirali savijanje papira u cilju utvrđivanja razlike u naponima prilikom savijanja papira sa različitim smerovima vlakana. Prema rezultatima su zaključili da su naponi veći pri savijanju poprečno na smer vlakana (linija prevoja normalna na smer vlakana označava poprečno savijanje).

Smer vlakana papira po Jopson-nu i Towers-u (1995) je jedan od uticajnih parametara obrade papira na pojavu površinske deformacije u toku savijanja. U svom istraživanju su

zateznu čvrstoću koristili za upoređivanje uticaja smera savijanja na pojavu površinskih oštećenja.

Eklund i drugi (2002) u svom opsežnom istraživanju pomoću vizuelne analize su ispitivali uticaj korišćene tehnike digitalne štampe, nanos boje, površinsku karakteristiku papira (nepremazni, mat i sjajno premazni), smer vlakana, formiranja žljeba, relativnu vlažnost papira kao i primenjen princip savijanja na konačan izgled savijanih papira i na pojave u toku obrade. Među najbitnijim zaključcima su istakli da formiranje žljeba igra bitnu ulogu u postizanju vizuelno prihvatljivog prevoja i da su nepremazni papiri manje osetljivi na površinska oštećenja u toku savijanja.

Barbier i drugi (2002) u svojim ispitivanjima ponašanja premaznih papira sa različitim gramaturama, smera vlakanca pri različitim vrednostima relativne vlažnosti, preko mikroskopskih snimaka su odredili poluprečnike krivina savijanja zatim izračunali napone pri kojima je došlo do površinskih oštećenja. Rezultati su ukazali da su papiri sa većom gramaturom (većom od 100 g/m²) skloniji površinskom pucanju, da anizotropnost baznog papira utiče na pojavu oštećenja pri savijanju, jer papiri imaju različito ponašanje u MD i CD odnosno da povišena relativna vlažnost (RH 86%) nema značajnog uticaja na nivoe opterećenja pri savijanju.

Barbier i drugi (2003) ispitivanjem zaostale zatezne čvrstoće su analizirali uticaj štampe sa različitim nanosima (kserografska štampa, crna boja sa 0%, 50% i 100% nanosa) odnosno uticaja formiranja žljeba na pojavu površinskih oštećenja premaznih papira pri savijanju. Na osnovu rezultata su zaključili da različiti nanosi štampe ne utiču značajno na zateznu čvrstoću papira (uzorci su bili klimatizovani pre ispitivanja), dok priprema mesta savijanja formiranjem žljeba značajno smanjuje pojavu oštećenja i da se razlike u zateznoj čvrstoći papira u MD i CD smeru se smanjuju sa povećavanjem registrovanih oštećenja. Pored mehaničkog ispitivanja, autori su koristili i numeričku analizu opterećenja čiji rezultati su u osnovi potvrdili eksperimentalna ispitivanja, mada su istakli da su neophodna dalja usavršavanja modela.

Vizuelna kontrola i ocenjivanja kvaliteta pomoću referentnih površina su korišćene i pri analizi uticaja geometrije primenjenog alata za utiskivanje žljeba kod premaznih kartona štampanih digitalnom štampom sa 400% nanosa crne (Gidlöf i drugi, 2004). Ocenjivanje je vršeno pri kontrolisanim uslovima osvetljenja (D 50) i postavljanja epruveta (savijeni pod uglom od 90°) prema skali ocenjivanja od 1 do 5 (1 – neprimetne naprsline, 5 – jako neprijatna oštećenja). Rezultati su ukazali da adekvatna primena alata za utiskivanje je od presudnog značaja za poboljšanje otpornosti premaznih kartona prema površinskom oštećenju.

Jedan od edukativnih brošura u serialu svetsko poznatog proizvođača papira Sappi Fine Paper Europe, bavi se problematikom savijanja premaznih papira nakon tabačne štampe (SAPPI, 2006). Vizuelnom kontrolom i ocenjivanjem pomoću referentnih slika (na skali od 0 – vrhunski kvalitet do 4 – neprihvatljiv kvalitet) je vršeno testiranje premaznih papira. Posmatrani parametri su: smer vlakana, primena formiranja žljeba, relativna vlažnost papira, štampa i korišćena boja pri štampi. Manje se oštećuje papir u toku savijanja ukoliko se savija paralelno sa smerom vlakana, ako se primeni operacija formiranja žljeba pre

savijanja, pre svega kod viših gramatura, ukoliko se izbegne štampa preko prevoja pogotovo sa UV bojama, lakovima i bojama sa većim sadržajem veziva u boji (svi ti agensi smanjuju fleksibilnost papira i premaza) i ukoliko se ne smanjuje relativna vlažnost papira ispod neke minimalne vrednosti.

Utvrđivanje optimalnih radnih parametara sistema za savijanje u proizvodnim uslovima je tema u (Apro i drugi, 2008), gde su bile praćene promene u pojavi površinskih oštećenja kod premaznih i nepremaznih papira u zavisnosti od modifikacije veličine zazora između valjaka za savijanje. Za potrebe istraživanja bila je razvijena test forma za kontrolu kvaliteta savijanja, a prilikom savijanja epruveta najznačajniji uticajni parametri su uzeti u obzir: površinske karakteristike, gramatura, smer vlakanca korišćenih papira i povećanje polazne veličine zazora valjaka za savijanje. Rezultati su saglasni sa literaturnim nalazima povodom razlike u ponašanju premaznih i nepremaznih papira, smeru vlakanca pri savijanju i debljini papira. Dobijeni rezultati još ukazuju na mogućnost smanjenja oštećenja na papiru sa povećavanjem zazora između valjaka za savijanje, mada su tako smanjene neke funkcionalne performanse mašine (npr: tačnost pozicioniranja i savijanja tabaka kao i nesmetan transport).

Ispitivanjem zaostale zatezne čvrstoće su analizirali uticaj toplotnog opterećenja, tj. IR sušenja u procesu rotacione štampe na savijanje premaznih papira. Sa povećavanjem temperature sušenja, smanjuje se zaostala zatezna čvrstoća i iznad temperature od 130° dolazi i do površinskih oštećenja na liniji prevoja, što su pratili vizuelnom analizom štampanih i savijenih papira uzoraka (UPM, 2008 i 2010).

Prilikom ispitivanja uticaja količine lateksa u premaznom sloju, Kim i drugi (2010) su proverili i uticaj smeru vlakancu na količinu oštećenja koja se javlja prilikom utiskivanja žljeba i savijanja kod prethodno štampanih premaznih kartona (laboratorijska oprema za štampu, 100% cijan boje). Rezultati su u skladu sa literaturnim izvorima: po linijama savijanja paralelnim sa smerom vlakancu bila su značajno manja oštećenja (autori su koristili drugačije označavanje savijanja).

Opširno istraživanje je sprovedeno u (Metz, 2010) sa ciljem unapređenja kvaliteta savijanja premaznih papira predviđenih kako za tabačnu tako i za rotacionu štampu. Analizirane su mogućnosti primene nanošenja različitih funkcionalnih sredstva na površinu premaznih papira pre štampe u cilju povećanja otpornosti prema površinskom oštećenju u procesu savijanja. Istraživanje je obuhvatilo detaljno ispitivanje uticaja tih funkcionalnih premaza na opšti kvalitet štampe, na hrapavost, osnovne mehaničke karakteristike papira, kao i na mogućnost reciklaže iste. Tip papira (predviđenih za tabačnu ili za rotacionu štampu), gramatura, površinske karakteristike (sjajno i mat premazni), smer vlakancu kao i relativna vlažnost su bili osnovni varijabilni faktori, pri čemu metode ispitivanja su obuhvatile vizuelnu analizu i ocenu kvaliteta na osnovu SEM snimaka, određivanje zaostale zatezne čvrstoće i određivanja topografskog profila linije prevoja pomoću posebno razvijene metode. Prema rezultatima je zaključeno da, iako oštećenja nisu u potpunosti eliminisana, postignuta su značajna poboljšanja u pogledu otpornosti papira prema površinskom oštećenju primenom funkcionalnih premaza (nisu istakli tačno sastav premaza). Predložena metoda određivanja topografskog profila linije prevoja se takođe pokazala adekvatnim (po autoru čak i najboljim) za procenu stepena unapređenja kvaliteta premaznih papira. Autor je istakao da vizuelna kontrola nije bila dosledna zbog

subjektivnosti ocenjivanja (od 1 do 6) i zbog neadekvatne površine prikaza uzoraka putem SEM analize (snimci nisu bili reprezentativni za date materijale). Isto tako je naveo problematičnu primenu određivanja zaostale zatezne čvrstoće zbog nemogućnosti dovoljnog diferenciranja uticaja raznih funkcionalnih premaza. Primenljivost nove, predložene metode nije potvrđena od strane drugih autora.

2.1.6. Metode ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja

Na osnovu analiziranih literaturnih izvora o uticajnim parametrima otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja pri savijaju moguće je zaključiti da u poslednjih nekoliko decenija objavljeno je veći broj stručnih i naučnih radova sa izučavanjem ponašanja premaznih papira pri savijanju pod različitim uslovima, metodama određivanja kvaliteta savijanja i kontrole kvaliteta premaza, kao i teorijskim osnovama reološkog modela papira kao inženjerskog materijala.

Metode kontrole kvaliteta savijanja prema osnovnoj funkciji se mogu grubo podeliti na metode koje se:

- primenjuju pri proizvodnji papira sa osnovnom razvojnom funkcijom,
- primenjuju pri grafičkoj obradi premaznih papira sa zadatkom kontrole kvaliteta obradnog procesa.

Prema vrsti ispitivanja, korišćene metode se mogu grupisati u sledeće grupe:

Grupa 1 - ispitivanja optičkih, mehaničkih i površinskih karakteristika na osnovu standardnih ili modifikovanih standardnih metoda.

Grupa 2 - računarski potpomognuta analiza putem modeliranja „sistema“ premaznog papira i simulacija odvijanja operacije savijanja i formiranja žljeba radi analize naponskog stanja, opterećenja i deformacije - *u razvoju*.

Grupa 3 - vizuelna analiza sa i bez optičkog instrumenta (lupa, optički mikroskop, SEM, itd.) radi dobijanja kvalitativnih informacija.

Grupa 4 - računarski potpomognuta vizuelna analiza - novi koncept primene vizuelne analize, kao ne-destruktivne metode za objektivno određivanje i okarakterisanje površinskih oštećenja - *u razvoju*.

Kako predmet istraživanja ove disertacije predstavlja unapređenje objektivne vizuelne kontrole površinskih oštećenja premaznih papira u procesu savijanja, u nastavku je data detaljna analiza korišćenih, računarsko potpomognutih vizuelnih metoda.

Primenjene metode dele zajedničku suštinsku osnovu prema kojem su uzorci papira pre savijanja odštampani nekom tamnijom bojom kako bi nakon savijanja oštećenja bila uočljiva i registrovana u obliku belih (ili svetlijih) površina na digitalnim uzorcima. Šematski prikaz osnovnog principa određivanja je predstavljen na slici 2.14. Razlike se ogledaju pre svega u različitim instrukcijama za pripremu uzoraka, digitalizacije istih, a isto tako se varira predmet i veličina površine posmatranja. Podešavanja, kao što su izlazne

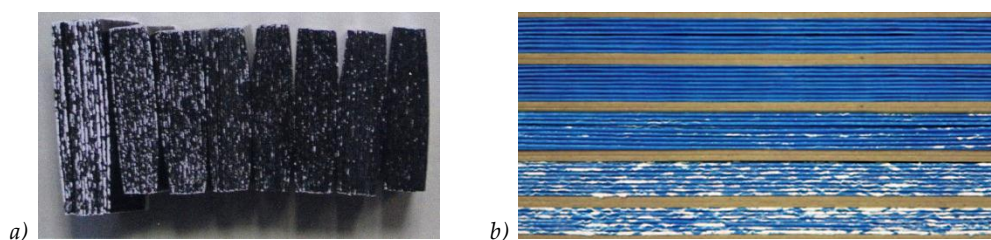
dimenzije slika, rezolucija, prostor boja, uvećanje pri snimanju se takođe variraju, onemogućavajući tako upoređivanje rezultata dobijenih u različitim istraživanjima. Uporedna literaturna analiza razlike primenjenih metoda je data u nastavku.



Slika 2.14 – Šematski prikaz toka određivanja količine oštećenja površine premaza papira

Boja štampe

U istraživanjima autori Rättö i Hornatowska (2010a), Kim i drugi (2010), Barbier i drugi (2012), Pál i drugi (2013) su koristili cijan boju i to sa 100%-nim nanosom za obezbeđenje adekvatnog kontrasta za diferenciranje oštećenja. Za istu svrhu u (Barbier i drugi, 2003; Gildöf i drugi 2004; UPM, 2008; Yang i Xie, 2011) je korišćena crna (Slika 2.15a), dok u (Sim i drugi, 2012) crvena boja. Eklund i drugi (2002) su višebojnu štampu primenjivali sa 170% i 320% nanosa boja, dok su Apro i drugi (2008, 2009a-b, 2011, 2013) koristili posebnu test formu sa različitim nanosima cijan i crne boje odnosno sa simulacijom višebojne štampe. Primena cijan boje, kao kontrastne boje, korišćeno je i od strane svetski poznatog proizvođača premaznih papira Sappi Fine Paper Europe (Slika 2.15b), objavljeno u specijalnom izdanju serijala edukativnih brošura, koje se bave problematikom savijanja premaznih papira (SAPPI, 2006).



Slika 2.15 – Primeri različitih epruveta za vizuelnu analizu u laboratoriji UPM-a (a) i SAPPI-a (b)

Tehnika štampe

Štampa površine materijalnih uzoraka u više slučajeva je vršeno ofset tehnikom ili simulacijom ofset tehnike, pre svega radi simulacije realnih uslova industrijske proizvodnje (SAPPI, 2006; Apro i drugi, 2008; UPM, 2008; Apro i drugi, 2009a-b; Rättö i Hornatowska, 2010a; Kim i drugi, 2010; Apro i drugi, 2011; Yang i Xie, 2011; Sim i drugi, 2012; Barbier i drugi, 2012; Apro i drugi, 2013; Pál i drugi, 2013), mada i tehnike digitalne štampe su prisutne (Eklund i drugi, 2002; Barbier, 2003; Gildöf i drugi, 2004).

Savijanje

Realizacija savijanja uzoraka se varira od primene industrijskih mašina za savijanje raznih konstrukcija, korišćenjem osnovnih principa savijanja (Eklund i drugi, 2002; SAPPI, 2006; Apro i drugi, 2008; Apro i drugi, 2009a-b; Apro i drugi, 2011; Pál i drugi, 2012; Apro i drugi, 2013; Pál i drugi, 2013), preko upotrebe uređaja za formiranje prevoja pri kontrolisanim laboratorijskim uslovima (UPM, 2008; FOGRA,2014) i korišćenje mašine za probni otisak ili nekog drugog aparata za obezbeđenje konstantnog pritiska (Yang i Xie, 2011; Sim i drugi, 2012) sve do ručnog savijanja (Gildöf i drugi, 2004) i savijanja pomoću različitih pribora i alata (Barbier i drugi, 2002; Barbier i drugi, 2012).

Sistem za digitalizaciju

Za digitalizaciju materijalnih uzoraka radi dobijanja digitalnih snimaka ciljanih područja neki autori su se opredelili za upotrebu stonog (ravnog) skenera, kako bi obezbedili jednostavnu digitalizaciju celog područja od interesa u visokoj rezoluciji sa sopstvenim osvetljenjem (Rättö i Hornatowska, 2010a; Apro i drugi, 2011; Barbier i drugi, 2012; Sim i drugi, 2012; Apro i drugi, 2013; Pál i drugi, 2013). Radi simulacije polazne subjektivne kontrole i ljudskog doživljaja oštećenja premaza i digitalni fotoaparati je korišćen u većem broju istraživanja (Eklund i drugi, 2002; Gildöf i drugi, 2004; SAPPI, 2006; Apro i drugi, 2008; Apro i drugi, 2009a-b; Apro i drugi, 2011; Apro i drugi, 2013), dok optički mikroskop sa mogućnošću digitalnog zapisa je takođe u upotrebi sa težnjom da se formira što detaljnija slika o savijenim uzorcima sa oštećenjima (Barbier, 2003; Kim i drugi, 2010; Yang i Xie, 2011). Korišćenje skenera, kao uređaja za digitalizaciju papirnih uzoraka je opisano i u (Gidlöf i drugi, 2004), mada taj deo ispitivanja je fokusirao na adheziju tonera kod premaznih kartona.

Predmet posmatranja i geometrijski položaj uzoraka

Predmeti posmatranja su takođe različiti: u većini slučajeva je ispitan samo jedan ili dva lista papira u otvorenom (Rättö i Hornatowska, 2010a; Pál i drugi, 2013) ili savijenom položaju sa uglom od 30° (Sim i drugi, 2012), 45° (Yang i Xie, 2011), 90° (Gildöf i drugi, 2004) ili 0° (Barbier, 2002; Barbier i drugi, 2003; Kim i drugi, 2010) između savijenih listova, dok u nekim drugim radovima je poređano 15-20 popuno savijenih listova papira formirajući tako veću pravougaonu površinu za posmatranje (Eklund i drugi, 2002; SAPPI, 2006; UPM, 2008; Apro i drugi, 2008; Apro i drugi, 2009a-b; Apro i drugi, 2011; Apro i drugi, 2013).

Veličina posmatrane površine

Iako su dimenzije epruveta u većini radova poznate, dimenzije posmatrane površine na njima često su izostavljene u opisu korišćene metode. Površina od 0,8 x 25 mm je analizirana u (Sim i drugi, 2012), od 4 x 25 mm u (Pál i drugi, 2013) zatim dve linije prevoja dužine 29 mm (Rättö i Hornatowska, 2010a) odnosno 31 mm u (Barbier i drugi, 2012).

Broj uzoraka

Eklund i drugi (2002), odnosno Apro i drugi (2008, 2009a-b, 2011 i 2013) zbog specifičnosti površine posmatranja, najmanje 30 uzoraka su pripremili u svakoj kombinaciji savijanja, dok su Gildöf i drugi (2004) ukupno 8 uzoraka analizirali (po 4 savijenih u MD i u CD) a Yang i Xie (2011) po 8 digitalnih uzoraka u oba pravca. U radovima (Kim i drugi, 2010) i (Barbier i drugi, 2012) su definisani samo smer savijanja (u oba smera vlakanca i samo u CD, respektivno), ne i broj uzoraka, dok u (Sim i drugi, 2012) je određen samo broj uzoraka (5) zbog specifičnosti ispitivanja (korišćeni su ručni papiri, kod kojih nema jasno definisan smer vlakanca). Pál i drugi (2013) su analizirali 20 uzoraka po kombinaciji ispitanih parametara.

Definisanje mere oštećenosti površine ili ocena oštećenja

Odabrana veličina za definisanje mere oštećenosti površine može biti procenat (%) zauzetosti površine oštećenja na posmatranoj slici u odnosu na površinu cele slike (Kim i drugi, 2010; Yang i Xie, 2011; Sim i drugi, 2012; Pál i drugi, 2013), odnosno mm² na posmatranom uzorku (Rättö i Hornatowska, 2010a; Rättö i drugi, 2011; Barbier i drugi, 2012). Ocenjivanje prema referentnih uzoraka je korišćeno u (Gildöf i drugi, 2004; SAPPI, 2006; Apro i drugi, 2008; Apro i drugi, 2009a-b).

Parametri digitalizacije i softverske analize oštećenja

O samoj proceduri pripreme, obrade i analize digitalizovanih slika nema puno informacija u literaturnim izvorima. U radovima (Rättö i Hornatowska, 2010a; Sim i drugi, 2012) je dat podatak o veličini rezolucije pri skeniranju (2400 dpi), dok primenjen RGB prostor boja pri skeniranju je definisan samo u (Rättö i Hornatowska, 2010a). Naziv softvera za digitalnu analizu slike je objavljen jedino u (Sim i drugi, 2012), u kojoj su autori napomenuli, da skenirana slika se prvo konvertuje u binarnu (crno-beluu), ali procedura odvijanja nije objavljena niti analizirana. Yang i Xie (2011) su izveštavali o veličini uvećanja pri digitalizacije (9.1x) i o načinu određivanja "belih" površina: u nekom softveru za analizu monohromatskih slika sa manuelnim određenim nivoom (praga) sive su definisani regioni od interesa, tj. računanja oštećene površine.

Na osnovu analize aktuelne literature se vidi da primenjene tehnike vizuelne analize količine oštećenja premaznih papira u toku savijanja dele osnovnu ideju objektivnosti metode, ali se u mnogome razlikuju. Sa takvom primenom, rezultati dobijeni u različitim istraživanjima nisu uporedivi, sprečavajući time razvoj i unapređenje tehnologije. Pored toga, nedostajući detaljan opis konkretnih koraka softverske obrade i analize slike takođe predstavlja prepreku u procesu razvoja ove metode. Razne operacije za poboljšavanje kvaliteta slike, tehnike izdvajanja ivica i filtriranja, kao i različiti algoritmi za segmentaciju slike imaju značajan uticaj na konačne rezultate obrade i analize oštećenja premaznih papira pri savijanju. Bez tačno definisanih koraka digitalne obrade, rezultati datih analiza takođe ne mogu biti overeni od strane drugih istraživača.

Prema izloženim se može zaključiti da oblast unapređenja objektivne vizuelne kontrole otpornosti premaznih papira prema površinskih oštećenja u procesu savijanja predstavlja

multidisciplinarnu problematiku, za čije rešenje pored znanja o tehnološkim uslovima proizvodnje grafičke industrije i o specifičnim karakteristikama premaznih papira, moraju se uključiti i saznanja iz oblasti računarskih tehnika i telekomunikacija.

2.2. Softverska obrada slike

Softver predstavlja sastavni deo računarskih sistema i po analogiji određivanja hardvera, kao materijalnog dela računara, softver se može definisati kao nematerijalni deo tog sistema. U opštem smislu, softver je skup računarskih programa i datoteka sa osnovnom namenom realizacije određenih zadataka zahtevanih od strane korisnika. Predstavlja značajnu komponentu u industrijskim, transportnim, medicinskim, telekomunikacionim i ostalim vrstama sistema. Pojmovno, softveri se dele na sistemske (operativni) i aplikativne (korisnički) softvere. Sistemski softveri omogućavaju funkcionisanje računara i sastoje se od operativnog sistema i pomoćnih sistemskih programa. Za razliku od njih, aplikativni softveri imaju specifičnu namenu, tj. služe za izvršavanje konkretnih aktivnosti obrade podataka korisničke potrebe, pri čemu je veoma izražena interakcija sa korisnikom pa se može reći da je izvršavanje programa strogo diktirano od strane korisnika (Heineman i Councill, 2001; Graves, 2008).

Softveri za digitalnu obradu slike od interesa za ovu disertaciju predstavljaju grupu aplikativnih softvera. Softveri opšte namene, čiji osnovni zadatak prikazivanje i obrada slika u računaru na rasterski tj. bitmapirani (BMP, JPG, itd.) i vektorski način (CDR i slično), koriste se za unos slika u računar pomoću odgovarajućeg uređaja (skenera, digitalnog fotoaparata i slično) i njihovu obradu (npr. Adobe Photoshop). Ovi programi imaju mogućnost čitanja slika različitih formata kao i konverziju u neki od formata. Postoji i veliki broj alata za obradu slika (npr.: promena osvetljenosti, kontrasta, različiti efekti, pikselizacija, popunjavanje, itd.). Pored softvera opšte namene, postoje i softveri za naučna računanja i vizuelizaciju, koji pretvaraju apstraktne matematičke pojmove i relacije u vizuelne objekte (npr. MATLAB®, MATHEMATICA®). Takvi softveri su od posebnog značaja u nekom razvojnom procesu, jer za razliku od softvera opšte namene, korisniku daju veću slobodu i kontrolu nad izborom primenjenih algoritama i koraka obrade slike pa samim tim i obezbeđuju veću transparentnost i mogućnost naučne analize dobijenih rezultata. U opštem slučaju, ti softveri uključuju interaktivno okruženje tipa pitanje-odgovor, adekvatan programski jezik, kao i alate za interaktivno kreiranje dokumenata koji sadrži tekst, numeričke izraze i grafiku (Cvetković, 2006; Bojković i Martinović, 2011). Softveri za digitalnu obradu slike, posebno oni koji omogućavaju korisniku kreiranje sopstvenog koda u okviru upotrebe datih softvera, predstavljaju nezaobilaznog elementa sistema digitalne obrade slike opšte namene (González i Woods, 2002).

2.2.1. Digitalna slika

Pod pojmom slike (u tehničkom smislu) se podrazumeva kontinualna funkcija dve promenljive $f(x,y)$. Koordinate x i y su koordinate neke tačke u ravni slike, pa tako predstavljaju prostorne koordinate, dok je vrednost funkcije intenzitet ili nivo sivog na slici

u toj tački (sa koordinatama x,y). Za sliku, za koju postoji samo jedna funkcija intenziteta kaže se da je monohromatska ili slika sivih tonova, koja ništa drugo, no dvodimenzionalna raspodela intenziteta. Sa diskretizacijom kontinualne funkcije za tu sliku dobija se digitalna monohromatska slika, gde su intenzitet i koordinate x i y imaju diskretizovane vrednosti. Pa tako, digitalna slika predstavlja skup konačnog broja diskretnih elemenata koji može se predstaviti matricom, čiji indeksi vrste i kolona predstavljaju koordinate tačke u slici (x, y), a vrednost matrice u toj tački predstavlja intenzitet ili nivo sivog te tačke. Element slike sa diskretizovanim koordinatama i vrednostima intenziteta se zove piksel ili pel (eng. picture element, tj. element slike). Po toj definiciji, digitalne slike se sastoje od velikog broja piksela poređanih u vrste i kolone (Effort, 2000; González i Woods, 2002; Popović, 2006).

2.2.1.1. Formiranje digitalne slike

Sam proces formiranja digitalne slike je vrlo raznolik, a često oblasti primene digitalne obrade slike se vezuju za poreklo analiziranih slika. Najvažniji energetski izvor za formiranje slika je elektromagnetno zračenje i to po celoj širini spektra od Gamma-zračenja (npr. oblast nuklearne medicine i astronomskih istraživanja), preko vidljivog dela spektra (npr. oblast optičke mikroskopije) sve do radio-talasa (npr. primena magnetne rezonance u medicini). Drugi oblici izvora energije, kao što su zvučni (akustični) i ultrazvučni talasi ili elektroni visoke energije su takođe u primeni. Veštačke ili sintetičke slike generisane pomoću računara za modelovanje, simulaciju i vizualizaciju procesa su takođe od velikog značaja u sadašnjem svetu (González i Woods, 2002).

Iz velikog broja navedenih izvora energije može se predviđati da su i tehnike formiranja digitalne slike, odnosno digitalni zapisi vizuelne informacije mnogobrojne. Kako vidljivi deo elektromagnetnog spektra prati sve čovekove aktivnosti, digitalne slike formiranih na osnovu tog vidljivog „sveta“ i njihova primena u raznim procesima ljudskog delanja je najučestalija. Tehnike formiranja digitalnog zapisa tih prirodnih slika se dele na tehnike digitalizacije fotografija dobijenih analognim putem i direktnim snimanjem digitalnim uređajem. Za obe tehnike se primenjuju principi pretvaranja vidljivog svetla u digitalni zapis sadržaja, a za potrebe tog procesa se najčešće upotrebljeni kamere i skeneri sa odgovarajućim optičkim komponentama kao što su sistemi sočiva i optičkih filtera odnosno senzorskim elementima poput cevni i poluprovodničkih senzora. Cevni senzori se danas retko mogu susreći, njihova primena je svedena na neke specifične oblasti, dok su poluprovodnički senzori, zbog niza prednosti i niže cene, su danas dominantni (González i Woods, 2002; Popović, 2006).

Poluprovodnički senzori su se pojavili sredinom osamdesetih godina. Slike dobijenih pomoću tih senzora su bile niskog kvaliteta, ali sa napretkom tehnologije su postali nezamenljiv deo svakog vizuelnog uređaja, čak i televizije. Osnovu poluprovodničkog senzora čini matrica poluprovodničkih senzorskih elemenata, gde svaki element predstavlja jedan piksel (buduće) digitalne slike. Postoji više tipova poluprovodničkih senzora, no najčešće korišćenih su CCD elementi (eng. *charge coupled device*), CID elementi (eng. *charge injection device*), CMOS aktivni elementi (eng. *complementary metal-oxide-semiconductor*), koji se koriste u obliku dvodimenzionalnih matrica. Pored njih postoje još i fotodiode, koje se primenjuju u obliku niza integrisanih elemenata. Kako su CCD i CMOS

senzori od posebnog značaja za predmetnu oblast ove teze, u nastavku sledi njihov opis (Effort, 2000; Popović, 2006).

CCD i CMOS senzori imaju veliku primenu u procesima digitalizacije sveta oko nas. Oni se mogu naći kako u jednostavnim digitalnim fotoaparatom tako i u kompleksim računarskim i telekomunikacionim sistemima, ili pak u medicini. Oba senzora, CCD i CMOS stvaraju sliku na istom principu, a naziv CMOS odnosi se na način proizvodnje ovog senzora a ne na tehnologiju za dobijanje digitalnog zapisa. CCD senzori su silicijumski poluprovodnički senzori, kod kojih se vrši transfer nagomilanog opterećenja od jednog senzorskog elementa do drugog formirajući slike u digitalnom zapisu. Koraci formiranja slike pomoću CCD senzora su: pretvaranje fluksa svetlosnog zračenja u nosioce naelektrisanja (elektroni i parovi elektron-šupljina) na pikselima CCD detektora, prenos naelektrisanja u okviru silicijumske podloge, i pretvaranje naelektrisanja u napon i pojačanje izlaznog signala. Senzori imaju zadatak da svetlost pretvore u elektronski signal, a nakon toga, kasnijom obradom, u digitalnu sliku. Određena količina svetlosti pada na površinu senzora, koja se sastoji od miliona svetlosno osetljivih fotodioda (piksela) i na kojoj se stvara električni napon. Takav napon u stvari je analogni signal koji se pomoću analogno-digitalnog konvertora digitalizuje i zatim šalje glavnom procesoru za slike, u kojem se formira digitalna slika. Ugrađeni čipovi su crno-beli senzori i kao takvi nisu u stanju da registruju boje, nego samo jačinu svetlosti koja pada na njih. Kako bi senzor bio osetljiv na boje, na površinu svakog od njih postavlja se određeni optički RGB (*Red, Green, Blue*) filter odnosno Bajerov mozaik (*eng. Bayer pattern*). Bajerov mozaik ima funkciju da rastavlja upadnu svetlost na tri osnovne komponente (boje): crvenu, zelenu i plavu. Svaki pojedinačni piksel registruje samo jednu boju, dok ostale dve komponente određuju softverski na osnovu algoritma za rekonstrukciju (*eng. demosaik algoritam*). Prednosti CMOS senzora uključuju manju pojavu šuma, smanjenu potrošnju energije, brže vreme odziva i nižu cenu proizvodnje u na CCD senzore, što predstavlja jedini (ali i najbitniji problem) primene CCD senzora (Effort, 2000; Nakamura, 2006; Smith, 2009).

2.2.1.2. *Formati digitalnog zapisa*

Digitalne slike koje se dobijaju pomoću raznih tehnika digitalizacije imaju rasterski format, kod kojih za prikaz slikovnog sadržaja koriste matricu elemenata slike, tj. piksela. Veličina rastera je definisana rezolucijom, to jest širinom i visinom izraženim u pikselima. Za svaki piksel se čuva informacija o boji. Pikselu može biti dodeljena i vrednost za transparentnost (providnost) i druge meta-informacije. Primeri rasterskih formata su BMP, GIF, JPEG, PNG, TIFF i drugi. Osim BMP formata svi ostali podržavaju neku vrstu kompresije koja može biti sa i bez gubitaka. Kompresija slike bez gubitaka (*eng. lossless*) se koristi u uslovima gde je veoma bitno da se originalna informacija sačuva bez promene ili mogućeg gubitka (npr. medicinski snimci, digitalizacija uzoraka za razna istraživanja i slično) mada ovo obično ide na uštrb veličine digitalnog zapisa. Ove datoteke su obično znatno veće od onih kompresovanih pomoću metoda sa gubicima (*eng. lossy*) koje su više rasprostranjene u multimedialnim primenama i na internetu, gde potpuna rekonstrukcija originalnih piksela nije toliko značajna kao veličina datoteke za prenos. Primena izvornih formata digitalnih zapisa ili formata sa kompresijom bez gubitaka u istraživanjima je od posebnog značaja, gde se digitalni zapisi formiraju pomoću različitih tehnika kao što su AF, SEM i BEI mikroskopi, optički mikroskopi sa ugrađenim CCD kamerama visoke rezolucije i slično

(Yam i Papadakis, 2004). Grafički format BMP (*eng. BitMaP*) se koristi pod Windows operativnim sistemom ima ekstenziju .bmp. Naziv bitmap potiče od fraze mapa bitova, jer je u originalnom formatu čuvan samo po jedan bit informacije za svaki piksel. Danas se u ovom formatu može koristiti potpun spektar boja za svaki piksel. Zapis unutar datoteke formata BMP je izuzetno jednostavan i zbog toga pogodan za čitanje iz programskog okruženja. Ovaj format ne koristi nikakvu kompresiju, pa je veličina Bitmap datoteke vrlo velika i zbog toga se danas retko koristi. Format TIFF (*eng. Tagged Image File Format*) je fleksibilan format, koji obično čuva 8 ili 16 bita po boji, tako da ukupno ima 24- ili 48-bitne boje. Koristi se .tiff ili .tif ekstenzija datoteke. Ova fleksibilnost predstavlja istovremeno i prednost i manu, pošto ne postoji program koji čita sve vrste TIFF fajlova. TIFF format nudi mogućnost čuvanja slike na nekompresovan i kompresovan način pri čemu kod kompresovanog načina postoji mogućnost za izbor kompresije sa i bez gubitaka (Solomon i Breckon, 2011).

2.2.2. Digitalna obrada slike

Osnovu objektivne vizuelne metode čine operacije digitalne obrade slike i analize površine od interesa. Uopšteno rečeno, primenom operacija poboljšavanja slika (kao što je povećanje kontrasta, linearizacija histograma, prostorno filtriranje za ublažavanje ili izoštravanje slike i slično), formiraju se adekvatni preduslovi za segmentaciju i binarizaciju digitalnih uzoraka materijalnih epruveta (bilo kod materijala) sa kojih se pomoću algoritama za analizu sadržaja slike mogu dobiti relevantne informacije za opis iste kako u kvalitetnom tako i u kvantitetnom smislu (Newman, 1995; Wibowo, 2010; Adhikari i drugi, 2012).

Digitalna obrada slike predstavlja skup metoda za obradu slike pomoću računara, odnosno u širem smislu termina obradu bilo kakvih dvodimenzionalnih podataka. Počeci primene digitalne obrade slike se sežu sve do dvadesetih godina prošlog veka, dok sa značajnijom finansijskom podrškom primena počinje sa istraživanjem svemira. Intenzivni razvoj elektronike i računarske tehnike su otvorile mogućnosti primene u medicini, fizici, astronomiji, biologiji, kriminalistici, metalurgiji, geologiji, arheologiji, a u poslednjih decenija i u robotici, kontroli proizvoda u industriji, u sistemima za automatsko upravljanje, tako da danas za pojam digitalne obrade slike se veže i pojam interdisciplinarnosti (Efford, 2000; Popović, 2006).

Ne postoji jasna granica između oblasti digitalne obrade slike i mašinskog vida (*eng. computer vision*). Prema jednoj vrlo uskoj definiciji, digitalna obrada slike se može okarakterisati kao tehnička disciplina u kojoj su i ulazni i izlazni podaci u obliku slike. Međutim, koliko ova definicija veštački postavljena ukazuje i činjenica da po toj definiciji čak ni određivanje srednje vrednosti intenziteta slike ne bi bilo u domenu digitalne obrade slike. Sa druge strane, u nekim oblastima mašinskog vida osnovni cilj je oponašanje ljudskog posmatranja, uključujući učenje i sposobnost zaključivanja/donošenja odluka kao i preuzimanja odgovarajućih akcija na osnovu vizuelnih ulaznih podataka što već spada u domen veštačke inteligencije (González i Woods, 2002; Popović, 2006). Pored pojmova digitalne obrade slike i mašinskog vida neophodno je pomenuti i pojam digitalne analize slike, koji je isto važan segment primene računarskih resursa u procesima proizvodne industrije.

Digitalna obrada slike prema tome se može definisati kao oblast računarske obrade vizuelnih informacija pri čemu rezultat obrade može biti nova slika (prikazana na neki način) ili neki numerički podatak o obrađenoj slici. Njeno jasno pojmovno diferenciranje od mašinskog vida se može izvršiti na osnovu kompleksnosti operacija uključenih u realizaciju postavljenih zadataka. Pa tako, primenjene računarske tehnike su podeljene u tri grupe ili nivoa po težini zadatka (González i Woods, 2002, Popović, 2006):

- U prvu grupu ili najniži nivo složenosti operacija spadaju najjednostavnije operacije, a to su operacije za poboljšavanje i restauraciju slike, kompresija istih kao i obrada slike u boji. Karakteristično za ovu grupu da su i ulazni i izlazni podaci u obliku digitalnih slika.
- Drugu grupu ili srednji nivo formiraju operacije za segmentaciju, morfološke obrade (kao što su dilatacija i erozija, izdvajanje granice objekta), podele slike na objekte, opis tih objekata u obliku pogodnim za dalju računarsku obradu, kao i njihovu klasifikaciju. Rezultati ovih operacija su generalno atributi ulaznih slika kao što su ivice, konture, pojedinačni objekti i slično.
- Treću grupu čine operacije razumevanja skupa izdvojenih objekata sa konačnim ciljem prepoznavanja tih izdvojenih objekata na osnovu vizuelnog impulsa.

Po savremenim shvatanjima u oblasti digitalne obrade slike spadaju operacije prve i druge grupe, dok je područje digitalne analize slike (*eng. image analysis, image understanding*), stoji između oblasti digitalne obrade slike i mašinskog vida.

2.2.3. Primena digitalne obrade slike

Problematika prepoznavanja oštećenja i praćenje vidljivih površinskih promena kao i kontrole kvaliteta raznih površina je u žiži interesovanja i u drugim granama industrije. Metode detekcija linije prskanja ili pucanja na betonskim elementima građevinskih objekata, na mostovima i putevima, tunelima, na čeličnim konstrukcijama sa slojem zaštitnog premaza protiv korozije, detekcija neujednačenosti teksture i površinskih grešaka u tekstilnoj i drvenoj industriji su samo neki od primera objektivne vizuelne kontrole (Newman, 1995; Strouthopoulos i Papamarkos, 2000; Xia i Hutchinson, 2000; Cheng i drugi, 2001; Shouche i drugi, 2001; Aguilar i drugi, 2004; Bialas i drugi, 2005; Lee i drugi, 2006; Ng, 2006; Takemetoyo i drugi, 2007; Park i drugi, 2009; Chen i Hutchinson, 2010; Wibowo, 2010; Barbieri i drugi, 2011; Adhikari i ostali, 2012). Isto tako, postoji veliki broj uspešnih implementacija računarskih elemenata u kontrolne procese konvencionalnih tehnike štampe kao što je tabačna i rotaciona ofset štampa (Bergman i drugi, 2005; Fahlcrantz, 2005; Shang i drugi, 2007; Englund i Verikas, 2008; Sadovnikov, 2010; Bergman i drugi, 2011; Verikas i drugi, 2011) ili pak sito štampe (Hewage, 2011), ali takođe postoje primeri i za digitalnu tehniku (Tchan i drugi, 2000; Streckel i drugi, 2003).

Pregledom literaturnih izvora iz predmetne oblasti je utvrđeno da vizuelna kontrola oštećenja premaznih papira se može povezati tematski sa detekcijom naprslina ili linija prekida materijala (oštećenja koja se javljaju za vreme upotrebe proizvoda ili objekta), detekcijom grešaka u toku proizvodnje (procesna i završna kontrola proizvoda) odnosno sa

kvantifikacijom strukturnih parametara objekata od interesa, koji se dobijaju analizom digitalnih slika. Zbog prostornih ograničenja, u nastavku su dati samo najznačajniji primeri pre svega iz područja kontrole kvaliteta premaznih papira kao i detekcija sitnih, pretežno jednobojskih elemenata.

Strukturne karakteristike premaznih papira predstavljaju takođe značajnu primenu računarskih sistema u papirnoj industriji. Mogućnosti objektivnih analiza debljine nanosa premaza i baznog papira, topografskih karakteristika (Dahlström i drugi, 2008), karakterizacija, distribucija baznih, pomoćnih pigmenata i šupljina u strukturi premaza (McMahon, 2000; Kugge i drugi, 2004; Lucia i drugi, 2006, Gélinas i Vidalm, 2010; Ström i drugi, 2010; Dahlström, 2012), penetracija premaznih materijala u strukturu baznog papira (Kritzinger i drugi, 2011) kao i 3D analiza premaza (Donoser i drugi, 2005) u velikoj meri su unapredili proizvodne karakteristike premaznih papira. Chinga-Carrasco (2002) u okviru svoje doktorske teze se detaljno bavio strukturnim analizama premaznih slojeva LWC papira (lako premazani, srednjefini papiri) pomoću digitalne obrade slika sa SEM mikrografova. Pomoću Scion Image programa za obradu digitalnih snimaka koristeći operacije poboljšavanja slike (median filter) i segmentacije (ISO-data) i jednostavne matematičke operacije za određivanje debljine premaza, makro i mikrohrapavosti istih, raspoređivanja korišćenih pigmenata i šupljina u premazu, poroznosti baznog papira i slično. Pored navedenih, bavio se i ispitivanjem uticaja strukturnih parametara premaznih papira na kvalitet reprodukcije i neujednačenost štampe, a svoja istraživanja je nastavio i u narednim godinama (Chinga-Carrasco i drugi, 2008; Chinga-Carrasco, 2011). Za razliku od Chinga-Carrasco (2002), Dahlström (2012) za potrebe svojih istraživanja (mikroskopska analiza ujednačenost premaznih papira) je koristila programske pakete Matlab i ImageJ sa ugrađenim ili sa dopunskim algoritmima za pripremne operacije (linearizacija histograma, segmentacija i slično) i analize digitalnih slika premaznih papira (debljina premaza, distribucija veziva i šupljine u premazu).

Drugi značajan vid upotrebe računarskih sistema jeste analiza efektivnosti uklanjanja boje sa celuloznih vlakana u procesu recikliranja papira, koja oblast svakim danom postaje sve značajnije područje primene. U većini slučajeva se primenjuju operacije digitalne obrade slike sa ciljem kvantifikacija posmatranih parametara i to prema zahtevima postojećih standarda za utvrđivanje količine nečistoće u papiru po TAPPI T437 i T563 (broja vidljivih nečistoća u papiru sa površinom većih od 0.02 mm² detektovanih na posmatranoj površini), ili pak po TAPPI T567 i ISO 9416 (primenjuju indirektnu metodu određivanja efektivne koncentracije zaostale boje pomoću Kubelka-Munk formule). Primena in-line inspekcije (Corcadden i Trepanier, 2006), specifičnosti pri digitalizaciji uzoraka, (Gong i drugi, 2012), primena različitih tretmana u procesima uklanjanja boje (Barbarić-Mikočević i drugi, 2013) su samo neki od mnogobrojnih primera. Detaljan pregled u datoj temi je dat u (Gong, 2013).

3. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja je objektivna vizuelna kontrola otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju pri savijanju. Kako, površinska oštećenja koja se javljaju pri savijanju, često ne utiču samo na estetski izgled gotovog proizvoda već i onemogućavaju samu upotrebu proizvoda, jasno je da unapređenje kvaliteta premaznih papira u smislu otpornosti prema površinskom oštećenju kao i procesna kontrola kvaliteta prilikom savijanja su od izuzetnog značaja. Prema aktuelnim literaturnim izvorima može se zaključiti, da računarsko potpomognuta vizuelna analiza postaje sve značajnija u istraživanjima uticajnih parametara proizvodnje i prerade premaznih papira, ali primena te metode nije uniformisana i kao takva nije adekvatna za automatizaciju niti za integraciju u neki kompleksniji proizvodni sistem. Unapređenje objektivne metode, sa ciljem ponovljivosti merenja i uporedljivosti rezultata, stoga je od velikog značaja.

Osnovni cilj istraživanja je unapređenje objektivne vizuelne kontrole premaznih papira u procesu savijanja pomoću digitalne analize slike. Trenutna primena vizuelne kontrole premaznih papira pomoću računarskih i programskih resursa obuhvata analizu digitalizovanih materijalnih epruveta (slika savijanih papira) u cilju dobijanja jednog parametara za kvantitativno opisivanje oštećenja premaza. Pri trenutnoj primeni vizuelne analize priprema materijalnih uzoraka, predmet posmatranja, način digitalizacije, metode obrade i analize samih slika, kao i mehanizam dobijanja parametra se razlikuje od slučaja do slučaja. Sa unapređenjem objektivne vizuelne kontrole kvaliteta površine premaznih papira, te razlike bi svele na minimum što bi omogućio veću uniformnost pri izvođenju ispitivanja tako i ponovljivost dobijenih rezultata.

Za realizaciju osnovnog cilja, neophodno je definisati podciljeve istraživanja koja treba da obuhvataju:

- Razvoj metodologije pripreme i digitalizacije materijalnih uzoraka sa posebnim osvrtom na mogućnost opšte primene po mogućnosti svih postupaka radi smanjenja uticaja specifičnosti primenjenih aparata, alata, instrumenata.
- Razvoj automatskog algoritma za pripremnu obradu slika, tj. digitalizovanih uzoraka sa osnovnim zadatkom da konačna, segmentirana slika što preciznije opisuje realnu sliku ispucale površine.
- Definisanje dodatnih objektivno merljivih obeležja digitalizovanih uzoraka radi formiranja potpunije slike o prirodi površinskih oštećenja premaznih papira u toku savijanja.
- Provera primenljivosti predloženih koncepata odvijanja procesa objektivne vizuelne kontrole kroz uporednu analizu rezultata dobijenih pomoću primenjenih i kontrolnih metoda.

3.1. Način rešavanja postavljenog zadatka

Nakon definisanog cilja rada može se pristupiti definisanju načina rešavanja postavljenog zadatka koji treba da se ogleda u izradi detaljnog plana rada teorijskog i eksperimentalnog istraživanja.

Program procesa rešavanja postavljenog cilja treba da obuhvata sledeće:

- Definisanje parametara pripreme uzoraka koji se mogu primeniti u svim odabranim metodama digitalizacije materijalnih uzoraka. U okviru ove tačke, neophodno je utvrditi osnovni skup preduslova koja konceptualno prate izradu materijalnih uzoraka (obojavanje ispitane površine pre savijanja i sam proces savijanja), veličinu posmatrane površine (po mogućnosti treba da odgovara svim metodama digitalizacije), zatim i varijabilne uslove koje se izučavaju u delu eksperimentalna istraživanja kao što je ugao postavljanja i broj uzoraka na slici (pod različitim uglovima se posmatraju samo pojedinačni uzorci, dok kod potpuno savijenih papira se odjednom ispituje više uzoraka).
- Utvrđivanje osnovnih podešavanja sistema digitalizacije za formiranje adekvatnih digitalnih zapisa sa materijalnih uzoraka. Pri definisanju podešavanja potrebno je voditi računa o mogućnosti opšte primene (uslov o nezavisnosti tipa i modela uređaja u datoj kategoriji), kao i o izbegavanju naprednih funkcija primene savremenih uređaja za digitalizaciju, koji su često ugrađeni da olakšavaju svakodnevnu upotrebu ali mogu značajno uticati na rezultate istraživanja (automatsko izoštravanje, kompresija, balans bele, kompenzacija sferne distorzije).
- Razvoj odgovarajućeg algoritama za obradu slike radi dobijanje adekvatne podloge (segmentirane slike) za detaljnu analizu destrukcije površine premaznih papira na konkretnim uzorcima kao i izbor relevantnih obeležja digitalnih slika za primenu u objektivnoj analizi kvaliteta premaznih papira. Formiranje potpuno automatskog algoritma za obradu i analizu digitalizovanih materijalnih uzoraka je jedan od ključnih zadataka ove disertacije. Sa potpuno automatizovanim algoritmom greške sistema, koje potiču od subjektivnosti ljudske interakcije pri analizi, će se svesti na najmanji mogući nivo.
- Utvrđivanje podobnosti upotrebe definisanih parametara pripreme materijalnih epruveta, digitalizacije istih kao i analiziranih obeležja snimljenih slika vršiće se pomoću uporedne analize dobijenih rezultata objektivne vizuelne kontrole i osnovnih ispitivanja mehaničkih karakteristika premaznih papira među kojima je najznačajnija zaostala zatezna čvrstoća, ali za dodatnu vršiće se određivanje otpornosti na prskanje po Mullen-u u dve modifikacije primene.

Definisanje toka eksperimenta i načina uzorkovanja, definisanje adekvatnih statističkih metoda za obradu i analizu dobijenih rezultata kao i prezentovanja istih obezbediće podlogu za induktivno izvođenje značajnih zaključaka o hipotezi rada.

3.2. Očekivani rezultati i njihov značaj

Rezultati, koji se očekuju analizom uticajnih parametara pripreme materijalnih uzoraka i digitalizacije istih na odabrana obeležja analizirane slike (i to sa posebnim osvrtom na statističku značajnost razlike između dobijenih rezultata), formiraće podlogu za odabir optimalnog skupa parametara radi dobijanja kvalitetnih digitalnih uzoraka za dalju analizu. Parametri pripreme i obrade uzoraka će se izvoditi uz precizno definisanje svih neophodnih uslova, kako bi se smanjile merne greške i da bi time dobijeni rezultati mogli što tačnije prikazati stepen primenljivosti pojedinih sistema pripreme i digitalizacije uzoraka, kao analize obeležja slike u konkretnim proizvodnim uslovima. Uporednom analizom rezultata predloženih obeležja digitalnih slika formiranih sa konkretnih materijalnih uzoraka i rezultata osnovnih mehaničkih ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja pri savijanju očekuju se odgovori na pitanja da li su odabrana obeležja reprezentativna za kvantitativnu i kvalitativnu analizu. Faktori determinacije odnosno Pirsonovi koeficijenti linearne korelacije između rezultata referentnih metoda i vizuelnih ispitivanja utvrdiće mogućnost primene vizuelne kontrole na bazi digitalne analize slike kao objektivne metode ispitivanja ponašanja premaznih papira u toku savijanja i otpornosti istih na površinsku destrukciju pri povišenim naponskom opterećenju.

Značajnost rezultata se ogleda u unapređenju trenutno primenjene objektivne vizuelne kontrole kvaliteta otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju. Unapređenjem vizuelne kontrole direktno će se uticati na uniformnost izvođenja eksperimenta i na ponovljivost dobijenih rezultata, što je prvi korak ka standardizaciji procesa i ka integraciji u kontrolni, razvojni i proizvodni proces grafičke i papirne industrije. Pored spomenutih konkretnih primena dobijenih rezultata, predloženi algoritam za pripremnu obradu i analizu digitalizovanih uzoraka, kao i definisana obeležja kvalitativne i kvantitativne analize destrukcije površine obogatiće bazu računarskih i programskih sistema u datoj tematskoj oblasti, pa i šire, i predstavljaće podlogu za dalji razvoj i primenu u drugim segmentima proizvodne industrije.

4. Hipoteza istraživanja

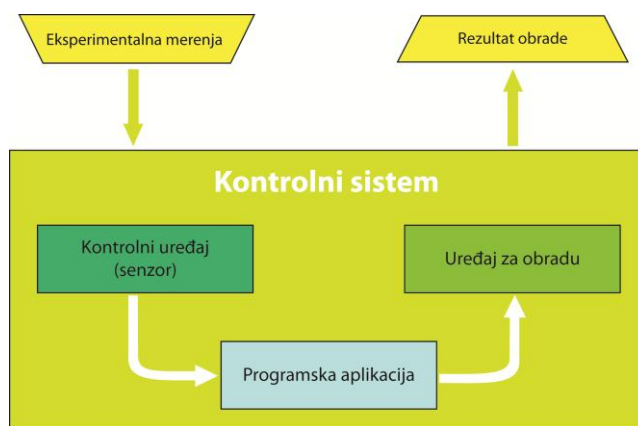
Pregledom aktuelnih istraživanja u oblasti ispitivanja kvaliteta premaznih papira, stečeno je znanje o prethodnim i trenutnim stavovima i shvatanjima u istraživačkoj oblasti, sa posebnim akcentom na ispitivanju ponašanja premaznih papira u toku savijanja primenom različitih metoda ispitivanja površinske destrukcije, odnosno na primeni digitalne analize slike u raznim oblastima procesne industrije u funkciji kontrole kvaliteta. Formirane su osnovne smernice za teorijsko razmatranje (najvažnijih) parametara objektivne vizuelne kontrole premaznih papira kao i pristup unapređenju kvantitativne i kvalitativne karakterizacije površinskog oštećenja premaznih papira u toku savijanja.

Na osnovu rezultata aktuelnih istraživanja moguće je definisati hipotezu istraživanja da je *moguće razviti model objektivne kontrole površinskih oštećenja premaznih papira u procesu savijanja kojim će se unaprediti kontrolni proces u realnim uslovima.*

Za dokaz hipoteze neophodno je realizovati prethodno postavljene ciljeve, stoga eksperimentalna istraživanja će se usmeriti ka utvrđivanju optimalnih parametara pripremnih procesa kao i procesa digitalizacije materijalnih uzoraka, razvoju i testiranju algoritma za pripremu i analizu digitalnih slika odnosno proveru primenljivosti obeležja digitalnih uzoraka u funkciji objektivno okarakterisane površine čije povezivanje će stvoriti model objektivne kontrole. Za rezultate dobijenih i statistički obrađenih u okviru eksperimentalnih istraživanja očekuje se doprinos svetskim istraživanjima u tematskoj oblasti.

5. Metodologija istraživanja

Pre nego što se pristupi prikazu plana rada i korišćenih metoda istraživanja dat je osvrt na konačnu funkciju primene objektivne vizuelne kontrole otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja u toku savijanja. U poslednjih nekoliko godina upotreba računara i softverskih alata za digitalnu obradu slike omogućila je iskorak u primeni kontrole, kao objektivne metode za procenu i karakterisanje oštećenosti površine premaznih papira pri savijanju. Kao krajnji cilj primene računarskih resursa i programskih aplikacija jeste unapređenje procesa proizvodnje grafičkih proizvoda pomoću in-line kontrole kvaliteta savijanja. Za takav jedan sistem se predviđa autonomno izvršavanje operacija procesne kontrole na osnovu digitalne slike materijalnih uzoraka (formiranih pomoću senzora) uz primenu adekvatnih programskih aplikacija za obradu tih slika i analizu njihovog sadržaja radi dobijanja kvantitativnih i kvalitativnih procena kvaliteta operacija savijanja. Na osnovu tih procena kvaliteta uz pomoć odgovarajuće aplikacije vrši se evaulacija kvaliteta same obrade i po potrebi odgovarajuća podešavanja same obrade. Pojednostavljen prikaz jednog takvog sistema je dat na slici 5.1.



Slika 5.1 – Šematski prikaz primene računarskih i programskih resursa u in-line sistemu procesne kontrole

Za realizaciju datih zadataka je neophodno uključiti odgovarajuće računarske tehnike od kojih neke spadaju u domen digitalne obrade slike, druge u oblast mašinskog vida ili pak veštačke inteligencije. Ukoliko uz to se dodaju i uticajni parametri pripreme materijalnih epruveta, odabira senzora i podešavanja pri procesu digitalizacije kao i formiranja relevantnih obeležja za objektivno definisanje kvaliteta savijanja lako se uviđa da uprkos jednostavnim šematskim prikazu, složenost problematike uz veliki broj uticajnih parametara prevazilazi mogućnosti i razumne okvire jedne disertacije. Pa tako, u ovoj disertaciji su uključeni samo najznačajniji elementi celog sistema. Eksperimentalna istraživanja metodološki obuhvataju analizu varijabilnih faktora pripremnih procesa kao i procesa digitalizacije materijalnih uzoraka sa ciljem utvrđivanja seta optimalnih parametara pripremnih operacija. Isto tako, u okviru istraživanja je predviđen i razvoj algoritma za pripremnju obradu i analizu digitalnih slika, zatim i definisanje relevantnih obeležja digitalizovanih uzoraka kao i provera primenljivosti predloženih obeležja u funkciji objektivne analize oštećenih površina premaznih papira. Ovde je neophodno

napomenuti da će razvijeni algoritam će zadovoljavati osnovne kriterijume postavljene u funkciji jednostavnosti izvođenja digitalne obrade slike i analize sadržaja, odnosno dobijanje brojčanih vrednosti definisanih obeležja. Za konkretnu primenu u realnim sistemima mora se izvršiti odgovarajuća adaptacija algoritma kao i optimizacija procesa.

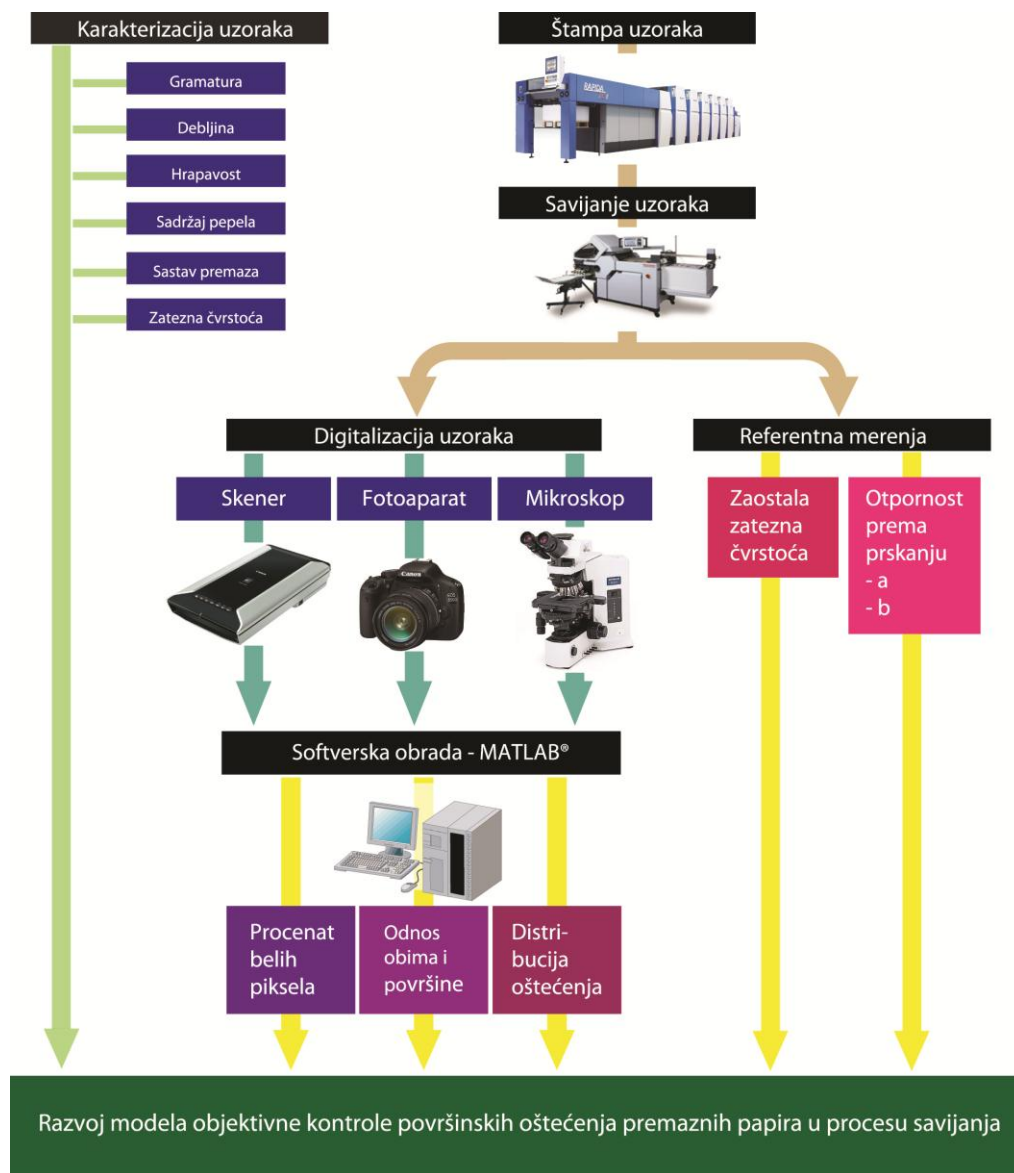
Racionalizacija eksperimenta i tehničke mogućnosti izvođenja nalažu da se određuje osnovni set predefinisanih parametara izrade materijalnih uzoraka, digitalizacije istih, zatim da se utvrde osnovni zahtevi prema algoritmu za pripremnu obradu i analizu destrukcije posmatrane površine premaznih papira. Izbor relevantnih obeležja digitalnih slika se bazira na strukturi površinskih oštećenja konkretnih uzoraka, ostavljajući prostor za buduće predloge novih obeležja za uzorke premaznih papira sa drugačijim sastavom premaza i baznog papira.

Analiza podobnosti upotrebe varijabilnih parametara pripreme uzoraka, digitalizacije kao i analiziranih obeležja snimljenih slika izvršena je pomoću uporedne analize rezultata objektivne kontrole i osnovnih ispitivanja mehaničkih karakteristika premaznih papira. Nakon eksperimentalne obrade uzoraka i kvantifikacije statističkih značajnih veličina dato je objašnjenje dobijenih rezultata.

5.1. Plan rada i metode istraživanja

Razradom plana rada eksperimentalnog dela formira se struktura potrebnih koraka za realizaciju postavljenih ciljeva istraživanja. Prikaz plana odvijanja procesa je dat grafički na slici 5.2.

Prva faza eksperimentalnog dela obuhvatiće kvantitativnu analizu relevantnih karakteristika materijalnih uzoraka (gramatura, debljina, sadržaj pepela, hrapavost, sastava premaznog sloja i zateznu čvrstoću). Ovim analizama se definišu parametri od interesa kod materijalnih uzoraka u cilju preciznog definisanja polaznih uslova izvođenja eksperimenata. U drugoj fazi, nakon štampe i savijanja uzoraka pristupiće se digitalizaciji, zatim i softverskoj analizi savijenih uzoraka. Paralelno sa digitalizacijom vršiće se i određivanje otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju pomoću objektivnih ispitivanja mehaničkih osobina papira (zaostale zatezne čvrstoće i otpornosti na prskanje po Mullen-u (dve modifikovane metode), formirajući tako bazu referentnih rezultata. U trećoj fazi eksperimenta, pomoću tih rezultata referentnih merenja će se proceniti podobnost različitih pripremnih parametara objektivne vizuelne kontrole kao i mogućnosti primene predloženih obeležja digitalizovane slike savijenih premaznih papira u procesima kontrole kvaliteta. Nakon eksperimentalne obrade uzoraka i kvantifikacije statističko značajnih veličina biće data analiza dobijenih rezultata.



Slika 5.2 – Šematski prikaz odvijanja toka eksperimenta

5.1.1. Predefinisani i varijabilni parametri izvođenja eksperimenta

Realizacija planiranog eksperimenta prethodi utvrđivanje predefinisanih i varijabilnih parametara značajnih za uspešno i racionalno izvođenje eksperimentalna istraživanja.

Premazni papir

Odabrani set premaznih papira treba da obezbeđuje reprezentativnu promenu u površinskim oštećenjima usled savijanja papira. Osnovna ideja za rešavanje datog zadatka je uzimanje papira iz iste proizvodne grupe datog proizvođača sa različitom gramaturom. Sa povećanjem gramature povećava se i debljina, stoga i količina očekivanih oštećenja (Barbier, 2002) kao i smanjenje zaostale zatezne čvrstoće (Colley, 1982a-b; Guyot i drugi, 1992; Rudat i drugi, 1993), tako savijeni uzorci u određenom stepenu trebalo bi da prate

trend linearnog povećavanja pojave oštećenja pri savijanju. Uticaj smera vlaknaca baznog papira potvrđeno u (Carlsson i drugi, 1982; SAPPI, 2006; Apro i drugi, 2008; Kim i drugi, 2010), jer zbog mehaničkog ponašanja baznog papira, očekuju se veće sile zatezanja na spoljašnjoj strani prevoja tako rezultujući veću (ukupnu) površinu oštećenja pri poprečnim savijanjem uzoraka. Prema tim izvorima, analiza smera vlaknaca odabranih premaznih papira će se uključiti u ovo istraživanje. Prema tehnološkim mogućnostima izvođenja eksperimenta, odabrani papiri su uzeti od komercijalno dostupnog proizvođača papira predviđeni za tabačnu ofset štampu. Predefinisane parametre papira kao ispitanog materijala stoga predstavljaju sastav premaza i kompozicija baznog papira i relativna vlažnost, dok su varijabilni parametri gramatura i smer vlaknaca.

Boja štampe

Jednoboju štampom polazna bela površina ispitanih papira se priprema za lakše i jednostavnije registrovanje oštećenja usled povećanog kontrasta. Prirodan izbor boje štampe diktirao bi odabir crne boje kao kontrastne boje. Ta boja je korišćena uglavnom pri vizuelnoj kontroli pri proizvodnim uslovima (Barbier i drugi, 2003; Gildöf i drugi 2004; UPM, 2008; Yang i Xie, 2011). Međutim u digitalnom zapisu, štampana crna boja često ne obezbeđuje potpuno zacrnjenje, pri čemu bi bilo neophodno korišćenje nekog mehanizma na povećanje kontrasta ili ujednačavanje histograma slike. Prednost digitalne obrade slike, pored toga što omogućava objektivne rezultate, jeste mogućnost upotrebe samo jednog kanala digitalizovane slike u boji (u našem slučaju RGB slike) za obezbeđenje potpune crne boje štampe uzoraka. Ta prednost se ogleda u primeni komplementarnih boja RGB i CMYK prostora boja, što su u (SAPPI, 2006; Rättö i Hornatowska, 2010a; Kim i drugi, 2010; Barbier i drugi, 2012) odnosno u (Sim i drugi, 2012) i koristili autori za filtriranje štampe u cijan i crvenoj boji. Preliminarne analize su ukazale da primena cijan boje bi bilo pogodnija s obzirom na to da je ona osnovna procesna štamparska boja sa standardom definisanim kolorimetrijskim vrednostima, dok bi crvenu boju dobili mešanjem osnovnih procesnih boja (Pál i drugi, 2013). Uz upotrebu cijan boje, jednostavnim izdvajanjem crvenog kanala iz slike u boji u RGB-modu dobija se crno-bela slika sa površinom štampe u apsolutnoj crnoj boji. Pri odabiru štamparske boje, predefinisani parametri su boja štamparske boje (cijan) kao i sastav štamparske boje (tip pigmenta, veziva, rastvarača, punila i ostalih dodataka su nepromenjeni). U okviru ovog istraživanja neće biti analizirani nikakvi posebni varijabilni parametri boje štampe.

Tehnika štampe

Prilikom odabira tehnike štampe za pripreme uzoraka neophodno je proveriti preporuke proizvođača papira. Naime, sastav premaza najčešće ne odgovara svakoj tehnici štampe, već samo za par tehnika, sličnih tehnoloških zahteva, prema tome treba odabrati odgovarajuću tehniku štampe za date papirne uzorke. Kako su odabrani uzorci papira predviđeni za tabačnu ofset štampu, primenjena tehnika štampe će biti tabačni ofset. Plan istraživanja ovoga rada uključuje samo predefinisane parametre odabira tehnike štampe. Odabrana je ofset tehnika, koja odgovara materijalnim uzorcima i svi uticajni parametri štampe, kao što je štamparska forma, procesni parametri štampe, sredstvo za vlaženje, sredstvo za prašenje, klimatski uslovi štampe, itd. su konstantni tokom pripreme uzoraka. Kvalitet štampe će se pratiti po ISO 12647-2 standardu, za tip papira 1.

Savijanje

Po analogiji odabira tehnike štampe, i pri izboru tehnike savijanja trebalo bi polaziti od činjenice za koje tehnološke sisteme je dati papir namenjen. Princip savijanja, brzina rada, način ulaganja i izlaganja, površinske karakteristike valjaka za savijanje, linijski pritisak između valjaka za savijanje su neki od mogućih uticajni parametri jednog složenog sistema za savijanje. S obzirom na ograničenje ispitanih kombinacija eksperimentalnog istraživanja i uslovi savijanja (kao i štampe) su planirano zadržani konstantnim (princip savijanja, brzina rada, ulaganje, izlaganje, pritisak). Jedino podešavanje na konkretnoj mašini za savijanje treba prati promenu debljine materijalnih uzoraka.

Sistem za digitalizaciju

Za potrebe digitalne obrade i analize, sa pripremljenih materijalnih uzoraka premaznih papira formiraju se digitalni zapisi/snimci ciljanih područja (područja od interesa). U okviru ovog istraživanja predviđeno je korišćenje tri različita uređaja za digitalizaciju: digitalni fotoaparata, stoni (ravan) skener i optički mikroskop. Izabrane metode digitalizacije se najviše razlikuju po načinu dobijanja digitalnog zapisa slike i u detaljima vidljivim na formiranim slikama. Tako različiti uređaji digitalizacije obezbeđuju različite izvorne slike, što sa jedne strane doprineće boljem sagledanju uzoraka, a sa druge strane omogućiće analizu pogodnosti metode digitalizacije. Digitalni fotoaparata daje prikaz savijenih epruveta premaznih papira u sličnom obliku i formatu kako bi ekspertni posmatrač golim okom mogao da vidi, odnosno u neku ruku omogućava simulaciju primene industrijske kamere za automatsku kontrolu. Nepogodnost ove metode je da zahteva difuzno osvetljenje od čega u velikoj meri zavisi kvalitet dobijenih digitalizovanih uzoraka. Ravan skener svojim karakteristikama obezbeđuje digitalizaciju celokupne površine od interesa sa većom rezolucijom od fotoaparata, a istovremeno obezbeđuje i potrebno osvetljenje, te sa ovom metodom digitalizacije se dobijaju kvalitetni digitalni prikazi uzoraka. Optički mikroskop sa ugrađenom kamerom za digitalni zapis posmatranih površina predstavlja treći planirani sistem za digitalizaciju, jer svojom funkcionalnošću omogućava kvalitativnu identifikaciju posmatrane površine uz najveće uvećanje testiranih uzoraka. Odabir navedenih sistema digitalizacije je vršeno na osnovu literaturnih nalaza (Yam i Papadakis, 2004; Sadovnikov i drugi, 2005; Rättö i Hornatowska, 2010a, Barbier i drugi, 2012; Sim i drugi, 2012; Apro i drugi, 2011; ISO 24790:2012; Apro i drugi, 2013; Pál i drugi, 2013).

Veličina posmatrane površine savijenih uzoraka

Definisanje veličine posmatrane površine je ključni momenat pripreme eksperimenta, jer sa jedne strane mora da pokriva dovoljno veliku površinu za analizu premaznih papira različitih debljina sa stohastičnim raspoređivanjem oštećenja na liniji savijanja, a sa druge strane mora zadovoljiti tehničke uslove digitalizacije kao i adekvatnu digitalnu obradu i analizu slike u realnom vremenu. Na osnovu pregledane literature (ISO 4628-2, 2003; Takemetoyo i drugi, 2007; Rättö i Hornatowska, 2010a; Barbier i drugi, 2012; Sim i drugi, 2012) i preliminarnih radova (Pál i drugi, 2013) utvrđena je površina posmatranja od 1 cm² sa dimenzijama od 4 x 25 mm, koja se usvaja kao predefinisani parametar u ovom istraživanju. Definisana površina u većini slučajeva odgovara postavljenim uslovima pokrivanja što veće, tj. duže površine linije savijanja uz odgovarajuću širinu, čineći

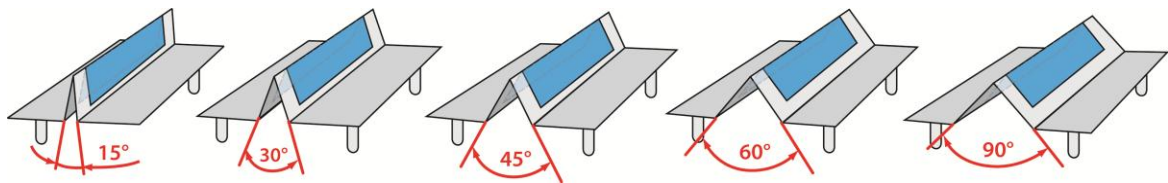
adekvatan „okvir“ i za papire većih gramatura, odnosno ta širina obezbeđuje dovoljan prostor za manipulisanje uzorcima, jer u toku digitalizacije je predviđeno da linija savijanja bude paralelna sa dužom stranom okvira i da se nalazi tačno po sredini, međutim pri realnim uslovima digitalizacije, takva preciznost se teško postiže. Odstupanja od definisanih dimenzija ciljane površine, zbog tehničkih razloga digitalizacije, se očekuju samo kod optičkog mikroskopa.

Podešavanja pri digitalizaciji i proces odvijanja digitalizacije

Podešavanja sistema i format zapisivanja digitalne slike su ključni parametri procesa digitalizacije u svim sistemima. Preliminarnom analizom je utvrđeno da konstantno i homogeno osvetljenje, isključenje svih naprednih i/ili automatskih funkcija za poboljšanje i modifikaciju izlazne slike, kao i zapisivanje uzoraka u formatu bez gubitaka informacija (BMP, TIFF, RAW ili izvorni-format) moraju predstavljati predefinisane parametre procesa digitalizacije, dok rezolucija digitalnog zapisa ciljanih područja predstavlja varijabilni parametar procesa digitalizacije, jer može uticati na konačan ishod/rezultat vizuelne analize. Na osnovu literaturnih nalaza u (Sadovnikov i drugi, 2005; Rättö i Hornatowska, 2010a; Barbier i drugi, 2012; ISO 24790:2012; Pál i drugi, 2013) su odabrane sledeće rezolucije skeniranja: 1200spi, 2400spi i 4800spi. Za udaljenosti fotografisanja uzoraka su utvrđene 3 dužine i one iznose 12 cm, 21 cm i 30 cm (Yam i Papadakis, 2004). Za optički mikroskop su prvo bila definisana 3 najmanja moguća uvećanja od 50x, 100x i 200x, ali preliminarnom analizom je utvrđeno da su uvećanja od 100x i 200x prevelika za dati zadatak. Prema tome, udaljenost snimanja kod optičkog mikroskopa neće biti varijabilni parametar.

Geometrijski položaj postavljanja uzoraka i broj uzoraka na jednoj digitalnoj slici

U pogledu realizacije najjednostavnije u ravnom, nesavijenom obliku postavljati uzorke pri digitalizaciji jer takav položaj ne zahteva neki specijalni držač epruvete (Rättö i Hornatowska, 2010a; Barbier i drugi, 2012; Pál i drugi, 2013), međutim takav položaj ne prikazuje oštećenja u pravom obliku. Savijeni proizvodi u većini slučajeva se koriste u savijenom obliku u kakvom i stižu do krajnjeg korisnika/potrošača, pa na osnovu toga digitalizacija uzoraka u ravnom položaju tj. sa unutrašnjim uglom od 180° ne može biti reprezentativna. Na osnovu literaturnih izvora je potvrđeno, da pored ravnog postavljanja korišćeni su i drugi, manji unutrašnji uglovi: 0° (Eklund i drugi, 2002; SAPPI, 2006; UPM, 2008), 30° (Sim i drugi, 2012), 45° (Yang i Xie, 2011), 90° (Gildöf i drugi, 2004). Po osnovnoj pretpostavci uticaj postavljanja savijenih uzoraka na količinu i površinu detektovanih oštećenja na konačne rezultate digitalne analize je značajan zbog samog izgleda uzoraka savijenih pod različitim uglovima: pri uglu od 0° su oštećenja „najotvorenija“ dok sa povećavanjem ugla, tj. sa otvaranjem savijanih listova, površina oštećenja se postepeno zatvara prema tome unutrašnji ugao postavljanja epruvete pri digitalizaciji predstavlja u ovom istraživanju varijabilni parametar. Analizirani uglovi su: 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90° i 180°. Na slici 5.3 su prikazani uglovi 15°-90°. Broj papirnih epruveta na jednoj digitalnoj slici uslovljen unutrašnjim uglom postavljanja istih pri digitalizaciji: kod potpuno savijenih uzoraka (sa unutrašnjim uglom od 0°) moguće poredati više uzoraka u digitalni „okvir“ (slaganjem uzoraka jedan na drugi), dok kod ostalih uglova (15° - 180°) jedna epruveta će biti digitalizovana na jednoj slici.



Slika 5.3 – Primeri definisanih uglova postavljanja uzoraka pri digitalizaciji

Broj digitalnih uzoraka

Struktura mreže vlakanaca i izražena anizotropnost papira zahteva veći broj uzoraka pri ispitivanju raznih mehaničkih karakteristika. Na primer za određivanje zatezne čvrstoće po standardu ISO 1924-2 se uzima 10-10 uzoraka po smerovima vlakanaca papira. Kako savijanje predstavlja takođe mehaničko opterećenje papira, po analogiji standarda ISO 1924-2, najmanje 10 uzoraka bi trebalo digitalizovati po smerovima savijanja. Međutim, specifičnost premaznih papira, da se stohastično dolazi do površinske destrukcije ukazuje na potrebu analize više uzoraka, jer kako su i rezultati pokazali u (Gildöf i drugi, 2004; Yang i Xie, 2011; Sim i drugi, 2012) relativno mala površina posmatranja sa manjim brojem epruveta (4-8 po smeru vlakanaca) ne može dati reprezentativan set uzoraka za adekvatnu statističku analizu. Preliminarnim analizama je utvrđeno da 20 digitalnih uzoraka predstavlja kompromisno rešenje između tehničkih mogućnosti izvođenja ispitivanja (brzina rada, količina podataka za obradu) i osnovnih zahteva statističkih tehnika u pogledu veličine uzoraka (najčešće grupe sa $n < 30$ su definisane kao male grupe). Broj digitalnih uzoraka prema tome biće predefinisani parametar i iznosiće 20.

5.1.2. Metode ispitivanja osnovnih karakteristika premaznih papira

Ovim metodama se definišu parametri od interesa kod materijalnih uzoraka u cilju preciznog definisanja polaznih uslova izvođenja eksperimenata.

Ispitivanja osnovnih/opštih karakteristika odabranih premaznih papira se vrši prema odgovarajućim SRB, ISO i TAPPI standardima. U tabeli 5.1 je dat pregled ispitanih osnovnih karakteristika sa odgovarajućim standardima.

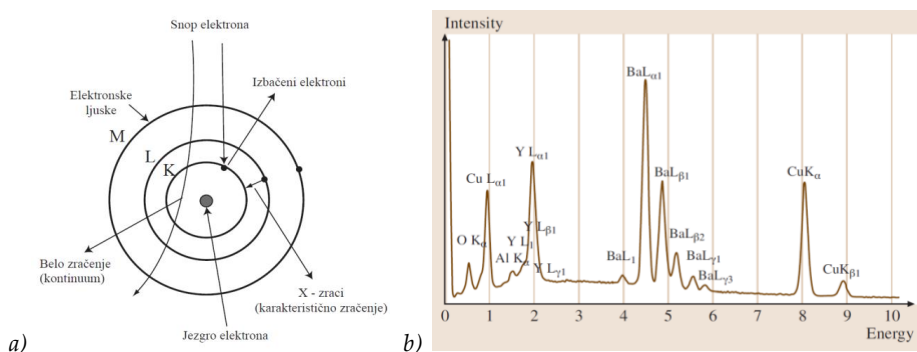
Tabela 5.1 – Ispitane osnovne karakteristike i odgovarajući standardi

| Karakteristika | Standard |
|--------------------------|--|
| Gramatura | SRPS ISO 536:1997 - Papir i karton - određivanje gramature |
| Debljina | SRPS EN ISO 534:2008 - Papir i karton — Određivanje debljine, gustine i specifične zapremine |
| Hrapavost | SRPS ISO 8791-2:1993 - Određivanje hrapavosti/glatkosti (metode propuštanja vazduha) - Deo 2: Metoda po Bensenu |
| Sadržaj pepela | T 211 om-93 – TAPPI, Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C |
| Otpornost prema prskanju | JUS H.N8.210:1983 – Određivanje otpornosti prema prskanju po Mullen-u |
| Zatezna čvrstoća | SRPS ISO 1924-1:1997 - Određivanje svojstava pri zatezanju - Metoda sa konstantnom brzinom primenjenog opterećenja |

Određivanja sastava premaznog sloja se vrši pomoću EDS analize (eng. *Energy Dispersive Spectroscopy* – energetska disperzivna spektroskopija) na SEM mikrografima (eng. *Scanning Electron Microscope* - skenirajući elektronski mikroskop) poprečnih preseka uzoraka premaznih papira (Chinga, 2002, Modgi i drugi, 2006).

Zbog mogućnosti različitih tipa analize, SEM predstavlja jednu od najviše korišćenih metoda za karakterizaciju površine materijala. Opseg uvećanja se kreće od 10x sve do 500.000x ili 1.000.000, a sa detektorom za EDS analizu SEM omogućava i precizno određivanje hemijskog sastava materijala na posmatranoj površini. SEM metoda umesto snopa svetlosti koristi snop elektrona visoke energije za generisanje različitih signala na površini čvrstih uzoraka. Ukoliko elektroni iz snopa izbijaju elektrone iz atoma (spoljašnjih elektronskih omotača atoma) na površini uzoraka nastaju sekundarni elektroni (*SE - Secondary Electron*), dok elektroni iz snopa koji se odbijaju nazad od posmatrane površine postanu elektroni povratnog raspršenja ili odbijeni elektroni (*BSE Back Scatter Electron*). Podaci o izgledu površine dobijaju se registracijom sekundarnih i odbijenih elektrona. Sekundarni elektroni obezbeđuju prikaz površine u velikoj rezoluciji, pri čemu je kontrast na slici posledica topografije uzoraka. Za razliku od sekundarnih elektrona, odbijeni elektroni sliku uzorka formiraju na osnovu hemijskog sastava uzoraka u nijansama sive gde boje odgovaraju atomskim težinama atoma (Brandon i Kaplan, 2008). Prilikom izbijanja elektrona iz elektronskog omotača atoma, nastaje prazno tzv. vakantno mesto, koje se zatim popuni elektronom iz druge elektronske ljuske više energije pri čemu dolazi do emisije rendgenskih ili X-zraka (Slika 5.4a). Energija tako nastalog X-zračenja je specifična za svaki pojedini hemijski element, stoga je moguće izvršiti hemijsku analizu detekcijom X-zračenja. Ta metoda hemijske analize se naziva energetska disperzivna spektroskopija - EDS. EDS analizom se mogu detektovati atomi sa atomskim brojem od 4 do 92, a područje analize može biti tačka (prečnika 1 μ m), linija ili neka definisana površina (Czichos i drugi, 2006; Brandon i Kaplan, 2008).

Kvalitativnom analizom se teži tome da se odredi prisutnost određenih elemenata u uzorku, temeljeno na njihovim karakterističnim vrhovima unutar dobijenog spektra X-zračenja. Spektar se dobija iscrtavanjem broja X-zraka na vertikalnoj, a energije na horizontalnoj osi. Vrhovi na spektru odgovaraju elementima prisutnim u uzorcima. Na slici 5.4b je dat primer jednog spektra X-zračenja (Czichos i drugi, 2006).



Slika 5.4 – Princip stvaranja X-zraka pri EDS analizi (a) i primer spektra EDS analize (Czichos i drugi, 2006)

Ispitani uzorci za SEM i EDS analizu trebalo bi da imaju elektroprovodljivu površinu kako bi izbeglo nagomilavanje naboja na površini uzorka, a time i značajna degradacija kvaliteta slike. Na uzorke, čija površina nije elektroprovodna, procesom neparavanja se nanosi tanak sloj zlata, ugljenika, legure zlato-paladijum, volframa, bakra, itd. (Czichos i drugi, 2006; Brandon i Kaplan, 2008).

Metoda EDS analize zbog brzine i relativno pouzdanih rezultata ima vrlo široku upotrebu u raznim istraživačkim poljima, mada kao svaka druga metoda i ona ima nedostatke. Najznačajniji je da usled velikog broja interakcija koje se mogu javljati između karakterističnih X-zraka i atoma uzoraka, ova kvantitativna analiza je vrlo kompleksna (Czichos i drugi, 2006; Brandon i Kaplan, 2008).

5.1.3. Metode ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja

Metodama ispitivanja premaznog papira u pogledu otpornosti na savijanje će se dobiti baza referentnih rezultata za procenu podobnosti posmatranih parametara pripreme, digitalizacije, obrade uzoraka kao i mogućnost primene raznih obeležja digitalizovane slike. U nastavku su navedene korišćene metode.

5.1.3.1. Zaostala zatezna čvrstoća

Određivanje zaostale zatezne čvrstoće predstavlja jednu od najčešće korišćenih metoda provere otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju u procesima savijanja (Colley, 1982a-b; Guyot i drugi, 1992; Rudat i drugi, 1993; Jopson i Towers, 1995; Barbier i drugi, 2003; Salminen i drugi, 2008a-b; UPM, 2008; Alam i drugi, 2009; UPM, 2010).

Osnovna ideja primene zaostale zatezne čvrstoće u funkciji predviđanja sklonosti papira prema površinskom oštećenju dolazi iz odeljenja za rotacionu štampu. Naime, visoke temperature sušenja štamparske boje u kombinaciji sa lakopramaznim papirima niske gramature često prouzrokuju oštećenja papira pri savijanju. Tipična greška prekida papira po liniji savijanja je prikazana na slici 5.5. Operateri rotacionih mašina često su primorani da na licu mesta provere kvalitet tj. jačinu papira, odštampanog i savijenog tabaka. prethodno savijeni tabaci se otvaraju po sredini i tako polože na ravnu površinu stola, gde operater rukama pritiskajući sa leve i sa desne strane linije savijanja, rasteže papir, tj. primenjuje blagu silu zatezanja približno normalno na liniju prevoja. Ukoliko uz uloženi manji napor se tabak razdvoji po liniji savijanja to je pokazatelj niskog kvaliteta savijenog papira i da će konačan proizvod u velikoj verovatnoći imati funkcionalne greške. Ovo jednostavno subjektivno testiranje je presađeno u metodu određivanja zaostale zatezne čvrstoće pomoću mernih instrumenata (Barbier i drugi, 2003; UPM, 2008; Yang i Xie, 2011; Fogra, 2014).



Slika 5.5 – Izgled greške prekida papira nakon savijanja u rotacionoj štampi (Fogra, 2014)

U (Holik, 2013) je dat opis Brecht-Wesp-ove metode (originalno objavljeno u *Brecht, W., and Wesp, A.: A New Method for Testing Folding Strength, Das Papier 6: 443, 1952*), po kojoj se otpornost na savijanje/izdržljivost pri savijanju/ takođe se može ispitati pomoću zatezne čvrstoće. Po pomenutoj metodi na ispitanim uzorcima pomoću pari valjaka za savijanje formira se oštar prevoj i to se ponavlja 50 puta na istom mestu. Nakon toga se odredi zatezna čvrstoća kako savijenih tako i nesavijenih uzoraka, a njihov odnos je definisan kao otpornost na savijanje (izdržljivost pri savijanju) po Brecht-Wesp-u (Holik, 2013).

Zaostala zatezna čvrstoća se određuje merenjem sile kidanja nesavijenih i savijenih uzoraka papira po ISO 1924-1, i njihovim međusobnim odnosom prema (Salminen, 2009b, izvorno je definisano u metodi Dow EU40):

$$RT = \frac{TS_{savijen}}{TS_{nesavijend}} * 100 [\%] \quad (7)$$

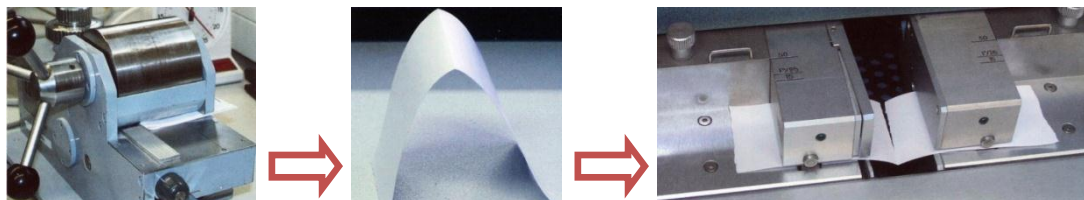
gde je: RT - zaostala zatezna čvrstoća,
 $TS_{savijen}$ - zatezna čvrstoća savijene epruvete,
 $TS_{nesavijend}$ - zatezna čvrstoća nesavijene epruvete.

Mora se napomenuti da zatezna čvrstoća za papirne proizvode se definiše kao sila kidanja po širini epruvete i izražava se u kN/m, za razliku od pojma zatezne čvrstoće u drugim granama proizvodne industrije (gde se maksimalna sila kidanja se deli sa površinom poprečnog preseka) (Ek i drugi, 2009; Holik, 2013). Prema izloženom se vidi da izjednačenje pojmova zaostale zatezne čvrstoće i zaostale sile kidanja je opravdano i pored toga što se radi o procentualnom odnosu. Otuda, u daljem tekstu će se koristiti termin zaostala zatezna čvrstoća.

Prilikom izvođenja eksperimenta, jedan set uzoraka se prvo savija (nekom tehnikom) u oba pravca vlakanaca papira (paralelno i poprečno), zatim se određuju sile kidanja i savijenih i nesavijenih uzoraka. Šematski prikaz procesa je dat na slici 5.6.

U ovom istraživanju, merenje sile kidanja će se vršiti prema standardu ISO 1924-1 (Određivanje svojstva papira pri zatezanju - metoda sa konstantnom brzinom primenjenog opterećenja). Dimenzije epruveta, i savijenih i nesavijenih uzoraka odgovaraju instrukcijama datog standarda i iznose 15 x 250 mm (za standardno ispitivanje sa

razmakom između čeljusti od 180 mm), pri čemu na uzorcima od savijenih papira, linija prevoja treba da se nalazi približno na sredini epruvete. Predviđeno je testiranje najmanje 20 uzoraka po kombinaciji varijabilnih parametara: gramatura, smer vlakanaca papira, savijanjem/bez savijanja, što će rezultovati ukupno najmanje 400 uzoraka.



Slika 5.6 - Koraci odvijanja procesa određivanja zaostale zatezne čvrstoće nakon savijanja (UPM, 2008)

5.1.3.2. Otpornost prema prskanju

Otpornost papira prema prskanju je izuzetno bitno svojstvo, pre svega, ambalažnih papira. Predstavlja otpornost pritegnute epruvete papira kružnog oblika i definisane površine prema ravnomerno rastućem pritisku koji deluje na jednu stranu epruvete do trenutka probijanja (prskanja). Izražava se u kPa. Pritisak potreban za probijanje epruvete u toku ispitivanja, zavisno od primenjene metode, može se ostvariti pomoću komprimiranog vazduha (metoda po Schopper-u i po Dalen-u) ili gumene membrane i glicerola (metoda po Mullen-u) (Perić, 2006; Holik, 2013). Velika prednost ispitivanja otpornosti prema prskanju ogleda se u tome da sa jednom brojčanom vrednošću okarakteriše i čvrstoću i elastičnost, kao i izduženje papira.

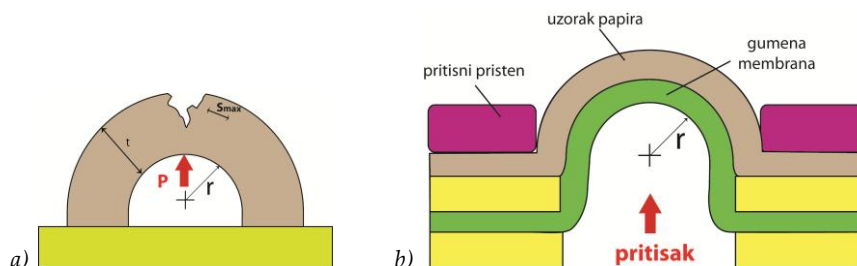
Metoda određivanja otpornosti papira prema prskanju u ovoj disertaciji će se koristiti u dve, modifikovanoj verziji primene:

- Prva modifikovana primena ima zadatak utvrđivanja *veličine deformacije* na spoljnoj površini epruvete radi predviđanja ponašanja papira u procesima završne grafike obrade, pre svega pri savijanju (Popil, 2010).
- Drugi vid modifikacije se odnosi na ispitivanje *otpornosti prema prskanju savijenih epruveta* radi utvrđivanja ponašanja materijala sa definisanim elementom oštećenja (linije prevoja u našem slučaju) (Holik, 2013).

5.1.3.2.1. Određivanje veličine deformacije

Metoda određivanja otpornosti papira prema prskanju u funkciji predviđanja ponašanja papira u procesu savijanja i sklonosti papira prema površinskom oštećenju pri savijanja je odabrana na osnovu literaturnih nalaza. Naime, u istraživanjima koja su bila usmerena ispitivanju otpornosti lajner papira (nepremaznog papira koji se koristi kao spoljašnji sloj kod talasastih lepenki) prema površinskom oštećenju u toku savijanja potvrđeno je da pomoću ove metode se mogu dobiti relevantne informacije o veličini napona na spoljašnjoj strani linije prevoja (Popil, 2010). Podobnost ove metode za određivanje relevantnih

karakteristika premaznih papira se ogleda u sličnosti oblika epruveta pri opterećenju tokom savijanja (Slika 5.7a) i ispitivanja otpornosti prema prskanju po Mullen-u (Slika 5.7b).



Slika 5.7 – Šematski prikaz mehanizma stvaranja površinskog oštećenja prilikom savijanja grede (a) i poprečnog preseka uzorka pri određivanju otpornosti prema prskanju po Mullen-u

Kao što je na datim slikama predstavljeno, ispitani uzorci se nalaze u savijenom obliku pri određivanju sile pritiska po prskanju. Merenjem sile pritiska pri određivanju otpornosti papira prema prskanju po Mullen-u (po standardu SRPS H.N8.210:1983) dobija se podatak o veličini deformacije (ε) na spoljašnjoj strani epruvete prema sledećem (Popil, 2010):

$$\varepsilon = \left(\frac{rP}{T_{CD} + T_{MD}} \right)^2 \quad (8)$$

gde je: P – pritisak, otpornost prema prskanju,
r – poluprečnik membrane,
T_{MD} – zatezna čvrstoća papira u mašinskom pravcu,
T_{CD} – zatezna čvrstoća papira u poprečnom pravcu.

Neophodno je napomenuti da su razlike između lajner i premaznog papira značajne, kako po sastavu i strukturi, tako i po mehaničkim i obradnim karakteristikama, prema tome mogućnost primene ove metode i kod premaznih papira predstavlja samo teorijsku pretpostavku, što će dobijeni rezultati potvrditi ili oboriti.

5.1.3.2.2. Određivanje otpornosti prema prskanju savijenih papira

Po analogiji zaostale zatezne čvrstoće, i otpornost prema prskanju moguće koristiti u funkciji dobijanja dodatnih informacija o tome kako se ponašaju papiri oštećeni u nekom obliku. U cilju ponovljivosti rezultata, oštećenja moraju biti tačno definisana, npr. u obliku zareza ili kružnog isečka (Holik, 2013). Savijanje i odgovarajuća površinska oštećenja pri savijanju predstavljaju primer kontrolisanog oštećenja papira i čine osnovu za drugu modifikovanu primenu određivanja otpornosti papira prema prskanju po Mullen-u.

Mora se istaći, da pomenuta metoda testiranja mehaničke karakteristike sa prethodnim oštećenjem uzoraka, još je predmet diskusije (predložen je nacrt standarda ISO/WGD 15746) (Holik, 2013), međutim, mogućnost primene ove metode je obećavajuća, pre svega zbog činjenice da otpornost papira prema prskanju pokazuje dobru korelaciju sa zateznom

čvrstoćom. Veza između otpornosti papira prema prskanju i zatezne čvrstoće, odnosno izduženja pri kidanju se može aproksimirati prema sledećem (Ek i drugi, 2009):

$$\text{Otpornost na prskanje} = k \left(\sigma_{T,MD}^b + \sigma_{T,CD}^b \left(\frac{\varepsilon_{MD}}{\varepsilon_{CD}} \right)^{0.5} \right) (\varepsilon_{MD})^{0.5} \quad (9)$$

gde je: $\sigma_{T,MD}^b$ - zatezna čvrstoća u mašinskom pravcu,
 $\sigma_{T,CD}^b$ - zatezna čvrstoća u poprečnom pravcu,
 ε_{MD} - deformacija u mašinskom pravcu,
 ε_{CD} - deformacija u poprečnom pravcu,
k – konstanta proporcije, specifičnost materijala.

Postavljena veza ukazuje na to da otpornost papira prema prskanju se može poboljšati povećanjem zatezne čvrstoće i izduženje pri kidanju u mašinskom pravcu, odnosno povećavanjem zatezne čvrstoće ali istovremenim smanjenjem izduženja u poprečnom pravcu (Ek i drugi, 2009).

Uzorkovanje, klimatizacija papira kao i priprema uzoraka za određivanje veličine deformacija će se vršiti po standardima SRPS H.N8.212:1991, SRPS H.N8.207:1983, SRPS H.N8.210:1983, pri čemu je predviđeno testiranje najmanje 10 uzoraka po ispitanim papirima (5 gramatura). Materijalni uzorci za određivanje otpornosti savijenih papira prema prskanju će se prvo savijati paralelno i poprečno na smeru vlakana papira, zatim pratiti šablon uzorkovanja, klimatizacije i operacije pripreme definisanih gore pomenutim standardima. Zbog specifičnosti oštećenja premaznih papira u toku savijanja, broj epruveta je povećan na 20 po kombinaciji ispitanih papira (5 gramatura i 2 smeru ili pravca vlakana).

5.1.4. Objektivna vizuelna metoda

Cilj digitalne obrade slike je dobijanje kvalitativnih i kvantitativnih opisa oštećenja na osnovu relevantnih obeležja digitalizovanih epruveta. Pošto se obeležja slike računaju, odnosno dobijaju na osnovu binarne slike, gde bele površine označavaju oštećenja a crne polaznu površinu papira, originalne ulazne slike je neophodno segmentirati. Adekvatnim pripremnim operacijama nad originalnom slikom osigurava se razdvajanje površine od interesa od pozadinske površine tako da segmentirana crno-bela slika realno prikazuje oštećenja premaza. Nakon segmentacije originalnih slika formira se binarna reprezentacija materijalnih uzoraka gde su oštećenja površine od interesa, tj. površine oštećenja premaza obeležene belom bojom, dok crna boja predstavlja pozadinsku površinu.

U fazi analize sadržaja binarizovanih slika primenjuju se tri obeležja za kvantitativan i kvalitativan opis detektovanih grešaka. Korišćena obeležja su: procenat belih tačaka ili piksela, odnosa broja tačaka ivice detektovanih oštećenja i ukupnog broja tačaka oštećenja, kao i procenat distribucija detektovanih oštećenja. Kompletan MATLAB kod je dat u prilogima na kraju disertacije (Prilog I).

5.1.4.1. Algoritam za pripremnu obradu i analizu destrukcije površine premaznih papira

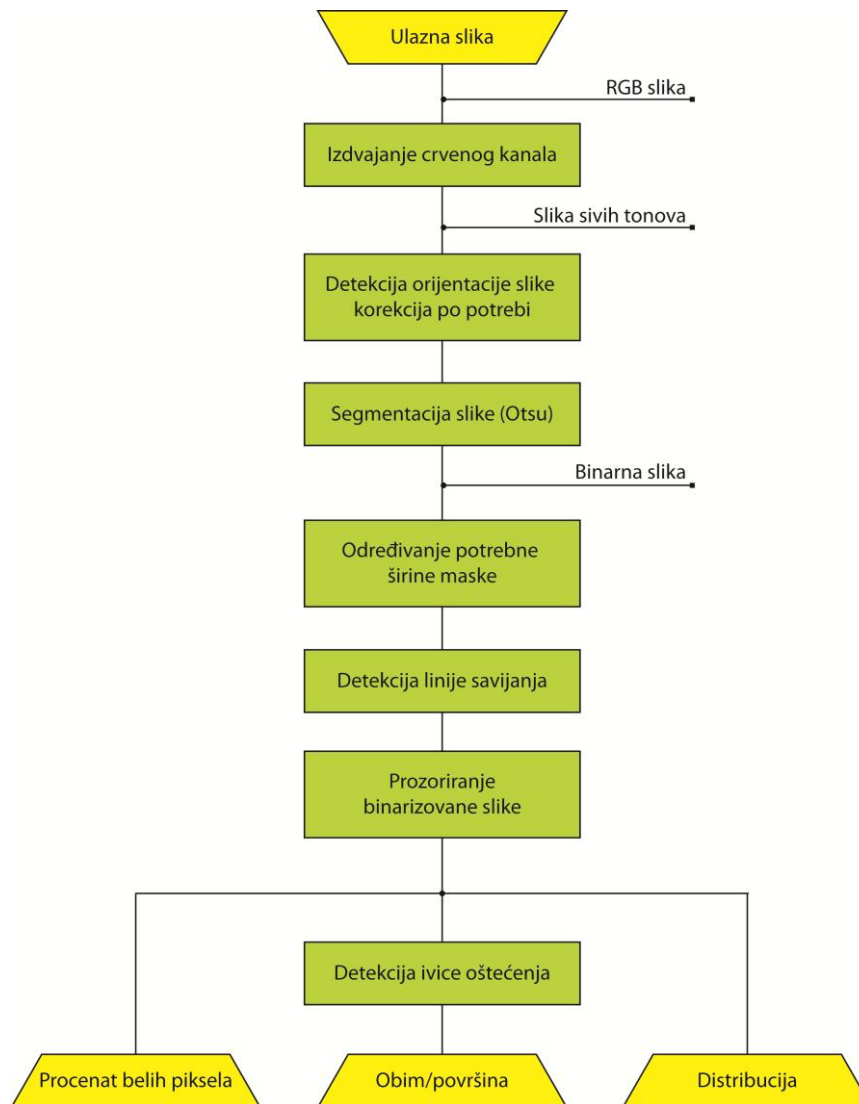
Jedan od osnovnih zadataka ove disertacije je razvoj odgovarajućeg algoritama za pripremnu obradu digitalizovanih epruveta radi dobijanja adekvatne podloge (segmentirane slike) za detaljnu analizu destrukcije površine premaznih papira na konkretnim uzorcima kao i izbor relevantnih obeležja slika u cilju objektivne analize otpornosti premaznih papira prema površinskim oštećenjima u procesu savijanja.

Po analogiji utvrđivanja zahteva prema algoritmu prema specifičnostima zadatka (Sinha, 2000; Malek, 2012), definisani su sledeći:

- autonoman rad,
- potiskivanje šuma,
- verno preslikavanje površinskih oštećenja u binarni oblik,
- računarski što jednostavnije rešavanje datog zadatka.

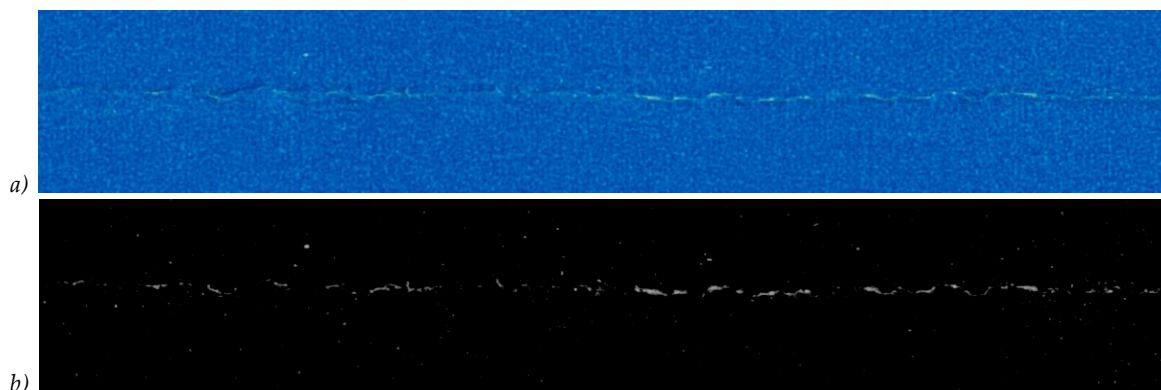
Prilikom razvoja algoritma neophodno je voditi računa o samostalnosti rada istog u svim koracima obrade i analize. Samostalan rad algoritma je od posebnog značaja, kako bi se smanjile greške sistema koje potiču od subjektivnosti ljudske interakcije pri analizi. Zadaci koji se moraju rešiti autonomnim radom su segmentacija slike sa automatskim određivanjem uslova za segmentaciju, detekcija linije prevoja sa definisanjem tačnog položaja i ugaonog odstupanja od definisane koordinate (u ovom slučaju vertikalne ose), odnosno detekcija orijentacije slike i po potrebi odgovarajuća transformacija iste. Potiskivanjem šuma se obezbeđuje adekvatna podloga za precizno definisanje obeležja slike. Maskiranje detektovane linije ili filtriranje šuma oko linije prevoja sa izdvajanjem regije od interesa su dva moguća pravca potiskivanja šuma na binarnoj slici. Verno preslikavanje površinskih oštećenja sa materijalnih epruveta na crno-beli zapis slike je važan zadatak algoritma. Odabir odgovarajuće metode segmentacije je ključni faktor uspeha pri čemu po potrebi se mogu koristiti razne operacije poboljšanja kvaliteta slike. Algoritam, po mogućnosti treba da sadrži što jednostavnije operacije nad slikama s obzirom na njihovu očekivanu veličinu, odnosno broj uticajnih parametara (na primer digitalni uzorak skeniran sa rezolucijom od 4800 spi ima veličinu 768 x 4725 tačaka i po jednoj gramaturi, smeru vlakanca i ugla postavljanja planirano je najmanje 20 takvih slika). Na jednostavnost algoritma velikoj meri se može uticati planiranim sadržajem ispitanih površina. Ukoliko se namenski koristi jedna osnovna ili komplementarna boja, pretvaranje originalne slike u boji u monohromatsku pomoću izdvajanja jednog kanala predstavlja vrlo jednostavnu operaciju nad slikom. Drugi segment sa kojim je smanjena računarska zahtevnost algoritma, jeste primena efikasnog algoritma za detektovanje ivice objekata na binarnim slikama.

U nastavku sledi kratak opis razvijenog algoritma po koracima sa neophodnim elementima pripremnih i obradnih operacija nad analiziranom slikom, te korišćene metode u pojedinim segmentima algoritma, kao i ograničenja primene. Na slici 5.8 je prikazana šema algoritma radi preglednosti opisa strukture iste.



Slika 5.8 – Šema algoritma za pripremnu obradu i analizu destrukcije površine premaznih papira

Uzorci ispitanih materijala za softversku analizu pomoću razvijenog algoritma moraju biti digitalizovani u RGB prostoru boja i sačuvani u jedan od formata bez kompresije ili kompresije bez gubitaka (BMP ili TIFF). Operacija segmentacije zahteva monohromatsku sliku (*eng: grayscale* – slika sivih tonova), stoga nakon učitavanja originalne slike vrši se izdvajanje crvene komponente ili kanala iz RGB slike. Predmet obojen cijan bojom apsorbira iz upadnog belog svetla crvenu komponentu, pa aditivnim mešanjem zelene i plave komponente stvara se osećaj cijan boje. Tako, može se reći da pigmenti cijan boje predstavljaju filter za crvenu komponentu bele svetlosti i da crveni kanal se može koristiti kao filter cijan boji. Svi elementi tj. sve površine obojene u cijan boju, na kanalu crvene boje imaju veoma nisku vrednost reflektanse pa na monohromatskoj slici, dobijene na osnovu crvenog kanala ti elementi biće prikazani crnom ili tamnom sivom bojom. Uporedni prikazi primera originalne slike i izdvojenog crvenog kanala su dati na slici 5.9a i b.

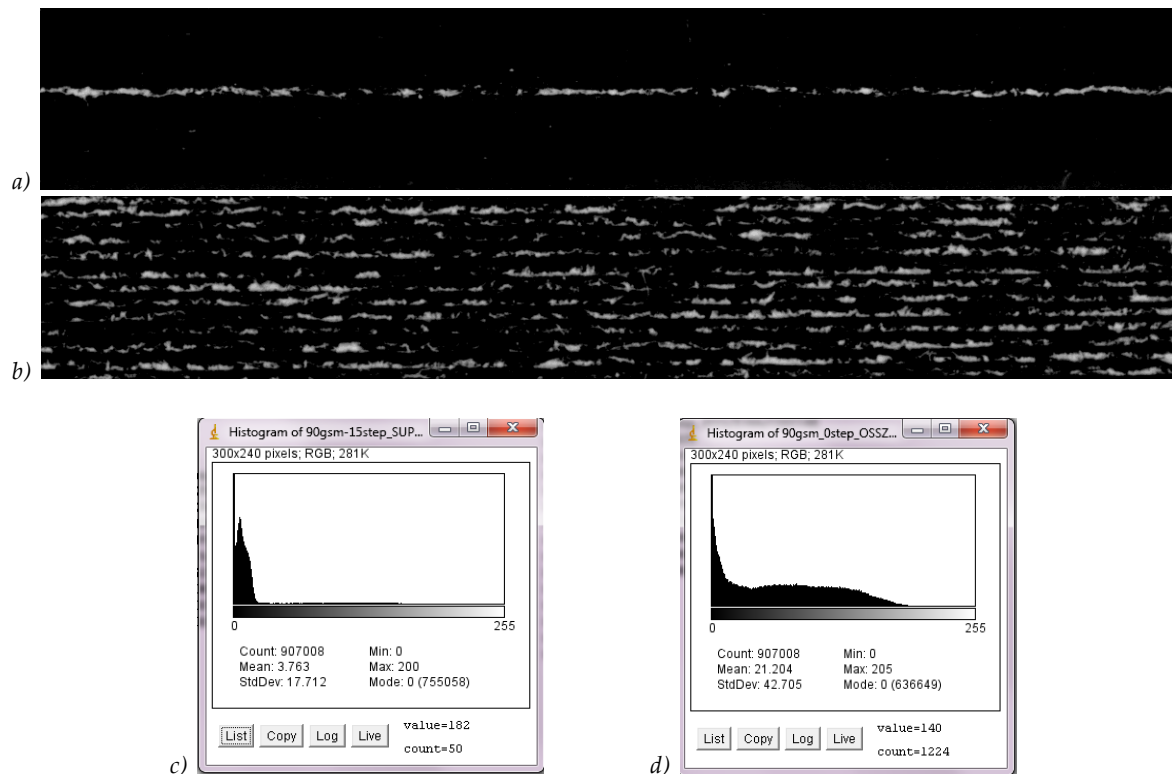


Slika 5.9 – Primer originalne slike u boji (a) i izdvojenog crvenog kanala (b)

Nakon formiranja monohromatskog zapisa slike uzoraka sledi provera orijentacije iste kako bi se osigurala odgovarajuća konfiguracija matrice za digitalnu obradu. Provera se vrši upoređivanjem vrednosti broja kolona i vrsta, i ukoliko za to postoji potreba, vrši se transformacija slike u željeni, uspravni (vertikalni) oblik. Pojedini segmenti algoritma su osetljivi na orijentaciju ulazne slike, tako da je ovaj bitan korak među pripremnim operacijama.

Segmentacijom slike sivih tonova dobija se crno-bela (binarna) slika koja predstavlja ulazni parametar procesa proračuna definisanih obeležja: procenta belih piksela, odnosa obima i površine detektovanih oštećenja kao i distribucije oštećenja. Lako se uočava da dobra i precizna segmentacija je ključni faktor za uspeh pri analizi oštećenja premaza papira. Segmentacijom digitalni uzorci savijenih materijalnih epruveta se konvertuju na takav način da svaka tačka na slici koja pripada regionu grešaka, tj. površinskih oštećenja premaza, dobija vrednost 1 (i tako postaju površina od interesa), a sve ostale tačke dobiju vrednost 0 (i postaju pozadina). Preliminarnim analizama, sprovedenih u pripreмноj fazi istraživanja, izvršena je procena i izbor najpogodnijeg algoritma za segmentaciju čije je utvrđeno da kod datih materijalnih uzoraka, štampanih samo jednom procesnom bojom (osnovnom bojom) algoritam Otsu daje najbolje rezultate za ovu klasu problema. Specifičnost analiziranih slika da broj piksela pozadine je značajno veći od broja piksela region od interesa (površine oštećenja) što rezultira da histogram slike sivih tonova u većini slučajeva unimodalan, bez obzira da li se radi o jednostrukim prikazom (uglovi od 15°-180° - Slika 4.10a i c) ili o višestrukim prikazom uzoraka (ugao 0° - Slika 5.10b i d).

Na osnovu literaturnih izvora sa sličnim problemima (npr. Sinha, 2000; Rosin, 2001; Rosin i Ioannidis, 2003; Nacereddine i drugi, 2005; Argaw, 2006; Medina-Carnicer i Madrid-Cuevas, 2008; Drobchenko i drugi, 2011), osnovni set algoritama za segmentaciju uključivao i dobro poznate opšte tehnike (Otsu, Kittler, Kapur metode) i alternativne algoritme razvijene za rešavanje problema unimodalnosti histograma (Rosin i Tsai metode). Pomenuti algoritmi, koristeći neki parametar sa histograma analizirane slike (varijansu, entropiju, distribuciju i slično), analitički određuju vrednost praga za segmentaciju čime je ispoštovan jedan od osnovnih zahteva autonomnosti rada razvijenog algoritma (Drobchenko i drugi, 2011; Malek, 2012).

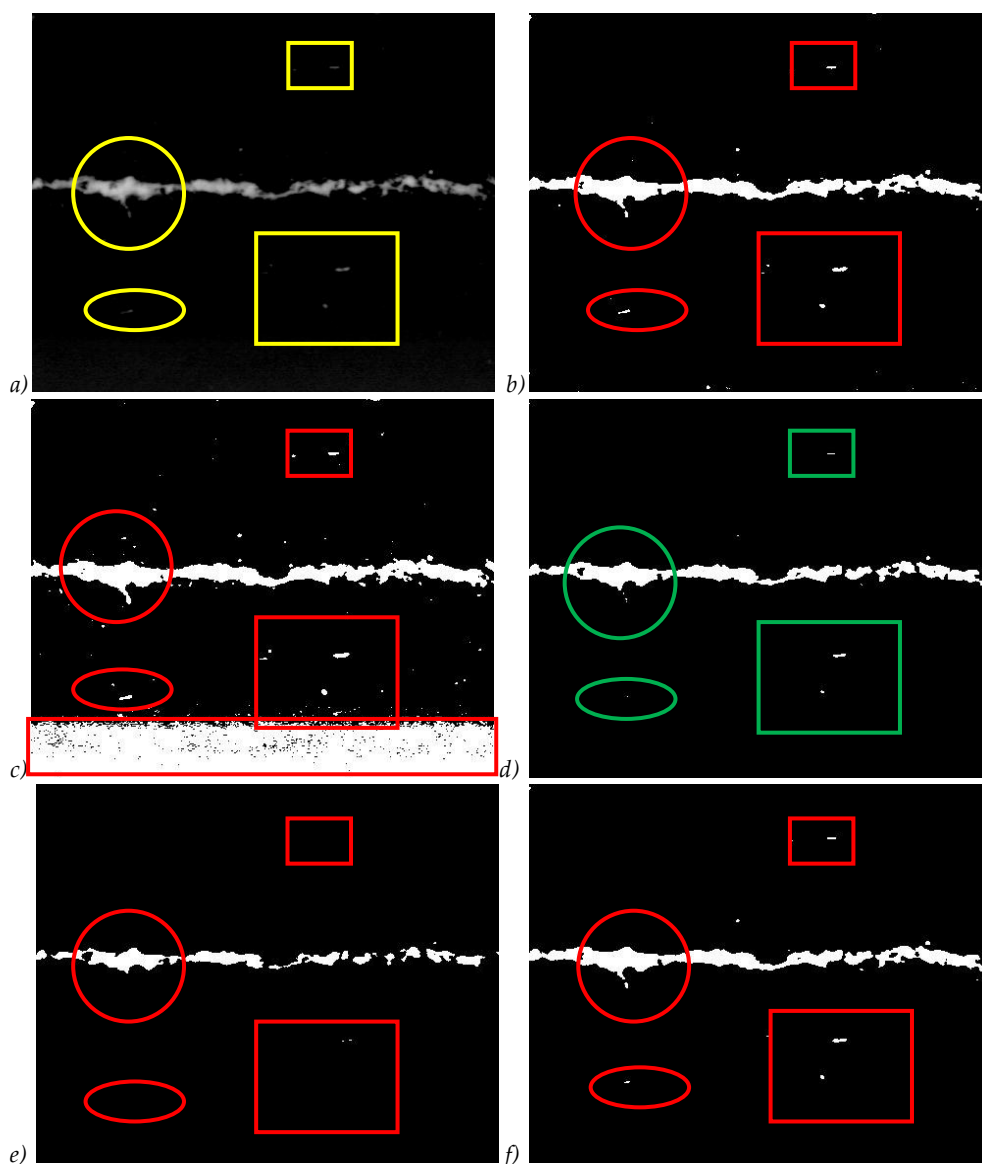


Slika 5.10 – Primeri jednostruko (a) i višestruko (b) digitalizovanih uzoraka sa odgovarajućim histogramima slike sivih tonova (c-jednostruko, d-višestruki)

Uporedni prikaz primera rezultata automatske segmentacije pomoću Kapur, Kittler, Otsu, Thai i Rosin metodama je dat na slikama 5.11 b-f, dok je originalna slika prikazana na slici 5.11a. Žutim elementima su obeleženi neki primeri kritičnih segmenata na originalnoj slici, odnosno crvenim i zelenim elementima su naznačena ta, kritična područja na segmentiranim slika. Lako je uočiti, da kod metoda Kapur i Kittler, odnosno Rosin dolazi do prekomerne segmentacije usled niskih vrednosti praga segmentacije, pa na tim slikama, kritični segmenti su veći, dok kod metode Thai, zbog veće vrednosti praga, prilikom segmentacije se izgube fini detalji na slici. Prema prikazanim se može zaključiti da za dati set uzoraka Otsu metod daje ujednačene rezultate segmentacije. Naravno, mora se napomenuti, da u ovoj fazi razvoja algoritma nije bilo moguće izvoditi dublju/detaljnu analizu svih postojećih algoritama za segmentaciju, već je izbor diktiran od strane literaturnih izvora sa sličnim zadacima segmentacije. Po potrebi, kasnijom optimizacijom se mogu primenjivati i drugi algoritmi, podobniji za datu problematiku, ali to prevazilazi mogućnosti realizacije ove disertacije. Detaljnije informacije o Otsu algoritmu se mogu naći u (González i Woods, 2002; Popović, 2006) a primeri njegove uspešne aplikacije su dati u (Sinha, 2000; Argaw, 2007). Otsu algoritam je poznat i što potvrđuje i činjenica, da u Matlab-u, Otsu algoritam predstavlja podrazumevanu tehniku segmentacije slike sivih tonova (određivanje praga se poziva se sa „*graythresh*“ komandom) (González i drugi, 2009; Marques, 2011).

Na dobijenoj segmentiranoj slici, zbog same prirode štampanih uzoraka i pored primene adekvatne metode segmentacije, nastaje određena količina šuma tj. smetnji u vidu belih površina, koja nisu povezana sa oštećenjem premaza, prema tome moraju biti eliminisane koliko god je moguće. Uzrok šuma na skeniranim i fotografisanim uzorcima je pre svega

delovi premaza odvojeni od baznog papira koji su zalepljeni na površinu uzorka negde u blizini linije prevoja, mada i neujednačenost štampe (*eng. mottling*) se takođe primećuje ali pre svega kada se koriste operacije poboljšavanja slike kao što su linearizacija histograma ili razvlačenja kontrasta. Kod mikroskopskih snimaka, zbog primenjenog uvećanja posmatranja, pored delova odvojenog premaza neujednačenost štampe dolazi do izražaja i bez naknadnih operacija poboljšavanja slike. Kako greškom detektovane površine oštećenja utiču na preciznost i ponovljivost merenja, stoga uklanjanje šuma sa segmentirane slike predstavlja bitan korak u procesu pripremnih operacija. U zavisnosti od prirode smetnji na slici uklanjanje šuma se može izvršiti više načina (González i Woods, 2002, Popović, 2006), no u ovoj disertaciji su izdvojene dve metode.



Slika 5.11 – Detalj originalne slike (a) i rezultata segmentacije pomoću Kapur (b), Kittler (c), Otsu (d), Thai (e) i Rosin (f) metodama

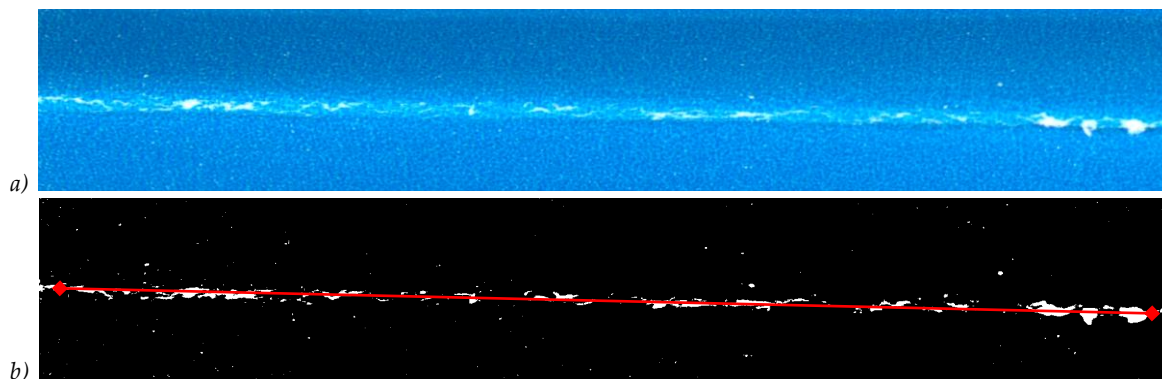
Prva metoda predstavlja prosto filtriranje slike putem Median filtera pomoću kernela, tj. strukturnog elementa odgovarajuće veličine (veličina strukturnog elementa se mora menjati u skladu sa promenom veličine originalne slike, tj. rezolucije digitalizacije). Ova

metoda, iako na prvi pogled deluje kao optimalno rešenja, ipak ima brojnih nedostataka. Prvi nedostatak je mogućnost ukjanjanje korisnih, tj. računski potrebnih piksela sa analizirane slike. Zbog nepostojećih informacija o veličini najmanjeg elementa (najmanje fleke, najtanje linije prekida) izraženog u jedinicama zapisa slike (piksel ili tačka) veličinu strukturnog elementa skoro je nemoguće optimizovati. Naime, ukoliko je strukturni element prevelik, ukloniće korisne detalje sa slike, a ukoliko je previše mali „čišćenje“ slike nije dovoljno efikasno. U oba slučaja manipulacija nad slikom rezultovaće promenjene vrednosti obeležja definisanih za okarakterisanje oštećene površine. Prema tome, ova metoda, iako je jednostavna, neće biti korišćena u pripremnim operacijama kako bi se smanjile greške usled neadekvatnog filtriranja.

Druga metoda ukjanjanje šuma iz okoline linije prevoja, jeste maskiranje iste i brisanje svih elemenata koji su van zone maskiranja. Data tehnika zahteva:

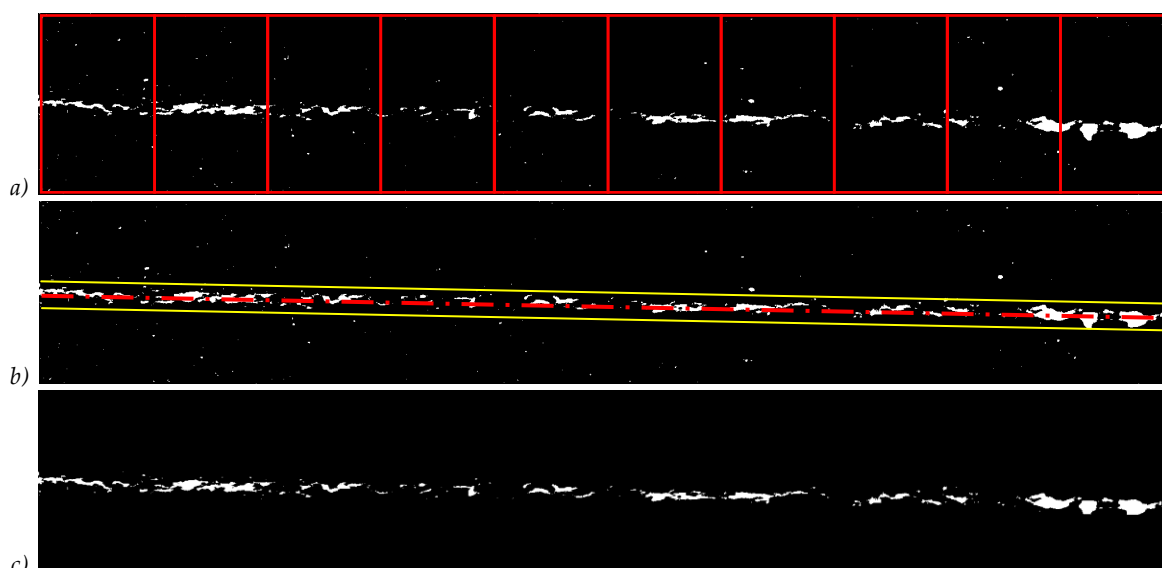
- detekciju linije savijanja, njenu tačnu poziciju i pravac, kao i
- određivanje širine maske, tj. prozora za maskiranje okoline linije savijanja.

Za potrebe ovog istraživanja, detekcija linije savijanja sa preciznim definisanjem pozicije i pravca iste na slici je korišćena Hough transformacija, poznat i pod nazivom kao Hough algoritam. Pomenutom transformacijom je moguće detektovati geometrijske objekte (prava linija ili krug) pomoću preslikavanja tačaka tih objekata iz pravouganog koordinatnog sistema u polarni kordinatni sistem (Blackledge, 2005; Popović, 2006). Hough-ovom transformacijom se generiše polarni prikaz analizirane slike, gde presečne tačke tih sinusoida predstavljaju kolinearne tačke na slici u polarnom koordinatnom sistemu. Tako jednostavnim odabirom presečnih tačaka iz Hough-ovog dijagrama definišu se linije na originalnoj slici. Za datu sliku ispitanog papirnog uzorka, dobija se veći broj detekovanih linija na originalnoj slici, pri čemu najduža (po osnovnoj pretpostavci) odgovara liniji savijanja. Pomoću x-y koordinate početne i krajnje tačke te najduže linije dobija se jednačina prave i time je jednoznačno definisan položaj i pravac linije savijanja (Popović, 2006). Velika prednost date tehnike da se jednostavno mogu detektovati linije prevoja i na krivo, tj. koso postavljanim uzorcima. Primer fotografije savijenog uzorka papira sa takvom kosom linijom prevoja je dat na slici 5.12a, dok je na slici 5.12b je prikazana segmentirana slika sa detektovanom linijom prevoja.



Slika 5.12 – Izgled koso postavljenog uzorka pri digitalizaciji (a) i segmentirane slike nakon primene Hough-ove transformacije sa detektovanom linijom prevoja (b)

Za definisanje širine prozora tj. maske, polazna segmentirana slika se deli na 10 delova po dužoj strani i za svaki deo (segment) se odredi širina zone oko linije prevoja (Slika 5.13a). Nakon toga sledi određivanje srednjih vrednosti tih širina pomoću metode ponderisanog proseka (eng. *weighted average*), gde se uzima u obzir količina belih tačaka po segmentima u odnosu na celu sliku. Srednja vrednost širine zone prema tome prati količinu oštećenja: segment sa više registrovanih belih piksela će imati veći uticaj na konačnu vrednost širine maske. Za maskiranje segmentirane slike zatim se uzimaju informacije o poziciji linije savijanja i za svaki red analizirane slike se definiše tačka (piksel) kroz koju prolazi linija prevoja (na osnovu jednačine detektovane linije) i koja će tako predstavljati središnu tačku (piksela) maske za taj red. Sa obe strane tog piksela, definiše se širina maske, koja odgovara polovini ponderisane prosečne širine zone po segmentima slike (Slika 5.13b). Nakon formirane maske, pristupa se brisanju svih elemenata van zone maskiranja (običnom operacijom množenja dve slike). Rezultat množenja segmentovane slike i maske je prikaz detektovanih oštećenja u neposrednoj blizini linije savijanja, dok je šum u široj okolini linije savijanja u potpunosti uklonjen. Dobijena binarna slika detektovane linije savijanja (Slika 5.13c) sa realnim oštećenjima predstavlja podlogu za formiranje brojčane vrednosti relevantnih obeležja definisanih u nastavku.



Slika 5.13 – Izgled koso postavljenog uzorka pri digitalizaciji (a) i segmentirane slike nakon primene Hough-ove transformacije sa detektovanom linijom prevoja (b)

5.1.4.2. Obeležja slike

Obeležja definisana u okviru ove disertacije uključuju softversku analizu binarizovane slike materijalnih epruveta pomoću precizno definisanih matematičkih uslova opisanih u nastavku. Kako su oštećenja na digitalnim uzorcima obeležena belom bojom, prilikom definisanja i proračuna obeležja binarnih slika, za razliku od uobičajene prakse, bela boja je usvojena za vrednost 1, dok crnoj boji, boji pozadine odgovara vrednost 0.

5.1.4.2.1. Procenat belih tačaka – piksela

Procenat belih tačaka ili piksela je procentualni iskaz količine tačaka koje pripadaju regionu od interesa tj. beloj površini binarne slike (eng. *white pixel percentage – WPP*) i predstavlja kvantitativni opis oštećenja premaza. Računa se kao količnik broja belih tačaka i ukupnog broja tačaka na slici (Sim i drugi, 2012):

$$WPP = \frac{|BP_{\text{oštećenja}}|}{(|BP_{\text{oštećenja}}| + |BP_{\text{pozadine}}|)} * 100 \quad (10)$$

gde je: $|BP_{\text{oštećenja}}|$ - broj piksela površine detektovanih oštećenja (u posmatranom regionu),
 $|BP_{\text{pozadine}}|$ - broj piksela pozadine.

S obzirom da digitalni uzorci predstavljaju sliku materijalnih uzoraka veličine od 1cm², rezultati dati u procentima se lako pretvore u jedinice površine, npr. u mm², kako je predstavljeno u (Rättö i Hornatowska, 2010a; Rättö i drugi, 2011; Barbier i drugi, 2012). Sa fiksiranjem površine posmatranja je obezbeđena mogućnost uporedne analize preciznosti i primenljivosti različitih podešavanja pripreme uzoraka i digitalizacije istih sa različitim rezolucijama i uvećanjima, i to ne samo u okviru ove disertacije, već i u budućim istraživanjima. Neophodno je napomenuti, da zbog specifičnosti kreiranja digitalnog zapisa sa uzoraka u potpuno zatvorenom obliku (više uzoraka je poređano jedan uz drugi), vrednost procenta belih piksela se deli sa brojem listova prisutnih na slici.

5.1.4.2.2. Odnos obima i površine registrovanih/detektovanih oštećenja

Drugo obeležje je kvalitativno obeležje i predviđeno je da daje objektivnu vrednost usitnjenosti detektovanih oštećenja pomoću odnosa broja tačaka ivice detektovanih oštećenja i ukupnog broja tačaka oštećenja na posmatranoj slici (eng. *crack line ratio - CLR*) prema sledećem:

$$CLR = \frac{|BP_{\text{obima}}|}{|BP_{\text{oštećenja}}|} \quad (11)$$

gde je: $|BP_{\text{obima}}|$ - ukupan broj piksela obima svih površina detektovanih oštećenja,
 $|BP_{\text{oštećenja}}|$ - ukupan broj piksela površine detektovanih oštećenja na posmatranoj slici.

Što je vrednost odnosa obima i površine bliža 1, ima više manjih oštećenja, jer su površine pojedinačnih detektovanih oštećenja male i tako broj tačaka obima konvergira broju tačaka površine, pa i njihov odnos prema 1. Ukoliko je vrednost odnosa obima i površine bliža 0, to označava prisustvo krupnijih i/ili povezanih oštećenja.

Detektovanje ivica belih površina je izvršeno pomoću strukturnog elementa (K) kvadratnog oblika sa 3x3 piksela sa sledećim indeksiranjem elemeneta:

$$K = \begin{bmatrix} x_{i-1,j-1} & x_{i,j-1} & x_{i+1,j-1} \\ x_{i-1,j} & x_{i,j} & x_{i+1,j} \\ x_{i-j,j+1} & x_{i,j+1} & x_{i+1,j+1} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Strukturni element pomerajući se duž kolona i vrsta binarne slike potvrđuje pripadnost centra strukturnog elementa $X_{i,j}$ ivici detektovane površine prema sledećem:

$$f(i,j) = \begin{cases} 1, & X_{i,j} = 1 \wedge 1 < \sum_{l=i-1}^{i+1} \sum_{k=j-1}^{j+1} x_{l,k} < 9 \\ 0, & \text{u ostalim slučajevima} \end{cases} \quad (13)$$

Ako se za datu poziciju strukturnog elementa ispuni uslov (13), srednjoj tački $X_{i,j}$ se definiše pripadnost ivici. Princip primenjene metode se bazira na bulovoj funkciji (*eng. Boolean function*) koja podrazumeva pretragu binarne slike sa unapred definisanim modelima ivica (Sandhu i drugi, 2011), međutim za razliku od pomenute metode, pomoću definisanog uslova (13) formira se neprekidna linija ivice objekata jednostavnim sabiranjem elemenata analizirane slike zahvaćenim strukturnim okvirom. Linija obima objekta u širini od jednog piksela je smeštena sa unutrašnje strane površine oštećenja na analiziranoj slici. Primena ovako relativno jednostavne metode je moguća zbog binarne reprezentacije slike gde tačke mogu imati samo vrednosti 0 ili 1. Dati princip određivanja obima se primenjuje u programu ImageJ, mada bez detaljnijih objašnjenja (Ferreira i Rasband, 2012).

Odabrano obeležje odnosa obima i površine detektovanih oštećenja je jedan od mnogobrojnih primera u literaturi date tematske oblasti vizuelne kontrole kvaliteta. Sa područja grafičke industrije mogu se izdvajati rešenja prikazanih u (Trepanier i drugi, 1998; McMahan, 2000; Sadovnikov i drugi, 2005), gde su podaci o obimu nekog posmatranog objekta (neujednačenosti štampe, strukturu šupljina u premazu, raster elemenata, finih linija) kombinovani u proračunu sa ukupnom posmatranom površinom, sa površinom pojedinačnih detektovanih elemenata i slično.

5.1.4.2.3. Distribucija oštećenja po liniji prevoja ili po posmatranoj površini

Treće obeležje binarne slike je isto kvalitativno obeležje koje se fokusira na raspodelu površinskog oštećenja. Određivanje stepena raspodele objekata od interesa na posmatranoj slici je od posebnog značaja, jer na primer samo ukupna veličina nečistoće na posmatranoj slici (po standardu ISO) ne daje dovoljno detaljne informacije o strukturi tih nečistoća, tj. o tome da li se radi o nekoliko većih fleka neadekvatno uklonjenih štamparskih boja oko jedne tačke ili je to akumulacija ravnomerno raspoređenih sitnih, skoro i nevidljivih tačaka nečistoća papira (Corscadden i Trepanier, 2006). Specifičnost analiziranih digitalnih uzoraka u ovom istraživanju, da se raspored oštećenja posmatra duž linije prevoja, zahteva drugačiji pristup. Pa tako, distribucija oštećenja u ovom istraživanju će se definisati preko procentualne vrednosti broja elemenata slike (vrsta ili blokova analizirane slike) sa značajnom količinom belih piksela u odnosu na ukupan broj elemenata slike (vrsta ili blokova). U zavisnosti da li se analizira samo jedan uzorak sa jednom linijom prevoja (uglovi 15°-180°) ili više listova u potpuno savijenom obliku (ugao 0°, tako formirajući površinu od više poređanih linija prevoja), osnovna jedinica za određivanje raspodele oštećenja se definiše kao *vrsta* ili kao *blok*, pravougaonog elementa površine 1 mm² (analizirana slika površine 1 cm² tako je podeljena na 100 blokova).

Prvo sledi opis analize po jednoj liniji prevoja na slici. Za ovo obeležje je neophodna adekvatna orijentacija binarne slike pri analizi. Ona mora imati vertikalnu orijentaciju, gde vertikalna dimenzija slike predstavlja dužu stranu okvira digitalizacije, tj. broj redova matrice u digitalnom zapisu slike. Na tako postavljenoj slici, linija prevoja će takođe imati vertikalnu orijentaciju. Za utvrđivanje distribucije takve, vertikalno postavljene slike, prvo se odredi broj belih piksela u svakoj vrsti binarne slike, zatim se izračuna srednja vrednost belih piksela po vrstama (*avg* – *average*, *srednja vrednost*) prema sledećem:

$$avg = \frac{|BP_{oštećenja}|}{|BR|} \quad (14)$$

gde je: $|BP_{oštećenja}|$ - ukupan broj piksela površine detektovanih oštećenja na posmatranoj slici, što zapravo predstavlja ukupan broj belih piksela na slici,
 $|BR|$ - ukupan broj redova analizirane slike.

Svaki red u kojem je broj belih piksela veći ili jednaka prosečnom broju belih piksela po vrstama slike, tretira se kao vrsta sa značajnim udelom belih piksela, pa tako ulazi u proračun obeležje distribucije oštećenja:

$$f(M) = \begin{cases} 1, & \text{ako } \sum_{n=1}^N x_{i,j} \geq avg, \text{ element je značajan} \\ 0, & \text{u ostalim slučajevima} \end{cases} \quad (15)$$

gde je: M i N - širina i visina analizirane slike (broj kolona i vrsta matrice),
 avg – srednja vrednost belih piksela po redovima posmatrane slike.

Procentualna vrednost distribucije (*PDO* – *procentualna distribucija oštećenja* ili *skraćeno distribucija oštećenja*) se zatim formira na osnovu broja vrsta od značaja i ukupnog broja vrsta:

$$PDO = \frac{|F_M|}{|BR|} * 100 \quad (16)$$

gde je: $|F_M|$ - broje vrsta od značaja,
 $|BR|$ - ukupan broj vrsta analizirane slike.

Za analizu uzoraka digitalizovanih u potpuno savijenom položaju (unutrašnji ugao od 0°), predložena metoda određivanja distribucije oštećenja sa modifikuje u delu definisanja elementa. Naime, u proračunu mesto broja vrsta uzima se broj blokova, gde je blok definisan kao osnovna jedinica raspodele oštećenja pravougaonog oblika sa površinom od 1 mm^2 . Analizirana slika, bez obzira na veličinu, deli se na 100 blokova čime se dobija mreža od 4 kolone i 25 redova blokova. Za svaki blok se određuje broj belih piksela, zatim i prosečna vrednost belih piksela po blokovima i na kraju se odredi ukupan broj blokova od značaja, pri čemu značajnost i u ovom slučaju predstavlja uslov da broj belih piksela u analiziranom bloku treba da bude veći ili jednak prosečnom broju belih piksela. Iako je primenjena analogija u proračunu distribucije za različite uglove postavljanja očigledna, zbog specifičnosti ispitanih uzoraka moguća su manja odstupanja u rezultatima što treba uzeti u obzir prilikom analize istih.

5.1.5. Obrada rezultata i statističke metode

Primenjene statističke metode za obradu podataka imaju za cilj da obezbede validnu podlogu za izvođenja relevantnih zaključaka pri analizi rezultata. Obrada podataka je vršena pomoću softverskog paketa za statističku obradu IBM SPSS Statistics (verzija 20). Preliminarnom analizom su utvrđene mogućnosti primene parametrijskih i neparametrijskih tehnika za obradu podataka, kao i upotreba opisnih statističkih pokazatelja prema postavljenim zadacima analize rezultata (Pallant, 2007). Preliminarne analize su obuhvatile proveru pretpostavke o normalnosti raspodele izmerenih vrednosti i o homogenosti ispitanih grupa, zatim i analizu netipičnih tačaka u ispitanim grupama i po potrebi su one zamenjene novim vrednostima posmatranih obeležja. Od opisnih statističkih pokazatelja korišćeni su: aritmetička sredina, kao mera centralne tendencije, standardna devijacija, kao apsolutna mera disperzije i koeficijent varijacije, kao relativni pokazatelj disperzije. Od parametrijskih tehnika, jednofaktorska ANOVA je korišćena za poređenje srednjih vrednosti jedne neprekidne promenljive podeljene u više grupa sa odgovarajućim naknadnim testovima (Tukey-ev HSD test i Dunett-ova T3 test), T-test nezavisnih uzoraka kao i Pirsonov koeficijent linearne korelacije (Czichos, 2006; Pallant, 2007).

5.2. Uređaji, materijali i softverski alati

5.2.1. Karakteristike korišćenih materijala

5.2.1.1. Premazni papir

Za potrebe istraživanja korišćen je komercijalno dostupan obostrano premazan sjajni papir Simbol Freelifel Gloss od proizvođača Fedrigoni, u pet različitih gramatura. Korišćeni premazni papiri spadaju u grupu štamparskih papira za umetničku štampu, isporučuju se u tabacima različitih formata i predviđeni za ofset štampu, mada su pogodni i za leterpres, termografiju, kao i za sito štampu. U sastavu baznog papira ima 60% bezdrvene pulpe i 40% recikliranih vlakana. Posедуje FSC sertifikat (*Forest Stewardship Council* – Savet za upravljanje šumama) i ECF oznaku (*Elemental Chlorine Free* – sa niskim sadržajem hlora). U tabeli 5.2 su date osnovne karakteristike premaznih papira u pet odabranih gramatura. Vrednosti gramature definisanih od strane proizvođača u daljem tekstu označene kao nominalne vrednosti i koristiće se i kao oznake uzoraka (Fedrigoni, nd).

Izmerene vrednosti gramature su u većini slučajeva unutar standardima definisanih granica tolerancije. Izuzeci su gramature od 150 i 170 g/m² papira, kod kojih su izmere vrednosti ispod dozvoljenih granica tolerancije ($\pm 3\%$). Pri analizi rezultata treba da se vodi računa o mogućim odstupanjima. U daljem tekstu, po potrebi se poziva na ova odstupanja gramature, a izmerene vrednosti se tada označavaju kao stvarne vrednosti. Analiza ostalih ispitanih karakteristika je izvršena u delu prikaza rezultata referentnih merenja (poglavlje 5.2), kako bi se osigurala opšta preglednost i jasna dedukcija pri izvođenju zaključaka ključnih za hipotezu disertacije.

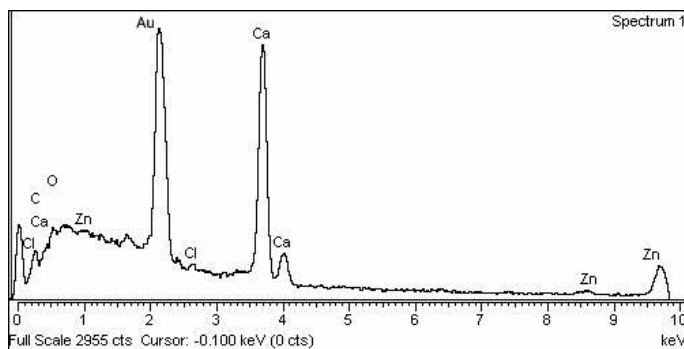
Tabela 5.2– Osnovne karakteristike papira za umetničku štampu Simbol Freelife Gloss

| Karakteristike | Uzorci | | | | | |
|---|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| Nominalne vrednosti gramature [g/m ²] | 90 | 115 | 130 | 150 | 170 | |
| Gramatura [g/m ²] | 89.72 | 111.42 | 125.2 | 141.65 | 159.76 | |
| Debljina [μm] | 65.5 | 80.2 | 92.5 | 113 | 122.5 | |
| Hrapavost [ml/min] | 33.77 | 14.85 | 9.55 | 14.15 | 10.15 | |
| Sadržaj pepela [%] | 40.70 | 40.23 | 45.63 | 40.15 | 40.26 | |
| Indeks otpornosti prema prskanju | 2.18 | 1.88 | 1.78 | 2.13 | 2.25 | |
| Zatezna čvrstoća [kN/m] | MD | 4.22 | 4.62 | 4.76 | 6.05 | 7.16 |
| | CD | 2.82 | 3.01 | 3.58 | 4.24 | 4.91 |
| Izduženje pri kidanju [%] | MD | 4.67 | 4.50 | 4.40 | 4.85 | 5.47 |
| | CD | 10.37 | 8.96 | 10.29 | 10.55 | 9.87 |
| Indeks zatezanja [kNm/g] | MD | 48.15 | 42.93 | 39.70 | 44.04 | 45.67 |
| | CD | 32.26 | 27.47 | 29.09 | 30.17 | 31.31 |

Premazivanje ispitanih papira je vršeno pomoću rakel noževa, omogućavajući ravnomeran nanos premaza u dva (kod 90 g/m²) i u tri sloja (kod ostalih uzoraka) (Fedrigoni, nd). Kako je receptura sastava premaza poslovna tajna kompanije, za potrebe istraživanja približan sastav premaza će se koristiti za definisanje materijalnih uzoraka, koji se određuje pomoću EDS analize sa SEM snimaka. Sumirani rezultati EDS analize su predstavljeni u tabeli 5.3, dok izgled tipičnog spektra je prikazan na slici 5.14. Na osnovu dobijenih rezultata je utvrđeno da sastav premaza odabranih papirnih uzoraka prevashodno je sačinjen od kalcijum karbonata, sa manjim primesama drugih minerala.

Tabela 5.3 – Prosečni maseni i atomski udeo (%) u analizi sastava premaza ispitanih papira

| Uzorci | Maseni udeo elementa [%] | Atomski udeo [%] |
|--------|--------------------------|------------------|
| C | 23.32 | 38.97 |
| O | 30.30 | 37.85 |
| Ca | 42.82 | 21.78 |
| Al | 0.93 | 0.69 |
| Cl | 1.02 | 0.58 |
| Zn | 2.44 | 0.75 |
| Fe | 0.78 | 0.28 |



Slika 5.14 – Tipičan spektar EDS analize premaza odabranih papira

5.2.1.2. Štamparska boja

Obojavanje površine premaznih papira za kasniju lakšu vizuelnu analizu je vršeno procesnom cijan bojom, proizvođača Sun Chemical, WORLD SERIES CYAN (kod proizvoda: B 9903 WS25) koja je predviđena za tabačnu ofset štampu papira i kartona. Preporučuje se za štampu raznih publikacija, ambalaže, kao i etiketa sa vodenim lepljenjem. Među osnovnih karakteristika se ubrajaju sledeće: zadovoljava propise industrijskih standrada ISO 2846:1, EN 71/3 (regulativa igračaka), omogućuje štampu po standardu ISO 12647:2, sadrži isključivo ulja na biljnoj bazi, sušenje se odvija upijanjem i oksidacijom, odgovara svim CtP pločama i ima dobru mehaničku otpornost u funkciji podloge za štampu (SunChemicals, nd) .

5.2.2. Karakteristike korišćenih uređaja i pribora

5.2.2.1. Izrada materijalnih uzoraka

5.2.2.1.1. Štamparska mašina

Štampanje odabranih premaznih papira je vršeno na KBA Rapida 75 petobojnoj ofset tabačnoj mašini sa dodatnim agregatom za lakiranje. Tabaci papira su bili celom površinom štampani sa 100% nanosom cijan boje. Debljina nanosa i ostali parametri kvaliteta štampe su praćeni pomoću Techkon TSC 325 kontrolne merne trake po ISO 12647-2 standardu. Osnovne tehničke karakteristike od značaja za sprovedeno istraživanje su date u tabeli 5.4.

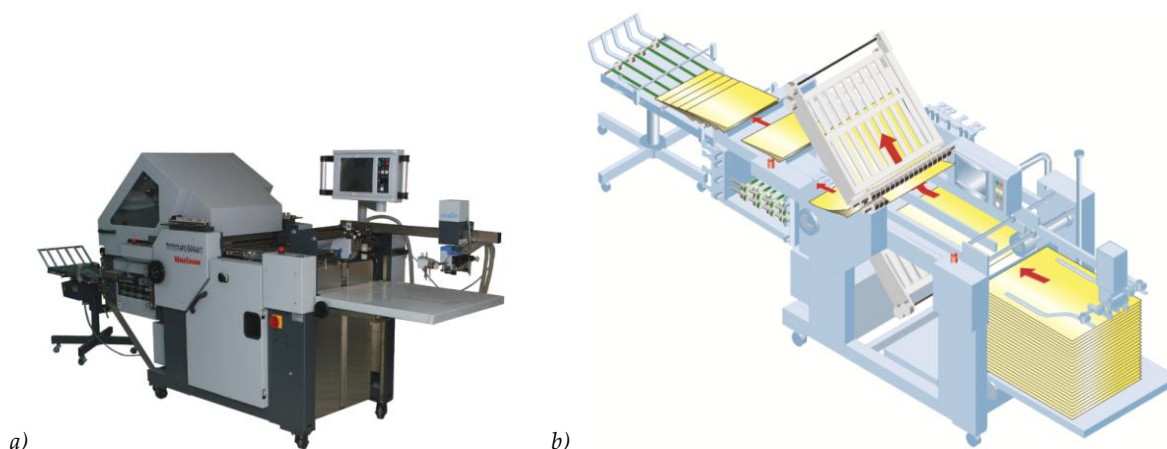
Tabela 5.4 – Osnovne tehničke karakteristike mašine za štampu KBA Rapida 75

| Karakteristike | Vrednosti - parametri |
|--|------------------------------|
| format tabaka za štampu | B2 - 500 x 707mm |
| štamparska forma | Agfa Azura TS CtP ploče |
| sredstvo za vlaženje | 3% DS Acedin DH sa 8% DS IPA |
| brzina | 7000 t/h |
| metrički pritisak između gumenog cilindra i cilindra za pritisak | 0,1 mm |

5.2.2.1.2. Mašina za savijanje

Operacija savijanja odabranih papirnih uzoraka je realizovana na kombinovanoj mašini za savijanje proizvođača Horizon modela AFC 544 AKT. Mašina je opremljena sa 6 džepova (3 gornja i 3 donja) u prvoj jedinici za savijanje, sa jednim nožem i sa još dodatna dva džepa ispod noža u drugoj jedinici za savijanje (Slika 5.15a). Površina valjaka za savijanje i transport je izrađena od naizmenično nanizanih prstenova mekane poliuretanske gume i čelika. Osnovna funkcija takve konfiguracije jeste osiguranje adekvatnog pritiska između valjaka kompenzacijom eventualnih prekomernih sila pritiska bez oštećenja površine tabaka za savijanje. Osnovna podešavanja i tehničke karakteristike od značaja za sprovedeno istraživanje su prikazani u tabeli 5.5. Za potrebe istraživanja, savijanje

odabranih papira je vršeno na jedan prevoj korišćenjem prve jedinice za savijanje džepom (Slika 5.15b). Savijanje je izvršeno 48h nakon štampi pri standardnim klimatskim uslovima (22°C, 55% RH).



Slika 5.15 – Izgled mašine za savijanje Horizon AFC 544 AKT (a) i princip odvijanja procesa savijanja za potrebe istraživanja (b)

Tabela 5.5 – Osnovne tehničke karakteristike mašine za savijanje Horizon AFC 544 AKT

| Karakteristike | Vrednosti - parametri |
|--|--|
| format tabaka (uzoraka) za savijanje | 200 x 250 mm |
| jedinica za savijanje | prvi gornji džep |
| podešavanje pritisak valjaka za savijanje preko razmaka između valjaka | standardno podešavanje preko debljine papira koji se savija (varijabilni parametar – po promeni gramature, menja se i razmak |
| brzina transportnog sistema | 100-150 m/min |

5.2.2.1.3. Mašina za rezanje

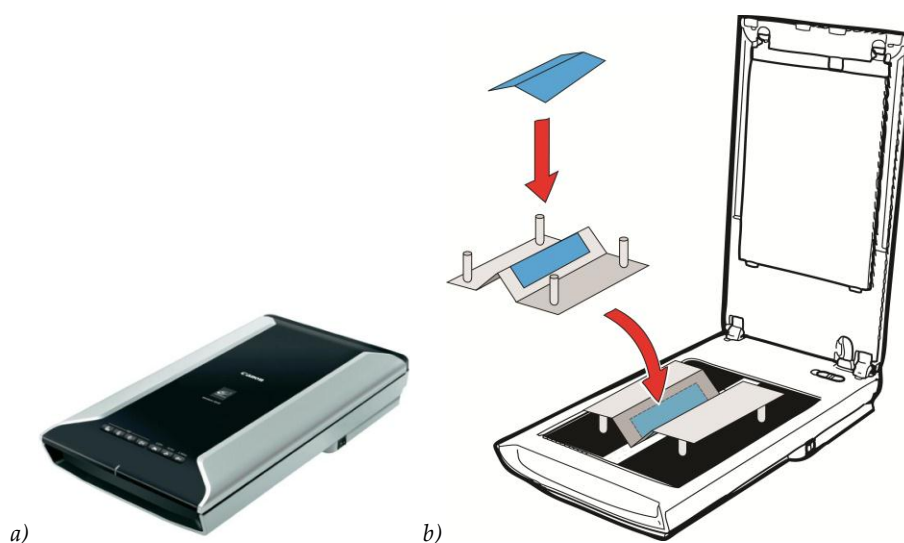
Za razrezivanje odštampanih tabaka na format uzoraka za savijanje odnosno za izrezivanje epruveta od savijenih i ne savijenih uzoraka za ispitivanje osnovnih karakteristika papira je korišćena mašina za rezanje naslage materijala Perfecta HTVC 76. Najbitnije tehničke karakteristike mašine za rezanje su sledeće: pritisak prese 20 kN, ugao oštrenja noža 24°.

5.2.2.2. Digitalizacija uzoraka

Predefinisani set parametara svake metode digitalizacije uključuje digitalni zapis u sirovom formatu ili sa kompresijom bez gubitaka, prostor boja i veličinu posmatrane površine (opciono za mikroskop). Pored navedenih prilikom digitalizacije uzoraka ispunjavanje zahteva prema nezavisnosti tipa i modela uređaja u datoj kategoriji i prema izbegavanju naprednih funkcija savremenih uređaja za digitalizaciju su od velikog značaja.

5.2.2.2. Skener

Jedan od uređaja za digitalizaciju uzoraka je ravan skener Canon CanoScan 5600f, koji je poluprofesionalni skener u boji, stono položen sa adapterom za filmove. Predviđen je za skeniranje fotografija, filmova/slajdova od 35 mm i dokumenata u boji pomoću CCD tehnologije. CanoScan 5600F se odlikuje velikom stabilnošću tokom korišćenja, sa računarom se povezuje preko USB 2.0 porta i potpuno je kompatibilan sa svim Windows i OSX platformama, a pomoću softvera MP Navigator EX, koji se isporučuje sa skenerom, omogućava obavljanje najkompleksnijih operacija skeniranja (Canon, 2014a). Na slici 5.16a je prikazan izgled skenera, dok 5.16b predstavlja šemu postavljanja uzoraka za skeniranje. Proces skeniranja obuhvatio sve planirane uglove postavljanja papirnih epruveta (0° - 180°).



Slika 5.16 – Skener Canon CanoScan 5600 f (a) i način postavljanja uzoraka za skeniranje (b)

Uzorci su bili prvo izrezani na odgovarajuće dimenzije zatim su podeljene na tri grupe. Prva grupa uzoraka je bila digitalizovana u ravnom položaju (sa unutrašnjim uglom od 180°) bez nekih pomoćnih pribora. Uzorci su bili jednostavno postavljeni na radnu površinu skenera, pri čemu se vodilo računa da linija savijanja bude usmerena normalno na pravac kretanja glave skenera, kako bi izbegli stvaranje nepoželjnih senki u toku skeniranja pri velikim rezolucijama (pošto se glava za skeniranje vrlo sporo pomera). Druga grupa uzoraka je pripremljena za digitalizaciju sa uglovima postavljanja od 15° - 90° . Kod te grupe, uzorci su bili zalepljeni, tj. fiksirani pomoću samolepljive krep trake na podlogu sa odgovarajućim unutrašnjim uglom profila (uglovi su prikazani na slici 5.2). Nakon toga, fiksirani uzorci zajedno sa podlogom su bili postavljeni na radnu površinu skenera, tako da nalepljeni uzorak sa linijom prevoja tačno nalegne, tj. da dodirne stakleno. To je bio preduslov za oštro skeniranje. Linija prevoja i kod ove grupe stajala normalno na pravac kretanja optičke glave skenera. Treću grupu čine uzorci u potpuno savijenom obliku. Taj položaj je specifičan i omogućava skeniranje više uzoraka istovremeno, jer su potpuno savijeni uzorci poređani jedan uz drugi. Takav pristup omogućava realniju reprezentaciju grupe ispitanih uzoraka jer već sa jednog digitalnog uzorka (slike) se dobija prosečna vrednost obeležja. Broj uzoraka po jednoj takvoj digitalizaciji zavisi od gramature i debljine ispitanih papira, koji se uzima u obzir prilikom proračuna parametara obeležja (od koji je samo procenat belih piksela osetljiv na broj uzoraka po slici). Sa ovako

pripremljenih materijalnih uzoraka, najmanje 25 slika je pripremljeno po jednoj kombinaciji gramature, smera vlakanca, ugla postavljanja i rezolucije. Prilikom skeniranja epruvete su bile jednom postavljene i sa iste površine (definisane kao prozor za skeniranje) neposredno su formirane sve slike sa različitim rezolucijama. To znači da su digitalni zapisi različiti samo u detaljima vidljivim na slikama.

Bitno je napomenuti sam da proces skeniranja u velikoj meri pojednostavljuje pripremu digitalnih uzoraka za softversku analizu, jer se odmah definišu željene dimenzije površine od interesa (prozor skeniranja 4 x 25 mm, izlazna veličina 100% ulazne, tj. skeniranje bez uvećanja) i neposredno nakon skeniranja kreirane slike se mogu analizirati. Pored navedene prednosti, skeniranje ima i nedostatak, pre svega u vidu zahtevane brzine rada. Naime, pri velikim rezolucijama mala brzina skeniranja može predstavljati problem. Ukoliko se radi sa velikim brojem uticajnih faktora pri analizi, stoga i pri velikim brojem uzoraka, sama digitalizacija može biti vremenski vrlo zahtevna.

Najbitnije tehničke karakteristike su date u tabeli 5.6, a podešavanja pri skeniranju kao i parametri skeniranih uzoraka od značaja za istraživanje su sumirani u tabeli 5.7.

Tabela 5.6 – Tehničke karakteristike ravnog skenera Canon CanoScan 5600 f

| Karakteristike | Vrednosti - parametri |
|-------------------------------------|---|
| Optička rezolucija | 4800 x 9600 ppi* |
| Tip senzora | CCD, 6 redova, u boji |
| Izvor svetla | Bela LED lampa – reflektivna / hladna katodna fluorescentna lampa |
| Gradacija skeniranja (u boji) | 48-bitni ulaz -> 48/24-bitni izlaz |
| Softver koji se isporučuje u paketu | ScanGear, MP Navigator EX, ArcSoft PhotoStudio |

Tabela 5.7 – Osnovni parametri skeniranih uzoraka

| Karakteristike | Vrednosti - parametri |
|------------------------|---------------------------|
| Rezolucija i dimenzije | 1200 spi – 192 x 1181 ppi |
| | 2400 spi – 384 x 2362 ppi |
| | 4800 spi – 768 x 4724 ppi |
| Režim rada | refleksiono skeniranje |
| Dubina boje | 24 bit (3 x 8) |
| Prostor boja | sRGB |
| Format zapisa | .bmp |
| Napredne funkcije | isključene |

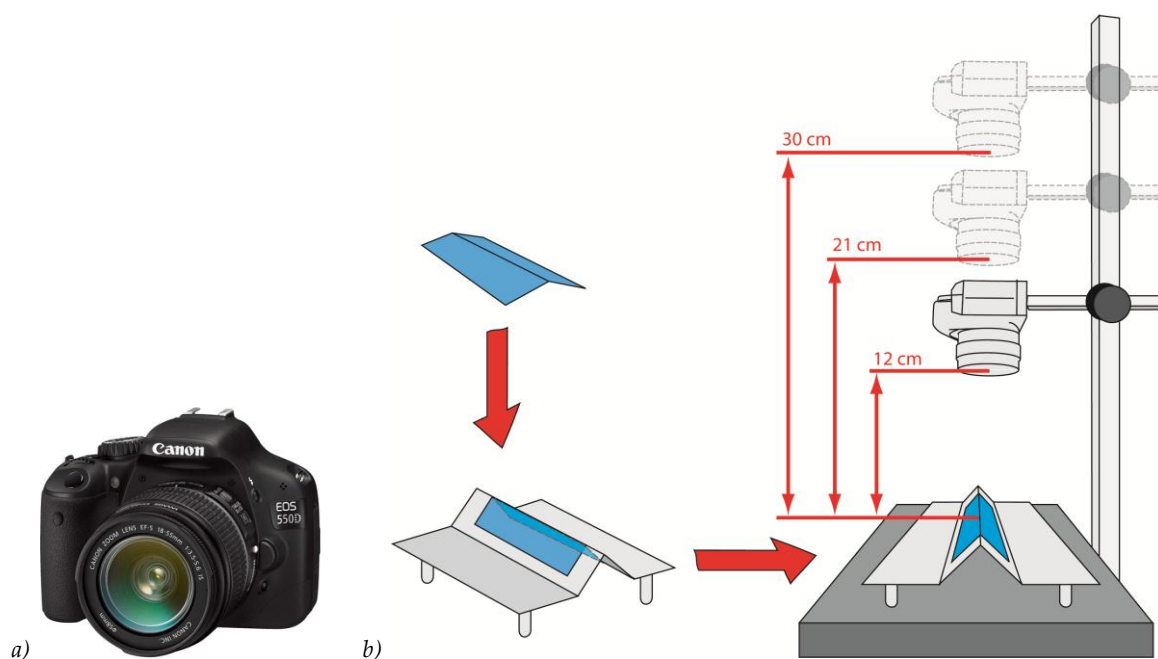
5.2.2.2.2. Fotoaparat

Za fotografisanje uzoraka korišćen je Canon EOS 550D digitalni fotoaparat (Slika 5.17a, Tabela 5.8). Ugrađenim CMOS senzorom od 18 megapiksela, odabrani model digitalnog fotoaparata je pogodan i za uslove slabe osvetljenosti, jer stvara slike sa niskim nivoom šuma sa naprednom tehnologijom uklanjanje šuma prilikom snimanja sa većim ISO vrednostima (Canon, 2014b). Sa podešavanjima prikazanim u tabeli 5.9 su bili uzorci

fotografisani sa udaljenosti od 30 cm, 21 cm i 12 cm. Osnovna postavka kamere i uzoraka je prikazana na slici 5.17b. Priprema uzoraka za proces fotografisanja (fiksiranje, postavljanje i slično) je opisana u prethodnom poglavlju, kod digitalizacije skenerom. Kombinacije epruveta su i ovde obuhvatile sve gramature, smeru vlakanca i uglova postavljanja epruveta. Broj izrađenih fotografija sa materijalnih uzoraka obezbeđivao najmanje 25 digitalnih uzoraka po kombinaciji uticajnih parametara.

Za potrebe digitalizacije fotoaparatom, bilo je neophodno obezbediti adekvatno uniformno osvetljenje uzoraka (Yam i Papadakis, 2004). To je bilo postignuto pomoću dva izvora osvetljenja postavljenih sa obe strane pripremljenog uzorka pod uglom od 45° u odnosu na posmatranu liniju prevoja i površinu uzorka. Lampe, koje su predstavljale izvore osvetljenja, bile su opremljene Philips-ovim fluorescentnim sijalicama sa temperaturom boje 6500K (odgovaraju illuminantu D65). Sam fotoaparat za vreme digitalizacije je bio montiran na stalak okrenut na dole usmeren ka postolju za uzorke (Slika 5.17b). Pomoću stalka je bila osigurana konstantna udaljenost predmeta (epruveta), kao i položaj aparata i stabilizacija iste u toku fotografisanja.

Digitalizacija fotoaparatom sa jedne strane predstavlja jednostavnu metodu, jer cela površina uzorka se istovremeno i brzo zapisuje u digitalni oblik (za razliku od skenera). Dobijene fotografije nakon slikanja su bile prvo konvertovane u .bmp format, zatim pomoću odgovarajućeg softvera za rastersku grafiku (Adobe Photoshop®) sa svake fotografije je isečeno najmanje jedan, a najviše dva digitalna uzorka. Iako je sam proces digitalizacije jednostavan i brz, naknadne operacije su zahtevne i to ne samo vremenski već često i računarski.



Slika 5.17 – Digitalni fotoaparat Canon EOS 550D (a) i način postavljanja uzoraka za fotografisanje (b)

Tabela 5.8 – Tehničke karakteristike digitalnog fotoaparata Canon EOS 550D

| Karakteristike | Vrednosti - parametri |
|----------------|-----------------------|
| Tip kamere | Digital SLR |
| Senzora | 22.3 x 14.9mm CMOS |
| Objektiv | 18-55mm 1:3.5-5.6 IS |

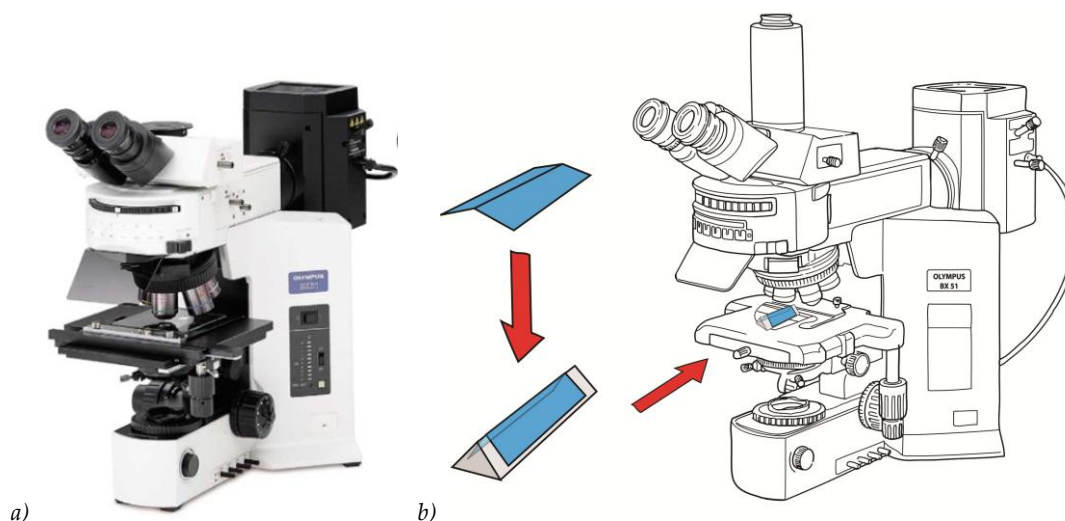
Tabela 5.9 – Osnovni parametri fotografisanja uzoraka

| Karakteristike | Vrednosti - parametri |
|--|--|
| Rezolucija i dimenzije | 5184 x 3456 piksela |
| Dubina boje | 24 bit (3 x 8) |
| Prostor boja | sRGB |
| Format zapisa | .CDR2 (Canon raw format) |
| Mod i vreme ekspozicije | manuelni, 1/0 |
| Balans bele | isključen |
| Osetljivost ISO | 100 |
| Fokus | automatsko predfokusiranje, zatim manuelni |
| Udaljenost uzoraka i veličine konačnih slika | 12 cm – 321 x 2008 piksela |
| | 21 cm – 203 x 1271 piksela |
| | 30 cm – 149 x 930 piksela |
| Osvetljenje | uniformno (približno difuzno) sa D65 fluorescentnim sijalicama |

5.2.2.2.3. Optički mikroskop

Treća metoda digitalizacije uključuje primenu optičkog mikroskopa Olympus BX – 51 (Slika 5.18a) i digitalne kamere Olympus DP72, koji je u sastavu mikroskopa. Pomoću pomenute kamere slika posmatrane površine se zapisuje u digitalnom obliku (mikroskop je moguće povezati sa računarom). Mikroskop je opremljen sa 5 objektiva koji omogućavaju uvećanja od 50, 100, 200, 500 i 1000 puta sa dodatnom funkcijom dupliranja trenutnog uvećanja. Pomak fokusa je do 25 milimetara, a kod uzoraka većih dimenzija po potrebi je moguće pomeriti ceo sto za uzorke u nižu poziciju. Najmanji pomak stola po z osi (dubini) je 1 mikrometar, dok se po x i y osi pomak vrši ručno pomoću vijka. Uzorci se mogu snimiti u refleksionom ili transmisijskom modu, zavisno od vrste uzoraka. Relevantne tehničke karakteristike mikroskopa su date u tabeli 5.10 (Olympus, nd), dok su osnovni parametri snimljenih fotografija – digitalnog zapisa prikazani u tabeli 5.11.

Za potrebe istraživanja je korišćeno samo jedno uvećanje i to najmanje uvećanje od 50x. Uzorci su bili digitalizovani samo u dva položaja, tj. ugla postavljanja 90° i 180°. Zbog specifičnosti mikroskopske analize, njihova priprema se razlikuje od ostale dve metode digitalizacije, stoga u nastavku sledi kratak opis iste. Za ugao 90° uzorak nakon rezanja na željenu veličinu, pomoću samolepljive trake se fiksira na podlogu (drveno postolje oblika jednakokrakog trougla s gornjim uglom od 90°, ukupne visine 2 cm), tako da linija prevoja tačno nalegne na vrh jednokrakog trougla. Zalepljivanje je vršeno sa obe strane uzorka. Na slici 5.18b je prikazana pojednostavljena šema pripreme uzoraka sa unutrašnjim uglom postavljanja epruvete od 90°. Za ugao 180° savijeni uzorak se prvo otvori i nakon rezanja na potreban format, pomoću ručne prese se fiksira na staklenu ploču, na koju je prethodno naneta odgovarajuća količina plastelina. Takva priprema osigurava paralelnost uzorka sa staklenom pločom.



Slika 5.18 – Optički mikroskop Olympus BX – 51 (a) i način pripreme uzoraka za snimanje (b)

Tabela 5.10 – Tehničke karakteristike optičkog mikroskopa Olympus BX - 51

| Karakteristike | Vrednosti - parametri |
|--------------------|--|
| Raspon uvećanja | 50x - 1000x |
| Osvjetljenje | 12V 100W halogen, LED indikator za intenzitet svetla |
| Ugrađeni filtri | LBD-IF, ND6 |
| Tip kamere | DP72, CCD, linijski, 12.8 megapiksela ISO1600 |
| udaljenost objekta | 12 mm |

Tabela 5.11 – Osnovni parametri snimljenih digitalnih uzoraka

| Karakteristike | Vrednosti - parametri |
|-------------------------|-----------------------|
| veličina i rezolucija | 3096 x 4140 piksela |
| Režim snimanja | refleksioni |
| Polarizacija svetlosti | uključena |
| Dubina boje | 24 bit (3 x 8) |
| Prostor boja | sRGB |
| Format zapisa | .tiff |
| Mod i vreme ekspozicije | manuelni, 1/40 |

Pri datim podešavanjima ukupno 12 digitalnih uzoraka je pripremljeno po jednoj kombinaciji gramature i smera savijanja. Veličina digitalnog zapisa sa mikroskopa odgovara površini savijenog papira dimenzija 2.64 x 3.54 mm, što po dužoj strani približno 7, dok po kraćoj 1.5 puta manje u odnosu na površine dimenzija 4 x 25 mm korišćene kod ostalih digitalizacija.

5.2.2.3. Instrumenti za ispitivanje osnovnih karakteristika i referentnih parametara premaznih papira

Gramatura ispitanih uzoraka je izmerena na analitičkoj vagi Mettler Toledo AE 200. Vaga je opremljena zaštitnim staklom, raspon merenja je od 50 mg do 205 g sa rezolucijom od 0,1 mg preko celog mernog opsega.

Debljina korišćenih papira za potrebe istraživanja je utvrđena pomoću Metrimpex mikrometra, tipa 6-12-1/B sa veličinom merene površine 2 cm² i tegom težine od 2 kg.

Određivanje hrapavosti površine metodom propuštanja vazduha (po Bensenu) je vršena na instrumentu PTA Group Paper Testing Association, Type Bendtsen Manual, N3500. Instrument podržava važeće ISO, TAPPI i SCAN standarde (ISO 5636/3, 8791/2, TAPPI UM535, SCAN P21 i P60) a odgovarajuća površina ispitanog uzorka iznosila 10 cm².

Za ispitivanje sadržaja pepela odabranih papirnih uzoraka je korišćena peć za žarenje Degetherm Easy 6, i analitička vaga marke GR 202 – Gemini, proizvođača A&D.

U cilju određivanja sastava premaznog sloja pomoću EDS analize, vršena je SEM analiza ispitivanih površina. Za potrebe istraživanja korišćen je skenirajući elektronski mikroskop JEOL JSM-6460, sa sledećim tehničkim karakteristikama: uvećanje od 5-300.000x, rezolucija 3.00 nm i napon ubrzavanja od 0-30 kV. Dati model SEM mikroskopa je opremljen sensorom za energetsko disperzivnu spektroskopiju koji se koristi za lokalnu hemijsku analizu ispitanih površina. Radi dobijanja elektroprovodne površine pogodne za SEM i EDS analizu, papirni uzorci pre snimanja se naporavaju slojem zlata. Za naporavanje je korišćen uređaj Baltec SCD 005, sa sledećim podešavanjima: vakuum od oko 10-12 mbar, radna udaljenost između uzorka i izvora atoma zlata od 22 do 78 mm.

Otpornost prema prskanju po Mullen-u je mereno na Lorentzen&Wettre Burst-o-matic uređaju sa pritiskom kompresora u rasponu od 8-12 kp/cm² pri čemu podešavanja pritiska su pratila povećanje gramature ispitanih uzoraka. Odabirom mernog opsega instrumenta je postignuto vreme prskanja od 10s.

Ispitivanje otpornosti prema kidanju ispitanih papirnih uzoraka kao i određivanje zaostale zatezne čvrstoće je vršeno na kidalici Frank Type 800A, No. 10 (Karl Frank GmbH, Nemačka). U zavisnosti od gramature ispitanih papira, brzina razmicanja čeljusti je bila 30 mm/min za 90 - 130 g/m², 40 mm/min za 150 g/m² i 170 g/m² kako bi se ispoštovala standardnom definisana primena konstantne brzine sile zatezanja koja izaziva prekid epruvete u vremenu 20s ± 5s (SRPS ISO 1924-1:1997).

5.2.3. Karakteristike korišćenih softverskih alata za analizu

5.2.3.1. ImageJ

U okviru razvojnog procesa algoritma softverski paket ImageJ (verzija 1.48) je korišćen za preliminarne analize različitih tehnika pripremne obrade i binarizacije digitalizovanih uzoraka. Pripremne operacije obuhvataju tehnike povećanje kontrasta, izjednačavanje histograma slike, konverzija prostora boja, izdvajanje pojedinih kanala slike u boji, izoštravanje i slično, dok se binarizacija slike se vrši segmentacijom – na osnovu raznih obeležja digitalnog zapisa slike. ImageJ je besplatno dostupan softver za analizu slika koji se bazira na programskom jeziku „Java“, razvijen od strane Wayne Rasbanda na Nacionalnom institutu za zdravlje (*National Institutes of Health - NIH*). Pomoću pomenutog programa se mogu prikazati, uređivati, analizirati, obrađivati i memorisati slike u različitim formatima (npr: TIFF, GIF, JPEG, BMP) i različitim dubinama (8-bitne, 16-bitne i 32-bitne slike). Prednosti datog softvera, pored širokog spektra standardnih funkcija obrade i analize slike, ogleda se u mogućnosti kreiranja dodatka (*plug-in-ova*) i pisanje koda (*macros-a*) koji se vrlo jednostavno mogu implementirati u osnovnu aplikaciju (ImageJ, 2011). Na zvaničnoj internet stranici ImageJ-a (<http://imagej.nih.gov/ij/>) postoji veliki broj već razvijenih dodataka za najrazličitije primene digitalne analize.

5.2.3.2. Matlab

Za razvijanje konačnog algoritma pripremne obrade odnosno za dobijanje kvalitativnih i kvantitativnih opisa oštećenja digitalizovanih uzoraka, od raspoloživih programskih paketa je Matlab korišćen (verzija R2011a). Programski paket Matlab predstavlja interaktivno okruženje za razvoj algoritama, za modelovanje i simulaciju različitih procesa, za vizualizaciju i analizu podataka, kao i za rešavanje različitih problema iz linearne i vektorske algebre korišćenjem prevashodno numeričkih metoda. Matrični proračuni predstavljaju osnovu Matlab-a, koji se jednostavno i brzo izvode, te je na ovom polju Matlab vodeći svetski programski paket. U programskom paketu Matlab se mogu realizovati sve predviđene operacije pripremne obrade i analize digitalizovanih uzoraka. Prilikom izbora Matlab-a kao softverskog paketa za izvođenje analize digitalizovanih uzoraka, odlučujući faktor je bio njegova ogromna biblioteka postojećih algoritama za obradu slika ugrađenih u sam programski paket (deo Image Processing Toolbox) odnosno kvalitetna i opširna korisnička podrška od strane eksperta i programera širom sveta (González i drugi, 2009; Marques, 2011). U svrhe istraživačkog rada, Matlab sa svojim Image Processing Toolbox-om predstavlja jednog od najviše korišćenih softverskih paketa u oblasti digitalne obrade slike.

6. Rezultati istraživanja

U ovom poglavlju su dati rezultati eksperimentalnih istraživanja podeljeni u dve celine. U prvom delu su predstavljeni rezultati vezani za sam proces pripreme materijalnih uzoraka kroz statističku proveru analiziranih obeležja digitalnih slika po metodama digitalizacije. U drugom su prikazani rezultati ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja pri savijanju, koji čine referentne rezultate i analiza primenljivosti predloženih obeležja kvantitativnog određivanja količine oštećenja odnosno kvalitativnog opisa strukture detektovanih oštećenja na osnovu tih referentnih rezultata.

6.1. Rezultati kvantitativne i kvalitativne analize detektovanih oštećenja nastalih na premaznim papirima u procesu savijanja

U ovom delu su prikazani rezultati digitalizovanih uzoraka za kvantitativni i kvalitativni opis oštećenja primenom digitalne obrade i analize slika. Obeležje koje odgovara kvantitativnoj oceni oštećenja na posmatranoj liniji prevoja je procenat belih piksela na analiziranoj slici, dok odnos tačaka ivice detektovanih oštećenja i ukupnog broja tačaka površine oštećenja (odnos obima i površine oštećenja) kao i distribucija oštećenja predstavljaju kvalitativno okarakterisanje deformacija nastalih u procesu savijanja.

Nakon provere normalnosti raspodele, odbacivanja ekstremnih vrednosti i po potrebi izvršenim naknadnim merenjem obezbeđeno je 20 merenja po ispitivanoj grupi uzoraka pri skeniranju i fotografisanju, dok kod mikroskopske analize zbog tehničkih uslova taj broj je smanjen na 12. Testiranje normalnosti je vršeno Kolmogorov-Smirnov testom (Czichos i drugi, 2006; Pallant, 2007).

Zbog obilnosti eksperimentalnog istraživanja, prikaz dobijenih rezultata je vršeno samo grafički, putem odgovarajućih grafikona i dijagrama prema potrebama analize. Tabelarni prikazi rezultata su dati samo u delu priloga, na kraju disertacije (Tabela II.1-II.21, Prilog II). Da bi se mogla upoređivati disperzija rezultata dobijenih sa različitim uslovima digitalizacije, koji tako daju različite srednje vrednosti, pri analizi rezultata koeficijent varijacije (KV) je korišćen umesto standardne devijacije. Koeficijent varijacije ili drugim nazivom relativna standardna devijacija predstavlja procentualni udeo standardne devijacije u odnosu na srednju vrednost.

6.1.1. Rezultati skeniranih uzoraka

Materijalni uzorci za skeniranje su bili pripremljeni sa 7 različitih uglova postavljanja, a sam proces skeniranja je izvršen sa tri rezolucije 1200 spi, 2400 spi i 4800 spi, pri čemu su sva napredna podešavanja bila isključena, kao što su napredne opcije i manipulacije nad skeniranom slikom. Nakon digitalizacije uzoraka, pomoću razvijenog algoritma za analizu oštećenja dobijeni su vrednosti procenta belih piksela, odnosa tačaka ivice detektovanih

oštećenja i ukupnog broja tačaka oštećenja kao i opis distribucije oštećenja. Prikaz dobijenih rezultata prati ovaj redosled obeležja.

6.1.1.1. Procenat belih piksela skeniranih uzoraka

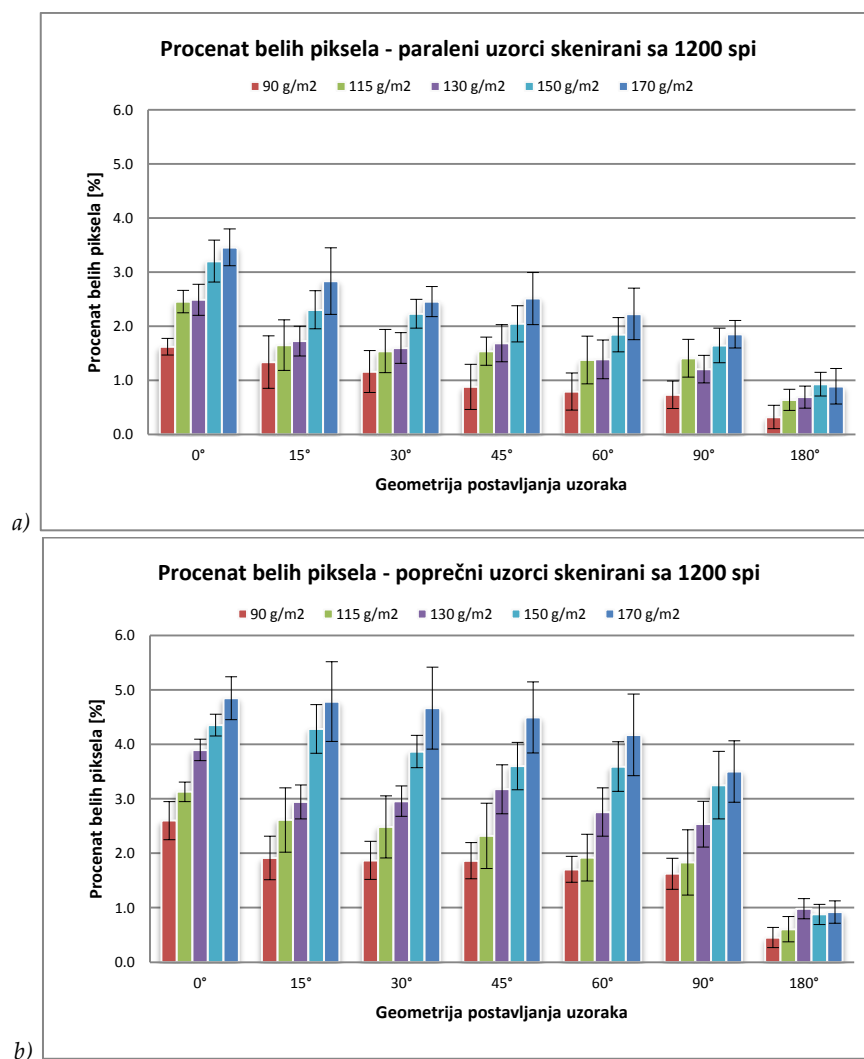
Prikaz i analiza rezultata procenata belih piksela je organizovan na način da prati logičan sled novih saznanja. Prvo je izvršen opšti pregled dobijenih rezultata sa akcentom na promene praćenog parametra po gramaturi ispitanih uzoraka i smeru savijanja istih. Nakon toga sledi prikaz i analiza rezultata sa osvrtom na uticaja rezolucije i uglova postavljanja uzoraka pri skeniranju.

Srednje vrednosti i vrednosti standardne devijacije procenta belih piksela za uzorke savijene paralelno i poprečno na smer vlakanca i skenirane sa rezolucijom od 1200 spi su predstavljene na slikama 6.1a i b (respektivno).

Upoređivanjem vrednosti procenta belih piksela po smeru savijanja uzoraka (Slika 6.1a i b), može se utvrditi da su veće vrednosti zabeležene za uzorke savijene poprečno sa smerom vlakancaca i to u rasponu od 0.45177 do 4.84592 u odnosu na paralelno savijene uzorke ($0.31905 \div 3.45776$) što potvrđuje literaturne rezultate (SAPPI, 2006; Apro i drugi, 2008; Kim i drugi, 2010).

Sa prikazanih dijagrama se vidi da sa povećavanjem gramature (i debljine) ispitanih papirnih uzoraka u većini slučajeva povećava se i procenat belih piksela u obe grupe savijenih uzoraka. Dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima iz (Barbier, 2002). Odstupanja od te tendencije su uočena kod dve grupe paralelno savijenih i kod jedne grupe poprečno savijenih uzoraka. Paralelno savijeni uzorci gramature od 115 g/m² skenirani sa uglom od 90° i uzorci gramature 150 g/m² skenirani u ravnom položaju (ugao 180°) imaju veće vrednosti belih piksela od uzoraka narednih gramatura skeniranih sa istom geometrijom položaja. Kod poprečno savijenih papira, takva situacija se javila samo kod ravno skeniranih uzoraka gramature 130 g/m².

Analizom rasipanja rezultata pomoću koeficijenta varijacije (KV) se može zaključiti da najveća vrednost KV-e je zabeležena kod paralelno savijenih papira gramature 90 g/m² pri ravnom skeniranju (67.54%). Najmanju vrednost KV-e ima poprečno savijen papir gramature 150 g/m² skeniran u potpuno savijenom obliku (4.63%). Upoređujući rezultate KV-a po smerovima savijanja, može se uočiti da poprečno savijeni papiri imaju niže vrednosti KV-e (tj. manju standardnu devijaciju) od paralelno savijenih uzoraka. To ukazuje da digitalni uzorci poprečno savijenih papira su bolje predstavljali stohastičnu strukturu oštećenja od digitalnih uzoraka paralelno savijenih papira (kod kojih su neke slike potpuno bez oštećenja, dok druge sa većom količinom). Sa prikazanih slika 6.1a i b se može videti da najmanje vrednosti koeficijenta varijacije kod paralelnih uzoraka su zabeležene kod ugla postavljanja od 0° za sve gramature, dok u većini slučajeva najveće su dobijene kod ravno (180°) skeniranih uzoraka (4 od 5 uzoraka). Poprečno savijeni uzorci imaju slične rezultate koeficijenta varijacije: najmanje vrednosti su zabeležene kod potpuno savijenih (0°), dok najveće kod potpuno otvorenih (180°) uzoraka u svim gramaturama ispitanih papira.

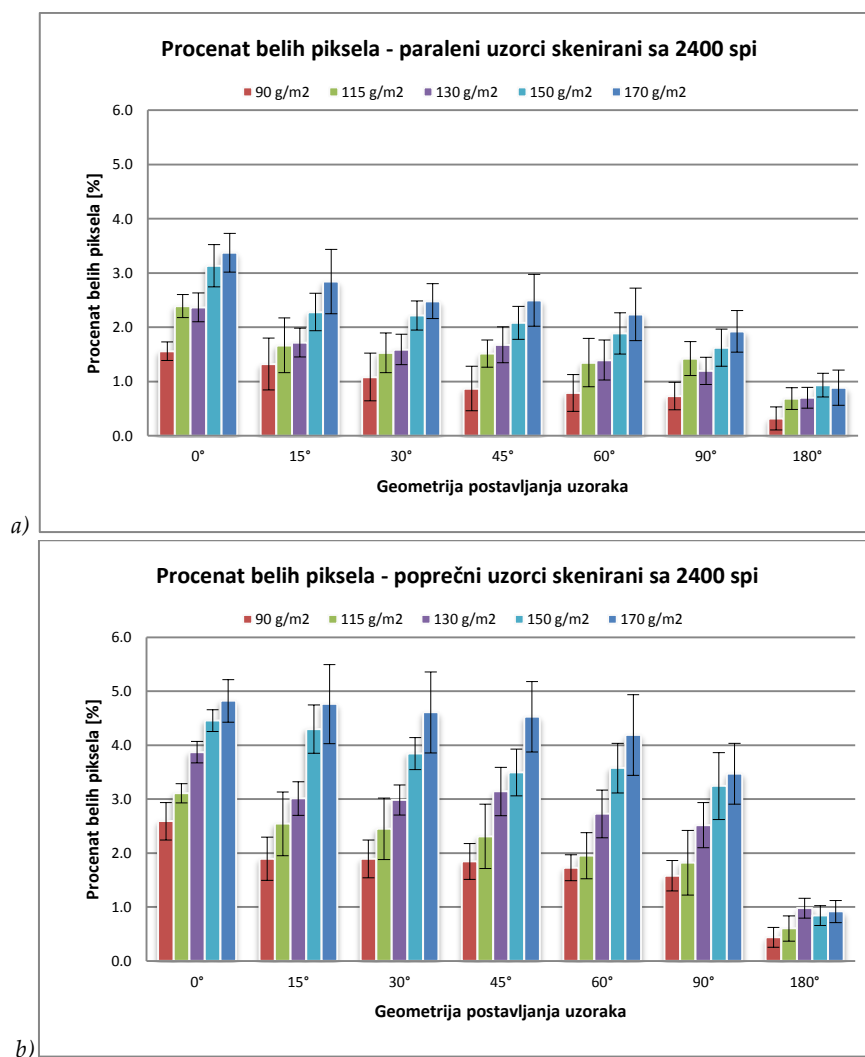


Slika 6.1 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi pri različitom geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima)

Rezultati za uzorke u oba smera savijanja skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi su predstavljeni na slici 6.2a (paralelni uzorci) i 6.2b (poprečni uzorci).

Uticaj smera vlakanca na procenat belih piksela je potvrđen i kod uzoraka skeniranih sa 2400 spi. Bez izuzetaka, sve vrednosti dobijene za poprečno savijene uzorke su veće (raspon: 0.43826 ÷ 4.82061) od odgovarajućih vrednosti uzoraka savijenih paralelno sa smerom vlakanca (raspon: 0.32091 ÷ 3.37387).

Rezultati uzoraka skeniranih rezolucijom od 2400 spi takođe potvrđuju pozitivnu korelaciju gramature i količine belih piksela tj. oštećenja na posmatranim uzorcima: sa povećavanjem gramature povećava se i procenat belih piksela kod većine ispitanih papira. Kod paralelno savijenih uzoraka u tri slučaja su dobijene nešto veće vrednosti za niže gramature: kod uzoraka od 115 g/m² skeniranih sa 0° i 90°, odnosno kod uzoraka gramature od 150 g/m² skeniranih sa 180°. Kod poprečno savijenih uzoraka takvo odstupanje je zabeleženo samo za gramaturu 130 g/m² i to za ravno skenirane uzorke.



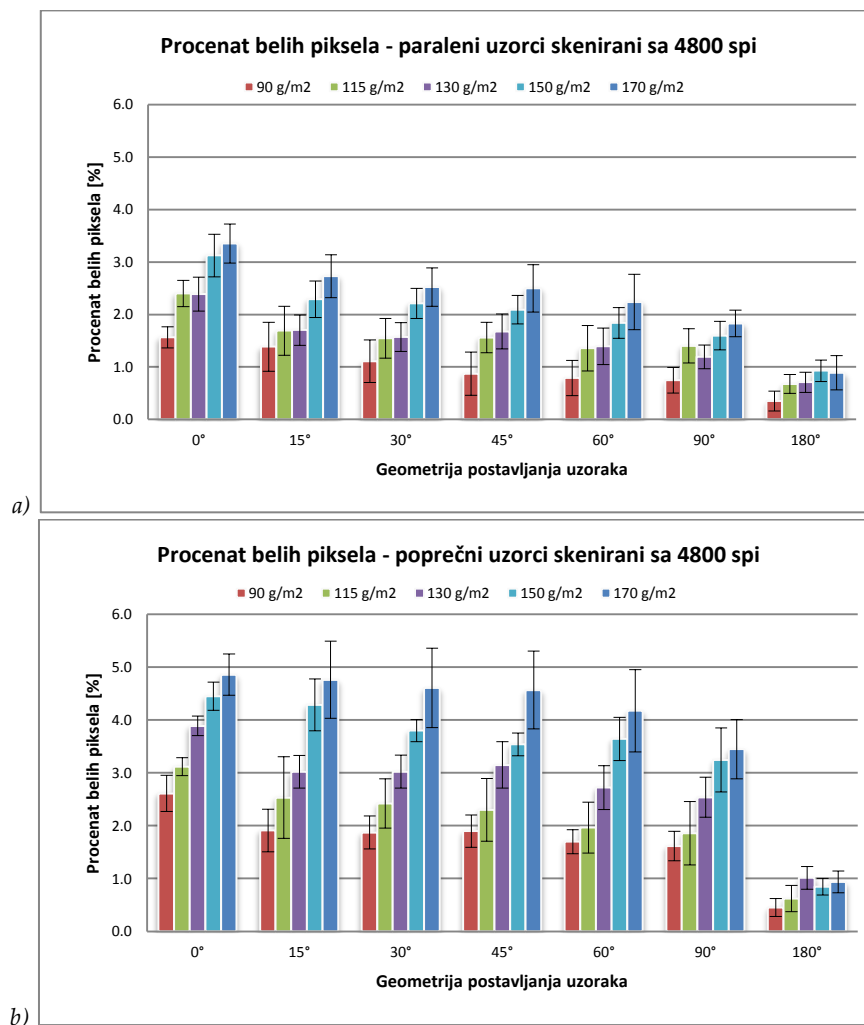
Slika 6.2 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi pri različitom geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima)

Vrednosti koeficijenta varijacije ukazuju na ujednačenu strukturu ispitanih papira savijenih u poprečnom smeru i skeniranih u potpunom zatvorenom obliku (ugao 0°). Raspon koeficijenta varijacije za te spomenute uzorke je od 5.96% do 13.45%. Za isti ugao (ugao 0°) skeniranja su dobijene najmanje vrednosti KV-a u većini slučajeva i kod paralelnih uzoraka (8.95% ÷ 12.47%), mada su one nešto veće u odnosu na poprečno savijene uzorke. Najveće vrednosti KV-a su ponovo tipične za ugao skeniranja od 180° i to skoro kod svih uzoraka u oba smera savijanja (23.52% ÷ 66.51% za paralelne uzorke, 17.91% ÷ 38.38% za poprečne uzorke).

Rezultati procenta belih piksela dobijenih skeniranjem sa rezolucijom od 4800 spi za paralelno savijene uzorke su predstavljani grafički na slici 6.3a, a za poprečno savijene uzorke na slici 6.3b.

Raspon dobijenih rezultata kod paralelnih uzoraka je od 0.34954 do 3.35252, dok poprečni uzorci imaju veće vrednosti procenta belih piksela i kreću se u rasponu od 0.45322 do 4.85828. Sa prikazanih grafikona se može videti, da srednje vrednosti procenta belih

piksela i kod najveće rezolucije skeniranja se povećavaju sa porastom gramature ispitanih papira što je potvrđeno skoro u svim slučajevima. Manja odstupanja su zabeležena kod paralelno savijenih uzoraka gramature 115 g/m² skeniranih sa 0° i uzoraka gramature od 150 g/m² skeniranih sa 180° (vrednosti procenata belih piksela su neznatno veće od uzoraka 130 g/m² i 170 g/m² skeniranih pod istim uslovima) dok je razlika između uzoraka od 115 g/m² i 130 g/m² skeniranih pod uglom od 90° je nešto veća (Slika 6.3a). Kod poprečno savijenih uzoraka odstupanje od pomenutog trenda je uočeno samo kod ravno skeniranih uzoraka. Uzorci gramature 130 g/m² skenirani sa uglom od 180° su rezultirali veću srednju vrednost u odnosu na uzorke izrađene i od 150 g/m² i od 170 g/m² papira (Slika 6.3b).



Slika 6.3 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za poprečno savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 4800 spi pri različitim geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima)

Po vrednostima KV-e kod poprečnih uzoraka se može uočiti manje rasipanje dobijenih rezultata. Najmanja vrednost KV-a je zabeležena kod 130 g/m² poprečno savijenog papira i iznosi manje od 5% (4.8%) što ukazuje na vrlo konzistentne rezultate merenja. Kao i kod nižih rezolucija, najveća vrednost KV-a od 54.15% je zabeležena kod paralelno savijenog 90 g/m² papira pri skeniranju od 180°. Posmatrajući ostale uzorke sa različitim gramaturama i smerom savijanja, može se utvrditi da u većini slučajeva pod istim uglom (180°) su registrovane najveće vrednosti KV-e i to u oba smera savijanja.

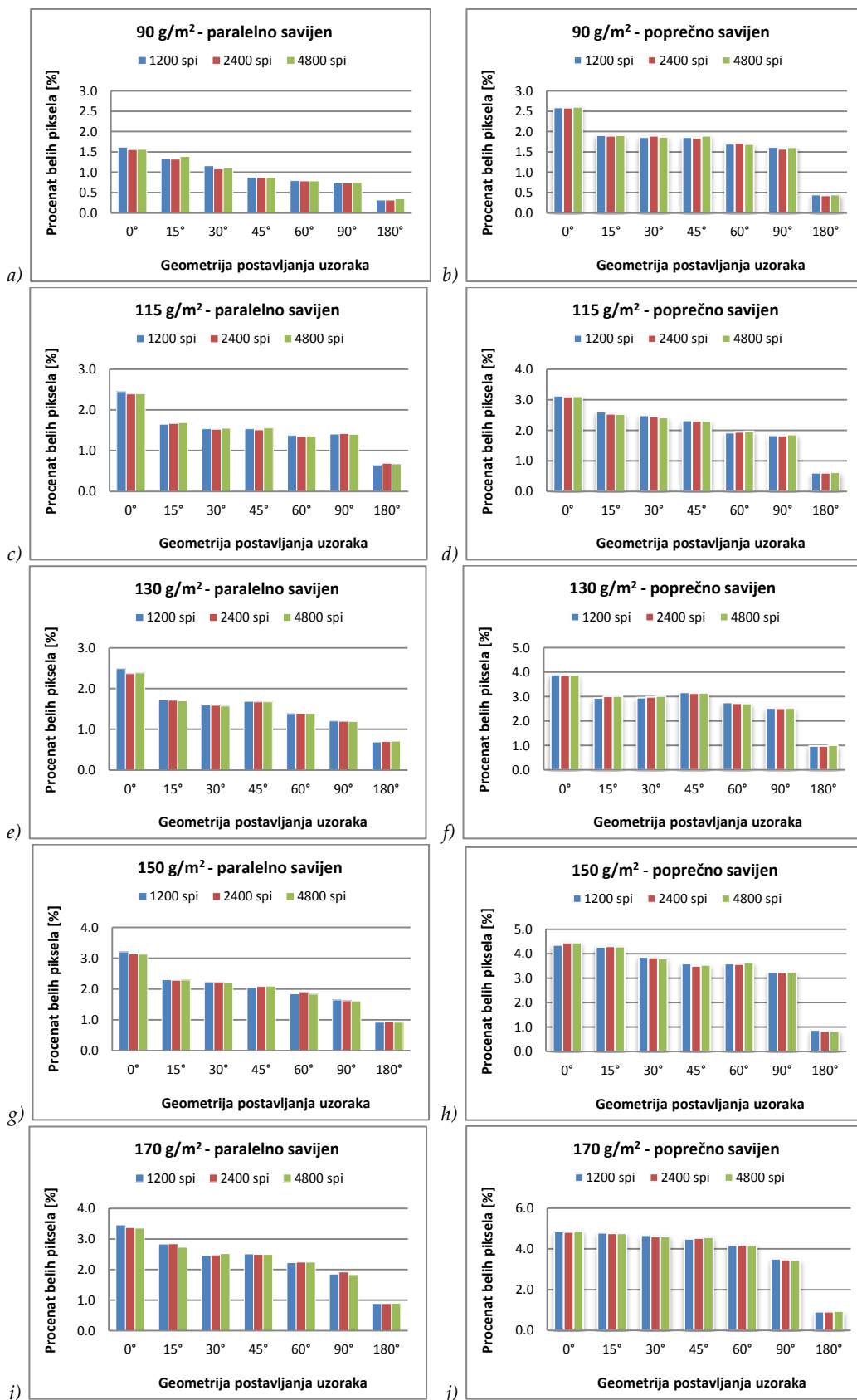
6.1.1.1.1. Uticaj rezolucije skeniranja na procenat belih piksela

Radi jednostavnije uporedne analize rezultata po rezolucijama skeniranja u nastavku su dati dijagrami po gramaturi uzoraka i smeru savijanja istih (Slika 6.4a-j). Sa prikazanih dijagrama se lako uočava da većina ispitanih grupa ima približne srednje vrednosti za različite rezolucije, mada se mogu videti i manja odstupanja kod nekih uzoraka (npr. paralelno savijeni uzorci gramature 90 g/m² skenirani sa uglom od 0°, 15° i 30°). Da bi se utvrdilo da li su te razlike statistički značajne ili ne, izvršena je statistička analiza podataka sa odgovarajućim metodama.

Za utvrđivanje statističke značajnosti uticaja rezolucije skeniranja na procenat belih tačaka korišćena je jednofaktorska analiza varijanse različitih grupa (jednofaktorska ANOVA). Jednofaktorska ANOVA različitih grupa ispituje promenljivost rezultata jedne zavisne promenljive između grupa sa promenljivošću rezultata iste promenljive unutar grupa za jednu nezavisnu promenljivu (Pallant, 2007; Montgomery i Runger, 2000). Zavisna promenljiva je u ovom slučaju procenat belih piksela za sve gramature, uglova skeniranja i smeru vlaknaca, dok nezavisnu promenljivu predstavlja rezolucija skeniranja. Pre nego što se pristupilo analizi varijanse, bilo je neophodno utvrditi homogenost varijanse Levene-ovim testom (Pallant, 2007). Značajnost u testu homogenosti (Tabela III.1, Prilog III) je svugde bila veća od 0.05, stoga je potvrđena pretpostavka homogenosti varijansne kod svake analizirane grupe.

Vrednosti statističke značajnosti (Sig.) kod jednofaktorske analize varijanse za sve ispitane grupe se kreću od 0.383 do 0.998 za paralelne uzorke, odnosno od 0.372 do 0.999 za poprečne uzorke. Na osnovu sprovedene analize utvrđeno je da ne postoji statistička značajna razlika između grupa po rezoluciji skeniranja pri pragu značajnosti od 0.05 ($p < 0.05$). Tabele za kompletan pregled dobijenih rezultata analize uticaja rezolucije na procenat belih piksela za sve skenirane uzorke se nalaze u prilogu (Tabela III.2, Prilog III). Iako rezultati sprovedene statističke analize potvrđuju da ne postoji statistički značajna razlika između grupa po primenjenoj rezoluciji, to ne znači da su srednje vrednosti jednake i o tome se mora voditi računa prilikom evaulacije.

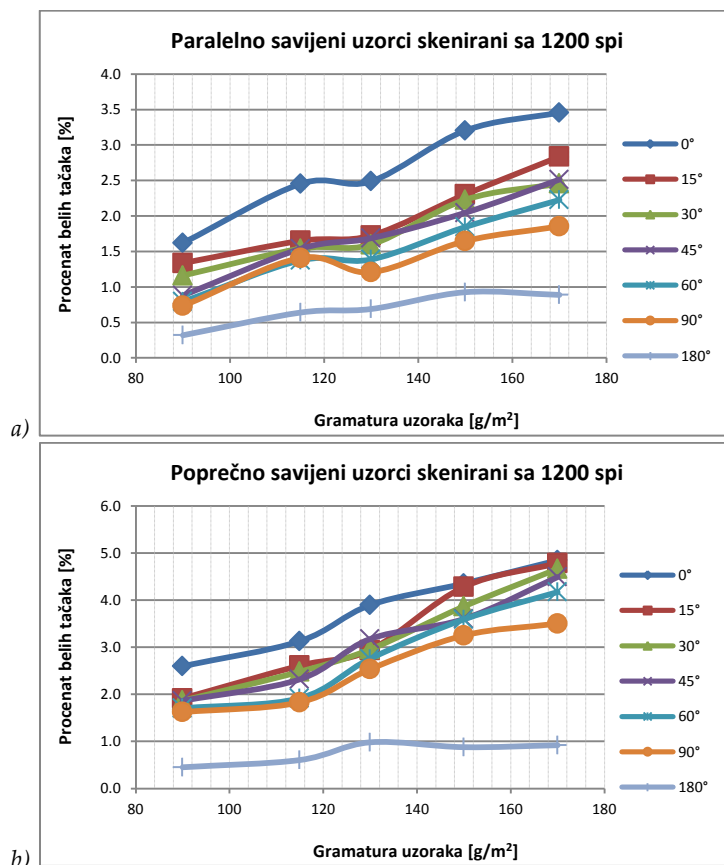
Rezolucija skeniranja ne utiče na dobijene vrednosti belih piksela pod navedenim uslovima odabira površine uzorkovanja (kada se većim delom skeniraju iste površine).



Slika 6.4 – Grafički prikaz uporedne analize uticaja rezolucije skeniranja na rezultate procenata belih piksela po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m² - a,b; 115 g/m² - c, d; 130 g/m² - e, f; 150 g/m² - g, h; 170 g/m² - i, j)

6.1.1.1.2. Uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na procenat belih piksela

Radi preglednijeg upoređivanja rezultata za analizu uticaja unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na procenat belih piksela u nastavku su dati linijski dijagrami dobijenih rezultata. Shodno analizi uticaja rezolucije na procenat belih piksela, da se rezultati ne razlikuju statistički značajno po primenjenoj rezoluciji, rezultati su prikazani samo za rezoluciju skeniranja od 1200 spi u oba pravca savijanja materijalnih uzoraka (Slika 6.5a i b).



Slika 6.5 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi

Posmatrajući uticaj veličine unutrašnjeg ugla postavljanja (ili geometrijskog položaja) uzoraka pri skeniranju na promene vrednosti procenta belih piksela može se zaključiti da sa povećanjem unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka rezultati procenta belih piksela opadaju kod svih uzoraka savijenih u oba pravca savijanja. Kod paralelnih uzoraka najveće vrednosti procenta belih piksela se mogu uočiti za ugao od 0°, dok najmanje vrednosti su zabeležene pri ravnom skeniranju, tj. pri unutrašnjem uglu od 180°. Kod poprečno savijenih uzoraka, ravno skenirani uzorci (180°) su dali znatno manje vrednosti procenta belih piksela u odnosu na ostale uglove, dok izdvajanje ugla od 0° nije toliko izražena (pogotovo kod većih gramatura).

Pored već pomenutog jasnog diferenciranja dobijenih rezultata za uglove 180° i 0° u odnosu na ostale ispitane uglove sa prikazanih dijagrama (Slika 6.5a i b) može se videti da su vrednosti belih piksela kod uzoraka skeniranih pri uglovima od 15°-90° za neke

gramature veoma bliske. Da bi se utvrdila statistička značajnost razlika između tih grupa (i da se ne radi o slučajnim razlikama), izvršena je jednofaktorska analiza varijanse po uglovima skeniranja. U analizu varijanse su bile uključene sve grupe po uglovima i rezolucijama. Rezultati Levene-ovog testa homogenosti varijanse ukazuju na neujednačenu strukturu grupa po pogledu promenljivosti rezultata (varijanse), jer od 30 ispitanih grupa kod 21 nije potvrđena homogenost varijanse (Tabela III.3, Prilog III). Prilikom analize rezultata ANOVA-e (Tabela III.4, Prilog III) za te grupe su uzete vrednosti Brown-Forsythe testa, koji nije osetljiv na nehomogenosti varijanse grupe (Tabela III.5, Prilog III).

Test značajnosti analize varijanse nesporno ukazuje na postojanje statističko značajne razlike između svih grupa uzoraka sa različitim uglovima postavljanja, bez obzira da li su savijeni paralelno ili poprečno, odnosno pri kojoj rezoluciji su skenirani. Vrednosti eta-kvadrata su rasponu od 0.55530 do 0.90469 (gledajući zajedno za oba smera savijanja), pri čemu, po Koenu, vrednosti eta-kvadrata iznad 0.14 obeležavaju veliki uticaj nezavisne promenljive (Pallant, 2007). Takvi rezultati su bili i očekivani, s obzirom da su svi uglovi bili uključeni u analizu, a ranije već bilo utvrđeno da ugao 180° se uvek razlikuje po rezultatima od ostalih, dok ugao 0° delimično ima preklapanja. Kako ANOVA ne daje informacije o tome tačno koje grupe se razlikuju, naknadnim testom (Dunett T3) je utvrđeno između kojih grupa (u ovom slučaju uglova) postoji još statistički značajna razlika pored pomenutih 0° i 180°.

Zbog obimnosti rezultata Dunett-ovog T3 testa, ovde je izneto samo osnovni rezime dobijenih analiza, dok su tabele za detaljniji pregled naknadne provere značajnosti razlike u varijansama posmatranih grupa su date u prilogima (Tabela III.6-11, Prilog III).

Na osnovu rezultata Dunett-ovog T3 testa samo za ugao 180° se može ustanoviti statistička značajna razlika u srednjim vrednostima u odnosu na ostale uglove, dok kod ostalih uglova (čak i kod 0°) postoje kombinacije grupa (tj. uglova) kod kojih srednje vrednosti međusobno se ne razlikuju statistički značajno. Kod paralelnih uzoraka uglovi 15°-30°, 30°-45° i 60°-90° se mogu izdvojiti sa sličnim srednjim vrednostima kod svih gramatura. Iako kod poprečnih uzoraka postoji veći broj kombinacija uglova bez statističke značajne razlike u odnosu na paralelno savijene uzorke, ipak samo za jedan par uglova su dobijene slične srednje vrednosti kod svih gramatura (30° i 45°). Po rezolucijama nema razlike u dobijenim rezultatima (shodno rezultatima analize uticaja veličine rezolucije na procenat belih piksela).

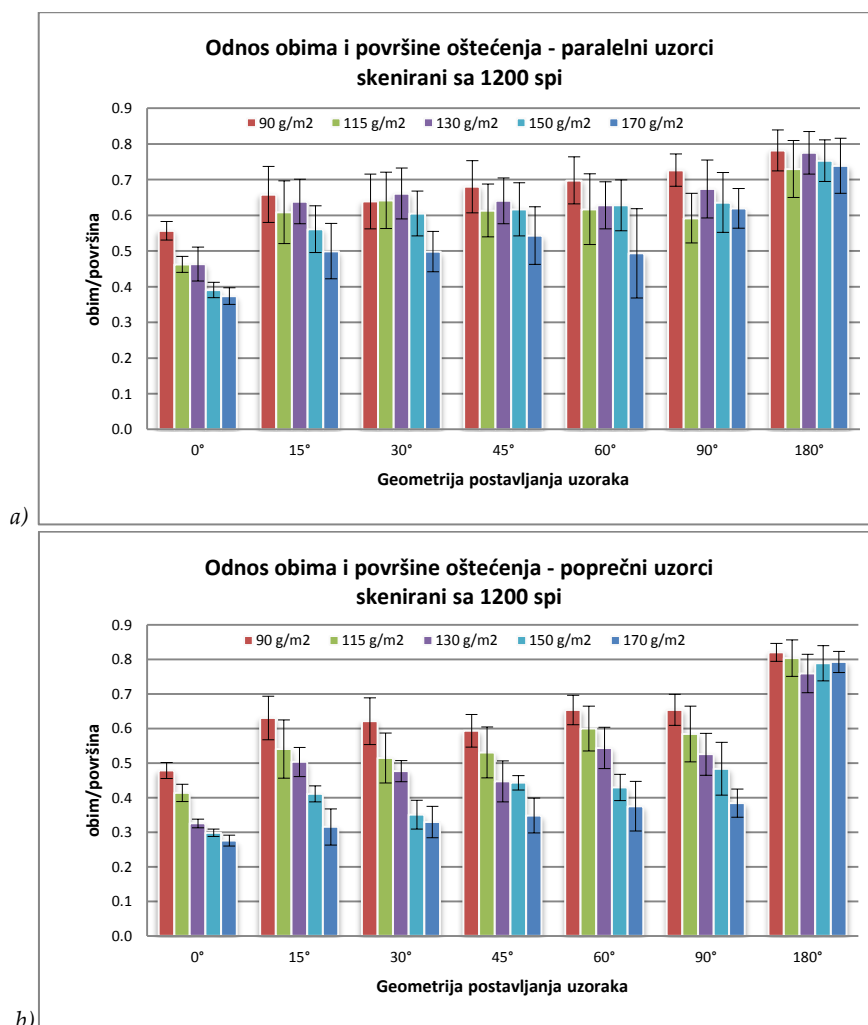
Prema izloženim se može konstatovati da nije svejedno pod kojim uglovima se vrši skeniranje – radi lakšeg upoređivanja dobijenih rezultata za nove premaze, neophodno je odabrati jedan eventualno dva ugla pod kojim će se uzorci postavljati prilikom digitalizacije ukoliko je reč o skeniranju. Kod paralelno savijenih uzoraka se može izdvojiti opšti zaključak da ima više grupa kod kojih srednje vrednosti se međusobno statistički značajno razlikuju.

6.1.1.2. Odnos obima i površine oštećenja kod skeniranih uzoraka

Dobijeni rezultati odnosa obima i površine oštećenja za uzorke skeniranih su predstavljeni u ovom delu po grupama analize (kao i rezultati procenta belih piksela). Prvo sledi opšti pregled srednjih vrednosti sa vrednostima standardne devijacije i koeficijenta varijacije po

gramaturi i smeru savijanja uzoraka, zatim su date analize uticaja rezolucije skeniranja kao i promene unutrašnjih uglova postavljanja uzoraka pri skeniranju.

U nastavku su predstavljeni rezultati odnosa obima i površine detektovanih oštećenja pri skeniranju sa rezolucijom od 1200 spi. Na slici 6.6 su dati rezultati paralelno savijenih uzoraka, dok slika 6.6b prikazuje rezultate poprečno savijenih uzoraka.



Slika 6.6 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi i različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka

Upoređujući rezultate po smerovima savijanja može se utvrditi da su veće vrednosti zabeležene za paralelno savijene uzorke u odnosu na poprečno savijene kod uglova postavljanja od 0° - 90° (paralelni uzorci: 0.37361 ÷ 0.72659; poprečni uzorci: 0.27570 ÷ 0.65389). Takvi dobijeni rezultati ukazuju na različito ponašanje premaza pri savijanju po smeru vlakanca papira. Kod paralelnih uzoraka ne samo da se pojavljuju količinski manja oštećenja (procenat belih piksela), već su ta oštećenja i sitnija. Kod ravno skeniranih uzoraka (ugao 180°) poprečno savijeni uzorci imaju veće vrednosti u odnosu na paralelne, mada su razlike manje izražene nego kod drugih uglova (paralelni uzorci: 0.73019 ÷ 0.78156, poprečni uzorci: 0.75913 ÷ 0.82031).

Vrednosti koeficijenta varijacije analiziranih rezultata su u rasponu od 5.51% do 25.36% za paralelne, odnosno od 3.19% do 19.15% za poprečne uzorke. Pregledom dobijenih rezultata je primećeno da uzorci skenirani sa uglom postavljanja od 0°, kako kod paralelnog tako i kod poprečnog savijanja, imaju značajno manje rasipanje izmerenih rezultata u odnosu na ostale uzorke (vrednosti KV-e su od 3.19% do 7.71%). Kod ostalih uglova se isto mogu videti niske vrednosti KV-e za pojedine gramature, ali posmatrajući u celosti samo je ugao 0° dao ujednačeno merenje za sve gramature i to u oba smera savijanja.

Sa prikazanog dijagrama za poprečno savijene uzorke (Slika 6.7b) se može videti da vrednosti odnosa obima i površine registrovanih oštećenja za uglove 0°-90° opadaju sa porastom gramature. Kod paralelnih uzoraka (Slika 6.7a) takvo ujednačeno opadanje nije opaženo ni kod jedne grupe (grupa uzoraka savijenih do 0° pri skeniranju je bila najbliže opadajućem trendu, ali proverom rezultata u tabeli II.4, Prilog II, vidi se da je srednja vrednost odnosa obima i površine na 130 g/m² uzorcima za 0,0008 veća u odnosu na 115 g/m² uzorke, a trebalo bi da je manja). Pri ravnom skeniranju (ugao 180°) ne postoji jasan opadajući trend odnosa obima i površine pri porastu gramature, ni kod paralelnih ni kod poprečnih uzoraka.

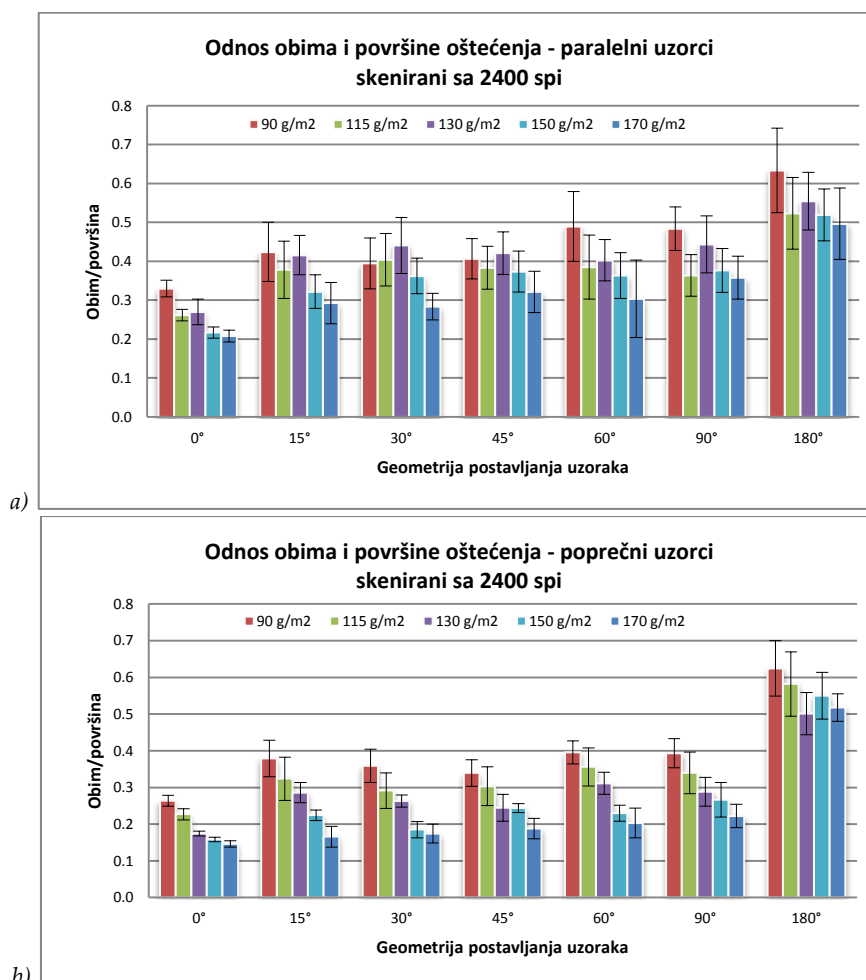
Rezultati uzoraka skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi su predstavljeni na slici 6.7a (paralelno savijeni uzorci) i na slici 6.7b (poprečno savijeni uzorci).

Kao i kod prethodne rezolucije, analizom prikazanih rezultata po smeru savijanja se može uočiti da za uglove 0°-90° vrednosti dobijene za paralelno savijene uzorke su veće bez izuzetaka (raspon: 0.20778 ÷ 0.48406) od odgovarajućih vrednosti rezultata uzoraka savijenih poprečno na smer vlaknaca (raspon: 0.14628 ÷ 0.39311). Ovakva razlika u rezultatima po smerovima savijanja, kao što je već bilo ustanovljeno kod rezolucije 1200 spi, karakteriše različitu strukturu oštećene površine usled savijanja. Posmatrajući rezultate za poprečno savijene uzorke na slici 5.8b se može izdvojiti još jedna specifičnost. Naime, vrednosti odnosa obima i površine za ravno skenirane uzorke su znatno veće od ostalih uglova. Takvo značajno diferenciranje rezultata kod rezolucije od 1200 spi nije uočeno.

Analizom rezultata po gramaturi ispitanih papira samo kod poprečnih uzoraka se može uočiti jasan trend opadanja odnosa obima i površine oštećenja kod pomenutih uglova (0°-90°). Kod njih sa porastom gramature povećava se i površina pojedinačnih oštećenja, od sitnijih za 90 g/m² do krupnijih za 170 g/m² uzorke, rezultirajući sve manje i manje vrednosti proporcije obima i površine. Kod paralelnih uzoraka ne postoji trend opadanja odnosa obima i površine oštećenja sa porastom gramature. Kod njih iako dolazi do povećanja ukupne količine oštećenja, površine pojedinačnih oštećenja se ne povećava značajno. Kod ravno skeniranih uzoraka uočene su neke razlike po smeru savijanja i po gramaturi uzoraka u odnosu na druge uglove. Kao prvo može se izdvojiti, da rezultati ne prate linearni trend ni kod poprečno savijenih uzoraka. Drugo, dobijene vrednosti po smerovima savijanja su veoma bliske: paralelni uzorci su rasponu od 0.50097 do 0.62460, dok poprečni od 0.49647 do 0.63361.

Koeficijenti varijacije su u rasponu od 5.80% do 32.75% kod paralelnih, odnosno od 3.76% do 19.92% kod poprečnih uzoraka. Najmanje vrednosti KV-e su uočene kod ugla

postavljanja od 0° kod oba pravca savijanja papira, dok za najveće vrednosti se ne može izdvojiti nijedan ugao postavljanja.



Slika 6.7 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za poprečno savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi i različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzorka

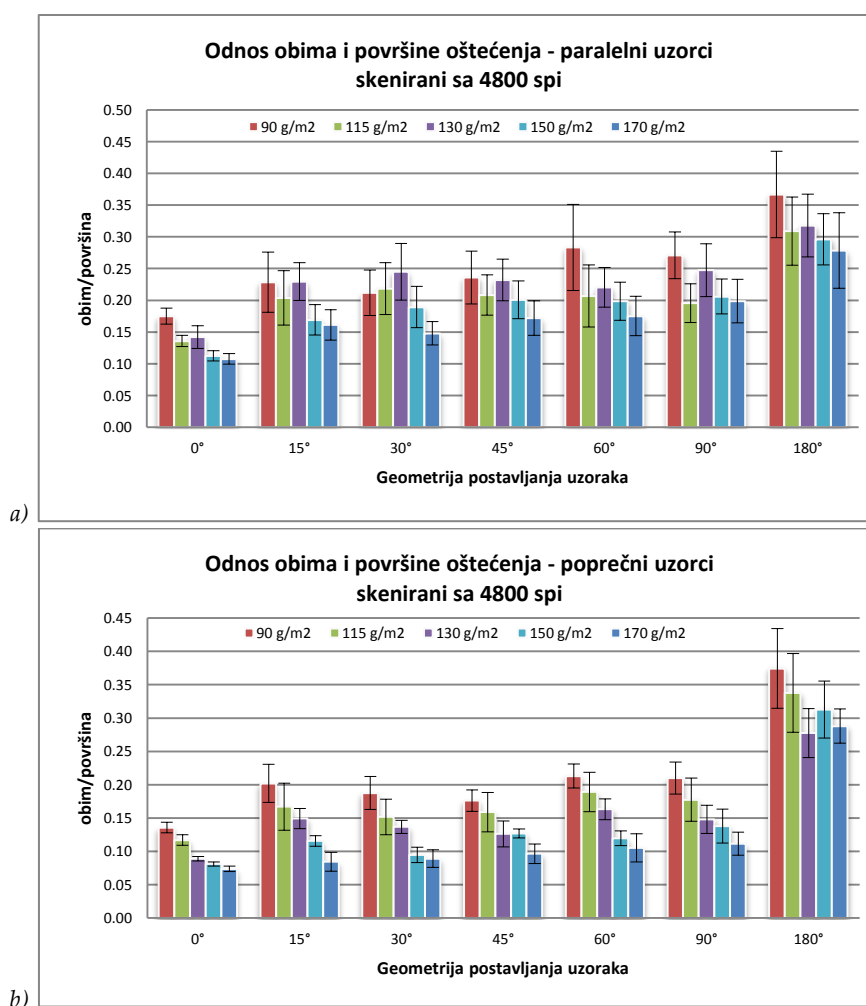
U nastavku su dati rezultati odnosa obima i površine detektovanih oštećenja paralelno (Slika 6.8a) i poprečno savijenih uzoraka (Slika 6.8b) skeniranih sa najvećom odabranom rezolucijom od 4800 spi.

Iz prikazanih dijagrama je lako uočiti, da struktura dobijenih rezultata za rezoluciju skeniranja od 4800 spi se ne odstupa značajno od struktura uočenih kod nižih rezolucija. Analizom rezultata po smerovima savijanja utvrđeno je kao i kod prethodnih rezolucija, da za uglove 0°-90° kod paralelnih uzoraka dobijene su veće vrednosti u odnosu na poprečno savijene uzorke (paralelni: 0.10775 ÷ 0.28351, poprečni: 0.07360 ÷ 0.21298). Kod ravno skeniranih uzoraka rezultati se ne razlikuju značajno: poprečni uzorci imaju neznatno veće vrednosti skoro kod svih ispitanih papira (razlike se kreću u rasponu od 0.00778 do 0.04029).

Tendencija opadanja vrednosti odnosa obima i površine oštećenja sa porastom gramature ispitanih papira savijenih poprečno na smer vlakana za uglove 0°-90° potvrđena je i pri

najvećoj korišćenju rezoluciji skeniranja (Slika 6.8b). Sa prikazane slike se takođe može uočiti velika razlika između rezultata dobijenih za ugao 180° u odnosu na ostale uglove. Takva značajna razlika je registrovana samo kod rezolucije od 4800 spi.

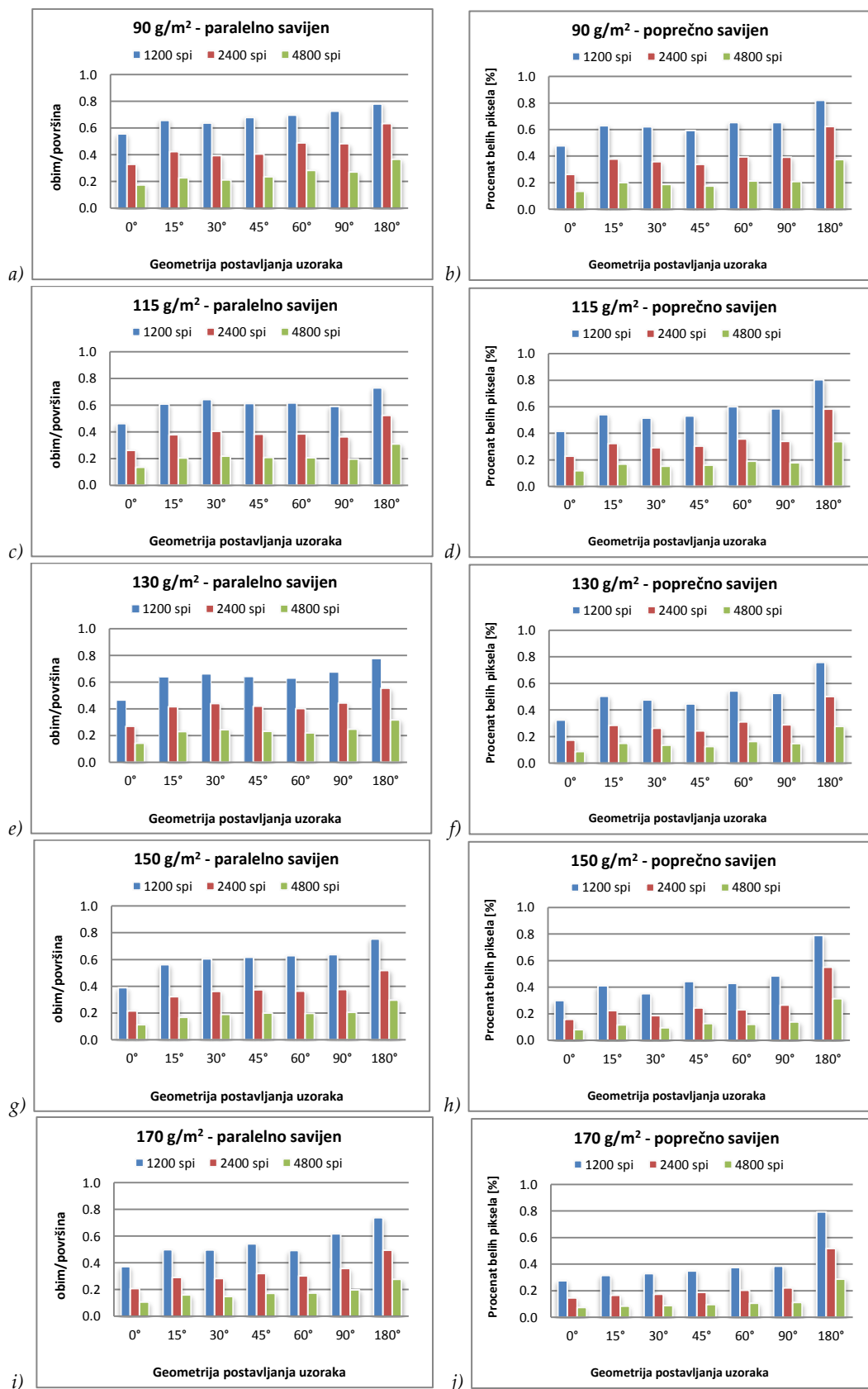
Analizom standardne devijacije i koeficijenta varijacije može se zaključiti da one pokazuju veće rasipanje izmerenih rezultata kod paralelno savijenih uzoraka (raspon KV-e je od 6.37% do 23.92%) u odnosu na odgovarajuće poprečno savijene uzorke (raspon KV-e je od 3.90% do 21.09%), i to skoro kod svih uglova skeniranja. Bitno je napomenuti, da su vrednosti KV-a za poprečno savijene uzorke skeniranih u potpunom savijenom obliku (ugao 0°) vrlo male (3.90-6.74) označavajući konzistentnu strukturu izmerenih rezultata.



Slika 6.8 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 4800 spi i sa različitom geometrijom (uglovima) postavljnja uzoraka

6.1.1.2.1. Uticaj rezolucije na odnos obima i površine oštećenja kod skeniranih uzoraka

Sa ciljem za što jednostavnije analize uticaja rezolucije na odnos obima i površine detektovanih oštećenja, formirani su dijagrami po gramaturi i smeru savijanja ispitanih uzoraka. Dijagrami su dati na slici 6.9, sa oznakama a, c, e, g, i za paralelne uzorke, odnosno b, d, f, h i j za poprečne uzorke.



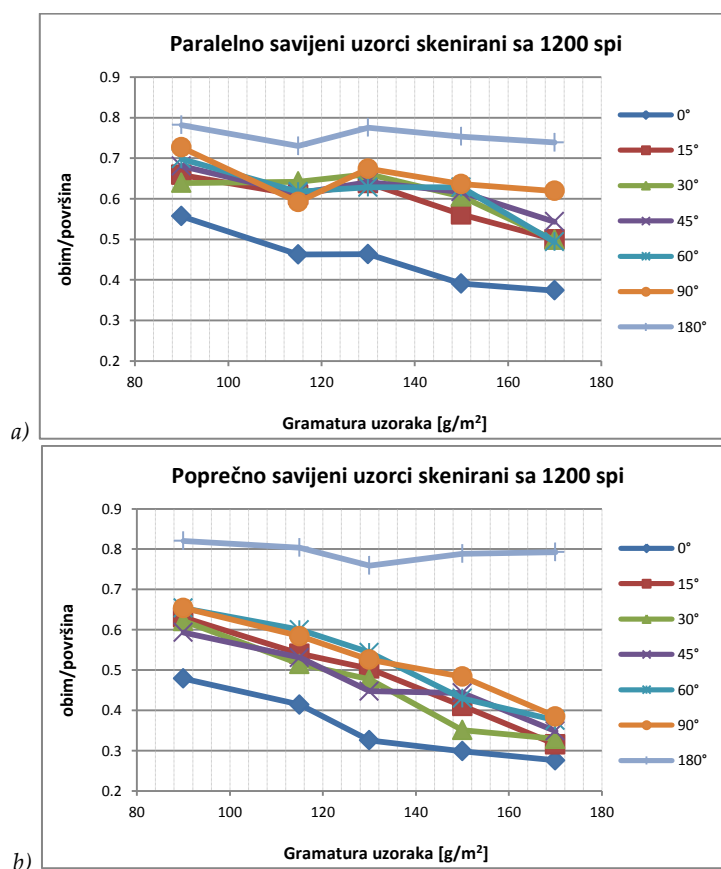
Slika 6.9 – Grafički prikaz uticaja rezolucije skeniranja na rezultate odnosa obima i površine oštećenja po smerovima savijanja (paralelni uzorci - a, c, e, g, i; poprečni uzorci - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m² - a, b; 115 g/m² - c, d; 130 g/m² - e, f; 150 g/m² - g, h; 170 g/m² - i, j)

Analizom dobijenih rezultata uočena je jasna tendencija opadanja vrednosti proporcije obima i površine oštećenja sa povećanjem rezolucije i to na svim ispitanim uzorcima, bez obzira na smer savijanja ili unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka pri skeniranju. Kao što se može videti proporcije obima i površine nemaju jedinstven trend promene, jer sa povećanjem rezolucije brojčane vrednosti obima i površine drugačije rastu: količina piksela za definisanje površine sa povećanjem rezolucije se povećava kvadratno, dok za obim samo proporcijalno (tj. linearno) više.

S obzirom na vidljivu razliku u prikazanim rezultatima, nije bila potrebna dalja statistička analiza za utvrđivanje statističke značajnosti uticaja rezolucije na vrednosti odnosa obima i površine oštećenja.

6.1.1.2.2. Uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na odnos obima i površine oštećenja kod skeniranih uzoraka

U nastavku su prikazani linijski dijagrami dobijenih rezultata odnosa obima i površine oštećenja po uglovima postavljanja uzoraka pri skeniranju. S obzirom da se rezultati razlikuju po primenjenoj rezoluciji skeniranja, na slikama 6.10 - 6.12 su predstavljeni isti i po rezolucijama skeniranja od 1200 spi, 2400 spi i 4800 spi i po smeru savijanja uzoraka (a- paralelno, b-poprečno).

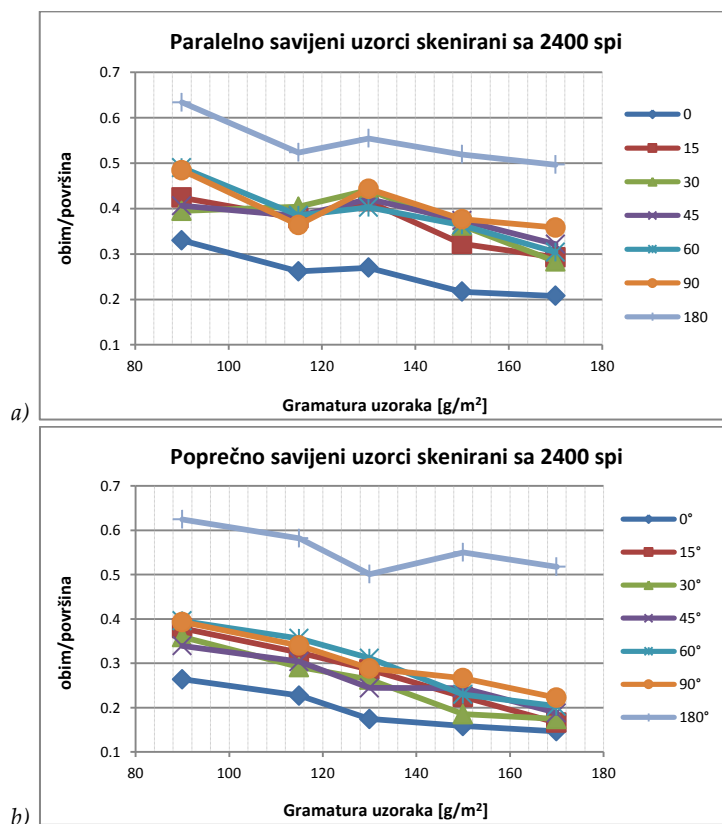


Slika 6.10 – Prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi

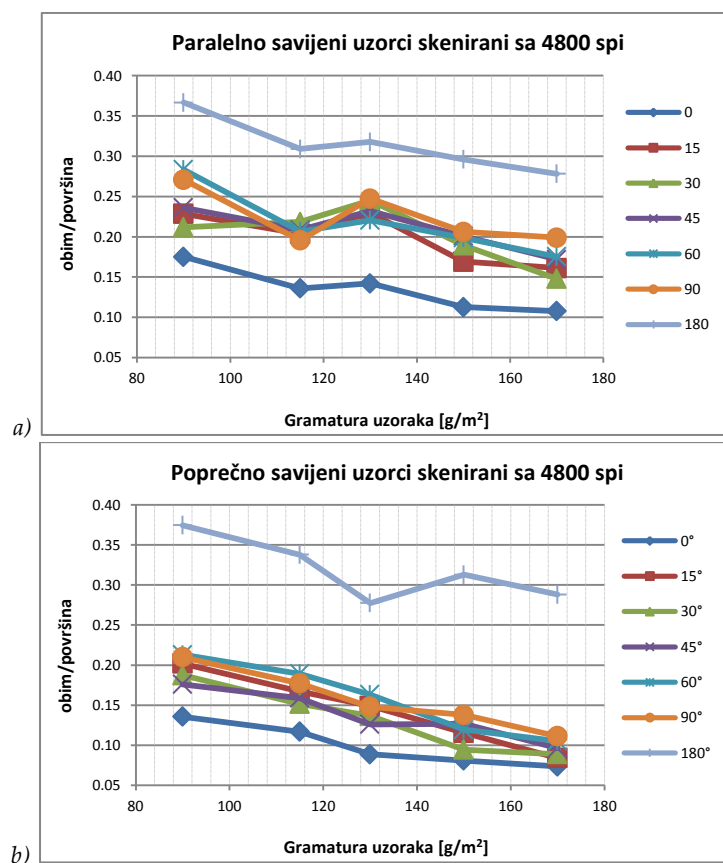
Posmatrajući uglove skeniranja za najnižu rezoluciju skeniranja, utvrđeno je da sa najmanjim unutrašnjim uglom (ugao 0°) su dobijene najmanje vrednosti odnosa obima i površine oštećenja pri svakoj rezoluciji skeniranja i u oba smeru savijanja, dok su najveće vrednosti zabeležene za ravno skenirane uzorke (ugao 180°), takođe pri svim rezolucijama i smeru savijanja.

Rezultati u oba smeru savijanja opadaju sa povećavanjem gramature ispitanih uzoraka kod svih uglova postavljanja. Ravnomerniji pad je uočen kod poprečno savijenih uzoraka ukazivši tako na ravnomernu promenu veličine površine detektovanih oštećenja usled promene unutrašnjeg ugla postavljanja pri skeniranju. To nam govori o tome da pri paralelnom savijanju datih ispitanih papira dolazi do različitog formiranja oštećenja sa porastom gramature. Uzorci od 115 g/m^2 papira imaju manje vrednosti pa tako krupnija oštećenja, dok uzorci 130 g/m^2 sa većim vrednostima odnosa obima i površine imaju sitniju strukturu oštećenja na papiru. Kod ravno skeniranih uzoraka u nekim situacijama dolazi do potpunog nestanka sitnih oštećenja (na šta ukazuju i male vrednosti procenta belih piksela na slikama 6.6a i b) pa tako odnos obima i površine ukupnih oštećenja se maksimalizuje.

Diferenciranje rezultata za uglove 0° i 180° (naročito za 180°) od rezultata dobijenih sa ostalim uglovima je bilo očekivano s obzirom da ti uglovi odgovaraju graničnom položaju ispitanih uzoraka pri skeniranju. Uglovi između tih graničnih vrednosti (15° - 90°) su rezultirali vrlo bliske vrednosti odnosa obima i površine kod oba smeru savijanja, što se jasno vidi na slikama 6.10-6.12.



Slika 6.11 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi



Slika 6.12 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 4800 spi

Primenom jednofaktorske analize varijanse je izvršena provera statističke značajnosti razlika u srednjim vrednostima između tih uglova. Količina dobijenih rezultata sprovedenih testova homogenosti varijanse ispitanih grupa (Levene-ov test), jednofaktorske analize varijanse, odnosno naknadnog poređenja rezultata (Dunnett-ov T3 test) nalaže da se tabele sa rezultatima budu smeštene među priložima. Ovde je izneta samo osnovna analiza rezultata sa zaključcima koji su važeće za većinu ispitanih grupa i značajnim izuzecima.

Proverom raspona standardnih varijacija na slikama 6.6-6.8 se očekuje da za neke grupe ne bude potvrđena pretpostavka o homogenosti varijanse po uglovima skeniranja. Rezultati Lenevog testa su u skladu sa time, jer kod paralelnih uzoraka samo kod dve grupe je potvrđena homogenost varijanse, dok kod poprečnih uzoraka nijedna grupa nema potvrđenu homogenu strukturu (Tabela III.12, Prilog III), ukazivši na još manju usaglašenost po promenljivosti izmerenih rezultata u grupama. Pri tumačenju rezultata jednofaktorske ANOVA-e (Tabela III.13, Prilog III) kriterijumi značajnosti za sve nehomogene grupe su uzete iz alternativnog testa (test Brown-Forsythe-a, Tabela III.14, Prilog III).

Iako u većini slučajeva uglovi 0° i 180° u velikoj meri odstupaju od ostalih uglova, postoje slučajevi kod kojih je mala razlika u odnosu na ostale uglove (poprečno savijeni uzorci gramature 150 g/m² uglovi 0°-30°, 170 g/m² uglovi 0°-15° i 0°-30°) stoga, umesto da se radi planirana poređenja (poređenja samo nekih uglova) u statističku analizu su uključeni svi

uglovi skeniranja sa svim rezolucijama. Shodno očekivanju, rezultati jednofaktorske ANOVA-e i alternativnog testa ukazuju na postojanje statističke značajne razlike između grupa po uglovima u svim rezolucijama i to sa jednoznačnim vrednostima značajnosti (Sig.=0.000) i visokim vrednostima pokazatelja veličine uticaja - parcijalnog eta-kvadrata. Vrednosti eta-kvadrata su u rasponu od 0.4910 do 0.7611 za paralelne, odnosno od 0.7388 do 0.9457 za poprečne uzorke (Tabela III.13, Prilog III).

Naknadna poređenja pomoću Dunett-ovog T3 testa (Tabela III.15-20, Prilog III) su potvrdila pretpostavku formiranu na osnovu grafičkih prikaza rezultata (Slika 6.10-6.12). Po srednjim vrednostima jedino ravno postavljene uzorke odstupaju od ostalih uzoraka, bez obzira na smer savijanja ili rezoluciju skeniranja. Ugao 0° kod paralelnih uzoraka u skoro svim rezolucijama daje statističku značajnu nižu vrednost odnosa obima i površine oštećenja, ali kod poprečnih uzoraka većih gramatura se ne izdvaja značajno. Ostali uglovi su nekonzistentni. Ne postoji nijedan par uglova, čiji rezultati za ceo set ispitanih papira imaju slučajnu razliku u srednjim vrednostima, niti da su te razlike značajne (sa verovatnoćom od 95%).

Ugao postavljanja ima znatan uticaj na odnos obima i površine, i to pre svega kod ekstremnih pozicija (0° i 180°). Sa povećavanjem rezolucije skeniranja, diferenciranje pomenutih uglova je izražajnije.

6.1.1.3. Distribucija oštećenja po posmatranoj površini kod skeniranih uzoraka

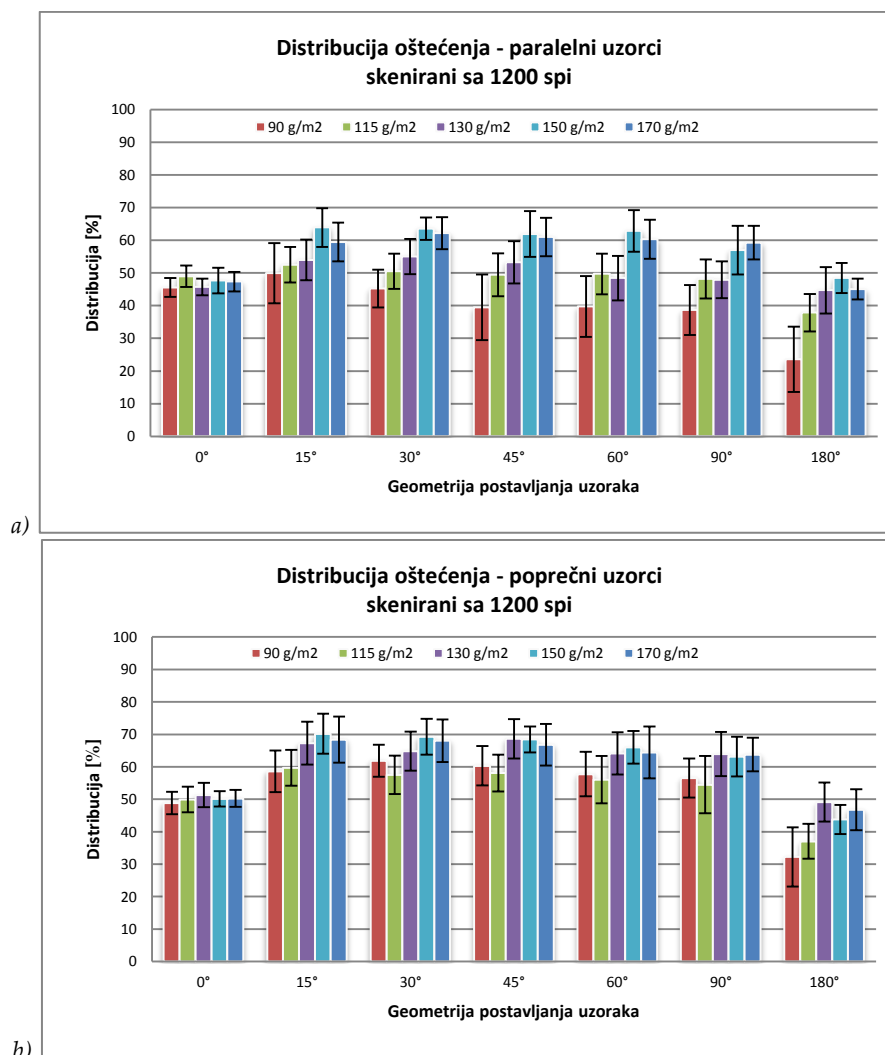
U nastavku su prikazani rezultati distribucije za skenirane uzorke podeljeni po izvršenim analizama. Srednje vrednosti uz prikaz standardne devijacije su prvo predstavljene po gramaturi i smeru savijanja uzoraka, potom slede analize uticaja rezolucije skeniranja i unutrašnjih uglova postavljanja uzoraka pri skeniranju. Zbog mogućnosti upoređivanja rezultata sa različitim srednjim vrednostima, pri analizi je korišćen koeficijent varijacije umesto standardne devijacije.

Rezultati distribucije oštećenja na uzorcima savijenih u oba smera vlakanca papira (paralelno i poprečno), postavljenih pod različitim uglovima i skeniranih sa 1200 spi su prikazani grafički na slici 6.13a i b.

Analizom prikazanih rezultata po smeru savijanja se može ustanoviti da su poprečni uzorci dali veće procenatne distribucije oštećenja u odnosu na paralelno savijene uzorke (raspon vrednosti distribucije oštećenja za poprečno savijene uzorke je od 32.23% do 70.19%, dok paralelni uzorci imaju vrednosti distribucije u rasponu od 22.57% do 63.92%).

Posmatrajući rezultate po gramaturi papira, manje vrednosti su zabeležene kod nižih gramatura, kako kod paralelnih tako i kod poprečnih uzoraka. Sa povećavanjem gramature uzoraka, povećava se i vrednost distribucije, tj. kontinuitet linije oštećenja, međutim trend povećanja je različit po smerovima savijanja. Kod paralelnih uzoraka, izražena je razlika između najnižih i najviših vrednosti gramature, sa značajnim odstupanjem od linearnog

trenda zbog papira gramature 150 g/m², koji odskae po vrednostima distribucije skoro kod svih uglova postavljanja. Kod poprečno savijenih uzoraka razlika u srednjim vrednostima za različite gramature je znatno manja u odnosu na paralelene uzorke, a ne prate ni delimično linearni trend.

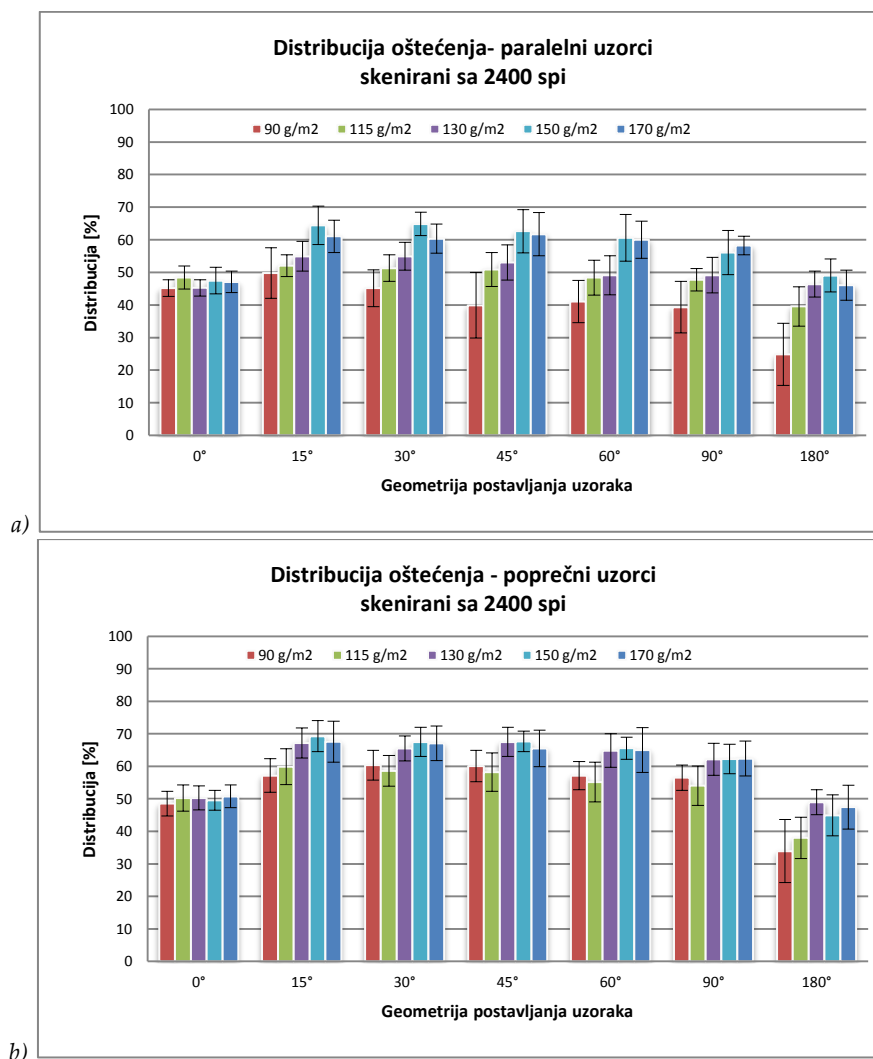


Slika 6.13 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi i sa različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka

Vrednosti standardne devijacije i odgovarajući koeficijenti varijacije izmerenih rezultata ukazuju na ujednačenu strukturu, jer kod većine ispitanih uzoraka iznosi oko 10%. Po smerovima savijanja se može izdvojiti da su najveće vrednosti KV-e su registrovane za 90 g/m² uzoraka skeniranih u potpuno otvorenom položaju i to u oba smera savijanja (46.53% za paralelne uzorke, 28.44% za poprečne uzorke), dok su najmanje vrednosti KV-e zabeležene za 150 g/m² papir skeniran sa uglom od 30° kod paralelnih uzoraka, odnosno skeniran sa 45° kod poprečnih uzoraka. Za paralelno savijene uzorke od 90 g/m² papira su inače dobijene nešto veće vrednosti skoro u svim uglovima postavljanja, a ugao od 180° predstavlja ekstremnu vrednost KV-e, jer druga najviša za paralelne uzorke iznosi svega 25.47%.

Srednje vrednosti izmerenih rezultata distribucije oštećenja sa odgovarajućim standardnim devijacijama su prikazane na slici 6.14a za paralelno, na slici 6.14b za poprečno savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi.

Posmatrajući rezultate po smerovima savijanja na slikama 6.14a i b, može se utvrditi da su i kod rezolucije od 2400 spi, poprečni uzorci izražajni, tj. da imaju veće vrednosti distribucije u odnosu na paralelne uzorke. Raspon srednjih vrednosti izmerenih rezultata je od 23.87% do 64.86% za paralelne uzorke, odnosno od 33.92% do 69.29% za poprečne uzorke.



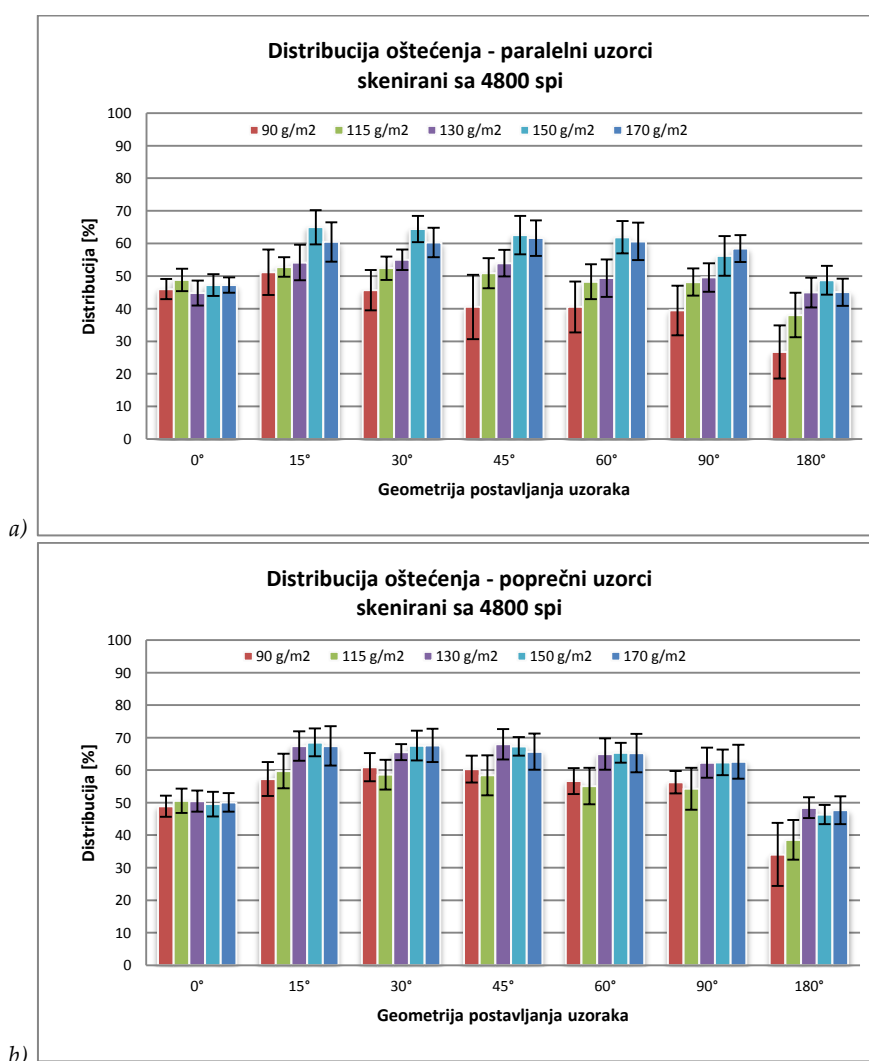
Slika 6.14 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi i sa različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka

Analizom uticaja gramature na promene distribucije oštećenja se može zaključiti da paralelni uzorci i kod ove rezolucije skeniranja daju ravnomerno rastući trend kod svih uglova postavljanja, sa odstupanjem od linearnog trenda zbog uzorka 150 g/m². Poprečni uzorci nemaju takav izražen porast distribucije pri povećanju gramature uzoraka.

Standardne devijacije (Slika 6.14a i b) odgovaraju manje-više homogenim grupama, mada odstupanja su i ovde prisutna: uzorci savijeni u oba pravca papira gramature 90 g/m² pri ravnom skeniranju i kod ove rezolucije imaju ekstremno visoke vrednosti standardne devijacije naspram ostalih papira i uglova postavljanja (42.0% za paralelne uzorke, 28.55% za poprečne uzorke). Najniže vrednosti standardne devijacije (odgovarajućih koeficijenata varijacije) su zabeležene kod paralelnih uzoraka gramature 170 g/m² skeniranih pod uglom od 90° (4.83%), odnosno kod poprečnih uzoraka gramature 150 g/m², skeniranih sa unutrašnjim uglom postavljanja od 45° (4.68%).

U nastavku slede rezultati distribucije (srednje vrednosti i standardne devijacije) za papirne uzorke savijenih u oba smeru i skeniranih pri rezoluciji od 4800 spi (Slika 6.15a i b).

Vrednosti distribucije za paralelne uzorke su manje preko celog raspona gramature ispitanih papira u odnosu na odgovarajuće poprečno savijene uzorke, mada su razlike kod potpuno savijenih uzoraka male. Vrednosti distribucije se kreću od 26.22% do 64.99% za paralelne uzorke i od 34.08% do 68.55% za poprečne uzorke.



Slika 6.15 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 4800 spi i sa različitom geometrijom (uglovima) postavljanja uzoraka

Sa dijagrama prikazanog na slici 6.15a se vidi da sa porastom gramature, i kod najviše rezolucije skeniranja se dobija rastući trend kod paralelnih uzoraka sa značajnim odstupanjem vrednosti od linearnog trenda usled izmerenih velikih procenta distribucije papira gramature 150 g/m² pri svim uglovima postavljanja. Srednje vrednosti distribucije za poprečno savijene uzorke nemaju izražen rastući trend sa porastom gramature uzoraka (Slika 6.15b).

Koeficijenti varijacije se kreću od 4.90% do 33.25% za paralelne uzorke i od 3.74% do 28.35% za poprečne uzorke, pri čemu najveće vrednosti predstavljaju istovremeno takoreći i ekstreme pošto se sledeće najveće vrednosti po smerovima iznose 24.26% (paralelno savijeni uzorci) i 15.82% (poprečno savijeni uzorci).

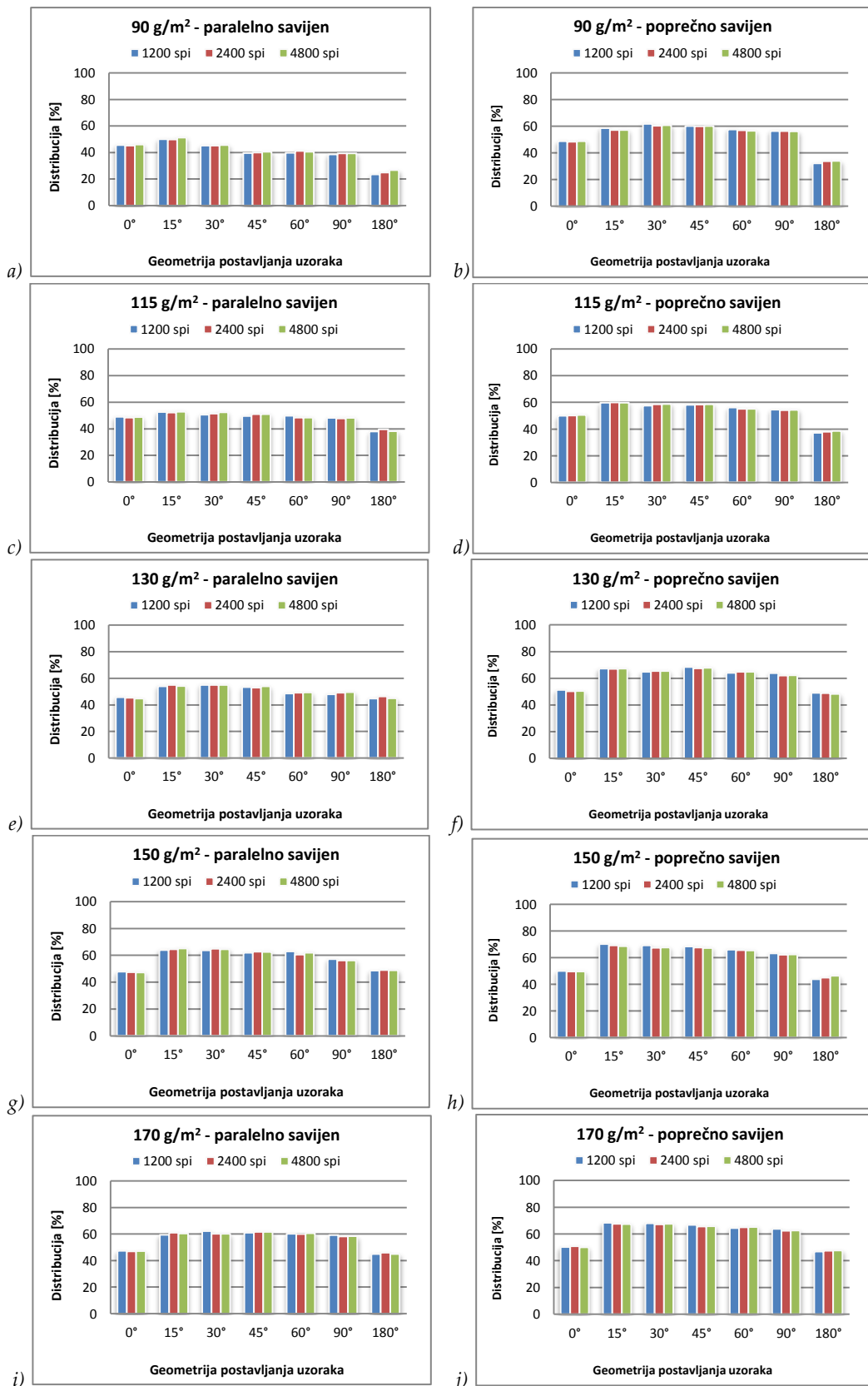
Pored navedenih, sa prikazanog dijagrama se može videti da su vrednosti KV-e (tj. grafički prikazane standardne devijacije) značajnije manje kod ugla 0° upoređujući sa rezultatima kod ostalih uglova. Po smeru savijanja papir gramature od 90 g/m² se može izdvojiti sa najvećim vrednostima standardne devijacije skoro u svim uglovima skeniranja (izuzetci su uzorci pod uglom od 0°). Za poprečno savijene uzorke se ne može jedna gramatura tako da se izdvoji ni po najvećim ni po najmanjim vrednostima KV-e.

6.1.1.3.1. Uticaj rezolucije skeniranja na distribuciju oštećenja

U prethodnom poglavlju su razmatrani uticaji smera vlakanaca pri savijanju i gramature savijanih papira na dobijene vrednosti distribucije, pri čemu su dati rasponi srednjih vrednosti i koeficijenti varijacije, na osnovu čega i bez neke detaljne analize se može zaključiti da rezolucija ne utiče značajno na distribuciju oštećenja. Radi preglednije uporedne analize rezultata po rezolucijama skeniranja na slici 6.16 su dati grafički prikazi dobijenih rezultata po gramaturi uzoraka i smera savijanja istih (Slika 6.16a-j). Kao što se vidi sa prikazanih dijagrama, ispitane grupe imaju jako bliske srednje vrednosti za različite rezolucije. Da bi se utvrdilo da li su te razlike statističko značajne ili ne, izvršena je statistička analiza dobijenih rezultata.

Statistička značajnost uticaja rezolucije skeniranja na distribuciju oštećenja se utvrđuje jednofaktorskom analizom varijanse različitih grupa (jednofaktorska ANOVA), pri čemu rezolucija je ispitivana nezavisna promenljiva, dok zavisnu čini distribucija oštećenja (po svim gramaturama uzoraka, uglova postavljanja i smera savijanja istih).

Analizu varijanse prethodila provera homogenosti iste po ispitanim grupama pomoću Levenovog testa. Rezultati ispitivanja homogenosti ukazuju na neznatne razlike standardne devijacije među ispitanim grupama kako kod paralelnih tako i kod poprečnih uzoraka (od 35 grupa 31 ima homogenu varijansu kod oba smera savijanja, Tabela III.21, Prilog III). Da bi se ispoštovala preporuka data u (Pallant, 2007) pri analizi varijanse kod tih, nehomogenih grupa, vrednosti statističke značajnosti su uzete iz Brown-Forsythe testa. Tabele sa rezultatima statističke analize uticaja veličine rezolucije na distribuciju detektovanih oštećenja su date u prilogu (Prilog III). Prema rezultatima jednofaktorske ANOVA-e (Tabela III.22) i Brown-Forsythe testa (Tabela III.23) se može utvrditi da ne postoji statistička značajna razlika između grupa po rezoluciji skeniranja pri pragu značajnosti od 0.05 ($p < 0.05$).



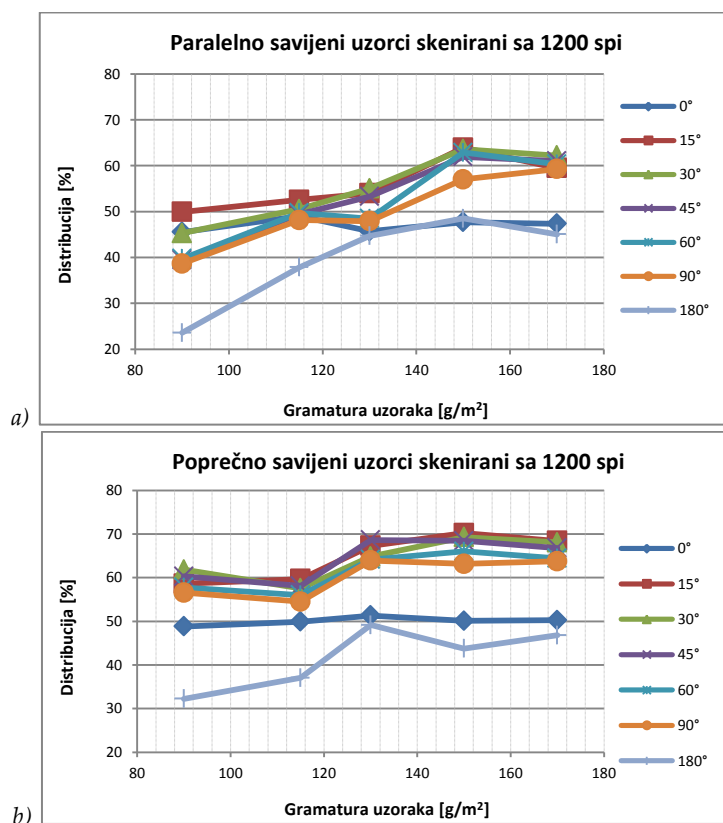
Slika 6.16 – Grafički prikaz uticaja rezolucije skeniranja na rezultate distribucije oštećenja po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m² - a, b; 115 g/m² - c, d; 130 g/m² - e, f; 150 g/m² - g, h; 170 g/m² - i, j)

Vrednosti statističke značajnosti (Sig.) bez obzira na primenjen test provere su izuzetno velike i kreću se od 0.341 do 0.995 za paralelne uzorke (ANOVA se poklapa sa Brown-Forsythe testom), odnosno od 0.235 do 0.991 za poprečne uzorke (za odgovarajuće grupe vrednosti značajnosti Brown-Forsythe testa su u rasponu 0.237 do 0.991).

Rezolucija skeniranja nema statistički značajan uticaj na distribuciju oštećenja pri uslovima odabira površine uzorkovanja, gde su većim delom skenirane iste površine materijalnih uzoraka.

6.1.1.3.2 Uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na distribuciju oštećenja kod skeniranih uzoraka

Na slikama 6.17a i b su prikazani rezultati distribucije oštećenja dobijenih za uzorke skeniranih sa najnižom rezolucijom (1200 spi), sa kojih se lako uočavaju preklapanja rezultata po uglovima postavljanja uzoraka. Rezultati po rezolucijama od 2400 spi i 4800 spi nisu posebno prikazani u ovom delu, ali su uključeni u statističku analizu uticaja unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na rezultate distribucije oštećenja.



Slika 6.17 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi

Rezultati sa datih dijagrama jednoznačno ukazuju na neznačajan uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja kod uglova 15°-90° na promene distribucije, jer kao što se to moglo uočiti i na slikama 6.13-6.15 za pomenute uglove vrednosti distribucije oštećenja su vrlo bliske, a kod nekih uzoraka su čak i jednake.

Kod paralelnih uzoraka se više primećuje pozitivna korelacija dobijenih rezultata sa gramaturom uzoraka, pogotovo kod potpuno otvorenih uzoraka (ugao 180°) za razliku od potpuno savijenih uzoraka (ugao 0°) kod kojih, nakon početnog preklapanja rezultata sa ostalim uglovima kod gramature uzoraka od 90 g/m² do 130 g/m², za veće gramature (150 g/m² i 170 g/m²) dolazi do razilaženja rezultata od uglova 15°-90°, i približe se potpuno otvorenim uzorcima sa najnižem izmerenim vrednostima distribucije.

Kod poprečno savijenih uzoraka, pozitivna tendencija je manje izražajna. Grupisanje vrednosti rezultata distribucije kod uglova 15°-90° je očiglednija, naspram paralelnih uzoraka. Istovremeno se može uočiti da su krajnji uglovi postavljanja (0° i 180°) u potpunosti izolirani od ostalih uglova, ali ne i međusobno. Posebno su interesantni rezultati za ugao 0°, kod kojeg jedva dolazi do povećanja distribucije sa porastom gramature. Takvi rezultati su se mogli i očekivati s obzirom na specifičnosti proračuna vrednosti distribucije za pomenuti ugao (videti poglavlje 5.1.4.2.3.). Kako se broјčane vrednosti rezultata u većini slučajeva malo razlikuju izvršena je statistička analiza značajnosti tih razlika pomoću jednofaktorske analize varijanse (ANOVA-e), koju je prethodila provera homogenost ispitanih grupa (pomoću Levene-ov testa).

Ispitivanjem homogenosti je utvrđeno da promenljivost izmerenih rezultata za grupe po uglovima postavljanja nije jednaka, pogotovo kod paralelnih uzoraka, kod kojih od 15 grupa svega 4 ima homogenu varijansu. Kod poprečnih uzoraka homogenost je utvrđena u 10 slučajeva. Dobijeni rezultati Levene-ovog testa (Tabela III.24, Prilog III) sugerišu da kod nehomogenih grupa se uvažavaju rezultati robusnog testa analize varijanse otpornog na kršenje pretpostavke o homogenosti varijanse (Brown-Forsythe test) (Pallant, 2007).

Na osnovu dobijenih rezultata ANOVA-e i Brown-Forsythe testa (Tabela III.25-26, Prilog III) može se utvrditi da posmatrajući sve uglove postavljanja uzoraka pri digitalizaciji postoji statistički značajna razlika u rezultatima (za sve grupe su dobijene vrednosti značajnosti od 0.000, tj. Sig=0.000 na nivou $p < 0.05$ i to sa visokim vrednostima pokazatelja veličine uticaja, parcijalnog eta-kvadrata: 0.31066÷0.67128 za paralelne uzorke, 0.58472÷0.84874 za poprečne uzorke). Kako dati testovi ne govore tačno među kojim uglovima postoji razlika, naknadnim testom (Dunnett-ov T3 test) su utvrđeni parovi uglova među kojima postoji odnosno ne postoji statistička značajna razlika. Zbog obimnosti rezultata Dunnett-ovog T3 testa, ovde su izneti samo generalni zaključci, dok su tabele za detaljniji pregled naknadne analize značajnosti razlike u varijansama posmatranih grupa date u prilogima (Tabela 27-32, Prilog III).

Po rezultatima naknadnog testa se ne može izdvojiti nijedan ugao koji daje preko cele skale ispitanih uzoraka (papira) rezultate sa statističkom značajnom razlikom naspram drugih uglova. Po broјčanosti utvrđenih razlika ugao 180° se može izdvojiti, koji od ukupno 10 kombinacija gramature i smera vlakana, u 5 je rezultovao različite vrednosti distribucije u odnosu sa sve uglove, odnosno u još 4 kombinacije gramature i smera savijanja se razlikuje statistički značajno od uglova 15°-90° a ne i od ugla 0°. Uzorci gramature 115 g/m² i 130 g/m² savijeni paralelno sa smerom vlakana se izdvajaju po rezultatima naknadnog Dunnett-ovog T3 testa. Naime, kod većine papirnih uzoraka postoji veći broj kombinacija uglova sa značajnom razlikom između rezultata po uglovima, vrednosti distribucije papira gramature 115 g/m² se razlikuju samo u slučaju potpuno otvorenog položaja (ugao 180°),

dok je uzorak od 130 g/m² se ne može izdvojiti čak ni ugao 180° sa statističkom značajnom razlikom dobijenih rezultata distribucije oštećenja. Po rezolucijama nisu učene razlike.

Iako se ne može izdvojiti nijedan ugao postavljanja uzoraka koji daje statističku značajnu razliku u srednjim vrednostima distribucije u kompletnom setu ispitanih uzoraka mora se voditi računa (uključiti u opis izvođenja eksperimenta) sa kojim uglom postavljanja je vršena digitalizacija materijalnih uzoraka.

6.1.2. Rezultati fotografisanih uzoraka

Odabrani papirni uzorci su bili pripremljeni sa svih 7 uglova postavljana za digitalizaciju pomoću digitalnog fotoaparata, sa tri udaljenosti postavljanja epruveta: 30 cm, 21 cm i 12 cm. Nakon fotografisanja materijalnih uzoraka, pristupilo se konvertovanju dobijenih slika iz RAW formata u .bmp format, odnosno izrezivanju originalnih fotografija na format uzoraka za digitalnu analizu (4 x 25 mm). Položaj okvira za digitalni uzorak na originalnoj slici je bio nasumično odabran, pri čemu se vodilo računa da linija prevoja (sa svim vidljivim oštećenjima) bude paralelna sa dužom stranom okvira i približno na sredini tog pravougaonika. Nakon pripremnih operacija pomoću razvijenog algoritma za analizu oštećenja sa digitalizovanih uzoraka su dobijeni rezultati procenata belih piksela, odnosa obima i površine oštećenja kao i procenta distribucije oštećenja. U nastavku slede njihovi rezultati.

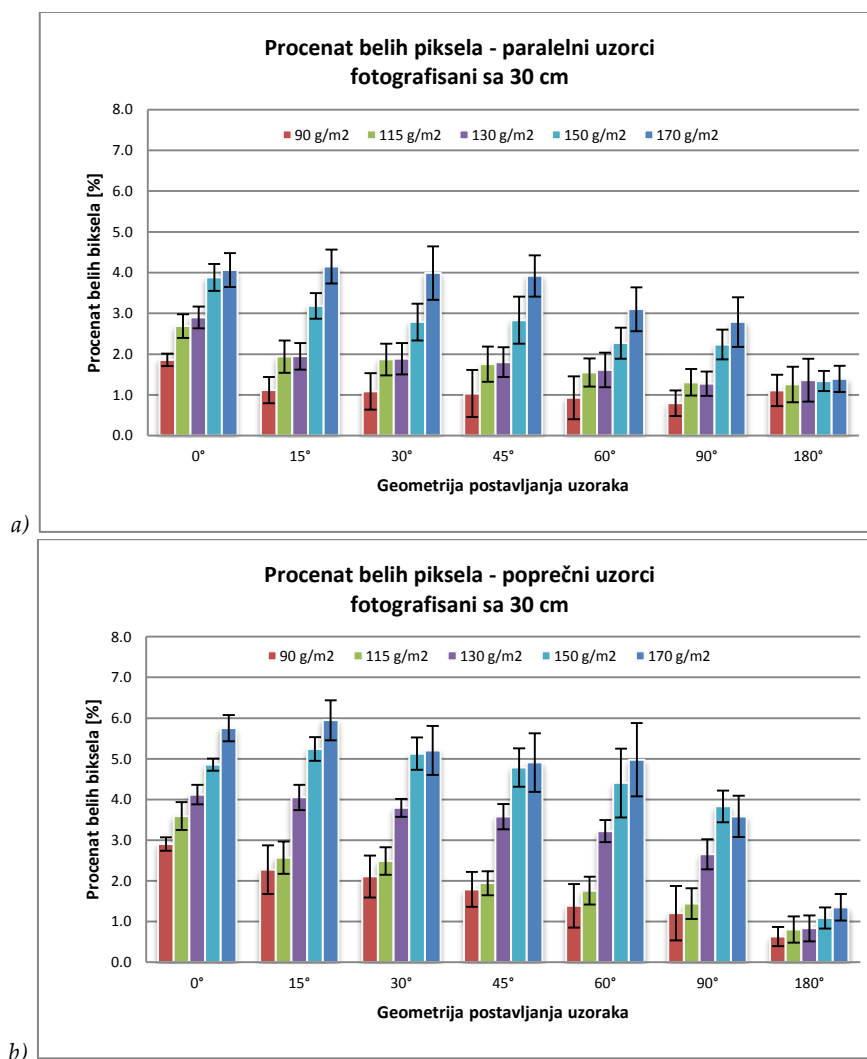
6.1.2.1. Procenat belih piksela fotografisanih uzoraka

Prikaz i analiza rezultata procenata belih piksela za fotografisane uzorke je podeljen na dve celine: u prvoj je izvršen opšti pregled dobijenih rezultata sa posebnim osvrtom na promene procenta belih piksela po gramaturi i smeru savijanja ispitanih uzoraka i po primenjenim udaljenostima fotografisanja uzoraka. Zatim sledi analiza rezultata i po potrebi dodatni grafički prikaz sa ciljem utvrđivanja uticaja udaljenosti fotografisanja i uglova postavljanja papirnih epruveta pri digitalizaciji.

Srednje vrednosti i vrednosti standardne devijacije procenta belih piksela za uzorke savijene u oba smera vlakanca papira i fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm su prikazane na slikama 6.18a i b.

Analizom rezultata na prikazanim dijagramima (Slika 6.18a i b) po smerovima savijanja utvrđeno je da paralelni uzorci imaju niže vrednosti procenta belih piksela u odnosu na poprečne uzorke za sve uglove postavljanja osim kod 180°. Raspon srednjih vrednosti izmerenih procenata belih piksela se kreće od 0.79546 do 4.1488 za paralelne uzorke i od 0.63336 do 5.94548 za poprečno savijene uzorke. Dobijene vrednosti su u skladu sa literaturnim izvorima (SAPPI, 2006; Apro i drugi, 2008; Kim i drugi, 2010), ali su nešto veće naspram rezultata dobijenih sa skeniranih uzoraka (raspon: 0.31905÷3.45776 za paralelne uzorke, 0.45177÷4.84592 za poprečne uzorke).

Upoređivanjem rezultata po gramaturi uzoraka može se uočiti da i kod ove metode digitalizacije imaju pozitivnu tendenciju u većini slučajeva uglova postavljanja od 0° do 90°. Manja odstupanja su uočena kod uzoraka paralelno savijenih papira gramature 115 g/m² pri uglu postavljanja od 90° (procenat belih piksela iznosi 1.30750, dok za papir gramature 130 g/m² ta vrednost iznosi 1.27447 za isti ugao postavljanja – slično odstupanje je ustanovljeno i kod uzoraka skeniranih pri svim rezolucijama – Slika 6.1a, Slika 6.2a, Slika 6.3a). Za pomenuti uzorak (paralelno savijan 115 g/m²) takođe se može konstatovati da i pri ostalim uglovima postavljanja ima približne vrednosti sa uzorcima gramature 130 g/m². Poprečni uzorci takođe pokazuju rastuću tendenciju procenata belih piksela sa povećanjem gramature i to ne samo za uglove od 0° do 90° (kao što je slučaj kod paralelnih uzoraka) već i kod ravno fotografisanih papira. Jedino odstupanje predstavlja 150 g/m² papir pri unutrašnjem uglu postavljanja od 90°, jer dobijena srednja vrednost belih piksela je za 0.24427 veća u odnosu na naredni uzorak veće gramature (170 g/m²). Uzorak gramature 150 g/m² još kod dva ugla postavljanja ima vrlo bliske vrednosti sa rezultatima papira gramature 170 g/m².



Slika 6.18 – Grafički prikaz rezultata procenata belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm sa različitim uglovima postavljanja uzoraka

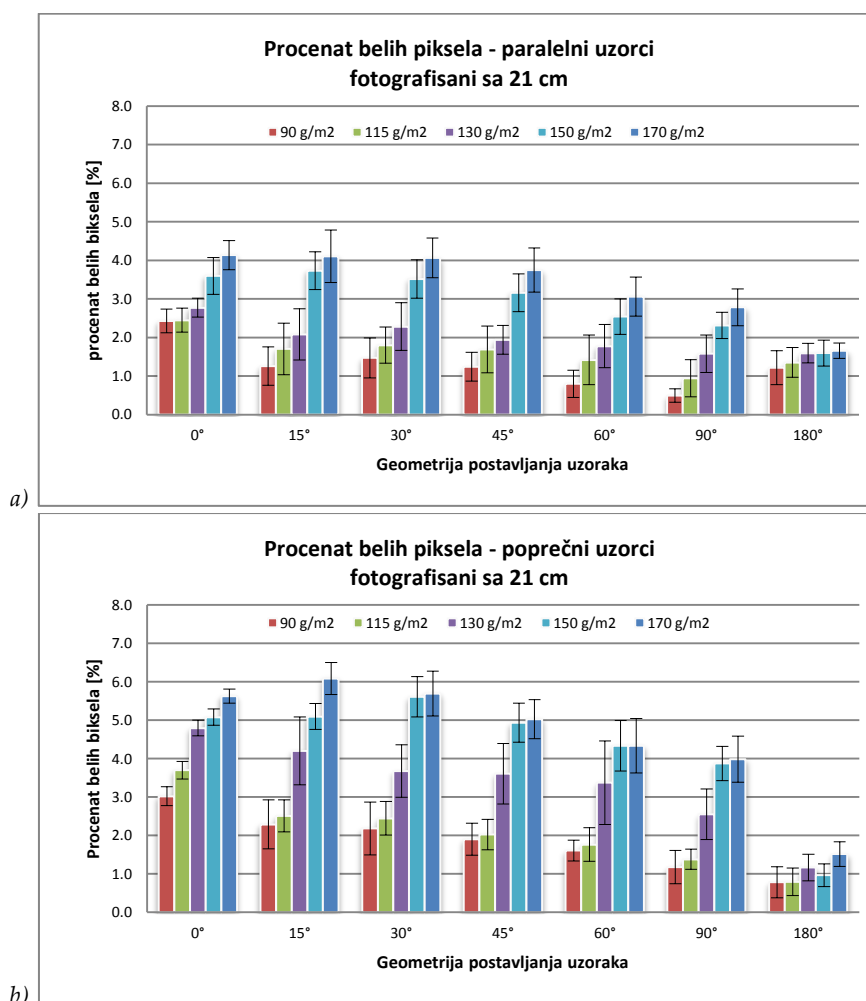
Koeficijenti varijacije se kreću u rasponu od 8.08% do 56.96% za paralelne uzorke i od 3.04% do 55.44% za poprečne uzorke. Najveće vrednosti KV-e po smeru savijanja su zabeležene za 90 g/m² papir, pored toga sa prikazanih slika 6.18a i b se takođe može uočiti da uzorci gramature od 90 g/m² imaju najveće rasipanje izmerenih rezultata za uglove postavljanja od 15° do 180° u oba smera savijanja (vrednosti koeficijenata varijacije za date uglove su u rasponu od 28.68% do 56.96% kod paralelnih uzoraka i od 26.36% do 55.44% kod poprečnih uzoraka). Kod ostalih paralelno savijenih uzoraka, na osnovu koeficijenta varijacije se može utvrditi da su grupe homogene (KV-e je manja od 30%) za sve uglove postavljanja, jedini izuzeci su uzorci gramature 115 g/m² i 130 g/m² pri ravnom fotografisanju, jer kod njih vrednosti KV-e iznose 34.73% i 38.53%, respektivno. Za poprečno savijene uzorke većih gramatura su zabeležene značajno niže vrednosti KV-e (kreću se oko 10%), mada i kod njih odskakuju uzorci gramature 115 g/m² i 130 g/m² pri ravnom skeniranju (sa vrednostima KV-e od 40.40% i 38.29%). Najniže vrednosti KV-e su uočene kod potpuno savijenih uzoraka svih gramatura u oba pravca savijanja (rasponu: 8.08% ÷10.79% za paralelne uzorke, 3.04% ÷9.57% za poprečne uzorke).

Dobijeni rezultati procenata belih piksala (srednje vrednosti i odgovarajuće standardne devijacije) su prikazani grafički na slici 6.19a za paralelno, odnosno 6.19b za poprečno savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm.

Rezultati paralelnih uzoraka i za ovu udaljenost nesporno ukazuju na pozitivnu vezu između gramature uzoraka i detektovanih površinskih oštećenja. Kod pomenutih uzoraka je uočen jasan trend povećanja procenta belih piksela sa povećanjem gramature ispitanih papira kod svih uglova izuzev ravno postavljane uzorke (ugao 180°). Vrednosti procenata belih piksela za paralelno savijene uzorke se kreću od 0.49277 do 4.10475. Kao i kod prethodne udaljenosti fotografisanja, paralelni uzorci su dali niže vrednosti u odnosu na poprečnih uzoraka. Povećanje izmerenih vrednosti procenata belih piksela po povećanju gramature ispitanih papira je potvrđeno i kod poprečnih uzoraka, mada su papiri fotografisani u ravnom položaju i kod ovih uzoraka odstupali od opšteg trenda povećanja (papir gramature 130 g/m² ima veće vrednosti belih piksela u odnosu na sledeću gramaturu od 150 g/m²). Raspon srednjih vrednosti za poprečno savijene uzorke je od 0.78326 do 6.08591. Pregledom prikazane slike 6.20b se može uočiti da poprečno savijen papir gramature od 150 g/m² i pri ovoj udaljenosti daje približne rezultate sa papirom gramature od 170 g/m². Sa prikazanih dijagrama se vidi još da za ravno položene epruvete vrednosti procenata belih piksela kod poprečno savijenih uzoraka su veće od odgovarajućih paralelnih uzoraka i pri ovoj udaljenosti fotografisanja.

Prema vrednostima standardne devijacije prikazanih na slikama 6.19a i b se može ustanoviti da su potpuno savijeni uzorci u oba smera savijanja dali homogene rezultate merenja procenata belih piksela. Koeficijenti varijacije za dati ugao se kreću od 8.83% do 12.80% kod paralelnih uzoraka i 3.20% do 8.14% kod poprečnih uzoraka. Veće vrednosti KV-e su zabeležene za uglove 15°-90° u oba smera savijanja i kod uzoraka svih gramatura. Najveće vrednosti su registrovane za ugao postavljanja epruveta od 180° kod poprečnih uzoraka (21.06 ÷51.71%). Za razliku od njih, kod paralelnih uzoraka najveće rasipanje pri ravnom fotografisanju je uočena samo kod jedne gramature (150 g/m²) dok su ostali papiri imali svoje maksimalne vrednosti KV-e i kod uglova od 60° i 90°. Uopšteno posmatrajući

koeficijente varijacije može se izdvojiti da su veće vrednosti zabeležene kod paralelnih uzoraka i pri ovoj udaljenosti digitalizacije (raspon: 8.83% do 50.85% za paralelne uzorke, 3.20% do 51.71% za poprečne uzorke).



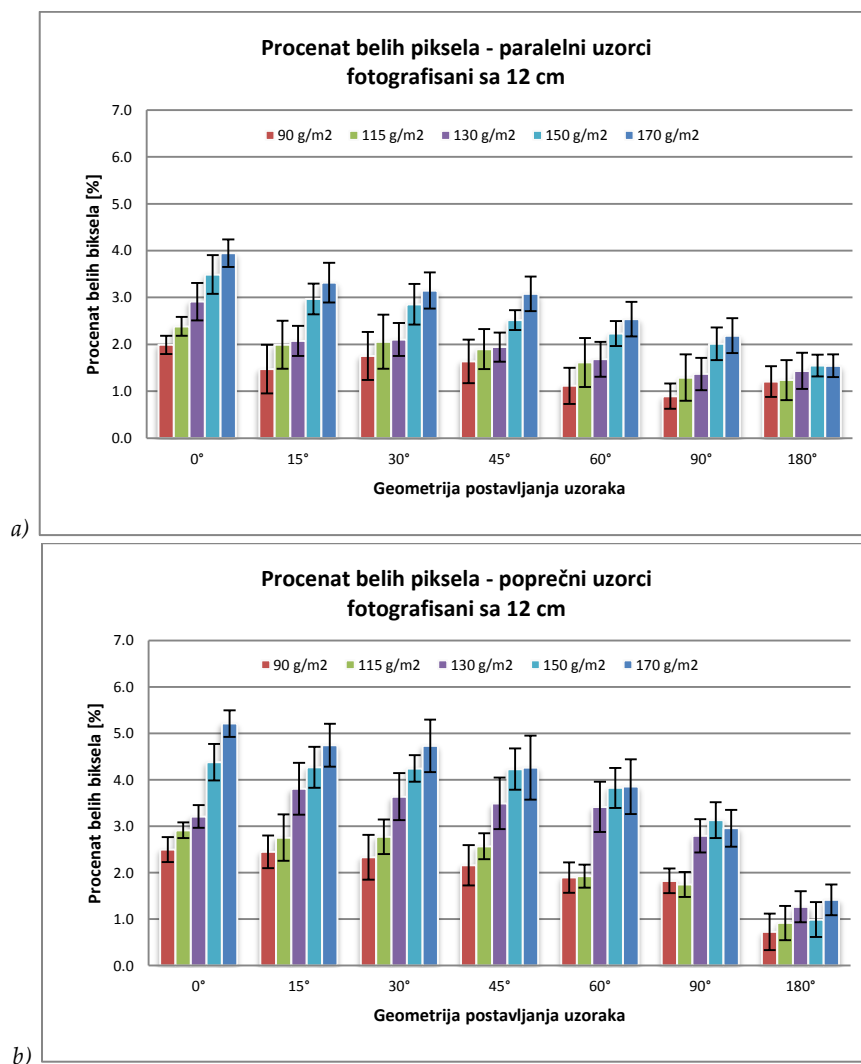
Slika 6.19 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm sa različitom geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima)

U nastavku su dati grafički prikazi rezultata procenta belih piksela za fotografisane uzorke (udaljenost 12 cm) dobijenih sa paralelno (Slika 6.20a) i poprečno savijenih uzoraka (Slika 6.20b).

Raspon srednjih vrednosti procenta belih piksela za najmanju udaljenost fotografisanja je $0.89491 \div 3.48957$ za paralelene uzorke, $0.72721 \div 5.21329$ za poprečne uzorke. Razlike u izmerenim vrednostima po smerovima savijanja i pri ovoj udaljenosti su uočene kod uglova 0° - 90° (paralelni uzorci imaju niže vrednosti), dok su za potpuno ravne uzorke te razlike nisu toliko izražene i paralelni uzorci imaju veće vrednosti procenta belih piksela.

Povećanje površine oštećenja pri povećanju gramatura (pa i ukupne debljine) ispitanih papira se jasno može pratiti na promeni procenta belih piksela. Kod paralelno savijenih uzoraka za sve uglove postavljanja je uočen ravnomeran rast belih piksela na ispitanim

slikama uzoraka, sa jednim, neznatnim odstupanjem kod ravno skeniranih uzoraka, gde papir gramature 150 g/m² za 0.00216 ima veću vrednost od papira gramature 170 g/m² (a trebalo bi da ima nižu srednju vrednost belih piksela). Poprečno savijeni uzorci pri povećanju gramature ispitanih papira imaju takođe izraženu tendenciju povećanja procenata belih piksela ukazujući tako na veći stepen destrukcije premaza i to pre svega kod nižih unutrašnjih uglova postavljanja uzoraka (0°-30°). Za veće uglove su registrovana manja odstupanja: uzorak gramature 90 g/m² i 150 g/m² kod ugla postavljanja od 90° kao i uzorak gramature 130 g/m² pri ravnom položaju imaju veće vrednosti belih piksela od narednih uzoraka veće gramature.



Slika 6.20 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm sa različitom geometrijom postavljanja uzoraka (uglovima)

Vrednosti relativne standarde devijacije, tj. koeficijenta varijacije su u rasponu od 8.40% do 38.37% kod paralelnih i od 5.50% do 53.83% kod poprečnih uzoraka. Najmanje vrednosti KV-e su uočene u većini slučajeva kod ugla postavljanja od 0° kod oba pravca savijanja papira, dok je po najvećim vrednostima izdvojen ugao 180°, ali samo kod poprečnih uzoraka. Prema prikazanim rezultatima moglo bi se zaključiti da ipak, najmanja udaljenost ne osigurava ujednačenije rezultate merenja, pogotovo ne kod poprečnih uzoraka.

6.1.2.1.1. Uticaj udaljenosti fotografisanja na procenat belih piksela

Dobijeni rezultati po udaljenostima su delom analizirani u prethodnom delu, ali radi jednostavnije uporedne analize procenata belih piksela po različitim vrednostima udaljenosti uzoraka pri fotografisanju u daljem delu su prikazani uporedni dijagrami za sve gramature i smeru savijanja papira (Slika 6.21a-j).

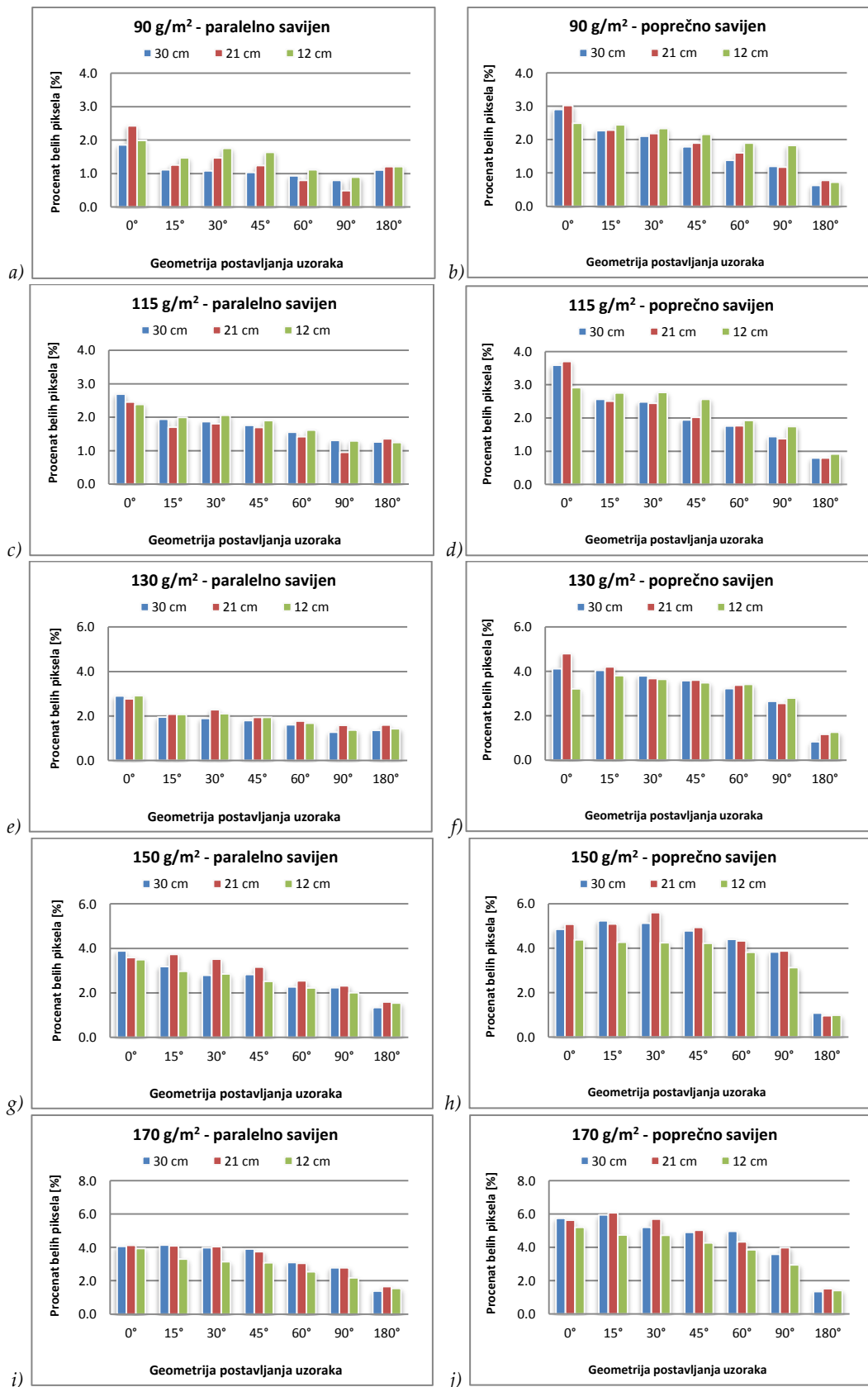
Iz rezultata prikazanih na dijagramu/slici/grafiku se može primetiti da kod nekih papira i nekih uglova postavljanja postoji značajnija razlika u srednjim vrednostima (npr: slika 6.21a i h sa uglovima od 0° - 45°), opet kod nekih drugih papira i uglova te razlike nisu toliko izražene (npr: slika 6.21f sa uglovima od 30° - 60° i slika 6.22e sa uglovima 45° - 180°). Statističkom analizom varijanse različitih grupa (jednofaktorka ANOVA) je izvršena provera da li su te manje izražene razlike statistički značajne ili su slučajne.

Test homogenosti grupa (Levene-ov test), koji je neizostavljiv korak za primenu jednofaktorske ANOVA-e ukazuje da je varijansa zavisne promenljive (u ovom slučaju procenat belih piksela po primenjenoj udaljenosti fotografisanja) jednaka u svim grupama kod većine ispitanih papira (od ukupno 70 grupa za 43 je potvrđena homogenost - Tabela III.33, Prilog III). Za nehomogene grupe pri tumačenju rezultata statističke značajnosti razlike srednjih vrednosti procenata belih piksela uzete su rezultati Brown-Forsythe-ov testa, otporni na kršenje pretpostavki homogenosti grupa (Tabele III.34 i III.35, Prilog III).

Rezultati jednofaktorske analize varijanse su u skladu sa prikazanim dijagramima: kod svih grupa kod kojih su vidljive razlike imaju potvrđenu statističku značajnost sa srednjim i velikim uticajem nezavisne promenljive, tj. udaljenosti pri snimanju na procenat belih piksela (vrednosti parcijalnog eta-kvadrata su za te grupe od 0.11333 do 0.54582 kod paralelnih i od 0.12153 do 0.89289 kod poprečnih uzoraka za ANOVA test). Od ukupno 70 ispitanih grupa (po 35 u dva smeru savijanja) kod 27 ne postoji statistički značajna razlika u srednjim vrednostima procenata belih piksela po primenjenoj udaljenosti fotografisanja materijalnih uzoraka (14 kod paralelnih i 13 kod poprečnih uzoraka).

Po gramaturi uzoraka se ne može izdvojiti nijedan papir, ali po uglovima postavljanja istih, za ugao 180° se može ustanoviti da daje slične vrednosti procenata belih piksela pri digitalizaciji pomoću fotoaparata u najviše slučajeva (od 10 kod 7 grupa). Po rezultatima jednofaktorska ANOVA i alternativni testovi se potpuno poklapaju. Ispitane grupe, kod kojih je utvrđena statistička značajna razlika jednofaktorskom ANOVA-om, naknadnim testovima izvršenih po smerovima savijanja (Dunett-ov T3 test) međusobno su upoređeni uzorci po primenjenoj udaljenosti fotografisanja istih. Prema rezultatima naknadnih testova udaljenost od 12 cm se može izdvojiti. Od ukupno 43 ispitanih grupa, u 32 grupe postoji statistički značajna razlika u srednjim vrednostima rezultata za udaljenosti od 12 cm i 21 cm, odnosno za isti broj grupa je potvrđena razlika za kombinaciju udaljenosti od 12 cm i 30 cm (Tabele III.36-III.37, Prilog III).

Kod fotografisanih uzoraka na procenat belih piksela u izvrsnoj meri utiče primenjena udaljenost sa kojeg je izvršena digitalizacija materijalnih epruveta. Takav rezultat se može objasniti razlikama u oštirini konačne slike, tj. fokusu pri fotografisanju.

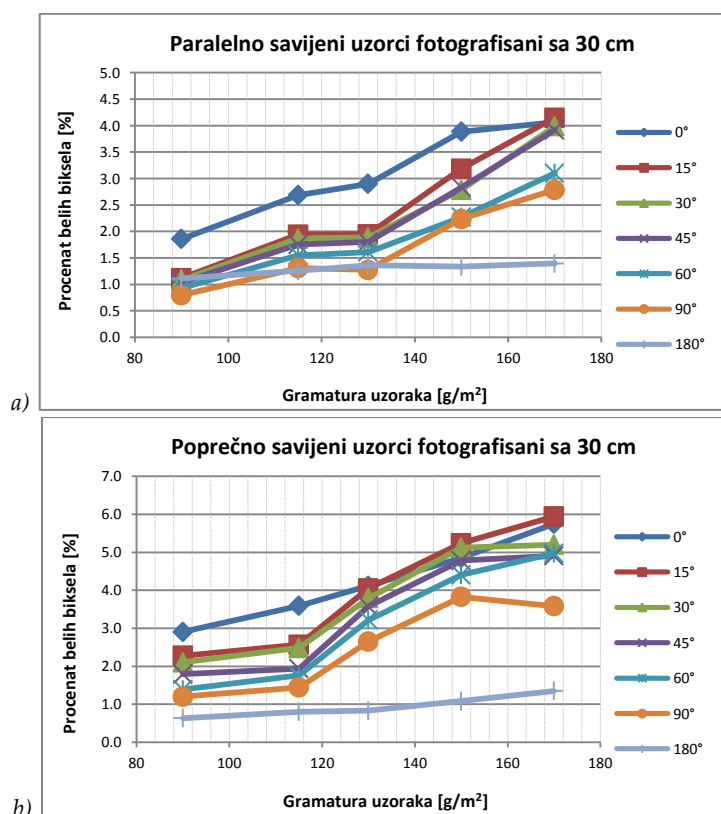


Slika 6.21 – Grafički prikaz uticaja udaljenosti fotografisanja na rezultate procenata belih piksela po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m² - a, b; 115 g/m² - c, d; 130 g/m² - e, f; 150 g/m² - g, h; 170 g/m² - i, j)

6.1.2.1.2. Uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na procenat belih piksela kod fotografisanih uzoraka

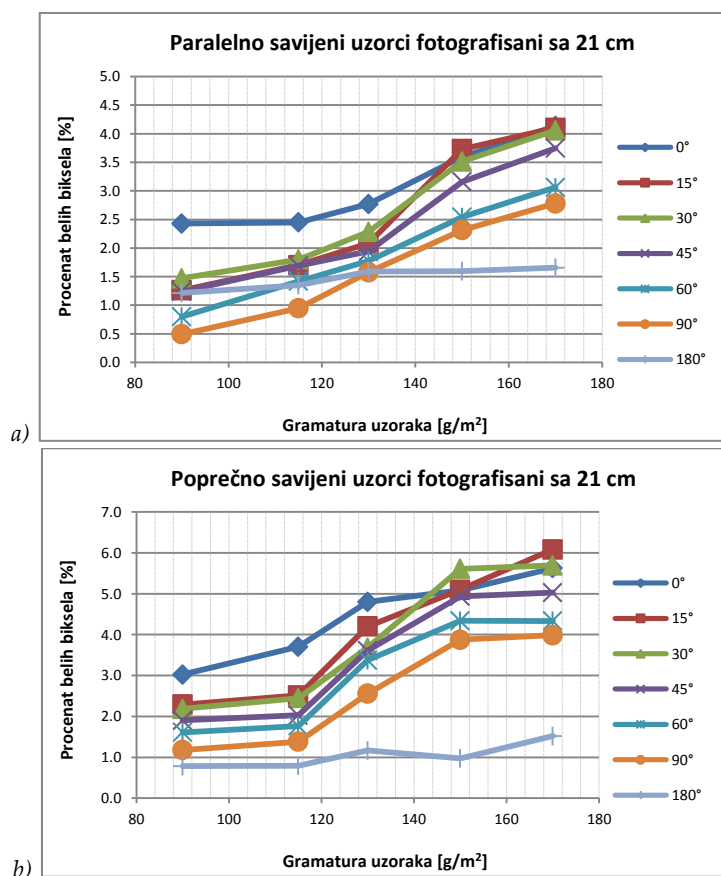
Za detaljnu analizu uticaja unutrašnjeg ugla postavljanja savijanih uzoraka pri digitalizaciji na rezultat procenata belih piksela u nastavku su dati linijski dijagrami po primenjenoj udaljenosti fotografisanja u oba pravca savijanja papira.

Sa prikazanih slika 6.22a i b, za rezultate dobijenih sa digitalnih uzoraka fotografisanih sa 30 cm se može ustanoviti da sa povećanjem unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka od 15° do 90° rezultati procenata belih piksela u većini slučajeva opadaju kod svih uzoraka savijenih u oba pravca savijanja, mada su vrednosti za pojedine uzorke vrlo bliske odnosno ima i preklapanja. Za ugao od 0° je primećeno da se jasno diferencira od većih uglova kod paralelno savijenih uzoraka gramature 90 g/m² - 150 g/m², dok takvo izolovanje kod poprečnih uzoraka ima ugao od 180° za sve gramature.



Slika 6.22 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm

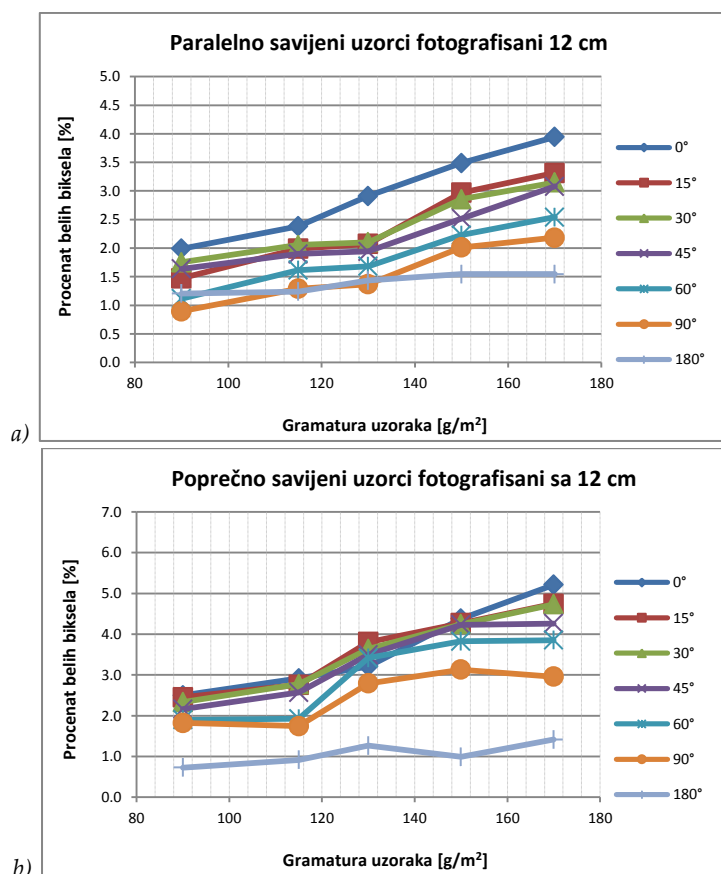
Za uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm (Slika 6.23a i b) rezultati procenata belih piksela imaju sličnu strukturu kao i za uzorke od 30 cm: sa povećanjem unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka od 15° do 90° rezultati procenata belih piksela opadaju kod većine ispitanih uzoraka u oba pravca savijanja (sa većom i manjom razlikom u srednjim vrednostima). Za potpuno savijene uzorke (ugao 0°) dobijeni rezultati za tri niže gramature (90 g/m² - 130 g/m²) su bili značajno veći u odnosu na druge uglove postavljanja, kod oba pravca savijanja. Ugao 180° je samo kod poprečnih uzoraka dao za sve gramature niže vrednosti od ostalih uglova postavljanja.



Slika 6.23 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm

Analizom prikazanih rezultata dobijenih sa slika fotografisanih sa 12 cm (Slika 6.24a i b), primećuje se ujednačen trend povećanja procenta belih piksela pri povećanju gramature za sve uglove, izuzev ugao 180° koji i pri ovoj udaljenosti dalje skoro iste vrednosti količine oštećenja za različite gramature (razlika između najniže i najviše gramature za taj ugao iznosi svega 0.33829). Ugao od 0° za paralelno savijene uzorke se izdvaja za ceo set ispitanih papira. Kod poprečnih uzoraka takva značajna razlika između rezultata za potpuno savijene uzorke i ostalih uglova nije uočena.

Male razlike u dobijenim rezultatima (pre svega za uglove 15°-90°) postavljaju pitanje da li se ti rezultati razlikuju uopšte ili su te razlike slučajne. Odgovor na to pitanje se može dobiti primenom jednofaktorske analize varijanse, gde nezavisnu promenljivu predstavljaju uglovi postavljanja (čiji uticaj se ispituje) dok je zavisna promenljiva procentat belih piksela. Iako već na prikazanim slikama 6.18-6.20 se vidi da se varijanse u velikoj meri razlikuju po pojedinim ispitanim grupama, ipak procedura statističke analize nalaže da se izvrši provera homogenosti varijanse grupa čime će se definisati uslovi tumačenje rezultata. Homogenost varijanse je ispitana Levene-ovim testom, a dobijeni rezultati tog testa su potvrdili polaznu pretpostavku da nisu sve grupe homogene u pogledu promenljivosti izmerenih procenta belih piksela po uglovima postavljanja (Tabela III.38, Prilog III). Od ukupno 15 ispitanih grupa po smerovima savijanja, za svega 5 grupa je potvrđena homogenost i kod paralelnih i kod poprečnih uzoraka.



Slika 6.24 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm

Iako je potvrđen veliki udeo nehomogenosti grupa, rezultati ANOVA-e i alternativnog Brown-Forsythe testa se poklapaju u potpunosti (Tabele III.39-40, Prilog III). Sa jednoznačnim vrednostima značajnosti od Sig.=0.000 pri $p < 0.05$ rezultati oba testa nesporno potvrđuju pretpostavku da postoji statistička značajna razlika između grupe uzoraka (posmatrajući sve uglove), bez obzira na smer savijanja i na udaljenost fotografisanja. Vrednosti eta-kvadrata su rasponu od 0.38215 do 0.9322, što po Koenu predstavlja veliki uticaj nezavisne promenljive (ugao postavljanja) na zavisnu promenljivu (procenat belih piksela) (Pallant, 2007). Da bi se proverila između kojih grupa, tj. uglova postoji statistička značajna razlika, sproveden je *post-hoc* test, tj. naknadna analiza značajnosti razlike (Dunett-ov T3 test). Količina dobijenih rezultata za naknadno poređenje varijanse između grupa (poređenje po parovima nezavisne promenljive) uslovljava da njihov tabelarni prikaz smesti među priložima, a ovde da se iznesu samo konačni zaključci tih testova značajnosti razlike (Dunett-ov T3 test, Tabela III.41-III.46, Prilog III).

Rezultati naknadnog poređenja srednjih vrednosti procenata belih piksela za sve uglove postavljanja uzoraka su u skladu sa grafičkim prikazom (Slika 6.22-6.25): ne postoji nijedan ugao koji se može izdvojiti za celu populaciju ispitanih materijala da se statistički značajno razlikuje od ostalih uglova. Kod paralelnih uzoraka od 15 osnovnih grupa (5 gramature i 3 udaljenosti) za ugao 0° je registrovana u najvećem broju statistička značajna razlika u srednjim vrednostima (u 7 grupa, većinom za niže gramature), dok za isti ugao kod poprečno savijenih uzoraka svega u 5 slučajeva je utvrđena signifikantna razlika. Za

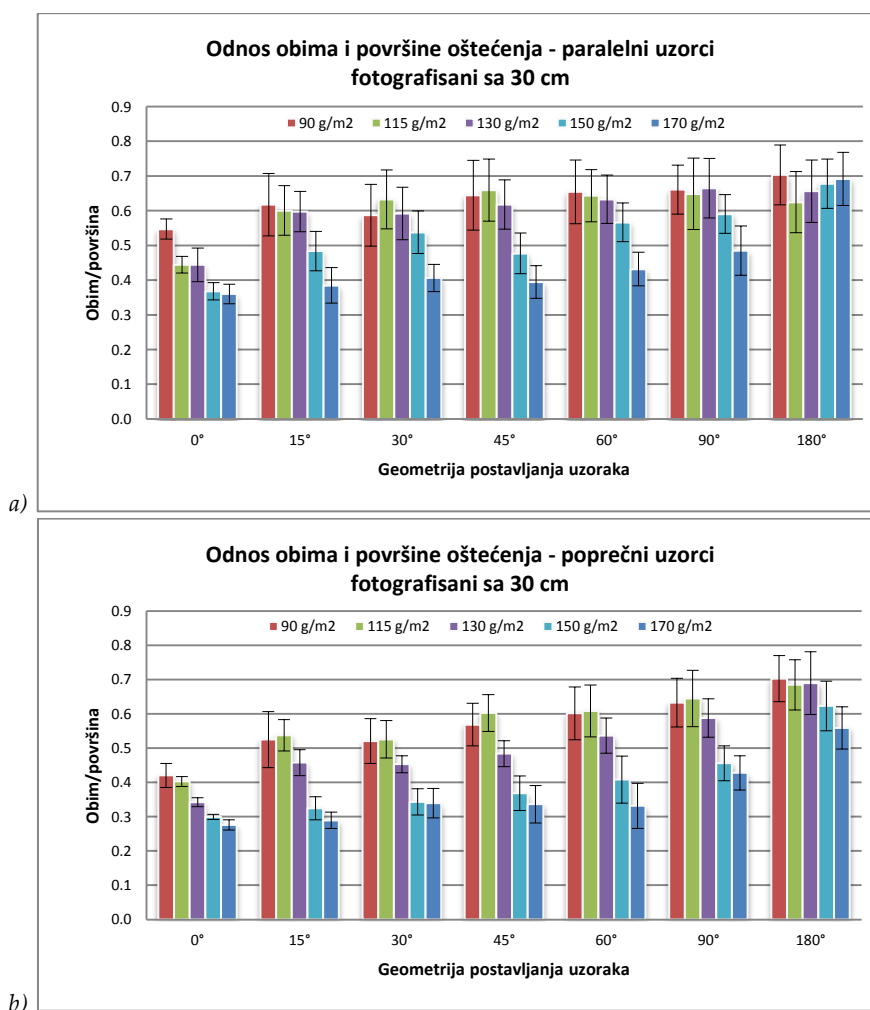
potpuno otvoreni položaj (ugao 180°) u 6 slučajeva je potvrđena statistički značajna razlika kod paralelnih uzoraka i to većim delom za papire većih gramatura, dok za poprečne uzorke za čak 13 kombinacije gramature i udaljenosti je rezultovao statističko značajno niže vrednosti procenata belih piksela od ostalih uglova. Razlike su bile uočene i po primenjenoj udaljenosti digitalizacije, ali to je već bilo potvrđeno u prethodnoj analizi.

Ugao postavljanja uzoraka ima veliki uticaj na izmerene vrednosti belih piksela, mada ne postoje uglovi među kojima je potvrđena statistički značajna razlika odnosno između kojih su razlike samo slučajne.

6.1.2.2. Odnos obima i površine oštećenja kod fotografisanih uzoraka

U nastavku slede rezultati odnosa obima i površine oštećenja za fotografisane uzorke, predstavljeni prvo po gramaturi uzoraka i smeru savijanja istih, zatim je izvršen i pregled uticaja udaljenosti epruveta pri digitalizaciji odnosno uticaj promene unutrašnjih uglova postavljanja epruveta pri digitalizaciji na dato obeležje digitalnog uzorka.

Srednje vrednosti i vrednosti standardne devijacije odnosa obima i površine za uzorke slikanih sa 30 cm su prikazane na slikama 6.25a i b, po smerovima savijanja.



Slika 6.25 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja uzoraka

Vrednosti odnosa obima i površine detektovanih oštećenja po uzorcima savijenih u oba pravca imaju neujednačenu tendenciju opadanja. Analizom dobijenih rezultata po smerovima savijanja, utvrđeno je da su veće vrednosti dobijene kod paralelnih uzoraka izuzev dve grupe uzoraka kod ravno postavljenih epruveta (115 g/m² i 130 g/m²). Kako je veći odnos obima i površine pokazatelj zrnastije strukture površine, dobijeni rezultati ukazuju na to da paralelni uzorci imaju sitnija odnosno površinski manja pojedinačna oštećenja. Vrednosti su u rasponu od 0.36038 do 0.70328 za paralelne i od 0.27625 do 0.70226 za poprečne uzorke.

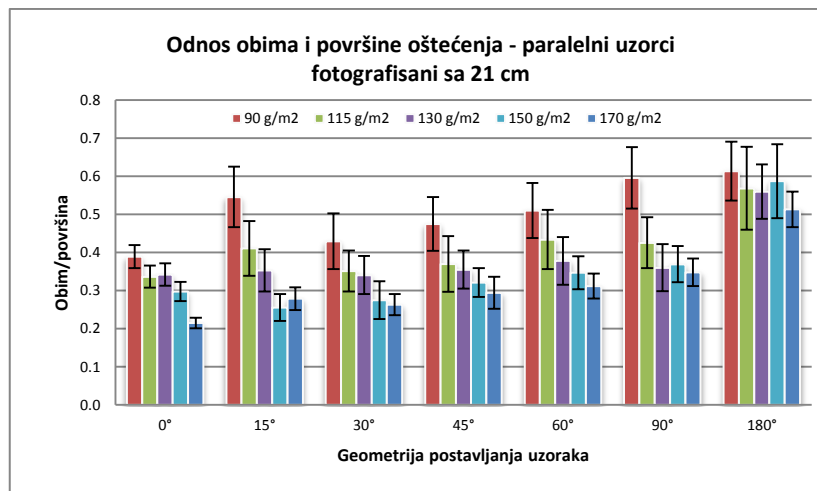
Kada se pogledaju rezultati po gramaturi ispitanih papira, vidi se da uzorci sa većim gramaturama (150 i 170 g/m²) u većini slučajeva imaju značajno manje vrednosti odnosa obima i površine detektovanih oštećenja bez obzira na smer savijanja. Najveće vrednosti su dobijene za gramature 90 i 115 g/m². Opadajući trend rezultata pri povećanju gramature uzoraka je uočen samo u 3 slučaja: kod paralelnih uzoraka sa unutrašnjim uglovima postavljana od 0° i 60°, a kod poprečnih uzoraka za ugao postavljanja od 0°. Vrednosti standardnih devijacija, koje su grafički obeležene na slikama 6.25a i b, a tabelarno prikazani kao koeficijenti varijacije u tabeli II.13 (Prilog II) su u rasponu od 5.32% do 15.87% kod paralelnih i 2.42% do 19.82% kod poprečnih epruveta. Najniže vrednosti KV-e u većini slučajeva su registrovane za potpuno savijene uzorke (ugao 0°), dok za najveće vrednosti KV- se ne može izdvojiti nijedan ugao. Iako postoje manja odstupanja, ipak se može uočiti razlika između rezultata paralelnih i poprečnih uzoraka, uglova i gramature papira.

Rezultati odnosa obima i površine detektovanih oštećenja na fotografisanim uzorcima, uslikanih sa 21 cm, su predstavljeni u nastavku. Na slici 6.26a su dati rezultati paralelno savijenih uzoraka, dok slika 6.26b prikazuje rezultate poprečno savijenih uzoraka.

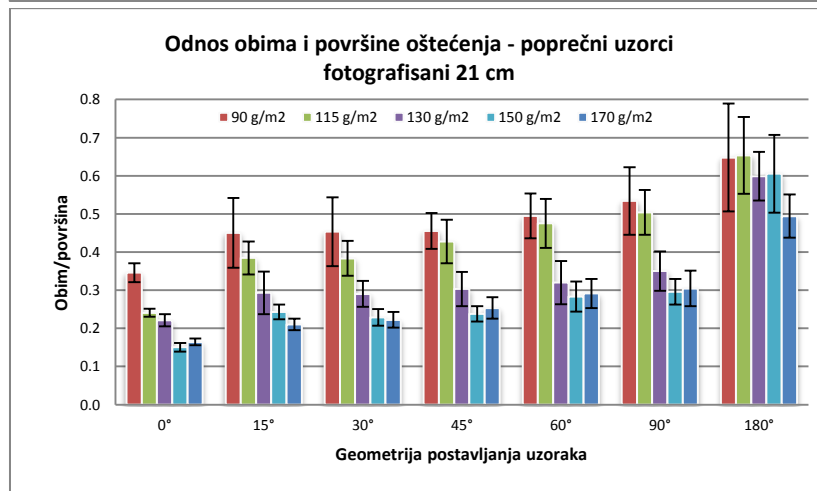
Posmatrajući slike 6.26a i b se može uočiti da paralelni uzorci i pri ovoj udaljenosti imaju veće vrednosti odnosa obima i površine za uglove 0°-90° (raspon: 0.21485 ÷ 0.59593) u odnosu na iste uglove kod poprečni uzoraka (raspon: 0.15044 ÷ 0.53396). Ravno postavljene epruvete po smeru savijanja imaju drugačiju strukturu oštećenja od ostalih uglova. Kod tog položaja veće vrednosti odnosa obima i površine su dobijene kod poprečnih uzoraka, koje odgovaraju sitnijim detektovanim pukotinama po liniji savijanja.

Analizom rezultata po gramaturama ispitanih papira, može se uočiti jasan trend opadanja sa povećanjem gramature kod većine uglova postavljanja, iako opadanje nije ravnomerno i ima manjih odstupanja od linearnog trenda. Uzorak gramature 90 g/m² u većini slučajeva se odvaja od ostalih papira, prevashodno kod paralelnog savijanja sa visokim vrednostima odnosa obima i površine. Kod poprečnih uzoraka, pored pomenutog 90 g/m² papira, gramatura 115 g/m² takođe ima značajno veće vrednosti odnosa obima i površine naspram ostalih papira. Takvi istaknuti rezultati odnosa obima i površine odgovaraju strukturi oštećenja sa više sitnih oštećenja i procepa kod nižih gramatura.

Koeficijenti varijacije za dati set uzoraka su u rasponu od 6.54% do 19.09.75% kod paralelnih, odnosno od 4.23% do 21.82% kod poprečnih uzoraka. Najmanje vrednosti KV-e su uočene kod potpuno savijene uzorke i to u oba pravca bez izuzetaka. Po najvećim vrednostima KV-e se ne može izdvojiti nijedan ugao postavljanja (Tabela II.14, Prilog II).



a)



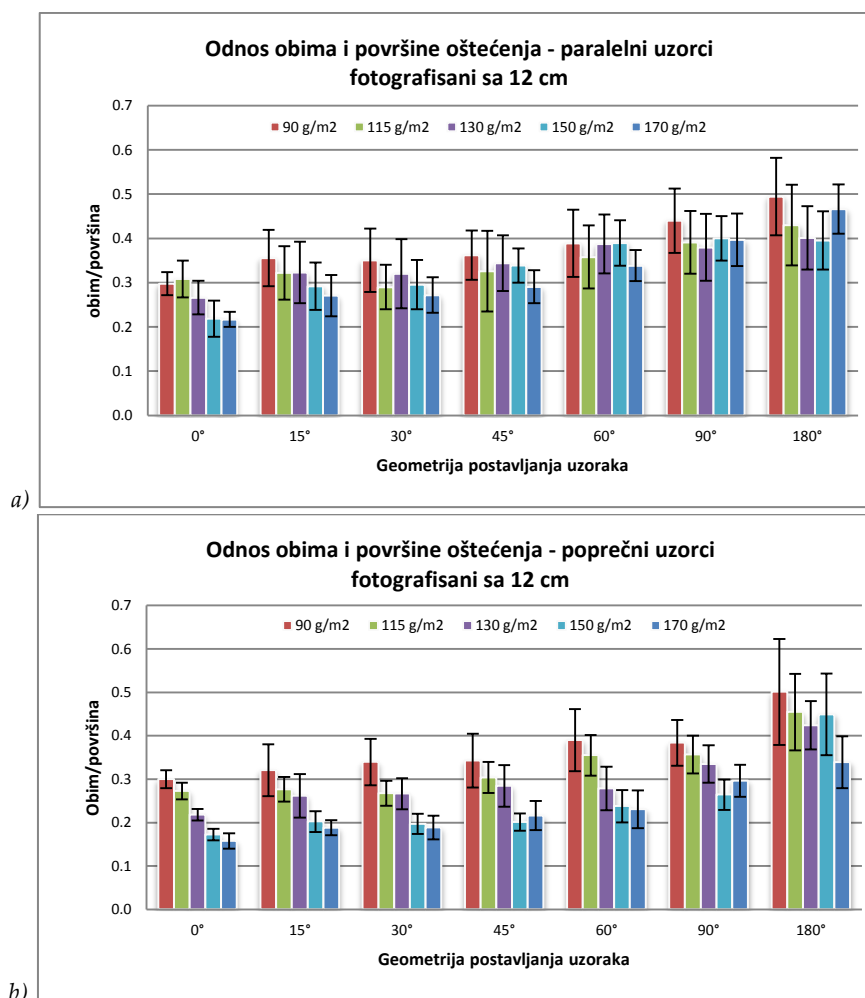
b)

Slika 6.26 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja uzoraka

Srednje vrednosti uz odgovarajućih standardnih devijacija merenja odnosa obima i površine su grafički prikazane na slici 6.27a za paralelno savijene uzorke, odnosno na 6.27b za poprečno savijene uzorke slikanih digitalnim fotoaparatom sa udaljenosti od 12 cm.

Sa prikazanih slika se može videti da rezultati odnosa obima i površine za udaljenost fotografisanja sa 12 cm po strukturi se ne odstupaju znatno od rezultata uzoraka sa većih udaljenosti, ali su izmerene vrednosti niže i kreću se od 0.19113 do 0.49882 za paralelno savijene uzorke, odnosno od 0.157745 do 0.50081 za poprečne uzorke. Analizom rezultata po smerovima savijanja može se uočiti da pri uglovima postavljanja od 0°-90° paralelni uzorci su dali veće vrednosti u većini ispitanih kombinacija (28 od 30 kombinacija gramature i ugla postavljanja). U slučaju ravnog postavljanja (ugao 180°) za poprečne uzorke su registrovani veći odnosi obima i površine detektovanih oštećenja (sem uzorka 170 g/m²), mada su razlike male (0.00642 ± 0.05367).

Proverom uticaja gramature ispitanih papira vidi se da tendencija ravnomernog opadanja vrednosti odnosa obima i površine oštećenja sa porastom gramature je izraženija kod poprečno savijenih papira, pre svega za uglove 0°-60° mada sa manjim odstupanjima. Za paralelne uzorke se ne može utvrditi takav trend opadanja.

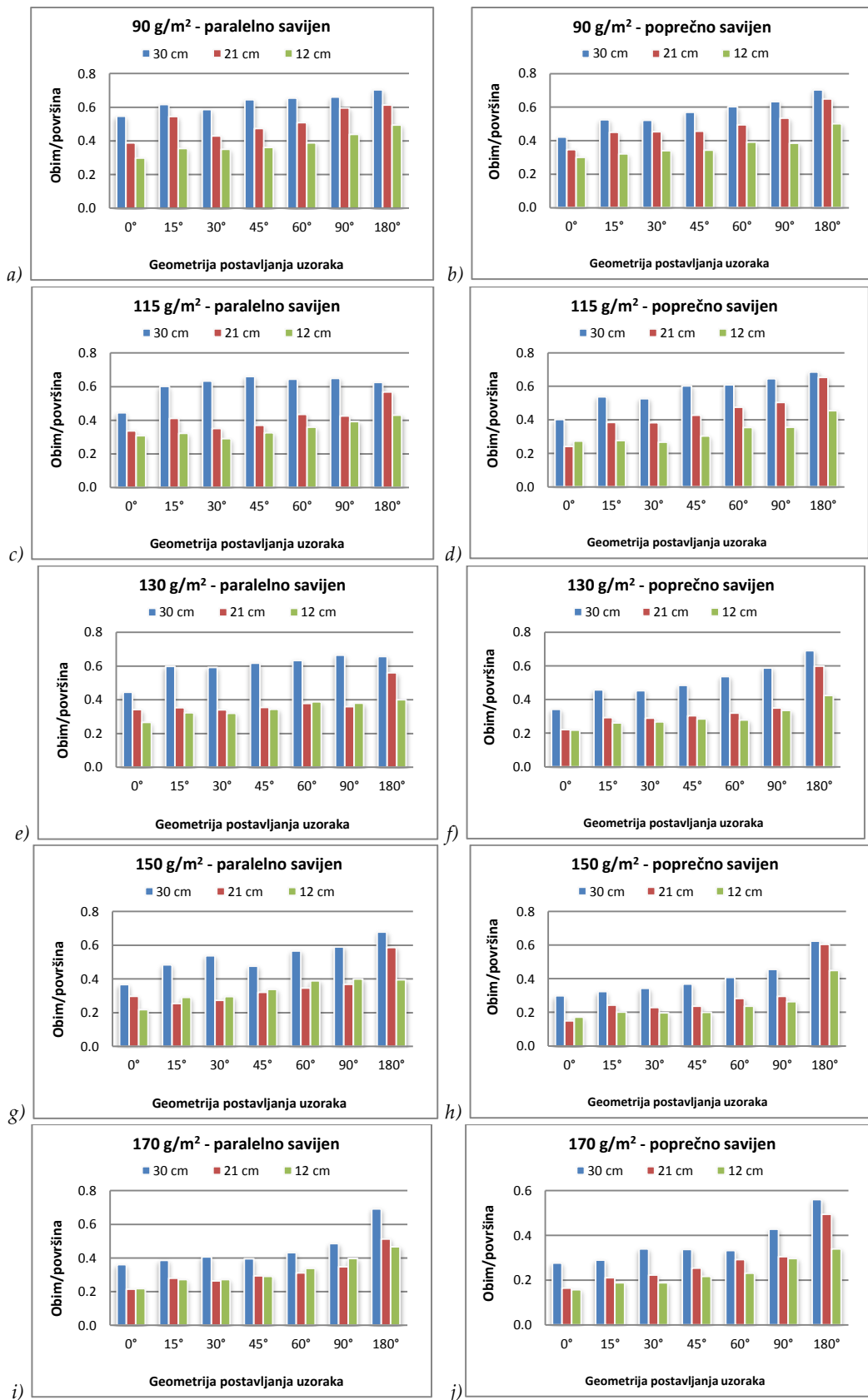


Slika 6.27 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja uzoraka

Vrednosti standardne devijacije (Slika 6.27a i b, Tabela II.15, Prilog II) pokazuju neznatno veće rasipanje izmerenih rezultata kod paralelno savijenih uzoraka (sa koeficijentima varijacije od 7.70% do 27.88%), upoređujući sa poprečnim uzorcima (vrednosti KV-e su od 6.16% do 24.34%). Najniže vrednosti su zabeležene za ugao postavljanja od 0° za sve gramature, označavajući konzistentnu strukturu izmerenih rezultata, dok sa najvećim vrednostima KV-e se ne može izolovati nijedan ugao postavljanja ili gramatura papira.

6.1.2.2.1. Uticaj udaljenosti fotografisanja na odnos obima i površine detektovanih oštećenja

U nastavku sledi analiza uticaja udaljenosti digitalizacije na odnos obima i površine detektovanih oštećenja na fotografisanim uzorcima. Za jednostavniju uporednu analizu rezultata različitih udaljenosti, oni su predstavljeni po gramaturi i smeru savijanja ispitanih uzoraka. Na slici 6.28, sa oznakama a, c, e, g, i su prikazani rezultati za paralelne uzorke, dok sa oznakama b, d, f, h i j su dati rezultati poprečnih uzoraka.



Slika 6.28 – Grafički prikaz uticaja udaljenosti fotografisanja na rezultate odnosa obima i površine po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m² - a, b; 115 g/m² - c, d; 130 g/m² - e, f; 150 g/m² - g, h; 170 g/m² - i, j)

Sa prikazanih slika se može primetiti da postoji izraženo opadanje u srednjim vrednostima odnosa obima i površine oštećenja za udaljenosti od 30 cm i 21 cm i to u svim grupama gramature i smera papira, odnosno uglova postavljanja. Razlike između udaljenosti od 21 cm i 12 cm međutim nisu toliko izražene za ceo set ispitanih papira. Kod nižih gramatura (90 g/m² i 115 g/m²) još postoji jasna razlika u dobijenih rezultatima za sve uglove i u oba smera savijanja, ali za veće gramature se mogu videti skoro izjednačene vrednosti odnosa obima i površine, odnosno u nekim slučajevima čak su i neznatno veće vrednosti registrovane za najmanju udaljenost.

Radi utvrđivanja značajnosti tih razlika, pomoću jednofaktorske analize varijanse su ispitane grupe po jednoj nezavisnoj promenljivoj, koja u ovom slučaju predstavlja udaljenost fotografisanja. Nakon provere homogenosti ispitanih grupa, pristupilo se sprovođenju jednofaktorske analize. Od ukupno 70 grupa, 17 nema potvrđenu homogenu varijansu (Tabela III.47, Prilog III), pa za njihovu analizu uzimaju se vrednosti od Brown-Forsythe testa, dok za homogene grupe statistička značajnost se proverava na osnovu rezultata ANOVA-e. Tabela prikazani rezultati jednofaktorske ANOVA-e, Brown-Forsythe testa kao i naknadnih testova (Dunnett-ov T3 test) su dati među prilogima na kraju disertacije (Tabele III.48-51, Prilog III). Rezultati jednofaktorske analize varijanse su u skladu sa prikazanim dijagramima: kod svih grupa kod kojih su vidljive razlike imaju potvrđenu statističku značajnost sa srednjim i velikim uticajem nezavisne promenljive, tj. udaljenosti pri snimanju na odnos obima i površine oštećenja. Vrednosti eta-kvadrata su u rasponu od 0.43190 do 0.95274 za paralelne, odnosno od 0.36740 do 0.97682 za poprečne uzorke (Tabela III.48, Prilog III).

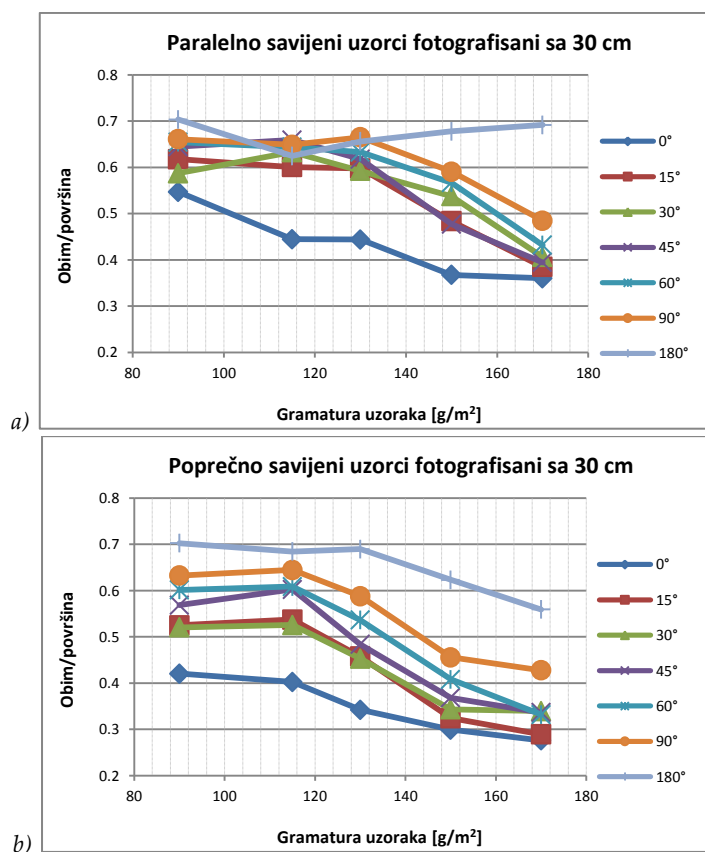
Na osnovu sprovedene analize statističke značajnosti razlike u srednjim vrednostima, može se ustanoviti da za papire većih gramatura (130 g/m² - 170 g/m²) razlike između pojedinih udaljenosti su slučajne. Od ukupno 70 ispitanih grupa kod 26 ne postoji statistički značajna razlika u srednjim vrednostima po primenjenoj udaljenosti fotografisanja materijalnih uzoraka i to 16 kod paralelnih i 10 kod poprečnih uzoraka.

Uticaj udaljenosti fotografisanja na izmerene vrednosti odnosa obima i površine je značajan, mada postoje gramature i smerovi savijanja ispitanih uzoraka kod kojih taj uticaj zanemarljiv, i kod njih su razlike zapravo samo slučajne.

6.1.2.2.2. *Uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na odnos obima i površine oštećenja*

Za analizu uticaja promene unutrašnjeg ugla postavljanja papirnih epruveta kod fotografisanih uzoraka sve udaljenosti su analizirane, s obzirom na postojanje razlike između rezultata odnosa obima i površine po primenjenim udaljenostima. S obzirom na to da međusobni odnos rezultata sa različitim uglovima postavljanja se najlakše uočavaju na linijskim dijagramima, pa u nastavku slede prikazi istih (Slike 6.29-6.31).

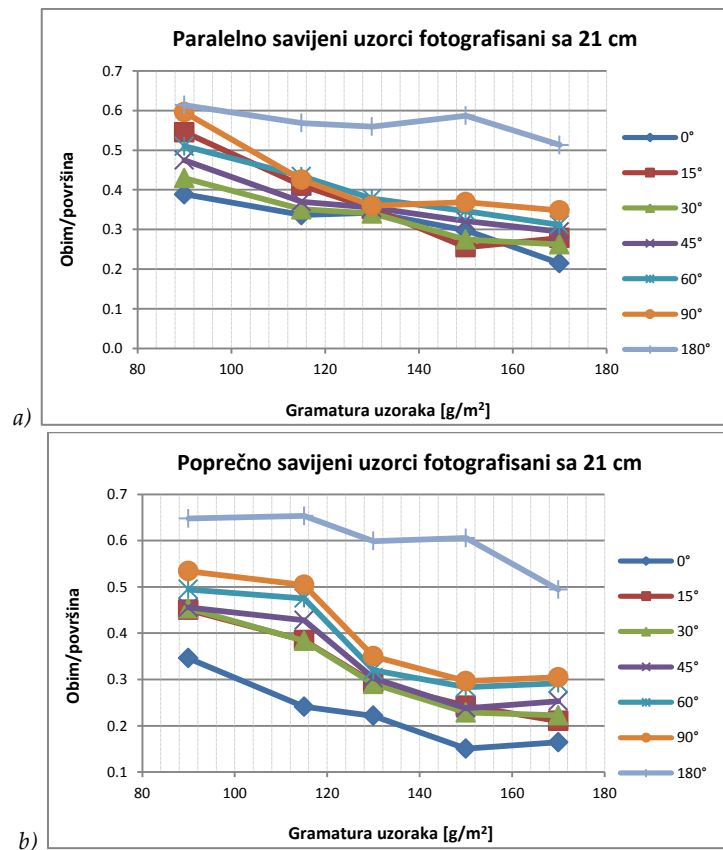
Sa prikazanih linijskih dijagrama na slici 6.29a i b (udaljenost od 30 cm), može se utvrditi da u opštem smislu sa najmanjim unutrašnjim uglom (0°) su dobijene najmanje vrednosti odnosa obima i površine oštećenja u oba smera savijanja, dok su najveće vrednosti zabeležene za ravno skenirane uzorke (180°), ali su prisutna značajna preklapanja.



Slika 6.29 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm

Vrednosti obima i površine u oba smera savijanja imaju opadajuću tendenciju sa povećanjem gramature ispitanih uzoraka skoro kod svih uglova postavljanja. Ravnomerniji pad je uočen kod poprečno savijenih uzoraka, bez nekih izraženih međusobnih preklapanja rezultata između uglova. Takvi rezultati ukazuju na ravnomernu promenu veličine površine detektovanih oštećenja usled promene unutrašnjeg ugla postavljanja pri datoj digitalizaciji. Za paralelne uzorke sa prikazane slike 6.30a se može uočiti da su rezultati za uglove 15°-90° veoma slični, da vrednosti odnosa obima i površine za ugao 180° se preklapaju vrednostima nižih uglova za gramature 90 g/m² - 130 g/m², odnosno da je ugao 0° jasno izolovan od ostalih uglova za gramature 115 g/m²-150 g/m².

Rezultati odnosa obima i površine za epruvete fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm su prikazani na slici 6.30a i b. Dobijeni rezultati za paralelne uzorke imaju različitu strukturu po uglovima postavljanja u odnosu na veću udaljenost (30 cm). Kod udaljenosti od 21 cm rezultati paralelnih uzoraka imaju mnogo ujednačeniju tendenciju opadanja sa promenom gramature uzoraka. Za te uzorke je moguće još izdvojiti da ugao 180° je dao značajno različite vrednosti odnosa obima i površine za sve gramature osim 90 g/m², kao i da rezultati za potpuno savijene uzorke (0°) se uopšte ne izdvajaju od ostalih uglova. Poprečni uzorci (Slika 6.30b) takođe imaju odstupanja kod ove udaljenosti u odnosu na prethodnu (30 cm). Kod njih došlo do jasnog diferenciranja rezultata za uglove 0° i 180° (pogotovo za 180°) od rezultata dobijenih sa ostalim uglovima, što kod udaljenosti od 30 cm nije bio slučaj.

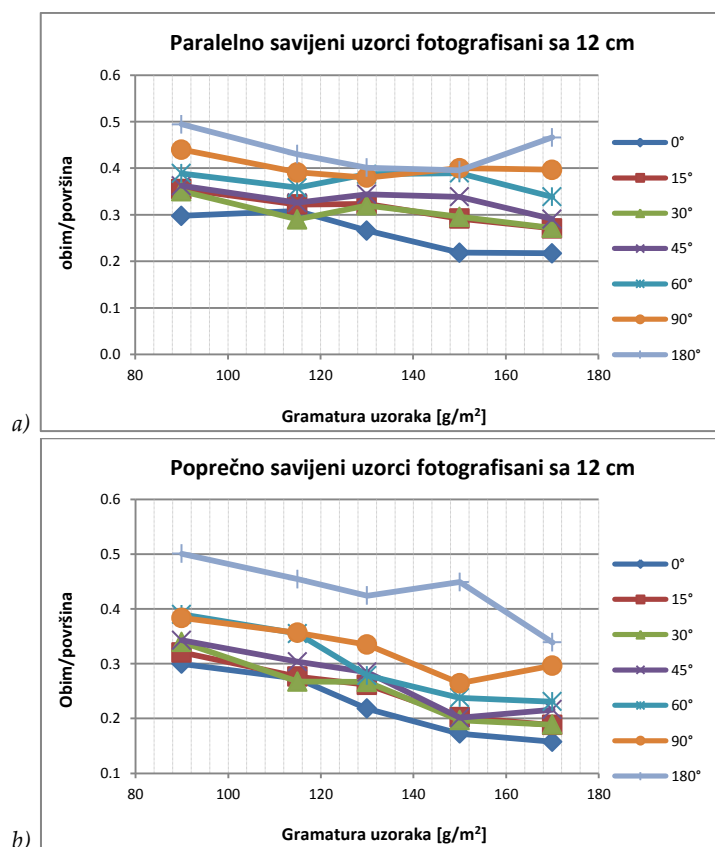


Slika 6.30 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm

Po rezultatima prikazanih na slici 6.31, za udaljenost fotografisanja uzoraka od 12 cm se može ustanoviti da uglovi kod paralelnih uzoraka imaju veći raspon srednjih vrednosti, pa tako manje preklapanja bez odvajanja krajnjih položaja postavljanja uzoraka (ugla 0° i 180°), dok su poprečni uzorci dali sličnu tendenciju opadanja odnosa obima i površine kao i za najveću udaljenost fotografisanja (30 cm) ali sa značajno većim vrednostima kod ravno postavljenih uzoraka.

Izražena preklapanja u delu srednjih uglova postavljanja (15°-90°) pa čak i u nekim segmentima sa uglom 0° zahteva primenu adekvatne statističke analize (jednofaktorske analize varijanse, sa prethodnim testom homogenosti varijanse), kako bi se utvrdilo postojanje statističke značajne razlike između tih uglova.

Rezultati testa homogenosti su predviđaju upotrebu alternativnog testa za analizu razlike u srednjim vrednostima, jer samo za 5 grupa je potvrđena homogena struktura, kako za paralelne, tako i za poprečne uzorke (Tabela III.52, Prilog III). Pri tumačenju rezultata jednofaktorske ANOVA-e (Tabela III.53, Prilog III) kriterijumi značajnosti za sve nehomogene grupe su uzete iz alternativnog testa (test Brown-Forsythe-a, Tabela III.54, Prilog III), mada ti testovi po dobijenim vrednostima značajnosti se potpuno poklapaju. Za sve gramature ispitanih uzoraka su dobijene vrednosti značajnosti od Sig=0.000 pri $p < 0.05$ sa visokim vrednostima parcijalnog eta-kvadrata (0.26017-0,83523 za paralelne, 0.45711 – 0.9008 za poprečne uzorke) što potvrđuje veliki uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja na rezultate odnosa obima i površine oštećenja.



Slika 6.31 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm

Sa naknadnim testovima (Dunett-ov T3) je ispitano tačno između kojih grupa (uglova) postoji statistički značajna razlika. Zbog količine dobijenih rezultata naknadnog testova ovde su izneti samo sumirani zaključci, dok za pregled rezultata pomenutih testova po smerovima savijanja i udaljenosti fotografisanja, date su tabele na kraju disertacije u delu priloga (Tabela III.54-60, Prilog III).

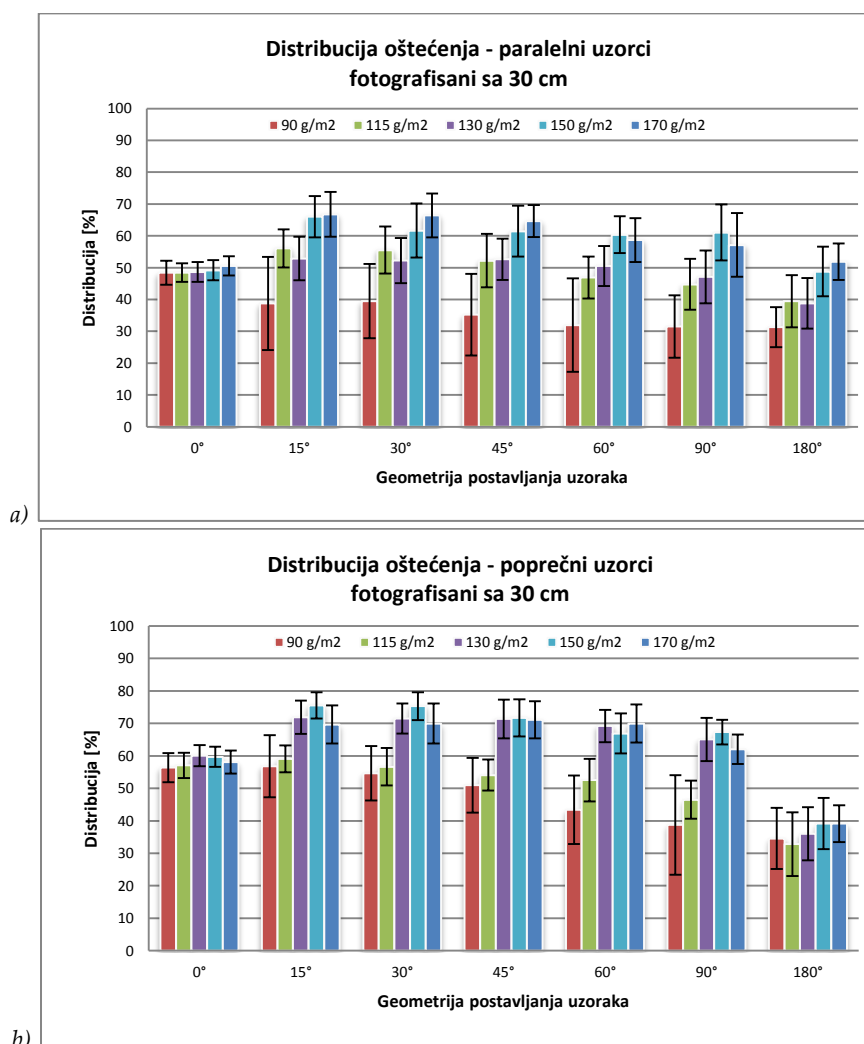
Rezultati naknadnih testova su potvrdili grafički prikazanu strukturu rezultata. Naime po srednjim vrednostima nijedan ugao se ne može izdvojiti u potpunosti za ceo set ispitanih papira sa statističkom značajnom razlikom u odnosu na druge uglove – čak ni ugao 180°. No, kako je udaljenost takođe uticajni parametar od značaja, rezultati se mogu podeliti po primenjenoj udaljenosti fotografisanja. Za udaljenost od 30 cm kod paralelnih uzoraka ugao 0° se može pomenuti sa značajnim razlikama rezultata u odnosu na ostale uglove (4 od 5 grupa), dok za poprečne uzorke ugao 180° je različit po srednjim vrednostima za ceo set ispitanih papira. Udaljenost od 21 cm ima više izolovanih uglova, ali samo kod poprečnih uzoraka (ugao 180° kod preko cele grupe, a ugao 0° za gramature 90 g/m² i 115 g/m²). Paralelni uzorci su imali samo po dve gramature za ugao 0° i 180° sa različitim srednjim vrednostima po uglovima. Pri udaljenosti od 12 cm, jedino se ugao 180° se može izdvojiti sa značajnim razlikama u rezultatima.

Uticaj ugla postavljanja uzoraka na izmerene vrednosti odnosa obima i površine je značajan, iako se ne može ustanoviti statističko značajna razlika između nekih parova uglova koji su tipični za ceo set ispitanih papira.

6.1.2.3. Distribucija oštećenja po posmatranoj površini kod fotografisanih uzoraka

U ovom poglavlju su predstavljeni rezultati distribucije oštećenja fotografisanih uzoraka, grupisani u dve celine. Prvo slede grafički prikazi srednjih vrednosti izmerenih rezultata uz prikaz standardnih devijacija sa osvrtom na proveru uticaja gramature i smera savijanja uzoraka. Nakon toga su date analize uticaja udaljenosti fotografisanja i postavljanja epruveta pri digitalizaciji na procenat distribucije.

Srednje vrednosti izmerenih rezultata distribucije oštećenja sa standardnim devijacijama su prikazane na slikama 6.32a i 6.32b za paralelno i poprečno uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm.



Slika 6.32 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm i sa različitom geometrijom postavljanja

Analizom prikazanih rezultata po smeru savijanja se može ustanoviti da su poprečni uzorci dali veće procenat distribucije oštećenja u odnosu na paralelno savijene uzorke (raspon vrednosti distribucije oštećenja za poprečno savijene uzorke je od 34.57% do 71.91%, dok paralelni uzorci imaju vrednosti distribucije u rasponu od 31.30% do 66.8%).

Proverom prikazanih dijagrama po gramaturi papira može se utvrditi da su manje vrednosti zabeležene kod nižih gramatura, kod oba pravca savijanja. Sa povećanjem gramature uzoraka, povećava se i vrednost distribucije, tj. ravnomernost raspoređivanja oštećenja po liniji savijanja. Kod paralelnih uzoraka, zbog izuzetne niske vrednosti distribucije za papir gramature 90 g/m², razlika između najniže i najviše vrednosti procenta distribucije po gramaturama je izraženija u odnosu na poprečno savijene uzorke, kod kojih uzorak 90 g/m² papira samo za uglove 60° i 90° ima signifikantno niže vrednosti. Odstupanja od ravnomernog rasta su prisutna kod oba smera savijanja uzoraka i po gramaturi uzoraka i po ugla postavljanja.

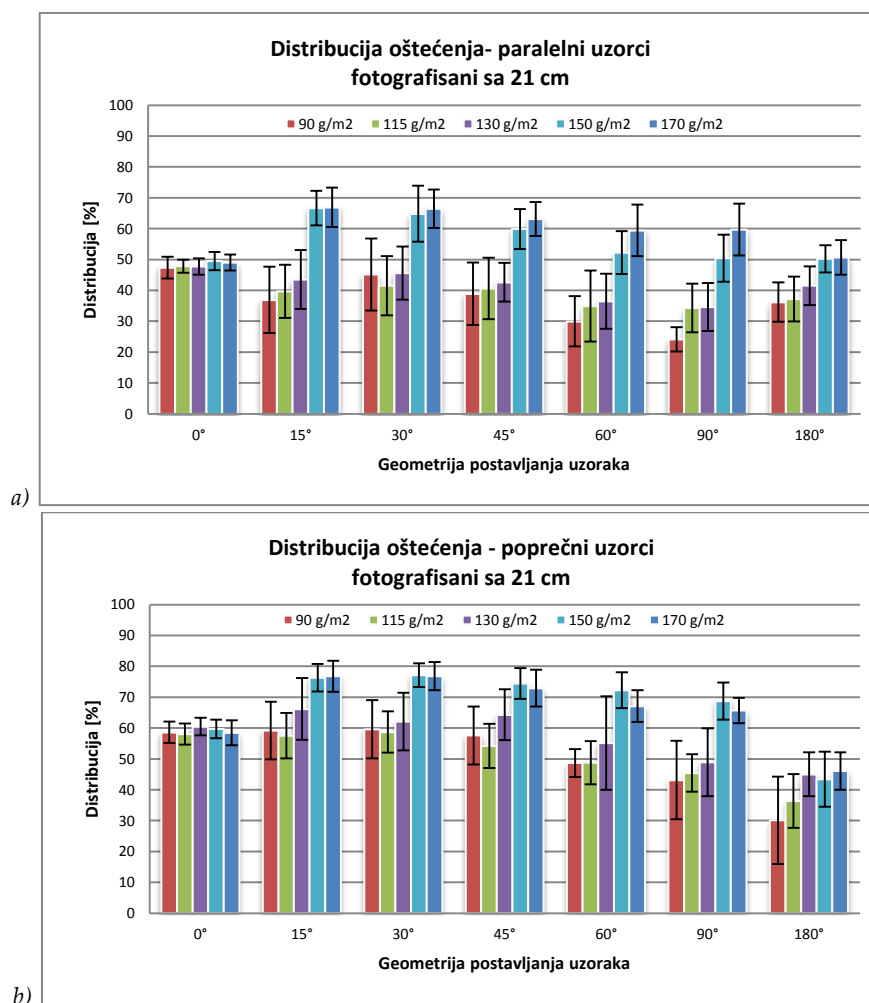
Vrednosti koeficijenta varijacije ukazuju na ujednačenu strukturu ispitanih papira savijenih u oba smera vlakanca, mada postoje odstupanja i to pre svega za gramaturu od 90 g/m². Raspon koeficijenta varijacije je od 6.04% do 46.06% za paralelne, i od 5.27% do 29.88% za poprečne uzorke, pri čemu su vrednosti za paralelno savijene uzorke gramature od 90 g/m² su znatno veće u odnosu na ostale papire. Gledajući uglove postavljanja, najveće vrednosti KV-a su tipične za ugao skeniranja od 180° i to skoro kod svih uzoraka u oba smera savijanja.

Srednje vrednosti izmerenih distribucija oštećenja na uzorcima slikanih digitalnim fotoaparatom sa udaljenosti od 21 cm su date na slikama 6.33a za paralelne uzorke i na 6.33b za poprečne uzorke.

Upoređujući dobijene rezultate distribucije za fotografisane uzorke sa udaljenosti od 21 cm po smeru savijanja, može se ustanoviti da su veće vrednosti dobijene za poprečno savijene uzorke za uglove od 0°-90° i to za sve gramature ispitanih papira. Za ravno postavljene uzorke, paralelno savijene epruvete su dale veće procenete distribucije oštećenja po liniji savijanja za skoro sve papire, jer uzorak gramature od 130 g/m² ima neznatno veću vrednost distribucije od odgovarajućeg poprečno savijenog uzorka.

Analizom rezultata po gramaturi uzoraka, može se reći da postoji tendencija rasta distribucije sa povećanjem gramature savijenih papira, ali ta tendencija različita po uglovima postavljanja uzoraka. Pri uglu postavljanja od 0° skoro i nema promene u procentu raspodele oštećenja po posmatranoj površini na slikama uzoraka, dok su uglovi od 15° do 90° dali veoma izražene razlike između nižih (90 g/m² -130 g/m²) i viših gramatura (150 g/m² - 170 g/m²). Za ugao 180° nisu karakteristične takve velike razlike u izmerenim rezultatima i skoro imaju ravnomeran rast sa povećanjem gramature.

Vrednosti standardne devijacije prikazanih na slikama 6.33a i b (kao i odgovarajući koeficijenti varijacije izmerenih rezultata - Tabela II.17, Prilog II) ukazuju na različitu strukturu dobijenih rezultata po rasipanju merenja. Po smerovima savijanja se može videti, da su veća rasipanja su prisutna kod paralelnih uzoraka (Slika 6.34a), dok poprečni uzorci, a posebno sa većom gramaturom, imaju manju standardnu devijaciju. Najveća vrednost KV-e je registrovana za poprečno savijene uzorke gramature 90 g/m² sa uglom postavljanja od 180° (47.5%) koja ujedno predstavlja i ekstremnu vrednost s obzirom na to je druga najznačajnija KV-e iznosi 29.44%. Posmatrajući uglove, najniže vrednosti KV-e su zabeležene u većini slučajeva za potpuno savijene uzorke (ugao 0), dok za najveće vrednosti se ne mogu izdvojiti uglovi.



Slika 6.33 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm i sa različitom geometrijom postavljanja

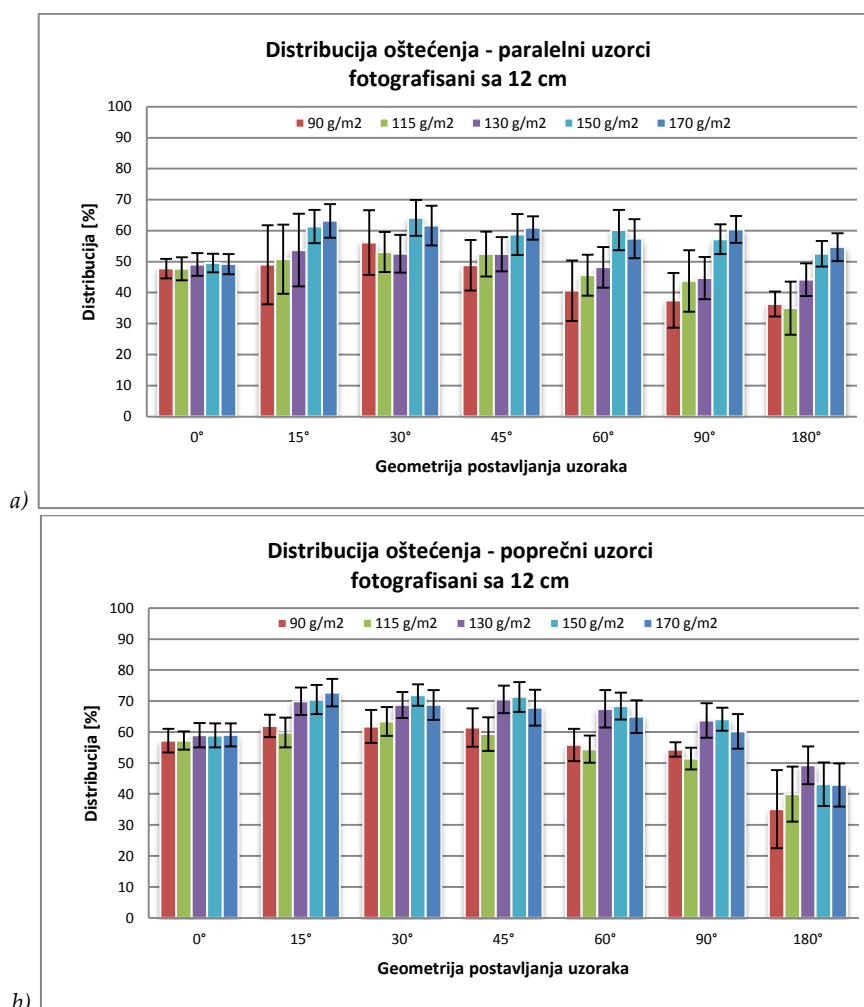
U daljem delu slede grafički prikazi rezultata distribucije oštećenja (srednje vrednosti i standardne devijacije) za papirne uzorke savijenih u oba smeru vlakanca sa analiziranih slika dobijenih pomoću digitalnog fotoaparata sa udaljenosti od 12 cm (Slika 6.34a i b).

Posmatrajući dobijene rezultate po smeru savijanja, i za ovu udaljenost je moguće istaknuti da su poprečni uzorci dali veće vrednosti distribucije skoro za sve ispitane papire po celom opsegu uglova postavljanja. Raspon izmerenih rezultata se kreće od 34.98% do 64.14% za paralelne uzorke, a za poprečne uzorke ist se kreće od 35.07% do 72.71%.

Vrednosti procenata distribucije prate rast gramature, i to sa ravnomernom tendencijom, pri čemu se može ustanoviti da su razlike između najnižih i najvećih vrednosti distribucije kod ove udaljenosti su najmanje. Tome doprinese umerenije odskakanje rezultata za veće gramature (150 g/m² i 170 g/m²), kako u paralelnom tako i u poprečnom smeru savijanja.

Analizom rasipanja izmerenih rezultata pomoću koeficijenta varijacije utvrđeno je da su poprečno savijeni uzorci i pri ovoj udaljenosti dali homogenija merenja sa vrednostima KV-e ispod 10% za sve gramature papira i sve uglove postavljanja, izuzev ugla od 180°. Za taj ugao su zabeležene vrednosti KV-e od 16.16% do 35.92%. Ova poslednja predstavlja ujedno

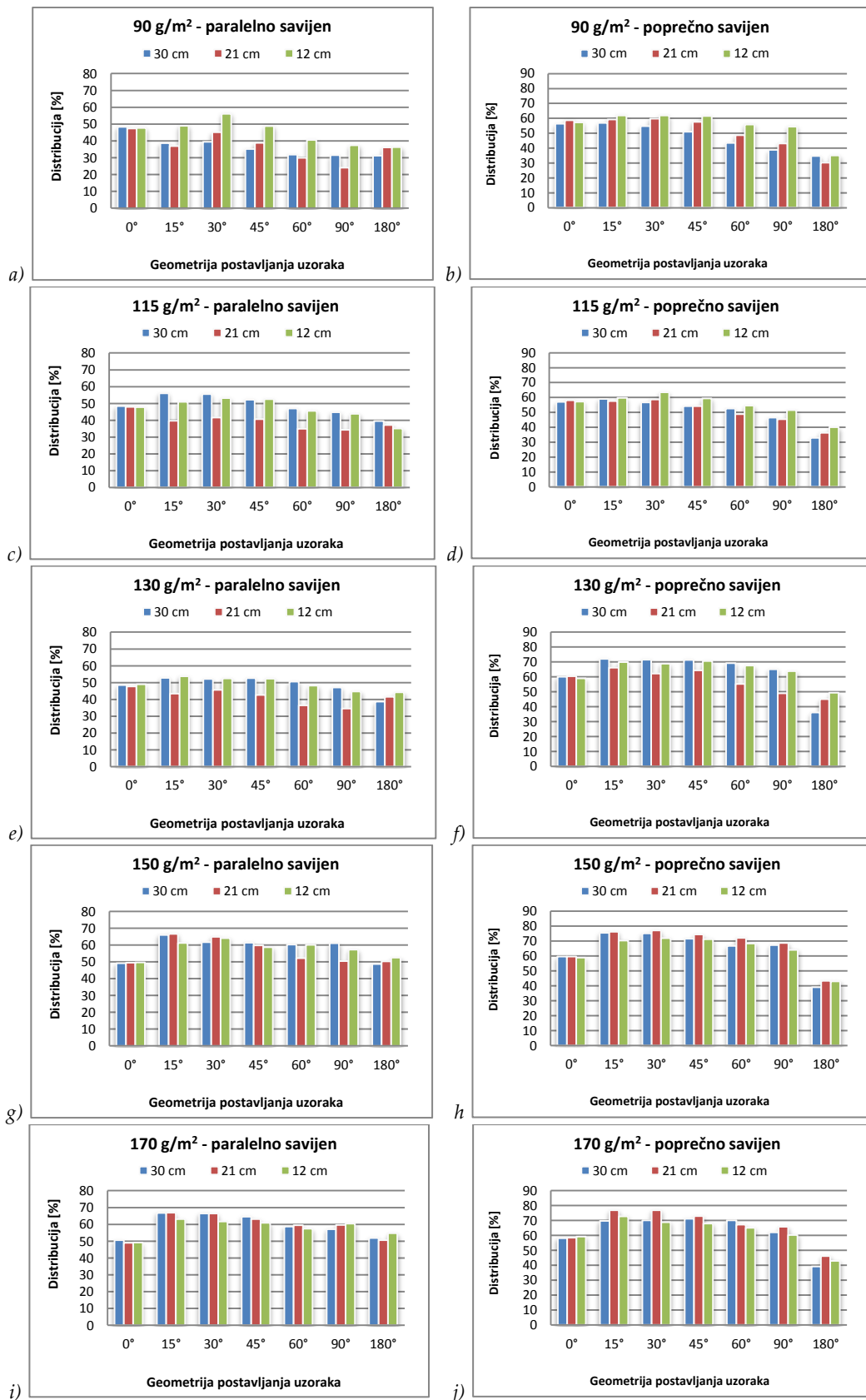
i najveću vrednost KV-e za ceo set ispitanih uzoraka (kao i ekstremnu), koja je registrovana za poprečno savijene uzorke gramature 90 g/m² sa uglom postavljanja od 180° (što je bio slučaj i kod udaljenosti od 21 cm).



Slika 6.34 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm i sa različitom geometrijom postavljanja

6.1.2.3.1. Uticaj udaljenosti fotografisanja na distribuciju oštećenja

Uticaj udaljenosti na distribuciju oštećenja preliminarno je analiziran i u prethodnom poglavlju, ali za detaljan pregled i međusobno upoređivanje dobijenih rezultata, isti su prikazani pomoću dijagrama po gramaturi i smeru savijanja papirnih epruveta (Slika 6.35 a-j). Sa prikazanih dijagrama se lako primetiti da po udaljenosti fotografisanja kod nekih uzoraka ima, a opet kod nekih drugih nema znatnih razlika u srednjim vrednostima. Upoređujući rezultate procenta distribucije i procenta belih piksela po udaljenostima digitalizacije (Slika 6.21a-j), može se uočiti određen stepen sličnosti: veće razlike su primećene kod uzoraka nižih gramatura (npr: slika 6.36a, c i e, sa uglovima postavljanja od 15°-90°), dok za papire većih gramatura je karakteristično da ne postoje tako izražene razlike (posebno ne za ugao postavljanja od 0°).



Slika 6.35 – Grafički prikaz uticaja rezolucije skeniranja na rezultate distribucije oštećenja po smerovima savijanja (paralelno savijanje - a, c, e, g, i; poprečno savijanje - b, d, f, h, j) i po gramaturama uzoraka (90 g/m² - a, b; 115 g/m² - c, d; 130 g/m² - e, f; 150 g/m² - g, h; 170 g/m² - i, j)

Primenom jednofaktorske analize varijanse različitih grupa izvršena provera pomenutih razlika, da bi se utvrdila da li postoji statistički značajna razlika u primenjenim udaljenostima za distribuciju oštećenja. ANOVA-u prethodio test homogenosti grupa. Na osnovu rezultata testa homogenosti ispitanih grupa, (Levene-ov test, Tabela III. 61, Prilog III), je utvrđeno da promenljivost zavisne promenljive (distribucije) po uticaju nezavisne (udaljenosti snimanja uzoraka pri digitalizaciji) nije jednaka u svim grupama ispitanih papira (od ukupno 70 grupa za 52 je potvrđena homogenost). Pri tumačenju rezultata statističke značajnosti razlike u srednjim vrednostima procenata distribucije, za te nehomogene grupe su korišćeni rezultati Brown-Forsythe-ov testa, dok su za sve homogene grupe značajnost razlike je proverena na osnovu ANOVA-e (Tabele III.62 i III.63, Prilog III).

Rezultati jednofaktorske analize varijanse i kod distribucije oštećenja potvrđuju grafički prikazano stanje međusobnog odnosa: kod svih grupa kod kojih su vidljive razlike imaju potvrđenu statističku značajnost sa srednjim i velikim uticajem nezavisne promenljive, tj. udaljenosti pri snimanju na procenata belih piksela. Vrednosti parcijalnog eta-kvadrata su za te grupe od 0.10580 do 0.42484 kod paralelnih i od 0.10847 do 0.46138 kod poprečnih uzoraka za ANOVA test. Od ukupno 35 ispitanih grupa po smeru savijanja, kod 14 paralelnih i 11 poprečnih grupa ne postoji statistički značajna razlika u srednjim vrednostima procenata belih piksela po primenjenoj udaljenosti fotografisanja materijalnih uzoraka. Vrednosti parcijalnog eta-kvadrata su za te grupe od 0.00327 do 0.09661 kod paralelnih i od 0.01211 do 0.09613 kod poprečnih uzoraka.

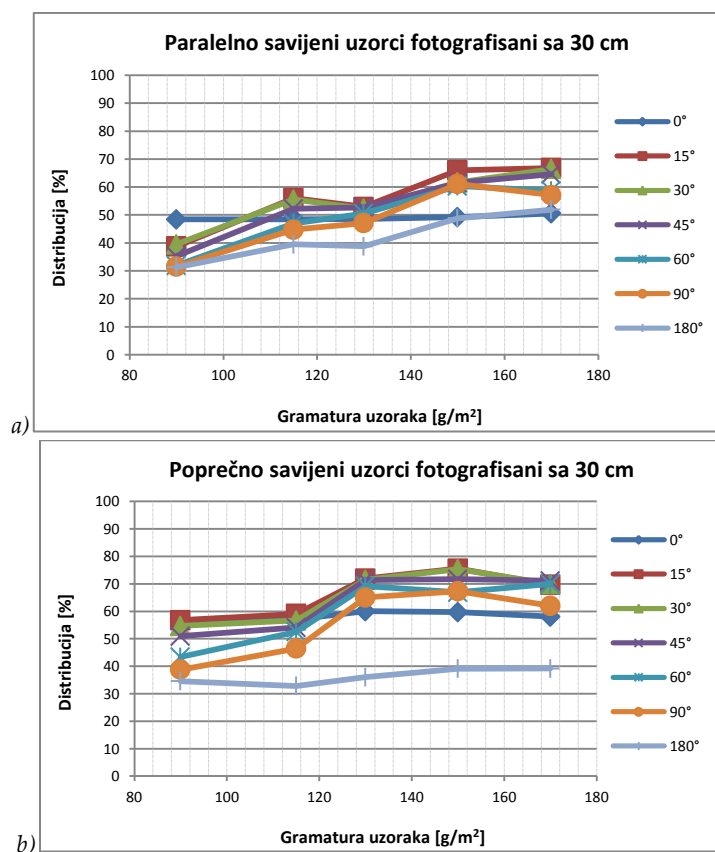
Naknadnim poređenjem ispitanih grupa (Dunett-ovim T3 testom) su provere tačno između kojih pod-grupa postoji razlika po udaljenostima. Za paralelne uzorke su najmnogobrojnije grupe sa razlikama u rezultatima sa udaljenosti između 21 cm i 12 cm (19 grupa), odnosno između 30 cm i 21 cm (13 grupa). Kod poprečnih uzoraka, razlike su manje izražene, ipak postoji 17 grupa ispitanih papira sa značajnom razlikom između 21 i 12 cm. Po rezultatima jednofaktorska ANOVA i alternativni testovi se potpuno poklapaju.

Značajan je uticaj udaljenosti fotografisanja na izmerene vrednosti distribucije oštećenja, mada postoje gramature i smerovi savijanja ispitanih uzoraka kod kojih taj uticaj zanemarljiv.

6.1.2.3.2. Uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na distribuciju oštećenja

U nastavku je sprovedena detaljna analiza uticaja unutrašnjeg ugla postavljanja savijanih uzoraka pri digitalizaciji na rezultat procenata distribucije. Za preglednost rezultata, isti su prikazani pomoću linijskih dijagrama po primenjenoj udaljenosti fotografisanja u oba pravca savijanja papira.

Dijagrami na slici 6.36a i b, prikazuju konsistentnu strukturu izmerenih rezultata u oba smera savijanja. Rezultati jednoznačno ukazuju na umeren uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja kod uglova 15°-90° na promene distribucije, pa čak za neke gramature uglovi 0 i 180 su takođe blizu ostalim uglovima. Po smeru savijanja ipak može da se kaže, da se ugao 180 izdvaja po najnižim vrednostima distribucije, dok za paralelne uzorke takvo jasno diferenciranje nije prisutno.



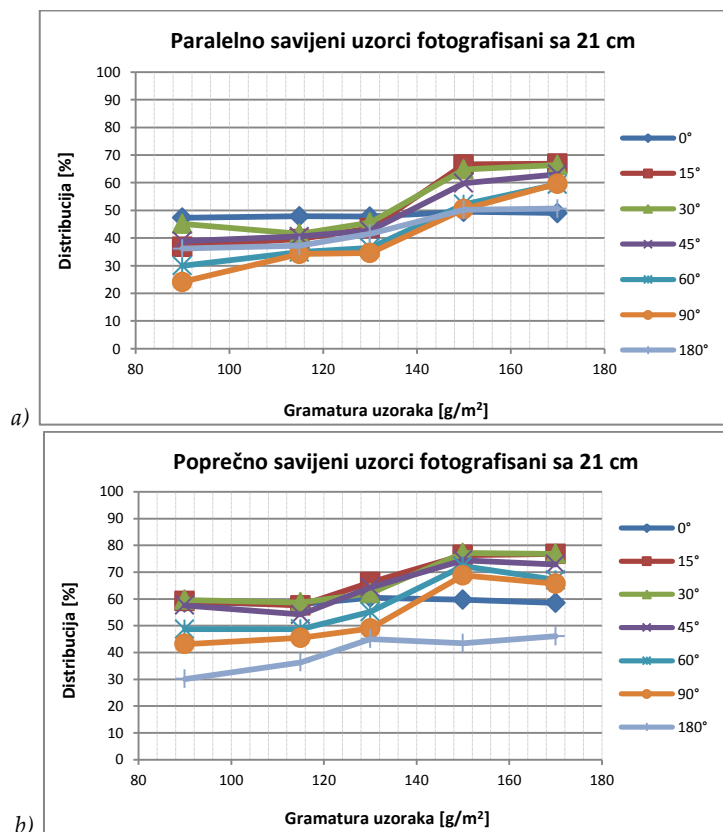
Slika 6.36 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm

Za rezultate dobijenih sa digitalnih uzoraka fotografisanih sa 21 cm, prikazanih sa slikama 6.37a i b, se može videti da sa povećanjem unutrašnjeg ugla postavljanja od 15° do 90°, rezultati distribucije većini slučajeva opadaju. Kod paralelnih uzoraka, uglovi 0° i 180° su dosta specifični jer se vrednosti distribucije za te uglove preklapaju sa rezultatima nekih drugih uglova. Za ugao od 0° je još karakteristično da skoro i nema pozitivne tendencije povećanja distribucije oštećenja pri porastu gramature. Za poprečno savijene uzorke ugao 0° ima slične osobine, ali ugao 180° se izdvaja sa najnižim vrednostima distribucije.

Za uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm (Slika 6.38a i b) rezultati distribucije oštećenja imaju sličnu strukturu kao i za uzorke od 21 cm. Pri povećavanju unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka od 15° do 90° rezultati procenata distribucije opadaju kod većine ispitanih uzoraka u oba pravca savijanja i to ravnomerno, mada postoje veće i manje razlike u srednjim vrednostima. Za potpuno savijene uzorke (ugao 0°) rezultati po gramaturi uzoraka skoro se i ne razlikuju ni pri paralelnom i pri poprečnom savijanju. Kod poprečnih uzoraka ugao 180° se jasno odvaja od ostalih uglova sa najnižim vrednostima distribucije oštećenja.

Sa prikazanih linijskih dijagrama se jasno vidi, da su neke razlike vrlo male, međutim mora se ispitati adekvatnim statističkim metodama da li su te male razlike značajne ili ne. Pomoću jednofaktorske analize varijanse, odnosno naknadnog testa (Dunett-ov T3 test) će se ispitati da li nezavisna promenljiva, tj. uglovi postavljanja ima uticaja na vrednosti distribucije. Dobijeni rezultati testa homogenosti (Levene-ov test), potvrdili polaznu

pretpostavku da zbog velikih rasipanja kod nekih gramatura, homogenost varijanse nije jednaka u svim grupama pri analizi distribucije (Tabela III.66, Prilog III). Od ukupno 30 ispitanih grupa (15 po smerovima savijanja), za svega 4 je potvrđena homogenost i to samo kod poprečnih uzoraka.

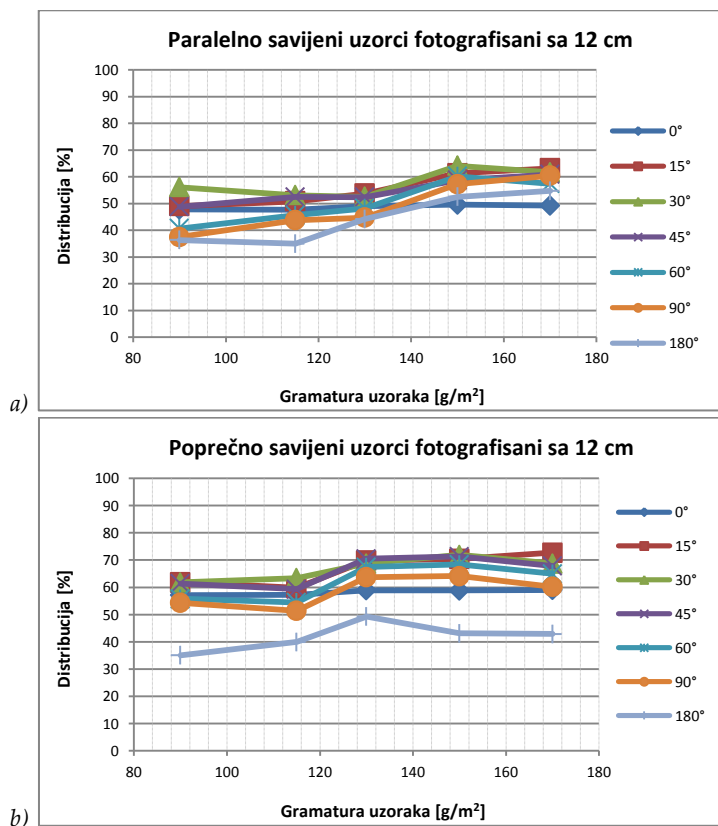


Slika 6.37 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm

Bez obzira što je utvrđen veliki udeo nehomogenosti u ispitanim grupama, vrednosti značajnosti po ANOVA-i i po Brown-Forsythe testa se podudaraju u celosti (Tabele III.67-68, Prilog III). Skoro sa apsolutno jednoznačnim vrednostima značajnosti od Sig.=0.000 ($p < 0.05$) rezultati oba testa nesporno potvrđuju statističku značajnu razliku između grupe uzoraka bez obzira na smer savijanja i na udaljenost fotografisanja, ali posmatrajući sve uglove postavljanja. Vrednosti eta-kvadrata su rasponu od 0.13258 do 0.55527 za paralelne, odnosno od 0.55897 do 0.85191 za poprečne uzorke, što po Koenu predstavljaju srednje i veliki uticaj ugla postavljanja procenat distribucije oštećenja po liniji savijanja (Pallant, 2007).

Dunett-ovim T3 naknadnim testom su proverene razlike između pari uglova po svim udaljenostima fotografisanja. Obimnost dobijenih rezultata Dunett-ovog T3 testa diktira potrebu da se tabelarni prikazi daju u delu priloga, a ovde da se iznesu samu najbitniji zaključci analize (Tabela III.69-III.74, Prilog III). Dobijeni rezultati naknadnog poređenja srednjih vrednosti distribucije za sve uglove postavljanja uzoraka su u skladu sa grafičkim prikazima datim na slikama 6.37-6.39: ne može nijedan ugao da se izdvoji za kompletan set

ispitanih uzoraka po svim podešavanjima (gramatura, smer savijanja i udaljenost) da se statistički značajno razlikuje od ostalih uglova.



Slika 6.38 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke fotografisanih sa udaljenosti od 12cm

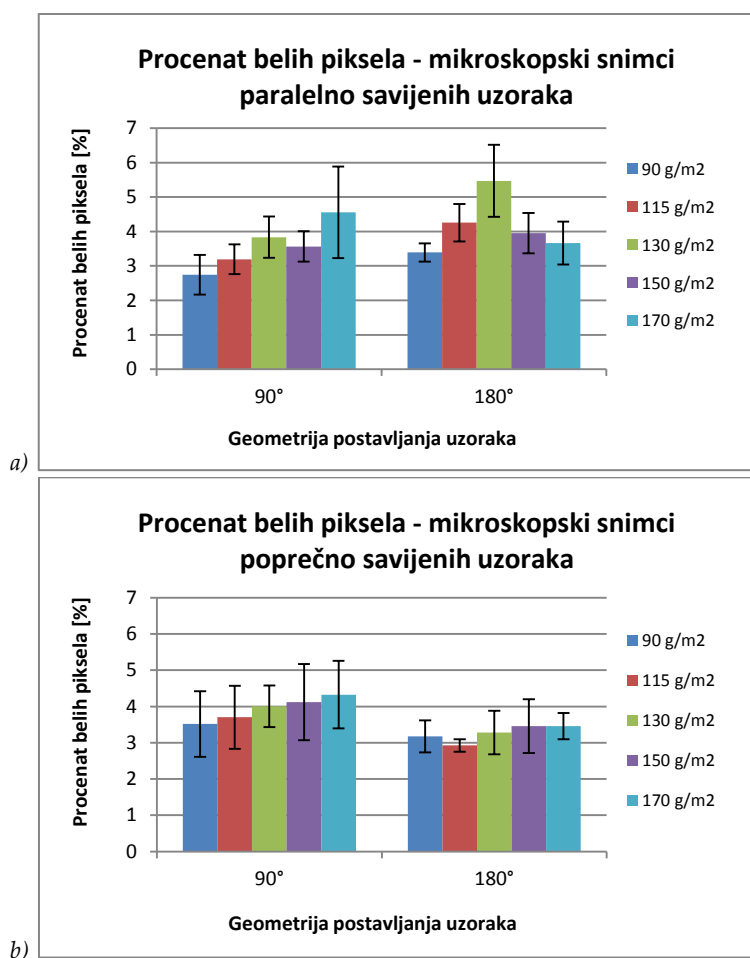
Postavljanje uzoraka pri različitim unutrašnjim uglovima u velikoj može da utiče na konačne rezultate distribucije, mada postoji veliki broj kombinacije uglova i između kojih nije potvrđena statistički značajna razlika ali za ovaj set ispitanih papira.

6.1.3. Rezultati uzoraka digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa

Savijeni papirni uzorci, pored skeniranja i fotografisanja, bili su digitalizovani i pomoću optičkog mikroskopa. Zbog tehničkih razloga, uzorci su bili pripremljeni samo sa dva različita ugla postavljanja, sa unutrašnjim uglom od 90° i 180° i formiran je svega 12 digitalnih uzoraka po ispitanoj grupi. Probnim snimanjem je utvrđeno da za razvijenu proceduru analize oštećenja površine uvećanja od 100x i 200x ne daju adekvatne rezultate, stoga korišćeno je samo najmanje uvećanje od 50x. Slike su bile čuvane u .tiff formatu, dimenzija 3096 x 4140 piksela zatim su bile podvrgnute analizi oštećenja pomoću razvijenog algoritma i dobijene su vrednosti procenata belih piksela, odnosa obima i površine oštećenja kao i procentualni odnos distribucije oštećenja na posmatranoj površini digitalne epruvete. Rezultati su prikazani u nastavku u pomenutom redosledu.

6.1.3.1. Procenat belih piksela uzoraka snimljenih optičkim mikroskopom

Po analogiji prikaza rezultata skeniranih i fotografisanih uzoraka, i kod mikroskopskih snimaka će se prvo izvršiti pregled dobijenih rezultata procenata belih piksela sa osvrtom na uticaja gramature i smera vlakanca papira na posmatrano obeležje, nakon čega sledi kratka analiza uticaja unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na detektovanu količinu oštećenja. Na slici 6.39a i b su dati grafički prikazi dobijenih rezultata po smerovima savijanja uzoraka papira.



Slika 6.39 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa

Raspon srednjih vrednosti procenata belih piksela se kreće od 2.74199 do 5.46854 za paralelne uzorke, odnosno od 2.92455 do 4.32677 za poprečne uzorke. Detaljnijim pregledom dobijenih rezultata po smeru savijanja može se ustanoviti, da su paralelni uzorci dali veće vrednosti belih piksela kod ravno postavljenih epruveta (mada su dobijene znatno viši rezultati naspram skeniranih i fotografisanih epruveta). Kod uzoraka postavljenih sa unutrašnjim uglom od 90°, veće vrednosti procenata belih piksela su registrovane za poprečno savijene uzorke, sa manjim odstupanjem kod epruvete gramature 170 g/m² (procenat belih piksela za pomenuti uzorak je za nekih 0.23% je niži u odnosu na paralelno savijen). Takvi rezultati mogu ukazati na postojanje većih površinskih

oštećenja po liniji prevoja kod poprečno savijenih uzoraka. Iako su ti rezultati u skladu sa literaturnim nalazima, ipak male razlike u srednjim vrednostima dobijenih po smerovima predlažu da se rezultati tumače sa određenom dozom rezerve.

Posmatrajući rezultate po gramaturi uzoraka, jasan trend povećanja količine detektovanih oštećenja sa povećanjem gramature se može uočiti kod poprečno savijenih i pod uglom postavljenih uzoraka. Slična situacija se uočava kod paralelnih papira, sa manjim odstupanjem za uzorke 150 g/m². Ravno postavljeni uzorci su pokazali različitu tendenciju promene po povećanju gramature: paralelni uzorci imaju rastući pa opadajući trend i značajno veće vrednosti za gramaturu od 130 g/m², dok su poprečni uzorci dali vrlo bliske procenat belih piksela i odstupanje za papir gramature 115 g/m².

Na osnovu grafički prikazanih vrednosti standardne devijacije (Slika 6.40), kao i vrednosti koeficijenata varijacije datih u tabeli II.19 (Prilog II) se može ustanoviti da su ispitane grupe u većini slučajeva homogene, tj. da rezultati se ne rasipaju više od jedne trećine srednje vrednosti (najveća vrednost KV-a je 29.18%). Raspon koeficijenata varijacije je 7.87÷29.18% za paralelne uzorke i 5.79÷25.73% za poprečne uzorke. Bitno je napomenuti, da najniže vrednosti KV-e po smerovima savijanja predstavljaju ekstremnu nisku vrednost za datu grupu uzoraka (što se može videti i na slici 6.39) s obzirom na to da za ostale uzorke vrednosti KV-e se kreću oko 15% i više.

6.1.3.1.1. Uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na procenat belih piksela kod mikroskopskih uzoraka

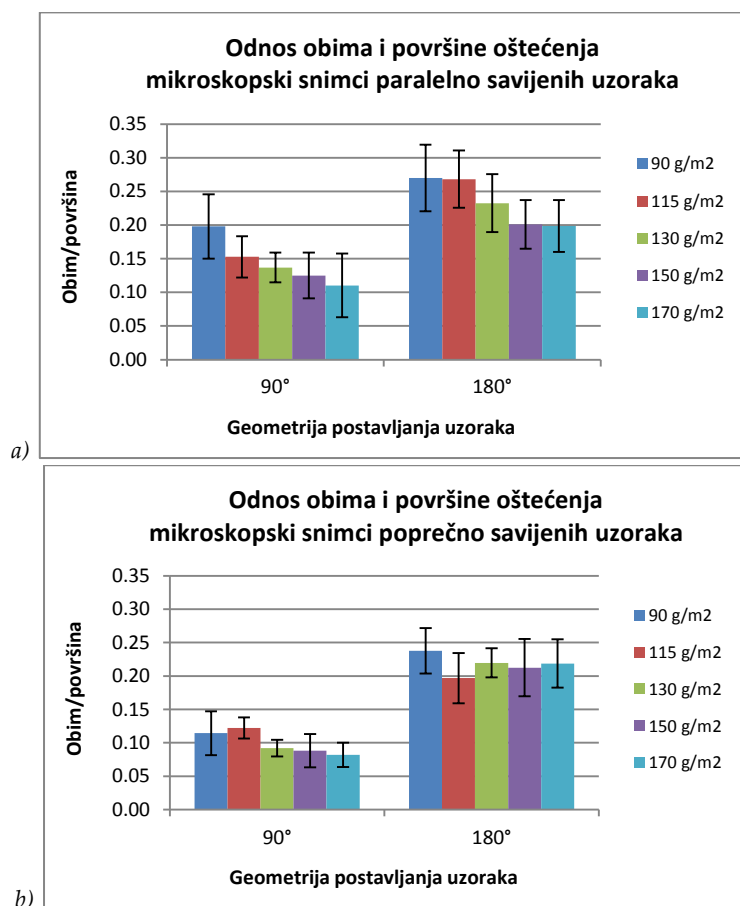
Analiza rezultata sa posebnim osvrtom na uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na procenat belih piksela sledi u nastavku. S obzirom na to da su svega dva ugla korišćena u ovoj metodi digitalizacije, koja se vidno razlikuju po srednjim vrednostima procenata belih piksela (Slika 6.39a i b), nije bila potreba za dodatnim linijskim dijagramima radi vizualizacije preklapanja bliskih rezultata kao ni za iscrpnu statističku analizu. U nastavku je data samo kratka pregledna analiza dobijenih rezultata prema uglovima postavljanja.

Posmatrajući dobijene rezultate može se zaključiti da sa povećavanjem unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka sa 90° na 180° se smanjuje procenat belih piksela, ali samo kod poprečnih uzoraka. Paralelni uzorci su dali suprotan trend: za sve gramature, osim 170 g/m², su registrovane veće površine oštećenja u vidu belih piksela sa povećanjem ugla postavljanja. Kako su tehničke mogućnosti mikroskopske analize, diktirale primenu manjeg broja uglova kao i ispitanih uzoraka (digitalizovanih slika) rezultati se moraju analizirati samo u kontekstu tih ograničenja. Takav pristup dolazi još više do izražaja u slučaju procenata belih piksela, koji, kao obeležje odgovara kvantitativnom opisu oštećene površine materijala sa izrazitom stohastičnom strukturom u smislu pojave oštećenja po liniji prevoja kao i anizotropne prirode pri mehaničkom opterećenju i pri pojavi raznih deformacija.

Uticaj ugla postavljanja na procenat belih piksela pri mikroskopskoj analizi je utvrdjen samo za poprečne uzorke. Paralelni uzorci zahtevaju dodatna ispitivanja sa većim brojem uzoraka.

6.1.3.2. Odnos obima i površine oštećenja kod mikroskopskih snimaka

Na slikama 6.40a i b su grafički prikazane srednje vrednosti i odgovarajuće standardne devijacije odnosa obima i površine detektovanih oštećenja na mikroskopskim uzorcima. Pregled dobijenih rezultata sa akcentom na gramaturu ispitanih papira kao i smer vlakanaca istih pri savijanju sledi u nastavku, nakon čega sledi analiza uticaja unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na vrednosti datog obeležja digitalizovane slike.



Slika 6.40 – Grafički prikaz rezultata odnosa obima i površine oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa

Vrednosti odnosa obima i površine se kreću od 0.11027 do 0.26982 kod paralelnih, i od 0.08184 do 0.23765 kod poprečnih uzoraka. Analizom dobijenih rezultata po smeru savijanja, vrednosti se bitno razlikuju za ugao od 90° i to u korist paralelnih uzoraka. Svi uzorci imaju veće vrednosti odnosa obima i površine pri paralelnom savijanju. Ravno postavljene uzorke su već dali drugačije rezultate. Kod njih su samo za niže gramature (90 g/m² i 115 g/m²) zabeležene veće vrednosti odnosa obima i površine pri paralelnom savijanju. Kod većih gramatura takve razlike su manje izražene, a za gramature 150 g/m² i 170 g/m² čak su i niže vrednosti registrovane za paralelne uzorke. Rezultati paralelnih uzoraka nesporno ukazuju na opadajući trend odnosa obima i površine oštećenja pri porastu gramature ispitanih papira. Za poprečno savijene uzorke pomenuta tendencija nije toliko izražena zbog prisutnih odstupanja, pogotovo za potpuno otvorene uzorke.

Analizom vrednosti standardnih devijacija se može ustanoviti da izmereni rezultati u većini slučajeva se ne rasipaju mnogo oko srednje vrednosti, što potvrđuju i vrednosti koeficijenta varijacije, koje su rasponu od 9.92% do 42.82%, uz napomenu da najveća vrednost KV-e od 42.82% predstavlja ujedno i ekstremnu vrednost s obzirom na to da su sledeći najveći koeficijenti varijacije iznose 28.89% i 28.10%. Po takvi rezultati koeficijenta varijacije ukazuju na homogenu strukturu ispitanih grupa po promenljivosti rezultata ($KV < 30\%$).

6.1.3.2.1. Uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na odnos obima i površine detektovanih oštećenja kod mikroskopskih uzoraka

Detaljna analiza uticaja unutrašnjeg ugla postavljanja na rezultate ni kod ovog obeležja mikroskopskih slika nije zahtevala dodatne dijagrame za lakšu analizu međusobnog odnosa rezultata dobijenih za uglove 90° i 180° . Sa slika 6.41a i b se jasno vidi diferenciranje vrednosti odnosa obima i površine računatih za uzorke savijenih u oba smera vlakanca, otuda je moguće zaključiti da dobijeni rezultati jednoznačno potvrđuju uticaj ugla postavljanja na odnos obima i površine oštećenja. Izuzetno niske vrednosti odnosa obima i površine ($0.08184 \div 0.11430$) kod poprečnih uzoraka digitalizovanih pod uglom od 90° odgovaraju jednom velikom oštećenju premaza po liniji savijanja bez puno sitnih pukotina ili odvojenih komadića premaza. Sa otvaranjem savijenih uzoraka, tj. njihovim postavljanjem pod uglom od 180° , površina oštećenja se smanjuje (zbog samog geometrijskog položaja) a otuda za odnos obima i površine se dobijaju veće vrednosti.

Na odnos obima i površine, kao obeležja usitnjenosti oštećenja po posmatranoj površini kod mikroskopskih uzoraka veliki uticaj ima ugao postavljanja ispitanih epruveta.

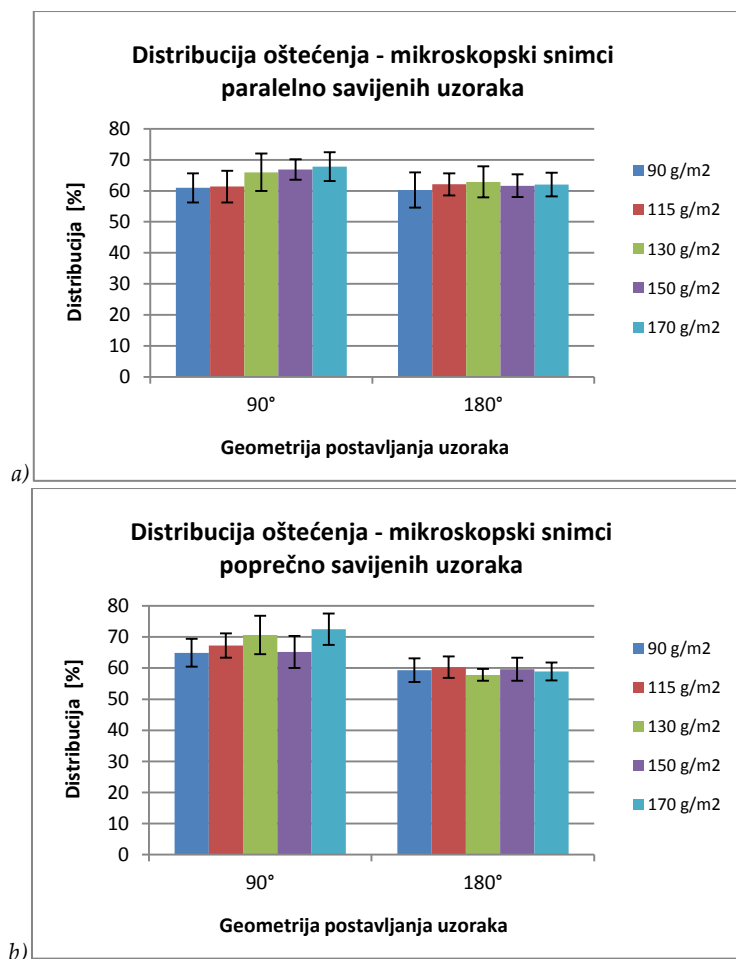
6.1.3.3. Distribucija oštećenja po posmatranoj površini kod mikroskopskih uzoraka

U nastavku su dati rezultati distribucije oštećenja mikroskopskih uzoraka (srednje vrednosti i standardne devijacije) u grafičkom obliku i to po smerovima savijanja uzoraka: slika 6.41a predstavlja rezultate paralelnih uzoraka, a slika 6.41b poprečnih. Analiza prikazanih rezultata sa obzirom na uticaj smera savijanja i gramature uzoraka je data u prvom delu, zatim sledi provera uticaja geometrije postavljanja epruveta pri digitalizaciji (uticaj unutrašnjih uglova epruveta).

Upoređivanjem dobijenih rezultata po smeru savijanja ispitanih papira, može se ustanoviti da su poprečni uzorci u većini slučajeva dali veće procenete distribucije oštećenja u odnosu na paralelno savijene uzorke kod ugla postavljanja od 90° . Uzorak gramature 150 g/m^2 se jedino izdvaja iz niza, jer ima manju vrednost pri paralelnom savijanju (mada je razlika neznatna). Za potpuno otvorene epruvete je dobijeno baš suprotna struktura rezultata: paralelni uzorci imaju veće vrednosti, mada su razlike male (kreću se od 0.94 do 5.03). Slični odnosi su dobijeni i za prethodne metode digitalizacije.

Posmatrajući rezultate po gramaturi korišćenih papira, manje vrednosti su zabeležene kod nižih gramatura, kako kod paralelnih tako i kod poprečnih uzoraka. Sa povećavanjem gramature uzoraka, povećava se i vrednost distribucije, tj. kontinuitet linije oštećenja,

međutim tendencija povećanja je različita po smerovima savijanja. Kod paralelnih uzoraka, izražena je razlika između najnižih i najviših vrednosti gramature, sa značajnim odstupanjem od linearnog trenda zbog papira gramature 150 g/m², koji odskaka po vrednostima distribucije. Kod poprečno savijenih uzoraka razlika u srednjim vrednostima po gramaturama je znatno manja, a nemaju ni delimično ujednačen trend rasta.



Slika 6.41 – Grafički prikaz rezultata distribucije oštećenja za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa

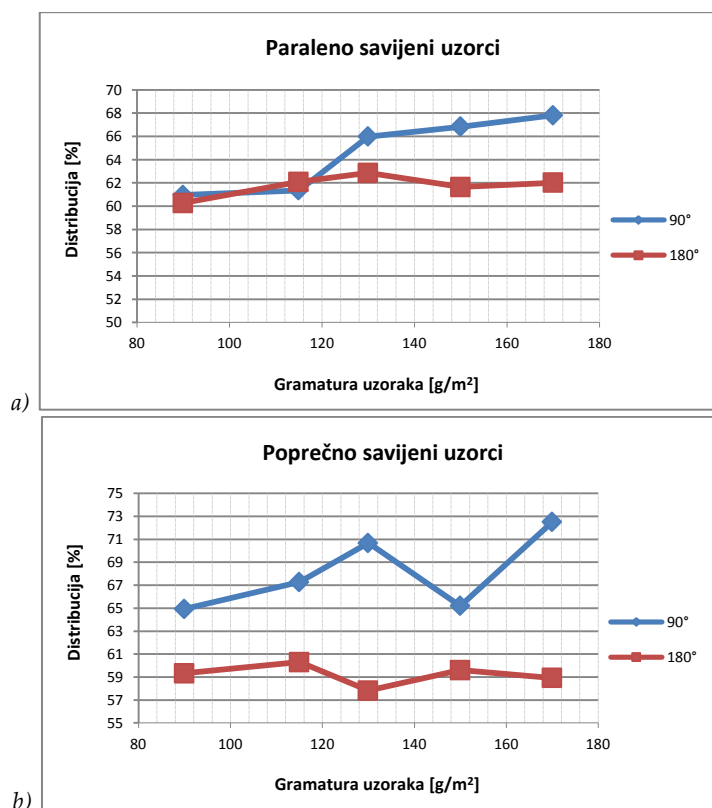
Sumirajući analizu rezultata može se videti, da dobijeni rezultati imaju mali raspon, bez obzira na smer, gramaturu pa čak i ugao postavljanja, i to sa malim rasipanjem (vrednosti koeficijenta varijacije su u rasponu od 3.31 % do 9.36%, Tabela II.21, Prilog II). Takvi rezultati su bili i očekivani, budući da distribucija predstavlja brojčanu reprezentaciju raspoređivanja oštećenja po liniji prevoja a mikroskopski snimci prikazuju znatno manju površinu (pre svega dužinu) od ostalih digitalizacija, pa koncept definisanja distribucije po dužini linije savijanja ne dolazi toliko do izražaja.

Takve bliske srednje vrednosti diktiraju potrebu za analizom statističke značajnosti razlike između grupa sa osvrtom na uticaj nezavisnih promenljiva (gramature, smer i ugla postavljanja) na rezultate zavisne promenljive (distribucija oštećenja). Kako su međutim u ovom istraživanju gramatura i smer definisani kao kontrolni uticajni parametri (usvojeni

prema literaturnim izvorima), i kod ostalih metoda digitalizacije dokazano imaju velik uticaj na rezultate, njihova statistička analiza nije uključena u ovo istraživanje. Takav pristup je opravdan i zbog razloga što je veličina ispitanih površina znatno manja od predefinisane, i skoro 7x kraća linija savijanja se analizira kod ovih snimaka.

6.1.3.3.1. Uticaj unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka na distribuciju oštećenja

Sa grafikona, prikazanih u prethodnom poglavlju se može primetiti da su srednje vrednosti distribucije oštećenja po uglovima postavljanja poprilično bliske za neke od ispitanih papira. Radi preglednijeg prikaza dobijenih rezultata, u nastavku su dati linijski dijagrami po smerovima savijanja uzoraka (Slika 6.42a i b), sa koji se jasno vidi da kod paralelnih uzoraka gramature 90 g/m² i 115 g/m² vrednosti se preklapaju. Za ostale gramature pri paralelnom savijanju, odnosno sve gramature pri poprečnom savijanju rezultati pokazuju određenu razliku u srednjim vrednostima. S obzirom na malu disperziju pojedinačnih merenja, na specifičan slučaj metode digitalizacije i prethodnih saznanja za druge dve metode digitalizacije, usvojiće se da su te razlike značajne. Za gramature 90 g/m² i 115 g/m² pri paralelnom savijanju je izvršena statistička analiza srednjih vrednosti pomoću T-testa nezavisnih uzoraka, koji je predviđen za upoređivanje samo dve grupe po jednoj nezavisnoj promenljivoj, što je u ovom slučaju procentualna vrednost distribucije. Ispitane grupe imaju homogenu strukturu i normalnu raspodelu, tako da su ispunjeni neophodni preduslovi date statističke analize i s obzirom na to da se vrši provera uticaja uglova, broj uzoraka po ispitanjoj grupi je 24.



Slika 6.42 – Grafički prikaz rezultata procenta belih piksela za paralelno (a) i poprečno (b) savijene uzorke digitalizovanih pomoću optičkog mikroskopa

Rezultat T-testa potvrđuje grafički prikazanu situaciju, da srednje vrednosti procenata distribucije za gramature 90 g/m² i 115 g/m² se ne razlikuju statistički značajno, tj. da su razlike slučajne (Tabela III.75, Prilog III).

U opštem slučaju može se zaključiti da ugao postavljanja uzoraka i kod mikroskopskih snimaka utiče na izmerene vrednosti distribucije, mada postoje gramature kod kojih nije utvrđena statistička značajna u srednjim vrednostima.

6.2. Rezultati otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja pri savijanju

Među korišćenih metoda ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja pri savijanju u ovom istraživanju spada određivanje zaostale zatezne čvrstoće i dve modifikovane metode otpornosti prema prskanju po Mullen-u. Rezultati navedenih ispitivanja su prikazani i analizirani u nastavku u pomenutom redosledu. Radi pregledne, precizne i sveobuhvatne analize dobijenih rezultata međutim je neophodno prvo osvrnuti na izmerene vrednosti osnovnih karakteristika ispitanih papira da bi se utvrdilo postojanje neophodnih korelacija između osnovnih i referentnih rezultata. Iz tog razloga, pre izlaganja rezultata otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja su prikazane osnovne karakteristike.

6.2.1. Pregled rezultata osnovnih karakteristika premaznih papira

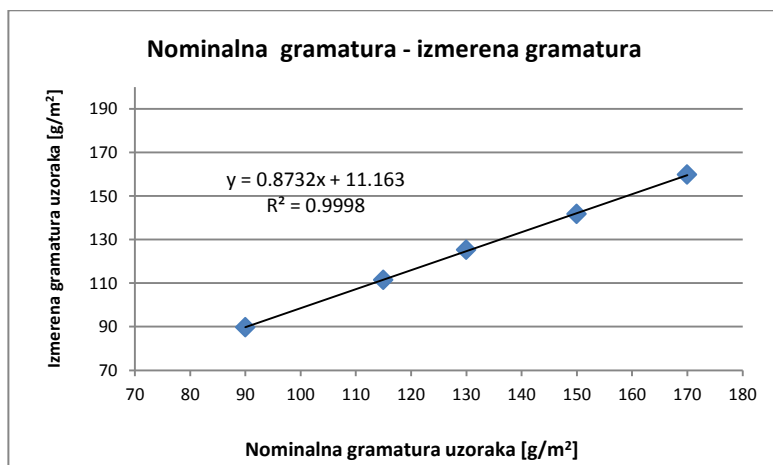
Pomoću osnovnih karakteristika materijalnih uzoraka definišu se polazni uslovi, bitni za izvođenje eksperimenta i analize dobijenih rezultata, prema tome u nastavku su dati grafički prikazi rezultata merenja gramature, debljine, sadržaja pepela, hrapavosti kao i zatezne čvrstoće sa izduženjem pri kidanju i indeksom zatezanja (tabelarni prikaz istih se nalazi u tabeli 5.2, poglavlje 5.2.1.1.).

6.2.1.1. Gramatura

Na slici 6.43 je dat grafički prikaz rezultata merenja gramature ispitanih papira. Izmerene vrednosti gramature su u većini slučajeva unutar standardom definisanih granica tolerancije ($\pm 3\%$). Izuzeci su papiri gramature od 150 i 170 g/m², kod kojih izmere vrednosti iznose 141.65 i 159.76 pa tako su 5,56% i 6.02% niže od nominalnih vrednosti.

Iako postoje određena odstupanja, izmere vrednosti gramature ispitanih papira imaju linearan trend korelacije sa nominalnim vrednostima sa izuzetno visokim faktorom determinacije ($R^2 = 0.999$). Jednačina linearnog trenda sa vrednostima koeficijenta pravca od 0.873 i odsečka ordinate sa 11.16, ukazuje na to da bi izmerene vrednosti mogle koristiti u daljoj analizi (pri idealnoj linearnoj korelaciji, u jednačini prave koeficijent pravca k bi imao vrednost 1, a odsečak ordinate n bi imao vrednost 0). Veoma niske vrednosti

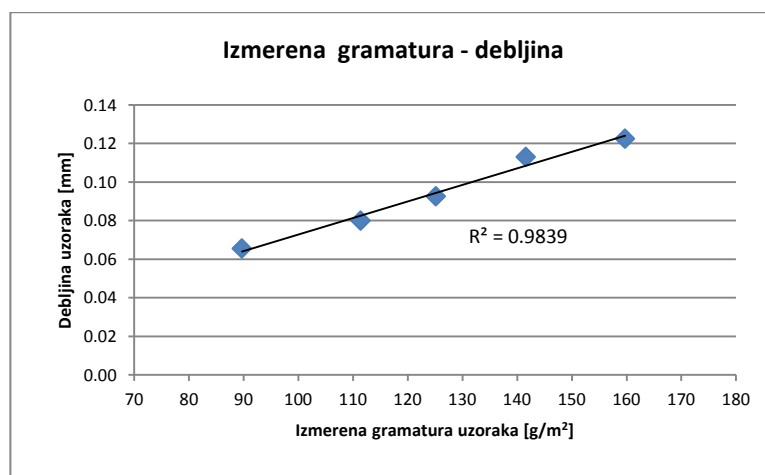
standardne devijacije pokazuju visoku konzistenciju izmerenih rezultata (vrednosti standardne devijacije su toliko niske, da se ni vide pri grafičkom prikazu). Odgovarajući koeficijenti varijacije su redom: 1.59%, 0.87%, 1.40%, 1.01% i 1.07%.



Slika 6.43 – Grafički prikaz rezultata gramature ispitanih papira

6.2.1.2. Debljina

Pored gramature, debljina predstavlja bitnu karakteristiku ispitanih papira. Rezultati izmerenih debljina po gramaturi materijalnih uzoraka su dati na slici 6.44.

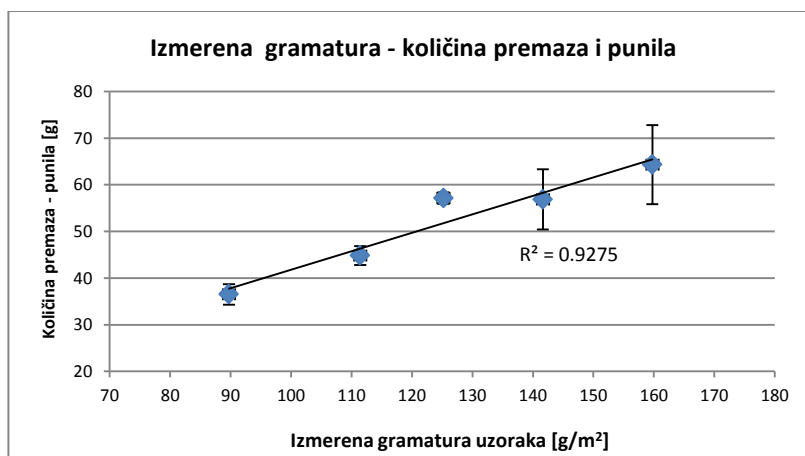


Slika 6.44 – Grafički prikaz rezultata debljine ispitanih papira

Sa prikazanog grafikona se može videti da debljina uzoraka ima linearan trend korelacije sa izmerenom gramaturom, sa manjim odstupanjem za uzorak gramature 150 g/m². Za pomenutu gramaturu, dobijena je veća srednja vrednost debljine. Sa većom debljinom papira moguće su veće destrukcije površine pri savijanju, prema tome pri analizi rezultata otpornosti papira na površinska oštećenja (bilo da je reč o referentnim ili predloženim metodama) to treba uzeti u obzir. Premda postoje odstupanja, visoka vrednost faktora determinacije od $R^2 = 0.983$ ipak ukazuje na ujednačeno povećanje debljine uz gramaturu.

6.2.1.3. Sadržaj pepela

Sadržaj pepela papira odabranih za potrebe istraživanja predstavlja ukupnu količinu mineralnih materija u sastavu ispitanih papira. Najčešće se prikazuje kao procentualna vrednost težine testiranog papira pre žarenja, ipak u ovom delu, radi međusobnog upoređivanja korišćenih papira, dobijeni rezultati su izraženi u gramima (Slika 6.45).



Slika 6.45 – Grafički prikaz rezultata sadržaja pepela ispitanih papira

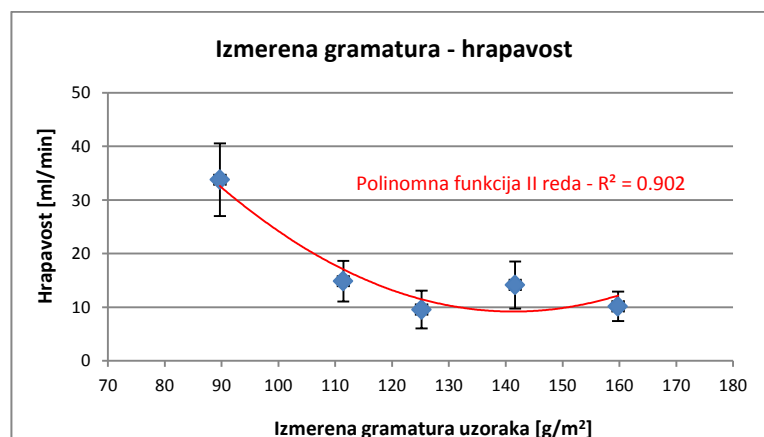
Iako, količina pepela ne mora nužno da prati porast gramature premaznih papira, jer ukupna količina pepela potiče i od baznog papira (zbog sadržaja punila) i od samog premaza i oni ne rastu proporcijalno jednako sa gramaturom, ipak za dati set materijalnih uzoraka se može utvrditi da imaju izražen trend pozitivne korelacije sa gramaturom i faktor determinacije od $R^2 = 0.927$, bi mogao biti veći da nema značajnog odstupanja uzorka gramature 130 g/m². Za dati papir sadržaj pepela iznosi 45,63%, što je za 5% veći u odnosu na ostale uzorke (procentualne vrednosti su prikazani u tabeli 5.2, poglavlje 5.2.1.1.). Takvi rezultati mogu biti uzrokovani većom količinom premaza uz smanjen sadržaj punila u sastavu baznog papira, jer jedino tako može da se desi da ukupna težina premaznog papira (gramatura) i debljina ne odstupa od ostalih papira iz te grupe. Zbog većeg sadržaja pepela i veće količine premaza, za uzorke gramature 130 g/m² se očekuju niže vrednosti zatezne čvrstoće kao i hrapavosti. Koeficijenti varijacije su u rasponu od 2.18% do 13.15%, pri čemu za niže gramature su dobijene vrlo niske vrednosti, a za veće gramature su dobijene oko iznad 10% (Slika 6.45).

6.2.1.4. Hrapavost

Merenje hrapavosti je vršeno sa obe strane papirnih uzoraka (lice i naličje) kako to i nalaže primenjeni standard (SRPS ISO 8791-2:1993), zatim je računata prosečna vrednost od obe strane. Dobijeni rezultati su upoređeni sa izmerenim vrednostima gramature i prikazani na slici 6.46.

Hrapavost premaznih papira u velikoj meri zavisi od sastava i od količine premaza, od broja slojeva premaza kao i od načina/metode nanošenja tih slojeva. Uzorci papira su odabrani iz iste grupe premaznih papira, tako da sastav, količina (procentualna) i način

nanošenja su identični za sve uzorke, jedino se broj slojeva razlikuje, jer zbog tehnoloških razloga 90 g/m² papir ima samo dva sloja premaza, otuda i veću hrapavost površine. Izmereni rezultati, kao i vrednosti standardne devijacije za sve uzorke su u skladu sa referentnim vrednostima datih od strane proizvođača. Veća hrapavost kod uzoraka 90 g/m² može prouzrokovati veću neujednačenosti nanosa boje pri štampe punog tona, što može uticati na količinu detektovanih površina oštećenja pri velikim uvećanjima analize. Izmerene vrednosti hrapavosti za odabrani set premaznih papira prate polinomnu funkciju II reda.

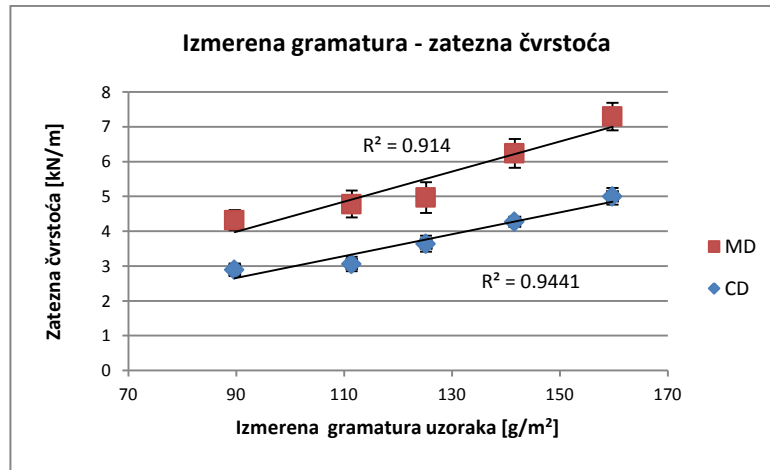


Slika 6.46 – Grafički prikaz rezultata hrapavosti površine ispitanih papira

6.2.1.5. Zatezna čvrstoća

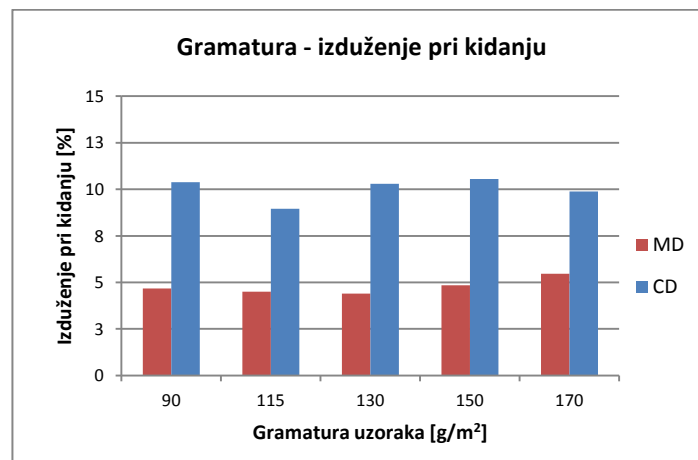
Srednje vrednosti zatezne čvrstoće uz prikazanih standardnih devijacija su prikazani grafički na slici 6.47, dok su izduženja pri kidanju predstavljene na slici 6.48. Za upoređivanje različitih gramatura, date su i vrednosti indeksa zatezanja na slici 6.49. Otpornost papira na kidanje i zatezna čvrstoća, zajedno sa izduženjem pri kidanju su veoma važni pokazatelji kvaliteta papira i njegovih mehaničkih svojstava, tako da su informacije o njima od velikog značaja pri analizi rezultata otpornosti papira prema površinskom oštećenju.

Dobijeni rezultati zatezne čvrstoće su u većini slučajeva u skladu sa referentnim vrednostima definisanih od strane proizvođača i u granicama tolerancije. Izmere vrednosti sa izuzetno malim rasipanjem (vrednosti KV-e su ispod 9%) ukazuju na ujednačenu strukturu ispitanih papira, a visoke vrednosti faktora determinacije, pogotovo u poprečnom pravcu (CD) na veliku konzistenciju proizvodnih karakteristika. Značajnija odstupanja od referentnih vrednosti u mašinskom pravcu (MD) su vidljiva i na grafikonu, zbog kojih je faktor determinacije u tom pravcu samo $R^2 = 0.914$. Naime, za papir gramature 90 g/m² je dobijena 20% veća zatezna čvrstoća u odnosu na referentnu vrednost (3.5 kN/m), odnosno kod uzorka gramature 130 g/m² je registrovana 6.6% niža vrednost u odnosu na tehničku specifikaciju (5.1 kN/m). U poprečnom pravcu papir gramature 90 g/m² ima nešto veću izmerenu vrednost (2.82 kN/m) od referentne (2.7 kN/m).



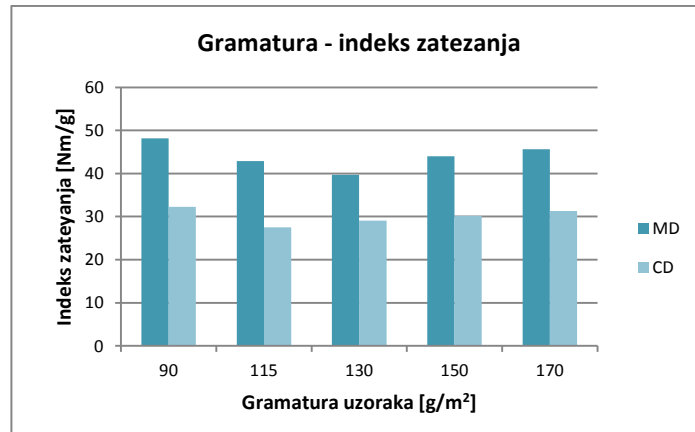
Slika 6.47 – Grafički prikaz rezultata zatezne čvrstoće ispitanih papira

Analizom rezultata izduženja pri kidanju (Slika 6.49) se može primetiti da ispitani papiri imaju slične vrednosti izduženja pri zatezanju: oko 5% u mašinskom i oko 10% u poprečnom pravcu (izuzev gramaturu 115 g/m²). Takvi rezultati potvrđuju referentne karakteristike ispitanih papira, tj. da spadaju u istu familiju/grupu premaznih papira, čiji sirovinski sastav, procentualni udeo mineralnih dodataka i premaza su približno jednaki.



Slika 6.48 – Grafički prikaz rezultata izduženja pri kidanju

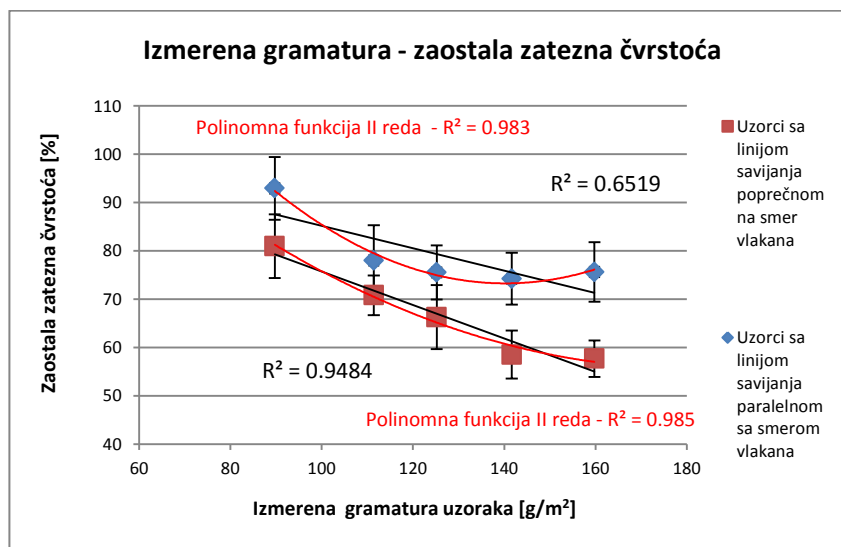
Indeks zatezanja se primenjuje za međusobno upoređivanje zateznih čvrstoća papira sa različitim gramaturama, prema tome je od velike koristi za slučaj naših uzoraka. Kao što sa slike 6.49 može videti, visoke vrednosti zatezne čvrstoće papira gramature 90 g/m² se odražavaju i na rezultate indeksa zatezanja pa najveće vrednosti su dobijene baš za te uzorke. Značajno odstupanje zatezne čvrstoće kod uzoraka 130 g/m² u mašinskom pravcu se može videti i kod indeksa zatezanja. Posmatrajući rezultate po smeru vlakanca se može utvrditi da je veći raspon zabeležen u mašinskom pravcu i iznosi 8.45 Nm/g, dok u poprečnom pravcu razlika između najniže i najviše vrednosti je svega 4.79 Nm/g.



Slika 6.49 – Grafički prikaz rezultata indeksa zatezanja ispitanih papira

6.2.2. Rezultati zaostale zatezne čvrstoće

Prva referentna metoda ispitivanja otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju u toku savijanja predstavlja određivanje zaostale zatezne čvrstoće uzoraka. Srednje vrednosti merenja po smerovima vlakanca ispitanih papira su date na grafikonu na slici 6.50.



Slika 6.50 – Zaostala zatezna čvrstoća ispitanih papira

Vrednosti zaostale zatezne čvrstoće su u rasponu od 74.21% do 93.62% za paralelno savijene uzorke, i od 57.69% do 80.95% za poprečno savijene uzorke. Izmerene vrednosti su u skladu sa literaturnim rezultatima, odnosno i njihov međusobni odnos se poklapa sa zaključcima istraživanja objavljenih u (Barbier i drugi, 2003; UPM, 2008; Yang i Xie, 2011). Sa prikazanog dijagrama se vidi da poprečno savijeni uzorci imaju ujednačenu tendenciju opadanja zaostale zatezne čvrstoće sa porastom gramature i to sa faktorom determinacije $R^2 = 0.948$ za linearnu funkciju. Prilikom savijanja, ti uzorci trpe veća oštećenja, jer zbog

orijentacije vlakana baznog papira (stoje normalno na liniju savijanja), gornji, tj. spoljašnji slojevi su manje elastični i tako ne mogu rasteretiti zonu velikih napona zatezanja. Takva oštećenja u vidu pucanja premaznog sloja i prekida vlakana samog baznog papira značajno utiču na smanjenje sile kidanja. Kao posledica toga zaostala zatezna čvrstoća je signifikantno manja. Kod paralelno savijenih uzoraka struktura papira usled orijentacije vlakana u papiru (stoje paralelno sa linijom savijanja) dozvoljava veća izduženja na spoljnim slojevima baznog papira i to bez neke ozbiljnije destrukcije vlakana, samo se premaz oštećuje u većoj ili manjoj meri u zavisnosti od ukupne debljine papira. To znači, da uzorci nižih gramatura, pa i manjih ukupnih debljina imaju manja oštećenja, bez obzira na smer savijanja.

Pored toga što dolazi do manjih površinskih destrukcija, za uzorke gramature 90 g/m² se može uočiti još jedna karakteristika. Naime, za te uzorke su zabeležene najveće vrednosti indeksa zatezanja u mašinskom pravcu, tj. oni imaju najveću silu kidanja naspram gramature a pored toga imaju u najtanji nanos premaza, koji zbog svoje smanjene debljine ima manji uticaj na promenu sile kidanja. Prema tome iako dolazi do površinskih oštećenja na tim uzorcima, ona neće imati drastičan uticaj na zaostalu zateznu čvrstoću.

Pored navedenih, moraju se spomenuti specifičnosti rezultata za gramature 150 g/m² i 170 g/m² i to u oba pravca savijanja papira. Za uzorke 170 g/m² su dobijene veće vrednosti zaostale zatezne čvrstoće od očekivanih prema gradaciji gramature. Sa dijagrama se može uočiti, da kod poprečnih uzoraka dobijena srednja vrednost uzoraka 170 g/m² je blizu uzorcima niže gramature (150 g/m²), dok za paralelne uzorke su registrovane čak veće vrednosti zaostale zatezne čvrstoće. Ne može se jednoznačno utvrditi, da li se radi o odstupanju papira 170 g/m² ili je reč o papiru 150 g/m². Naime, po analizi debljine papira uzorak 150 g/m² značajno odstupa od ostalih u nizu (ima znatno veće vrednosti debljine – Slika 6.44 debljina) sa čime se može obrazložiti veća količina oštećenja i po tome i niža vrednost zaostale zatezne čvrstoće.

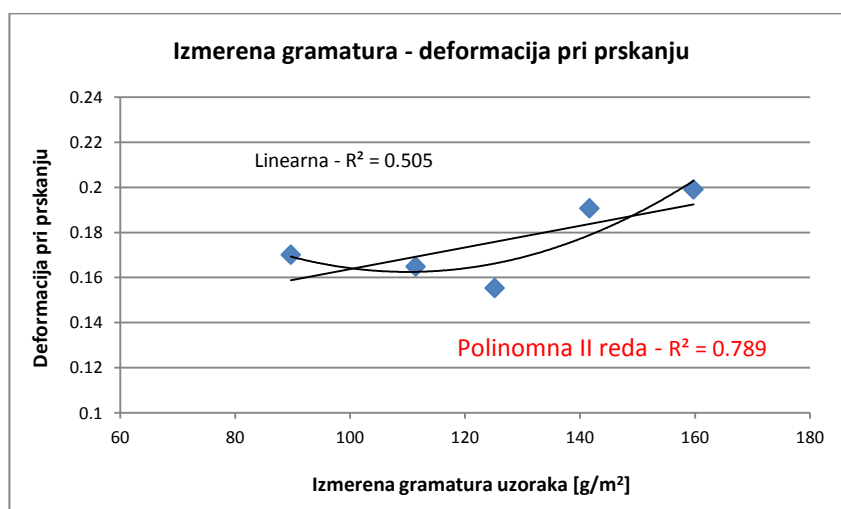
Vrednosti standardne devijacije prikazani na grafikonu tumače konsistentnu grupu ispitanih uzoraka. Koeficijenti varijacije su u rasponu od 7.23% do 9.36% za paralelno savijene uzorke, odnosno od 5.79% do 9.92% za poprečno savijene. S obzirom na izraženu anizotropnu prirodu papira rasipanje izmerenih rezultata je više nego prihvatljivo.

Na osnovu gore izvedenih analiza, može se zaključiti da dobijene vrednosti zaostale zatezne čvrstoće se mogu koristiti u funkciji referentnih rezultata za kvantitativnu analizu oštećenja, i to pre svega kod uzoraka savijenih poprečno na smer vlakana. Prilikom analize posebnu pažnju treba posvetiti uzorcima gramature 150 g/m² i 170 g/m². Za date uzorke se očekuju slične vrednosti obeležja i ukupne količine analize oštećenja.

Iako se dobijeni rezultati mogu aproksimirati i sa polinomnim funkcijama II reda sa veoma visokim vrednostima faktora determinacije ($R^2 = 0.983$ i $R^2 = 0.985$), zbog korelacionih analiza linearne funkcije su odabrane kao merodavne.

6.2.3. Rezultati ispitivanja otpornosti prema prskanju – određivanje veličine deformacije

Druga odabrana referentna metoda predstavlja modifikovanu primenu ispitivanja papira na prskanje po Mullen-u. Po literaturnim izvorima, data metoda omogućava predviđanje ponašanja papira pri savijanju, tj. sklonost ka površinskom oštećenju u toku te operacije (Popil, 2010). Kako su sprovedena istraživanja uključila samo lajner papir, primenljivost ove metode za premazne papire se mora prvo potvrditi. Određivanje veličine deformacije uključuje merenje sile pritiska kod otpornosti prema prskanju i zatezne čvrstoće u oba smera vlakanca papira, pri čemu se dobija bezdimenziona vrednost deformacije (ϵ) na spoljašnjoj strani epruvete. Rezultati određivanja veličine deformacije su dati na slici 6.51.



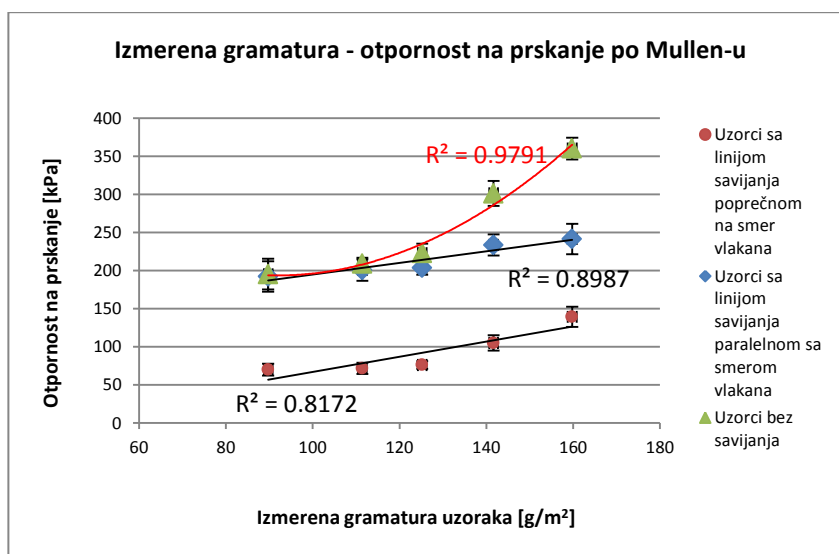
Slika 6.51 – Grafički prikaz rezultata veličine deformacije pri prskanju po Mullen-u

Vrednosti izračunatih deformacija pri ispitivanju otpornosti na prskanje se kreću od 0.155 do 0.199. Pošto je računanje vršeno pomoću srednjih vrednosti različitih parametara (pritisak pri prskanju i zatezna čvrstoća), prikazivanje rasipanja rezultata u obliku standardne devijacije ili koeficijenta varijacije nije moguće.

Sa prikazanog dijagrama se mogu uočiti dve bitne stvari koje remete ravnomeran rast veličine deformacije sa porastom gramature ispitanih papira. Prva, mnogo više uočljivija, jeste niža vrednost deformacije za uzorak gramature 130 g/m², kod kojeg dolazi do izražaja povećan mineralni sastav (što za sobom povlači smanjenu količinu vlaknaste sirovine i njihovu oslabljenu međusobnu vezu) u odnosu na ostale gramature, koji u velikoj meri može uticati na izmerene vrednosti sile pritiska Mullen-testa, pa i na izračunatu veličinu deformacije. Drugo odstupanje je manje primetno na slici, međutim ima isto velik uticaj na dobijene rezultate. A to je veća vrednost izračunate deformacije kod 90 g/m² papira. Dati rezultat se može pripisati većoj zateznoj čvrstoći u mašinskom smeru, koja tako direktno utiče na povećanje otpornosti prema prskanju (Ek i drugi, 2009). Zbog tih značajnih odstupanja vrednosti deformacija, dobijeni rezultati ne prate linearnu funkciju u odgovarajućoj meri. Čak ni polinomna funkcija ne daje dovoljno visoku vrednost faktora determinacije, prema tome ovaj parametar se neće koristiti u korelacionoj analizi digitalnih obeležja ispitanih papira.

6.2.4. Rezultati otpornosti prema prskanju savijenih papira

Ispitivanje otpornosti papira prema prskanju po Mullen-u ovom delu se koristiti u funkciji okarakterisanja savijenih premaznih papira, koji su usled te operacije pretrpeli određena površinska i eventualna strukturalna oštećenja pri kontrolisanim uslovima. Da bi se moglo utvrditi do koje mere utiču pomenuta oštećenja na otpornost prema prskanju, neophodno je uključiti u analizu i rezultate nesavijenih uzoraka. Pa tako, srednje vrednosti dobijenih rezultata izvedenih merenja uzoraka sa i bez savijanja su date na slici 6.52.



Slika 6.52 – Rezultati otpornosti na prskanje epruveta sa i bez savijanja

Ispitivanje otpornosti prema prskanju se prvenstveno koristi za ambalažne papire, ali pod određenim uslovima dobijeni rezultati se mogu upotpuniti istraživanja vezana i za premazne štamparske papire. Rezultati Mullen testa ukazuju na uticaj gramature na otpornost prema prskanju kod premaznih papira. Dobijene vrednosti rastu sa povećavanjem gramature sa 195.22 kPa na 360.03 kPa. Takvi rezultati su se mogli očekivati, s obzirom na to da kod većih gramatura i sam bazni papir ima veći udeo u ukupnoj težini, pa otuda je veća i količina vlaknastih sirovina i njihova unutrašnja međusobna veza. Rezultati za dati set ispitanih papira ipak ne prate linearnu funkciju, već polinomnu II reda (sa $R^2 = 0.979$) zbog odstupanja papira gramature 130 g/m² u količini pepela. To potvrđuje i niska vrednost indeksa otpornosti prema prskanju po Mullen-u (Tabela 5.2). Standardne devijacije izmerenih rezultata su niske ukazivši na neznatno rasipanje oko srednje vrednosti (Slika 6.53). Koeficijenti varijacije za tu grupu ispitanih papira se kreću od 3.66 % do 10.32 %. Rezultati savijenih epruveta se kreću od 192.27 kPa do 241.33 kPa za paralelno savijene uzorke, odnosno od 69.95 kPa do 139.30 kPa za poprečno savijene uzorke.

Po prikazanim rezultatima, paralelno savijanje jedva oštećuje premazne papire nižih gramatura (90 g/m² -115 g/m²), odnosno ta oštećenja se ne manifestuju kroz smanjenje otpornosti prema prskanju (za svega 1.51% i 3.99% su dobijene niže vrednosti od nesavijenih uzoraka). Kod većih gramatura, počevši od 130 g/m², uticaj savijanja papira kao jednog oblika kontrolisanog oštećenja, dolazi sve više do izražaja. Oštećenja, prouzrokovanih paralelnim savijanjem uzoraka za gramature 130 g/m², 150 g/m² i 170 g/m²,

su rezultovala smanjenje polazne otpornosti prema prskanju za 8.50%, 22.47% i 32.97%, respektivno. Ta oštećenja očigledno nisu samo estetskog karaktera, već u toku savijanja dolazi i do strukturnih promena. Po (Barbier i drugi, 2012) usled delovanja napona smicanja dolazi do raslojavanja baznog papira, tj. oslabljuju se unutrašnje veze a to direktno utiče na opadanje otpornosti prema prskanju. Rezultati potvrđuju tu literaturnu postavku. Po vrednostima standardne devijacije i za paralelno savijene uzorke je moguće konstatovati da su merenja konzistentna, dajući koeficijente varijacije u rasponu 4.46% do 10.42%.

Za razliku od paralelnog, poprečno savijanje ima veći uticaj na promene otpornosti papira na prskanje. Na prikazanom grafikonu se lako uočavaju mnogo veće razlike između nesavijenih i poprečno savijenih uzoraka. Izmerene procentualne razlike su približno jednake, kreću se u rasponu od 61.31% do 65.81%. Takvo uniformno opadanje otpornosti prema prskanju usled poprečnog savijanja se može objasniti činjenicom da pri poprečnom savijanju se javljaju veća opterećenja usled poprečne orijentacije vlaknaca baznog papira. Ta opterećenja nisu samo u vidu destrukcije premaznog sloja (po pretpostavi celom debljinom premaza) već se oštećuju i sami vlakanci, razarajući time strukturu baznog papira. Sa smanjenim međuvlaknastim vezama i kompaktnosti papira, smanjuje se i otpornost prema prskanju. Pored pomenutih, uticaj napona smicanja i pri ovom savijanju se može primetiti kod većih gramatura, mada naspram velikih destrukcija papira ne dolazi toliko do izražaja. Za dati set ispitanih papira su vrednosti standardne devijacije niske, s obzirom na izraženu nehomogenu strukturu papira, sa koeficijentima varijacije od 6.55% do 11.24%.

Po osnovnoj postavki zadatka referentnih merenja, dobijeni rezultati su upoređeni sa linearnom funkcijom pri čemu su dobijene visoke vrednosti faktora determinacije od $R^2 = 0.898$ za paralelno savijene uzorke i $R^2 = 0.818$ za poprečno savijene uzorke. Kod paralelnog savijanja, odstupanje je opaženo za uzorak gramature 150 g/m^2 , koji usled veće debljine (Slika 6.45) ima veću otpornost na prskanje naspram ostalih gramatura. Veća izmerena vrednost kod papira gramature 90 g/m^2 , koja odskoče od linearnog trenda kod poprečno savijenih uzoraka se može pripisati većoj zateznoj čvrstoći i indeksu zatezanja u mašinskom smeru (Slika 6.47 i 6.49). Budući da poprečno savijanje smanjuje silu kidanja u mašinskom pravcu, pa tako veća polazna zatezna čvrstoća kao i indeks zatezanja za pomenutu gramaturu ima za posledicu veće sile kidanja i nakon poprečnog savijanja.

Prednost ispitivanja otpornosti papira prema prskanju da u jednu brojčanu vrednost ujedinjuje osobine kao što je čvrstoća, izduženje, elastičnost, savitljivost i slično, predstavlja dobru podlogu za njenu primenu u funkciji ispitivanja oštećenja nakon savijanja. Iako prema izloženim rezultatima ne korelira u potpunosti sa gramaturom, ipak može okarakterisati kompleksu karakteristiku savijenih papira sa posebnim osvrtom na veličinu pojedinačnih oštećenja i na njihovu raspodelu po liniji savijanja.

S obzirom na to da prskanje u velikoj meri zavisi od veličine pojedinačnih oštećenja, povezanosti istih tj. njihovog prostornog raspoređivanja, ova referentna metoda će se koristiti i za proveru kvalitativnih obeležja digitalnih uzoraka odnosa obima i površine kao i distribucije.

6.3. Uporedna analiza rezultata referentnih metoda ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja i predloženih obeležja objektivne metode

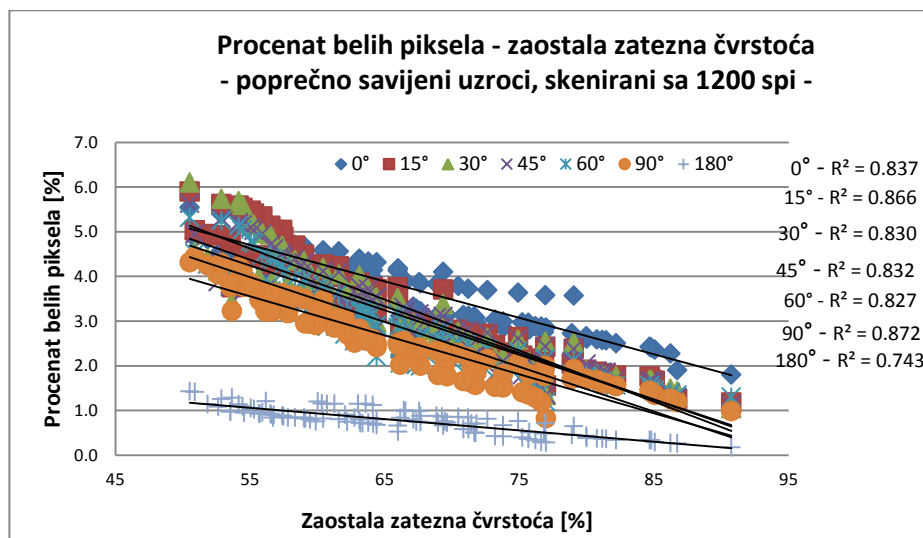
U analizi primenljivosti predloženih obeležja, faktor determinacije će se koristiti. Faktor determinacije (korišćeno nekoliko puta već u prethodnim analizama) predstavlja parametar sa kojim se dobije odgovor na pitanje: koliki je deo dve varijanse promenljive zajednički. U matematičkom smislu, faktor determinacije predstavlja kvadrat koeficijenta Pirsonove korelacije (r). Pirsonova korelacija daje informacije o jačini i smeru veze između neprekidnih promenljiva, i tako odgovara svim referentnim metodama kao i predloženim obeležjima dobijenih sa digitalnih slika.

Propisno utvrđivanje Pirsonove korelacije međutim zahteva povezane parove, tj. da rezultati obe promenljive za upoređivanje potiču od istog subjekta (uzorka) (Pallant, 2007). Kako iz tehničkih razloga nije bilo moguće ispoštovati da sa istih materijalnih uzoraka se dobijaju svi parametri, analiza korelacije rezultata referentnih metoda i predloženih obeležja će se bazirati na srednjim vrednostima, a ne na pojedinačnim merenjima. Za proračun Pirsonovog koeficijenta korelacije na osnovu srednjih vrednosti merenja korišćen je program Microsoft Excel, a dobijeni rezultati se podudaraju sa vrednostima korelacije dobijenih za veštački poređana i uparena pojedinačna merenja u programu za statističku obradu SPSS.

Sa takvim veštački uparenim pojedinačnim rezultatima su formirani i dijagrami rasturanja da bi se potvrdio preduslov Pirsonove korelacije. Naime, korelacija karakteriše jačinu i smer linearne veze između dve promenljive, pa je neophodno da na dijagramu rasturanja te dve promenljive nazire pravolinijska veza između ispitanih obeležja (Pallant, 2007). Pa tako za sva obeležja po metodama digitalizacije su bili pripremljeni dijagrami rasturanja sa veštački uparenim rezultatima kako bi se mogao proveriti uslov za korelaciju. Velika većina dijagrama je pokazala određen sklad i linearnu zavisnost, ali zbog velikog broja ispitanih kombinacija ispitanih obeležja, ovde je prikazan samo jedan primer dijagrama rasturanja i to između procenata belih piksela za poprečno savijene uzorke skeniranih sa rezolucijom 1200 spi i zaostale zatezne čvrstoće (Slika 6.53). Sa datog primera je lako uočiti izraženu negativnu korelaciju između procenta belih piksela i zaostale zatezne čvrstoće i to za sve uglove postavljanja. Na osnovu Pirsonove korelacije dobijene su vrednosti faktora determinacije u rasponu do $R^2=0.743$ do $R^2=0.872$, koje po Koenu (Pallant, 2007) ukazuju na postojanje jake korelacije između ispitanog obeležja procenta belih piksela i zaostale zatezne čvrstoće po svim uglovima postavljanja uzoraka.

Za analizu primenljivosti predloženih obeležja i odabir adekvatnih varijabilnih parametara pripreme uzoraka i digitalizacije istih, za svaku predviđenu kombinaciju referentnih metoda i predloženih obeležja su izračunati faktori determinacije na osnovu srednjih vrednosti (po uzoru od Chinga-Carrasco i drugi, 2008). Zbog obimnosti dobijenih rezultata njihov sveobuhvatni tabelarni prikaz je smešten među priložima (Tabele IV.1-3, Prilog IV) a ovde su iznete analize kombinacije sa najvišim vrednostima faktora determinacije. Po analogiji prikazanih rezultata obeležja digitalnih slika, i analiza faktora determinacije se vrši istim redosledom, tj. prvo su prikazani rezultati za skenirane uzorke, zatim za

fotografisane epruvete, a na kraju slede mikroskopski snimci. Sveobuhvatna uporedna analiza dobijenih rezultata po metodama digitalizacije sledi nakon prikaza svih faktora determinacije.



Slika 6.53 – Primer dijagrama rasturanja za procenat belih piksela i zaostale zatezne čvrstoće

6.3.1. Skenirani uzorci

Prvo obeležje kod skeniranih uzoraka predstavlja procenat belih piksela, koji se analiza sa zaostalom zateznom čvrstoćom i sa otpornošću savijenih epruveta prema prskanju po Mullen-u. S obzirom da se rezultati procenata belih piksela ne razlikuju statistički značajno po rezoluciji skeniranja, faktori determinacije su određeni samo za najnižu rezoluciju (1200 spi). Nakon procenata belih piksela slede kvalitativna obeležja (odnos obima i površine detektovanih oštećenja i distribucija istih po posmatranoj liniji savijanja) koja će se analizirati samo sa otpornošću savijenih epruveta prema prskanju po Mullen-u.

6.3.1.1. Procenat belih piksela – zaostala zatezna čvrstoća

Najveći faktor determinacije je utvrđen za poprečno savijene uzorke sa uglom postavljanja od 0° i iznosi $R^2=0.943$. Najjača korelacija kod paralelnih uzoraka ima nešto nižu vrednost faktora determinacije ($R^2=0.840$) i registrovan je za ravno skenirane uzorke (ugao 180°). Karakteristično je za poprečne uzorke da su svi uglovi dali dosta visoke vrednosti (raspon od $R^2=0.745$ do $R^2=0.943$), dok su paralelni uzorci baš suprotno, imaju niže faktore determinacije ($R^2=0.429$ ÷ $R^2=0.840$).

6.3.1.2. Procenat belih piksela – otpornost prema prskanju savijenih epruveta

Za ovaj set promenljivih najveći faktor determinacije iznosi od $R^2=0.981$ i to za paralelne uzorke postavljene pod uglom od 30°. Kod poprečnih uzoraka najizraženija korelacija ima faktor determinacije $R^2=0.902$. Na osnovu prikazanih rezultata u tabeli IV.1 (Prilog IV) se

može primetiti da kod ovog seta parametara paralelni uzorci su dali veće vrednosti faktore determinacije ($R^2=0.794 \div R^2=0.981$) u odnosu na poprečne uzorke ($R^2=0.326 \div R^2=0.902$).

6.3.1.3. Odnos obima i površine – otpornost prema prskanju savijenih epruveta

Prvo kvalitativno obeležje strukture oštećenih površina na skeniranim uzorcima, odnos obima i površine detektovanih oštećenja ima izjedančene faktore determinacije po smerovima savijanja. Oni se kreću u rasponu od $R^2=0.232$ do $R^2=0.904$ za paralelne uzorke, pri čemu je najveća vrednost zabeležena za ugao postavljanja od 15° , dok za poprečne uzorke su faktori determinacije u rasponu od $R^2=0.017$ do $R^2=0.885$, sa najvećim registrovanim za isti ugao postavljanja kao i kod paralelnih uzoraka (ugao 15°). Iako su vrednosti odnosa obima i površine različite po rezolucijama skeniranja, ipak struktura je identična pa su i faktori determinacije bliski.

6.3.1.4. Procenat distribucije – otpornost prema prskanju savijenih epruveta

Drugo kvalitativno obeležje po redu čini procenat distribucije oštećenja po liniji savijanja. Sa rezultatima otpornosti savijenih epruveta prema prskanju, distribucija ima visoke faktore determinacije za paralelne uzorke postavljenih pod uglovima $15^\circ-90^\circ$ ($R^2=0.836 \div R^2=0.912$), dok za uglove od 0° i 180° su veličine korelacije značajno niže ($R^2=0.107 \div R^2=0.554$). Kod poprečnih uzoraka, nije bio uočen jasan pravolinijski trend na dijagramu rasturanja ni za jedan ugao, što potvrđuju i niske vrednosti faktora determinacije ($R^2=0.038 \div R^2=0.560$) za te uzorke. Po rezoluciji skeniranja ni kod ovog obeležja nisu uočene značajne razlike među vrednostima faktora determinacije.

6.3.2. Fotografisani uzorci

Za fotografisane uzorke sledi identičan redosled analize obeležja sa referentnim merenjima kao i kod skeniranih uzoraka. Naime, prvo su dati rezultati za kvantitativno obeležje, za procenat belih piksela, zatim slede kvalitativna obeležja za opis strukture oštećenja posmatrane površine: odnos obima i površine kao i procenat distribucije. Pošto uticaj udaljenosti fotografisanja kod nekih uzoraka značajan, u okviru analize svakog seta parametara istaknuto je ukoliko se značajno razlikuju rezultati faktora determinacije po udaljenostima fotografisanja.

6.3.2.1. Procenat belih piksela – zaostala zatezna čvrstoća

Kod fotografisanih uzoraka najveći faktor determinacije je utvrđen takođe za poprečno savijene uzorke, ali za ugao postavljanja od 45° i iznosi $R^2=0.944$, međutim druga najjača korelacija kod istih (poprečnih) uzoraka je potvrđena za ugao od 0° ($R^2=0.933$) što se poklapa sa rezultatima dobijenih kod skeniranih uzoraka. Sveukupno gledano, poprečni uzorci su dali veće faktore determinacije, označavajući bolju korelaciju između procenata belih piksela i zaostale zatezne čvrstoće ($R^2=0.517 \div R^2=0.944$). Kod paralelnih uzoraka faktori determinacije imaju niže vrednosti ($R^2=0.320 \div R^2=0.877$), pri čemu najveći faktor

determinacije je registrovan za ravno postavljene uzorke sa $R^2=0,877$ koji predstavlja ekstremnu visoku vrednost, jer je sledeća najveća u nizu iznosi $R^2=0.749$, a ostale vrednosti su ispod $R^2=0.7$.

6.3.2.2. Procenat belih piksela – otpornost prema prskanju savijenih epruveta

Pri analizi procenata belih piksela i otpornosti savijenih papira prema prskanju su utvrđene izuzetno visoke vrednosti faktora determinacije i kod fotografisanih slika i to za paralelno savijene uzorke i uglove od 0° - 90° ($R^2=0.914$ ÷ $R^2=0.996$). Ravno postavljeni uzorci su dali niže vrednosti faktora determinacije ($R^2=0.567$ ÷ $R^2=0.822$). Najveća vrednost je zabeležena za ugao 15° pri udaljenosti fotografisanja od 21 cm ($R^2=0.996$), a druga najveća za ugao 30° sa udaljenosti od 12 cm ($R^2=0.995$), a najveća vrednost za udaljenost od 30 cm je uočen za ugao 90° ($R^2=0.977$). Poprečni uzorci uopšteno gledajući su dali niže faktore determinacije i dve najveće vrednosti od $R^2=0.954$ i $R^2=0.948$ (zabeležene za ugao 0° , 12 cm, odnosno ugao 180° , 30 cm), predstavljaju izuzetno visoke vrednosti naspram ostalih, koji su ispod $R^2=0.9$.

6.3.2.3. Odnos obima i površine – otpornost prema prskanju savijenih epruveta

Odnosi obima i površine oštećenja za fotografisane uzorke su dali vrlo različite vrednosti korelacije po uglovima postavljanja kod paralelnih uzoraka (raspon je od $R^2=0.0466$ do $R^2=0.952$). Najveća vrednost je zabeležena kod ugla postavljanja od 45° sa udaljenosti fotografisanja od 30 cm, mada mora se napomenuti da su za ugao od 15° su dobijene druge dve najveće vrednosti faktora determinacije ($R^2=0.936$ i $R^2=0.926$) za udaljenost od 30 cm i 12 cm. Visoka vrednost koeficijenta korelacije za pomenuti ugao se poklapa sa rezultatima skeniranih uzoraka. Poprečni uzorci imaju konzistentniju strukturu rezultata faktora determinacije, jer se vrednosti kreću od $R^2=0.525$ do $R^2=0.938$, međutim najveća vrednost (koja je detektovana za 60° , 30 cm) istovremeno i ekstremna, jer su za sve ostale uglove vrednosti ispod $R^2=0.883$.

6.3.2.4. Procenat distribucije – otpornost prema prskanju savijenih epruveta

Rezultati procenta distribucije oštećenja po liniji savijanja sa rezultatima otpornosti savijenih papira prema prskanju daju izuzetno visoke faktore determinacije za udaljenost fotografisanja od 21 cm, ali samo kod paralelnih uzoraka ($R^2=0.904$ ÷ $R^2=0.994$). Druge dve udaljenosti imaju i nižih i viših faktora determinacije (njihov zajednički raspon je od $R^2=0.657$ do $R^2=0.989$). Kod poprečnih uzoraka za sve te udaljenosti faktori determinacije imaju izuzetno velik raspon (od $R^2=0,008$ do $R^2=0.820$), pri čemu najveća vrednost dosta odskāče.

6.3.3. Mikroskopski snimci

Rezultati korelacione analize za treću metodu digitalizacije su manjeg obima, shodno manjem broju varijabilnih parametara korišćenih pri izradi uzoraka. Prema tome njihov

pregled će se obaviti sažeto sa fokusom na najznačajnije rezultate. Od svih ispitanih obeležja digitalnih slika, jedino su vrednosti belih piksela dali visoku vrednost faktora determinacije u iznosu od $R^2=0.926$ (za poprečno savijene uzorke, postavljenih pod uglom od 90°) i to u kombinaciji sa zaostalom zateznom čvrstoćom. Za korelaciju između procenata belih piksela i otpornosti savijenih papira prema prskanju, najveća vrednost faktora determinacije iznosi svega $R^2=0.758$ (za poprečno savijene uzorke, postavljenih pod uglom od 90°), dok sa istim referentnim parametrima odnos obima i površine daje vrednost faktora determinacije od $R^2=0.888$ (paralelno savijene i ravno postavljene uzorke), a distribucija $R^2=0.745$ (za paralelno savijene uzorke, postavljenih pod uglom od 90°).

7. Diskusija

Diskusija dobijenih rezultata je grupisana po predloženim obeležjama sa digitalnih slika materijalnih epruveta, gde su izloženi značajni rezultati po metodama digitalizacije kao i rezultati uporedne analize sa referentnim metodama.

7.1. Procenat belih piksela

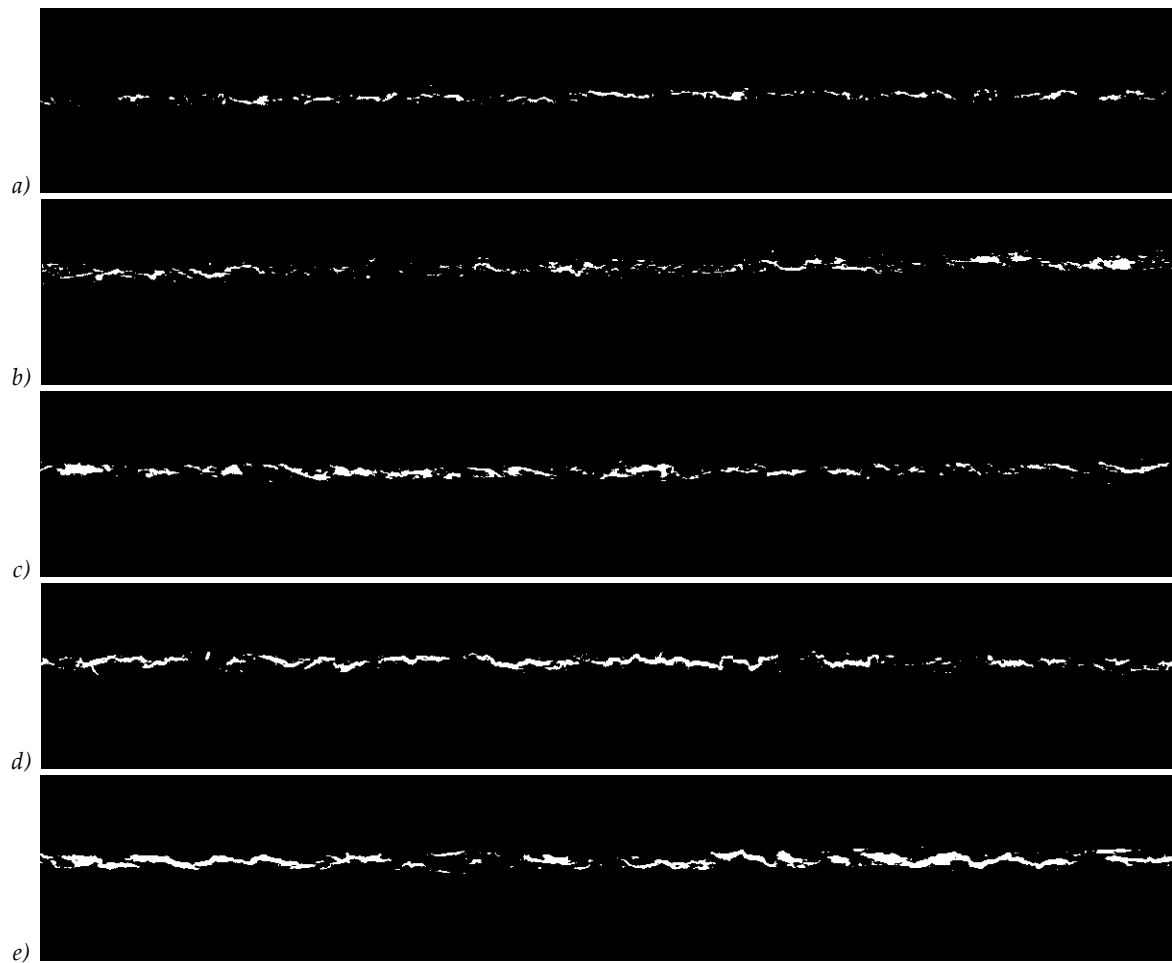
Procenat belih piksela, kao jedini kvantitativni parametar obeležja digitalne slike, po osnovnoj definiciji odgovara ukupnoj količini oštećenja na materijalnim uzorcima. Pomoću tri metode digitalizacije, sa različitim parametrima pripreme uzoraka i digitalizacije istih, dobijene su vrednosti procenata belih piksela, koja su prvo analizirana prema gramaturi ispitanih papira i smeru vlakancima savijanja istih zatim su upoređene sa zaostalim zateznom čvrstoćom i otpornošću savijenih papira prema prskanju po Mullen-u.

Od korišćene tri metode digitalizacije, skeniranje je dalo najkonzistentniju strukturu izmerenih vrednosti procenata belih piksela po gramaturi, smeru savijanja sa doslednim trendovima pri promeni unutrašnjeg ugla postavljanja uzoraka kao i rezolucije skeniranja.

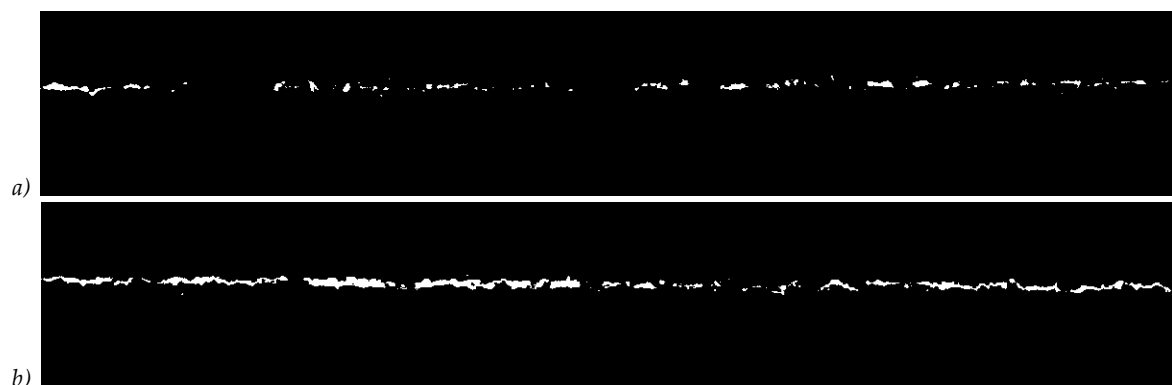
Dobijeni rezultati po gramaturi, kao i po smeru savijanja su u skladu sa literaturnim izvorima i osnovnim pretpostavkama za definisanje varijabilnih parametara (SAPPI, 2006; Apro i drugi, 2008; Kim i drugi, 2010). Naime, rezultati procenata belih piksela imaju jasnu tendenciju povećanja sa povećanjem gramature ispitanih uzoraka. Takva tendencija potvrđuje osnovnu pretpostavku da sa povećanjem gramature, a samim tim i debljine (ukoliko se radi o papirima sa istim proizvodnim osobinama), dolazi do intenzivnijeg naponskog opterećenja pri savijanju, a time i do pojave izražajnijeg površinskog oštećenja, pa tako i do belih piksela na analiziranoj površini. Na slikama 7.1a-e se može jasno i videti to povećanje detektovanih oštećenja sa porastom gramature savijenih uzoraka.

U slučaju uticaja smeru savijanja, dobijeni rezultati takođe prate osnovnu pretpostavku. Pri zatezanju u toku paralelnog savijanja papira, vlakanci trpe poprečno opterećenje i jednostavno se samo razdvajaju duž linije savijanja, dok ta ista naprezanja kod poprečnih papira izazivaju uzdužno opterećenje vlakanca baznog papira usled čega, u većini slučajeva, dolazi do prekida tih vlakancima, tj. do destrukcije samog baznog papira. Kako na ponašanje premaznog sloja utiču i mehaničke karakteristike baznog papira, tako kod paralelno savijenih premaznih papira se javljaju manja, dok kod poprečno savijenih papira veća površinska oštećenja. Na slici 7.2a i b su dati uporedni prikazi uzoraka od papira gramature 130 g/m² savijenih u oba smera. Na njima se lako uočavaju razlike u veličini površine oštećenja premaznog sloja.

Analizom uticaja rezolucije skeniranja na rezultate procenata belih piksela je utvrđeno da iako postoje neznatna odstupanja u rezultatima (koja su neizbežne posledice povećane finoće prikaza objekata pri veći rezolucija skeniranja), ta odstupanja nemaju statističku značajnost pa tako može se zaključiti da rezolucija skeniranja ne utiče na dobijene vrednosti belih piksela.



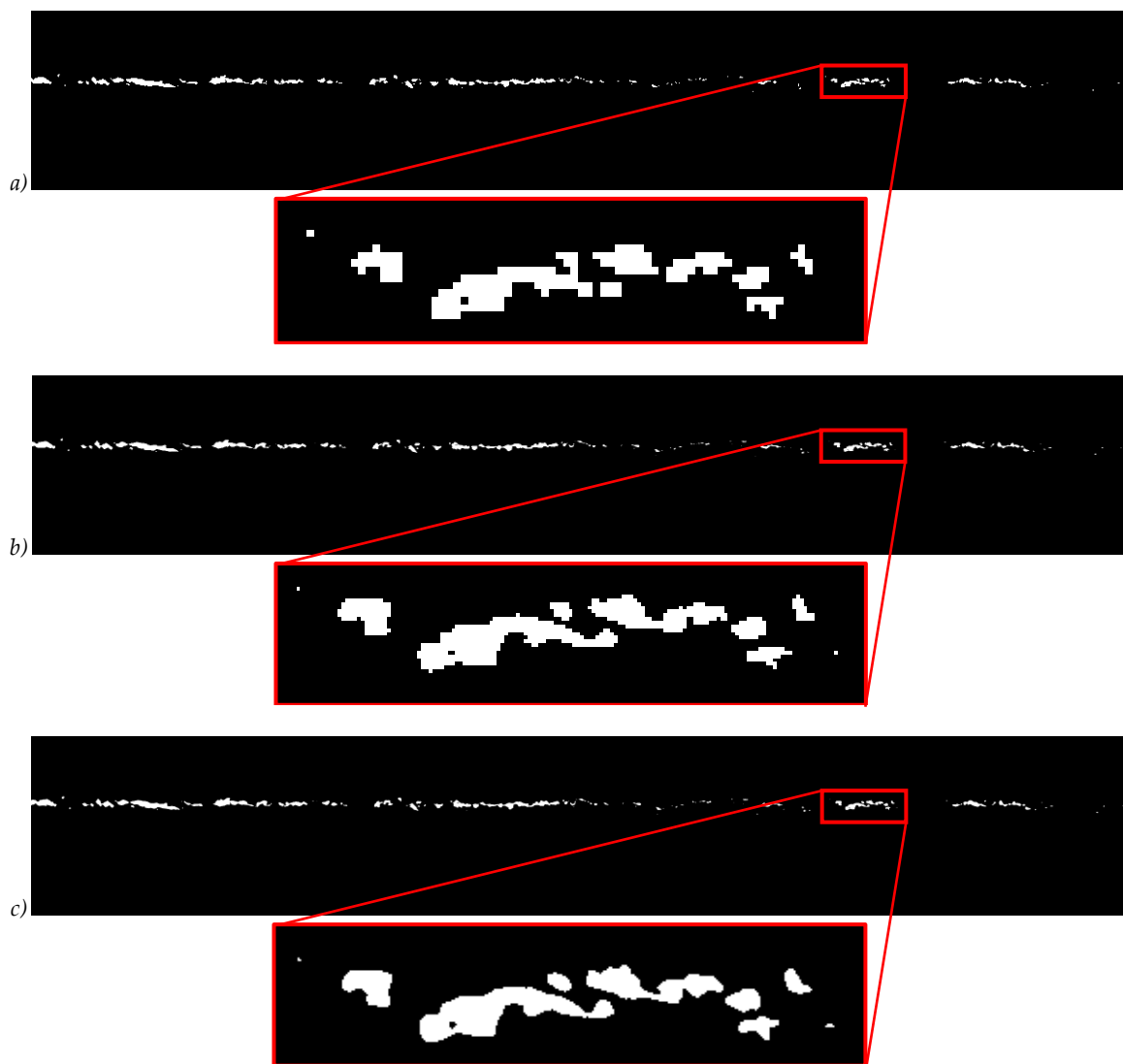
Slika 7.1 – Uporedni prikaz detektovanih oštećenja na uzorcima paralelno savijenih papira sa gramaturama od 90 g/m² (a), 115 g/m² (b), 130 g/m² (c), 150 g/m² (d) i 170 g/m² (e)



Slika 7.2 – Tipični primeri detektovanih oštećenja na uzorcima paralelno (a) i poprečno (b) savijenih papira gramature 130 g/m²

Mora se napomenuti, da prilikom skeniranja sa iste selektovane površine su formirane digitalni uzorci sa različitim rezolucijama pa tako nakon obrade statističke podataka i odbacivanja ekstremnih vrednosti, osnovni skup rezultata većim delom čine digitalni uzorci dobijenih iste površine. Primeri uzoraka (sa povećanim segmentima) skeniranih sa

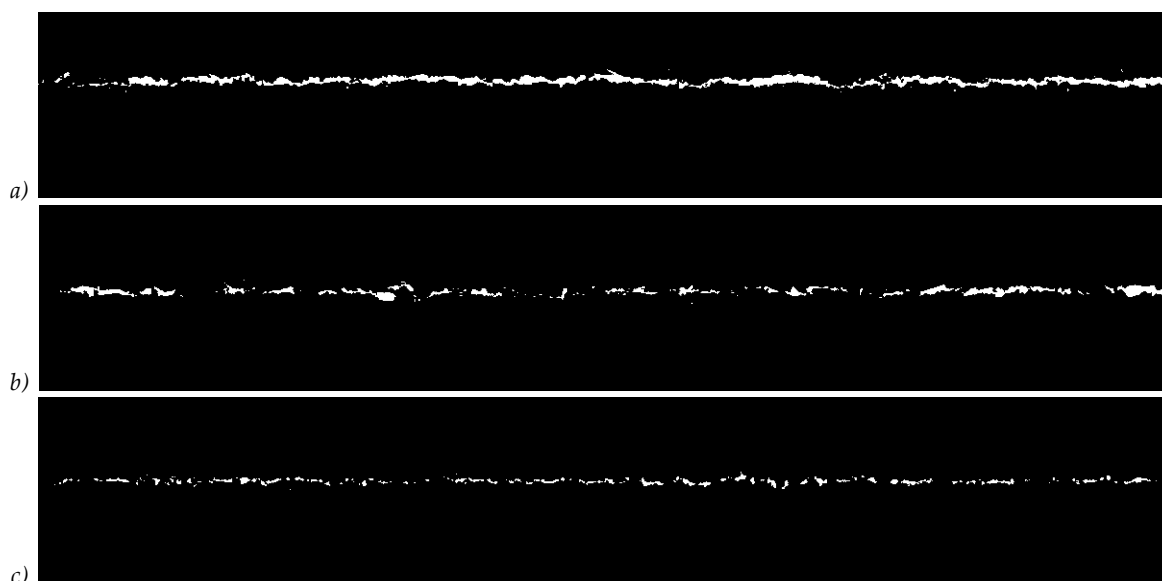
različitim rezolucijama datih na slici 7.3a-c prikazuju uticaj povećanog uzorkovanja pri digitalizaciji i potvrđuju dobijene rezultate statističke analize. Sa datih slika se lako uočavaju razlike u detaljima detektovanih objekata na slikama, međutim kako su procenti belih piksela naspram cele slike vrlo niske vrednosti, te razlike na detektovanim objektima ne utiču statistički značajno na konačne razlike u rezultatima.



Slika 7.3 – Uporedni prikaz detektovanih oštećenja paralelno savijenih uzoraka gramature 90 g/m² skerinarnih sa rezolucijom 1200 spi (a), 2400 spi (b) i 4800 spi (c)

Detaljnijom statističkom analizom je utvrđeno da uglovi postavljanja generalno imaju značajan uticaj na ukupnu količinu vidljivog oštećenja, odnosno na procenta belih piksela na analiziranim slikama. To je bilo i očekivano zbog velikog raspona korišćenih uglova postavljanja (0°-180°) koja su bila uključena u analizu. Međutim naknadnom proverom statističke značajnosti razlika između uglova utvrđeno je da od korišćenih 7 uglova, samo ugao 180° se razlikuje statistički značajno od ostalih uglova za sve uključene parametre (gramatura, smer, rezolucija) analize. Ugao 0° u većini slučajeva se razlikuje, dok za uglove 15°-90° postoje razne kombinacije parova, kod kojih se srednje vrednosti međusobno

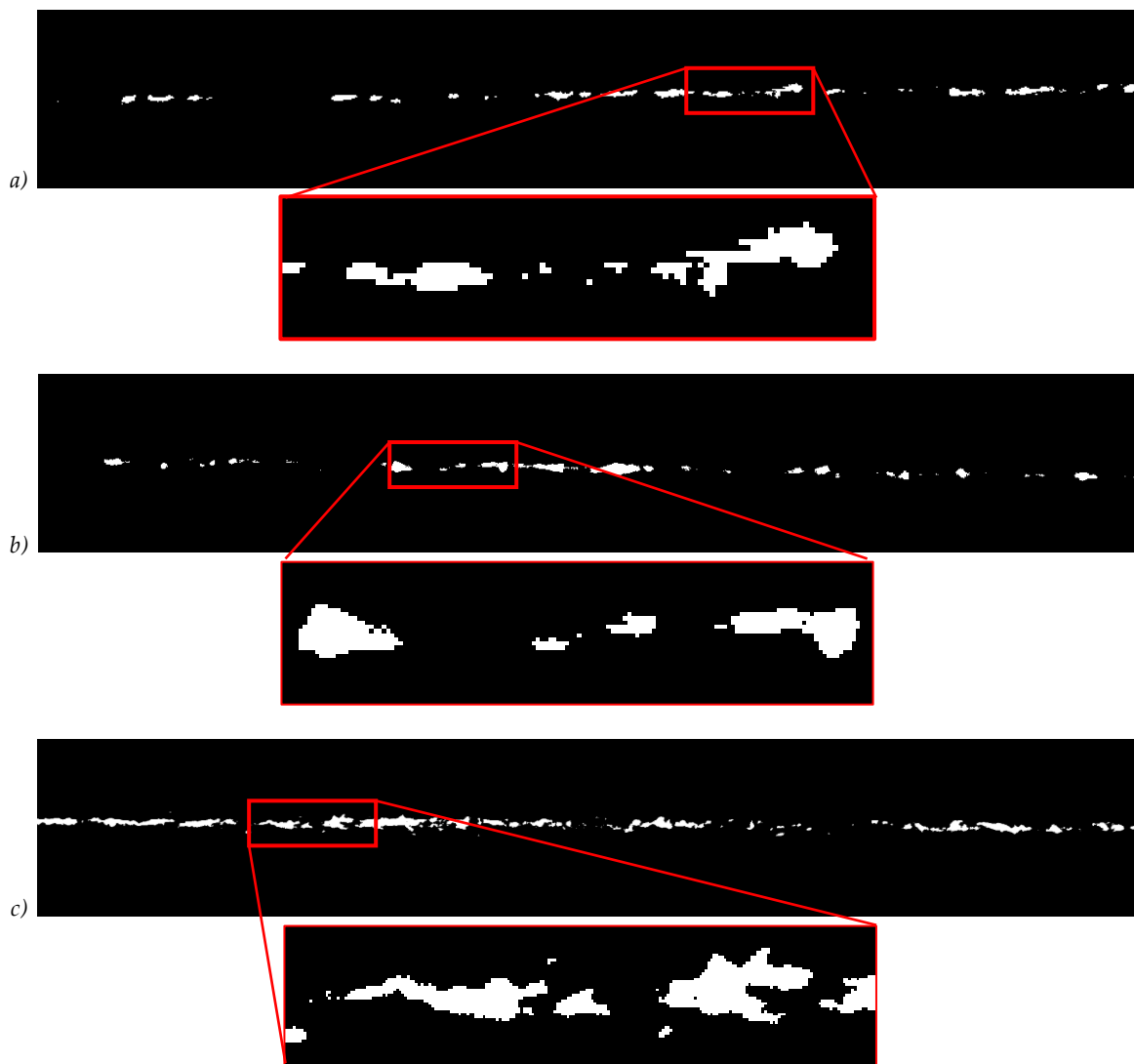
statistički značajno razlikuju, kako za paralelno, tako i za poprečno savijene uzorke, ali postoje i takvi upareni uglovi kod kojih ta razlika je slučajna. Veliko odstupanje ugla 180° , ali i ugla 0° od ostalih uglova postavljanja pri digitalizaciji može se pripisati graničnom položaju tih uzoraka. Naime, pri skeniranju sa uglom od 0° (što zapravo predstavlja potpuno zatvorene papirne uzorke) kod uzoraka, kod kojih nije došlo do potpunog odvajanja premaza od baznog papira već samo do formiranja linije prekida po prevoju, površinska oštećenja su maksimalno otvorena i tako daju najveće vrednosti procenta belih piksela. Sa povećavanjem unutrašnjeg ugla između savijenih listova (tj. otvaranjem listova) postepeno se zatvaraju te prekidne linije i tako ukupna površina oštećenja se smanjuje, sve dok ne postignu skroz ravan položaj sa unutrašnjim uglom od 180° , pri kojem se linije prekida premaza se najčešće zatvaraju u potpunosti. Tako se formiraju karakteristično niske vrednosti procenata belih piksela za potpuno otvorene uzorke i to u oba smera savijanja papira. Pri takvom položaju postavljanja, vrednosti procenata belih piksela se ne povećavaju značajno sa porastom gramature. Pa tako, iako ravno postavljanje predstavlja najjednostavniji položaj za digitalizaciju (ne zahteva nikakve dodatne držače ili postolja) kod takvih epruveta oštećenja nisu realno prikazana, jer u slučaju da ne dolazi do potpunog odvajanja premaza od baznog papira, prekidna linija u premaznom sloju koja je nastala pri savijanju postaje potpuno zatvorena pri ponovnom otvaranju savijenog lista papira. Na slikama 7.4a-c su dati primeri poprečno savijenih papira gramature 90 g/m^2 po uglovima postavljanja od 15° , 45° i 180° .



Slika 7.4 – Uporedni prikaz poprečno savijenih uzoraka gramature 90 g/m^2 skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi sa unutrašnjim uglovima postavljanja od 15° (a), 45° (b) i 180° (c)

Sa primenom digitalnog fotoaparata, kao druge metode digitalizacije materijalnih epruveta, dobijeni rezultati su takođe u skladu sa osnovnim pretpostavkama uticaja gramature papira i smera vlaknaca (potvrđujući literaturne rezultate), ali zbog specifičnosti primenjene metode dobijeni rezultati imaju mnogo manju konzistentnost jer cela postavka pri fotografisanju uzoraka je sklon manjim odstupanjima pri digitalizaciji, gde na primer zbog promene žižne daljine usled manjih odstupanja u visini držača

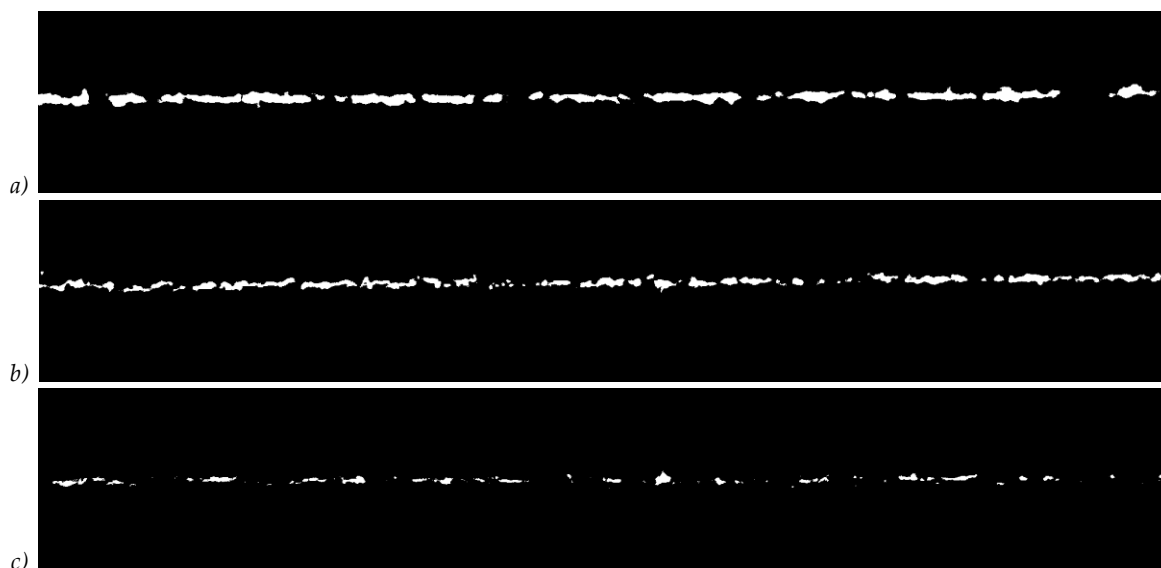
uzoraka ili uticaja nepoželjnih vibracija fotoaparata zbog neadekvatnog fiksiranja na stalak pri uzorkovanju razlikuju se digitalni uzorci čak i pri jednoj kombinaciji parametara (jedna gramatura, jedan smer, jedna udaljenost i jedan ugao). Statističkom analizom su utvrđene izvesne razlike između korišćenih udaljenosti (za razliku od skeniranja), kao značajan uticaj ugla postavljanja uzoraka posmatrajući rezultate za sve udaljenosti digitalizacije (kao i kod skeniranja). Na slikama 7.5a-c su dati primeri paralelno savijenih uzoraka gramature 90 g/m² fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm, 21 cm i 12 cm, dok na slikama 7.6a-c su prikazani karakteristični predstavnici poprečno savijenih uzoraka gramature 90 g/m² fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm i postavljenih pod uglovima od 15°, 45° i 180°.



Slika 7.5 – Uporedni prikaz paralelno savijenih uzoraka gramature 90 g/m² fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm (a), 21 cm (b) i 12 cm (c)

Rezultati procenata belih piksela dobijenih trećom metodom digitalizacije, koja uključuje upotrebu optičkog mikroskopa sa digitalnom kamerom, delimično prate strukturu rezultata dobijenih skeniranjem i fotografisanjem. Najveći uzrok tome je specifičnost digitalizacije pošto se pri uvećanju od 50x dolazi do velikog izražaja neujednačenosti površine (*eng. mottling*), koja pri drugim metodama nije bila toliko uočljiva. Na slici 7.7a i b

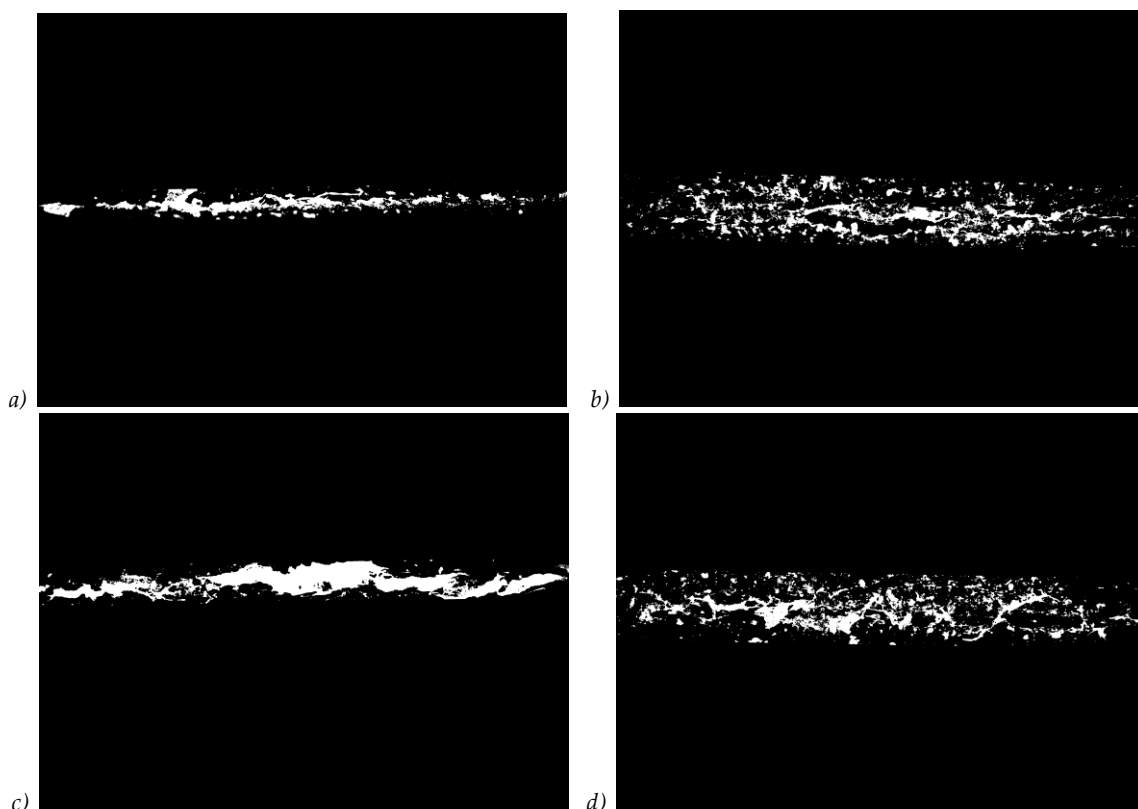
su prikazane tipične segmentirane fotografije paralelno savijenih uzoraka 90 g/m² papira postavljenih pod uglom od 90° i 180°, odnosno na slici 7.7c i d su dati primeri papira 130 g/m² postavljenih isto pod uglovima od 90° i 180°.



Slika 7.6 – Usporedni prikaz poprečno savijenih uzoraka gramature 90 g/m² fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm sa unutrašnjim uglovima postavljanja od 15° (a), 45° (b) i 180° (c)

Na prikazanim slikama se lako primećuje da šum detektovanih objekata oko linije prevoja, nastalih segmentacijom svetlijih površina štampe punog tona (neujednačenost površine) u velikoj meri povećava vrednosti procenata belih piksela kod ravno postavljenih uzoraka (ugao 180°). Za uzorke postavljenih pod uglom od 90° takav uticaj nije izražen, jer prilikom snimanja, te problematične površine neujednačenosti štampe nisu bile u istoj ravni sa linijom prevoja i nisu bile adekvatno osvetljene. Karakteristično za ovu metodu digitalizacije da nema velikih razlika između srednjih vrednosti procenata belih piksela po uglovima, jer iako su stvarna oštećenja kod ravno postavljenih uzoraka površinski manja, zbog okolnog šuma od neujednačenosti štampe ukupna količina belih piksela skoro jednaka belim pikselima dobijenih za uzorke postavljenih pod uglom od 90°, gde su sama oštećenja po prevoju otvorenija, stoga i površinski veća.

Na osnovu izloženog nije iznenađujući da dobijeni rezultati analize uticaja uglova postavljanja na procenat belih piksela nisu ukazali na jednoznačnu razliku kod oba smera savijanja. Samo za poprečne uzorke je utvrđena značajna razlika u srednjim vrednostima, dok za paralelne uzorke je neophodno izvršiti dodatna ispitivanja sa većim brojem uzoraka, što zbog tehničkih ograničenja izvođenja mikroskopske analize u ovom istraživanju nije bilo moguće ispoštovati. Pored navedenih, mora se napomenuti, da smanjeni varijabilni parametri i broj digitalnih uzoraka kod ove metode su doprineli većem izražaju anizotropnosti premaznih papira i oštećenja na njima.



Slika 7.7 – Uporedni prikaz paralelno savijenih uzoraka papira 90 g/m² sa unutrašnjim uglovima postavljanja od 90° (a) i 180° (b) kao i poprečno savijenih papira gramature 130 g/m² sa unutrašnjim uglovima postavljanja od 90° (c) i 180° (d)

Na osnovu analize korelacije između procenata belih piksela skeniranih uzoraka i zaostale zatezne čvrstoće, kao jedne od referentnih metoda, utvrđeno je da su svi uglovi za poprečno savijene uzorke dali visoke vrednosti faktora determinacije, osim ugla od 180° i to za sve metode digitalizacije. Ukoliko se uzme u obzir, da su vrednosti zaostale zatezne čvrstoće u poprečnom pravcu imale linearni trend sa gramaturom sa visokim faktorom determinacije ($R^2=0.948$, Slika 6.50), može se usvojiti zaključak da su oštećenja na uzorcima savijenih poprečno na smer vlakanaca papira realno predstavljena vrednošću procentom belih piksela za dati set ispitanih papira kod svih uglova postavljanja, izuzev ugla od 180°. Za razliku od njih, paralelno savijeni uzorci su dali niže vrednosti faktora determinacije, što nije iznenađujuće s obzirom na to da oštećenja kod tih uzoraka zahvataju samo premaz a ne i bazni papir i time dolazi do manjeg razaranja strukture premaznog papira tako rezultujući mnogo veće vrednosti zaostale zatezne čvrstoće naspram vidljivih i detektovanih oštećenja. Takvi rezultati su dobijeni pri svakoj metodi digitalizacije.

Procenti belih piksela upoređujući sa vrednostima otpornosti savijenih papira na prskanje prema Mullen-u ukazali su mnogo veću korelaciju sa paralelnim uzorcima nego sa poprečnim. Takav trend je uočen i kod skeniranih i kod fotografisanih uzoraka, dok za mikroskopskih slika faktori determinacije za paralelno i poprečno savijene uzorke su skoro jednake. Po rezultatima otpornosti savijenih papira prema prskanju po Mullen-u, utvrđeno je da prilikom paralelnog savijanja većim delom se oštećuju samo premazni slojevi, odnosno dolazi do raslojavanja baznog papira usled napona smicanja pri savijanju kod većih gramatura. Takva oštećenja su manje vidljiva, pa manji procenat belih piksela kod

paralelnih uzoraka realno prikazuje moguće stanje otpornosti takvih uzoraka prema prskanju po Mullen-u. Kako je to bilo izloženo u prethodnoj analizi (korelacija sa zaostalom zateznom čvrstoćom), kod poprečnih uzoraka dolazi do oštećenja samih vlakana baznog papira, koja direktno smanjuju međuvlaknaste veze i kompaktnost papira, pa tako drastično i otpornost prema prskanju, što ne može uporediti sa vizuelnim doživljajem oštećenja u potpunosti.

7.2. Odnos obima i površine oštećenja

Odnos obima i površine detektovanih oštećenja po liniji prevoja predstavlja kvalitativno obeležje, koje ima za cilj da brojčano prikazuje strukturu površine sa akcentom na veličinu detektovanih oštećenja.

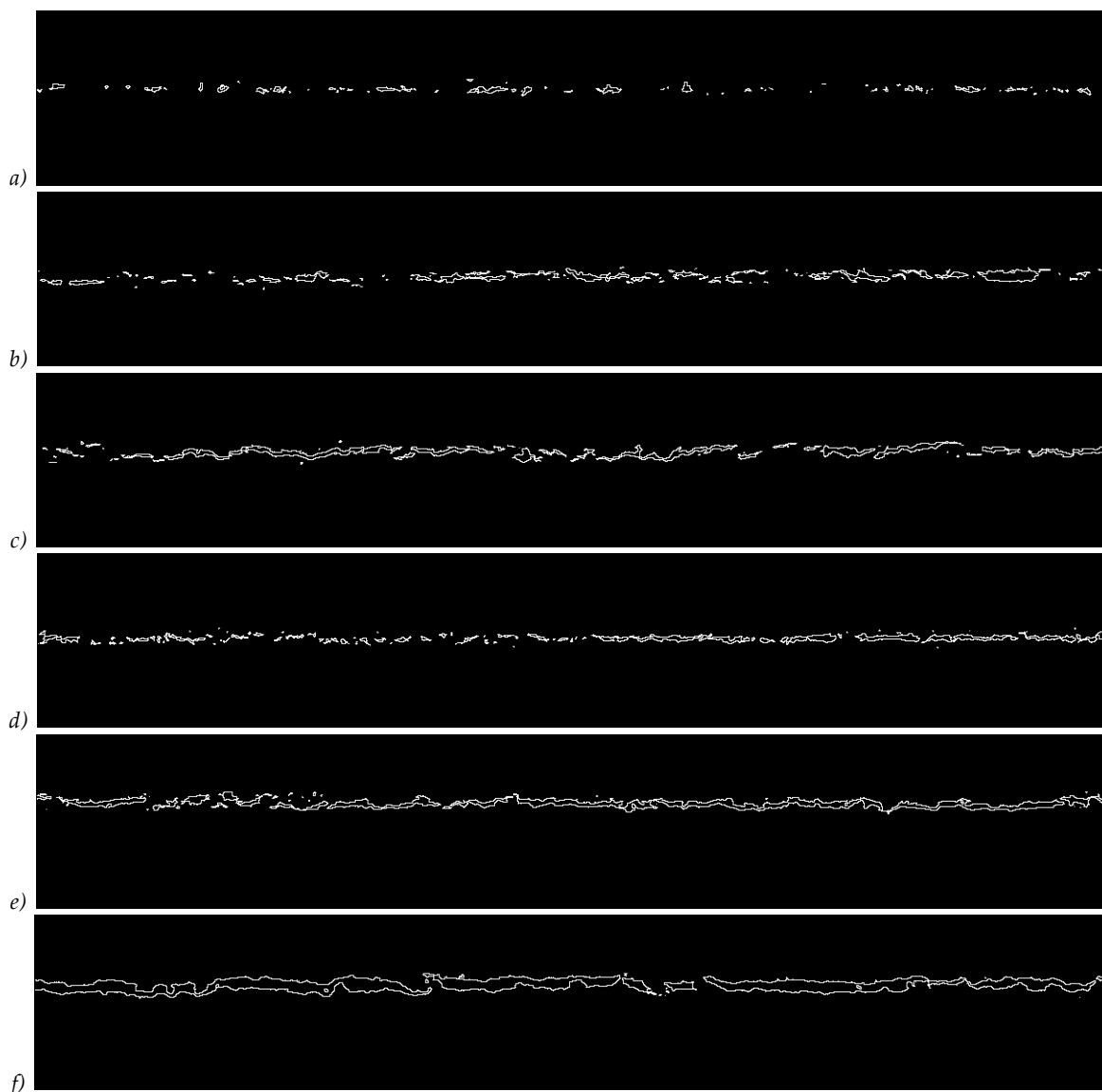
Metode digitalizacije i kod ovog obeležja imaju i sličnosti, a i razlike. Sličnosti se ogledaju u tome da jednoznačno ukazuju na smanjenje odnosa obima i površine sa porastom gramature, kao i na razlike između paralelno i poprečno savijenih uzoraka.

Sa povećanjem gramature, ne samo da dolazi do količinski više oštećenja već su ta oštećenja i krupnija, pa otuda odnos obima i površine opada. Trendovi po smerovima savijanja nisu isti ni kod skeniranih, a ni kod fotografisanih epruveta. Kod paralelnih uzoraka upoređujući sa poprečnim uzorcima dolazi do količinski manja oštećenja, a njihova pojedinačna veličina se ne menja ravnomerno sa gramaturom, već one postaju samo krzavije, pa otuda odnos obima i površine ukazuje na sitnija oštećenja (Slika 7.8a-c). Kod poprečnih uzorka promene u veličini pojedinačnih oštećenja prate rast gramature. Kod njih ne samo da se povećava ukupna površina oštećenja pri većim gramaturama, već su pukotine, oštećenja sve krupnije i krupnije, odnosno njihova linija obima sve glađa. Razlike među metodama digitalizacije i kod ovog obeležja uključuju strukturu ispitanih grupa i sa njih dobijenih rezultata (Slika 7.8d-e).

Skeniranjem se formiranju homogene grupe ne samo po smeru savijanja, već i po uticaju rezolucije i uglova postavljanja epruvete. Fotografisane uzorke karakterišu manje vrednosti standardne devijacije, ali kod dobijenih srednjih vrednosti su uočena veća odstupanja od ravnomernog opadanja odnosa obima i površine, pre svega za poprečne uzorke upoređujući sa rezultatima sa skenera. Mikroskopski snimci su u skladu sa prethodnim metodama digitalizacije, jer su dali veće odnosne obima i površine za paralelne uzorke i kod oba testirana ugla postavljanja (90° i 180°), mada ne i za sve gramature.

Sa povećanjem rezolucije se smanjuje odnos obima i površine detektovanih oštećenja, ali uticaj rezolucije skeniranja na rezultate odnosa obima i površine ima jednoznačan trend, za razliku od fotografisanih uzoraka. Prilikom skeniranja su korišćene 2 i 4 puta veće rezolucije u odnosu na najmanju rezoluciju. Pa tako, s obzirom da su uzorci skenirani bez uvećanja posmatrane površine (tj. izlazna digitalizovana slika je bila jednaka po dimenzijama sa skeniranom površinom) sa povećanjem rezolucije sa 2 ili 4 puta za opisivanje istih oštećenja korišćeno je približno 4 (2400 spi) ili 16 (4800 spi) puta više elementarne jedinice digitalizacije (u slučaju skenera to su bili uzorci, *eng. samples* odakle i

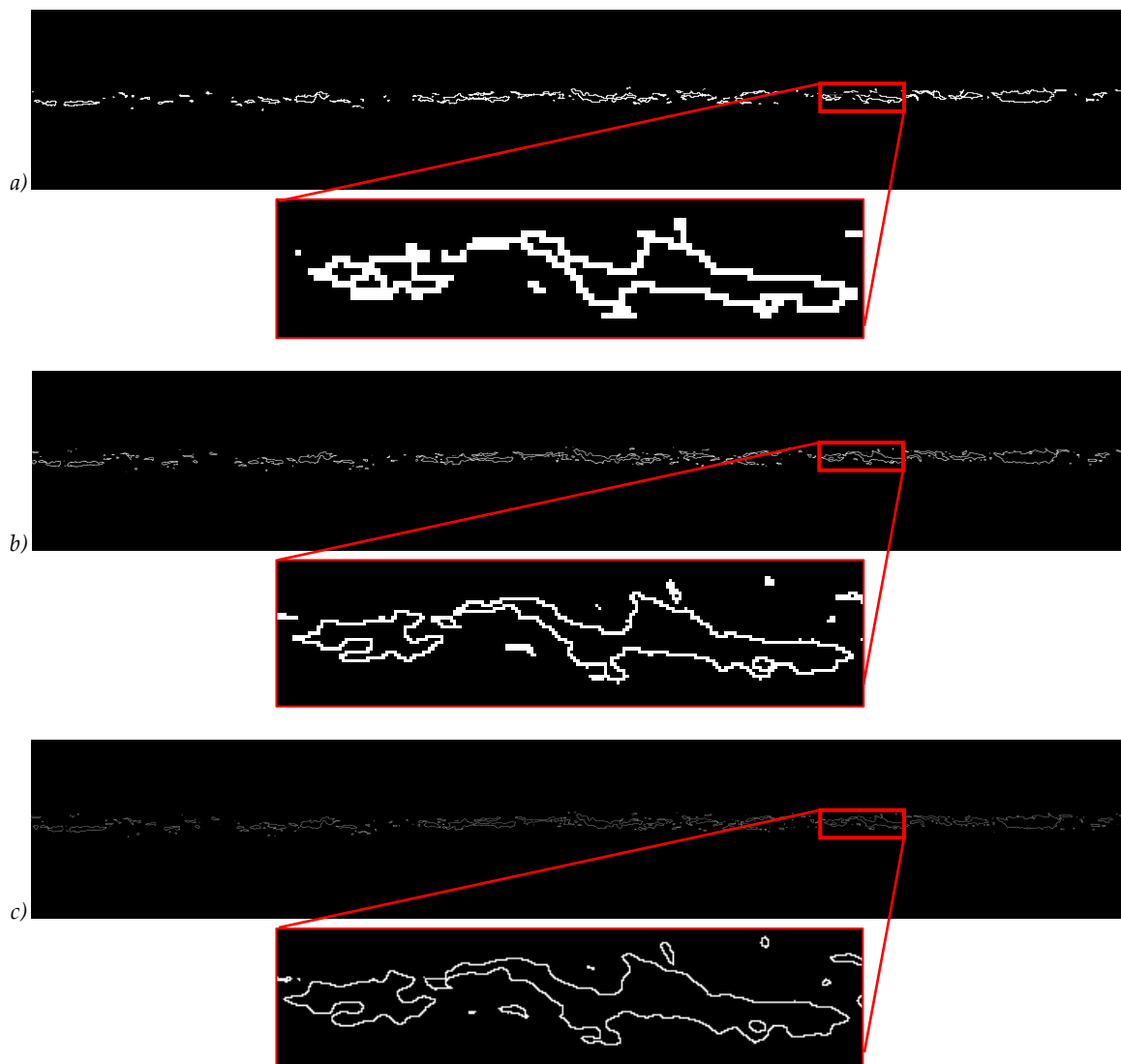
označavanje *spi*, *eng. samples per inch*, uzoraka po inču). Po sličnom principu, i ukupan broj tačaka ivica oštećenja se povećava sa promenom rezolucije, ali ne kvadratno već samo linearno. Skeniranjem sa većim rezolucijama (tj. većim frekvencijama uzorkovanja) dobijaju se preciznije aproksimacije stvarne granične linije oštećenja nizom tačaka, ali sa dupliranjem rezolucije se neće koristiti 4 puta više piksela kao kod površine, već samo nešto više od 2x, pa odnos obima i površine se drastično menja (smanjuje) sa povećanjem rezolucije. Na primerima prikazanih na slici 7.9a-c se jasno vidi tendencija promene broja piksela koja formiraju obim oštećenja pri različitim rezolucijama skeniranja.



Slika 7.8 – Karakteristični primeri obima detektovanih oštećenja na paralelno i poprečno savijenim uzorcima gramature 90 g/m² (a i d), 130 g/m² (b i e) i 170 g/m² (c i f)

Pored izloženog, bitno je napomenuti da za razliku od površine, porast obima u velikoj meri zavisi od strukture oštećenja. Na primer krupnija oštećenja sa glatkim ivicama pri dupliranoj rezoluciji imaju približno dva puta više tačaka za definisanje obima tih oštećenja, za razliku od isto krupnija oštećenja ali sa reckavom ivicom, gde ukupan broj

tačka ivice se povećava više od dva puta sa dupliranjem rezolucije. Za temeljno testiranje uticaja rezolucije na dužinu obima detektovanih oštećenja neophodni su dodatni materijalni uzorci sa različitim sastavom premaza koji daju različitu strukturu pojedinačnih oštećenja pri savijanju. Iz tehničkih razloga, takva analiza prevazilazi okvire ove doktorske disertacije i predstavlja jedan mogući pravac budućeg istraživanja na polju primene digitalne analize slike u grafičkoj i papirnoj industriji.



Slika 7.9 – Usporedni prikaz obima detektovanih površina paralelno savijenih uzoraka gramature 130 g/m² skerinarnih sa rezolucijom 1200 spi (a), 2400 spi (b) i 4800 spi (c)

Za razliku od skeniranih uzoraka, fotografisani uzorci su bili definisani preko udaljenosti predmeta (epruvete) od fotoaparata, pa broj piksela za definisanje obima i površine se ne menja proporcionalno sa promenom udaljenosti. Pored toga, kod fotografisanih uzoraka fokus i oštrina slike imaju veliki uticaj na detektovane površine, pa stoga na primer rezultati za udaljenosti od 21 cm i 12 cm nisu značajno različite, pogotovo za veće gramature (kod kojih se često i preklapaju). Kod mikroskopskih snimaka uvećanje nije bilo varijabilni parametar.

Analizom ugla postavljanja utvrđeno je značajan uticaj na odnos obima i površine skeniranih uzoraka i to pre svega kod ekstremnih pozicija (0° i 180°). Sa najmanjim unutrašnjim uglom (ugao 0°) su dobijene najmanje vrednosti odnosa obima i površine oštećenja, dok su najveće vrednosti zabeležene za ravno skenirane uzorke (ugao 180°). Takvi rezultati se mogu objasniti sledećem: pri najmanjim uglom (0°), tj. kada su uzorci potpuno savijeni u toku digitalizacije, linija prevoja je najotvorenija, a oštećenja su površinski najveća, upoređujući sa ostalim uglovima. Sa povećavanjem unutrašnjeg ugla, savijeni tabaci se polako otvaraju, linija prevoja se postepeno rasterećuje i neka oštećenja se zatvaraju, tj. smanjuje im se površina uz manju promenu (smanjenje) dužine obima istih. Kod ravno skeniranih uzoraka u nekim situacijama dolazi do potpunog nestanka sitnih oštećenja (na šta ukazuju i male vrednosti procenta belih piksela) pa tako odnos obima i površine ukupnih oštećenja se maksimalizuje. Pri povećanju rezolucije skeniranja, diferencijacije pomenutih uglova je sve izraženija. Kod fotografisanih uzoraka takvo izolovanje rezultata za uglove 0° i 180° od rezultata ostalih uglova nisu uočena kod paralelnih uzoraka, a kod poprečnih samo je ugao 180° se može reći da nema preklapanja sa nekim nižim uglovima.

Referentna metoda koja odgovara konceptu provere površine pojedinačnih oštećenja jeste otpornost na prskanje nakon savijanja. Prilikom testiranja materijalnih uzoraka na prskanje, veličina maksimalnog pritiska zavisi od veličine pojedinačnih oštećenja, što su oštećenja veća pritisak, potreban za probijanje epruvete je manji, odnosno sa sitnijim površinskim oštećenjima premaza dobijaju se veće vrednosti pritiska probijanja. Sa analizom korelacije su utvrđene visoke vrednosti faktora determinacije za paralelne uzorke i to kod ugla postavljanja od 15° . Taj ugao je karakterističan za skenirane epruvete, odnosno i kod fotografisanih uzoraka za taj ugao su registrovane druge dve najveće vrednosti faktora determinacije. Kod mikroskopskih uzoraka najveći faktor determinacije je registrovan za ravno postavljene a paralelno savijene uzorke, što se uslovno odstupa od ostale dve metode digitalizacije. Uslovno odstupanje je definisan iz razloga što ne postoji ugao od 15° kod mikroskopskih snimaka, pa je nemoguće utvrditi stvarno odstupanje.

7.3. Distribucija oštećenja

Treće obeležje analiziranih slika takođe je kvalitativno obeležje, kojim se definiše raspodela oštećenja po liniji savijanja ili po posmatranoj površini. Distribucija oštećenja u ovom istraživanju je definisan kao procentualna vrednost broja elemenata slike (vrste matrice ili blokova slike) sa značajnom količinom belih piksela u odnosu na ukupan broj elemenata slike (vrste i blokova). U opštem smislu, procentom distribucije se obeležava udeo većih ili više manjih, ali grupisanih oštećenja po liniji savijanja.

Za sve metode se može sumirati grubo uticaj promene gramature i smera vlakanca prema sledećem: sa povećanjem gramature, povećava se i ukupna količina oštećenja pa se ta oštećenja se polako grupišu po liniji savijanja, rezultujući veću vrednost distribucije u obliku kontinuiteta oštećenja. Tako, manje vrednosti distribucije su zabeležene kod nižih gramatura, a veće kod viših. Na slikama 7.1a-e se može videti kako se menja količina oštećenja po liniji prevoja pri porastu gramature kod paralelnih uzoraka. Kod paralelnih

uzoraka, izraženija je razlika između najnižih i najviših vrednosti gramature, dok za poprečno savijene uzorke su razlike u srednjim vrednostima po gramaturama znatno manje i ne prate ni delimično linearnu tendenciju. To što poprečni uzorci nemanju takav izražen porast distribucije pri povećanju gramature uzoraka, može biti pokazatelj da oštećenja na njima imaju istu strukturu i samo pri intenzivnijem opterećenju na zatezanje dolazi do većih ili/i povezanih oštećenja premaza.

Kako distribucija, zajedno sa odnosom obima i površine, daje dopunske informacije za objektivnu procenu strukture oštećene površine premaznih papira, prilikom konačne interpretacije rezultata neophodno je povezati sa pokazateljem ukupne količine oštećenja (tj. sa procentom belih piksela). Prema tome, za dati set ispitanih papira, se može izdvojiti da paralelno savijeni uzorci gramature od 90 g/m² su pretrpeli najmanja oštećenja u toku savijanja shodno tome imaju najmanje procenat belih piksela, koja su sitnija (posmatrajući prosečnu veličinu oštećenja), pa tako daju veći odnos obima i površine, ali dobijena oštećenja se ne raspoređuju ravnomerno po liniji prevoja, već se grupišu tako rezultirajući najmanje procentualne vrednosti distribucije od svih materijalnih uzoraka. Za razliku od njih, papiri gramature 150 g/m² imaju ravnomerno raspoređena oštećenja, koja brojčano možda nisu najznačajnija (jer 170 g/m² papiri su naviše oštećeni), ali po strukturi su najviše izraženi naspram ostalih papira savijenih paralelno.

Statističkom analizom je utvrđeno da rezolucija skeniranja nema statistički značajan uticaj na distribuciju oštećenja pri uslovima odabira površine uzorkovanja, gde su većim delom skenirane iste površine materijalnih uzoraka, ali kod fotografisanih uzoraka, gde su različiti digitalni uzorci bili analizirani, postoje određene razlike. Kod njih je utvrđena statistički značajan uticaj udaljenosti fotografisanja na izmerene vrednosti distribucije oštećenja, mada postoje gramature i smerovi savijanja ispitanih uzoraka kod kojih taj uticaj zanemarljiv.

Analizom uglova postavljanja utvrđeno je da sa manjim unutrašnjim uglovima su dobijene manje vrednosti odnosa distribucije oštećenja pri svakoj rezoluciji skeniranja i to u oba smera savijanja, dok su veće vrednosti zabeležene za veće uglove (npr. ravno postavljene uzorke, tj. ugao 180°). Posebno su interesantni rezultati za ugao 0°, kod kojeg jedva dolazi do povećanja distribucije sa porastom gramature. Takvi rezultati su bili i očekivani s obzirom na specifičnosti proračuna vrednosti distribucije za pomenuti ugao. Kada su uzorci postavljeni sa najnižim unutrašnjim uglom posle 0°, a to je ugao od 15°, pri digitalizaciji, linija prevoja je najotvorenija, a oštećenja su površinski najveća, upoređujući sa ostalim, većim uglovima. Sa povećavanjem unutrašnjeg ugla, savijeni tabaci se polako otvaraju, linija prevoja se postepeno rasterećuje i neka oštećenja se zatvaraju, tj. smanjuje im se površina po liniji savijanja (primeri na slici 6.4a-c jasno prikazuju datu situaciju). Statističkom analizom su upoređeni dobijeni rezultati distribucije po uglovima postavljanja kod sve tri metode digitalizacije. Kao generalna struktura rezultata se može izdvojiti da su vrednosti procenata distribucije kod uglova 15°-90° grupisane i to pre svega kod poprečnih uzoraka. Za krajnje uglove postavljanja (0° i 180°) u većini slučajeva rezultati su u potpunosti izolovani od ostalih uglova, ali ne i međusobno.

Otpornost na prskanje savijenih epruveta se koristi kao referentna metoda i za ovo kvalitativno obeležje, jer prilikom ispitivanja papirnih uzoraka na prskanje po Mullen-u,

veličina najvećeg pritiska zavisi i od raspoređivanja oštećenja tj. od njihovoj koncentraciji po liniji prevoja. Što su oštećenja više grupisana, dajući tako nižu vrednost distribucije, lakše dolazi do probijanja epruvete zbog koncentracije napona pa potreban pritisak je takođe niži. Korelacionom analizom su utvrđene visoke vrednosti faktora determinacije za paralelne uzorke digitalizovanih fotografisanjem pri udaljenosti od 21 cm ($R^2=0.99$). Rezultati faktora determinacije po metodama digitalizacije se znatno razlikuju, prema tome za ovo obeležje su neophodna dodatna ispitivanja da bi se proširio set ispitanih papira sa različitim karakteristikama premaza.

8. Zaključci

Tematska oblast disertacije obuhvata ispitivanje mogućnosti unapređenja objektivne određivanja otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju u procesu savijanja pomoću računarsko potpomognutih sistema.

Prvi deo eksperimentalnih istraživanja se odnosio na izradu i digitalizaciju materijalnih uzoraka sa različitim postavkama varijabilnih parametara sistema, kao i razvoj algoritma za automatsku pripremu obradu i analizu digitalizovanih uzoraka. Gramatura i smer vlaknaca ispitanih papira su predstavljali kontrolne parametre pripreme uzoraka, dok ugao postavljanja uzoraka, veličina rezolucije ili udaljenost pri digitalizaciji, a konačno i sama metoda digitalizacije su bili ispitani parametri pripreme uzoraka. Ključni momenat realizacije postavljenih ciljeva je bio definisanje novih obeležja analiziranih slika za kvantitativnu i kvalitativnu analizu strukture oštećenja premaznih papira. Predložena obeležja su procenat belih piksela, odnos obima i površine oštećenja i distribucija oštećenja. Brojčane vrednosti tih obeležja su izlazni podaci razvijenog algoritma. Drugi deo realizacije eksperimenta je uključio instrumentalno utvrđivanje relevantnih karakteristika odabranih premaznih papira kao i određivanje njihovih otpornosti prema površinskom oštećenju pomoću ispitivanja mehaničkih osobina papira. Ispitivanja relevantnih karakteristika su obuhvatila merenje gramature, debljine, sadržaj pepela, hrapavosti, zatezne čvrstoće, izduženja pri kidanju i sastava premaznog sloja. Rezultati ispitivanja osnovnih karakteristika u većini slučajeva su bili u skladu sa standardnom zahtevanih vrednosti, mada su manja odstupanja bila uočena kod gramature i kod sadržaja pepela, koja su uzeta u obzir pri analizi rezultata. Utvrđivanje otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju putem ispitivanja mehaničkih osobina papira je obuhvatilo određivanje zaostale zatezne čvrstoće i otpornosti na prskanje po Mullen-u (sa dve modifikovane primene). Od tri metode, samo su dve bile korišćene u funkciji referentnih metoda: zaostala zatezna čvrstoća i otpornost na prskanje nakon savijanja. Pomoću tih referentnih metoda su bile proverene mogućnosti primene predloženih obeležja digitalizovanih slika kao i podobnosti ispitanih varijabilnih parametara pripreme, digitalizacije, obrade materijalnih uzoraka i to putem analize korelacije rezultata predloženih obeležja i referentnih metoda. Pri realizaciji su korišćeni komercijalno dostupni premazni papiri, odnosno resursi adekvatno opremljene laboratorije za simulaciju realnog tehničko-tehnološkog sistema za grafičku proizvodnju.

Na osnovu dobijenih rezultata prema postavljenim ciljevima se mogu formirati sledeći zaključci:

- Uporedna analiza rezultata referentnih metoda i predloženih obeležja je ukazala na postojanje značajne korelacije između zaostale zatezne čvrstoće i obeležja procenata belih piksela, koji predstavlja kvantitativno obeležje oštećenja na premaznim papirima.
- Modifikovana metoda ispitivanja otpornosti papira na prskanje po Mullen-u, koja se primenjuje nakon savijanja daje izvanredno značajne korelacije sa obeležjama odnosa obima i površine oštećenja kao i sa distribucijom oštećenja, koje predstavljaju

kvalitativne parametre za opis strukture površine oštećenja: veličinu pojedinačnih oštećenja i raspodelu tih oštećenja po posmatranoj površini.

- Sa povećanjem gramature ispitanih uzoraka povećavaju se oštećenja na premaznim papirima rezultujući smanjenu zateznu čvrstoću kao i otpornost na prskanje nakon savijanja (referentne metode), ali povećanje procenata belih piksela (obeležje za kvantitativnu analizu), smanjenje odnosa obima i površine oštećenja (prvo obeležje za kvalitativnu analizu) odnosno povećanje distribucije oštećenja (drugo obeležje za kvalitativnu analizu).
- Smer vlakanaca ima značajan uticaj na pojavu oštećenja kod premaznih papira pri savijanju. Kod paralelnih uzoraka su zabeležena manja oštećenja u odnosu na poprečne uzorke, dajući niže vrednosti zatezne čvrstoće i otpornosti na prskanje nakon savijanja, niže vrednosti procenata belih piksela i distribucije oštećenja i veće vrednosti odnosa obima i površine oštećenja.
- Referentne metode određivanja otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju u procesu savijanja kao i kontrolni parametri pripreme uzoraka su ukazali da razvijeni algoritam ispunjava postavljene zahteve i da predložena obeležja, dobijenih pomoću razvijenog algoritma mogu verno prikazati nastala oštećenja. Svi predefinisani parametri izvođenja eksperimenta (boja štampe, tehnike štampe, sistem za savijanje, veličina i broj uzoraka), koji su bili definisani zbog neophodne racionalizacije izvođenja eksperimenta i bili diktirani od strane tehničkih mogućnosti, su takođe pokazali podobnim za upotrebu.
- Rezolucija skeniranja ne utiče značajno na dobijene vrednosti procenata belih piksela kao ni na vrednosti distribucije oštećenja, bez obzira na gramaturu ispitanih papira, smer savijanja istih ili uglova postavljanja pri digitalizaciji, pri čemu se mora istaći specifičnost primene metode skeniranja da sa iste selektovane površine se formiraju digitalni uzorci sa različitim rezolucijama. Odnos obima i površine se drastično opada sa povećanjem rezolucije, što je posledica veće frekvencije uzorkovanja pri digitalizaciji.
- Na osnovu dobijenih rezultata nije moguće jednoznačno utvrditi koja rezolucija bi najviše odgovarala jednoj objektivnoj metodi ispitivanja otpornosti premaznih papira na površinska oštećenja pri savijanju, ali iz dodatnih uslova algoritma za obradu i analizu digitalnih uzoraka se može zaključiti, da sa najnižom korišćenom rezolucijom skeniranja (1200 spi) bi se formirale najmanje, pa tako računarski najmanje zahtevne slike.
- Različite udaljenosti fotografisanja kod digitalnog fotoaparata su rezultirale značajne razlike između pojedinih grupa uzoraka, kako kod procenata belih piksela tako i kod distribucije oštećenja, dok za odnos obima i površine su dobijene manje ravnomerne promene u odnosu na skenirane uzorke.
- Neujednačenost uticaja udaljenosti fotografisanja na izmere vrednosti obeležja je uzrokovana razlikama u oštirini konačnih slika za analizu, tj. fokusu pri fotografisanju. Očekuje se da sa najmanje udaljenosti formiraju najoštrije slike, adekvatne za preciznu

analizu sadržaja digitalne slike, međutim sa datom instrumentalnom postavkom digitalizacije (fotoaparati i objektiv) ta pretpostavka se nije mogla potvrditi u celosti.

- Različita uvećanja od 50x, 100x i 200x pri mikroskopskoj analizi nisu se pokazala adekvatnim za datu problematiku, što je utvrđeno još u preliminarnim analizama.
- Uglovi postavljanja kod sve tri metode su ukazali na postojanje izraženog diferenciranja ugla od 180° što odgovara ravno postavljenim uzorcima. Od ostalih uglova još se ugao 0° (što odgovara potpuno savijenim uzorcima) izdvaja sa značajnom razlikom, ali ne preko celog spektra ispitanih uzoraka i varijabilnih parametara.
- Za ugao 180° se može zaključiti da iako predstavlja najjednostavniju pripremu uzoraka pri digitalizaciji (ne zahteva nikakve dodatne elemente za prihvatanje savijenih papira), ne reprezentuje realno nastala oštećenja, stoga je on neadekvatan za neku buduću primenu objektivne kontrole.
- Ugao 0° omogućava digitalizaciju više uzoraka istovremeno, što odgovara realnijoj reprezentaciji grupe ispitanih uzoraka, jer već sa jedne slike se dobija prosečna vrednost obeležja od (n) savijenih papira, međutim broj uzoraka (n) po toj digitalizaciji zavisi od gramature i debljine ispitanih papira pa tako obezbeđuje uniformne uslove ispitivanja prilikom proračuna parametara obeležja.
- Iako se ne može izdvojiti nijedan ugao postavljanja sa ultimativnim prednostima nad ostalim uglovima (adekvatna reprezentacija oštećenja, uniformna upotreba pri različitim gramaturama i statistički značajna razlika u srednjim vrednostima rezultata ispitanih obeležja za sve varijabilne parametre) ipak se može zaključiti da u cilju realnog upoređivanja rezultata iz različitih istraživanja neophodno je odabrati jedan eventualno dva ugla pod kojim će se uzorci postavljati prilikom digitalizacije.
- Metoda digitalizacije pomoću skenera omogućila konzistentnu strukturu dobijenih rezultata svih obeležja sa datom instrumentalnom postavkom. Prednosti date metode se ogledaju u kompaktnosti sistema za digitalizaciju i u dobijanju digitalnih uzoraka spremni za softversku analizu neposredno nakon skeniranja, međutim postoje i nedostaci u vidu male brzine rada pri velikim rezolucijama i složenosti preciznog postavljanja uzoraka na ploču skenera radi dobijanja adekvatno oštarih zapisa digitalnih slika.
- Digitalizacija fotoaparatom sa jedne strane predstavlja zahvalnu bezkontaktnu metodu, jer cela površina uzorka se istovremeno i brzo zapisuje u digitalni oblik u *raw* formatu i to bez dugotrajnog pozicioniranja uzorka za fokusiranje, međutim ona zahteva naknadne operacije konvertovanja i izrezivanja digitalnih uzoraka pre softverske analize. Pored navedenih nedostataka datoj metodi se takođe mora pripisati i kompleksna instrumentalna postavka korišćenog sistema u ovom istraživanju (stalak za fotoaparati, posebni uslovi osvetljenja, korišćenje objektiv) koja u velikoj meri utiče na oštrinu konačnih digitalnih uzoraka, pa tako i na rezultate ocene oštećenja premaznih papira.

- Metoda digitalizacije pomoću optičkog mikroskopa i ugrađene CCD kamere daje najdetaljniju površinu za posmatranje, ali ta prednost povlači sa sobom i nedostatke koji se ogledaju u greškama pogrešne identifikacije oštećenja na ispitanim uzorcima, jer zbog korišćenog uvećanja, uticaj neujednačenosti štampe postane vrlo značajan, kao i u tehničkim ograničenjima sistema u vidu manje površine posmatranja, nedovoljnog broja uzoraka i korišćenih uglova, odnosno u veličini digitalnog zapisa (3096 x 4140 pikseal). Prema izloženim se jasno vidi da pomenuta metoda digitalizacije nije se pokazala kao adekvatna u datim uslovima ispitivanja upoređujući sa ostalim metodama.

Na osnovu dobijenih rezultata i izloženih zaključaka se može potvrditi postavljena hipoteza, da je moguće razviti model model objektivne kontrole površinskih oštećenja premaznih papira u procesu savijanja kojim će se unaprediti kontrolni proces u realnim uslovima.

Kako je zbog racionalizacije istraživanja i tehničkih ograničenja pri izvođenju eksperimenta pokriveno samo jedan deo uticajnih parametara pripremnih operacija, dalji pravci istraživanja se nesporno ogledaju u ispitivanju ostalih uticajnih parametara kao što su premazni papiri sa različitim sastavima premaza, broja, redosleda i debljine istih, sa različitom smešom vlakana i debljine baznog papira, sa različitim tehnikama štampe kao i sistema za savijanje sa varijacijom procesnih parametara obrade i slično. Naravno i sistemi za digitalizaciju sa mogućnostima korišćenja naprednih podešavanja pri digitalizaciji takođe predstavljaju široku oblast daljih analiza. Rezultati gore spomenutih istraživanja bi trebalo da potvrde konačnu podobnost razvijenog modela i predloženih obeležja. Posebno značajan segment predstavlja adaptacija razvijenog algoritma i predloženih obeležja u integrisani sistem kontrole kvaliteta na realnim mašinama za savijanje.

9. Naučni doprinos istraživanja i mogućnosti primene u praksi

Naučni doprinos istraživanja kao i značajnost rezultata se ogleda u unapređenju trenutno primenjene objektivne kontrole kvaliteta otpornosti premaznih papira prema površinskom oštećenju. Sa unapređenjem objektivne kontrole se pozitivno uticalo na uniformnost izvođenja eksperimenta i na ponovljivost dobijenih rezultata. Analizom različitih primena aktuelne vizuelne kontrole se doprinelo boljem razumevanju uticajnih parametara pripreme uzoraka i digitalizacije istih, kao i uticaja tih parametara na konačne rezultate digitalne analize oštećenja premaznih papira, formirajući bazu podataka o ispitanim uticajnim parametrima. Sa takvom bazom podataka prošireno je znanje i omogućen dalji razvoj primene računarskih i programskih aplikacija i integracija istih u proizvodne sisteme kako grafičke tako i papirne industrije.

Algoritam za pripremnu obradu i analizu digitalizovanih epruveta savijenih papira prikazan u ovoj disertaciji, kao i dva dodatna predložena obeležja za kvalitativni opis strukture oštećenja, predstavljaju originalno rešenje primene softverskog pristupa u kontrolnim procesima papirne i grafičke industrije i kao takav značajan je naučni doprinos u predmetnoj oblasti.

Mora se napomenuti međutim, da iako razvijeni algoritam zadovoljava osnovne kriterijume postavljene u funkciji realizacije digitalne obrade slike i analize sadržaja, kao i dobijanje brojčanih vrednosti definisanih obeležja, za konkretnu primenu u realnim sistemima kontrole je neophodno izvršiti adaptaciju algoritma kao i optimizaciju pojedinih elemenata iste, ali isto tako i sinhronizaciju sa senzorskim elementom u zavisnosti od prirode primene.

10. Literatura

- Adhikari, R. S., Moselhi, O., Bagchi, A.: Image based retrieval of concrete crack properties, *Gerontechnology* 2012; 11(2):315
- Aguilar Torres, M. A., de Luna Armenteros, E., Ordóñez Fernández, R. and González Fernández, P.: Digital image analysis for the estimation of cracked areas and the soil shrinkage characteristic curve in clay soils amended with composted sewage sludge, *Spanish Journal of Agricultural Research* (2004) 2 (3), 473-479
- Alam, P., Toivakka, M., Carlsson, R., Salminen, P., Sandås, S.: Balancing between Fold-crack Resistance and Stiffness, *Journal of Composite Materials*, Vol. 43, No. 11, 2009, pp. 1265-1283
- Alam, P., Xu, Q., Toivakka, M., Hämäläinen, H. and Syrjälä, S.: The Elastic Modulus Of Paper Coating In Tension And Compression, *Proceedings of TAPPI Coating and Graphic Arts Conference*, Miami, Florida, USA, 2007
- Andersson, C.: New Ways to Enhance the Functionality of Paperboard by Surface Treatment, 2008, *Packaging Technology and Science*, Vol.21, No. 6, pp: 339–373
- Anon.: Relationship between combined board scoreline cracking and lineboard properties, Summary Report, Project 2695-17, The Institute of Paper Chemistry, Appleton, Wisconsin, USA, 1974
- Apro, M., Novaković, D., Jasić, I.: Istraživanje optimalnih radnih parametara savremenih sistema za savijanje, *Zbornik radova: Naučno – stručni simpozijum*, GRID 08 Novi Sad, Srbija, 2008, pp. 209-216
- Apro, M., Novaković, D., Pal, Sz.: Evaluation of image segmentation algorithms for folded substrate analysis, in: *Advances in Printing and Media Technology*, Vol.XXXVIII, Edited by: N. Enlund and M. Lovreček, 2011, pp. 209-217
- Apro, M., Novaković, D., Pal, Sz.: Investigation of optimal parameter set of the objective quality estimate of folded paper, *IXth Seminar in Graphic Arts*, Pardubice, Czech Republic, 2009, pp. 99-104
- Apro, M., Novaković, D., Pal, Sz.: Objective fold quality evaluation, in: *Proceedings of "Blaž Baromić" International Conference on printing, design and graphic communications*, Senj, Croatia, 2009, pp. 21-24
- Apró, M., Novaković, D., Pál, Sz., Dedijer, S., Milić, N.: Colour space selection for entropy-based image segmentation of folded substrate images, *Acta Polytechnica Hungarica – Journal of Applied Sciences*, 2013, Vol 10, No. 1, pp. 43-62, ISSN: 1785-8860
- Argaw, G. A.: Sugar crystal size characterization using digital image processing, PhD thesis, University of KwaZulu-Natal, Durban, South Africa, 2007, [Online] Dostupno na: http://researchspace.ukzn.ac.za/xmlui/bitstream/handle/10413/1490/Argaw_Getachew_Abebe_2007.pdf?sequence=1 [Pristupljeno: 14.3.2013.]
- Barbaric-Mikocevic, Z., Plazonic, I., and Dzimbeg-Malcic, V.: The deinkability improvement of offset prints made from a two-side coated substrate, *BioResources*, 2013, Vol. 8, No. 1, pp. 557-570

- Barbier, C., Larsson, P.-L., Östlund, S.: Experimental investigation of damage at folding of coated papers, *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, Vol. 17. No. 1, 2002, pp. 34-38
- Barbier, C., Larsson, P.-L., Östlund, S.: Numerical investigation of folding of coated papers, *Composite Structures*, 67, 2005, pp. 383-394
- Barbier, C., Larsson, P.-L., Östlund, S.: On dynamic effects at folding of coated papers, *Composite Structures*, 67, 2005, pp. 395-402
- Barbier, C., Larsson, P.-L., Östlund, S.: On the effect of high anisotropy at folding of coated papers, *Composite Structures*, 72, 2006, pp. 330-338
- Barbier, C., Rättö, P., Hornatowska, J.: Coating models for an analysis of cracking behaviour between folded paper and creased board, 12th TAPPI Advanced Coating Fundamentals Symposium, Atlanta GA, USA, 2012
- Barbieri, L., de Arruda, G. F., Rodrigues, F.A., Bruno, O. M., da F. Costa, L.: An entropy-based approach to automatic image segmentation of satellite images, *Physica A*, Vol. 390, 2011, pp. 512-518
- Bergman, L. Verikas, A., Bacauskiene, M.: Unsupervised colour image segmentation applied to printing quality assessment, *Image and Vision Computing*, Vol. 23, No. 4, 2005, pp. 417-425
- Bialas, M., Majerus, P., Herzog, R., Mroz, R.: Numerical simulation of segmentation cracking in thermal barrier coatings by means of cohesive zone elements, *Materials Science and Engineering: A* Vol. 412, No. 1-2, 2005, pp. 241-251
- Blackledge, J. M.: *Digital image processing - Mathematical and computational methods*, 2005, Horwood publishing, ISBN 1-898563-49-7
- Bojković, Z., Martinović, D.: *Osnove multimedijalnih tehnologija - udžbenik*, 2011, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd, ISBN: 978-86-7982-105-8
- Brandon, D., Kaplan, W. D.: *Microstructural Characterization of Materials*, 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, 2008, ISBN 978 0 470 02785 1
- Canon, Canon CanoScan 5600F – tehnička dokumentacija, [Online], Dostupno na: http://www.canon.rs/For_Home/Product_Finder/Scanners/Flatbed/canoscan_5600F, [Pristupljeno 10.2.2014.]
- Canon, Canon EOS 550D– tehnička dokumentacija, [Online], Dostupno na: http://www.canon.rs/For_Home/Product_Finder/Cameras/Digital_SLR/EOS_550D, [Pristupljeno 10.2.2014.]
- Carlsson, L., Fellers, C., Westerlind, B.: Finite element analysis of the Creasing and Bending of Paper, *Svensk Papperstidning*, 85, pp: 121-126, 1982
- Carson, F. T., Worthington, F. V.: Critical study of the bursting strength test for paper, *Bureau of Standards Journal of Research*, Vol. 6, pp: 339-353, 1930
- Chen, Z. and Hutchinson, T. C.: Image-Based Framework for Concrete Surface Crack Monitoring and Quantification, *Advances in Civil Engineering*, Volume 2010 (2010), Article ID 215295, 18 pages, doi:10.1155/2010/215295
- Cheng, H., Jiang, X., Sun, Y., Wang, J.: Color image segmentation: advances and prospects, *Pattern Recognition*, Vol. 34, No. 12, 2001, pp. 2259-2281

- Chinga-Carrasco, G., Kauko, H., Myllys, M., Timonen, J., Wang, B., Zhou, M., Fossum, J.O.: New advances in the 3D characterization of mineral coating layers on paper, *Journal of Microscopy*, Vol. 232, No. 2, 2008, pp. 212–224
- Chinga-Carrasco, G.: Microscopy and computerized image analysis of wood pulp fibres multiscale structures, *Microscopy Book Series*. Edited by Méndez-Vilas A. and Díaz J. Formatex; 2011, pp. 2182- 2189
- Chinga-Carrasco, G.: Structural studies of LWC paper coating layers using SEM and image analysis techniques, PhD thesis, Norwegian University of Science and Technology, Department of Chemical Engineering, 2002, (Online) Dostupno na: http://www.chemeng.ntnu.no/thesis/download/2002/Chinga_Gary/GaryChingasPhDUptated.pdf [Pristupljeno 25.8.2013.]
- Choi, D. D., Lavrykov, S. A., Ramarao, B. V.: Delaminating in the scoring and folding of paperboard, *TAPPI journal*, Vol. 11, No. 1, 2012, pp. 61-66
- Colley, J.: The creasing cracking tendency of light-weight coated magazine papers part I: development of test method, *Appita*, 35 (4), 299-302, 1982
- Colley, J.: The creasing cracking tendency of light-weight coated magazine papers part II: factors affecting crease cracking tendency, *Appita*, 35 (6), 499-504, 1982
- Conceicao, S., Santos, N.F., Velho, J., Ferreira, J.M.F.: Properties of paper coated with kaolin: The influence of the rheological modifier, *Applied Clay Science*, Vol. 30, No. 3-4, 2005, pp. 165–173
- Corscadden, K. W., Trepanier, R. J.: Online Measurement of Dirt Specks in Sheets, in: *Proceedings of Engineering, Pulping, and Environmental Conference*, 5-8 November 2006, Atlanta, Georgia, USA, 2006, pp. 476-486
- Cvetković, D.: *Računarska grafika*, 2006, CET, Beograd, ISBN: 9788679912879
- Czichos, H., Saito, T., Smith, L.: *Handbook of Materials Measurement Methods*, Springer, 2006, ISBN: 978-3-540-30300-8
- Dahlström, C., Uesaka, T., Norgren, M.: Base Sheet Structures that Control Coating Uniformity: Effects of Length Scale, in *Proceedings of 10th Advanced Coating Fundamentals Symposium*, TAPPI, Quebec, Montreal, Canada, June 2008, pp. 124-133
- Dahlström, C.: Quantitative microscopy of coating uniformity, PhD thesis, Mid Sweden University, Department of Natural Sciences, Engineering and Mathematics, Sweden, 2012, [Online] Dostupno na: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:534006/FULLTEXT01.pdf> [Pristupljeno 20.06.2013.]
- Donoser, M., Wiltsche, M., Bischof, H., Bauer, W.: Paper Coating Layer Analysis based on Computer Vision Methods, *Proceedings of 7th International Conference on Quality Control by Artificial Vision*, Nagoya, Japan, 2005 [Online] Dostupno na: http://www.icg.tugraz.at/Members/donoser/QCAV_2005.pdf [Pristupljeno 12.12.2013]
- Drobchenko, A., Kamarainen, J-K., Lensu, L., Vartiainen, J., Kälviäinen, H., Eerola, T.: Thresholding-based detection of fine and sparse details, *Front. Electr. Electron. Eng. China*, 6(2): pp: 328–338, 2011, DOI 10.1007/s11460-011-0139-x
- Efford, N.: *Digital Image Processing - A Practical Introduction Using Java*, 2000, Pearson Education Limited, Essex, England, ISBN 0-201 -59623-7

Ek, M., Gellerstedt, G., Henriksson, G.: Paper Products Physics and Technology, Pulp and Paper Chemistry and Technology Volume 4, de Gruyter, Berlin, 2009, ISBN 978-3-11-021345-4

Eklund, J., Österberg, B., Eriksson, L., Eindenvall, L.: Finishing of digital prints – a failure mapping, in: Proceedings of the International Congress on Digital Printing Technologies, IS&T NIP 18, San Diego, California, USA, 2002, pp. 712-715, (Online) Available from: www.t2f.nu/t2frapp_f_56.pdf [Accessed 5 May 2008]

Englund, C. Verikas, A.: Ink feed control in a web-fed offset printing press, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, Vol. 39, No.9-10, pp. 919-930

Fahlcrantz, C.-M: On the evaluation of print mottle, PhD thesis, KTH, School of Computer Science and Communication, Stockholm, Sweeden, 2005, [Online] Dostupno na: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:14329/FULLTEXT01.pdf>, [Pristupljeno 18.02.2014.]

Feddrigoni, (nd), tehnička dokumentacija za Symbol Freelife Gloss premazni papir, [Online] Dostupno na: http://www.feddrigoni.de/cms/upload/Technische_Datenblaetter/Symbol/Symbol_Freelife_Gloss.pdf [Pristupljeno 20.04.2014.]

Ferreira, T., Rasband, W.: ImageJ User Guide, IJ 1.46r, Revised edition, 2012, [Online] Dostupno na: <http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf> [Pristupljeno 05.10.2013.]

FOGRA, Zvanična internet srtanica, Fogra - Forschungsgesellschaft Druck e.V., 2014

Gélinas, V., Vidal, D.: Determination of particle shape distribution of clay using an automated AFM image analysis method, *Powder Technology*, 2010; Vol 203, No. 2, pp. 254-264

Giampieri, A., Perego, U. Borsari, R.: A constitutive model for the mechanical response of the folding of creased paperboard, *Internatonal Journal of Solids and Structures*, Vol. 48, No. 16-17, 2011, pp. 2275-2287

Gidlöf, V., Granås, J., Dahlström, M.: Functionality in Digital Packaging Printing, in: Proceedings of the TAGA conference, San Antonio, Texas, USA, 2004 [Online] Dostupno na: http://www.t2f.nu/t2frapp_f_140.pdf [Pristupljeno 08.05.2008.]

Gong, R., Fleming, P. D., Rosenberger, R.: Application of Wet Image Analysis on Recycled Paper Ink Elimination Evaluation, NIP28: International Conference on Digital Printing Technologies and Digital Fabrication 2012, Quebec, Canada; September 2012; pp. 543-546; ISBN/ISSN: 978-89208-302-2, [Online] Dostupno na: <http://homepages.wmich.edu/~ckw8577/Application%20of%20Wet%20Image%20Analysis%20on%20Recycled%20Paper%20Ink%20Elimination%20Evaluation%20final.pdf> [Pristupljeno: 10.04.2014.]

Gong, R.: New Approaches on Deinking Evaluations, PhD thesis, Paper and Imaging Science and Engineering Western Michigan University, 2013, [Online] Dostupno na: <http://scholarworks.wmich.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1186&context=dissertations>, [Pristupljeno 20.05.2014.]

González, R. C., Woods, R. E., Eddinns, S.L.: Digital Image Processing Using MATLAB, 2009, Gatesmark Publishing, Second edition, ISBN number 9780982085400

González, R. C., Woods, R. E.: Digital Image Processing, 2002, Prentice Hall, New Jersey, Second edition, ISBN: 978-0201180756

Graves, M.: Computer Technology Encyclopedia: Quick Reference for Students and Professionals, 2008, Delmar, Cengage Learning, NY, USA, ISBN: 978-1428322363

Grönfors, J.: Use of fillers in paper and paperboard grades, MSc thesis, Tampere University of Applied Sciences, International Pulp and Paper Technology, Finland, 2010, [Online] Dostupno na:

http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/16226/Gronfors_Jarkko.pdf?sequence=1, [Pristupljeno 18.02.2014.]

Guyot, C., Bacquet, G., Schwob, J. M.: Folding resistance of magazine papers, Proceedings of TAPPI Coating Conference, Orlando, FL, USA, May 17-20, pp: 255-268, 1992

Heineman, G.T., Councill, W.T.: Component-Based Software Engineering: Putting the Pieces Together, 2001, Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA, ISBN:0-201-70485-4

Hewage, R. U., Sonnadara, D. U. J.: Color Image Segmentation Technique for Screen Printing, Proceedings of the Technical Sessions, Vol. 27, 2011, pp. 60-67, (Online) Dostupno na: <http://www2.bibl.liu.se/liupubl/disp/disp2006/tek1050s.pdf> [Pristupljeno: 12.04.2012.]

Holik, H.: Handbook of Paper and Board, Volume 1-2, Second, Revised and Enlarged Edition, Wiley-VCH, 2013, ISBN: 978-3-527-65252-5

Huang, H. Nygårds, M.: A simplified material model for finite element analysis of paperboard creasing, Nordic Pulp & Paper Research Journal, Vol. 25, No. 4, 2010, pp. 505-512

Huang, H. Nygårds, M.: Numerical and experimental investigation of paperboard folding, Nordic Pulp & Paper Research Journal, Vol. 26, No. 4, 2011, pp. 452-467

Huang, H.: Numerical and Experimental Investigation of Paperboard Creasing and Folding, Licentiate Thesis No. 111, 2012, KTH School of Engineering Science, Department of Solid Mechanics, BiMaC Innovation, Royal Institute of Technology, SE-100 44 Stockholm Sweden, [Online], Dostupno na: kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:403839/FULLTEXT02, [Pristupljeno: 22.04.2012.]

Husband, J. C., Gate, L. F., Norouzi, N., Blair, D.: The influence of kaolin shape factor on the stiffness of coated papers, TAPPI Journal, 2009, pp. 12-17

ImageJ, Homepage: Image Processing and Analysis in Java, Plug-ins, 2011 (Online) Dostupno na: <http://rsbweb.nih.gov/ij/plugins/index.html#segmentation>, [Pristupljeno: 15.03.2011.]

International Standard: ISO 12647-2: 2004 – offset printing, 2004 - Graphic technology -- Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints -- Part 2: Offset lithographic processes

International Standard: ISO 24790:2012 - Information technology - Office equipment - Measurement of image quality attributes for hardcopy output - Monochrome text and graphic images

International Standard: ISO 4628-1-10:2003, Paints and varnishes. Evaluation of degradation of coatings. Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance.

Jopson, R. N., Towers, K.: Improving fold quality in coated papers and boards – the relationship between base stock and coating, Proceedings of TAPPI Coating Conference, Atlanta, GA, USA, pp: 459-477, 1995

Kim, C.-K., Lim, W.-S., Lee, Y.K.: Studies on the fold-ability of coated paperboard (I): Influence of latex on fold-ability during creasing/folding coated paperboard, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 16, No. 5, 2010, pp. 842-847

Kritzinger, J., Bauer, W., Hunziker, P., Kässberger, M.: Quantification of the penetration of coating pigments into the base paper determined by automated serial sectioning, PAPERCON 2011, TAPPI Coating Conference, Covington, KY, USA, 01-04,05, 2011.

Kugge, C., Craig, V. S. J., Daicic, J.: A scanning electron microscope study of the surface structure of mineral pigments, lattices and thickeners used for paper coating on non-absorbent substrates, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, Vol. 238, No. 1, 2004, pp. 1-11

Lee, S., Chang, L.-M., Skibniewski, M.: Automated recognition of surface defects using digital color image processing, Automation in Construction, Vol. 15, No. 4, 2006, pp. 540 – 549

Lucia, L. A., Willett, B., Korppi-Tommola, J.: Laser-induced plasma emission spectroscopy (LIPS): A useful analytical tool for the surface chemical characterization of coated paper materials, BioResources, 2006, Vol. 1, No. 1, pp. 75-92

Marques, O.: Practical Image and Video Processing Using MATLAB, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 2011

Maurer, H. W.: Starch in the Paper Industry, in: Starch: Chemistry and Technology, Third Edition, Elsevier, 2009, ISBN: 978-0-12-746275-2

McMahon, J.: Modelling Coating on the Surface of Paper for Quality Assurance, MSc thesis, Trent University, Faculty of Arts and Science, Peterborough, Ontario, Canada, 2000, [Online] Dostupno na: http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk1/tape3/PQDD_0015/MQ48582.pdf [Pristupljeno 24.04.2014.]

Medina-Carnicer, R. Madrid-Cuevas, F. J.: Unimodal thresholding for edge detection, Pattern Recognition 41 (2008) 2337 – 2346

Metz, R.: Reduzierung der Falzbruchneigung von Druckpapieren durch gezielte Vorbehandlung im Falzbereich, PTS-Forschungsbericht IGF 15630, Prophylaxe/Falzbruch, Papiertechnische Stiftung PTS, München, 2010 [Online] Dostupno na: http://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/Dokumente/Forschung/Forschungsprojekte/IGF_15630.pdf [Pristupljeno 14.12.2013]

Modgi, S., McQuaid, M. E., Englezos, P.: SEM/EDX analysis of Z-direction distribution of mineral content in paper along the cross-direction, Pulp & Paper Canada 107(5): T124-127, 2006, pp: 48-51

Montgomery, D. C., Runger, G.C.: Applied Statistics and Probability for Engineers, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2003, ISBN 0-471-20454-4.

Nacereddine, N., Hamami, L., Tridi, M. and Oucief, N.: Non-Parametric Histogram-Based Thresholding Methods for Weld Defect Detection in Radiography, World Academy of Science, Engineering and Technology 9 2005, pp: 213-217

Nakamura, J.: Image sensors and signal processing for digital still cameras, Taylor & Francis, 2006, ISBN: 978-0-8493-3545-7

Newman, T. S.: A Survey of Automated Visual Inspection, Computer Vision and Imaging Understanding, Vol. 61, No. 2, 1995, pp. 231-262

Ng, H.-F.: Automatic thresholding for defect detection, Pattern Recognition Letters, Vol 27, No 14, 2006, pp. 1644-1649

Nygårds, M., Hallback, N., Just, M., Tryding, J.: A finite element model for simulations of creasing and folding of paperboard, ABAQUS users' conference proceedings, 2005, Stockholm, Sweden, pp. 373-387

Nygårds, M., Just, M., Tryding, J.: Experimental and numerical studies of creasing of paperboard, International Journal of Solids and Structures, Vol. 46, No. 11-12, 2009, pp. 2493-2505

Olympus, Olimpus BX – 51– tehnička dokumentacija, [Online], Dostupno na: <http://www.olympusmicro.com/brochures/pdfs/bx51.pdf> [Pristupljeno 10.2.2014.]

Pál, M., Koltai, L., Novaković, D., Dedijer, S., Draganov, S.: Characterisation of fold-crack resistance of coated papers by tensile and Mullen burst test, 6. International Symposium on Graphic Engineering and Design, GRID, Novi Sad: Fakultet Tehničkih Nauka, 15-16 Novembar, 2012, pp. 311-316, ISBN 978-86-7892-457-6

Pál, M., Novaković, D., Pavlović, Ž., Dedijer, S.: Influence of the scanning resolution on image segmentation accuracy for an objective fold cracking evaluation, 11. Seminar in Graphic Arts, Pardubice: University of Pardubice, Department of Graphic Arts and Photophysics, 17-18 Jun, 2013, pp. 138-143

Pallant, J.: Postupni vodič kroz analizu podataka pomoću SPSS-a za Windows, (verzija 15), prevod 3. Izdanja, Allen&Unvin, Mikro knjiga, Beograd, 2007

Park, M., Jin, J. S., Au, S. L., Luo, S., Cui Y.: Automated Defect Inspection Systems by Pattern Recognition, International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 2 (2), 2009, pp. 31-42

Popil, R. E.: Prediction of Fold-Cracking Propensity through Physical Testing, Tappi PaperCon Conference, Atlanta, GA, USA, 2010, [Online] Dostupno na: <http://www.tappi.org/Downloads/Conference-Papers/2010/PaperCon-2010-Conference/10PAP101.aspx> [Pristupljeno 19.08.2011.]

Popović, M. V.: Digitalna obrada slike, Akademska misao, Beograd, 2006

Puhakka, T., Kajato, I., Pykalainen, N.: A method for measuring the in-plane compressive strength and the compression behaviour of coating layers, TAPPI Journal, July 2011, pp. 29-34

Rättö, P., Hornatowska, J., Changhong, X. Terasaki, O.: Cracking mechanisms of clay-based and GCC-based coatings, *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 2011, Vol. 26, No. 4, pp. 485-492

Rättö, P., Hornatowska, J.: Dynamic aspects of crack development in coating layers, 11th TAPPI Advanced Coating Fundamentals Symposium, Munich, Germany 2010

Rättö, P., Hornatowska, J.: The influence of coating colour composition on the crack area after creasing, *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, Vol. 25, No. 4, 2010, pp. 488-494

Rosin, P. L.: Unimodal thresholding, *Pattern Recognition* 34, 2001, pp. 2083-2096

Rosin, P.L., Ioannidis, E.: Evaluation of global image thresholding for change detection, *Pattern Recognition Letters*, Vol. 24, No. 14, 2003, pp. 2345-2356

Rudat, M. Dahling, D. Burkhart, H.: Der Restbruchwiderstand gestrichener Offsetpapiere: Eine Aufforderung an die Papierherstellung und Drucktechnik, PTS Streicherei Symposium Proceedings, 1993, pp. 206-212

Sadovnikov, A., Salmela, P., Lensu, L., Kamarainen, J.-K. and Kälviäinen, H.: Mottling Assessment of Solid Printed Areas and Its Correlation to Perceived Uniformity, 14th Scandinavian Conference, SCIA 2005, Joensuu, Finland, June 19-22, 2005. Proceedings, pp. 409-418

Sadovnikov, A.: Computational evaluation of print unevenness according to human VISION, PhD thesis, Lappeenranta University of Technology, Finland, 2010, [Online] Dostupno na:

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/66316/isbn%209789522650142.pdf?sequence=1> [Pristupljeno 20.06.2013.]

Salminen, P., Carlsson, R., Sandas, S., Toivakka, M., Alam, P., Roper, J.: Combined Modeling and Experimental Studies To Optimize The Balance Between Fold Crack Resistance And Stiffness For Multilayered Paper Coatings – Part 1: Introduction And Modeling Studies, Tappi PaperCon Conference, 2008, Dallas, TX, USA

Salminen, P., Carlsson, R., Sandas, S., Toivakka, M., Alam, P., Roper, J.: Combined Modeling and Experimental Studies To Optimize The Balance Between Fold Crack Resistance And Stiffness For Multilayered Paper Coatings – Part 2: Pilot Coater Experimental Studies, Tappi PaperCon Conference, 2008, Dallas, TX, USA

Sandhu, P. S., Juneja, M., Walia, E.: Comparative Analysis of Edge Detection Techniques for extracting Refined Boundaries, *International Association of Computer Science & Information Technology (IACSIT)*, Vol.3, 2011, pp. 1-10

SAPPI: Folding and creasing, Sappi's Technical brochures, 2nd, revised edition, 2006, [Online] Dostupno na: <http://www.sappi.com/NR/rdonlyres/F3F8F3B0-89B8-4528-9684-7D40C7A5817A/0/FoldingandCreasing.pdf> [Pristupljeno 20.04.2008.]

Shang, H.-C., Chen, Y.-P. Yu, W.-Y., Zhou, Z.-D.: Online auto-detection method and system of presswork quality, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2007, Vol. 33, No.7-8, pp. 756-765

Shouche, S.P., Rastogi, P. Bhagwat, S.G., Sainis, J.K.: Shape analysis of grains of Indian wheat varieties, *Computers and Electronics in Agriculture*, 2001, Vol. 33, No. 1, pp. 55-76

Sim, K., Youn, H.J., Oh, K.-D. Hak Lae Lee, H. L., Han, C. S., Yeu, S. U., Lee, Y. M.: Fold cracking of coated paper: The effect of pulp fiber composition and beatin, *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, Vol 27, No. 2, 2012, pp. 445 – 450, doi: 10.3183/NPPRJ-2012-27-02-p445-450

Sinha, S. K.: Automated Underground Pipe Inspection Using a Unified Image Processing and Artificial Intelligence Methodology, PhD thesis, University of Waterloo, Civil Engineering and Systems Design Engineering, Waterloo, Ontario, Canada, 2000, [Online] Dostupno na: <http://ocho.uwaterloo.ca/Research/Theses/sinhaphd.pdf> [Pristupljeno 12.3.2013.]

Sixta, H.: *Handbook of Pulp*, 2006, Wiley-VCH, ISBN: 978-3-527-30999-3

Smith, G. E.: The Invention and early history of the CCD, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, Volume 607, 2009, pp.1-6

Solomon, C., Breckon, T.: *Fundamentals of Digital Image Processing A Practical Approach with Examples in Matlab*, John Wiley & Sons, 2011, ISBN: ISBN 978 0 470 84472 4

SRPS EN ISO 534:2008 - Papir i karton — Određivanje debljine, gustine i specifične zapremine

SRPS H.N8.207:1983 - Ispitivanje papira, kartona i lepenke. klimatiziranje uzoraka. Standardni uslovi (23/50)

SRPS H.N8.210:1983 - Ispitivanje papira i kartona - Određivanje otpornosti prema prskanju po Mulenu

SRPS H.N8.212:1991 - Ispitivanje papira i kartona. uzimanje uzoraka za određivanje prosečnog kvaliteta.

SRPS ISO 1924-1:1997 - Određivanje svojstava pri zatezanju - Metoda sa konstantnom brzinom primenjenog opterećenja

SRPS ISO 536:1997 - Papir i karton - određivanje gramature

SRPS ISO 8791-2:1993 - Određivanje hrapavosti/glatkosti (metode propuštanja vazduha) - Deo 2: Metoda po Bensenu

Streckel, B., Steuernagel, B., Falkenhagen, E., Jung, E.: Objective Print Quality Measurements Using a Scanner and a Digital Camera, DPP 2003 : IS&Ts International Conference on Digital Production Printing and Industrial Applications, pp. 145-147

Ström, G., Hornatowska, J., Changhong, X., Terasaki, O.: A novel SEM cross-section analysis of paper coating for separation of latex from void volume, *Nordic Pulp and Paper Research Journal* Vol. 25, No. 1, 2010, pp. 107-113

Strouthopoulos, C., Papamarkos, N.: Multithresholding of mixed-type documents, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 13, 2000, pp. 323-343

Sun Chemical, *WORLD SERIES – Sheetfed offset printing ink*, Technical information, [Online] Dostupno na: <http://www.monokrousos.gr/files/World%20Series.pdf> [Pristupljeno 14.03.2004.]

T 211 om-93 – TAPPI, Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C

Takemetoyo, Y., Miyauchi, H., Lacasse, M. A., Enomoto, N., Ito, A., Tanaka, K.: Quantification of surface crack damage of construction sealants, in proceedings of

International Conference on Building Envelope Systems and Technology, Bath, UK, 2007, pp. 331-340

Tappi standard: T 403 om-97, Bursting strength of paper, Physical Properties Committee of the Process and Product Quality Division, TAPPI

Tchan, J., Thompson, R.C., Manning, A.: The Use of Neural Networks in an Image Analysis System to Distinguish Between Laser Prints and Their Photocopies, *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 44, No. 2, 2000, pp. 132-144

Trepanier, R. J., Jordan, B. D., Nguyen, N. G.: Specific perimeter: a statistic for assessing formation and print quality by image analysis, Vol. 81, No.10, *TAPPI JOURNAL*, pp: 191-196, 1998

UPM, Recommendations for prepress and printers, Technical guide, 2010 [Online]
Dostupno na: http://www.upm.com/EN/ABOUT-UPM/Downloads/Paper/Documents/UPM_Printing_Guidelines_en.pdf [Pristupljeno 17.04.2014.]

UPM, Testing and selecting papers, *Printing and Paper Fact Book – Sheet-fed offset press*, Edition 1, 2008

Verikas, A., Lundstrom, J., Bacauskiene, M., Gelzinis, A.: Advances in computational intelligence-based print quality assessment and control in offset colour printing, *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 10, 2011, pp. 13441-13447

Vrkljan, D.: Karbonatne mineralne sirovine, Skripta, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2010, [Online] Dostupno na: http://rgn.hr/~mklanfar/nids_mklanfar/TEHNOLOGIJA%20NEMETALA/Karbonati.pdf, [Pristupljeno 1.04.2014.]

Wibowo, H. I. A.: Rule based wood knot defect image classification, Master thesis, Vision and robotics, Le Creusot, France, 2010, (Online), Dostupno na: http://gradvibot.u-bourgogne.fr/2009-2010/24_wibowo.pdf [Pristupljeno: 23.09.2012.]

Xia, C. Z., Hutchinson, J. W.: Crack patterns in thin films, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, Vol. 48, 2000, pp. 1107-1131

Yam, K. L., Papadakis, S. E.: A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces, *Journal of Food Engineering* 61 (2004), pp. 137–142

Yang, A., Xie, Y.: From Theory to Practice: Improving the Foldcrack Resistance in Industrially Produced Triple Coated Paper, Tappi PaperCon Conference Covington, Kentucky, USA, 2011, pp. 1845-1858

11. Prilozi

I - MATLAB programski kod razvijenog algoritma

II - Tabelarni prikaz rezultata obeležja po metodama digitalizacije

III - Tabelarni prikaz rezultata statističke analize po metodama digitalizacije

IV - Tabelarni prikaz rezultata analize korelacije

Prilog I

MATLAB kod razvijenog algoritma

```
function [white_pixel_percentage, crack_line_ratio, distribution_ratio] = final (input_folder,
input_file, output_folder, output_file)
image_name = strcat(input_folder,input_file);
red_channel_file = strcat(output_folder,'redchannel_',output_file);
tresholded_file=strcat(output_folder,'tresholded_',output_file);
detekted_line_file=strcat(output_folder,'detekted_',output_file);
edges_detected_line_file=strcat(output_folder,'edges_',output_file);
```

% učitavanje slike i izdvajanje crvenog kanala

```
original_RGB = imread(image_name);
Redchannel=original_RGB (:,:,1);
imwrite(Redchannel,red_channel_file,'BMP');
[Redchannel_indexed,map]=imread(red_channel_file);
grey_original=ind2gray(Redchannel_indexed,map);
```

% provera formata

```
[height, width] = size(grey_original);
if width > height;
    grey_I = imrotate(grey_original,90);
else
    grey_I = grey_original;
end
[height, width] = size(grey_I);
```

% segmentacija – Otsu algoritam

```
threshold = graythresh(grey_I);
I = im2bw(grey_I,threshold);
imwrite(I,tresholded_file,'BMP');
```

% određivanje srednje vrednosti širine maske

```
crop_height = round(height/10);
cropped_I_1 = imcrop (I, [0 0 width crop_height]);
cropped_I_2 = imcrop (I, [0 crop_height width crop_height-1]);
cropped_I_3 = imcrop (I, [0 2*crop_height width crop_height-1]);
cropped_I_4 = imcrop (I, [0 3*crop_height width crop_height-1]);
cropped_I_5 = imcrop (I, [0 4*crop_height width crop_height-1]);
cropped_I_6 = imcrop (I, [0 5*crop_height width crop_height-1]);
cropped_I_7 = imcrop (I, [0 6*crop_height width crop_height-1]);
cropped_I_8 = imcrop (I, [0 7*crop_height width crop_height-1]);
cropped_I_9 = imcrop (I, [0 8*crop_height width crop_height-1]);
cropped_I_10 = imcrop (I, [0 9*crop_height width crop_height-1]);
hist_zonak = [(sum (cropped_I_1, 1)); (sum (cropped_I_2, 1)); (sum (cropped_I_3, 1)); (sum
(cropped_I_4, 1)); (sum (cropped_I_5, 1)); (sum (cropped_I_6, 1)); (sum (cropped_I_7, 1)); (sum
(cropped_I_8, 1)); (sum (cropped_I_9, 1)); (sum (cropped_I_10, 1))];
[KP_o, index_o] = max(hist_zonak');
hist_treshold_v = KP_o ./ 2;
hist_maszkolo = zeros (10, width);
min_i = [-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1];
max_i = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
```



```

for n=1:10
    for i=1:width
        if hist_zonak (n,i) > hist_treshold_v (n)
            hist_maszkolo (n,i)= hist_zonak (n,i);
            if min_i (n) == -1
                min_i (n) = i;
            end
            max_i (n) = i;
        end
    end
end
whitecount_zones = sum (hist_zonak, 2);
whitecount = sum(sum(I));
hist_thres_width_average = round(((sum ((max_i - min_i)* whitecount_zones)) /
whitecount)+width*0.1);
% +width*0.1 - za skenirane i za fotografisane uzorke
% +width*0.05 - za mikroskopske slike

% detekcija linije Hough-ovom transformacijom i koordinate
[H, T, R] = hough(I);
P = houghpeaks(H,2);
lines = houghlines(I,T,R,P,'FillGap',1000,'MinLength',3);
max_len = 0;
for k = 1:length(lines)
    xy = [lines(k).point1; lines(k).point2];
    len = norm(lines(k).point1 - lines(k).point2);
    if ( len > max_len)
        max_len = len;
        xy_long = xy;
    end
end
x_1 = xy_long (1,1);
y_1 = xy_long (1,2);
x_2 = xy_long (2,1);
y_2 = xy_long (2,2);
K = (y_2 - y_1)/(x_2 - x_1);
L = y_1-x_1*(y_2 - y_1)/(x_2 - x_1);

% maskiranje detektovane linije savijanja
detekted_line = zeros (height, width);
for a = 1:height
    if x_1 == x_2
        x_center = x_1;
    else
        x_center = (a - L)/K;
    end
    for b = 1:width
        if b <(x_center - hist_thres_width_average/2) || b >(x_center + hist_thres_width_average/2);
            detekted_line (a,b)= 0;
        else
            detekted_line (a,b) = I (a,b);
        end
    end
end

```

```

end
end
imwrite(detekted_line,detekted_line_file,'BMP');

% procenat belih piksela (A)
blackcount = sum(sum(I == 0));
whitecount = sum(sum(I));
whitecount_detekted_line = sum(sum(detekted_line)); % za ugao 0° ovo ne treba
white_pixel_percentage = (whitecount_detekted_line / (whitecount + blackcount))*100; % za
ugao 0° ovo ne treba

% odnos obima i površine oštećenja (B)
edges_detekted_line = zeros (height,width);
for a = 2:height-1
    sum_sum = -1;
    sum1 = 0;
    sum2 = 0;
    sum3 = 0;
    for b = 2:width-1
        if detekted_line (a,b)== 1
            if sum_sum == -1
                sum1= sum (detekted_line(a-1:a+1, b-1));
                sum2= sum (detekted_line(a-1:a+1, b));
                sum3= sum (detekted_line(a-1:a+1, b+1));
                sum_sum = sum1 + sum2 + sum3;
            else
                sum_sum = sum_sum - sum1;
                sum1= sum2;
                sum2= sum3;
                sum3= sum (detekted_line(a-1:a+1, b+1));
                sum_sum = sum_sum + sum3;
            end
            if (sum_sum > 2) && (sum_sum < 9)
                edges_detekted_line (a,b) = 1;
            end
        else
            sum_sum = -1;
        end
    end
end
end
crack_edge_lenght = sum(sum(edges_detekted_line));
crack_line_ratio = crack_edge_lenght / whitecount_detekted_line; % za sve uglove osim 0°
imwrite(edges_detekted_line,edges_detected_line_file,'BMP');

% distribucija oštećenja (C) – za sve uglove osim 0°
toreseloszlas = sum (detekted_line, 2);
average = mean (toreseloszlas);
limit = 0.8* average;
abovelimit = 0;

```

```

for h = 1:height
    if toreseloszlas(h) > limit
        abovelimit = abovelimit + 1;
    end
end
distribution_ratio = (abovelimit / height)*100;
end

```

% distribucija oštećenja (C) – za ugao 0°

```

[height, width] = size(I);
crop_width = round(width/4);
crop_height = round(height/25);
toreseloszlas = zeros (4, 25);
for width = 1:4
    for height = 1:25
        origin_x = (width - 1) * crop_width + 1;
        origin_y = (height - 1) * crop_height + 1;
        cropped_image= imcrop (I, [origin_x origin_y crop_width-1 crop_height-1]);
        toreseloszlas (width, height) = sum (sum(cropped_image));
    end
end
average = mean(mean(toreseloszlas));
limit = average;
abovelimit = 0;
for width = 1:4
    for height = 1:25
        if toreseloszlas(width, height) > limit
            abovelimit = abovelimit + 1;
        end
    end
end
distribution_ratio = (abovelimit / (4*25)) *100;
end

```

Prilog II

Skenirani uzorci

Tabela II.1 – Rezultati paralelno i poprečno savijenih uzoraka skeniranih sa rezolucijom od 1200 spi

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 1.61955 | 9.48 | 2.45356 | 8.41 | 2.48837 | 11.55 | 3.20396 | 12.06 | 3.45776 | 9.85 |
| 15° | 1.33553 | 36.25 | 1.64940 | 28.41 | 1.72464 | 15.80 | 2.30327 | 15.34 | 2.83636 | 21.68 |
| 30° | 1.16061 | 33.37 | 1.53994 | 26.09 | 1.59811 | 17.77 | 2.22898 | 11.94 | 2.45640 | 11.35 |
| 45° | 0.87942 | 47.37 | 1.53710 | 17.10 | 1.68702 | 20.34 | 2.04545 | 16.37 | 2.51380 | 19.17 |
| 60° | 0.79133 | 43.55 | 1.37525 | 32.07 | 1.38740 | 25.91 | 1.84464 | 17.13 | 2.22622 | 21.43 |
| 90° | 0.73289 | 34.88 | 1.40914 | 24.86 | 1.20660 | 21.27 | 1.64636 | 19.44 | 1.85295 | 13.80 |
| 180° | 0.31905 | 67.54 | 0.63894 | 30.78 | 0.68886 | 29.65 | 0.92568 | 23.68 | 0.88762 | 36.96 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 2.59800 | 13.43 | 3.12878 | 5.72 | 3.89610 | 5.09 | 4.35307 | 4.63 | 4.84592 | 8.12 |
| 15° | 1.91280 | 20.97 | 2.61008 | 22.66 | 2.94019 | 10.58 | 4.28045 | 10.44 | 4.78366 | 15.34 |
| 30° | 1.86668 | 18.76 | 2.48214 | 23.01 | 2.95496 | 9.46 | 3.86648 | 7.68 | 4.66461 | 16.12 |
| 45° | 1.86318 | 17.82 | 2.31864 | 25.79 | 3.17530 | 14.18 | 3.60086 | 12.05 | 4.49101 | 14.52 |
| 60° | 1.70411 | 13.96 | 1.91846 | 22.34 | 2.75591 | 16.11 | 3.59091 | 12.76 | 4.17150 | 17.95 |
| 90° | 1.62256 | 17.41 | 1.83080 | 32.64 | 2.53450 | 16.52 | 3.24957 | 19.09 | 3.50230 | 16.12 |
| 180° | 0.45177 | 41.06 | 0.60520 | 38.74 | 0.98107 | 18.93 | 0.87812 | 21.07 | 0.91927 | 22.31 |

Tabela II.2 - Rezultati paralelno i poprečno savijenih uzoraka skeniranih sa rezolucijom od 2400 spi

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 1.55992 | 10.99 | 2.39175 | 8.95 | 2.36718 | 11.27 | 3.13303 | 12.47 | 3.37387 | 10.65 |
| 15° | 1.32166 | 36.10 | 1.66581 | 30.33 | 1.71746 | 15.38 | 2.28101 | 15.22 | 2.84221 | 20.79 |
| 30° | 1.08131 | 40.68 | 1.52727 | 23.91 | 1.59066 | 17.47 | 2.21709 | 12.11 | 2.48112 | 12.93 |
| 45° | 0.87112 | 47.10 | 1.51475 | 16.47 | 1.67486 | 19.80 | 2.08216 | 14.53 | 2.49754 | 19.09 |
| 60° | 0.78879 | 43.00 | 1.34826 | 33.09 | 1.39575 | 26.55 | 1.88812 | 20.16 | 2.23858 | 21.61 |
| 90° | 0.73331 | 34.83 | 1.42376 | 22.10 | 1.19678 | 21.03 | 1.62468 | 21.08 | 1.92473 | 19.91 |
| 180° | 0.32091 | 66.51 | 0.68754 | 29.20 | 0.70142 | 27.26 | 0.93090 | 23.52 | 0.88569 | 36.64 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 2.59001 | 13.45 | 3.10819 | 7.16 | 3.86928 | 5.96 | 4.45308 | 6.37 | 4.82061 | 8.13 |
| 15° | 1.89519 | 21.39 | 2.54273 | 23.77 | 3.01291 | 15.71 | 4.29738 | 11.32 | 4.76259 | 15.46 |
| 30° | 1.89478 | 19.21 | 2.45127 | 22.54 | 2.98283 | 11.78 | 3.84325 | 7.76 | 4.60763 | 16.27 |
| 45° | 1.84780 | 20.81 | 2.31030 | 26.03 | 3.14186 | 14.09 | 3.49437 | 6.24 | 4.52616 | 16.75 |
| 60° | 1.72916 | 16.90 | 1.95067 | 23.66 | 2.72659 | 15.99 | 3.57483 | 11.79 | 4.18833 | 18.52 |
| 90° | 1.57920 | 20.78 | 1.82060 | 29.58 | 2.51610 | 16.70 | 3.24331 | 17.91 | 3.47231 | 15.71 |
| 180° | 0.43826 | 38.38 | 0.60432 | 41.01 | 0.97883 | 19.23 | 0.84196 | 17.50 | 0.91701 | 22.51 |

Tabela II.3 - Rezultati paralelno i poprečno savijenih uzoraka skeniranih sa rezolucijom od 4800 spi

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 1.56638 | 12.93 | 2.39895 | 10.38 | 2.38829 | 13.50 | 3.12641 | 12.98 | 3.35252 | 11.10 |
| 15° | 1.38542 | 33.61 | 1.69051 | 27.49 | 1.70360 | 17.04 | 2.29093 | 15.17 | 2.73035 | 15.07 |
| 30° | 1.10977 | 36.46 | 1.54864 | 24.41 | 1.57051 | 17.43 | 2.21004 | 13.01 | 2.52068 | 14.50 |
| 45° | 0.86971 | 47.31 | 1.56103 | 18.59 | 1.67515 | 19.90 | 2.09204 | 12.87 | 2.49680 | 18.06 |
| 60° | 0.78801 | 42.78 | 1.35645 | 31.83 | 1.39290 | 25.13 | 1.84048 | 15.95 | 2.23862 | 23.47 |
| 90° | 0.74660 | 32.34 | 1.40183 | 23.23 | 1.18941 | 18.98 | 1.59778 | 17.06 | 1.82955 | 13.97 |
| 180° | 0.34954 | 54.15 | 0.67613 | 26.66 | 0.70807 | 27.36 | 0.92805 | 22.08 | 0.88941 | 36.62 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 2.61114 | 13.18 | 3.11515 | 5.43 | 3.89000 | 4.81 | 4.44975 | 6.01 | 4.85828 | 8.05 |
| 15° | 1.90940 | 21.16 | 2.53294 | 30.50 | 3.02049 | 10.24 | 4.28656 | 11.43 | 4.76293 | 15.32 |
| 30° | 1.87211 | 16.68 | 2.42029 | 19.23 | 3.02368 | 10.33 | 3.80017 | 5.54 | 4.60763 | 16.27 |
| 45° | 1.89685 | 16.25 | 2.30030 | 25.90 | 3.14938 | 13.96 | 3.53930 | 6.04 | 4.56706 | 16.11 |
| 60° | 1.69694 | 13.45 | 1.96588 | 24.52 | 2.72175 | 15.19 | 3.64328 | 11.23 | 4.17657 | 18.63 |
| 90° | 1.61687 | 17.25 | 1.85760 | 32.36 | 2.53606 | 14.93 | 3.24521 | 18.74 | 3.44946 | 16.26 |
| 180° | 0.45322 | 37.34 | 0.62126 | 40.14 | 1.01281 | 21.21 | 0.84273 | 18.72 | 0.93652 | 21.98 |

Tabela II.4 - Rezultati odnosa obima i površine oštećenja na uzorcima skeniranih sa 1200 spi

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.55656 | 4.64 | 0.46241 | 4.85 | 0.46321 | 10.24 | 0.39073 | 5.51 | 0.37361 | 6.35 |
| 15° | 0.65843 | 11.92 | 0.60908 | 14.44 | 0.63858 | 9.75 | 0.56114 | 11.74 | 0.49951 | 15.58 |
| 30° | 0.63878 | 12.00 | 0.64210 | 12.30 | 0.66097 | 10.80 | 0.60532 | 10.36 | 0.49824 | 11.35 |
| 45° | 0.68021 | 10.76 | 0.61345 | 12.10 | 0.64089 | 10.00 | 0.61682 | 12.08 | 0.54337 | 14.89 |
| 60° | 0.69787 | 9.45 | 0.61717 | 16.13 | 0.62808 | 10.45 | 0.62800 | 11.35 | 0.49348 | 25.36 |
| 90° | 0.72659 | 6.27 | 0.59171 | 11.74 | 0.67385 | 12.01 | 0.63590 | 13.18 | 0.61923 | 8.97 |
| 180° | 0.78156 | 7.33 | 0.73019 | 10.93 | 0.77532 | 7.71 | 0.75314 | 7.74 | 0.73873 | 10.45 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.47867 | 4.80 | 0.41393 | 6.06 | 0.32553 | 3.84 | 0.29837 | 3.61 | 0.27570 | 5.64 |
| 15° | 0.63046 | 9.99 | 0.54026 | 15.60 | 0.50347 | 8.37 | 0.41069 | 5.69 | 0.31547 | 16.56 |
| 30° | 0.62141 | 10.91 | 0.51476 | 14.04 | 0.47658 | 6.38 | 0.35067 | 11.92 | 0.32910 | 13.78 |
| 45° | 0.59302 | 7.96 | 0.53060 | 13.86 | 0.44720 | 13.22 | 0.44292 | 4.65 | 0.34836 | 14.38 |
| 60° | 0.65341 | 6.55 | 0.59974 | 10.86 | 0.54365 | 11.01 | 0.42930 | 8.91 | 0.37511 | 19.15 |
| 90° | 0.65389 | 6.86 | 0.58418 | 13.76 | 0.52544 | 11.59 | 0.48333 | 15.84 | 0.38443 | 10.59 |
| 180° | 0.82031 | 3.19 | 0.80376 | 6.55 | 0.75913 | 7.31 | 0.78876 | 6.43 | 0.79271 | 3.84 |

Tabela II.5 - Rezultati odnosa obima i površine oštećenja na uzorcima skeniranih sa 2400 spi

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.33005 | 6.54 | 0.26161 | 5.80 | 0.26959 | 12.14 | 0.21678 | 6.53 | 0.20778 | 7.42 |
| 15° | 0.42389 | 17.97 | 0.37807 | 19.42 | 0.41566 | 12.21 | 0.32200 | 13.47 | 0.29253 | 18.07 |
| 30° | 0.39467 | 16.54 | 0.40380 | 16.73 | 0.44068 | 16.36 | 0.36229 | 12.69 | 0.28347 | 12.03 |
| 45° | 0.40616 | 12.77 | 0.38337 | 14.43 | 0.42088 | 13.07 | 0.37360 | 14.02 | 0.32134 | 16.55 |
| 60° | 0.48972 | 18.33 | 0.38486 | 21.39 | 0.40238 | 13.21 | 0.36344 | 16.23 | 0.30381 | 32.75 |
| 90° | 0.48406 | 11.53 | 0.36356 | 14.77 | 0.44334 | 16.56 | 0.37654 | 15.00 | 0.35797 | 15.36 |
| 180° | 0.63361 | 17.12 | 0.52328 | 17.62 | 0.55434 | 13.35 | 0.51907 | 12.87 | 0.49647 | 18.48 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.26374 | 5.63 | 0.22685 | 6.67 | 0.17434 | 3.94 | 0.15844 | 3.76 | 0.14628 | 5.99 |
| 15° | 0.37881 | 13.13 | 0.32397 | 18.19 | 0.28574 | 9.60 | 0.22420 | 6.58 | 0.16603 | 17.09 |
| 30° | 0.35895 | 12.66 | 0.29136 | 16.61 | 0.26294 | 6.41 | 0.18518 | 12.05 | 0.17426 | 14.64 |
| 45° | 0.33938 | 10.59 | 0.30345 | 17.31 | 0.24439 | 14.99 | 0.24395 | 4.98 | 0.18773 | 14.93 |
| 60° | 0.39570 | 7.90 | 0.35593 | 14.65 | 0.31132 | 9.61 | 0.22956 | 9.56 | 0.20310 | 19.92 |
| 90° | 0.39311 | 10.11 | 0.33993 | 16.71 | 0.28816 | 13.70 | 0.26621 | 17.76 | 0.22238 | 14.27 |
| 180° | 0.62460 | 12.07 | 0.58188 | 15.14 | 0.50097 | 11.49 | 0.55010 | 11.55 | 0.51771 | 7.29 |

Tabela II.6 - Rezultati odnosa obima i površine oštećenja na uzorcima skeniranih sa 4800 spi

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.17510 | 7.14 | 0.13595 | 6.37 | 0.14207 | 12.76 | 0.11267 | 7.24 | 0.10775 | 7.92 |
| 15° | 0.22863 | 20.75 | 0.20376 | 21.00 | 0.22948 | 12.96 | 0.16914 | 14.21 | 0.16124 | 14.90 |
| 30° | 0.21190 | 16.85 | 0.21843 | 18.68 | 0.24499 | 18.15 | 0.18938 | 17.25 | 0.14794 | 12.44 |
| 45° | 0.23610 | 17.63 | 0.20841 | 15.19 | 0.23214 | 14.13 | 0.20075 | 14.83 | 0.17194 | 15.87 |
| 60° | 0.28351 | 23.92 | 0.20678 | 23.67 | 0.22050 | 14.21 | 0.19865 | 15.15 | 0.17520 | 17.69 |
| 90° | 0.27094 | 13.56 | 0.19557 | 15.66 | 0.24750 | 16.79 | 0.20605 | 13.41 | 0.19891 | 17.25 |
| 180° | 0.36666 | 18.58 | 0.30909 | 17.33 | 0.31774 | 15.59 | 0.29613 | 13.67 | 0.27825 | 21.39 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.13565 | 5.97 | 0.11691 | 6.74 | 0.08888 | 3.90 | 0.08095 | 3.95 | 0.07360 | 5.72 |
| 15° | 0.20192 | 14.17 | 0.16697 | 21.09 | 0.14916 | 10.08 | 0.11560 | 6.81 | 0.08429 | 17.07 |
| 30° | 0.18747 | 13.22 | 0.15168 | 17.62 | 0.13670 | 7.10 | 0.09452 | 12.23 | 0.08902 | 14.81 |
| 45° | 0.17610 | 9.08 | 0.15877 | 18.56 | 0.12613 | 15.45 | 0.12685 | 5.43 | 0.09645 | 15.21 |
| 60° | 0.21298 | 8.43 | 0.18911 | 15.57 | 0.16316 | 9.53 | 0.11957 | 9.13 | 0.10531 | 20.00 |
| 90° | 0.20990 | 11.47 | 0.17728 | 18.28 | 0.14816 | 14.27 | 0.13797 | 18.49 | 0.11127 | 15.48 |
| 180° | 0.37444 | 15.97 | 0.33767 | 17.54 | 0.27745 | 13.19 | 0.31275 | 13.74 | 0.28791 | 8.94 |

Tabela II.7 - Rezultati distribucije oštećenja po liniji prevoja na uzorcima skeniranih sa 1200 spi

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 45.550 | 6.35 | 49.000 | 6.75 | 45.700 | 5.59 | 47.700 | 8.28 | 47.350 | 6.33 |
| 15° | 49.941 | 18.48 | 52.540 | 10.35 | 53.980 | 11.53 | 63.920 | 9.33 | 59.483 | 9.94 |
| 30° | 45.284 | 12.77 | 50.529 | 10.75 | 55.042 | 9.76 | 63.594 | 5.39 | 62.209 | 7.92 |
| 45° | 39.483 | 25.47 | 49.445 | 13.35 | 53.290 | 12.17 | 61.935 | 11.33 | 61.041 | 9.68 |
| 60° | 39.738 | 23.45 | 49.721 | 12.50 | 48.455 | 14.07 | 62.875 | 10.18 | 60.339 | 9.91 |
| 90° | 38.662 | 19.85 | 48.141 | 12.44 | 47.925 | 11.77 | 57.011 | 13.02 | 59.301 | 8.68 |
| 180° | 22.574 | 46.53 | 37.845 | 15.06 | 44.708 | 15.99 | 48.512 | 9.50 | 45.059 | 7.06 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 48.800 | 7.09 | 49.900 | 7.93 | 51.300 | 7.30 | 50.100 | 4.71 | 50.250 | 5.20 |
| 15° | 58.594 | 10.93 | 59.678 | 9.25 | 67.295 | 9.82 | 70.191 | 8.82 | 68.404 | 10.41 |
| 30° | 61.837 | 7.94 | 57.549 | 10.30 | 64.857 | 9.26 | 69.268 | 7.92 | 68.052 | 9.63 |
| 45° | 60.305 | 10.09 | 58.078 | 9.75 | 68.620 | 8.79 | 68.438 | 5.83 | 66.791 | 9.55 |
| 60° | 57.760 | 11.82 | 56.003 | 13.02 | 64.157 | 10.12 | 66.008 | 7.61 | 64.450 | 12.38 |
| 90° | 56.562 | 10.67 | 54.509 | 16.23 | 63.937 | 10.59 | 63.146 | 9.72 | 63.751 | 8.11 |
| 180° | 32.225 | 28.44 | 37.033 | 14.60 | 49.145 | 12.17 | 43.765 | 10.27 | 46.795 | 13.52 |

Tabela II.8 - Rezultati distribucije oštećenja po liniji prevoja na uzorcima skeniranih sa 2400 spi

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 45.200 | 5.63 | 48.400 | 7.26 | 45.250 | 5.59 | 47.450 | 8.58 | 47.100 | 6.95 |
| 15° | 49.765 | 15.59 | 52.049 | 6.37 | 54.918 | 8.30 | 64.422 | 9.13 | 61.071 | 8.09 |
| 30° | 45.145 | 12.56 | 51.314 | 7.95 | 54.918 | 7.77 | 64.862 | 5.50 | 60.345 | 7.35 |
| 45° | 39.933 | 25.14 | 50.872 | 10.26 | 53.039 | 10.23 | 62.646 | 10.57 | 61.732 | 10.67 |
| 60° | 41.080 | 15.74 | 48.396 | 11.11 | 49.105 | 12.18 | 60.565 | 11.84 | 60.029 | 9.49 |
| 90° | 39.325 | 20.08 | 47.744 | 7.17 | 49.143 | 11.05 | 56.088 | 12.00 | 58.239 | 4.83 |
| 180° | 23.870 | 42.03 | 39.564 | 15.22 | 46.406 | 8.55 | 49.037 | 10.29 | 46.082 | 10.02 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 48.550 | 7.81 | 50.200 | 8.04 | 50.250 | 7.36 | 49.550 | 6.23 | 50.750 | 6.91 |
| 15° | 57.181 | 9.07 | 59.906 | 9.27 | 67.183 | 6.90 | 69.287 | 6.88 | 67.610 | 9.30 |
| 30° | 60.373 | 7.57 | 58.588 | 8.06 | 65.506 | 5.89 | 67.519 | 6.69 | 67.090 | 7.91 |
| 45° | 60.096 | 8.03 | 58.223 | 10.10 | 67.490 | 6.64 | 67.693 | 4.68 | 65.523 | 8.59 |
| 60° | 57.161 | 7.58 | 55.136 | 11.09 | 64.854 | 7.97 | 65.563 | 5.21 | 65.008 | 10.63 |
| 90° | 56.513 | 6.91 | 54.073 | 11.22 | 62.117 | 7.93 | 62.246 | 7.24 | 62.398 | 8.57 |
| 180° | 33.915 | 28.55 | 38.001 | 16.77 | 48.973 | 7.86 | 44.936 | 14.01 | 47.450 | 14.21 |

Tabela II.9 - Rezultati distribucije oštećenja po liniji prevoja na uzorcima skeniranih sa 4800 spi

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 46.000 | 6.77 | 48.800 | 7.02 | 44.800 | 8.56 | 47.250 | 6.96 | 47.250 | 4.90 |
| 15° | 51.191 | 13.68 | 52.789 | 5.67 | 54.126 | 10.07 | 64.988 | 8.09 | 60.467 | 10.02 |
| 30° | 45.657 | 13.59 | 52.407 | 6.91 | 55.015 | 5.68 | 64.446 | 6.29 | 60.322 | 7.44 |
| 45° | 40.524 | 24.26 | 50.869 | 9.07 | 53.964 | 7.60 | 62.530 | 9.41 | 61.641 | 8.78 |
| 60° | 40.556 | 19.21 | 48.260 | 11.10 | 49.368 | 11.67 | 61.924 | 7.96 | 60.649 | 9.45 |
| 90° | 39.444 | 19.35 | 48.147 | 8.65 | 49.571 | 8.86 | 56.161 | 10.85 | 58.426 | 7.01 |
| 180° | 26.229 | 33.25 | 38.04826 | 17.87 | 44.948 | 10.25 | 48.735 | 9.12 | 45.058 | 9.27 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 48.950 | 6.64 | 50.600 | 7.41 | 50.500 | 6.38 | 49.550 | 7.62 | 50.100 | 5.72 |
| 15° | 57.280 | 9.12 | 59.758 | 8.94 | 67.427 | 6.70 | 68.546 | 6.22 | 67.450 | 9.02 |
| 30° | 60.925 | 7.17 | 58.613 | 7.87 | 65.556 | 3.74 | 67.537 | 6.75 | 67.625 | 7.58 |
| 45° | 60.334 | 6.81 | 58.417 | 10.51 | 67.966 | 6.92 | 67.308 | 4.20 | 65.691 | 8.49 |
| 60° | 56.643 | 7.01 | 55.140 | 10.16 | 64.991 | 7.44 | 65.334 | 4.72 | 65.268 | 9.07 |
| 90° | 56.281 | 6.09 | 54.278 | 11.96 | 62.249 | 7.43 | 62.424 | 6.32 | 62.628 | 8.35 |
| 180° | 34.081 | 28.35 | 38.608 | 15.82 | 48.447 | 6.66 | 46.363 | 6.30 | 47.678 | 8.91 |

Fotografisani uzorci

Tabela II.10 – Rezultati procenta belih piksela za uzorke savijenih u oba smera i fotografisanih sa 30 cm

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 1.85916 | 8.08 | 2.68798 | 10.72 | 2.89999 | 9.26 | 4.06335 | 8.11 | 3.88344 | 10.79 |
| 15° | 1.11556 | 28.68 | 1.93851 | 20.37 | 1.94590 | 16.81 | 3.18532 | 9.88 | 4.14888 | 10.01 |
| 30° | 1.08458 | 41.10 | 1.86766 | 20.84 | 1.88661 | 20.32 | 2.78823 | 16.26 | 3.98894 | 16.41 |
| 45° | 1.03393 | 56.14 | 1.75265 | 24.76 | 1.80119 | 20.31 | 2.83250 | 20.38 | 3.91757 | 13.02 |
| 60° | 0.92917 | 56.96 | 1.54992 | 22.46 | 1.61061 | 26.34 | 2.27030 | 16.74 | 3.10253 | 17.39 |
| 90° | 0.79546 | 39.22 | 1.30750 | 25.01 | 1.27447 | 23.45 | 2.23584 | 16.22 | 2.78681 | 21.83 |
| 180° | 1.10958 | 34.46 | 1.25723 | 34.73 | 1.36007 | 38.53 | 1.33893 | 18.51 | 1.39424 | 23.05 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 2.90537 | 5.76 | 3.59068 | 9.57 | 4.11857 | 5.84 | 4.85341 | 3.04 | 5.75059 | 5.63 |
| 15° | 2.27665 | 26.36 | 2.56859 | 15.47 | 4.05160 | 7.67 | 5.24060 | 5.61 | 5.94548 | 8.29 |
| 30° | 2.10646 | 24.42 | 2.48376 | 13.63 | 3.79375 | 5.87 | 5.12592 | 7.80 | 5.20228 | 11.57 |
| 45° | 1.79072 | 23.99 | 1.94050 | 15.34 | 3.57812 | 8.65 | 4.78321 | 9.83 | 4.90713 | 14.61 |
| 60° | 1.38763 | 38.47 | 1.75810 | 19.57 | 3.22177 | 8.34 | 4.40398 | 19.15 | 4.97518 | 18.11 |
| 90° | 1.20463 | 55.44 | 1.44108 | 26.32 | 2.65429 | 13.90 | 3.82897 | 10.20 | 3.58470 | 14.14 |
| 180° | 0.63336 | 37.21 | 0.80245 | 40.40 | 0.83243 | 38.29 | 1.08624 | 23.82 | 1.34929 | 24.34 |

Tabela II.11 – Rezultati procenta belih piksela za uzorke savijenih u oba smera i fotografisanih sa 21 cm

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 2.42866 | 12.67 | 2.44736 | 12.80 | 2.77105 | 8.83 | 4.13532 | 11.50 | 3.59543 | 10.46 |
| 15° | 1.25985 | 39.45 | 1.70180 | 39.48 | 2.08158 | 31.93 | 3.73099 | 13.08 | 4.10475 | 16.58 |
| 30° | 1.47006 | 35.21 | 1.79983 | 25.97 | 2.28260 | 26.92 | 3.51424 | 14.14 | 4.05974 | 12.68 |
| 45° | 1.23779 | 30.13 | 1.68852 | 35.93 | 1.94054 | 19.20 | 3.15965 | 15.55 | 3.74824 | 15.24 |
| 60° | 0.79940 | 44.05 | 1.41826 | 45.49 | 1.77555 | 31.58 | 2.54164 | 18.21 | 3.06136 | 16.56 |
| 90° | 0.49277 | 35.86 | 0.94635 | 50.85 | 1.57777 | 30.97 | 2.31391 | 14.63 | 2.78064 | 17.17 |
| 180° | 1.21362 | 36.31 | 1.35181 | 28.40 | 1.59099 | 15.93 | 1.59486 | 21.15 | 1.65678 | 11.94 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 3.02415 | 8.14 | 3.70298 | 6.19 | 4.79907 | 4.30 | 5.08177 | 4.18 | 5.62886 | 3.20 |
| 15° | 2.29010 | 27.89 | 2.51272 | 16.48 | 4.20308 | 20.97 | 5.09916 | 6.56 | 6.08591 | 6.83 |
| 30° | 2.18551 | 31.44 | 2.44819 | 17.81 | 3.68003 | 18.64 | 5.61247 | 9.36 | 5.69520 | 10.26 |
| 45° | 1.90138 | 21.85 | 2.02668 | 19.47 | 3.60931 | 21.79 | 4.93648 | 10.25 | 5.02663 | 10.10 |
| 60° | 1.60862 | 17.00 | 1.76592 | 24.88 | 3.37603 | 32.26 | 4.33825 | 15.20 | 4.33399 | 16.36 |
| 90° | 1.17872 | 36.52 | 1.38191 | 18.89 | 2.55592 | 25.72 | 3.87548 | 11.44 | 3.98668 | 15.05 |
| 180° | 0.78326 | 51.71 | 0.79636 | 45.21 | 1.16793 | 29.56 | 0.96921 | 30.62 | 1.51868 | 21.06 |

Tabela II.12 – Rezultati procenta belih piksela za uzorke savijenih u oba smera i fotografisanih sa 12 cm

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 1.98939 | 9.90 | 2.38214 | 8.45 | 2.91153 | 13.71 | 3.94500 | 10.49 | 3.48957 | 8.40 |
| 15° | 1.47203 | 35.13 | 1.99160 | 25.86 | 2.07508 | 15.54 | 2.97069 | 10.99 | 3.31514 | 12.79 |
| 30° | 1.75213 | 29.36 | 2.05426 | 28.08 | 2.10366 | 16.69 | 2.85501 | 15.18 | 3.14829 | 12.22 |
| 45° | 1.63789 | 28.24 | 1.89929 | 22.51 | 1.94401 | 15.99 | 2.51582 | 8.36 | 3.07840 | 12.04 |
| 60° | 1.11587 | 34.50 | 1.61404 | 32.43 | 1.68204 | 22.25 | 2.22824 | 11.98 | 2.54085 | 14.51 |
| 90° | 0.89491 | 30.28 | 1.28930 | 38.37 | 1.36751 | 25.34 | 2.01327 | 17.37 | 2.18484 | 17.06 |
| 180° | 1.20583 | 27.05 | 1.23954 | 34.48 | 1.43225 | 26.95 | 1.54628 | 14.98 | 1.54412 | 15.70 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 2.49800 | 10.68 | 2.91399 | 5.79 | 3.21066 | 7.63 | 4.38046 | 8.96 | 5.21329 | 5.50 |
| 15° | 2.45092 | 14.39 | 2.75592 | 18.12 | 3.80795 | 14.66 | 4.26966 | 10.36 | 4.74621 | 9.70 |
| 30° | 2.33447 | 20.69 | 2.77331 | 13.46 | 3.63872 | 13.94 | 4.24520 | 6.75 | 4.73184 | 11.94 |
| 45° | 2.16061 | 20.25 | 2.56794 | 10.89 | 3.49408 | 15.92 | 4.23108 | 10.56 | 4.26330 | 16.17 |
| 60° | 1.89723 | 17.28 | 1.92716 | 12.85 | 3.41676 | 15.86 | 3.82538 | 11.22 | 3.85344 | 15.37 |
| 90° | 1.82527 | 14.47 | 1.74608 | 15.34 | 2.79434 | 12.90 | 3.13058 | 12.32 | 2.95721 | 13.44 |
| 180° | 0.72721 | 53.85 | 0.91755 | 40.01 | 1.26591 | 26.35 | 0.99211 | 37.82 | 1.41691 | 23.36 |

Tabela II.13 - Rezultati odnosa obima i površine oštećenja na uzorcima fotografisanih sa 30 cm

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.54715 | 5.32 | 0.44447 | 5.46 | 0.44398 | 10.97 | 0.36758 | 6.74 | 0.36038 | 7.81 |
| 15° | 0.61749 | 14.59 | 0.60060 | 11.90 | 0.59747 | 9.79 | 0.48384 | 11.69 | 0.38475 | 13.33 |
| 30° | 0.58699 | 15.17 | 0.63270 | 13.36 | 0.59219 | 12.77 | 0.53774 | 11.41 | 0.40617 | 9.70 |
| 45° | 0.64467 | 15.63 | 0.65915 | 13.53 | 0.61759 | 11.53 | 0.47702 | 12.22 | 0.39458 | 11.82 |
| 60° | 0.65436 | 14.00 | 0.64343 | 11.66 | 0.63292 | 11.04 | 0.56660 | 9.78 | 0.43176 | 11.19 |
| 90° | 0.66074 | 10.72 | 0.64864 | 15.87 | 0.66508 | 12.88 | 0.59045 | 9.46 | 0.48475 | 14.66 |
| 180° | 0.70328 | 12.23 | 0.62467 | 14.04 | 0.65611 | 13.77 | 0.67787 | 10.45 | 0.69157 | 11.03 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.42053 | 8.32 | 0.40254 | 3.52 | 0.34217 | 3.75 | 0.29925 | 2.42 | 0.27625 | 5.45 |
| 15° | 0.52477 | 15.57 | 0.53718 | 8.48 | 0.45755 | 8.19 | 0.32439 | 10.39 | 0.28929 | 8.29 |
| 30° | 0.52055 | 12.61 | 0.52550 | 10.34 | 0.45286 | 5.38 | 0.34326 | 11.21 | 0.33939 | 12.77 |
| 45° | 0.56847 | 10.91 | 0.60231 | 8.94 | 0.48379 | 7.88 | 0.36803 | 13.72 | 0.33641 | 16.28 |
| 60° | 0.60149 | 12.76 | 0.60858 | 12.40 | 0.53626 | 9.53 | 0.40807 | 16.80 | 0.33187 | 19.82 |
| 90° | 0.63251 | 11.25 | 0.64457 | 12.71 | 0.58800 | 9.55 | 0.45584 | 11.18 | 0.42779 | 11.63 |
| 180° | 0.70226 | 9.58 | 0.68451 | 10.66 | 0.68949 | 13.31 | 0.62317 | 11.62 | 0.55913 | 11.02 |

Tabela II.14 - Rezultati odnosa obima i površine oštećenja na uzorcima fotografisanih sa 21 cm

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.38897 | 7.69 | 0.33651 | 8.61 | 0.34203 | 8.65 | 0.29762 | 8.46 | 0.21485 | 6.54 |
| 15° | 0.54555 | 14.55 | 0.41072 | 17.49 | 0.35254 | 15.74 | 0.25530 | 13.80 | 0.27854 | 10.77 |
| 30° | 0.42948 | 17.04 | 0.35108 | 15.27 | 0.34062 | 14.72 | 0.27467 | 18.01 | 0.26275 | 10.52 |
| 45° | 0.47484 | 14.92 | 0.36972 | 19.74 | 0.35498 | 14.17 | 0.32136 | 11.77 | 0.29428 | 14.24 |
| 60° | 0.50982 | 14.15 | 0.43392 | 17.91 | 0.37779 | 16.56 | 0.34669 | 12.56 | 0.31163 | 10.42 |
| 90° | 0.59593 | 13.58 | 0.42544 | 15.64 | 0.36002 | 17.23 | 0.36909 | 12.90 | 0.34803 | 10.40 |
| 180° | 0.61345 | 12.65 | 0.56841 | 19.09 | 0.55959 | 12.74 | 0.58701 | 16.54 | 0.51300 | 9.13 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.34589 | 7.06 | 0.24095 | 4.23 | 0.22139 | 7.29 | 0.15044 | 7.51 | 0.16431 | 5.35 |
| 15° | 0.45028 | 20.28 | 0.38461 | 11.21 | 0.29322 | 19.06 | 0.24296 | 7.81 | 0.21045 | 7.28 |
| 30° | 0.45329 | 19.93 | 0.38348 | 11.87 | 0.29024 | 11.77 | 0.22866 | 9.43 | 0.22235 | 9.16 |
| 45° | 0.45555 | 10.27 | 0.42768 | 13.26 | 0.30309 | 14.70 | 0.23791 | 8.52 | 0.25315 | 11.11 |
| 60° | 0.49467 | 11.92 | 0.47516 | 13.46 | 0.31989 | 17.70 | 0.28314 | 13.94 | 0.29138 | 13.18 |
| 90° | 0.53396 | 16.62 | 0.50419 | 11.68 | 0.35010 | 14.70 | 0.29628 | 11.33 | 0.30474 | 15.20 |
| 180° | 0.64778 | 21.82 | 0.65329 | 15.38 | 0.59897 | 10.65 | 0.60546 | 16.82 | 0.49426 | 11.50 |

Tabela II.15 - Rezultati odnosa obima i površine oštećenja na uzorcima fotografisanih sa 12 cm

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] | Obim/ površina | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.29781 | 8.78 | 0.30827 | 13.40 | 0.26593 | 14.27 | 0.21863 | 18.62 | 0.21703 | 7.70 |
| 15° | 0.35558 | 17.85 | 0.32205 | 18.69 | 0.32321 | 21.44 | 0.29187 | 18.31 | 0.27066 | 17.17 |
| 30° | 0.35066 | 20.43 | 0.28997 | 17.40 | 0.31996 | 24.40 | 0.29554 | 18.73 | 0.27199 | 14.82 |
| 45° | 0.36236 | 15.38 | 0.32588 | 27.88 | 0.34402 | 18.20 | 0.33868 | 11.50 | 0.29062 | 12.86 |
| 60° | 0.38880 | 19.60 | 0.35808 | 19.90 | 0.38711 | 17.17 | 0.38955 | 13.10 | 0.33848 | 10.32 |
| 90° | 0.43996 | 16.52 | 0.39105 | 18.13 | 0.37977 | 19.97 | 0.40006 | 12.49 | 0.39676 | 14.97 |
| 180° | 0.49439 | 17.69 | 0.42997 | 21.24 | 0.40114 | 17.84 | 0.39533 | 16.65 | 0.46632 | 11.95 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 0.29984 | 6.86 | 0.27275 | 7.01 | 0.21806 | 6.16 | 0.17248 | 7.72 | 0.15745 | 11.29 |
| 15° | 0.32054 | 18.58 | 0.27644 | 10.25 | 0.26161 | 19.28 | 0.20232 | 11.95 | 0.18823 | 9.35 |
| 30° | 0.33957 | 15.76 | 0.26722 | 10.75 | 0.26660 | 13.37 | 0.19702 | 11.77 | 0.18860 | 14.55 |
| 45° | 0.34279 | 18.09 | 0.30367 | 11.78 | 0.28448 | 16.94 | 0.20138 | 9.93 | 0.21624 | 15.62 |
| 60° | 0.39001 | 18.29 | 0.35490 | 13.25 | 0.27854 | 17.97 | 0.23786 | 15.62 | 0.23072 | 18.80 |
| 90° | 0.38361 | 13.68 | 0.35643 | 12.18 | 0.33491 | 12.78 | 0.26448 | 13.23 | 0.29655 | 12.44 |
| 180° | 0.50081 | 24.34 | 0.45439 | 19.38 | 0.42409 | 13.09 | 0.44899 | 20.94 | 0.33904 | 17.70 |

Tabela II.16 - Rezultati distribucije oštećenja po liniji prevoja na uzorcima fotografisanih sa 30 cm

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 48.400 | 7.77 | 48.450 | 6.04 | 48.600 | 6.42 | 49.200 | 6.45 | 50.550 | 6.04 |
| 15° | 38.742 | 37.67 | 56.059 | 10.65 | 52.871 | 12.94 | 66.016 | 9.88 | 66.801 | 10.55 |
| 30° | 39.500 | 29.62 | 55.527 | 13.27 | 52.231 | 13.55 | 61.667 | 13.74 | 66.446 | 10.37 |
| 45° | 35.247 | 36.41 | 52.210 | 16.07 | 52.629 | 12.35 | 61.473 | 13.07 | 64.618 | 7.81 |
| 60° | 31.909 | 46.06 | 46.919 | 14.05 | 50.522 | 12.38 | 60.349 | 9.55 | 58.688 | 11.78 |
| 90° | 31.516 | 31.06 | 44.758 | 17.90 | 47.097 | 17.65 | 61.070 | 14.38 | 57.129 | 17.54 |
| 180° | 31.308 | 20.02 | 39.488 | 20.77 | 38.771 | 20.49 | 48.796 | 15.94 | 51.887 | 11.01 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 56.367 | 6.86 | 57.070 | 5.48 | 60.058 | 5.27 | 59.707 | 6.12 | 58.066 | 6.12 |
| 15° | 56.790 | 7.05 | 59.059 | 7.13 | 71.914 | 5.36 | 75.570 | 8.45 | 69.651 | 8.45 |
| 30° | 54.667 | 10.13 | 56.656 | 6.51 | 71.468 | 5.74 | 75.290 | 8.79 | 69.946 | 8.79 |
| 45° | 50.946 | 8.86 | 54.081 | 8.32 | 71.366 | 7.97 | 71.715 | 8.04 | 71.091 | 8.04 |
| 60° | 43.382 | 12.45 | 52.543 | 7.23 | 69.199 | 9.23 | 66.898 | 8.32 | 69.962 | 8.32 |
| 90° | 38.737 | 12.61 | 46.468 | 10.21 | 65.059 | 5.64 | 67.333 | 7.34 | 62.016 | 7.34 |
| 180° | 34.570 | 29.88 | 32.817 | 22.72 | 36.038 | 20.17 | 39.134 | 14.47 | 39.151 | 14.47 |

Tabela II.17 - Rezultati distribucije oštećenja po liniji prevoja na uzorcima fotografisanih sa 21 cm

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 47.350 | 7.45 | 47.850 | 4.46 | 47.750 | 5.56 | 49.500 | 5.99 | 49.050 | 5.27 |
| 15° | 36.896 | 29.11 | 39.667 | 21.69 | 43.521 | 22.04 | 66.640 | 8.36 | 66.912 | 9.56 |
| 30° | 45.153 | 25.84 | 41.530 | 23.08 | 45.614 | 18.82 | 64.803 | 13.98 | 66.448 | 9.34 |
| 45° | 38.902 | 25.98 | 40.590 | 24.55 | 42.636 | 14.80 | 59.866 | 10.78 | 63.108 | 8.71 |
| 60° | 29.969 | 27.22 | 34.890 | 33.06 | 36.459 | 24.37 | 52.211 | 13.30 | 59.445 | 14.13 |
| 90° | 24.113 | 16.22 | 34.289 | 23.07 | 34.588 | 22.41 | 50.448 | 15.07 | 59.670 | 14.06 |
| 180° | 36.187 | 17.70 | 37.194 | 19.59 | 41.537 | 15.11 | 50.234 | 8.74 | 50.661 | 11.11 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 58.594 | 5.91 | 58.066 | 5.95 | 60.468 | 4.72 | 59.707 | 5.07 | 58.476 | 6.91 |
| 15° | 59.182 | 15.84 | 57.518 | 12.80 | 66.172 | 15.17 | 76.338 | 5.86 | 76.798 | 6.58 |
| 30° | 59.630 | 15.86 | 58.686 | 11.37 | 62.093 | 15.06 | 77.140 | 5.01 | 76.817 | 5.96 |
| 45° | 57.608 | 16.29 | 54.205 | 13.28 | 64.300 | 12.87 | 74.441 | 6.72 | 72.899 | 8.17 |
| 60° | 48.686 | 9.26 | 48.777 | 14.36 | 55.153 | 27.52 | 72.219 | 8.04 | 67.097 | 7.63 |
| 90° | 43.135 | 29.44 | 45.437 | 13.44 | 48.910 | 22.57 | 68.745 | 8.72 | 65.685 | 6.19 |
| 180° | 30.106 | 47.05 | 36.349 | 23.88 | 45.019 | 15.84 | 43.407 | 20.50 | 46.082 | 13.19 |

Tabela II.18 - Rezultati distribucije oštećenja po liniji prevoja na uzorcima fotografisanih sa 12 cm

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 47.750 | 6.69 | 47.700 | 7.79 | 49.050 | 7.47 | 49.600 | 6.04 | 49.200 | 6.65 |
| 15° | 49.009 | 26.07 | 50.832 | 21.96 | 53.733 | 21.85 | 61.287 | 8.76 | 63.165 | 8.61 |
| 30° | 56.130 | 18.58 | 53.090 | 12.16 | 52.507 | 11.60 | 64.138 | 9.00 | 61.658 | 10.40 |
| 45° | 48.800 | 16.72 | 52.448 | 13.71 | 52.408 | 10.50 | 58.733 | 11.30 | 60.881 | 6.22 |
| 60° | 40.620 | 24.15 | 45.593 | 14.53 | 48.167 | 13.71 | 60.189 | 10.75 | 57.393 | 10.94 |
| 90° | 37.495 | 23.59 | 43.772 | 22.56 | 44.711 | 15.17 | 57.231 | 8.36 | 60.408 | 7.15 |
| 180° | 36.355 | 11.06 | 34.978 | 24.49 | 44.187 | 11.98 | 52.520 | 7.85 | 54.699 | 8.19 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 0° | 57.187 | 6.67 | 57.246 | 5.11 | 58.945 | 6.68 | 58.887 | 6.55 | 59.062 | 6.35 |
| 15° | 61.940 | 5.83 | 59.793 | 8.02 | 69.878 | 6.33 | 70.448 | 6.69 | 72.707 | 6.14 |
| 30° | 61.785 | 8.56 | 63.399 | 7.26 | 68.723 | 6.12 | 71.920 | 4.83 | 68.738 | 7.00 |
| 45° | 61.419 | 9.87 | 59.323 | 9.19 | 70.520 | 6.25 | 71.330 | 6.73 | 67.839 | 8.55 |
| 60° | 55.824 | 9.29 | 54.447 | 8.00 | 67.463 | 8.95 | 68.374 | 6.32 | 64.950 | 8.06 |
| 90° | 54.348 | 4.34 | 51.424 | 6.80 | 63.728 | 8.80 | 64.148 | 5.83 | 60.212 | 9.30 |
| 180° | 35.067 | 35.92 | 39.943 | 22.35 | 49.272 | 12.35 | 43.137 | 16.30 | 42.901 | 16.16 |

Mikroskopski snimci

Tabela II.19 – Rezultati procenta belih piksela, mikroskopski snimci

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] | % belih pikslea | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 90° | 2.74199 | 21.05 | 3.19196 | 13.58 | 3.83186 | 15.66 | 3.56541 | 12.49 | 4.55201 | 29.18 |
| 180° | 3.38911 | 7.87 | 4.25362 | 12.84 | 5.46854 | 19.13 | 3.95143 | 14.76 | 3.66214 | 16.91 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 90° | 3.51566 | 25.73 | 3.70303 | 23.46 | 4.00627 | 14.38 | 4.12016 | 25.45 | 4.32677 | 21.50 |
| 180° | 3.17376 | 13.93 | 2.92455 | 5.79 | 3.28071 | 18.31 | 3.45595 | 21.41 | 3.45882 | 10.47 |

Tabela II.20 - Rezultati odnosa obima i površine oštećenja, mikroskopski snimci

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Obim/površina | KV [%] | Obim/površina | KV [%] | Obim/površina | KV [%] | Obim/površina | KV [%] | Obim/površina | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 90° | 0.19797 | 24.07 | 0.15279 | 20.08 | 0.13690 | 16.23 | 0.12510 | 27.06 | 0.11027 | 42.82 |
| 180° | 0.26982 | 18.34 | 0.26818 | 15.86 | 0.23257 | 18.59 | 0.20089 | 17.94 | 0.19859 | 19.36 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 90° | 0.11430 | 28.89 | 0.12207 | 13.02 | 0.09195 | 13.57 | 0.08816 | 28.10 | 0.08184 | 22.41 |
| 180° | 0.23765 | 14.36 | 0.19678 | 19.13 | 0.21966 | 9.92 | 0.21240 | 20.23 | 0.21879 | 16.47 |

Tabela II.21 - Rezultati distribucije oštećenja po liniji prevoja, mikroskopski snimci

| Uglovi | Uzorci | | | | | | | | | |
|--------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | 90 g/m ² | | 115 g/m ² | | 130 g/m ² | | 150 g/m ² | | 170 g/m ² | |
| | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] | Distribucija [%] | KV [%] |
| | Paralelno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 90° | 60.957 | 7.72 | 61.349 | 8.26 | 65.972 | 9.10 | 66.834 | 4.97 | 67.806 | 6.86 |
| 180° | 60.273 | 9.37 | 62.081 | 5.78 | 62.854 | 7.95 | 61.639 | 5.88 | 62.020 | 6.21 |
| - | Poprečno savijeni uzorci | | | | | | | | | |
| 90° | 64.937 | 6.97 | 67.278 | 5.82 | 70.673 | 8.76 | 65.197 | 7.93 | 72.499 | 6.93 |
| 180° | 59.333 | 6.46 | 60.297 | 5.78 | 57.824 | 3.31 | 59.612 | 6.19 | 58.920 | 4.90 |

Prilog III

Skenirani uzorci

Precenat belih piksela

Tabela III.1 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na rezoluciju skeniranja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - procenat belih piksela

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|------------|---------------------|-----|-----|----------------------|------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_0 | 1.085 | 2 | 57 | .345* | CD_90_0 | .001 | 2 | 57 | .999* |
| MD_115_0 | .318 | 2 | 57 | .729* | CD_115_0 | .454 | 2 | 57 | .637* |
| MD_130_0 | .402 | 2 | 57 | .671* | CD_130_0 | .298 | 2 | 57 | .744* |
| MD_150_0 | .022 | 2 | 57 | .978* | CD_150_0 | 1.073 | 2 | 57 | .349* |
| MD_170_0 | .100 | 2 | 57 | .905* | CD_170_0 | .010 | 2 | 57 | .990* |
| MD_90_15 | .085 | 2 | 57 | .919* | CD_90_15 | .003 | 2 | 57 | .997* |
| MD_115_15 | .148 | 2 | 57 | .863* | CD_115_15 | .693 | 2 | 57 | .504* |
| MD_130_15 | .302 | 2 | 57 | .740* | CD_130_15 | 1.491 | 2 | 57 | .234* |
| MD_150_15 | .008 | 2 | 57 | .992* | CD_150_15 | .175 | 2 | 57 | .840* |
| MD_170_15 | 2.089 | 2 | 57 | .133* | CD_170_15 | .001 | 2 | 57 | .999* |
| MD_90_30 | .152 | 2 | 57 | .860* | CD_90_30 | .118 | 2 | 57 | .889* |
| MD_115_30 | .074 | 2 | 57 | .929* | CD_115_30 | .273 | 2 | 57 | .762* |
| MD_130_30 | .029 | 2 | 57 | .972* | CD_130_30 | .271 | 2 | 57 | .763* |
| MD_150_30 | .095 | 2 | 57 | .910* | CD_150_30 | .983 | 2 | 57 | .381* |
| MD_170_30 | .183 | 2 | 57 | .833* | CD_170_30 | .000 | 2 | 57 | 1.000* |
| MD_90_45 | .006 | 2 | 57 | .994* | CD_90_45 | .276 | 2 | 57 | .760* |
| MD_115_45 | .479 | 2 | 57 | .622* | CD_115_45 | .004 | 2 | 57 | .996* |
| MD_130_45 | .022 | 2 | 57 | .978* | CD_130_45 | .009 | 2 | 57 | .991* |
| MD_150_45 | .502 | 2 | 57 | .608* | CD_150_45 | 2.388 | 2 | 57 | .101* |
| MD_170_45 | .021 | 2 | 57 | .979* | CD_170_45 | .098 | 2 | 57 | .907* |
| MD_90_60 | .007 | 2 | 57 | .993* | CD_90_60 | .377 | 2 | 57 | .688* |
| MD_115_60 | .079 | 2 | 57 | .924* | CD_115_60 | .123 | 2 | 57 | .884* |
| MD_130_60 | .085 | 2 | 57 | .919* | CD_130_60 | .098 | 2 | 57 | .906* |
| MD_150_60 | .310 | 2 | 57 | .734* | CD_150_60 | .261 | 2 | 57 | .771* |
| MD_170_60 | .063 | 2 | 57 | .939* | CD_170_60 | .139 | 2 | 57 | .870* |
| MD_90_90 | .103 | 2 | 57 | .902* | CD_90_90 | .277 | 2 | 57 | .759* |
| MD_115_90 | .064 | 2 | 57 | .938* | CD_115_90 | .068 | 2 | 57 | .934* |
| MD_130_90 | .071 | 2 | 57 | .932* | CD_130_90 | .250 | 2 | 57 | .779* |
| MD_150_90 | .986 | 2 | 57 | .379* | CD_150_90 | .033 | 2 | 57 | .968* |
| MD_170_90 | 2.092 | 2 | 57 | .133* | CD_170_90 | .038 | 2 | 57 | .963* |
| MD_90_180 | .390 | 2 | 57 | .679* | CD_90_180 | .248 | 2 | 57 | .781* |
| MD_115_180 | .106 | 2 | 57 | .900* | CD_115_180 | .122 | 2 | 57 | .885* |
| MD_130_180 | .013 | 2 | 57 | .987* | CD_130_180 | .553 | 2 | 57 | .578* |
| MD_150_180 | .053 | 2 | 57 | .948* | CD_150_180 | .213 | 2 | 57 | .809* |
| MD_170_180 | .002 | 2 | 57 | .998* | CD_170_180 | .006 | 2 | 57 | .994* |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.2 – ANOVA - podgrupe po rezoluciji skeniranja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - procenat belih piksela

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti |
|-----------|---------------|--------------|--------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | |
| MD_90_0 | .043 | 1.786 | 1.829 | 2 | 57 | 59 | .683 | .509 |
| MD_115_0 | .046 | 2.857 | 2.903 | 2 | 57 | 59 | .456 | .636 |
| MD_130_0 | .168 | 4.899 | 5.066 | 2 | 57 | 59 | .975 | .383 |
| MD_150_0 | .074 | 8.870 | 8.944 | 2 | 57 | 59 | .237 | .789 |
| MD_170_0 | .124 | 7.289 | 7.413 | 2 | 57 | 59 | .484 | .619 |
| MD_90_15 | .045 | 12.899 | 12.944 | 2 | 57 | 59 | .099 | .906 |
| MD_115_15 | .017 | 13.126 | 13.143 | 2 | 57 | 59 | .037 | .964 |
| MD_130_15 | .005 | 4.369 | 4.373 | 2 | 57 | 59 | .030 | .971 |
| MD_150_15 | .005 | 6.956 | 6.961 | 2 | 57 | 59 | .020 | .980 |
| MD_170_15 | .159 | 17.036 | 17.194 | 2 | 57 | 59 | .265 | .768 |
| MD_90_30 | .065 | 9.639 | 9.703 | 2 | 57 | 59 | .191 | .827 |
| MD_115_30 | .005 | 8.316 | 8.320 | 2 | 57 | 59 | .016 | .984 |
| MD_130_30 | .008 | 4.424 | 4.432 | 2 | 57 | 59 | .053 | .949 |
| MD_150_30 | .004 | 4.287 | 4.291 | 2 | 57 | 59 | .024 | .976 |
| MD_170_30 | .042 | 5.972 | 6.014 | 2 | 57 | 59 | .201 | .819 |
| MD_90_45 | .001 | 9.712 | 9.713 | 2 | 57 | 59 | .003 | .997 |
| MD_115_45 | .021 | 4.094 | 4.115 | 2 | 57 | 59 | .149 | .862 |
| MD_130_45 | .002 | 6.438 | 6.440 | 2 | 57 | 59 | .009 | .992 |
| MD_150_45 | .024 | 5.246 | 5.270 | 2 | 57 | 59 | .131 | .878 |
| MD_170_45 | .004 | 12.595 | 12.599 | 2 | 57 | 59 | .008 | .992 |
| MD_90_60 | .000 | 6.601 | 6.601 | 2 | 57 | 59 | .001 | .999 |
| MD_115_60 | .008 | 11.020 | 11.027 | 2 | 57 | 59 | .020 | .980 |
| MD_130_60 | .001 | 7.394 | 7.394 | 2 | 57 | 59 | .003 | .997 |
| MD_150_60 | .028 | 6.286 | 6.314 | 2 | 57 | 59 | .126 | .882 |
| MD_170_60 | .002 | 14.016 | 14.018 | 2 | 57 | 59 | .004 | .996 |
| MD_90_90 | .002 | 3.590 | 3.592 | 2 | 57 | 59 | .019 | .981 |
| MD_115_90 | .005 | 6.227 | 6.232 | 2 | 57 | 59 | .023 | .977 |
| MD_130_90 | .003 | 3.423 | 3.426 | 2 | 57 | 59 | .025 | .976 |
| MD_150_90 | .024 | 5.586 | 5.610 | 2 | 57 | 59 | .121 | .886 |
| MD_170_90 | .098 | 5.274 | 5.373 | 2 | 57 | 59 | .532 | .590 |

| | | | | | | | | |
|------------|------|--------|--------|---|----|----|-------|------|
| MD_90_180 | .012 | 2.428 | 2.440 | 2 | 57 | 59 | .137 | .872 |
| MD_115_180 | .026 | 2.118 | 2.144 | 2 | 57 | 59 | .347 | .708 |
| MD_130_180 | .004 | 2.200 | 2.204 | 2 | 57 | 59 | .049 | .952 |
| MD_150_180 | .000 | 2.621 | 2.621 | 2 | 57 | 59 | .003 | .997 |
| MD_170_180 | .000 | 6.061 | 6.062 | 2 | 57 | 59 | .001 | .999 |
| CD_90_0 | .005 | 6.871 | 6.875 | 2 | 57 | 59 | .019 | .981 |
| CD_115_0 | .004 | 2.094 | 2.098 | 2 | 57 | 59 | .060 | .942 |
| CD_130_0 | .008 | 2.423 | 2.431 | 2 | 57 | 59 | .093 | .911 |
| CD_150_0 | .129 | 3.659 | 3.788 | 2 | 57 | 59 | 1.006 | .372 |
| CD_170_0 | .015 | 8.770 | 8.784 | 2 | 57 | 59 | .048 | .953 |
| CD_90_15 | .003 | 9.281 | 9.284 | 2 | 57 | 59 | .011 | .989 |
| CD_115_15 | .071 | 24.931 | 25.002 | 2 | 57 | 59 | .081 | .923 |
| CD_130_15 | .079 | 7.911 | 7.990 | 2 | 57 | 59 | .283 | .754 |
| CD_150_15 | .003 | 12.852 | 12.855 | 2 | 57 | 59 | .007 | .993 |
| CD_170_15 | .006 | 30.642 | 30.648 | 2 | 57 | 59 | .005 | .995 |
| CD_90_30 | .009 | 6.698 | 6.707 | 2 | 57 | 59 | .038 | .963 |
| CD_115_30 | .038 | 16.113 | 16.151 | 2 | 57 | 59 | .068 | .935 |
| CD_130_30 | .048 | 5.685 | 5.732 | 2 | 57 | 59 | .240 | .788 |
| CD_150_30 | .045 | 4.205 | 4.250 | 2 | 57 | 59 | .307 | .737 |
| CD_170_30 | .043 | 32.110 | 32.153 | 2 | 57 | 59 | .038 | .962 |
| CD_90_45 | .025 | 6.708 | 6.734 | 2 | 57 | 59 | .107 | .899 |
| CD_115_45 | .003 | 20.413 | 20.416 | 2 | 57 | 59 | .005 | .995 |
| CD_130_45 | .012 | 11.244 | 11.257 | 2 | 57 | 59 | .031 | .969 |
| CD_150_45 | .114 | 5.348 | 5.462 | 2 | 57 | 59 | .609 | .547 |
| CD_170_45 | .058 | 29.298 | 29.356 | 2 | 57 | 59 | .056 | .945 |
| CD_90_60 | .011 | 3.688 | 3.699 | 2 | 57 | 59 | .088 | .916 |
| CD_115_60 | .023 | 11.952 | 11.975 | 2 | 57 | 59 | .056 | .946 |
| CD_130_60 | .014 | 10.604 | 10.617 | 2 | 57 | 59 | .037 | .964 |
| CD_150_60 | .051 | 10.538 | 10.589 | 2 | 57 | 59 | .139 | .871 |
| CD_170_60 | .003 | 33.579 | 33.582 | 2 | 57 | 59 | .003 | .997 |
| CD_90_90 | .022 | 5.040 | 5.062 | 2 | 57 | 59 | .126 | .882 |
| CD_115_90 | .015 | 19.160 | 19.175 | 2 | 57 | 59 | .022 | .979 |
| CD_130_90 | .005 | 9.410 | 9.415 | 2 | 57 | 59 | .015 | .985 |
| CD_150_90 | .000 | 20.752 | 20.752 | 2 | 57 | 59 | .001 | .999 |
| CD_170_90 | .028 | 17.689 | 17.717 | 2 | 57 | 59 | .045 | .956 |
| CD_90_180 | .003 | 1.735 | 1.738 | 2 | 57 | 59 | .045 | .956 |
| CD_115_180 | .004 | 3.393 | 3.397 | 2 | 57 | 59 | .031 | .970 |
| CD_130_180 | .014 | 2.205 | 2.219 | 2 | 57 | 59 | .187 | .830 |
| CD_150_180 | .017 | 1.536 | 1.553 | 2 | 57 | 59 | .317 | .730 |
| CD_170_180 | .005 | 2.414 | 2.418 | 2 | 57 | 59 | .054 | .948 |

Tabela III.3 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - procenat belih piksela

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|-------------|---------------------|-----|-----|----------------------|-------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_1200 | 6.528 | 6 | 133 | .000 | CD_90_1200 | 1.403 | 6 | 133 | .218* |
| MD_115_1200 | 3.177 | 6 | 133 | .006 | CD_115_1200 | 4.986 | 6 | 133 | .000 |
| MD_130_1200 | 1.632 | 6 | 133 | .143* | CD_130_1200 | 4.109 | 6 | 133 | .001 |
| MD_150_1200 | 1.764 | 6 | 133 | .111* | CD_150_1200 | 7.136 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_1200 | 4.309 | 6 | 133 | .001 | CD_170_1200 | 5.600 | 6 | 133 | .000 |
| MD_90_2400 | 5.914 | 6 | 133 | .000 | CD_90_2400 | 1.790 | 6 | 133 | .106* |
| MD_115_2400 | 4.303 | 6 | 133 | .001 | CD_115_2400 | 4.174 | 6 | 133 | .001 |
| MD_130_2400 | 2.005 | 6 | 133 | .069* | CD_130_2400 | 2.802 | 6 | 133 | .013 |
| MD_150_2400 | 1.589 | 6 | 133 | .155* | CD_150_2400 | 9.677 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_2400 | 2.387 | 6 | 133 | .032 | CD_170_2400 | 5.613 | 6 | 133 | .000 |
| MD_90_4800 | 5.070 | 6 | 133 | .000 | CD_90_4800 | 1.913 | 6 | 133 | .083* |
| MD_115_4800 | 2.480 | 6 | 133 | .026 | CD_115_4800 | 5.462 | 6 | 133 | .000 |
| MD_130_4800 | 1.829 | 6 | 133 | .098* | CD_130_4800 | 2.820 | 6 | 133 | .013 |
| MD_150_4800 | 2.189 | 6 | 133 | .048 | CD_150_4800 | 10.372 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_4800 | 1.850 | 6 | 133 | .094* | CD_170_4800 | 6.229 | 6 | 133 | .000 |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.4 - ANOVA - podgrupe po uglovima postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - procenat belih piksela

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti | Eta kvadrat |
|-------------|---------------|--------------|---------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|-------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | | |
| MD_90_1200 | 22.232 | 15.429 | 37.661 | 6 | 133 | 139 | 31.942 | 0.000* | 0.59033 |
| MD_115_1200 | 33.965 | 16.122 | 50.087 | 6 | 133 | 139 | 46.701 | 0.000* | 0.67813 |
| MD_130_1200 | 37.892 | 11.188 | 49.079 | 6 | 133 | 139 | 75.078 | 0.000* | 0.77205 |
| MD_150_1200 | 57.874 | 13.445 | 71.319 | 6 | 133 | 139 | 95.413 | 0.000* | 0.81147 |
| MD_170_1200 | 77.918 | 22.891 | 100.809 | 6 | 133 | 139 | 75.454 | 0.000* | 0.77293 |
| MD_90_2400 | 20.044 | 16.052 | 36.096 | 6 | 133 | 139 | 27.680 | 0.000* | 0.55530 |
| MD_115_2400 | 30.242 | 15.866 | 46.108 | 6 | 133 | 139 | 42.253 | 0.000* | 0.65590 |
| MD_130_2400 | 31.514 | 10.745 | 42.259 | 6 | 133 | 139 | 65.013 | 0.000* | 0.74574 |
| MD_150_2400 | 54.189 | 14.188 | 68.377 | 6 | 133 | 139 | 84.661 | 0.000* | 0.79250 |
| MD_170_2400 | 71.558 | 27.415 | 98.973 | 6 | 133 | 139 | 57.858 | 0.000* | 0.72300 |
| MD_90_4800 | 20.515 | 15.174 | 35.688 | 6 | 133 | 139 | 29.970 | 0.000* | 0.57483 |
| MD_115_4800 | 31.140 | 15.770 | 46.910 | 6 | 133 | 139 | 43.770 | 0.000* | 0.66382 |
| MD_130_4800 | 31.978 | 11.120 | 43.098 | 6 | 133 | 139 | 63.745 | 0.000* | 0.74198 |
| MD_150_4800 | 54.826 | 12.218 | 67.044 | 6 | 133 | 139 | 99.468 | 0.000* | 0.81776 |

| | | | | | | | | | |
|-------------|---------|--------|---------|---|-----|-----|---------|--------|---------|
| MD_170_4800 | 70.915 | 21.260 | 92.176 | 6 | 133 | 139 | 73.938 | 0.000* | 0.76935 |
| CD_90_1200 | 49.363 | 13.040 | 62.403 | 6 | 133 | 139 | 83.914 | 0.000* | 0.79104 |
| CD_115_1200 | 76.937 | 31.577 | 108.514 | 6 | 133 | 139 | 54.010 | 0.000* | 0.70901 |
| CD_130_1200 | 94.962 | 15.657 | 110.619 | 6 | 133 | 139 | 134.442 | 0.000* | 0.85846 |
| CD_150_1200 | 167.207 | 21.769 | 188.976 | 6 | 133 | 139 | 170.262 | 0.000* | 0.88481 |
| CD_170_1200 | 234.507 | 49.506 | 284.014 | 6 | 133 | 139 | 105.001 | 0.000* | 0.82569 |
| CD_90_2400 | 49.933 | 14.959 | 64.892 | 6 | 133 | 139 | 73.993 | 0.000* | 0.76948 |
| CD_115_2400 | 74.327 | 31.276 | 105.603 | 6 | 133 | 139 | 52.679 | 0.000* | 0.70383 |
| CD_130_2400 | 94.438 | 18.968 | 113.406 | 6 | 133 | 139 | 110.364 | 0.000* | 0.83274 |
| CD_150_2400 | 174.360 | 18.809 | 193.168 | 6 | 133 | 139 | 205.489 | 0.000* | 0.90263 |
| CD_170_2400 | 232.975 | 52.716 | 285.690 | 6 | 133 | 139 | 97.965 | 0.000* | 0.81548 |
| CD_90_4800 | 50.005 | 12.022 | 62.027 | 6 | 133 | 139 | 92.199 | 0.000* | 0.80618 |
| CD_115_4800 | 72.445 | 35.203 | 107.648 | 6 | 133 | 139 | 45.617 | 0.000* | 0.67298 |
| CD_130_4800 | 93.402 | 14.857 | 108.259 | 6 | 133 | 139 | 139.351 | 0.000* | 0.86276 |
| CD_150_4800 | 173.807 | 18.311 | 192.118 | 6 | 133 | 139 | 210.399 | 0.000* | 0.90469 |
| CD_170_4800 | 233.397 | 52.279 | 285.676 | 6 | 133 | 139 | 98.961 | 0.000* | 0.81700 |

*Potvrđena statistička značajna razlika pri $p < 0.05$

Tabela III.5 – Brown-Forsythe test - obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - procenat belih piksela

| Brown-Forsythe | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|-------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|
| Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_1200 | 31.942 | 6 | 97.402 | .000 | CD_90_1200 | 83.914 | 6 | 113.792 | .000 |
| MD_115_1200 | 46.701 | 6 | 101.159 | .000 | CD_115_1200 | 54.010 | 6 | 100.465 | .000 |
| MD_130_1200 | 75.078 | 6 | 119.891 | .000 | CD_130_1200 | 134.442 | 6 | 100.100 | .000 |
| MD_150_1200 | 95.413 | 6 | 121.516 | .000 | CD_150_1200 | 170.262 | 6 | 89.699 | .000 |
| MD_170_1200 | 75.454 | 6 | 97.083 | .000 | CD_170_1200 | 105.001 | 6 | 104.672 | .000 |
| MD_90_2400 | 27.680 | 6 | 98.212 | .000 | CD_90_2400 | 73.993 | 6 | 116.828 | .000 |
| MD_115_2400 | 42.253 | 6 | 94.653 | .000 | CD_115_2400 | 52.679 | 6 | 104.418 | .000 |
| MD_130_2400 | 65.013 | 6 | 116.344 | .000 | CD_130_2400 | 110.364 | 6 | 108.147 | .000 |
| MD_150_2400 | 84.661 | 6 | 119.833 | .000 | CD_150_2400 | 205.489 | 6 | 85.260 | .000 |
| MD_170_2400 | 57.858 | 6 | 111.813 | .000 | CD_170_2400 | 97.965 | 6 | 103.281 | .000 |
| MD_90_4800 | 29.970 | 6 | 99.529 | .000 | CD_90_4800 | 92.199 | 6 | 110.546 | .000 |
| MD_115_4800 | 43.770 | 6 | 104.668 | .000 | CD_115_4800 | 45.617 | 6 | 90.796 | .000 |
| MD_130_4800 | 63.745 | 6 | 118.576 | .000 | CD_130_4800 | 139.351 | 6 | 106.430 | .000 |
| MD_150_4800 | 99.468 | 6 | 114.683 | .000 | CD_150_4800 | 210.399 | 6 | 75.970 | .000 |
| MD_170_4800 | 73.938 | 6 | 114.064 | .000 | CD_170_4800 | 98.961 | 6 | 103.981 | .000 |

Tabela III.6 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 1200 spi - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | .0284005 | 0.300 | -0.098652 | 0.666662 |
| | 30° | .4589350 | 0.001 | 0.147734 | 0.770136 |
| | 45° | .7401350 | 0.000 | 0.407518 | 1.072752 |
| | 60° | .8282250 | 0.000 | 0.547914 | 1.108536 |
| | 90° | .8866700 | 0.000 | 0.668219 | 1.105121 |
| | 180° | 1.3004950 | 0.000 | 1.108077 | 1.492913 |
| 15° | 30° | 0.174930 | 0.986 | -0.274234 | 0.624094 |
| | 45° | 0.456130 | 0.056 | -0.005806 | 0.918066 |
| | 60° | .5442200 | 0.005 | 0.112094 | 0.976346 |
| | 90° | .6026650 | 0.001 | 0.199189 | 1.006141 |
| 30° | 180° | 1.0164900 | 0.000 | 0.622741 | 1.410239 |
| | 45° | 0.281200 | 0.465 | -0.129758 | 0.692158 |
| | 60° | 0.369290 | 0.057 | -0.005465 | 0.744045 |
| 45° | 90° | .4277350 | 0.005 | 0.089242 | 0.766228 |
| | 180° | .8415600 | 0.000 | 0.515748 | 1.167372 |
| | 60° | 0.088090 | 1.000 | -0.303249 | 0.479429 |
| 60° | 90° | 0.146535 | 0.974 | -0.211097 | 0.504167 |
| | 180° | .5603600 | 0.000 | 0.214382 | 0.906338 |
| | 90° | 0.058445 | 1.000 | -0.253126 | 0.370016 |
| 90° | 180° | .4722700 | 0.000 | 0.175134 | 0.769406 |
| | 180° | .4138250 | 0.000 | 0.171880 | 0.655770 |
| MD_115_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | .8041500 | 0.000 | 0.423523 | 1.184777 |
| | 30° | .9136050 | 0.000 | 0.580338 | 1.246872 |
| | 45° | .9164550 | 0.000 | 0.674275 | 1.158635 |
| | 60° | 1.0783100 | 0.000 | 0.717379 | 1.439241 |
| | 90° | 1.0444200 | 0.000 | 0.746320 | 1.342520 |
| | 180° | 1.8146100 | 0.000 | 1.608693 | 2.020527 |
| 15° | 30° | 0.109455 | 1.000 | -0.336991 | 0.555901 |
| | 45° | 0.112305 | 1.000 | -0.282469 | 0.507079 |
| | 60° | 0.274160 | 0.701 | -0.190706 | 0.739026 |
| | 90° | 0.240270 | 0.751 | -0.184472 | 0.665012 |
| 30° | 180° | 1.0104600 | 0.000 | 0.631838 | 1.389082 |
| | 45° | 0.002850 | 1.000 | -0.347408 | 0.353108 |
| | 60° | 0.164705 | 0.989 | -0.266395 | 0.595805 |
| | 90° | 0.130815 | 0.997 | -0.254639 | 0.516269 |
| 45° | 180° | .9010050 | 0.000 | 0.570161 | 1.231849 |
| | 60° | 0.161855 | 0.959 | -0.214296 | 0.538006 |
| | 90° | 0.127965 | 0.981 | -0.189947 | 0.445877 |
| | 180° | .8981550 | 0.000 | 0.659880 | 1.136430 |

| | | | | | |
|-------------|------|-----------|-------|-----------|----------|
| 60° | 90° | -0.033890 | 1.000 | -0.442031 | 0.374251 |
| | 180° | .7363000 | 0.000 | 0.377531 | 1.095069 |
| 90° | 180° | .7701900 | 0.000 | 0.474945 | 1.065435 |
| MD_130_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | .7637250 | 0.000 | 0.476092 | 1.051358 |
| | 30° | .8902500 | 0.000 | 0.598356 | 1.182144 |
| | 45° | .8013500 | 0.000 | 0.477399 | 1.125301 |
| | 60° | 1.1009750 | 0.000 | 0.767474 | 1.434476 |
| | 90° | 1.2817600 | 0.000 | 1.003159 | 1.560361 |
| | 180° | 1.7995000 | 0.000 | 1.543006 | 2.055994 |
| 15° | 30° | 0.126525 | 0.956 | -0.159264 | 0.412314 |
| | 45° | 0.037625 | 1.000 | -0.281126 | 0.356376 |
| | 60° | .3372500 | 0.040 | 0.008722 | 0.665778 |
| | 90° | .5180350 | 0.000 | 0.245997 | 0.790073 |
| | 180° | 1.0357750 | 0.000 | 0.786744 | 1.284806 |
| 30° | 45° | -0.088900 | 1.000 | -0.411311 | 0.233511 |
| | 60° | 0.210725 | 0.584 | -0.121302 | 0.542752 |
| | 90° | .3915100 | 0.001 | 0.114845 | 0.668175 |
| | 180° | .9092500 | 0.000 | 0.654951 | 1.163549 |
| 45° | 60° | 0.299625 | 0.183 | -0.059356 | 0.658606 |
| | 90° | .4804100 | 0.000 | 0.169355 | 0.791465 |
| | 180° | .9981500 | 0.000 | 0.705557 | 1.290743 |
| 60° | 90° | 0.180785 | 0.755 | -0.140397 | 0.501967 |
| | 180° | .6985250 | 0.000 | 0.394884 | 1.002166 |
| 90° | 180° | .5177400 | 0.000 | 0.280052 | 0.755428 |
| MD_150_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | .9006750 | 0.000 | 0.522156 | 1.279194 |
| | 30° | .9749750 | 0.000 | 0.633145 | 1.316805 |
| | 45° | 1.1584950 | 0.000 | 0.788564 | 1.528426 |
| | 60° | 1.3593050 | 0.000 | 0.997756 | 1.720854 |
| | 90° | 1.5575900 | 0.000 | 1.194272 | 1.920908 |
| | 180° | 2.2782600 | 0.000 | 1.951825 | 2.604695 |
| 15° | 30° | 0.074300 | 1.000 | -0.246806 | 0.395406 |
| | 45° | 0.257820 | 0.355 | -0.093865 | 0.609505 |
| | 60° | .4586300 | 0.002 | 0.116011 | 0.801249 |
| | 90° | .6569150 | 0.000 | 0.312379 | 1.001451 |
| | 180° | 1.3775850 | 0.000 | 1.073474 | 1.681696 |
| 30° | 45° | 0.183520 | 0.691 | -0.126482 | 0.493522 |
| | 60° | .3843300 | 0.004 | 0.085375 | 0.683285 |
| | 90° | .5826150 | 0.000 | 0.281309 | 0.883921 |
| | 180° | 1.3032850 | 0.000 | 1.053615 | 1.552955 |
| 45° | 60° | 0.200810 | 0.667 | -0.131778 | 0.533398 |
| | 90° | .3990950 | 0.009 | 0.064502 | 0.733688 |
| | 180° | 1.1197650 | 0.000 | 0.827743 | 1.411787 |
| 60° | 90° | 0.198285 | 0.650 | -0.126508 | 0.523078 |
| | 180° | .9189550 | 0.000 | 0.639069 | 1.198841 |
| 90° | 180° | .7206700 | 0.000 | 0.438192 | 1.003148 |
| MD_170_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | .6214000 | 0.009 | 0.104502 | 1.138298 |
| | 30° | 1.0013550 | 0.000 | 0.682523 | 1.320187 |
| | 45° | .9439650 | 0.000 | 0.514695 | 1.373235 |
| | 60° | 1.2315450 | 0.000 | 0.805269 | 1.657821 |
| | 90° | 1.6048200 | 0.000 | 1.295577 | 1.914063 |
| | 180° | 2.5701350 | 0.000 | 2.228470 | 2.911800 |
| 15° | 30° | 0.379955 | 0.284 | -0.121311 | 0.881221 |
| | 45° | 0.322565 | 0.744 | -0.243732 | 0.888862 |
| | 60° | .6101450 | 0.025 | 0.045816 | 1.174474 |
| | 90° | .9834200 | 0.000 | 0.487035 | 1.479805 |
| | 180° | 1.9487350 | 0.000 | 1.435363 | 2.462107 |
| 30° | 45° | -0.057390 | 1.000 | -0.465871 | 0.351091 |
| | 60° | 0.230190 | 0.731 | -0.175066 | 0.635446 |
| | 90° | .6034650 | 0.000 | 0.330057 | 0.876873 |
| | 180° | 1.5687800 | 0.000 | 1.257290 | 1.880270 |
| 45° | 60° | 0.287580 | 0.708 | -0.202159 | 0.777319 |
| | 90° | .6608550 | 0.000 | 0.258945 | 1.062765 |
| | 180° | 1.6261700 | 0.000 | 1.201552 | 2.050788 |
| 60° | 90° | 0.373275 | 0.083 | -0.025332 | 0.771882 |
| | 180° | 1.3385900 | 0.000 | 0.917015 | 1.760165 |
| 90° | 180° | .9653150 | 0.000 | 0.663770 | 1.266860 |

Tabela III.7 – Rezultati naknadnog testa (Dunnett's T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 1200 spi – procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | .6852000 | 0.000 | 0.300736 | 1.069664 |
| | 30° | .7313200 | 0.000 | 0.374245 | 1.088395 |
| | 45° | .7348400 | 0.000 | 0.386843 | 1.082837 |
| | 60° | .8938900 | 0.000 | 0.586177 | 1.201603 |
| | 90° | .9754300 | 0.000 | 0.650241 | 1.300619 |
| | 180° | 2.1462300 | 0.000 | 1.855023 | 2.437437 |
| 15° | 30° | 0.046120 | 1.000 | -0.338841 | 0.431081 |
| | 45° | 0.049640 | 1.000 | -0.327242 | 0.426522 |

| | | | | | |
|-------------|------|-----------|-------|-----------|----------|
| | 60° | 0.208690 | 0.628 | -0.133068 | 0.550448 |
| | 90° | 0.290230 | 0.209 | -0.066612 | 0.647072 |
| | 180° | 1.4610300 | 0.000 | 1.133299 | 1.788761 |
| 30° | 45° | 0.003520 | 1.000 | -0.345054 | 0.352094 |
| | 60° | 0.162570 | 0.829 | -0.145836 | 0.470976 |
| | 90° | 0.244110 | 0.320 | -0.081717 | 0.569937 |
| | 180° | 1.4149100 | 0.000 | 1.122952 | 1.706868 |
| 45° | 60° | 0.159050 | 0.815 | -0.137940 | 0.456040 |
| | 90° | 0.240590 | 0.295 | -0.074763 | 0.555943 |
| | 180° | 1.4113900 | 0.000 | 1.131863 | 1.690917 |
| 60° | 90° | 0.081540 | 0.999 | -0.185700 | 0.348780 |
| | 180° | 1.2523400 | 0.000 | 1.033583 | 1.471097 |
| 90° | 180° | 1.1708000 | 0.000 | 0.924293 | 1.417307 |
| CD_115_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | .5187100 | 0.021 | 0.052322 | 0.985098 |
| | 30° | .6466500 | 0.001 | 0.195433 | 1.097867 |
| | 45° | .8101500 | 0.000 | 0.338813 | 1.281487 |
| | 60° | 1.2103250 | 0.000 | 0.864233 | 1.556417 |
| | 90° | 1.2979850 | 0.000 | 0.827102 | 1.768868 |
| | 180° | 2.5235800 | 0.000 | 2.309624 | 2.737536 |
| 15° | 30° | 0.127940 | 1.000 | -0.466089 | 0.721969 |
| | 45° | 0.291440 | 0.917 | -0.316221 | 0.899101 |
| | 60° | .6916150 | 0.003 | 0.160735 | 1.222495 |
| | 90° | .7792750 | 0.004 | 0.171927 | 1.386623 |
| | 180° | 2.0048700 | 0.000 | 1.529556 | 2.480184 |
| 30° | 45° | 0.163500 | 1.000 | -0.434010 | 0.761010 |
| | 60° | .5636750 | 0.024 | 0.045299 | 1.082051 |
| | 90° | .6513350 | 0.023 | 0.054145 | 1.248525 |
| | 180° | 1.8769300 | 0.000 | 1.416393 | 2.337467 |
| 45° | 60° | 0.400175 | 0.319 | -0.134821 | 0.935171 |
| | 90° | 0.487835 | 0.235 | -0.122881 | 1.098551 |
| | 180° | 1.7134300 | 0.000 | 1.233289 | 2.193571 |
| 60° | 90° | 0.087660 | 1.000 | -0.446958 | 0.622278 |
| | 180° | 1.3132550 | 0.000 | 0.953865 | 1.672645 |
| 90° | 180° | 1.2259500 | 0.000 | 0.745897 | 1.705293 |
| CD_130_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | .9558950 | 0.000 | 0.686267 | 1.225523 |
| | 30° | .9411350 | 0.000 | 0.691655 | 1.190615 |
| | 45° | .7207950 | 0.000 | 0.355002 | 1.086588 |
| | 60° | 1.1401900 | 0.000 | 0.778934 | 1.501446 |
| | 90° | 1.3615950 | 0.000 | 1.018268 | 1.704922 |
| | 180° | 2.9150050 | 0.000 | 2.718561 | 3.111449 |
| 15° | 30° | -0.014760 | 1.000 | -0.317165 | 0.287645 |
| | 45° | -0.235100 | 0.689 | -0.633530 | 0.163330 |
| | 60° | 0.184295 | 0.926 | -0.210138 | 0.578728 |
| | 90° | .4057000 | 0.027 | 0.026909 | 0.784491 |
| | 180° | 1.9591100 | 0.000 | 1.693623 | 2.224597 |
| 30° | 45° | -0.220340 | 0.734 | -0.607960 | 0.167280 |
| | 60° | 0.199055 | 0.840 | -0.184399 | 0.582509 |
| | 90° | .4204600 | 0.014 | 0.053357 | 0.787563 |
| | 180° | 1.9738700 | 0.000 | 1.729048 | 2.218692 |
| 45° | 60° | 0.419395 | 0.097 | -0.037267 | 0.876057 |
| | 90° | .6408000 | 0.001 | 0.196567 | 1.085033 |
| | 180° | 2.1942100 | 0.000 | 1.831071 | 2.557349 |
| 60° | 90° | 0.221405 | 0.883 | -0.219440 | 0.662250 |
| | 180° | 1.7748150 | 0.000 | 1.416260 | 2.133370 |
| 90° | 180° | 1.5534100 | 0.000 | 1.212986 | 1.893834 |
| CD_150_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | 0.072630 | 1.000 | -0.291479 | 0.436739 |
| | 30° | .4865950 | 0.000 | 0.225089 | 0.748101 |
| | 45° | .7522000 | 0.000 | 0.397484 | 1.106916 |
| | 60° | .7621600 | 0.000 | 0.390027 | 1.134293 |
| | 90° | 1.1035050 | 0.000 | 0.612472 | 1.594538 |
| | 180° | 3.4749500 | 0.000 | 3.277177 | 3.672723 |
| 15° | 30° | .4139650 | 0.031 | 0.022685 | 0.805245 |
| | 45° | .6795700 | 0.000 | 0.229691 | 1.129449 |
| | 60° | .6895300 | 0.000 | 0.227229 | 1.151831 |
| | 90° | 1.0308750 | 0.000 | 0.475122 | 1.586628 |
| | 180° | 3.4023200 | 0.000 | 3.041688 | 3.762952 |
| 30° | 45° | 0.265605 | 0.433 | -0.117247 | 0.648457 |
| | 60° | 0.275565 | 0.436 | -0.122960 | 0.674090 |
| | 90° | .6169100 | 0.009 | 0.107639 | 1.126181 |
| | 180° | 2.9883550 | 0.000 | 2.732508 | 3.244202 |
| 45° | 60° | 0.009960 | 1.000 | -0.445819 | 0.465739 |
| | 90° | 0.351305 | 0.570 | -0.199521 | 0.902131 |
| | 180° | 2.7227500 | 0.000 | 2.371641 | 3.073859 |
| 60° | 90° | 0.341345 | 0.644 | -0.218718 | 0.901408 |
| | 180° | 2.7127900 | 0.000 | 2.344028 | 3.081552 |
| 90° | 180° | 2.3714450 | 0.000 | 1.882729 | 2.860161 |
| CD_170_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | 0.062255 | 1.000 | -0.550861 | 0.675371 |
| | 30° | 0.181320 | 0.999 | -0.444502 | 0.807142 |
| | 45° | 0.354920 | 0.565 | -0.202874 | 0.912714 |
| | 60° | .6744350 | 0.025 | 0.051027 | 1.297843 |
| | 90° | 1.3436350 | 0.000 | 0.842849 | 1.844421 |

| | | | | | |
|-----|------|-----------|-------|-----------|----------|
| | 180° | 3.9266650 | 0.000 | 3.599516 | 4.253814 |
| 15° | 30° | 0.119065 | 1.000 | -0.639900 | 0.878030 |
| | 45° | 0.292665 | 0.977 | -0.417048 | 1.002378 |
| | 60° | 0.612180 | 0.220 | -0.144978 | 1.369338 |
| | 90° | 1.2813800 | 0.000 | 0.609894 | 1.952866 |
| 30° | 180° | 3.8644100 | 0.000 | 3.288084 | 4.440736 |
| | 45° | 0.173600 | 1.000 | -0.546378 | 0.893578 |
| | 60° | 0.493115 | 0.567 | -0.273369 | 1.259599 |
| | 90° | 1.1623150 | 0.000 | 0.479691 | 1.844939 |
| 45° | 180° | 3.7453450 | 0.000 | 3.155212 | 4.335478 |
| | 60° | 0.319515 | 0.954 | -0.398506 | 1.037536 |
| | 90° | .9887150 | 0.000 | 0.364828 | 1.612602 |
| 60° | 180° | 3.5717450 | 0.000 | 3.056435 | 4.087055 |
| | 90° | 0.669200 | 0.057 | -0.011303 | 1.349703 |
| 90° | 180° | 3.2522300 | 0.000 | 2.664715 | 3.839745 |
| | 180° | 2.5830300 | 0.000 | 2.132732 | 3.033328 |

Tabela III.8 – Rezultati naknadnog testa (Dunnett's T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 2400 spi - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | 0.238255 | 0.556 | -0.142023 | 0.618533 |
| | 30° | .4786150 | 0.003 | 0.125688 | 0.831542 |
| | 45° | .6888200 | 0.000 | 0.357447 | 1.020193 |
| | 60° | .7711200 | 0.000 | 0.490437 | 1.051803 |
| | 90° | .8266150 | 0.000 | 0.602379 | 1.050851 |
| | 180° | 1.2390200 | 0.000 | 1.040704 | 1.437336 |
| 15° | 30° | 0.240360 | 0.866 | -0.228615 | 0.709335 |
| | 45° | 0.450565 | 0.054 | -0.004627 | 0.905757 |
| | 60° | .5328650 | 0.005 | 0.107102 | 0.958628 |
| | 90° | .5883600 | 0.001 | 0.189731 | 0.986989 |
| 30° | 180° | 1.0007650 | 0.000 | 0.612427 | 1.389103 |
| | 45° | 0.210205 | 0.911 | -0.224420 | 0.644830 |
| | 60° | 0.292505 | 0.366 | -0.110368 | 0.695378 |
| | 90° | 0.348000 | 0.086 | -0.025197 | 0.721197 |
| 45° | 180° | .7604050 | 0.000 | 0.398562 | 1.122248 |
| | 60° | 0.082300 | 1.000 | -0.303058 | 0.467658 |
| | 90° | 0.137795 | 0.984 | -0.215627 | 0.491217 |
| 60° | 180° | .5502000 | 0.000 | 0.209111 | 0.891289 |
| | 90° | 0.055495 | 1.000 | -0.252679 | 0.363669 |
| 90° | 180° | .4124050 | 0.000 | 0.171497 | 0.653313 |
| MD_115_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | .7259350 | 0.000 | 0.317292 | 1.134578 |
| | 30° | .8644700 | 0.000 | 0.554020 | 1.174920 |
| | 45° | .8769900 | 0.000 | 0.639226 | 1.114754 |
| | 60° | 1.0434850 | 0.000 | 0.677068 | 1.409902 |
| | 90° | .9679850 | 0.000 | 0.690791 | 1.245179 |
| | 180° | 1.7042150 | 0.000 | 1.492180 | 1.916250 |
| 15° | 30° | 0.138535 | 0.999 | -0.314558 | 0.591628 |
| | 45° | 0.151055 | 0.991 | -0.265541 | 0.567651 |
| | 60° | 0.317550 | 0.545 | -0.169757 | 0.804857 |
| | 90° | 0.242050 | 0.762 | -0.193148 | 0.677248 |
| 30° | 180° | .9782800 | 0.000 | 0.572257 | 1.384303 |
| | 45° | 0.012520 | 1.000 | -0.309625 | 0.334665 |
| | 60° | 0.179015 | 0.966 | -0.238486 | 0.596516 |
| | 90° | 0.103515 | 0.999 | -0.245133 | 0.452163 |
| 45° | 180° | .8397450 | 0.000 | 0.533188 | 1.146302 |
| | 60° | 0.166495 | 0.946 | -0.209180 | 0.542170 |
| | 90° | 0.090995 | 0.999 | -0.199925 | 0.381915 |
| 60° | 180° | .8272250 | 0.000 | 0.595302 | 1.059148 |
| | 90° | -0.075500 | 1.000 | -0.472637 | 0.321637 |
| 90° | 180° | .6607300 | 0.000 | 0.297369 | 1.024091 |
| | 180° | .7362300 | 0.000 | 0.463651 | 1.008809 |
| MD_130_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | .6497300 | 0.000 | 0.378511 | 0.920949 |
| | 30° | .7765200 | 0.000 | 0.498163 | 1.054877 |
| | 45° | .6923250 | 0.000 | 0.383969 | 1.000681 |
| | 60° | .9714450 | 0.000 | 0.639447 | 1.303443 |
| | 90° | 1.1704100 | 0.000 | 0.905404 | 1.435416 |
| | 180° | 1.6657750 | 0.000 | 1.427083 | 1.904467 |
| 15° | 30° | 0.126790 | 0.942 | -0.150214 | 0.403794 |
| | 45° | 0.042595 | 1.000 | -0.264602 | 0.349792 |
| | 60° | 0.321715 | 0.063 | -0.009246 | 0.652676 |
| | 90° | .5206800 | 0.000 | 0.257131 | 0.784229 |
| 30° | 180° | 1.0160450 | 0.000 | 0.779060 | 1.253030 |
| | 45° | -0.084195 | 1.000 | -0.397340 | 0.228950 |
| | 60° | 0.194925 | 0.719 | -0.141368 | 0.531218 |
| 45° | 90° | .3938900 | 0.001 | 0.122898 | 0.664882 |
| | 180° | .8892550 | 0.000 | 0.643594 | 1.134916 |
| | 60° | 0.279120 | 0.271 | -0.080380 | 0.638620 |
| | 90° | .4780850 | 0.000 | 0.176014 | 0.780156 |

| | | | | | |
|-------------|------|-----------|-------|-----------|----------|
| | 180° | .9734500 | 0.000 | 0.692528 | 1.254372 |
| 60° | 90° | 0.198965 | 0.639 | -0.127420 | 0.525350 |
| | 180° | .6943300 | 0.000 | 0.386623 | 1.002037 |
| 90° | 180° | .4953650 | 0.000 | 0.266047 | 0.724683 |
| MD_150_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | .8520300 | 0.000 | 0.474271 | 1.229789 |
| | 30° | .9159300 | 0.000 | 0.570755 | 1.261105 |
| | 45° | 1.0508700 | 0.000 | 0.692601 | 1.409139 |
| | 60° | 1.2449150 | 0.000 | 0.850943 | 1.638887 |
| | 90° | 1.5083450 | 0.000 | 1.132694 | 1.883996 |
| | 180° | 2.2021350 | 0.000 | 1.873056 | 2.531214 |
| 15° | 30° | 0.063900 | 1.000 | -0.254295 | 0.382095 |
| | 45° | 0.198840 | 0.681 | -0.134059 | 0.531739 |
| | 60° | .3928850 | 0.031 | 0.020635 | 0.765135 |
| | 90° | .6563150 | 0.000 | 0.304136 | 1.008494 |
| 30° | 180° | 1.3501050 | 0.000 | 1.050227 | 1.649983 |
| | 45° | 0.134940 | 0.938 | -0.157432 | 0.427312 |
| | 60° | 0.328985 | 0.064 | -0.009864 | 0.667834 |
| | 90° | .5924150 | 0.000 | 0.276956 | 0.907874 |
| 45° | 180° | 1.2862050 | 0.000 | 1.035351 | 1.537059 |
| | 60° | 0.194045 | 0.787 | -0.158248 | 0.546338 |
| | 90° | .4574750 | 0.001 | 0.127131 | 0.787819 |
| | 180° | 1.1512650 | 0.000 | 0.879916 | 1.422614 |
| 60° | 90° | 0.263430 | 0.401 | -0.106664 | 0.633524 |
| | 180° | .9572200 | 0.000 | 0.634943 | 1.279497 |
| 90° | 180° | .6937900 | 0.000 | 0.396905 | 0.990675 |
| MD_170_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | .5316650 | 0.033 | 0.025439 | 1.037891 |
| | 30° | .8927550 | 0.000 | 0.544611 | 1.240899 |
| | 45° | .8763250 | 0.000 | 0.443083 | 1.309567 |
| | 60° | 1.1352850 | 0.000 | 0.697795 | 1.572775 |
| | 90° | 1.4491250 | 0.000 | 1.069623 | 1.828627 |
| | 180° | 2.4881900 | 0.000 | 2.138305 | 2.838075 |
| 15° | 30° | 0.361090 | 0.344 | -0.133779 | 0.855959 |
| | 45° | 0.344660 | 0.605 | -0.205299 | 0.894619 |
| | 60° | .6036200 | 0.023 | 0.050686 | 1.156554 |
| | 90° | .9174600 | 0.000 | 0.403350 | 1.431570 |
| 30° | 180° | 1.9565250 | 0.000 | 1.460622 | 2.452428 |
| | 45° | -0.016430 | 1.000 | -0.435253 | 0.402393 |
| | 60° | 0.242530 | 0.728 | -0.180757 | 0.665817 |
| | 90° | .5563700 | 0.000 | 0.194642 | 0.918098 |
| 45° | 180° | 1.5954350 | 0.000 | 1.265812 | 1.925058 |
| | 60° | 0.258960 | 0.838 | -0.231610 | 0.749530 |
| | 90° | .5728000 | 0.004 | 0.129666 | 1.015934 |
| | 180° | 1.6118650 | 0.000 | 1.191720 | 2.032010 |
| 60° | 90° | 0.313840 | 0.421 | -0.133401 | 0.761081 |
| | 180° | 1.3529050 | 0.000 | 0.928316 | 1.777494 |
| 90° | 180° | 1.0390650 | 0.000 | 0.675692 | 1.402438 |

Tabela III.9 – Rezultati naknadnog testa (Dunnett's T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 2400 spi - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | .6948100 | 0.000 | 0.308242 | 1.081378 |
| | 30° | .6952250 | 0.000 | 0.331325 | 1.059125 |
| | 45° | .7422050 | 0.000 | 0.367255 | 1.117155 |
| | 60° | .8608500 | 0.000 | 0.531827 | 1.189873 |
| | 90° | 1.0107950 | 0.000 | 0.665071 | 1.356519 |
| | 180° | 2.1517550 | 0.000 | 1.865453 | 2.438057 |
| 15° | 30° | 0.000415 | 1.000 | -0.393337 | 0.394167 |
| | 45° | 0.047395 | 1.000 | -0.356208 | 0.450998 |
| | 60° | 0.166040 | 0.938 | -0.197176 | 0.529256 |
| | 90° | 0.315985 | 0.179 | -0.061741 | 0.693711 |
| 30° | 180° | 1.4569450 | 0.000 | 1.129802 | 1.784088 |
| | 45° | 0.046980 | 1.000 | -0.335483 | 0.429443 |
| | 60° | 0.165625 | 0.900 | -0.172494 | 0.503744 |
| | 90° | 0.315570 | 0.120 | -0.038616 | 0.669756 |
| 45° | 180° | 1.4565300 | 0.000 | 1.159143 | 1.753917 |
| | 60° | 0.118645 | 0.997 | -0.231762 | 0.469052 |
| | 90° | 0.268590 | 0.351 | -0.097088 | 0.634268 |
| | 180° | 1.4095500 | 0.000 | 1.097458 | 1.721642 |
| 60° | 90° | 0.149945 | 0.925 | -0.167703 | 0.467593 |
| | 180° | 1.2909050 | 0.000 | 1.043444 | 1.538366 |
| 90° | 180° | 1.1409600 | 0.000 | 0.868801 | 1.413119 |
| CD_115_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | .5654700 | 0.013 | 0.082945 | 1.047995 |
| | 30° | .6569200 | 0.001 | 0.212368 | 1.101472 |
| | 45° | .7978850 | 0.000 | 0.317557 | 1.278213 |
| | 60° | 1.1575250 | 0.000 | 0.778206 | 1.536844 |
| | 90° | 1.2875850 | 0.000 | 0.853125 | 1.722045 |
| | 180° | 2.5038600 | 0.000 | 2.263090 | 2.744630 |
| 15° | 30° | 0.091450 | 1.000 | -0.500239 | 0.683139 |

| | | | | | |
|-------------|------|------------|-------|-----------|----------|
| | 45° | 0.232415 | 0.991 | -0.383363 | 0.848193 |
| | 60° | .5920550' | 0.027 | 0.040386 | 1.143724 |
| | 90° | .7221150' | 0.006 | 0.136962 | 1.307268 |
| | 180° | 1.9383900' | 0.000 | 1.451223 | 2.425557 |
| 30° | 45° | 0.140965 | 1.000 | -0.449100 | 0.731030 |
| | 60° | 0.500605 | 0.069 | -0.020395 | 1.021605 |
| | 90° | .6306650' | 0.016 | 0.073407 | 1.187923 |
| | 180° | 1.8469400' | 0.000 | 1.397197 | 2.296683 |
| 45° | 60° | 0.359640 | 0.534 | -0.190223 | 0.909503 |
| | 90° | 0.489700 | 0.177 | -0.093801 | 1.073201 |
| | 180° | 1.7059750' | 0.000 | 1.220977 | 2.190973 |
| 60° | 90° | 0.130060 | 1.000 | -0.382997 | 0.643117 |
| | 180° | 1.3463350' | 0.000 | 0.960541 | 1.732129 |
| 90° | 180° | 1.2162750' | 0.000 | 0.776458 | 1.656092 |
| CD_130_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | .8563700' | 0.000 | 0.466945 | 1.245795 |
| | 30° | .8864500' | 0.000 | 0.579940 | 1.192960 |
| | 45° | .7274050' | 0.000 | 0.359393 | 1.095417 |
| | 60° | 1.1426900' | 0.000 | 0.779255 | 1.506125 |
| | 90° | 1.3531800' | 0.000 | 1.000691 | 1.705669 |
| | 180° | 2.8904450' | 0.000 | 2.674977 | 3.105913 |
| 15° | 30° | 0.030080 | 1.000 | -0.397830 | 0.457990 |
| | 45° | -0.128965 | 1.000 | -0.597070 | 0.339140 |
| | 60° | 0.286320 | 0.636 | -0.178606 | 0.751246 |
| | 90° | .4968100' | 0.024 | 0.039373 | 0.954247 |
| 30° | 180° | 2.0340750' | 0.000 | 1.653761 | 2.414389 |
| | 45° | -0.159045 | 0.987 | -0.568494 | 0.250404 |
| | 60° | 0.256240 | 0.592 | -0.149310 | 0.661790 |
| | 90° | .4667300' | 0.010 | 0.070427 | 0.863033 |
| 45° | 180° | 2.0039950' | 0.000 | 1.710529 | 2.297461 |
| | 60° | 0.415285 | 0.092 | -0.033449 | 0.864019 |
| | 90° | .6257750' | 0.001 | 0.184950 | 1.066600 |
| 60° | 180° | 2.1630400' | 0.000 | 1.804922 | 2.521158 |
| | 90° | 0.210490 | 0.914 | -0.226851 | 0.647831 |
| 90° | 180° | 1.7477550' | 0.000 | 1.394398 | 2.101112 |
| 90° | 180° | 1.5372650' | 0.000 | 1.195321 | 1.879209 |
| CD_150_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | 0.155705 | 0.988 | -0.257257 | 0.568667 |
| | 30° | .6098300' | 0.000 | 0.312676 | 0.906984 |
| | 45° | .9587250' | 0.000 | 0.699332 | 1.218118 |
| | 60° | .8782600' | 0.000 | 0.508187 | 1.248333 |
| | 90° | 1.2097700' | 0.000 | 0.731638 | 1.687902 |
| | 180° | 3.6111300' | 0.000 | 3.375497 | 3.846763 |
| 15° | 30° | .4541250' | 0.024 | 0.036646 | 0.871604 |
| | 45° | .8030200' | 0.000 | 0.407048 | 1.198992 |
| | 60° | .7225550' | 0.000 | 0.257162 | 1.187948 |
| | 90° | 1.0540650' | 0.000 | 0.505797 | 1.602333 |
| 30° | 180° | 3.4554250' | 0.000 | 3.071897 | 3.838953 |
| | 45° | .3488950' | 0.003 | 0.080591 | 0.617199 |
| | 60° | 0.268430 | 0.387 | -0.106945 | 0.643805 |
| | 90° | .5999400' | 0.006 | 0.118149 | 1.081731 |
| 45° | 180° | 3.0013000' | 0.000 | 2.755464 | 3.247136 |
| | 60° | -0.080465 | 1.000 | -0.430407 | 0.269477 |
| | 90° | 0.251045 | 0.765 | -0.213415 | 0.715505 |
| 60° | 180° | 2.6524050' | 0.000 | 2.460643 | 2.844167 |
| | 90° | 0.331510 | 0.577 | -0.189911 | 0.852931 |
| 90° | 180° | 2.7328700' | 0.000 | 2.397795 | 3.067945 |
| 90° | 180° | 2.4013600' | 0.000 | 1.946904 | 2.855816 |
| CD_170_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | 0.058000 | 1.000 | -0.556384 | 0.672384 |
| | 30° | 0.212975 | 0.996 | -0.410881 | 0.836831 |
| | 45° | 0.294435 | 0.914 | -0.335344 | 0.924214 |
| | 60° | 0.632290 | 0.056 | -0.009572 | 1.274152 |
| | 90° | 1.3483100' | 0.000 | 0.859936 | 1.836684 |
| | 180° | 3.9036000' | 0.000 | 3.576982 | 4.230218 |
| 15° | 30° | 0.154975 | 1.000 | -0.603930 | 0.913880 |
| | 45° | 0.236435 | 0.999 | -0.526902 | 0.999772 |
| | 60° | 0.574290 | 0.334 | -0.198164 | 1.346744 |
| | 90° | 1.2903100' | 0.000 | 0.625010 | 1.955610 |
| 30° | 180° | 3.8456000' | 0.000 | 3.267381 | 4.423819 |
| | 45° | 0.081460 | 1.000 | -0.688756 | 0.851676 |
| | 60° | 0.419315 | 0.818 | -0.359898 | 1.198528 |
| | 90° | 1.1353350' | 0.000 | 0.461598 | 1.809072 |
| 45° | 180° | 3.6906250' | 0.000 | 3.102124 | 4.279126 |
| | 60° | 0.337855 | 0.965 | -0.445618 | 1.121328 |
| | 90° | 1.0538750' | 0.000 | 0.374845 | 1.732905 |
| 60° | 180° | 3.6091650' | 0.000 | 3.014253 | 4.204077 |
| | 90° | .7160200' | 0.036 | 0.026152 | 1.405888 |
| 90° | 180° | 3.2713100' | 0.000 | 2.663359 | 3.879261 |
| 90° | 180° | 2.5552900' | 0.000 | 2.118784 | 2.991796 |

Tabela III.10 – Rezultati naknadnog testa (Dunett's T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 4800 spi - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina | 95% Interval poverenja |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------|------------------------|
|-------------------------|------------|-----------------------|----------|------------------------|

| | | | značajnosti | Donja granica | Gornja granica |
|-------------|----------|-----------|-------------|---------------|----------------|
| MD_90_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | .0180965 | 0.890 | -0.196724 | 0.558654 |
| | 30° | .4566100 | 0.002 | 0.122238 | 0.790982 |
| | 45° | .6966750 | 0.000 | 0.357560 | 1.035790 |
| | 60° | .7783850 | 0.000 | 0.490361 | 1.066409 |
| | 90° | .8197800 | 0.000 | 0.591720 | 1.047840 |
| | 180° | 1.2168350 | 0.000 | 1.016562 | 1.417108 |
| 15° | 30° | 0.275645 | 0.630 | -0.170469 | 0.721759 |
| | 45° | .5157100 | 0.014 | 0.066498 | 0.964922 |
| | 60° | .5974200 | 0.001 | 0.179669 | 1.015171 |
| | 90° | .6388150 | 0.000 | 0.251935 | 1.025695 |
| 30° | 180° | 1.0358700 | 0.000 | 0.660862 | 1.410878 |
| | 45° | 0.240065 | 0.735 | -0.176762 | 0.656892 |
| | 60° | 0.321775 | 0.170 | -0.059416 | 0.702966 |
| | 90° | .3631700 | 0.033 | 0.017907 | 0.708433 |
| 45° | 180° | .7602250 | 0.000 | 0.429041 | 1.091409 |
| | 60° | 0.081710 | 1.000 | -0.303397 | 0.466817 |
| | 90° | 0.123105 | 0.994 | -0.226688 | 0.472898 |
| 60° | 180° | .5201600 | 0.000 | 0.184169 | 0.856151 |
| | 90° | 0.041395 | 1.000 | -0.260058 | 0.342848 |
| | 180° | .4384500 | 0.000 | 0.154396 | 0.722504 |
| 90° | 180° | .3970550 | 0.000 | 0.174661 | 0.619449 |
| MD_115_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | .7084600 | 0.000 | 0.320166 | 1.096754 |
| | 30° | .8503150 | 0.000 | 0.520156 | 1.180474 |
| | 45° | .8379350 | 0.000 | 0.561380 | 1.114490 |
| | 60° | 1.0425200 | 0.000 | 0.676769 | 1.408271 |
| | 90° | .9971350 | 0.000 | 0.699803 | 1.294467 |
| | 180° | 1.7228400 | 0.000 | 1.499465 | 1.946215 |
| 15° | 30° | 0.141855 | 0.998 | -0.291981 | 0.575691 |
| | 45° | 0.129475 | 0.998 | -0.271135 | 0.530085 |
| | 60° | 0.334060 | 0.364 | -0.124288 | 0.792408 |
| | 90° | 0.288675 | 0.422 | -0.124239 | 0.701589 |
| 30° | 180° | 1.0143800 | 0.000 | 0.641684 | 1.387076 |
| | 45° | -0.012380 | 1.000 | -0.358029 | 0.333269 |
| | 60° | 0.192205 | 0.936 | -0.222731 | 0.607141 |
| | 90° | 0.146820 | 0.980 | -0.214022 | 0.507662 |
| 45° | 180° | .8725250 | 0.000 | 0.562366 | 1.182684 |
| | 60° | 0.204585 | 0.803 | -0.174569 | 0.583739 |
| | 90° | 0.159200 | 0.878 | -0.156077 | 0.474477 |
| 60° | 180° | .8849050 | 0.000 | 0.635078 | 1.134732 |
| | 90° | -0.045385 | 1.000 | -0.437851 | 0.347081 |
| | 180° | .6803200 | 0.000 | 0.331635 | 1.029005 |
| 90° | 180° | .7257050 | 0.000 | 0.452051 | 0.999359 |
| MD_130_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | .6847000 | 0.000 | 0.371154 | 0.998246 |
| | 30° | .8177750 | 0.000 | 0.511814 | 1.123736 |
| | 45° | .7131350 | 0.000 | 0.378144 | 1.048126 |
| | 60° | .9953900 | 0.000 | 0.651531 | 1.339249 |
| | 90° | 1.1988800 | 0.000 | 0.912513 | 1.485247 |
| | 180° | 1.6802200 | 0.000 | 1.404743 | 1.955697 |
| 15° | 30° | 0.133075 | 0.938 | -0.155150 | 0.421300 |
| | 45° | 0.028435 | 1.000 | -0.291231 | 0.348101 |
| | 60° | 0.310690 | 0.079 | -0.018469 | 0.639849 |
| | 90° | .5141800 | 0.000 | 0.247571 | 0.780789 |
| 30° | 180° | .9955200 | 0.000 | 0.741095 | 1.249945 |
| | 45° | -0.104640 | 0.998 | -0.416945 | 0.207665 |
| | 60° | 0.177615 | 0.785 | -0.144508 | 0.499738 |
| | 90° | .3811050 | 0.001 | 0.124273 | 0.637937 |
| 45° | 180° | .8624450 | 0.000 | 0.618544 | 1.106346 |
| | 60° | 0.282255 | 0.220 | -0.066945 | 0.631455 |
| | 90° | .4857450 | 0.000 | 0.192392 | 0.779098 |
| 60° | 180° | .9670850 | 0.000 | 0.684221 | 1.249949 |
| | 90° | 0.203490 | 0.488 | -0.100605 | 0.507585 |
| | 180° | .6848300 | 0.000 | 0.390659 | 0.979001 |
| 90° | 180° | .4813400 | 0.000 | 0.266184 | 0.696496 |
| MD_150_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | .8354850 | 0.000 | 0.448976 | 1.221994 |
| | 30° | .9163650 | 0.000 | 0.554610 | 1.278120 |
| | 45° | 1.0343850 | 0.000 | 0.679243 | 1.389527 |
| | 60° | 1.2859300 | 0.000 | 0.921923 | 1.649937 |
| | 90° | 1.5286450 | 0.000 | 1.172323 | 1.884967 |
| | 180° | 2.1983600 | 0.000 | 1.862582 | 2.534138 |
| 15° | 30° | 0.080880 | 1.000 | -0.245647 | 0.407407 |
| | 45° | 0.198900 | 0.610 | -0.119886 | 0.517686 |
| | 60° | .4504450 | 0.002 | 0.121296 | 0.779594 |
| | 90° | .6931600 | 0.000 | 0.372989 | 1.013331 |
| 30° | 180° | 1.3628750 | 0.000 | 1.067115 | 1.658635 |
| | 45° | 0.118020 | 0.976 | -0.166546 | 0.402586 |
| | 60° | .3695650 | 0.005 | 0.072797 | 0.666333 |
| | 90° | .6122800 | 0.000 | 0.326072 | 0.898488 |
| 45° | 180° | 1.2819950 | 0.000 | 1.025267 | 1.538723 |
| | 60° | 0.251545 | 0.137 | -0.036239 | 0.539329 |
| 90° | .4942600 | 0.000 | 0.217562 | 0.770958 | |

| | | | | | |
|-------------|------|------------|-------|-----------|----------|
| | 180° | 1.1639750' | 0.000 | 0.918539 | 1.409411 |
| 60° | 90° | 0.242715 | 0.178 | -0.046683 | 0.532113 |
| | 180° | .9124300' | 0.000 | 0.651955 | 1.172905 |
| 90° | 180° | .6697150' | 0.000 | 0.422231 | 0.917199 |
| MD_170_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | .6221950' | 0.000 | 0.221237 | 1.023153 |
| | 30° | .8318550' | 0.000 | 0.455118 | 1.208592 |
| | 45° | .8557150' | 0.000 | 0.432419 | 1.279011 |
| | 60° | 1.1139100' | 0.000 | 0.645606 | 1.582214 |
| | 90° | 1.5229800' | 0.000 | 1.194258 | 1.851702 |
| | 180° | 2.4631200' | 0.000 | 2.105540 | 2.820700 |
| 15° | 30° | 0.209660 | 0.839 | -0.188192 | 0.607512 |
| | 45° | 0.233520 | 0.835 | -0.207671 | 0.674711 |
| | 60° | .4917150' | 0.044 | 0.007931 | 0.975499 |
| | 90° | .9007850' | 0.000 | 0.546560 | 1.255010 |
| 30° | 180° | 1.8409250' | 0.000 | 1.460629 | 2.221221 |
| | 45° | 0.023860 | 1.000 | -0.396576 | 0.444296 |
| | 60° | 0.282055 | 0.651 | -0.183793 | 0.747903 |
| | 90° | .6911250' | 0.000 | 0.366606 | 1.015644 |
| 45° | 180° | 1.6312650' | 0.000 | 1.277383 | 1.985147 |
| | 60° | 0.258195 | 0.859 | -0.242678 | 0.759068 |
| | 90° | .6672650' | 0.000 | 0.286530 | 1.048000 |
| 60° | 180° | 1.6074050' | 0.000 | 1.203056 | 2.011754 |
| | 90° | 0.409070 | 0.076 | -0.023250 | 0.841390 |
| | 180° | 1.3492100' | 0.000 | 0.897072 | 1.801348 |
| 90° | 180° | .9401400' | 0.000 | 0.640061 | 1.240219 |

Tabela III.11 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 4800 spi - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | .7017300' | 0.000 | 0.317711 | 1.085749 |
| | 30° | .7390200' | 0.000 | 0.403185 | 1.074855 |
| | 45° | .7142750' | 0.000 | 0.380321 | 1.048229 |
| | 60° | .9141850' | 0.000 | 0.613036 | 1.215334 |
| | 90° | .9942650' | 0.000 | 0.673418 | 1.315112 |
| | 180° | 2.1579050' | 0.000 | 1.874261 | 2.441549 |
| 15° | 30° | 0.037290 | 1.000 | -0.333049 | 0.407629 |
| | 45° | 0.012545 | 1.000 | -0.356173 | 0.381263 |
| | 60° | 0.212455 | 0.593 | -0.128463 | 0.553373 |
| | 90° | 0.292535 | 0.201 | -0.064961 | 0.650031 |
| 30° | 180° | 1.4561750' | 0.000 | 1.129713 | 1.782637 |
| | 45° | -0.024745 | 1.000 | -0.341613 | 0.292123 |
| | 60° | 0.175165 | 0.609 | -0.105780 | 0.456110 |
| | 90° | 0.255245 | 0.171 | -0.047374 | 0.557864 |
| 45° | 180° | 1.4188850' | 0.000 | 1.157500 | 1.680270 |
| | 60° | 0.199910 | 0.382 | -0.078569 | 0.478389 |
| | 90° | 0.279990 | 0.087 | -0.020426 | 0.580406 |
| 60° | 180° | 1.4436300' | 0.000 | 1.184992 | 1.702268 |
| | 90° | 0.080080 | 0.999 | -0.180849 | 0.341009 |
| 90° | 180° | 1.2437200' | 0.000 | 1.037427 | 1.450013 |
| | 180° | 1.1636400' | 0.000 | 0.924797 | 1.402483 |
| CD_115_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | 0.582235 | 0.064 | -0.019629 | 1.184099 |
| | 30° | .6948800' | 0.000 | 0.323717 | 1.066043 |
| | 45° | .8148650' | 0.000 | 0.346624 | 1.283106 |
| | 60° | 1.1492850' | 0.000 | 0.765806 | 1.532764 |
| | 90° | 1.2575600' | 0.000 | 0.785315 | 1.729805 |
| | 180° | 2.4939000' | 0.000 | 2.274316 | 2.713484 |
| 15° | 30° | 0.112645 | 1.000 | -0.547886 | 0.773176 |
| | 45° | 0.232630 | 0.998 | -0.474932 | 0.940192 |
| | 60° | 0.567050 | 0.158 | -0.098800 | 1.232900 |
| | 90° | 0.675325 | 0.075 | -0.034418 | 1.385068 |
| 30° | 180° | 1.9116650' | 0.000 | 1.300343 | 2.522987 |
| | 45° | 0.119985 | 1.000 | -0.428017 | 0.667987 |
| | 60° | 0.454405 | 0.083 | -0.029519 | 0.938329 |
| | 90° | .5626800' | 0.042 | 0.011481 | 1.113879 |
| 45° | 180° | 1.7990200' | 0.000 | 1.410243 | 2.187797 |
| | 60° | 0.334420 | 0.666 | -0.220584 | 0.889424 |
| | 90° | 0.442695 | 0.374 | -0.168532 | 1.053922 |
| 60° | 180° | 1.6790350' | 0.000 | 1.197817 | 2.160253 |
| | 90° | 0.108275 | 1.000 | -0.449866 | 0.666416 |
| 90° | 180° | 1.3446150' | 0.000 | 0.944271 | 1.744959 |
| | 180° | 1.2363400' | 0.000 | 0.751259 | 1.721421 |
| CD_130_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | .8695100' | 0.000 | 0.604870 | 1.134150 |
| | 30° | .8663300' | 0.000 | 0.599641 | 1.133019 |
| | 45° | .7406350' | 0.000 | 0.384959 | 1.096311 |
| | 60° | 1.1682800' | 0.000 | 0.831348 | 1.505212 |
| | 90° | 1.3539500' | 0.000 | 1.041634 | 1.666266 |
| | 180° | 2.8772100' | 0.000 | 2.671269 | 3.083151 |
| 15° | 30° | -0.003180 | 1.000 | -0.320682 | 0.314322 |

| | | | | | |
|-------------|------|-----------|-------|-----------|----------|
| | 45° | -0.128875 | 0.998 | -0.519891 | 0.262141 |
| | 60° | 0.298770 | 0.234 | -0.076069 | 0.673609 |
| | 90° | .4844400 | 0.002 | 0.130352 | 0.838528 |
| | 180° | 2.0077000 | 0.000 | 1.733601 | 2.281799 |
| 30° | 45° | -0.125695 | 0.998 | -0.517856 | 0.266466 |
| | 60° | 0.301950 | 0.225 | -0.074108 | 0.678008 |
| | 90° | .4876200 | 0.002 | 0.132204 | 0.843036 |
| | 180° | 2.0108800 | 0.000 | 1.734834 | 2.286926 |
| 45° | 60° | 0.427645 | 0.059 | -0.008322 | 0.863612 |
| | 90° | .6133150 | 0.001 | 0.193649 | 1.032981 |
| | 180° | 2.1365750 | 0.000 | 1.774660 | 2.498490 |
| 60° | 90° | 0.185670 | 0.941 | -0.219525 | 0.590865 |
| | 180° | 1.7089300 | 0.000 | 1.365272 | 2.052588 |
| 90° | 180° | 1.5232600 | 0.000 | 1.203463 | 1.843057 |
| CD_150_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | 0.163190 | 0.979 | -0.247506 | 0.573886 |
| | 30° | .6495850 | 0.000 | 0.402922 | 0.896248 |
| | 45° | .9104500 | 0.000 | 0.662313 | 1.158587 |
| | 60° | .8064650 | 0.000 | 0.449899 | 1.163031 |
| | 90° | 1.2045450 | 0.000 | 0.710499 | 1.698591 |
| | 180° | 3.6070350 | 0.000 | 3.379397 | 3.834673 |
| 15° | 30° | .4863950 | 0.008 | 0.089558 | 0.883232 |
| | 45° | .7472600 | 0.000 | 0.349684 | 1.144836 |
| | 60° | .6432750 | 0.001 | 0.181404 | 1.105146 |
| | 90° | 1.0413550 | 0.000 | 0.475593 | 1.607117 |
| 30° | 180° | 3.4438450 | 0.000 | 3.056270 | 3.831420 |
| | 45° | .2608650 | 0.008 | 0.044149 | 0.477581 |
| | 60° | 0.156880 | 0.921 | -0.182492 | 0.496252 |
| | 90° | .5549600 | 0.015 | 0.071521 | 1.038399 |
| 45° | 180° | 2.9574500 | 0.000 | 2.766577 | 3.148323 |
| | 60° | -0.103985 | 0.999 | -0.444280 | 0.236310 |
| | 90° | 0.294095 | 0.601 | -0.189908 | 0.778098 |
| | 180° | 2.6965850 | 0.000 | 2.503551 | 2.889619 |
| 60° | 90° | 0.398080 | 0.323 | -0.136146 | 0.932306 |
| | 180° | 2.8005700 | 0.000 | 2.472783 | 3.128357 |
| 90° | 180° | 2.4024900 | 0.000 | 1.926150 | 2.878830 |
| CD_170_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | 0.095355 | 1.000 | -0.514403 | 0.705113 |
| | 30° | 0.250650 | 0.976 | -0.372967 | 0.874267 |
| | 45° | 0.291230 | 0.906 | -0.322780 | 0.905240 |
| | 60° | .6817050 | 0.031 | 0.038423 | 1.324987 |
| | 90° | 1.4088150 | 0.000 | 0.911101 | 1.906529 |
| | 180° | 3.9217600 | 0.000 | 3.595916 | 4.247604 |
| 15° | 30° | 0.155295 | 1.000 | -0.600424 | 0.911014 |
| | 45° | 0.195875 | 1.000 | -0.552666 | 0.944416 |
| | 60° | 0.586350 | 0.300 | -0.184262 | 1.356962 |
| | 90° | 1.3134600 | 0.000 | 0.645871 | 1.981049 |
| 30° | 180° | 3.8264050 | 0.000 | 3.253020 | 4.399790 |
| | 45° | 0.040580 | 1.000 | -0.718230 | 0.799390 |
| | 60° | 0.431055 | 0.788 | -0.349393 | 1.211503 |
| | 90° | 1.1581650 | 0.000 | 0.478418 | 1.837912 |
| 45° | 180° | 3.6711100 | 0.000 | 3.082675 | 4.259545 |
| | 60° | 0.390475 | 0.879 | -0.383139 | 1.164089 |
| | 90° | 1.1175850 | 0.000 | 0.446275 | 1.788895 |
| 60° | 180° | 3.6305300 | 0.000 | 3.052519 | 4.208541 |
| | 90° | .7271100 | 0.035 | 0.029973 | 1.424247 |
| 90° | 180° | 3.2400550 | 0.000 | 2.630392 | 3.849718 |
| 90° | 180° | 2.5129450 | 0.000 | 2.065200 | 2.960690 |

Odnos obima i površine oštećenja

Tabela III.12 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - odnos obima i površine oštećenja

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|-------------|---------------------|-----|-----|----------------------|-------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_1200 | 4.171 | 6 | 133 | .001 | CD_90_1200 | 6.208 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_1200 | 5.236 | 6 | 133 | .000 | CD_115_1200 | 4.702 | 6 | 133 | .000 |
| MD_130_1200 | .650 | 6 | 133 | .690* | CD_130_1200 | 5.505 | 6 | 133 | .000 |
| MD_150_1200 | 3.288 | 6 | 133 | .005 | CD_150_1200 | 12.923 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_1200 | 5.979 | 6 | 133 | .000 | CD_170_1200 | 6.234 | 6 | 133 | .000 |
| MD_90_2400 | 9.523 | 6 | 133 | .000 | CD_90_2400 | 8.416 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_2400 | 4.997 | 6 | 133 | .000 | CD_115_2400 | 8.739 | 6 | 133 | .000 |
| MD_130_2400 | 1.684 | 6 | 133 | .130* | CD_130_2400 | 9.022 | 6 | 133 | .000 |
| MD_150_2400 | 3.867 | 6 | 133 | .001 | CD_150_2400 | 17.661 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_2400 | 6.790 | 6 | 133 | .000 | CD_170_2400 | 3.963 | 6 | 133 | .001 |
| MD_90_4800 | 8.679 | 6 | 133 | .000 | CD_90_4800 | 16.067 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_4800 | 4.953 | 6 | 133 | .000 | CD_115_4800 | 11.863 | 6 | 133 | .000 |
| MD_130_4800 | 2.555 | 6 | 133 | .023 | CD_130_4800 | 11.349 | 6 | 133 | .000 |
| MD_150_4800 | 4.267 | 6 | 133 | .001 | CD_150_4800 | 23.939 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_4800 | 8.204 | 6 | 133 | .000 | CD_170_4800 | 4.782 | 6 | 133 | .000 |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.13 – ANOVA - podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – odnos obima i površine oštećenja

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti | Eta kvadrat |
|-------------|---------------|--------------|--------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|-------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | | |
| MD_90_1200 | .603 | .528 | 1.131 | 6 | 133 | 139 | 25.327 | .000 | 0.53327 |
| MD_115_1200 | .753 | .781 | 1.534 | 6 | 133 | 139 | 21.384 | .000 | 0.49101 |
| MD_130_1200 | 1.026 | .565 | 1.591 | 6 | 133 | 139 | 40.226 | .000 | 0.64472 |
| MD_150_1200 | 1.423 | .566 | 1.989 | 6 | 133 | 139 | 55.721 | .000 | 0.71540 |
| MD_170_1200 | 1.580 | .780 | 2.360 | 6 | 133 | 139 | 44.872 | .000 | 0.66934 |
| MD_90_2400 | 1.130 | .687 | 1.817 | 6 | 133 | 139 | 36.448 | .000 | 0.62183 |
| MD_115_2400 | .704 | .597 | 1.301 | 6 | 133 | 139 | 26.165 | .000 | 0.54137 |
| MD_130_2400 | .839 | .486 | 1.325 | 6 | 133 | 139 | 38.315 | .000 | 0.63350 |
| MD_150_2400 | .954 | .343 | 1.298 | 6 | 133 | 139 | 61.589 | .000 | 0.73534 |
| MD_170_2400 | .949 | .539 | 1.488 | 6 | 133 | 139 | 39.031 | .000 | 0.63778 |
| MD_90_4800 | .456 | .304 | .760 | 6 | 133 | 139 | 33.258 | .000 | 0.60006 |
| MD_115_4800 | .312 | .205 | .517 | 6 | 133 | 139 | 33.828 | .000 | 0.60413 |
| MD_130_4800 | .319 | .179 | .499 | 6 | 133 | 139 | 39.525 | .000 | 0.64068 |
| MD_150_4800 | .357 | .112 | .469 | 6 | 133 | 139 | 70.607 | .000 | 0.76107 |
| MD_170_4800 | .333 | .141 | .474 | 6 | 133 | 139 | 52.412 | .000 | 0.70278 |
| CD_90_1200 | 1.229 | .301 | 1.530 | 6 | 133 | 139 | 90.447 | .000 | 0.80316 |
| CD_115_1200 | 1.712 | .605 | 2.317 | 6 | 133 | 139 | 62.716 | .000 | 0.73886 |
| CD_130_1200 | 2.051 | .318 | 2.369 | 6 | 133 | 139 | 143.098 | .000 | 0.86587 |
| CD_150_1200 | 3.007 | .242 | 3.249 | 6 | 133 | 139 | 275.606 | .000 | 0.92556 |
| CD_170_1200 | 3.706 | .290 | 3.997 | 6 | 133 | 139 | 282.936 | .000 | 0.92735 |
| CD_90_2400 | 1.492 | .272 | 1.763 | 6 | 133 | 139 | 121.737 | .000 | 0.84596 |
| CD_115_2400 | 1.505 | .428 | 1.933 | 6 | 133 | 139 | 78.003 | .000 | 0.77871 |
| CD_130_2400 | 1.219 | .156 | 1.375 | 6 | 133 | 139 | 173.603 | .000 | 0.88677 |
| CD_150_2400 | 2.047 | .145 | 2.193 | 6 | 133 | 139 | 312.251 | .000 | 0.93372 |
| CD_170_2400 | 1.991 | .121 | 2.112 | 6 | 133 | 139 | 363.712 | .000 | 0.94256 |
| CD_90_4800 | .684 | .118 | 0.802 | 6 | 133 | 139 | 128.001 | .000 | 0.85239 |
| CD_115_4800 | .603 | .158 | 0.761 | 6 | 133 | 139 | 84.625 | .000 | 0.79243 |
| CD_130_4800 | .414 | .052 | 0.466 | 6 | 133 | 139 | 176.203 | .000 | 0.88826 |
| CD_150_4800 | .732 | .055 | 0.786 | 6 | 133 | 139 | 297.228 | .000 | 0.93060 |
| CD_170_4800 | .668 | .038 | 0.707 | 6 | 133 | 139 | 386.781 | .000 | 0.94580 |

Tabela III.14 – Brown-Forsythe test - obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - odnos obima i površine oštećenja

| Brown-Forsythe | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|-------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|
| Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_1200 | 25.327 | 6 | 108.029 | .000 | CD_90_1200 | 90.447 | 6 | 95.506 | .000 |
| MD_115_1200 | 21.384 | 6 | 110.088 | .000 | CD_115_1200 | 62.716 | 6 | 110.171 | .000 |
| MD_130_1200 | 40.226 | 6 | 122.713 | .000 | CD_130_1200 | 143.098 | 6 | 101.555 | .000 |
| MD_150_1200 | 55.721 | 6 | 110.912 | .000 | CD_150_1200 | 275.606 | 6 | 66.003 | .000 |
| MD_170_1200 | 44.872 | 6 | 84.247 | .000 | CD_170_1200 | 282.936 | 6 | 91.933 | .000 |
| MD_90_2400 | 36.448 | 6 | 91.227 | .000 | CD_90_2400 | 121.737 | 6 | 81.068 | .000 |
| MD_115_2400 | 26.165 | 6 | 100.863 | .000 | CD_115_2400 | 78.003 | 6 | 93.234 | .000 |
| MD_130_2400 | 38.315 | 6 | 111.881 | .000 | CD_130_2400 | 173.603 | 6 | 76.516 | .000 |
| MD_150_2400 | 61.589 | 6 | 107.421 | .000 | CD_150_2400 | 312.251 | 6 | 50.950 | .000 |
| MD_170_2400 | 39.031 | 6 | 78.305 | .000 | CD_170_2400 | 363.712 | 6 | 104.509 | .000 |
| MD_90_4800 | 33.258 | 6 | 89.752 | .000 | CD_90_4800 | 128.001 | 6 | 51.440 | .000 |
| MD_115_4800 | 33.828 | 6 | 100.344 | .000 | CD_115_4800 | 84.625 | 6 | 77.330 | .000 |
| MD_130_4800 | 39.525 | 6 | 106.033 | .000 | CD_130_4800 | 176.203 | 6 | 63.196 | .000 |
| MD_150_4800 | 70.607 | 6 | 104.313 | .000 | CD_150_4800 | 297.228 | 6 | 40.407 | .000 |
| MD_170_4800 | 52.412 | 6 | 65.838 | .000 | CD_170_4800 | 386.781 | 6 | 91.661 | .000 |

Tabela III.15 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 1200 spi - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1018650' | 0.000 | -0.164051 | -0.039679 |
| | 30° | -.0822250' | 0.003 | -0.143034 | -0.021416 |
| | 45° | -.1236650' | 0.000 | -0.181948 | -0.065382 |
| | 60° | -.1413150' | 0.000 | -0.194256 | -0.088374 |
| | 90° | -.1700400' | 0.000 | -0.208508 | -0.131572 |
| | 180° | -.2250000' | 0.000 | -0.271683 | -0.178317 |
| 15° | 30° | 0.019640 | 1.000 | -0.059603 | 0.098883 |
| | 45° | -0.021800 | 1.000 | -0.099362 | 0.055762 |
| | 60° | -0.039450 | 0.828 | -0.113644 | 0.034744 |
| | 90° | -0.0681750' | 0.041 | -0.134759 | -0.001591 |
| 30° | 180° | -.1231350' | 0.000 | -0.193746 | -0.052524 |
| | 45° | -0.041440 | 0.812 | -0.118014 | 0.035134 |
| | 60° | -0.059090 | 0.220 | -0.132226 | 0.014046 |
| | 90° | -0.0878150' | 0.002 | -0.153152 | -0.022478 |
| 45° | 180° | -.1427750' | 0.000 | -0.212246 | -0.073304 |
| | 60° | -0.017650 | 1.000 | -0.088882 | 0.053582 |
| | 90° | -0.046375 | 0.339 | -0.109443 | 0.016693 |
| | 180° | -.1013350' | 0.000 | -0.168743 | -0.033927 |
| 60° | 90° | -0.028725 | 0.891 | -0.087084 | 0.029634 |
| | 180° | -.0836850' | 0.003 | -0.146870 | -0.020500 |

| | | | | | |
|-------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| 90° | 180° | -0.0549600 | 0.037 | -0.108004 | -0.001916 |
| MD_115_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.1466700 | 0.000 | -0.215486 | -0.077854 |
| | 30° | -0.1796900 | 0.000 | -0.241784 | -0.117596 |
| | 45° | -0.1510350 | 0.000 | -0.209541 | -0.092529 |
| | 60° | -0.1547550 | 0.000 | -0.232356 | -0.077154 |
| | 90° | -0.1292900 | 0.000 | -0.184263 | -0.074317 |
| 15° | 180° | -0.2677900 | 0.000 | -0.330490 | -0.205090 |
| | 30° | -0.033020 | 0.988 | -0.118463 | 0.052423 |
| | 45° | -0.004365 | 1.000 | -0.087623 | 0.078893 |
| | 60° | -0.008085 | 1.000 | -0.104112 | 0.087942 |
| 30° | 90° | 0.017380 | 1.000 | -0.063840 | 0.098600 |
| | 180° | -0.1211200 | 0.001 | -0.206942 | -0.035298 |
| | 45° | 0.028655 | 0.993 | -0.049655 | 0.106965 |
| | 60° | 0.024935 | 1.000 | -0.067157 | 0.117027 |
| 45° | 90° | 0.050400 | 0.517 | -0.025669 | 0.126469 |
| | 180° | -0.0881000 | 0.024 | -0.169212 | -0.006988 |
| | 60° | -0.003720 | 1.000 | -0.093867 | 0.086427 |
| | 90° | 0.021745 | 1.000 | -0.051703 | 0.095193 |
| 60° | 180° | -0.1167550 | 0.001 | -0.195498 | -0.038012 |
| | 90° | 0.025465 | 1.000 | -0.062880 | 0.113810 |
| | 180° | -0.1130350 | 0.007 | -0.205467 | -0.020603 |
| 90° | 180° | -0.1385000 | 0.000 | -0.215021 | -0.061979 |
| MD_130_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.1753500 | 0.000 | -0.232148 | -0.118552 |
| | 30° | -0.1977450 | 0.000 | -0.260238 | -0.135252 |
| | 45° | -0.1776800 | 0.000 | -0.235566 | -0.119794 |
| | 60° | -0.1648550 | 0.000 | -0.223712 | -0.105998 |
| | 90° | -0.2106250 | 0.000 | -0.279388 | -0.141862 |
| 15° | 180° | -0.3120900 | 0.000 | -0.367377 | -0.256803 |
| | 30° | -0.022395 | 0.998 | -0.090895 | 0.046105 |
| | 45° | -0.002330 | 1.000 | -0.066865 | 0.062205 |
| | 60° | 0.010495 | 1.000 | -0.054868 | 0.075858 |
| 30° | 90° | -0.035275 | 0.917 | -0.109319 | 0.038769 |
| | 180° | -0.1367400 | 0.000 | -0.199088 | -0.074392 |
| | 45° | 0.020065 | 1.000 | -0.049260 | 0.089390 |
| | 60° | 0.032890 | 0.929 | -0.037179 | 0.102959 |
| 45° | 90° | -0.012880 | 1.000 | -0.090878 | 0.065118 |
| | 180° | -0.1143450 | 0.000 | -0.181715 | -0.046975 |
| | 60° | 0.012825 | 1.000 | -0.053422 | 0.079072 |
| | 90° | -0.032945 | 0.956 | -0.107724 | 0.041834 |
| 60° | 180° | -0.1344100 | 0.000 | -0.197706 | -0.071114 |
| | 90° | -0.045770 | 0.656 | -0.121214 | 0.029674 |
| | 180° | -0.1472350 | 0.000 | -0.211382 | -0.083088 |
| 90° | 180° | -0.1014650 | 0.001 | -0.174506 | -0.028424 |
| MD_150_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.1704250 | 0.000 | -0.222599 | -0.118251 |
| | 30° | -0.2146050 | 0.000 | -0.264425 | -0.164785 |
| | 45° | -0.2261000 | 0.000 | -0.284706 | -0.167494 |
| | 60° | -0.2372850 | 0.000 | -0.293471 | -0.181099 |
| | 90° | -0.2451800 | 0.000 | -0.310772 | -0.179588 |
| 15° | 180° | -0.3624250 | 0.000 | -0.408959 | -0.315891 |
| | 30° | -0.044180 | 0.495 | -0.109899 | 0.021539 |
| | 45° | -0.055675 | 0.275 | -0.127584 | 0.016234 |
| | 60° | -0.066860 | 0.074 | -0.136997 | 0.003277 |
| 30° | 90° | -0.074755 | 0.065 | -0.152021 | 0.002511 |
| | 180° | -0.1920000 | 0.000 | -0.255594 | -0.128406 |
| | 45° | -0.011495 | 1.000 | -0.081969 | 0.058979 |
| | 60° | -0.022680 | 0.998 | -0.091326 | 0.045966 |
| 45° | 90° | -0.030575 | 0.981 | -0.106556 | 0.045406 |
| | 180° | -0.1478200 | 0.000 | -0.209677 | -0.085963 |
| | 60° | -0.011185 | 1.000 | -0.085667 | 0.063297 |
| | 90° | -0.019080 | 1.000 | -0.100136 | 0.061976 |
| 60° | 180° | -0.1363250 | 0.000 | -0.204894 | -0.067756 |
| | 90° | -0.007895 | 1.000 | -0.087479 | 0.071689 |
| | 180° | -0.1251400 | 0.000 | -0.191801 | -0.058479 |
| 90° | 180° | -0.1172450 | 0.000 | -0.191530 | -0.042960 |
| MD_170_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.1258950 | 0.000 | -0.187281 | -0.064509 |
| | 30° | -0.1246300 | 0.000 | -0.170345 | -0.078915 |
| | 45° | -0.1697700 | 0.000 | -0.233448 | -0.106092 |
| | 60° | -0.1198650 | 0.008 | -0.217046 | -0.022684 |
| | 90° | -0.2456150 | 0.000 | -0.290582 | -0.200648 |
| 15° | 180° | -0.3651100 | 0.000 | -0.426013 | -0.304207 |
| | 30° | 0.001265 | 1.000 | -0.068653 | 0.071183 |
| | 45° | -0.043875 | 0.812 | -0.124960 | 0.037210 |
| | 60° | 0.006030 | 1.000 | -0.101748 | 0.113808 |
| 30° | 90° | -0.1197200 | 0.000 | -0.189245 | -0.050195 |
| | 180° | -0.2392150 | 0.000 | -0.318384 | -0.160046 |
| | 45° | -0.045140 | 0.594 | -0.116972 | 0.026692 |
| | 60° | 0.004765 | 1.000 | -0.097219 | 0.106749 |
| 45° | 90° | -0.1209850 | 0.000 | -0.178250 | -0.063720 |
| | 180° | -0.2404800 | 0.000 | -0.309998 | -0.170962 |
| | 60° | 0.049905 | 0.934 | -0.058886 | 0.158696 |
| 90° | 90° | -0.0758450 | 0.030 | -0.147299 | -0.004391 |

| | | | | | |
|-----|------|------------|-------|-----------|-----------|
| | 180° | -.1953400' | 0.000 | -0.276105 | -0.114575 |
| 60° | 90° | -.1257500' | 0.007 | -0.227507 | -0.023993 |
| | 180° | -.2452450' | 0.000 | -0.352814 | -0.137676 |
| 90° | 180° | -.1194950' | 0.000 | -0.188616 | -0.050374 |

Tabela III.16 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 1200 spi - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1518000' | 0.000 | -0.202031 | -0.101569 |
| | 30° | -.1427400' | 0.000 | -0.196549 | -0.088931 |
| | 45° | -.1143600' | 0.000 | -0.153195 | -0.075525 |
| | 60° | -.1747400' | 0.000 | -0.210524 | -0.138956 |
| | 90° | -.1752250' | 0.000 | -0.212442 | -0.138008 |
| | 180° | -.3416350' | 0.000 | -0.366817 | -0.316453 |
| 15° | 30° | 0.009060 | 1.000 | -0.057790 | 0.075910 |
| | 45° | 0.037440 | 0.529 | -0.019673 | 0.094553 |
| | 60° | -0.022940 | 0.973 | -0.078405 | 0.032525 |
| | 90° | -0.023425 | 0.972 | -0.079648 | 0.032798 |
| | 180° | -.1898350' | 0.000 | -0.240655 | -0.139015 |
| | 45° | 0.028380 | 0.920 | -0.031743 | 0.088503 |
| 30° | 60° | -0.032000 | 0.786 | -0.090601 | 0.026601 |
| | 90° | -0.032485 | 0.785 | -0.091785 | 0.026815 |
| | 180° | -.1988950' | 0.000 | -0.253242 | -0.144548 |
| 45° | 60° | -0.0603800' | 0.003 | -0.106432 | -0.014328 |
| | 90° | -0.0608650' | 0.003 | -0.107913 | -0.013817 |
| | 180° | -.2272750' | 0.000 | -0.266950 | -0.187600 |
| 60° | 90° | -0.000485 | 1.000 | -0.045296 | 0.044326 |
| | 180° | -.1668950' | 0.000 | -0.203623 | -0.130167 |
| 90° | 180° | -.1664100' | 0.000 | -0.204520 | -0.128300 |
| CD_115_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1263300' | 0.000 | -0.192739 | -0.059921 |
| | 30° | -.1008400' | 0.000 | -0.158280 | -0.043400 |
| | 45° | -.1167000' | 0.000 | -0.175070 | -0.058330 |
| | 60° | -.1858250' | 0.000 | -0.238005 | -0.133645 |
| | 90° | -.1702750' | 0.000 | -0.233770 | -0.106780 |
| | 180° | -.3898500' | 0.000 | -0.433059 | -0.346641 |
| 15° | 30° | 0.025490 | 0.999 | -0.054825 | 0.105805 |
| | 45° | 0.009630 | 1.000 | -0.071255 | 0.090515 |
| | 60° | -0.059495 | 0.280 | -0.136744 | 0.017754 |
| | 90° | -0.043945 | 0.849 | -0.128102 | 0.040212 |
| 30° | 180° | -.2635200' | 0.000 | -0.336198 | -0.190842 |
| | 45° | -0.015860 | 1.000 | -0.090312 | 0.058592 |
| | 60° | -.0849850' | 0.008 | -0.155283 | -0.014687 |
| | 90° | -0.069435 | 0.123 | -0.147570 | 0.008700 |
| | 180° | -.2890100' | 0.000 | -0.353977 | -0.224043 |
| | 90° | -0.069125 | 0.062 | -0.140118 | 0.001868 |
| 45° | 90° | -0.053575 | 0.474 | -0.132304 | 0.025154 |
| | 180° | -.2731500' | 0.000 | -0.338898 | -0.207402 |
| | 90° | 0.015550 | 1.000 | -0.059382 | 0.090482 |
| 60° | 180° | -.2040250' | 0.000 | -0.264679 | -0.143371 |
| | 180° | -.2195750' | 0.000 | -0.289706 | -0.149444 |
| CD_130_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1779500' | 0.000 | -0.211138 | -0.144762 |
| | 30° | -.1510650' | 0.000 | -0.175581 | -0.126549 |
| | 45° | -.1216650' | 0.000 | -0.167697 | -0.075633 |
| | 60° | -.2181350' | 0.000 | -0.264687 | -0.171583 |
| | 90° | -.1999200' | 0.000 | -0.247269 | -0.152571 |
| | 180° | -.4336000' | 0.000 | -0.476875 | -0.390325 |
| 15° | 30° | 0.026885 | 0.395 | -0.010882 | 0.064652 |
| | 45° | .0562850' | 0.029 | 0.003477 | 0.109093 |
| | 60° | -0.040185 | 0.306 | -0.093421 | 0.013051 |
| | 90° | -0.021970 | 0.977 | -0.075868 | 0.031928 |
| 30° | 180° | -.2556500' | 0.000 | -0.306219 | -0.205081 |
| | 45° | 0.029400 | 0.647 | -0.019675 | 0.078475 |
| | 60° | -0.0670700' | 0.002 | -0.116622 | -0.017518 |
| 45° | 90° | -0.048855 | 0.063 | -0.099141 | 0.001431 |
| | 180° | -.2825350' | 0.000 | -0.329099 | -0.235971 |
| | 60° | -.0964700' | 0.000 | -0.157235 | -0.035705 |
| 60° | 90° | -.0782550' | 0.004 | -0.139563 | -0.016947 |
| | 180° | -.3119350' | 0.000 | -0.370538 | -0.253332 |
| | 90° | 0.018215 | 1.000 | -0.043437 | 0.079867 |
| 90° | 180° | -.2154650' | 0.000 | -0.274435 | -0.156495 |
| | 180° | -.2336800' | 0.000 | -0.293219 | -0.174141 |
| CD_150_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1123100' | 0.000 | -0.131392 | -0.093228 |
| | 30° | -.0522850' | 0.000 | -0.085024 | -0.019546 |
| | 45° | -.1445400' | 0.000 | -0.161679 | -0.127401 |
| | 60° | -.1309150' | 0.000 | -0.160974 | -0.100856 |
| | 90° | -.1849450' | 0.000 | -0.244134 | -0.125756 |
| 15° | 180° | -.4903850' | 0.000 | -0.529842 | -0.450928 |
| | 30° | .0600250' | 0.000 | 0.024821 | 0.095229 |
| | 45° | -.0322300' | 0.001 | -0.054744 | -0.009716 |

| | | | | | |
|-------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| | 60° | -0.018605 | 0.736 | -0.051411 | 0.014201 |
| | 90° | -0.0726350 | 0.010 | -0.133013 | -0.012257 |
| | 180° | -0.3780750 | 0.000 | -0.419479 | -0.336671 |
| 30° | 45° | -0.0922550 | 0.000 | -0.126725 | -0.057785 |
| | 60° | -0.0786300 | 0.000 | -0.119587 | -0.037673 |
| | 90° | -0.1326600 | 0.000 | -0.196838 | -0.068482 |
| 45° | 180° | -0.4381000 | 0.000 | -0.485671 | -0.390529 |
| | 60° | 0.013625 | 0.960 | -0.018366 | 0.045616 |
| | 90° | -0.040405 | 0.435 | -0.100434 | 0.019624 |
| 60° | 180° | -0.3458450 | 0.000 | -0.386669 | -0.305021 |
| | 90° | -0.054030 | 0.151 | -0.117267 | 0.009207 |
| | 180° | -0.3594700 | 0.000 | -0.405558 | -0.313382 |
| 90° | 180° | -0.3054400 | 0.000 | -0.372396 | -0.238484 |
| CD_170_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.039755 | 0.065 | -0.080909 | 0.001399 |
| | 30° | -0.0534050 | 0.001 | -0.089424 | -0.017386 |
| | 45° | -0.0726500 | 0.000 | -0.112193 | -0.033107 |
| | 60° | -0.0994050 | 0.000 | -0.155349 | -0.043461 |
| | 90° | -0.1087300 | 0.000 | -0.141334 | -0.076126 |
| | 180° | -0.5170150 | 0.000 | -0.542270 | -0.491760 |
| 15° | 30° | -0.013650 | 1.000 | -0.063677 | 0.036377 |
| | 45° | -0.032895 | 0.603 | -0.085173 | 0.019383 |
| | 60° | -0.059650 | 0.092 | -0.124194 | 0.004894 |
| | 90° | -0.0689750 | 0.001 | -0.116993 | -0.020957 |
| 30° | 180° | -0.4772600 | 0.000 | -0.521618 | -0.432902 |
| | 45° | -0.019245 | 0.985 | -0.068075 | 0.029585 |
| | 60° | -0.046000 | 0.329 | -0.108084 | 0.016084 |
| | 90° | -0.0553250 | 0.005 | -0.099372 | -0.011278 |
| 45° | 180° | -0.4636100 | 0.000 | -0.503429 | -0.423791 |
| | 60° | -0.026755 | 0.970 | -0.090489 | 0.036979 |
| | 90° | -0.036080 | 0.278 | -0.082822 | 0.010662 |
| 60° | 180° | -0.4443650 | 0.000 | -0.487280 | -0.401450 |
| | 90° | -0.009325 | 1.000 | -0.069971 | 0.051321 |
| | 180° | -0.4176100 | 0.000 | -0.475722 | -0.359498 |
| 90° | 180° | -0.4082850 | 0.000 | -0.445198 | -0.371372 |

Tabela III.17 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 2400 spi - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (I) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.0938300 | 0.001 | -0.153687 | -0.033973 |
| | 30° | -0.0646150 | 0.007 | -0.116348 | -0.012882 |
| | 45° | -0.0760950 | 0.000 | -0.117982 | -0.034208 |
| | 60° | -0.1596550 | 0.000 | -0.229752 | -0.089558 |
| | 90° | -0.1540000 | 0.000 | -0.198752 | -0.109248 |
| | 180° | -0.3035450 | 0.000 | -0.387847 | -0.219243 |
| 15° | 30° | 0.029215 | 0.982 | -0.043345 | 0.101775 |
| | 45° | 0.017735 | 1.000 | -0.049392 | 0.084862 |
| | 60° | -0.065825 | 0.277 | -0.150983 | 0.019333 |
| | 90° | -0.060170 | 0.132 | -0.128764 | 0.008424 |
| 30° | 180° | -0.2097150 | 0.000 | -0.306142 | -0.113288 |
| | 45° | -0.011480 | 1.000 | -0.071905 | 0.048945 |
| | 60° | -0.0950400 | 0.010 | -0.175680 | -0.014400 |
| | 90° | -0.0893850 | 0.001 | -0.151519 | -0.027251 |
| 45° | 180° | -0.2389300 | 0.000 | -0.331646 | -0.146214 |
| | 60° | -0.0835600 | 0.022 | -0.159624 | -0.007496 |
| | 90° | -0.0779050 | 0.001 | -0.132966 | -0.022844 |
| 60° | 180° | -0.2274500 | 0.000 | -0.316485 | -0.138415 |
| | 90° | 0.005655 | 1.000 | -0.071632 | 0.082942 |
| | 180° | -0.1438900 | 0.001 | -0.245796 | -0.041984 |
| 90° | 180° | -0.1495450 | 0.000 | -0.239557 | -0.059533 |
| MD_115_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.1164650 | 0.000 | -0.173577 | -0.059353 |
| | 30° | -0.1422000 | 0.000 | -0.194851 | -0.089549 |
| | 45° | -0.1217550 | 0.000 | -0.165170 | -0.078340 |
| | 60° | -0.1232600 | 0.000 | -0.187138 | -0.059382 |
| | 90° | -0.1019500 | 0.000 | -0.144149 | -0.059751 |
| | 180° | -0.2616850 | 0.000 | -0.333106 | -0.190264 |
| 15° | 30° | -0.025735 | 0.995 | -0.097822 | 0.046352 |
| | 45° | -0.005290 | 1.000 | -0.072007 | 0.061427 |
| | 60° | -0.006795 | 1.000 | -0.086523 | 0.072933 |
| | 90° | 0.014515 | 1.000 | -0.051568 | 0.080598 |
| 30° | 180° | -0.1452200 | 0.000 | -0.230616 | -0.059824 |
| | 45° | 0.020445 | 0.998 | -0.042768 | 0.083658 |
| | 60° | 0.018940 | 1.000 | -0.058149 | 0.096029 |
| | 90° | 0.040250 | 0.561 | -0.022275 | 0.102775 |
| 45° | 180° | -0.1194850 | 0.001 | -0.202510 | -0.036460 |
| | 60° | -0.001505 | 1.000 | -0.073784 | 0.070774 |
| | 90° | 0.019805 | 0.995 | -0.035882 | 0.075492 |
| 60° | 180° | -0.1399300 | 0.000 | -0.218684 | -0.061176 |
| | 90° | 0.021310 | 0.999 | -0.050406 | 0.093026 |
| | 180° | -0.1384250 | 0.000 | -0.227763 | -0.049087 |
| 90° | 180° | -0.1597350 | 0.000 | -0.237995 | -0.081475 |

| MD_130_2400 | | | | | |
|-------------|------|-------------|-------|-----------|-----------|
| 0° | 15° | -1.1460850' | 0.000 | -0.190190 | -0.101980 |
| | 30° | -1.1710950' | 0.000 | -0.229855 | -0.112335 |
| | 45° | -1.1513050' | 0.000 | -0.198192 | -0.104418 |
| | 60° | -1.1327950' | 0.000 | -0.178468 | -0.087122 |
| | 90° | -1.1737600' | 0.000 | -0.233486 | -0.114034 |
| | 180° | -1.2847550' | 0.000 | -0.344888 | -0.224622 |
| 15° | 30° | -0.025010 | 0.985 | -0.089145 | 0.039125 |
| | 45° | -0.005220 | 1.000 | -0.059298 | 0.048858 |
| | 60° | 0.013290 | 1.000 | -0.039813 | 0.066393 |
| | 90° | -0.027675 | 0.966 | -0.092661 | 0.037311 |
| | 180° | -1.1386700' | 0.000 | -0.204017 | -0.073323 |
| 30° | 45° | 0.019790 | 0.999 | -0.045975 | 0.085555 |
| | 60° | 0.038300 | 0.695 | -0.026743 | 0.103343 |
| | 90° | -0.002665 | 1.000 | -0.076976 | 0.071646 |
| | 180° | -1.1136600' | 0.000 | -0.188265 | -0.039055 |
| 45° | 60° | 0.018510 | 0.998 | -0.036735 | 0.073755 |
| | 90° | -0.022455 | 0.997 | -0.089041 | 0.044131 |
| | 180° | -1.1334500' | 0.000 | -0.200383 | -0.066517 |
| 60° | 90° | -0.040965 | 0.612 | -0.106842 | 0.024912 |
| | 180° | -1.1519600' | 0.000 | -0.218190 | -0.085730 |
| 90° | 180° | -1.1109950' | 0.001 | -0.186281 | -0.035709 |
| MD_150_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -1.1052150' | 0.000 | -0.139572 | -0.070858 |
| | 30° | -1.1455150' | 0.000 | -0.181802 | -0.109228 |
| | 45° | -1.1568100' | 0.000 | -0.197900 | -0.115720 |
| | 60° | -1.1466450' | 0.000 | -0.192717 | -0.100573 |
| | 90° | -1.1597350' | 0.000 | -0.203908 | -0.115562 |
| | 180° | -1.3022850' | 0.000 | -0.354271 | -0.250299 |
| 15° | 30° | -0.040300 | 0.129 | -0.085976 | 0.005376 |
| | 45° | -0.0515950' | 0.033 | -0.100837 | -0.002353 |
| | 60° | -0.041430 | 0.264 | -0.094622 | 0.011762 |
| | 90° | -0.0545200' | 0.031 | -0.106180 | -0.002860 |
| 30° | 180° | -1.1970700' | 0.000 | -0.255204 | -0.138936 |
| | 45° | -0.011295 | 1.000 | -0.061697 | 0.039107 |
| | 60° | -0.001130 | 1.000 | -0.055358 | 0.053098 |
| | 90° | -0.014220 | 1.000 | -0.066961 | 0.038521 |
| 45° | 180° | -1.1567700' | 0.000 | -0.215814 | -0.097726 |
| | 60° | 0.010165 | 1.000 | -0.046870 | 0.067200 |
| | 90° | -0.002925 | 1.000 | -0.058585 | 0.052735 |
| 60° | 180° | -1.1454750' | 0.000 | -0.207007 | -0.083943 |
| | 90° | -0.013090 | 1.000 | -0.072084 | 0.045904 |
| 90° | 180° | -1.1556400' | 0.000 | -0.220066 | -0.091214 |
| 90° | 180° | -1.1425500' | 0.000 | -0.205837 | -0.079263 |
| MD_170_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.0847600' | 0.000 | -0.126357 | -0.043163 |
| | 30° | -0.0756900' | 0.000 | -0.103477 | -0.047903 |
| | 45° | -1.1135550' | 0.000 | -0.155407 | -0.071703 |
| | 60° | -0.0960400' | 0.008 | -0.173068 | -0.019012 |
| | 90° | -1.1501950' | 0.000 | -0.193396 | -0.106994 |
| | 180° | -1.2886900' | 0.000 | -0.359772 | -0.217608 |
| 15° | 30° | 0.009070 | 1.000 | -0.036856 | 0.054996 |
| | 45° | -0.028795 | 0.831 | -0.082962 | 0.025372 |
| | 60° | -0.011280 | 1.000 | -0.094299 | 0.071739 |
| | 90° | -0.0654350' | 0.009 | -0.120535 | -0.010335 |
| 30° | 180° | -1.2039300' | 0.000 | -0.281626 | -0.126234 |
| | 45° | -0.037865 | 0.197 | -0.084014 | 0.008284 |
| | 60° | -0.020350 | 1.000 | -0.099387 | 0.058687 |
| | 90° | -0.0745050' | 0.000 | -0.121834 | -0.027176 |
| 45° | 180° | -1.2130000' | 0.000 | -0.286296 | -0.139704 |
| | 60° | 0.017515 | 1.000 | -0.065596 | 0.100626 |
| | 90° | -0.036640 | 0.518 | -0.091910 | 0.018630 |
| 60° | 180° | -1.1751350' | 0.000 | -0.252932 | -0.097338 |
| | 90° | -0.054155 | 0.531 | -0.137764 | 0.029454 |
| 90° | 180° | -1.1926500' | 0.000 | -0.290445 | -0.094855 |
| | 180° | -1.1384950' | 0.000 | -0.216840 | -0.060150 |

Tabela III.18 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 2400 spi - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -1.1150950' | 0.000 | -0.154287 | -0.075903 |
| | 30° | -0.0952250' | 0.000 | -0.131197 | -0.059253 |
| | 45° | -0.0756500' | 0.000 | -0.104654 | -0.046646 |
| | 60° | -1.1319750' | 0.000 | -0.157619 | -0.106331 |
| | 90° | -1.1293800' | 0.000 | -0.161152 | -0.097608 |
| | 180° | -1.3608700' | 0.000 | -0.419474 | -0.302266 |
| 15° | 30° | 0.019870 | 0.979 | -0.028811 | 0.068551 |
| | 45° | 0.039445 | 0.126 | -0.005163 | 0.084053 |
| | 60° | -0.016880 | 0.983 | -0.059826 | 0.026066 |
| | 90° | -0.014285 | 0.999 | -0.060415 | 0.031845 |
| 30° | 180° | -2.457750' | 0.000 | -0.311673 | -0.179877 |
| | 45° | 0.019575 | 0.930 | -0.022409 | 0.061559 |

| | | | | | |
|-------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| | 60° | -0.036750 | 0.099 | -0.076906 | 0.003406 |
| | 90° | -0.034155 | 0.261 | -0.077800 | 0.009490 |
| | 180° | -2.2656450 | 0.000 | -0.330123 | -0.201167 |
| 45° | 60° | -.0563250 | 0.000 | -0.090781 | -0.021869 |
| | 90° | -.0537300 | 0.001 | -0.092463 | -0.014997 |
| | 180° | -.2852200 | 0.000 | -0.347099 | -0.223341 |
| 60° | 90° | 0.002595 | 1.000 | -0.034059 | 0.039249 |
| | 180° | -.2288950 | 0.000 | -0.289757 | -0.168033 |
| 90° | 180° | -.2314900 | 0.000 | -0.294323 | -0.168657 |
| CD_115_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0971300 | 0.000 | -0.143282 | -0.050978 |
| | 30° | -.0645000 | 0.000 | -0.102724 | -0.026276 |
| | 45° | -.0765900 | 0.000 | -0.117893 | -0.035287 |
| | 60° | -.1290800 | 0.000 | -0.170097 | -0.088063 |
| | 90° | -.1130650 | 0.000 | -0.157577 | -0.068553 |
| | 180° | -.3550150 | 0.000 | -0.423304 | -0.286726 |
| 15° | 30° | 0.032630 | 0.695 | -0.022598 | 0.087858 |
| | 45° | 0.020540 | 0.994 | -0.036535 | 0.077615 |
| | 60° | -0.031950 | 0.766 | -0.088848 | 0.024948 |
| | 90° | -0.015935 | 1.000 | -0.075063 | 0.043193 |
| 30° | 180° | -.2578850 | 0.000 | -0.335160 | -0.180610 |
| | 45° | -0.012090 | 1.000 | -0.063693 | 0.039513 |
| | 60° | -0.0645800 | 0.005 | -0.115977 | -0.013183 |
| | 90° | -0.048565 | 0.112 | -0.102540 | 0.005410 |
| 45° | 180° | -.2905150 | 0.000 | -0.364451 | -0.216579 |
| | 60° | -0.052490 | 0.058 | -0.105936 | 0.000956 |
| | 90° | -0.036475 | 0.543 | -0.092360 | 0.019410 |
| 60° | 180° | -.2784250 | 0.000 | -0.353572 | -0.203278 |
| | 90° | 0.016015 | 1.000 | -0.039688 | 0.071718 |
| | 180° | -.2259350 | 0.000 | -0.300965 | -0.150905 |
| 90° | 180° | -.2419500 | 0.000 | -0.318476 | -0.165424 |
| CD_130_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1114000 | 0.000 | -0.132859 | -0.089941 |
| | 30° | -.0885900 | 0.000 | -0.102174 | -0.075006 |
| | 45° | -.0700450 | 0.000 | -0.098488 | -0.041602 |
| | 60° | -.1369750 | 0.000 | -0.160297 | -0.113653 |
| | 90° | -.1138100 | 0.000 | -0.144411 | -0.083209 |
| | 180° | -.3266300 | 0.000 | -0.371093 | -0.282167 |
| 15° | 30° | 0.022810 | 0.065 | -0.000753 | 0.046373 |
| | 45° | .0413550 | 0.006 | 0.008128 | 0.074582 |
| | 60° | -0.025575 | 0.139 | -0.054899 | 0.003749 |
| | 90° | -0.002410 | 1.000 | -0.037396 | 0.032576 |
| 30° | 180° | -.2152300 | 0.000 | -0.262476 | -0.167984 |
| | 45° | 0.018545 | 0.588 | -0.011377 | 0.048467 |
| | 60° | -0.0483850 | 0.000 | -0.073602 | -0.023168 |
| | 90° | -0.025220 | 0.231 | -0.057171 | 0.006731 |
| 45° | 180° | -.2380400 | 0.000 | -0.283367 | -0.192713 |
| | 60° | -.0669300 | 0.000 | -0.101174 | -0.032686 |
| | 90° | -0.0437650 | 0.017 | -0.082675 | -0.004855 |
| | 180° | -.2565850 | 0.000 | -0.306448 | -0.206722 |
| 60° | 90° | 0.023165 | 0.557 | -0.012765 | 0.059095 |
| | 180° | -.1896550 | 0.000 | -0.237514 | -0.141796 |
| 90° | 180° | -.2128200 | 0.000 | -0.263663 | -0.161977 |
| CD_150_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0657400 | 0.000 | -0.077613 | -0.053867 |
| | 30° | -.0267300 | 0.001 | -0.044225 | -0.009235 |
| | 45° | -.0855100 | 0.000 | -0.095515 | -0.075505 |
| | 60° | -.0711100 | 0.000 | -0.088335 | -0.053885 |
| | 90° | -.1077500 | 0.000 | -0.144254 | -0.071246 |
| | 180° | -.3916400 | 0.000 | -0.440616 | -0.342664 |
| 15° | 30° | .0390100 | 0.000 | 0.019498 | 0.058522 |
| | 45° | -.0197700 | 0.001 | -0.033604 | -0.005936 |
| | 60° | -0.005370 | 1.000 | -0.024651 | 0.013911 |
| | 90° | -.0420100 | 0.019 | -0.079331 | -0.004689 |
| 30° | 180° | -.3259000 | 0.000 | -0.375460 | -0.276340 |
| | 45° | -.0587800 | 0.000 | -0.077479 | -0.040081 |
| | 60° | -.0443800 | 0.000 | -0.066995 | -0.021765 |
| | 90° | -.0810200 | 0.000 | -0.119747 | -0.042293 |
| 45° | 180° | -.3649100 | 0.000 | -0.415448 | -0.314372 |
| | 60° | 0.014400 | 0.253 | -0.004053 | 0.032853 |
| | 90° | -0.022240 | 0.603 | -0.059235 | 0.014755 |
| | 180° | -.3061300 | 0.000 | -0.355460 | -0.256800 |
| 60° | 90° | -0.036640 | 0.075 | -0.075284 | 0.002004 |
| | 180° | -.3205300 | 0.000 | -0.371011 | -0.270049 |
| 90° | 180° | -.2838900 | 0.000 | -0.341375 | -0.226405 |
| CD_170_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.019755 | 0.120 | -0.042157 | 0.002647 |
| | 30° | -.0279850 | 0.002 | -0.048252 | -0.007718 |
| | 45° | -.0414500 | 0.000 | -0.063593 | -0.019307 |
| | 60° | -.0568300 | 0.000 | -0.088343 | -0.025317 |
| | 90° | -.0761000 | 0.000 | -0.101012 | -0.051188 |
| | 180° | -.3714250 | 0.000 | -0.400845 | -0.342005 |
| 15° | 30° | -0.008230 | 0.999 | -0.035816 | 0.019356 |
| | 45° | -0.021695 | 0.316 | -0.050512 | 0.007122 |
| | 60° | -.0370750 | 0.039 | -0.073039 | -0.001111 |

| | | | | | |
|-----|------|------------|-------|-----------|-----------|
| | 90° | -0.0563450 | 0.000 | -0.087120 | -0.025570 |
| | 180° | -0.3516700 | 0.000 | -0.385924 | -0.317416 |
| 30° | 45° | -0.013465 | 0.899 | -0.040860 | 0.013930 |
| | 60° | -0.028845 | 0.190 | -0.063806 | 0.006116 |
| 45° | 90° | -0.0481150 | 0.000 | -0.077611 | -0.018619 |
| | 180° | -0.3434400 | 0.000 | -0.376613 | -0.310267 |
| 60° | 60° | -0.015380 | 0.963 | -0.051217 | 0.020457 |
| | 90° | -0.0346500 | 0.016 | -0.065264 | -0.004036 |
| 90° | 180° | -0.3299750 | 0.000 | -0.364092 | -0.295858 |
| | 90° | -0.019270 | 0.854 | -0.056547 | 0.018007 |
| | 180° | -0.3145950 | 0.000 | -0.354557 | -0.274633 |
| | 180° | -0.2953250 | 0.000 | -0.330987 | -0.259663 |

Tabela III.19 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 4800 spi - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.0535250 | 0.002 | -0.090709 | -0.016341 |
| | 30° | -0.0368000 | 0.005 | -0.065198 | -0.008402 |
| | 45° | -0.0609950 | 0.000 | -0.093794 | -0.028196 |
| | 60° | -0.1084050 | 0.000 | -0.161052 | -0.055758 |
| | 90° | -0.0958550 | 0.000 | -0.125031 | -0.066679 |
| 15° | 180° | -0.1915800 | 0.000 | -0.244425 | -0.138735 |
| | 30° | 0.016725 | 0.987 | -0.026378 | 0.059828 |
| | 45° | -0.007470 | 1.000 | -0.053110 | 0.038170 |
| | 60° | -0.054880 | 0.102 | -0.115124 | 0.005364 |
| 30° | 90° | -0.042330 | 0.063 | -0.085857 | 0.001197 |
| | 180° | -0.1380550 | 0.000 | -0.198463 | -0.077647 |
| | 45° | -0.024195 | 0.649 | -0.063857 | 0.015467 |
| 45° | 60° | -0.0716050 | 0.005 | -0.128110 | -0.015100 |
| | 90° | -0.0590550 | 0.000 | -0.096065 | -0.022045 |
| | 180° | -0.1547800 | 0.000 | -0.211465 | -0.098095 |
| 60° | 60° | -0.047410 | 0.205 | -0.105646 | 0.010826 |
| | 90° | -0.034860 | 0.143 | -0.075001 | 0.005281 |
| 90° | 180° | -0.1305850 | 0.000 | -0.188993 | -0.072177 |
| | 90° | 0.012550 | 1.000 | -0.044240 | 0.069340 |
| | 180° | -0.0831750 | 0.009 | -0.152601 | -0.013749 |
| | 180° | -0.0957250 | 0.000 | -0.152693 | -0.038757 |
| MD_115_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.0678050 | 0.000 | -0.101088 | -0.034522 |
| | 30° | -0.0824900 | 0.000 | -0.114238 | -0.050742 |
| | 45° | -0.0724600 | 0.000 | -0.097314 | -0.047606 |
| | 60° | -0.0708200 | 0.000 | -0.108783 | -0.032857 |
| | 90° | -0.0596150 | 0.000 | -0.083672 | -0.035558 |
| 15° | 180° | -0.1731400 | 0.000 | -0.214631 | -0.131649 |
| | 30° | -0.014685 | 0.997 | -0.057397 | 0.028027 |
| | 45° | -0.004655 | 1.000 | -0.043324 | 0.034014 |
| | 60° | -0.003015 | 1.000 | -0.050035 | 0.044005 |
| 30° | 90° | 0.008190 | 1.000 | -0.030073 | 0.046453 |
| | 180° | -0.1053350 | 0.000 | -0.155017 | -0.055653 |
| | 45° | 0.010030 | 1.000 | -0.027413 | 0.047473 |
| 45° | 60° | 0.011670 | 1.000 | -0.034445 | 0.057785 |
| | 90° | 0.022875 | 0.624 | -0.014141 | 0.059891 |
| | 180° | -0.0906500 | 0.000 | -0.139501 | -0.041799 |
| 60° | 60° | 0.001640 | 1.000 | -0.040922 | 0.044202 |
| | 90° | 0.012845 | 0.981 | -0.018971 | 0.044661 |
| 90° | 180° | -0.1006800 | 0.000 | -0.146297 | -0.055063 |
| | 90° | 0.011205 | 1.000 | -0.031004 | 0.053414 |
| | 180° | -0.1023200 | 0.000 | -0.154761 | -0.049879 |
| | 180° | -0.1135250 | 0.000 | -0.158824 | -0.068226 |
| MD_130_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.0874200 | 0.000 | -0.112903 | -0.061937 |
| | 30° | -0.1029200 | 0.000 | -0.138745 | -0.067095 |
| | 45° | -0.0900600 | 0.000 | -0.117617 | -0.062503 |
| | 60° | -0.0784250 | 0.000 | -0.104979 | -0.051871 |
| | 90° | -0.1054400 | 0.000 | -0.139148 | -0.071732 |
| 15° | 180° | -0.1756700 | 0.000 | -0.215213 | -0.136127 |
| | 30° | -0.015500 | 0.982 | -0.054496 | 0.023496 |
| | 45° | -0.002640 | 1.000 | -0.034634 | 0.029354 |
| | 60° | 0.008995 | 1.000 | -0.022204 | 0.040194 |
| 30° | 90° | -0.018020 | 0.903 | -0.055161 | 0.019121 |
| | 180° | -0.0882500 | 0.000 | -0.130579 | -0.045921 |
| | 45° | 0.012860 | 0.998 | -0.027274 | 0.052994 |
| | 60° | 0.024495 | 0.618 | -0.015078 | 0.064068 |

| | | | | | |
|-------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| | 90° | -0.002520 | 1.000 | -0.046487 | 0.041447 |
| | 180° | -0.0727500 | 0.000 | -0.120876 | -0.024624 |
| 45° | 60° | 0.011635 | 0.995 | -0.021131 | 0.044401 |
| | 90° | -0.015380 | 0.982 | -0.053742 | 0.022982 |
| | 180° | -0.0856100 | 0.000 | -0.128950 | -0.042270 |
| 60° | 90° | -0.027015 | 0.388 | -0.064776 | 0.010746 |
| | 180° | -0.0972450 | 0.000 | -0.140086 | -0.054404 |
| 90° | 180° | -0.0702300 | 0.000 | -0.117025 | -0.023435 |
| MD_150_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.0564800 | 0.000 | -0.075554 | -0.037406 |
| | 30° | -0.0767200 | 0.000 | -0.102272 | -0.051168 |
| | 45° | -0.0880850 | 0.000 | -0.111441 | -0.064729 |
| | 60° | -0.0859800 | 0.000 | -0.109582 | -0.062378 |
| | 90° | -0.0933750 | 0.000 | -0.115118 | -0.071632 |
| | 180° | -0.1834650 | 0.000 | -0.214937 | -0.151993 |
| 15° | 30° | -0.020240 | 0.452 | -0.049701 | 0.009221 |
| | 45° | -0.0316050 | 0.015 | -0.059312 | -0.003898 |
| | 60° | -0.0295000 | 0.031 | -0.057399 | -0.001601 |
| | 90° | -0.0368950 | 0.001 | -0.063366 | -0.010424 |
| 30° | 180° | -0.1269850 | 0.000 | -0.161486 | -0.092484 |
| | 45° | -0.011365 | 0.995 | -0.043305 | 0.020575 |
| | 60° | -0.009260 | 1.000 | -0.041356 | 0.022836 |
| | 90° | -0.016655 | 0.816 | -0.047608 | 0.014298 |
| 45° | 180° | -0.1067450 | 0.000 | -0.144427 | -0.069063 |
| | 60° | 0.002105 | 1.000 | -0.028463 | 0.032673 |
| | 90° | -0.005290 | 1.000 | -0.034624 | 0.024044 |
| 60° | 180° | -0.0953800 | 0.000 | -0.131876 | -0.058884 |
| | 90° | -0.007395 | 1.000 | -0.036905 | 0.022115 |
| | 180° | -0.0974850 | 0.000 | -0.134109 | -0.060861 |
| 90° | 180° | -0.0900900 | 0.000 | -0.125784 | -0.054396 |
| MD_170_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.0534900 | 0.000 | -0.072621 | -0.034359 |
| | 30° | -0.0401800 | 0.000 | -0.055225 | -0.025135 |
| | 45° | -0.0641850 | 0.000 | -0.085728 | -0.042642 |
| | 60° | -0.0674500 | 0.000 | -0.091769 | -0.043131 |
| | 90° | -0.0911500 | 0.000 | -0.117984 | -0.064316 |
| | 180° | -0.1704900 | 0.000 | -0.216505 | -0.124475 |
| 15° | 30° | 0.013310 | 0.654 | -0.008643 | 0.035263 |
| | 45° | -0.010695 | 0.980 | -0.036975 | 0.015585 |
| | 60° | -0.013960 | 0.897 | -0.042389 | 0.014469 |
| | 90° | -0.0376600 | 0.006 | -0.068144 | -0.007176 |
| | 180° | -0.1170000 | 0.000 | -0.164891 | -0.069109 |
| 30° | 45° | -0.0240050 | 0.050 | -0.047982 | -0.000028 |
| | 60° | -0.0272700 | 0.038 | -0.053677 | -0.000863 |
| | 90° | -0.0509700 | 0.000 | -0.079647 | -0.022293 |
| | 180° | -0.1303100 | 0.000 | -0.177274 | -0.083346 |
| 45° | 60° | -0.003265 | 1.000 | -0.033109 | 0.026579 |
| | 90° | -0.026965 | 0.164 | -0.058730 | 0.004800 |
| | 180° | -0.1063050 | 0.000 | -0.154874 | -0.057736 |
| 60° | 90° | -0.023700 | 0.407 | -0.057116 | 0.009716 |
| | 180° | -0.1030400 | 0.000 | -0.152512 | -0.053568 |
| 90° | 180° | -0.0793400 | 0.000 | -0.129746 | -0.028934 |

Tabela III.20 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 4800 spi - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.0662600 | 0.000 | -0.088740 | -0.043780 |
| | 30° | -0.0518050 | 0.000 | -0.071438 | -0.032172 |
| | 45° | -0.0404450 | 0.000 | -0.053675 | -0.027215 |
| | 60° | -0.0773100 | 0.000 | -0.091932 | -0.062688 |
| | 90° | -0.0742350 | 0.000 | -0.093330 | -0.055140 |
| | 180° | -0.2387900 | 0.000 | -0.285008 | -0.192572 |
| 15° | 30° | 0.014455 | 0.836 | -0.012923 | 0.041833 |
| | 45° | .0258150 | 0.028 | 0.001732 | 0.049898 |
| | 60° | -0.011050 | 0.945 | -0.035736 | 0.013636 |
| | 90° | -0.007975 | 1.000 | -0.035028 | 0.019078 |
| | 180° | -0.1725300 | 0.000 | -0.221617 | -0.123443 |
| 30° | 45° | 0.011360 | 0.826 | -0.010179 | 0.032899 |
| | 60° | -0.0255050 | 0.014 | -0.047752 | -0.003258 |
| | 90° | -0.022430 | 0.114 | -0.047392 | 0.002532 |

| | | | | | |
|-------------|------|-------------|-------|-----------|-----------|
| | 180° | -.1869850' | 0.000 | -0.235243 | -0.138727 |
| 45° | 60° | -.0368650' | 0.000 | -0.054239 | -0.019491 |
| | 90° | -.0337900' | 0.000 | -0.054860 | -0.012720 |
| | 180° | -.1983450' | 0.000 | -0.245225 | -0.151465 |
| 60° | 90° | 0.003075 | 1.000 | -0.018725 | 0.024875 |
| | 180° | -.1614800' | 0.000 | -0.208605 | -0.114355 |
| 90° | 180° | -.1645550' | 0.000 | -0.212672 | -0.116438 |
| CD_115_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0500500' | 0.000 | -0.077494 | -0.022606 |
| | 30° | -.0347650' | 0.000 | -0.055807 | -0.013723 |
| | 45° | -.0418650' | 0.000 | -0.064979 | -0.018751 |
| | 60° | -.0722050' | 0.000 | -0.095283 | -0.049127 |
| | 90° | -.0603700' | 0.000 | -0.085690 | -0.035050 |
| | 180° | -.2207550' | 0.000 | -0.266528 | -0.174982 |
| 15° | 30° | 0.015285 | 0.917 | -0.016791 | 0.047361 |
| | 45° | 0.008185 | 1.000 | -0.025051 | 0.041421 |
| | 60° | -0.022155 | 0.505 | -0.055371 | 0.011061 |
| | 90° | -0.010320 | 0.999 | -0.044900 | 0.024260 |
| 30° | 180° | -.1707050' | 0.000 | -0.221201 | -0.120209 |
| | 45° | -0.007100 | 1.000 | -0.035860 | 0.021660 |
| | 60° | -.0374400' | 0.003 | -0.066174 | -0.008706 |
| | 90° | -0.025605 | 0.173 | -0.056015 | 0.004805 |
| 45° | 180° | -.1859900' | 0.000 | -0.234244 | -0.137736 |
| | 60° | -.0303400' | 0.047 | -0.060433 | -0.000247 |
| | 90° | -0.018505 | 0.714 | -0.050167 | 0.013157 |
| 60° | 180° | -.1788900' | 0.000 | -0.227792 | -0.129988 |
| | 90° | 0.011835 | 0.992 | -0.019805 | 0.043475 |
| 90° | 180° | -.1485500' | 0.000 | -0.197440 | -0.099660 |
| | 180° | -.1603850' | 0.000 | -0.210058 | -0.110712 |
| CD_130_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0602850' | 0.000 | -0.072011 | -0.048559 |
| | 30° | -.0478250' | 0.000 | -0.055558 | -0.040092 |
| | 45° | -.0372650' | 0.000 | -0.052365 | -0.022165 |
| | 60° | -.0742850' | 0.000 | -0.086398 | -0.062172 |
| | 90° | -.0592900' | 0.000 | -0.075660 | -0.042920 |
| | 180° | -.1885800' | 0.000 | -0.216796 | -0.160364 |
| 15° | 30° | 0.012460 | 0.073 | -0.000604 | 0.025524 |
| | 45° | .0230200' | 0.004 | 0.005182 | 0.040858 |
| | 60° | -0.014000 | 0.116 | -0.029618 | 0.001618 |
| | 90° | 0.000995 | 1.000 | -0.017865 | 0.019855 |
| 30° | 180° | -.1282950' | 0.000 | -0.157798 | -0.098792 |
| | 45° | 0.010560 | 0.502 | -0.005517 | 0.026637 |
| | 60° | -.0264600' | 0.000 | -0.039858 | -0.013062 |
| | 90° | -0.011465 | 0.479 | -0.028720 | 0.005790 |
| 45° | 180° | -.1407550' | 0.000 | -0.169435 | -0.112075 |
| | 60° | -0.0370200' | 0.000 | -0.055069 | -0.018971 |
| | 90° | -.0220250' | 0.030 | -0.042788 | -0.001262 |
| 60° | 180° | -.1513150' | 0.000 | -0.181851 | -0.120779 |
| | 90° | 0.014995 | 0.250 | -0.004059 | 0.034049 |
| 90° | 180° | -.1142950' | 0.000 | -0.143900 | -0.084690 |
| | 180° | -.1292900' | 0.000 | -0.160298 | -0.098282 |
| CD_150_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0346600' | 0.000 | -0.041001 | -0.028319 |
| | 30° | -.0135950' | 0.001 | -0.022674 | -0.004516 |
| | 45° | -.0459150' | 0.000 | -0.051551 | -0.040279 |
| | 60° | -.0386300' | 0.000 | -0.047233 | -0.030027 |
| | 90° | -.0570350' | 0.000 | -0.076736 | -0.037334 |
| | 180° | -.2318150' | 0.000 | -0.264935 | -0.198695 |
| 15° | 30° | .0210650' | 0.000 | 0.010876 | 0.031254 |
| | 45° | -.0112550' | 0.001 | -0.018818 | -0.003692 |
| | 60° | -0.003970 | 0.979 | -0.013759 | 0.005819 |
| | 90° | -.0223750' | 0.021 | -0.042505 | -0.002245 |
| 30° | 180° | -.1971550' | 0.000 | -0.230515 | -0.163795 |
| | 45° | -.0323200' | 0.000 | -0.042182 | -0.022458 |
| | 60° | -.0250350' | 0.000 | -0.036528 | -0.013542 |
| | 90° | -.0434400' | 0.000 | -0.064231 | -0.022649 |
| 45° | 180° | -.2182200' | 0.000 | -0.251932 | -0.184508 |
| | 60° | 0.007285 | 0.272 | -0.002156 | 0.016726 |
| | 90° | -0.011120 | 0.715 | -0.031124 | 0.008884 |
| 60° | 180° | -.1859000' | 0.000 | -0.219191 | -0.152609 |
| | 90° | -0.018405 | 0.115 | -0.039060 | 0.002250 |
| 90° | 180° | -.1931850' | 0.000 | -0.226825 | -0.159545 |
| | 180° | -.1747800' | 0.000 | -0.211414 | -0.138146 |

| CD_170_4800 | | | | | |
|-------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| 0° | 15° | -0.010675 | 0.077 | -0.022001 | 0.000651 |
| | 30° | -0.0154050 | 0.001 | -0.025834 | -0.004976 |
| | 45° | -0.0228500 | 0.000 | -0.034391 | -0.011309 |
| | 60° | -0.0317150 | 0.000 | -0.048090 | -0.015340 |
| | 90° | -0.0376650 | 0.000 | -0.051124 | -0.024206 |
| 15° | 180° | -0.2143150 | 0.000 | -0.234243 | -0.194387 |
| | 30° | -0.004730 | 0.998 | -0.018834 | 0.009374 |
| | 45° | -0.012175 | 0.203 | -0.027020 | 0.002670 |
| | 60° | -0.0210400 | 0.016 | -0.039621 | -0.002459 |
| | 90° | -0.0269900 | 0.000 | -0.043232 | -0.010748 |
| 30° | 180° | -0.2036400 | 0.000 | -0.225303 | -0.181977 |
| | 45° | -0.007445 | 0.848 | -0.021706 | 0.006816 |
| | 60° | -0.016310 | 0.112 | -0.034479 | 0.001859 |
| | 90° | -0.0222600 | 0.001 | -0.037995 | -0.006525 |
| 45° | 180° | -0.1989100 | 0.000 | -0.220246 | -0.177574 |
| | 60° | -0.008865 | 0.917 | -0.027550 | 0.009820 |
| | 90° | -0.014815 | 0.108 | -0.031183 | 0.001553 |
| 60° | 180° | -0.1914650 | 0.000 | -0.213211 | -0.169719 |
| | 90° | -0.005950 | 0.999 | -0.025652 | 0.013752 |
| 90° | 180° | -0.1826000 | 0.000 | -0.206675 | -0.158525 |
| | 180° | -0.1766500 | 0.000 | -0.199217 | -0.154083 |

Distribucija oštećenja

Tabela III.21 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na rezoluciju skeniranja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - distribucija oštećenja

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|------------|---------------------|-----|-----|----------------------|------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_0 | .164 | 2 | 57 | .849* | CD_90_0 | .100 | 2 | 57 | .905* |
| MD_115_0 | .390 | 2 | 57 | .679* | CD_115_0 | .033 | 2 | 57 | .968* |
| MD_130_0 | 1.757 | 2 | 57 | .182* | CD_130_0 | .730 | 2 | 57 | .486* |
| MD_150_0 | .387 | 2 | 57 | .681* | CD_150_0 | 3.080 | 2 | 57 | .054* |
| MD_170_0 | 1.607 | 2 | 57 | .209* | CD_170_0 | 1.791 | 2 | 57 | .176* |
| MD_90_15 | .691 | 2 | 57 | .505* | CD_90_15 | .090 | 2 | 57 | .914* |
| MD_115_15 | 3.550 | 2 | 57 | .035 | CD_115_15 | .173 | 2 | 57 | .841* |
| MD_130_15 | .979 | 2 | 57 | .382* | CD_130_15 | 3.052 | 2 | 57 | .055* |
| MD_150_15 | .177 | 2 | 57 | .839* | CD_150_15 | 1.998 | 2 | 57 | .145* |
| MD_170_15 | .287 | 2 | 57 | .752* | CD_170_15 | .141 | 2 | 57 | .869* |
| MD_90_30 | .046 | 2 | 57 | .956* | CD_90_30 | .176 | 2 | 57 | .839* |
| MD_115_30 | 2.570 | 2 | 57 | .085* | CD_115_30 | .401 | 2 | 57 | .672* |
| MD_130_30 | 2.449 | 2 | 57 | .095* | CD_130_30 | 13.342 | 2 | 57 | .000 |
| MD_150_30 | .179 | 2 | 57 | .837* | CD_150_30 | .238 | 2 | 57 | .789* |
| MD_170_30 | .256 | 2 | 57 | .775* | CD_170_30 | .555 | 2 | 57 | .577* |
| MD_90_45 | .037 | 2 | 57 | .964* | CD_90_45 | .993 | 2 | 57 | .377* |
| MD_115_45 | .776 | 2 | 57 | .465* | CD_115_45 | .381 | 2 | 57 | .685* |
| MD_130_45 | 3.342 | 2 | 57 | .042 | CD_130_45 | .901 | 2 | 57 | .412* |
| MD_150_45 | .370 | 2 | 57 | .692* | CD_150_45 | 2.726 | 2 | 57 | .074* |
| MD_170_45 | .441 | 2 | 57 | .646* | CD_170_45 | .790 | 2 | 57 | .459* |
| MD_90_60 | 1.693 | 2 | 57 | .193* | CD_90_60 | 5.734 | 2 | 57 | .005 |
| MD_115_60 | .052 | 2 | 57 | .950* | CD_115_60 | .799 | 2 | 57 | .455* |
| MD_130_60 | .502 | 2 | 57 | .608* | CD_130_60 | 1.812 | 2 | 57 | .173* |
| MD_150_60 | 2.132 | 2 | 57 | .128* | CD_150_60 | 2.882 | 2 | 57 | .064* |
| MD_170_60 | .017 | 2 | 57 | .983* | CD_170_60 | .490 | 2 | 57 | .615* |
| MD_90_90 | .031 | 2 | 57 | .970* | CD_90_90 | 4.462 | 2 | 57 | .016 |
| MD_115_90 | 2.618 | 2 | 57 | .082* | CD_115_90 | 1.778 | 2 | 57 | .178* |
| MD_130_90 | .625 | 2 | 57 | .539* | CD_130_90 | 2.215 | 2 | 57 | .118* |
| MD_150_90 | .586 | 2 | 57 | .560* | CD_150_90 | 2.441 | 2 | 57 | .096* |
| MD_170_90 | 4.129 | 2 | 57 | .021 | CD_170_90 | .049 | 2 | 57 | .953* |
| MD_90_180 | 1.117 | 2 | 57 | .334* | CD_90_180 | .275 | 2 | 57 | .760* |
| MD_115_180 | .403 | 2 | 57 | .670* | CD_115_180 | .881 | 2 | 57 | .420* |
| MD_130_180 | 4.812 | 2 | 57 | .012 | CD_130_180 | 5.029 | 2 | 57 | .010 |
| MD_150_180 | .209 | 2 | 57 | .812* | CD_150_180 | 1.845 | 2 | 57 | .167* |
| MD_170_180 | 1.796 | 2 | 57 | .175* | CD_170_180 | .455 | 2 | 57 | .637* |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.22 - ANOVA - podgrupe po rezoluciji skeniranja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - distribucija oštećenja

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti |
|-----------|---------------|--------------|--------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | |
| MD_90_0 | 0.001 | 0.047 | 0.047 | 2 | 57 | 59 | 0.393 | 0.677 |
| MD_115_0 | 0.000 | 0.067 | 0.067 | 2 | 57 | 59 | 0.160 | 0.853 |
| MD_130_0 | 0.001 | 0.053 | 0.053 | 2 | 57 | 59 | 0.440 | 0.646 |
| MD_150_0 | 0.000 | 0.082 | 0.082 | 2 | 57 | 59 | 0.071 | 0.932 |
| MD_170_0 | 0.000 | 0.048 | 0.048 | 2 | 57 | 59 | 0.038 | 0.963 |
| MD_90_15 | 0.002 | 0.369 | 0.372 | 2 | 57 | 59 | 0.186 | 0.831 |
| MD_115_15 | 0.001 | 0.094 | 0.095 | 2 | 57 | 59 | 0.172 | 0.842 |

| | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|---|----|----|-------|-------|
| MD_130_15 | 0.001 | 0.170 | 0.171 | 2 | 57 | 59 | 0.171 | 0.843 |
| MD_150_15 | 0.001 | 0.186 | 0.187 | 2 | 57 | 59 | 0.175 | 0.840 |
| MD_170_15 | 0.003 | 0.183 | 0.185 | 2 | 57 | 59 | 0.401 | 0.672 |
| MD_90_30 | 0.000 | 0.198 | 0.198 | 2 | 57 | 59 | 0.040 | 0.961 |
| MD_115_30 | 0.004 | 0.113 | 0.116 | 2 | 57 | 59 | 0.898 | 0.413 |
| MD_130_30 | 0.000 | 0.108 | 0.108 | 2 | 57 | 59 | 0.005 | 0.995 |
| MD_150_30 | 0.002 | 0.078 | 0.079 | 2 | 57 | 59 | 0.613 | 0.545 |
| MD_170_30 | 0.005 | 0.122 | 0.127 | 2 | 57 | 59 | 1.098 | 0.341 |
| MD_90_45 | 0.001 | 0.567 | 0.568 | 2 | 57 | 59 | 0.055 | 0.947 |
| MD_115_45 | 0.003 | 0.175 | 0.178 | 2 | 57 | 59 | 0.441 | 0.646 |
| MD_130_45 | 0.001 | 0.168 | 0.169 | 2 | 57 | 59 | 0.156 | 0.856 |
| MD_150_45 | 0.001 | 0.243 | 0.243 | 2 | 57 | 59 | 0.069 | 0.934 |
| MD_170_45 | 0.001 | 0.205 | 0.205 | 2 | 57 | 59 | 0.078 | 0.925 |
| MD_90_60 | 0.002 | 0.360 | 0.362 | 2 | 57 | 59 | 0.145 | 0.865 |
| MD_115_60 | 0.003 | 0.183 | 0.185 | 2 | 57 | 59 | 0.406 | 0.668 |
| MD_130_60 | 0.001 | 0.219 | 0.220 | 2 | 57 | 59 | 0.114 | 0.892 |
| MD_150_60 | 0.005 | 0.222 | 0.227 | 2 | 57 | 59 | 0.692 | 0.505 |
| MD_170_60 | 0.000 | 0.192 | 0.192 | 2 | 57 | 59 | 0.057 | 0.945 |
| MD_90_90 | 0.001 | 0.341 | 0.342 | 2 | 57 | 59 | 0.059 | 0.943 |
| MD_115_90 | 0.000 | 0.123 | 0.124 | 2 | 57 | 59 | 0.049 | 0.952 |
| MD_130_90 | 0.003 | 0.153 | 0.156 | 2 | 57 | 59 | 0.542 | 0.584 |
| MD_150_90 | 0.001 | 0.261 | 0.262 | 2 | 57 | 59 | 0.115 | 0.892 |
| MD_170_90 | 0.001 | 0.097 | 0.099 | 2 | 57 | 59 | 0.378 | 0.687 |
| MD_90_180 | 0.014 | 0.545 | 0.559 | 2 | 57 | 59 | 0.718 | 0.492 |
| MD_115_180 | 0.004 | 0.218 | 0.222 | 2 | 57 | 59 | 0.461 | 0.633 |
| MD_130_180 | 0.003 | 0.167 | 0.171 | 2 | 57 | 59 | 0.577 | 0.565 |
| MD_150_180 | 0.000 | 0.126 | 0.126 | 2 | 57 | 59 | 0.063 | 0.939 |
| MD_170_180 | 0.001 | 0.093 | 0.094 | 2 | 57 | 59 | 0.429 | 0.654 |
| CD_90_0 | 0.000 | 0.070 | 0.070 | 2 | 57 | 59 | 0.066 | 0.936 |
| CD_115_0 | 0.000 | 0.087 | 0.088 | 2 | 57 | 59 | 0.161 | 0.852 |
| CD_130_0 | 0.001 | 0.072 | 0.073 | 2 | 57 | 59 | 0.474 | 0.625 |
| CD_150_0 | 0.000 | 0.056 | 0.056 | 2 | 57 | 59 | 0.206 | 0.814 |
| CD_170_0 | 0.000 | 0.052 | 0.052 | 2 | 57 | 59 | 0.254 | 0.776 |
| CD_90_15 | 0.002 | 0.181 | 0.183 | 2 | 57 | 59 | 0.392 | 0.677 |
| CD_115_15 | 0.000 | 0.171 | 0.171 | 2 | 57 | 59 | 0.009 | 0.991 |
| CD_130_15 | 0.000 | 0.163 | 0.163 | 2 | 57 | 59 | 0.010 | 0.990 |
| CD_150_15 | 0.003 | 0.150 | 0.153 | 2 | 57 | 59 | 0.515 | 0.600 |
| CD_170_15 | 0.001 | 0.242 | 0.243 | 2 | 57 | 59 | 0.123 | 0.885 |
| CD_90_30 | 0.002 | 0.122 | 0.124 | 2 | 57 | 59 | 0.513 | 0.602 |
| CD_115_30 | 0.001 | 0.150 | 0.151 | 2 | 57 | 59 | 0.282 | 0.756 |
| CD_130_30 | 0.001 | 0.108 | 0.109 | 2 | 57 | 59 | 0.160 | 0.852 |
| CD_150_30 | 0.004 | 0.135 | 0.140 | 2 | 57 | 59 | 0.849 | 0.433 |
| CD_170_30 | 0.001 | 0.185 | 0.186 | 2 | 57 | 59 | 0.143 | 0.867 |
| CD_90_45 | 0.000 | 0.147 | 0.147 | 2 | 57 | 59 | 0.013 | 0.987 |
| CD_115_45 | 0.000 | 0.198 | 0.198 | 2 | 57 | 59 | 0.017 | 0.984 |
| CD_130_45 | 0.001 | 0.149 | 0.151 | 2 | 57 | 59 | 0.245 | 0.783 |
| CD_150_45 | 0.001 | 0.065 | 0.066 | 2 | 57 | 59 | 0.582 | 0.562 |
| CD_170_45 | 0.002 | 0.197 | 0.199 | 2 | 57 | 59 | 0.274 | 0.761 |
| CD_90_60 | 0.001 | 0.154 | 0.156 | 2 | 57 | 59 | 0.231 | 0.795 |
| CD_115_60 | 0.001 | 0.232 | 0.233 | 2 | 57 | 59 | 0.123 | 0.885 |
| CD_130_60 | 0.001 | 0.175 | 0.176 | 2 | 57 | 59 | 0.130 | 0.878 |
| CD_150_60 | 0.000 | 0.088 | 0.089 | 2 | 57 | 59 | 0.152 | 0.860 |
| CD_170_60 | 0.001 | 0.278 | 0.279 | 2 | 57 | 59 | 0.072 | 0.931 |
| CD_90_90 | 0.000 | 0.121 | 0.121 | 2 | 57 | 59 | 0.021 | 0.979 |
| CD_115_90 | 0.000 | 0.299 | 0.299 | 2 | 57 | 59 | 0.018 | 0.982 |
| CD_130_90 | 0.004 | 0.174 | 0.178 | 2 | 57 | 59 | 0.675 | 0.513 |
| CD_150_90 | 0.001 | 0.140 | 0.141 | 2 | 57 | 59 | 0.186 | 0.831 |
| CD_170_90 | 0.002 | 0.157 | 0.159 | 2 | 57 | 59 | 0.380 | 0.686 |
| CD_90_180 | 0.004 | 0.515 | 0.519 | 2 | 57 | 59 | 0.233 | 0.793 |
| CD_115_180 | 0.003 | 0.203 | 0.206 | 2 | 57 | 59 | 0.354 | 0.703 |
| CD_130_180 | 0.001 | 0.116 | 0.116 | 2 | 57 | 59 | 0.130 | 0.878 |
| CD_150_180 | 0.007 | 0.130 | 0.137 | 2 | 57 | 59 | 1.487 | 0.235 |
| CD_170_180 | 0.001 | 0.197 | 0.198 | 2 | 57 | 59 | 0.122 | 0.886 |

Tabela III.23 – Brown-Forsythe test - podgrupe po rezoluciji skeniranja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – distribucija oštećenja

| Brown-Forsythe | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----|--------|----------------------|-----------|-------------------------|-----|--------|----------------------|
| Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_0 | .393 | 2 | 55.567 | .677 | CD_90_0 | .066 | 2 | 56.091 | .936 |
| MD_115_0 | .160 | 2 | 56.861 | .853 | CD_115_0 | .161 | 2 | 56.785 | .852 |
| MD_130_0 | .440 | 2 | 48.427 | .647 | CD_130_0 | .474 | 2 | 56.060 | .625 |
| MD_150_0 | .071 | 2 | 55.305 | .932 | CD_150_0 | .206 | 2 | 50.358 | .814 |
| MD_170_0 | .038 | 2 | 53.186 | .963 | CD_170_0 | .254 | 2 | 53.513 | .776 |
| MD_90_15 | .186 | 2 | 54.050 | .831 | CD_90_15 | .392 | 2 | 54.656 | .677 |
| MD_115_15 | .172 | 2 | 43.336 | .842 | CD_115_15 | .009 | 2 | 56.934 | .991 |
| MD_130_15 | .171 | 2 | 53.728 | .843 | CD_130_15 | .010 | 2 | 49.955 | .990 |
| MD_150_15 | .175 | 2 | 56.339 | .840 | CD_150_15 | .515 | 2 | 51.504 | .601 |
| MD_170_15 | .401 | 2 | 55.404 | .672 | CD_170_15 | .123 | 2 | 55.899 | .885 |
| MD_90_30 | .040 | 2 | 56.650 | .961 | CD_90_30 | .513 | 2 | 56.470 | .602 |
| MD_115_30 | .898 | 2 | 50.571 | .414 | CD_115_30 | .282 | 2 | 53.897 | .756 |
| MD_130_30 | .005 | 2 | 48.722 | .995 | CD_130_30 | .160 | 2 | 39.579 | .853 |
| MD_150_30 | .613 | 2 | 55.777 | .546 | CD_150_30 | .849 | 2 | 55.045 | .434 |
| MD_170_30 | 1.098 | 2 | 56.473 | .341 | CD_170_30 | .143 | 2 | 54.121 | .867 |

| | | | | | | | | | |
|------------|------|---|--------|------|------------|-------|---|--------|------|
| MD_90_45 | .055 | 2 | 56.977 | .947 | CD_90_45 | .013 | 2 | 51.519 | .987 |
| MD_115_45 | .441 | 2 | 52.096 | .646 | CD_115_45 | .017 | 2 | 56.751 | .984 |
| MD_130_45 | .156 | 2 | 50.771 | .856 | CD_130_45 | .245 | 2 | 52.933 | .783 |
| MD_150_45 | .069 | 2 | 55.876 | .934 | CD_150_45 | .582 | 2 | 52.380 | .562 |
| MD_170_45 | .078 | 2 | 55.550 | .925 | CD_170_45 | .274 | 2 | 56.088 | .761 |
| MD_90_60 | .145 | 2 | 52.506 | .865 | CD_90_60 | .231 | 2 | 45.105 | .795 |
| MD_115_60 | .406 | 2 | 55.836 | .668 | CD_115_60 | .123 | 2 | 54.231 | .885 |
| MD_130_60 | .114 | 2 | 55.749 | .892 | CD_130_60 | .130 | 2 | 53.224 | .878 |
| MD_150_60 | .692 | 2 | 52.653 | .505 | CD_150_60 | .152 | 2 | 47.432 | .860 |
| MD_170_60 | .057 | 2 | 56.893 | .945 | CD_170_60 | .072 | 2 | 53.895 | .931 |
| MD_90_90 | .059 | 2 | 56.949 | .943 | CD_90_90 | .021 | 2 | 45.027 | .979 |
| MD_115_90 | .049 | 2 | 46.457 | .952 | CD_115_90 | .018 | 2 | 50.734 | .982 |
| MD_130_90 | .542 | 2 | 54.755 | .584 | CD_130_90 | .675 | 2 | 50.526 | .514 |
| MD_150_90 | .115 | 2 | 55.571 | .892 | CD_150_90 | .186 | 2 | 49.558 | .831 |
| MD_170_90 | .378 | 2 | 47.573 | .688 | CD_170_90 | .380 | 2 | 56.955 | .686 |
| MD_90_180 | .718 | 2 | 55.733 | .492 | CD_90_180 | .233 | 2 | 56.858 | .793 |
| MD_115_180 | .461 | 2 | 55.729 | .633 | CD_115_180 | .354 | 2 | 55.998 | .703 |
| MD_130_180 | .577 | 2 | 44.517 | .566 | CD_130_180 | .130 | 2 | 43.955 | .878 |
| MD_150_180 | .063 | 2 | 56.325 | .939 | CD_150_180 | 1.487 | 2 | 43.310 | .237 |
| MD_170_180 | .429 | 2 | 52.732 | .654 | CD_170_180 | .122 | 2 | 50.986 | .886 |

Tabela III.24 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - distribucija oštećenja

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|-------------|---------------------|-----|-----|----------------------|-------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_1200 | 5.403 | 6 | 133 | .000 | CD_90_1200 | 2.653 | 6 | 133 | .018 |
| MD_115_1200 | 1.265 | 6 | 133 | .278* | CD_115_1200 | 2.486 | 6 | 133 | .026 |
| MD_130_1200 | 3.822 | 6 | 133 | .002 | CD_130_1200 | 1.450 | 6 | 133 | .200* |
| MD_150_1200 | 3.824 | 6 | 133 | .002 | CD_150_1200 | 3.724 | 6 | 133 | .002 |
| MD_170_1200 | 2.245 | 6 | 133 | .043 | CD_170_1200 | 1.888 | 6 | 133 | .087* |
| MD_90_2400 | 5.517 | 6 | 133 | .000 | CD_90_2400 | 7.472 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_2400 | 2.520 | 6 | 133 | .024 | CD_115_2400 | 1.737 | 6 | 133 | .117* |
| MD_130_2400 | 3.319 | 6 | 133 | .004 | CD_130_2400 | .310 | 6 | 133 | .931* |
| MD_150_2400 | 2.434 | 6 | 133 | .029 | CD_150_2400 | 1.812 | 6 | 133 | .101* |
| MD_170_2400 | 3.163 | 6 | 133 | .006 | CD_170_2400 | .704 | 6 | 133 | .647* |
| MD_90_4800 | 2.977 | 6 | 133 | .009 | CD_90_4800 | 6.918 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_4800 | 3.382 | 6 | 133 | .004 | CD_115_4800 | 1.669 | 6 | 133 | .133* |
| MD_130_4800 | 2.184 | 6 | 133 | .048 | CD_130_4800 | 1.593 | 6 | 133 | .154* |
| MD_150_4800 | 1.736 | 6 | 133 | .117* | CD_150_4800 | 1.614 | 6 | 133 | .148* |
| MD_170_4800 | 3.235 | 6 | 133 | .005 | CD_170_4800 | 1.096 | 6 | 133 | .368* |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.25- ANOVA - podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - distribucija oštećenja

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti | Eta kvadrat |
|-------------|---------------|--------------|--------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|-------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | | |
| MD_90_1200 | 0.926 | 0.920 | 1.846 | 6 | 133 | 139 | 22.317 | 0.000 | 0.50169 |
| MD_115_1200 | 0.272 | 0.419 | 0.691 | 6 | 133 | 139 | 14.387 | 0.000 | 0.39359 |
| MD_130_1200 | 0.210 | 0.467 | 0.677 | 6 | 133 | 139 | 9.990 | 0.000 | 0.31066 |
| MD_150_1200 | 0.605 | 0.436 | 1.041 | 6 | 133 | 139 | 30.781 | 0.000 | 0.58134 |
| MD_170_1200 | 0.599 | 0.333 | 0.932 | 6 | 133 | 139 | 39.782 | 0.000 | 0.64218 |
| MD_90_2400 | 0.816 | 0.768 | 1.584 | 6 | 133 | 139 | 23.545 | 0.000 | 0.51508 |
| MD_115_2400 | 0.213 | 0.274 | 0.487 | 6 | 133 | 139 | 17.225 | 0.000 | 0.43728 |
| MD_130_2400 | 0.187 | 0.296 | 0.483 | 6 | 133 | 139 | 14.004 | 0.000 | 0.38717 |
| MD_150_2400 | 0.623 | 0.437 | 1.060 | 6 | 133 | 139 | 31.621 | 0.000 | 0.58789 |
| MD_170_2400 | 0.551 | 0.304 | 0.854 | 6 | 133 | 139 | 40.166 | 0.000 | 0.64438 |
| MD_90_4800 | 0.741 | 0.739 | 1.480 | 6 | 133 | 139 | 22.237 | 0.000 | 0.50079 |
| MD_115_4800 | 0.298 | 0.280 | 0.578 | 6 | 133 | 139 | 23.552 | 0.000 | 0.51515 |
| MD_130_4800 | 0.221 | 0.275 | 0.496 | 6 | 133 | 139 | 17.837 | 0.000 | 0.44588 |
| MD_150_4800 | 0.662 | 0.324 | 0.986 | 6 | 133 | 139 | 45.266 | 0.000 | 0.67128 |
| MD_170_4800 | 0.587 | 0.301 | 0.889 | 6 | 133 | 139 | 43.218 | 0.000 | 0.66098 |
| CD_90_1200 | 1.287 | 0.534 | 1.822 | 6 | 133 | 139 | 53.403 | 0.000 | 0.70667 |
| CD_115_1200 | 0.733 | 0.521 | 1.254 | 6 | 133 | 139 | 31.211 | 0.000 | 0.58472 |
| CD_130_1200 | 0.730 | 0.483 | 1.213 | 6 | 133 | 139 | 33.534 | 0.000 | 0.60204 |
| CD_150_1200 | 1.303 | 0.329 | 1.632 | 6 | 133 | 139 | 87.872 | 0.000 | 0.79856 |
| CD_170_1200 | 0.949 | 0.516 | 1.465 | 6 | 133 | 139 | 40.765 | 0.000 | 0.64776 |
| CD_90_2400 | 1.070 | 0.405 | 1.475 | 6 | 133 | 139 | 58.491 | 0.000 | 0.72518 |
| CD_115_2400 | 0.687 | 0.416 | 1.102 | 6 | 133 | 139 | 36.619 | 0.000 | 0.62292 |
| CD_130_2400 | 0.754 | 0.258 | 1.012 | 6 | 133 | 139 | 64.684 | 0.000 | 0.74477 |
| CD_150_2400 | 1.135 | 0.255 | 1.390 | 6 | 133 | 139 | 98.598 | 0.000 | 0.81645 |
| CD_170_2400 | 0.816 | 0.444 | 1.259 | 6 | 133 | 139 | 40.759 | 0.000 | 0.64773 |
| CD_90_4800 | 1.063 | 0.370 | 1.433 | 6 | 133 | 139 | 63.684 | 0.000 | 0.74180 |
| CD_115_4800 | 0.646 | 0.404 | 1.049 | 6 | 133 | 139 | 35.464 | 0.000 | 0.61537 |
| CD_130_4800 | 0.792 | 0.217 | 1.009 | 6 | 133 | 139 | 80.982 | 0.000 | 0.78510 |
| CD_150_4800 | 1.011 | 0.180 | 1.191 | 6 | 133 | 139 | 124.379 | 0.000 | 0.84874 |
| CD_170_4800 | 0.849 | 0.348 | 1.197 | 6 | 133 | 139 | 54.143 | 0.000 | 0.70952 |

Tabela III.26 – Brown-Forsythe test - obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – distribucija oštećenja

| Brown-Forsythe | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|-------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|
| Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_1200 | 22.317 | 6 | 106.430 | .000 | CD_90_1200 | 53.403 | 6 | 104.787 | .000 |
| MD_115_1200 | 14.387 | 6 | 121.671 | .000 | CD_115_1200 | 31.211 | 6 | 107.714 | .000 |
| MD_130_1200 | 9.990 | 6 | 115.411 | .000 | CD_130_1200 | 33.534 | 6 | 123.894 | .000 |
| MD_150_1200 | 30.781 | 6 | 108.306 | .000 | CD_150_1200 | 87.872 | 6 | 111.035 | .000 |
| MD_170_1200 | 39.782 | 6 | 112.683 | .000 | CD_170_1200 | 40.765 | 6 | 112.243 | .000 |
| MD_90_2400 | 23.545 | 6 | 101.477 | .000 | CD_90_2400 | 58.491 | 6 | 76.540 | .000 |
| MD_115_2400 | 17.225 | 6 | 110.202 | .000 | CD_115_2400 | 36.619 | 6 | 124.427 | .000 |
| MD_130_2400 | 14.004 | 6 | 113.434 | .000 | CD_130_2400 | 64.684 | 6 | 125.579 | .000 |
| MD_150_2400 | 31.621 | 6 | 112.834 | .000 | CD_150_2400 | 98.598 | 6 | 105.703 | .000 |
| MD_170_2400 | 40.166 | 6 | 106.722 | .000 | CD_170_2400 | 40.759 | 6 | 119.393 | .000 |
| MD_90_4800 | 22.237 | 6 | 109.714 | .000 | CD_90_4800 | 63.684 | 6 | 67.918 | .000 |
| MD_115_4800 | 23.552 | 6 | 100.570 | .000 | CD_115_4800 | 35.464 | 6 | 121.772 | .000 |
| MD_130_4800 | 17.837 | 6 | 116.963 | .000 | CD_130_4800 | 80.982 | 6 | 114.410 | .000 |
| MD_150_4800 | 45.266 | 6 | 117.573 | .000 | CD_150_4800 | 124.379 | 6 | 118.996 | .000 |
| MD_170_4800 | 43.218 | 6 | 110.966 | .000 | CD_170_4800 | 54.143 | 6 | 117.949 | .000 |

Tabela III.27 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 1200 spi - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.043910 | 0.609 | -0.116821 | 0.029001 |
| | 30° | 0.002660 | 1.000 | -0.045122 | 0.050442 |
| | 45° | 0.060675 | 0.256 | -0.018403 | 0.139753 |
| | 60° | 0.058130 | 0.223 | -0.015434 | 0.131694 |
| | 90° | .0688600 | 0.019 | 0.007466 | 0.130254 |
| | 180° | .2297550 | 0.000 | 0.147312 | 0.312198 |
| 15° | 30° | 0.046570 | 0.696 | -0.033061 | 0.126201 |
| | 45° | .1045850 | 0.030 | 0.005953 | 0.203217 |
| | 60° | .1020400 | 0.026 | 0.007305 | 0.196775 |
| | 90° | .1127700 | 0.003 | 0.025881 | 0.199659 |
| | 180° | .2736650 | 0.000 | 0.172564 | 0.374766 |
| 30° | 45° | 0.058015 | 0.452 | -0.027120 | 0.143150 |
| | 90° | 0.055470 | 0.433 | -0.024738 | 0.135678 |
| | 180° | .2270950 | 0.000 | 0.138909 | 0.315281 |
| 45° | 60° | -0.002545 | 1.000 | -0.101597 | 0.096507 |
| | 90° | 0.008185 | 1.000 | -0.083583 | 0.099953 |
| | 180° | .1690800 | 0.000 | 0.064046 | 0.274114 |
| 60° | 90° | 0.010730 | 1.000 | -0.076666 | 0.098126 |
| | 180° | .1716250 | 0.000 | 0.070120 | 0.273130 |
| 90° | 180° | .168950 | 0.000 | 0.066386 | 0.255404 |
| MD_115_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.035400 | 0.291 | -0.081975 | 0.011175 |
| | 30° | -0.015300 | 0.998 | -0.061861 | 0.031261 |
| | 45° | -0.004455 | 1.000 | -0.059015 | 0.050105 |
| | 60° | -0.007200 | 1.000 | -0.059073 | 0.044673 |
| | 90° | 0.008590 | 1.000 | -0.041714 | 0.058894 |
| | 180° | .1115500 | 0.000 | 0.063205 | 0.159895 |
| 15° | 30° | 0.020100 | 0.994 | -0.035403 | 0.075603 |
| | 45° | 0.030945 | 0.885 | -0.030962 | 0.092852 |
| | 60° | 0.028200 | 0.925 | -0.031502 | 0.087902 |
| | 90° | 0.043990 | 0.315 | -0.014449 | 0.102429 |
| | 180° | .1469500 | 0.000 | 0.090062 | 0.203838 |
| 30° | 45° | 0.010845 | 1.000 | -0.051053 | 0.072743 |
| | 60° | 0.008100 | 1.000 | -0.051593 | 0.067793 |
| | 90° | 0.023890 | 0.979 | -0.034539 | 0.082319 |
| | 180° | .1268500 | 0.000 | 0.069972 | 0.183728 |
| 45° | 60° | -0.002745 | 1.000 | -0.068251 | 0.062761 |
| | 90° | 0.013045 | 1.000 | -0.051366 | 0.077456 |
| | 180° | .1160050 | 0.000 | 0.052927 | 0.179083 |
| 60° | 90° | 0.015790 | 1.000 | -0.046550 | 0.078130 |
| | 180° | .1187500 | 0.000 | 0.057813 | 0.179687 |
| 90° | 180° | .1029600 | 0.000 | 0.043247 | 0.162673 |
| MD_130_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0827950 | 0.000 | -0.132996 | -0.032594 |
| | 30° | -.0934250 | 0.000 | -0.137485 | -0.049365 |
| | 45° | -.0758950 | 0.001 | -0.127987 | -0.023803 |
| | 60° | -0.027560 | 0.838 | -0.082082 | 0.026962 |
| | 90° | -0.022260 | 0.884 | -0.068232 | 0.023712 |
| | 180° | 0.009930 | 1.000 | -0.047013 | 0.066873 |
| 15° | 30° | -0.010630 | 1.000 | -0.070105 | 0.048845 |
| | 45° | 0.006900 | 1.000 | -0.058051 | 0.071851 |
| | 60° | 0.055235 | 0.192 | -0.011495 | 0.121965 |
| | 90° | 0.060535 | 0.051 | -0.000182 | 0.121252 |
| | 180° | .0927250 | 0.002 | 0.024174 | 0.161276 |
| 30° | 45° | 0.017530 | 1.000 | -0.043432 | 0.078492 |
| | 60° | .0658650 | 0.034 | 0.002953 | 0.128777 |

| | | | | | |
|-------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| 45° | 90° | .0711650' | 0.005 | 0.014906 | 0.127424 |
| | 180° | .1033550' | 0.000 | 0.038460 | 0.168250 |
| | 60° | 0.048335 | 0.403 | -0.019651 | 0.116321 |
| | 90° | 0.053635 | 0.149 | -0.008525 | 0.115795 |
| | 180° | .0858250' | 0.006 | 0.016067 | 0.155583 |
| | 90° | 0.005300 | 1.000 | -0.058755 | 0.069355 |
| 60° | 180° | 0.037490 | 0.843 | -0.033870 | 0.108850 |
| | 90° | 0.032190 | 0.902 | -0.033798 | 0.098178 |
| MD_150_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1622000' | 0.000 | -0.214363 | -0.110037 |
| | 30° | -.1589500' | 0.000 | -0.196763 | -0.121137 |
| | 45° | -.1423350' | 0.000 | -0.201499 | -0.083171 |
| | 60° | -.1517450' | 0.000 | -0.206744 | -0.096746 |
| | 90° | -.0931150' | 0.001 | -0.155047 | -0.031183 |
| | 180° | -0.008125 | 1.000 | -0.052018 | 0.035768 |
| 15° | 30° | 0.003250 | 1.000 | -0.047239 | 0.053739 |
| | 45° | 0.019865 | 0.999 | -0.046766 | 0.086496 |
| | 60° | 0.010455 | 1.000 | -0.052739 | 0.073649 |
| | 90° | .0690850' | 0.049 | 0.000115 | 0.138055 |
| 30° | 180° | .1540750' | 0.000 | 0.099420 | 0.208730 |
| | 45° | 0.016615 | 0.999 | -0.041165 | 0.074395 |
| | 60° | 0.007205 | 1.000 | -0.046250 | 0.060660 |
| | 90° | .0658350' | 0.025 | 0.005196 | 0.126474 |
| 45° | 180° | .1508250' | 0.000 | 0.109127 | 0.192523 |
| | 60° | -0.009410 | 1.000 | -0.078040 | 0.059220 |
| | 90° | 0.049220 | 0.508 | -0.024571 | 0.123011 |
| | 180° | .1342100' | 0.000 | 0.072960 | 0.195460 |
| 60° | 90° | 0.058630 | 0.192 | -0.012241 | 0.129501 |
| | 180° | .1436200' | 0.000 | 0.086308 | 0.200932 |
| 90° | 180° | .0849900' | 0.003 | 0.021102 | 0.148878 |
| MD_170_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1213350' | 0.000 | -0.170286 | -0.072384 |
| | 30° | -.1485950' | 0.000 | -0.190810 | -0.106380 |
| | 45° | -.1369150' | 0.000 | -0.185849 | -0.087981 |
| | 60° | -.1298650' | 0.000 | -0.179262 | -0.080468 |
| | 90° | -.1195200' | 0.000 | -0.163212 | -0.075828 |
| | 180° | 0.022915 | 0.371 | -0.008667 | 0.054497 |
| 15° | 30° | -0.027260 | 0.901 | -0.082969 | 0.028449 |
| | 45° | -0.015580 | 1.000 | -0.075967 | 0.044807 |
| | 60° | -0.008530 | 1.000 | -0.069257 | 0.052197 |
| | 90° | 0.001815 | 1.000 | -0.054880 | 0.058510 |
| 30° | 180° | .1442500' | 0.000 | 0.094804 | 0.193696 |
| | 45° | 0.011680 | 1.000 | -0.044014 | 0.067374 |
| | 60° | 0.018730 | 0.998 | -0.037348 | 0.074808 |
| | 90° | 0.029075 | 0.760 | -0.022401 | 0.080551 |
| 45° | 180° | .1715100' | 0.000 | 0.128682 | 0.214338 |
| | 60° | 0.007050 | 1.000 | -0.053664 | 0.067764 |
| | 90° | 0.017395 | 0.999 | -0.039286 | 0.074076 |
| 60° | 180° | .1598300' | 0.000 | 0.110401 | 0.209259 |
| | 90° | 0.010345 | 1.000 | -0.046709 | 0.067399 |
| | 180° | .1527800' | 0.000 | 0.102894 | 0.202666 |
| 90° | 180° | .1424350' | 0.000 | 0.098160 | 0.186710 |

Tabela III.28 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 1200 spi - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0979450' | 0.000 | -0.151534 | -0.044356 |
| | 30° | -.1303800' | 0.000 | -0.174064 | -0.086696 |
| | 45° | -.1150450' | 0.000 | -0.166438 | -0.063652 |
| | 60° | -.0896000' | 0.000 | -0.146145 | -0.033055 |
| | 90° | -.0776200' | 0.000 | -0.128695 | -0.026545 |
| | 180° | .1657500' | 0.000 | 0.092428 | 0.239072 |
| 15° | 30° | -0.032435 | 0.778 | -0.090975 | 0.026105 |
| | 45° | -0.017100 | 1.000 | -0.080920 | 0.046720 |
| | 60° | 0.008345 | 1.000 | -0.059312 | 0.076002 |
| | 90° | 0.020325 | 0.999 | -0.043266 | 0.083916 |
| 30° | 180° | .2636950' | 0.000 | 0.182325 | 0.345065 |
| | 45° | 0.015335 | 1.000 | -0.041292 | 0.071962 |
| | 60° | 0.040780 | 0.500 | -0.020374 | 0.101934 |
| | 90° | 0.052760 | 0.084 | -0.003592 | 0.109112 |
| 45° | 180° | .2961300' | 0.000 | 0.219559 | 0.372701 |
| | 60° | 0.025445 | 0.988 | -0.040686 | 0.091576 |
| | 90° | 0.037425 | 0.665 | -0.024485 | 0.099335 |
| 60° | 180° | .2807950' | 0.000 | 0.200575 | 0.361015 |
| | 90° | 0.011980 | 1.000 | -0.053933 | 0.077893 |
| | 180° | .2553500' | 0.000 | 0.172358 | 0.338342 |
| 90° | 180° | .2433700' | 0.000 | 0.163313 | 0.323427 |
| CD_115_1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0977800' | 0.000 | -0.147174 | -0.048386 |
| | 30° | -.0764900' | 0.001 | -0.128444 | -0.024536 |
| | 45° | -.0817850' | 0.000 | -0.132072 | -0.031498 |
| | 60° | -0.061040 | 0.050 | -0.122097 | 0.000017 |

| | | | | | |
|-------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| 15° | 90° | -0.046085 | 0.536 | -0.118088 | 0.025918 |
| | 180° | .1286750' | 0.000 | 0.080001 | 0.177349 |
| | 30° | 0.021290 | 0.994 | -0.037230 | 0.079810 |
| | 45° | 0.015995 | 1.000 | -0.041139 | 0.073129 |
| | 60° | 0.036740 | 0.779 | -0.029624 | 0.103104 |
| | 90° | 0.051695 | 0.465 | -0.024558 | 0.127948 |
| 30° | 180° | .2264550' | 0.000 | 0.170643 | 0.282267 |
| | 45° | -0.005295 | 1.000 | -0.064510 | 0.053920 |
| | 60° | 0.015450 | 1.000 | -0.052588 | 0.083488 |
| | 90° | 0.030405 | 0.984 | -0.047216 | 0.108026 |
| 45° | 180° | .2051650' | 0.000 | 0.147201 | 0.263129 |
| | 60° | 0.020745 | 0.999 | -0.046195 | 0.087685 |
| | 90° | 0.035700 | 0.925 | -0.041022 | 0.112422 |
| 60° | 180° | .2104600' | 0.000 | 0.153902 | 0.267018 |
| | 90° | 0.014955 | 1.000 | -0.068039 | 0.097949 |
| | 180° | .1897150' | 0.000 | 0.123811 | 0.255619 |
| 90° | 180° | .1747600' | 0.000 | 0.098880 | 0.250640 |
| CD 130 1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -1.599450' | 0.000 | -0.215730 | -0.104160 |
| | 30° | -.1355650' | 0.000 | -0.187315 | -0.083815 |
| | 45° | -.1731900' | 0.000 | -0.225108 | -0.121272 |
| | 60° | -.1285700' | 0.000 | -0.183580 | -0.073560 |
| | 90° | -.1263700' | 0.000 | -0.183263 | -0.069477 |
| | 180° | 0.021555 | 0.969 | -0.030045 | 0.073155 |
| 15° | 30° | 0.024380 | 0.991 | -0.040159 | 0.088919 |
| | 45° | -0.013245 | 1.000 | -0.077905 | 0.051415 |
| | 60° | 0.031375 | 0.930 | -0.035550 | 0.098300 |
| | 90° | 0.033575 | 0.900 | -0.034767 | 0.101917 |
| 30° | 180° | .1815000' | 0.000 | 0.117069 | 0.245931 |
| | 45° | -0.037625 | 0.647 | -0.099108 | 0.023858 |
| | 60° | 0.006995 | 1.000 | -0.056924 | 0.070914 |
| | 90° | 0.009195 | 1.000 | -0.056240 | 0.074630 |
| 45° | 180° | .1571200' | 0.000 | 0.095884 | 0.218356 |
| | 60° | 0.044620 | 0.436 | -0.019421 | 0.108661 |
| | 90° | 0.046820 | 0.395 | -0.018733 | 0.112373 |
| 60° | 180° | .1947450' | 0.000 | 0.133378 | 0.256112 |
| | 90° | 0.002200 | 1.000 | -0.065573 | 0.069973 |
| 90° | 180° | .1501250' | 0.000 | 0.086316 | 0.213934 |
| | 180° | .1479250' | 0.000 | 0.082596 | 0.213254 |
| CD 150 1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -2.009100' | 0.000 | -0.250472 | -0.151348 |
| | 30° | -.1916750' | 0.000 | -0.236121 | -0.147229 |
| | 45° | -.1833700' | 0.000 | -0.217348 | -0.149392 |
| | 60° | -.1590650' | 0.000 | -0.200185 | -0.117945 |
| | 90° | -.1304650' | 0.000 | -0.179637 | -0.081293 |
| | 180° | .0633550' | 0.000 | 0.025917 | 0.100793 |
| 15° | 30° | 0.009235 | 1.000 | -0.050559 | 0.069029 |
| | 45° | 0.017540 | 0.998 | -0.036229 | 0.071309 |
| | 60° | 0.041845 | 0.370 | -0.015879 | 0.099569 |
| | 90° | .0704450' | 0.018 | 0.007491 | 0.133399 |
| 30° | 180° | .2642650' | 0.000 | 0.208669 | 0.319861 |
| | 45° | 0.008305 | 1.000 | -0.040987 | 0.057597 |
| | 60° | 0.032610 | 0.659 | -0.021133 | 0.086353 |
| | 90° | .0612100' | 0.039 | 0.001711 | 0.120709 |
| 45° | 180° | .2550300' | 0.000 | 0.203669 | 0.306391 |
| | 60° | 0.024305 | 0.844 | -0.022170 | 0.070780 |
| | 90° | 0.052905 | 0.054 | -0.000518 | 0.106328 |
| 60° | 180° | .2467250' | 0.000 | 0.203263 | 0.290187 |
| | 90° | 0.028600 | 0.887 | -0.028813 | 0.086013 |
| 90° | 180° | .2224200' | 0.000 | 0.173697 | 0.271143 |
| 90° | 180° | .1938200' | 0.000 | 0.138553 | 0.249087 |
| CD 170 1200 | | | | | |
| 0° | 15° | -1.815400' | 0.000 | -0.238376 | -0.124704 |
| | 30° | -.1780300' | 0.000 | -0.230738 | -0.125322 |
| | 45° | -.1654000' | 0.000 | -0.216827 | -0.113973 |
| | 60° | -.1419900' | 0.000 | -0.205170 | -0.078810 |
| | 90° | -.1350100' | 0.000 | -0.177798 | -0.092222 |
| | 180° | 0.034555 | 0.444 | -0.016486 | 0.085596 |
| 15° | 30° | 0.003510 | 1.000 | -0.066431 | 0.073451 |
| | 45° | 0.016140 | 1.000 | -0.052968 | 0.085248 |
| | 60° | 0.039550 | 0.867 | -0.037749 | 0.116849 |
| | 90° | 0.046530 | 0.361 | -0.017416 | 0.110476 |
| 30° | 180° | .2160950' | 0.000 | 0.147235 | 0.284955 |
| | 45° | 0.012630 | 1.000 | -0.053451 | 0.078711 |
| | 60° | 0.036040 | 0.911 | -0.038724 | 0.1110804 |
| | 90° | 0.043020 | 0.400 | -0.017499 | 0.103539 |
| 45° | 180° | .2125850' | 0.000 | 0.146768 | 0.278402 |
| | 60° | 0.023410 | 0.999 | -0.050601 | 0.097421 |
| | 90° | 0.030390 | 0.866 | -0.029089 | 0.089869 |
| 60° | 180° | .1999550' | 0.000 | 0.135053 | 0.264857 |
| | 90° | 0.006980 | 1.000 | -0.062418 | 0.076378 |
| 90° | 180° | .1765450' | 0.000 | 0.102757 | 0.250333 |
| 90° | 180° | .1695650' | 0.000 | 0.110397 | 0.228733 |

Tabela III.29 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 2400 spi - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (I) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.045650 | 0.300 | -0.107090 | 0.015790 |
| | 30° | 0.000540 | 1.000 | -0.045630 | 0.046710 |
| | 45° | 0.052670 | 0.439 | -0.025882 | 0.131222 |
| | 60° | 0.041195 | 0.223 | -0.010719 | 0.093109 |
| | 90° | 0.058745 | 0.078 | -0.003724 | 0.121214 |
| 15° | 180° | .2133150 | 0.000 | 0.134818 | 0.291812 |
| | 30° | 0.046190 | 0.513 | -0.023619 | 0.115999 |
| | 45° | .0983200 | 0.028 | 0.006313 | 0.190327 |
| | 60° | .0868450 | 0.009 | 0.013759 | 0.159931 |
| | 90° | .1043950 | 0.003 | 0.024447 | 0.184343 |
| 30° | 180° | .2589650 | 0.000 | 0.167002 | 0.350928 |
| | 45° | 0.052130 | 0.613 | -0.032568 | 0.136828 |
| | 60° | 0.040655 | 0.539 | -0.021524 | 0.102834 |
| | 90° | 0.058205 | 0.195 | -0.012463 | 0.128873 |
| | 180° | .2127750 | 0.000 | 0.128127 | 0.297423 |
| 45° | 60° | -0.011475 | 1.000 | -0.098662 | 0.075712 |
| | 90° | 0.006075 | 1.000 | -0.086501 | 0.098651 |
| | 180° | .1606450 | 0.000 | 0.058136 | 0.263154 |
| 60° | 90° | 0.017550 | 1.000 | -0.056338 | 0.091438 |
| | 180° | .1721200 | 0.000 | 0.084981 | 0.259259 |
| 90° | 180° | .1545700 | 0.000 | 0.062038 | 0.247102 |
| MD_115_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0364900 | 0.034 | -0.071388 | -0.001592 |
| | 30° | -0.029145 | 0.324 | -0.068101 | 0.009811 |
| | 45° | -0.024720 | 0.804 | -0.070580 | 0.021140 |
| | 60° | 0.000050 | 1.000 | -0.046819 | 0.046919 |
| | 90° | 0.006555 | 1.000 | -0.028883 | 0.041993 |
| 15° | 180° | .0883600 | 0.000 | 0.037212 | 0.139508 |
| | 30° | 0.007345 | 1.000 | -0.030722 | 0.045412 |
| | 45° | 0.011770 | 1.000 | -0.033397 | 0.056937 |
| | 60° | 0.036540 | 0.239 | -0.009659 | 0.082739 |
| | 90° | .0430450 | 0.005 | 0.008637 | 0.077453 |
| 30° | 180° | .1248500 | 0.000 | 0.074290 | 0.175410 |
| | 45° | 0.004425 | 1.000 | -0.043604 | 0.052454 |
| | 60° | 0.029195 | 0.679 | -0.019778 | 0.078168 |
| | 90° | 0.035700 | 0.091 | -0.002842 | 0.074242 |
| | 180° | .1175050 | 0.000 | 0.064498 | 0.170512 |
| 45° | 60° | 0.024770 | 0.942 | -0.029352 | 0.078892 |
| | 90° | 0.031275 | 0.447 | -0.014261 | 0.076811 |
| | 180° | .1130800 | 0.000 | 0.055443 | 0.170717 |
| 60° | 90° | 0.006505 | 1.000 | -0.040051 | 0.053061 |
| | 180° | .0883100 | 0.000 | 0.029952 | 0.146668 |
| 90° | 180° | .0818050 | 0.000 | 0.030932 | 0.132678 |
| MD_130_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0966850 | 0.000 | -0.135023 | -0.058347 |
| | 30° | -.0966700 | 0.000 | -0.133034 | -0.060306 |
| | 45° | -.0778850 | 0.000 | -0.122263 | -0.033507 |
| | 60° | -0.038545 | 0.220 | -0.086909 | 0.009819 |
| | 90° | -0.038925 | 0.128 | -0.083337 | 0.005487 |
| 15° | 180° | -0.011570 | 0.997 | -0.045940 | 0.022800 |
| | 30° | 0.000015 | 1.000 | -0.045102 | 0.045132 |
| | 45° | 0.018800 | 0.993 | -0.032475 | 0.070075 |
| | 60° | .0581400 | 0.029 | 0.003584 | 0.112696 |
| | 90° | .0577600 | 0.017 | 0.006458 | 0.109062 |
| 30° | 180° | .0851150 | 0.000 | 0.041415 | 0.128815 |
| | 45° | 0.018785 | 0.991 | -0.031240 | 0.068810 |
| | 60° | .0581250 | 0.024 | 0.004705 | 0.111545 |
| | 90° | .0577450 | 0.013 | 0.007692 | 0.107798 |
| | 180° | .0851000 | 0.000 | 0.043005 | 0.127195 |
| 45° | 60° | 0.039340 | 0.489 | -0.019009 | 0.097689 |
| | 90° | 0.038960 | 0.422 | -0.016470 | 0.094390 |
| | 180° | .0663150 | 0.002 | 0.017497 | 0.115133 |
| 60° | 90° | -0.000380 | 1.000 | -0.058751 | 0.057991 |
| | 180° | 0.026975 | 0.850 | -0.025354 | 0.079304 |
| 90° | 180° | 0.027355 | 0.763 | -0.021493 | 0.076203 |
| MD_150_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1697250 | 0.000 | -0.221810 | -0.117640 |
| | 30° | -.1741250 | 0.000 | -0.213255 | -0.134995 |
| | 45° | -.1519550 | 0.000 | -0.208840 | -0.095070 |
| | 60° | -.1311600 | 0.000 | -0.191724 | -0.070596 |
| | 90° | -.0863900 | 0.001 | -0.143996 | -0.028784 |
| 15° | 180° | -0.015870 | 0.997 | -0.062832 | 0.031092 |
| | 30° | -0.004400 | 1.000 | -0.054766 | 0.045966 |
| | 45° | 0.017770 | 1.000 | -0.046273 | 0.081813 |
| | 60° | 0.038565 | 0.735 | -0.028597 | 0.105727 |
| | 90° | .0833350 | 0.004 | 0.018687 | 0.147983 |
| 30° | 180° | .1538550 | 0.000 | 0.097790 | 0.209920 |
| | 45° | 0.022170 | 0.977 | -0.033212 | 0.077552 |
| | 60° | 0.042965 | 0.348 | -0.016232 | 0.102162 |

| | | | | | |
|-------------|------|-----------|-------|-----------|-----------|
| | 90° | .0877350 | 0.000 | 0.031603 | 0.143867 |
| | 180° | .1582550 | 0.000 | 0.113315 | 0.203195 |
| 45° | 60° | 0.020795 | 1.000 | -0.049743 | 0.091333 |
| | 90° | 0.065565 | 0.069 | -0.002647 | 0.133777 |
| | 180° | .1360850 | 0.000 | 0.075676 | 0.196494 |
| 60° | 90° | 0.044770 | 0.600 | -0.026292 | 0.115832 |
| | 180° | .1152900 | 0.000 | 0.051495 | 0.179085 |
| 90° | 180° | .0705200 | 0.013 | 0.009451 | 0.131589 |
| MD_170_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1397150 | 0.000 | -0.182948 | -0.096482 |
| | 30° | -.1324600 | 0.000 | -0.172518 | -0.092402 |
| | 45° | -.1463200 | 0.000 | -0.200700 | -0.091940 |
| | 60° | -.1292900 | 0.000 | -0.177523 | -0.081057 |
| | 90° | -.1113900 | 0.000 | -0.142614 | -0.080166 |
| | 180° | 0.010175 | 1.000 | -0.030997 | 0.051347 |
| 15° | 30° | 0.007255 | 1.000 | -0.040753 | 0.055263 |
| | 45° | -0.006605 | 1.000 | -0.066383 | 0.053173 |
| | 60° | 0.010425 | 1.000 | -0.044117 | 0.064967 |
| | 90° | 0.028325 | 0.459 | -0.013426 | 0.070076 |
| | 180° | .1498900 | 0.000 | 0.101028 | 0.198752 |
| 30° | 45° | -0.013860 | 1.000 | -0.071749 | 0.044029 |
| | 60° | 0.003170 | 1.000 | -0.049190 | 0.055530 |
| | 90° | 0.021070 | 0.780 | -0.017319 | 0.059459 |
| | 180° | .1426350 | 0.000 | 0.096374 | 0.188896 |
| 45° | 60° | 0.017030 | 1.000 | -0.045962 | 0.080022 |
| | 90° | 0.034930 | 0.497 | -0.018398 | 0.088258 |
| | 180° | .1564950 | 0.000 | 0.097958 | 0.215032 |
| 60° | 90° | 0.017900 | 0.985 | -0.029078 | 0.064878 |
| | 180° | .1394650 | 0.000 | 0.086353 | 0.192577 |
| 90° | 180° | .1215650 | 0.000 | 0.081992 | 0.161138 |

Tabela III.30 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 2400 spi - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0863000 | 0.000 | -0.132968 | -0.039632 |
| | 30° | -.1182250 | 0.000 | -0.161208 | -0.075242 |
| | 45° | -.1154600 | 0.000 | -0.159957 | -0.070963 |
| | 60° | -.0861200 | 0.000 | -0.127756 | -0.044484 |
| | 90° | -.0796300 | 0.000 | -0.118936 | -0.040324 |
| | 180° | .1463500 | 0.000 | 0.068618 | 0.224082 |
| 15° | 30° | -0.031925 | 0.577 | -0.081908 | 0.018058 |
| | 45° | -0.029160 | 0.749 | -0.080359 | 0.022039 |
| | 60° | 0.000180 | 1.000 | -0.048738 | 0.049098 |
| | 90° | 0.006670 | 1.000 | -0.040447 | 0.053787 |
| | 180° | .2326500 | 0.000 | 0.151734 | 0.313566 |
| 30° | 45° | 0.002765 | 1.000 | -0.045271 | 0.050801 |
| | 60° | 0.032105 | 0.416 | -0.013404 | 0.077614 |
| | 90° | 0.038595 | 0.124 | -0.004894 | 0.082084 |
| | 180° | .2645750 | 0.000 | 0.185212 | 0.343938 |
| 45° | 60° | 0.029340 | 0.611 | -0.017563 | 0.076243 |
| | 90° | 0.035830 | 0.236 | -0.009148 | 0.080808 |
| | 180° | .2618100 | 0.000 | 0.181825 | 0.341795 |
| 60° | 90° | 0.006490 | 1.000 | -0.035677 | 0.048657 |
| | 180° | .2324700 | 0.000 | 0.153641 | 0.311299 |
| 90° | 180° | .2259800 | 0.000 | 0.148032 | 0.303928 |
| CD_115_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0970550 | 0.000 | -0.146948 | -0.047162 |
| | 30° | -.0838800 | 0.000 | -0.128808 | -0.038952 |
| | 45° | -.0802400 | 0.000 | -0.132164 | -0.028316 |
| | 60° | -0.049365 | 0.092 | -0.102791 | 0.004061 |
| | 90° | -0.038730 | 0.355 | -0.091852 | 0.014392 |
| | 180° | .1219950 | 0.000 | 0.066896 | 0.177094 |
| 15° | 30° | 0.013175 | 1.000 | -0.039576 | 0.065926 |
| | 45° | 0.016815 | 1.000 | -0.041622 | 0.075252 |
| | 60° | 0.047690 | 0.234 | -0.012012 | 0.107392 |
| | 90° | 0.058325 | 0.059 | -0.001119 | 0.117769 |
| | 180° | .2190500 | 0.000 | 0.157925 | 0.280175 |
| 30° | 45° | 0.003640 | 1.000 | -0.050987 | 0.058267 |
| | 60° | 0.034515 | 0.630 | -0.021508 | 0.090538 |
| | 90° | 0.045150 | 0.215 | -0.010589 | 0.100889 |
| | 180° | .2058750 | 0.000 | 0.148290 | 0.263460 |
| 45° | 60° | 0.030875 | 0.881 | -0.030394 | 0.092144 |
| | 90° | 0.041510 | 0.475 | -0.019511 | 0.102531 |
| | 180° | .2022350 | 0.000 | 0.139595 | 0.264875 |
| 60° | 90° | 0.010635 | 1.000 | -0.051573 | 0.072843 |
| | 180° | .1713600 | 0.000 | 0.107578 | 0.235142 |
| 90° | 180° | .1607250 | 0.000 | 0.097176 | 0.224274 |
| CD_130_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1693250 | 0.000 | -0.212295 | -0.126355 |
| | 30° | -.1525650 | 0.000 | -0.191174 | -0.113956 |
| | 45° | -.1724050 | 0.000 | -0.214463 | -0.130347 |
| | 60° | -.1460400 | 0.000 | -0.192253 | -0.099827 |

| | | | | | |
|-------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 90° | -.1186700 | 0.000 | -0.163364 | -0.073976 |
| | 180° | 0.012760 | 0.998 | -0.025803 | 0.051323 |
| 15° | 30° | 0.016760 | 0.989 | -0.026907 | 0.060427 |
| | 45° | -0.003080 | 1.000 | -0.049659 | 0.043499 |
| | 60° | 0.023285 | 0.935 | -0.026913 | 0.073483 |
| | 90° | .0506550 | 0.037 | 0.001793 | 0.099517 |
| | 180° | .1820850 | 0.000 | 0.138456 | 0.225714 |
| | 30° | 45° | -0.019840 | 0.935 | -0.062617 |
| 60° | | 0.006525 | 1.000 | -0.040314 | 0.053364 |
| 90° | | 0.033895 | 0.323 | -0.011456 | 0.079246 |
| 180° | | .1653250 | 0.000 | 0.125945 | 0.204705 |
| 45° | 60° | 0.026365 | 0.827 | -0.023114 | 0.075844 |
| | 90° | .0537350 | 0.018 | 0.005621 | 0.101849 |
| | 180° | .1851650 | 0.000 | 0.142428 | 0.227902 |
| 60° | 90° | 0.027370 | 0.833 | -0.024204 | 0.078944 |
| | 180° | .1588000 | 0.000 | 0.111995 | 0.205605 |
| 90° | 180° | .1314300 | 0.000 | 0.086115 | 0.176745 |
| CD_150_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1973600 | 0.000 | -0.238802 | -0.155918 |
| | 30° | -.1796900 | 0.000 | -0.219523 | -0.139857 |
| | 45° | -.1814200 | 0.000 | -0.213381 | -0.149459 |
| | 60° | -.1601250 | 0.000 | -0.193409 | -0.126841 |
| | 90° | -.1269500 | 0.000 | -0.166736 | -0.087164 |
| | 180° | 0.046140 | 0.117 | -0.005705 | 0.097985 |
| 15° | 30° | 0.017670 | 0.992 | -0.029752 | 0.065092 |
| | 45° | 0.015940 | 0.988 | -0.025794 | 0.057674 |
| | 60° | 0.037235 | 0.136 | -0.005398 | 0.079868 |
| | 90° | .0704100 | 0.001 | 0.023024 | 0.117796 |
| | 180° | .2435000 | 0.000 | 0.186217 | 0.300783 |
| 30° | 45° | -0.001730 | 1.000 | -0.041873 | 0.038413 |
| | 60° | 0.019565 | 0.917 | -0.021529 | 0.060659 |
| | 90° | .0527400 | 0.014 | 0.006658 | 0.098822 |
| | 180° | .2258300 | 0.000 | 0.169519 | 0.282141 |
| 45° | 60° | 0.021295 | 0.595 | -0.012394 | 0.054984 |
| | 90° | .0544700 | 0.002 | 0.014373 | 0.094567 |
| | 180° | .2275600 | 0.000 | 0.175504 | 0.279616 |
| 60° | 90° | 0.033175 | 0.218 | -0.007875 | 0.074225 |
| | 180° | .2062650 | 0.000 | 0.153555 | 0.258975 |
| 90° | 180° | .1730900 | 0.000 | 0.116807 | 0.229373 |
| CD_170_2400 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1686000 | 0.000 | -0.221505 | -0.115695 |
| | 30° | -.1634050 | 0.000 | -0.209780 | -0.117030 |
| | 45° | -.1477300 | 0.000 | -0.196232 | -0.099228 |
| | 60° | -.1425850 | 0.000 | -0.199794 | -0.085376 |
| | 90° | -.1164900 | 0.000 | -0.163149 | -0.069831 |
| | 180° | 0.033010 | 0.673 | -0.023050 | 0.089070 |
| 15° | 30° | 0.005195 | 1.000 | -0.054313 | 0.064703 |
| | 45° | 0.020870 | 0.997 | -0.040123 | 0.081863 |
| | 60° | 0.026015 | 0.988 | -0.041482 | 0.093512 |
| | 90° | 0.052110 | 0.138 | -0.007593 | 0.111813 |
| | 180° | .2016100 | 0.000 | 0.135006 | 0.268214 |
| 30° | 45° | 0.015675 | 1.000 | -0.040203 | 0.071553 |
| | 60° | 0.020820 | 0.998 | -0.042354 | 0.083994 |
| | 90° | 0.046915 | 0.150 | -0.007485 | 0.101315 |
| | 180° | .1964150 | 0.000 | 0.134230 | 0.258600 |
| 45° | 60° | 0.005145 | 1.000 | -0.059389 | 0.069679 |
| | 90° | 0.031240 | 0.778 | -0.024852 | 0.087332 |
| | 180° | .1807400 | 0.000 | 0.117163 | 0.244317 |
| 60° | 90° | 0.026095 | 0.976 | -0.037257 | 0.089447 |
| | 180° | .1755950 | 0.000 | 0.105864 | 0.245326 |
| 90° | 180° | .1495000 | 0.000 | 0.087132 | 0.211868 |

Tabela III.31– Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 4800 spi - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -0.051895 | 0.099 | -0.108822 | 0.005032 |
| | 30° | 0.003430 | 1.000 | -0.047842 | 0.054702 |
| | 45° | 0.054755 | 0.373 | -0.022957 | 0.132467 |
| | 60° | 0.054445 | 0.134 | -0.008202 | 0.117092 |
| | 90° | .0655550 | 0.029 | 0.004073 | 0.127037 |
| | 180° | .1977100 | 0.000 | 0.128248 | 0.267172 |
| 15° | 30° | 0.055325 | 0.205 | -0.012292 | 0.122942 |
| | 45° | .1066500 | 0.008 | 0.018876 | 0.194424 |
| | 60° | .1063400 | 0.001 | 0.030633 | 0.182047 |
| | 90° | .1174500 | 0.000 | 0.042619 | 0.192281 |
| 30° | 180° | .2496050 | 0.000 | 0.168594 | 0.330616 |
| | 45° | 0.051325 | 0.649 | -0.033640 | 0.136290 |
| | 60° | 0.051015 | 0.409 | -0.021146 | 0.123176 |
| | 90° | 0.062125 | 0.138 | -0.009094 | 0.133344 |
| 45° | 180° | .1942800 | 0.000 | 0.116454 | 0.272106 |
| | 60° | -0.000310 | 1.000 | -0.091224 | 0.090604 |

| | | | | | | |
|-------------|------|--|------------|-------|-----------|-----------|
| | 90° | | 0.010800 | 1.000 | -0.079452 | 0.101052 |
| | 180° | | .1429550' | 0.000 | 0.047941 | 0.237969 |
| 60° | 90° | | 0.011110 | 1.000 | -0.067664 | 0.089884 |
| | 180° | | .1432650' | 0.000 | 0.058732 | 0.227798 |
| 90° | 180° | | .1321550' | 0.000 | 0.048362 | 0.215948 |
| MD_115_4800 | | | | | | |
| 0° | 15° | | -.0398950' | 0.007 | -0.072802 | -0.006988 |
| | 30° | | -.0360600' | 0.050 | -0.072083 | -0.000037 |
| | 45° | | -0.020690 | 0.888 | -0.062431 | 0.021051 |
| | 60° | | 0.005410 | 1.000 | -0.041047 | 0.051867 |
| | 90° | | 0.006525 | 1.000 | -0.032530 | 0.045580 |
| | 180° | | .1075200' | 0.000 | 0.051290 | 0.163750 |
| 15° | 30° | | 0.003835 | 1.000 | -0.030181 | 0.037851 |
| | 45° | | 0.019205 | 0.909 | -0.020949 | 0.059359 |
| | 60° | | .0453050' | 0.048 | 0.000193 | 0.090417 |
| | 90° | | .0464200' | 0.006 | 0.009128 | 0.083712 |
| 30° | 180° | | .1474150' | 0.000 | 0.092197 | 0.202633 |
| | 45° | | 0.015370 | 0.994 | -0.027156 | 0.057896 |
| | 60° | | 0.041470 | 0.129 | -0.005658 | 0.088598 |
| 45° | 90° | | .0425850' | 0.028 | 0.002665 | 0.082505 |
| | 180° | | .1435800' | 0.000 | 0.086841 | 0.200319 |
| | 60° | | 0.026100 | 0.869 | -0.025050 | 0.077250 |
| 60° | 90° | | 0.027215 | 0.661 | -0.017720 | 0.072150 |
| | 180° | | .1282100' | 0.000 | 0.068352 | 0.188068 |
| | 90° | | 0.001115 | 1.000 | -0.048097 | 0.050327 |
| 90° | 180° | | .1021100' | 0.000 | 0.039377 | 0.164843 |
| | | | .1009950' | 0.000 | 0.042655 | 0.159335 |
| MD_130_4800 | | | | | | |
| 0° | 15° | | -.0932650' | 0.000 | -0.141742 | -0.044788 |
| | 30° | | -.1021500' | 0.000 | -0.137963 | -0.066337 |
| | 45° | | -.0916600' | 0.000 | -0.132218 | -0.051102 |
| | 60° | | -0.045680 | 0.106 | -0.096132 | 0.004772 |
| | 90° | | -.0477100' | 0.016 | -0.089860 | -0.005560 |
| | 180° | | -0.001485 | 1.000 | -0.044855 | 0.041885 |
| 15° | 30° | | -0.008885 | 1.000 | -0.055002 | 0.037232 |
| | 45° | | 0.001605 | 1.000 | -0.047901 | 0.051111 |
| | 60° | | 0.047585 | 0.188 | -0.009704 | 0.104874 |
| | 90° | | 0.045555 | 0.113 | -0.005143 | 0.096253 |
| 30° | 180° | | .0917800' | 0.000 | 0.040150 | 0.143410 |
| | 45° | | 0.010490 | 1.000 | -0.026917 | 0.047897 |
| | 60° | | .0564700' | 0.012 | 0.008235 | 0.104705 |
| 45° | 90° | | .0544400' | 0.001 | 0.015246 | 0.093634 |
| | 180° | | .1006650' | 0.000 | 0.060116 | 0.141214 |
| | 60° | | 0.045980 | 0.116 | -0.005443 | 0.097403 |
| 60° | 90° | | .0439500' | 0.045 | 0.000539 | 0.087361 |
| | 180° | | .0901750' | 0.000 | 0.045595 | 0.134755 |
| | 90° | | -0.002030 | 1.000 | -0.054581 | 0.050521 |
| 90° | 180° | | 0.044195 | 0.192 | -0.009239 | 0.097629 |
| | | | .0462250' | 0.048 | 0.000256 | 0.092194 |
| MD_150_4800 | | | | | | |
| 0° | 15° | | -.1773750' | 0.000 | -0.222722 | -0.132028 |
| | 30° | | -.1719700' | 0.000 | -0.209780 | -0.134160 |
| | 45° | | -.1528000' | 0.000 | -0.202352 | -0.103248 |
| | 60° | | -.1467400' | 0.000 | -0.189946 | -0.103534 |
| | 90° | | -.0891050' | 0.000 | -0.140068 | -0.038142 |
| | 180° | | -0.014855 | 0.992 | -0.055001 | 0.025291 |
| 15° | 30° | | 0.005405 | 1.000 | -0.042743 | 0.053553 |
| | 45° | | 0.024575 | 0.965 | -0.032469 | 0.081619 |
| | 60° | | 0.030635 | 0.704 | -0.021432 | 0.082702 |
| | 90° | | .0882700' | 0.000 | 0.030075 | 0.146465 |
| 30° | 180° | | .1625200' | 0.000 | 0.112715 | 0.212325 |
| | 45° | | 0.019170 | 0.992 | -0.032859 | 0.071199 |
| | 60° | | 0.025230 | 0.798 | -0.020971 | 0.071431 |
| 45° | 90° | | .0828650' | 0.000 | 0.029520 | 0.136210 |
| | 180° | | .1571150' | 0.000 | 0.113657 | 0.200573 |
| | 60° | | 0.006060 | 1.000 | -0.049492 | 0.061612 |
| 60° | 90° | | .0636950' | 0.035 | 0.002519 | 0.124871 |
| | 180° | | .1379450' | 0.000 | 0.084435 | 0.191455 |
| | 90° | | .0576350' | 0.044 | 0.000887 | 0.114383 |
| 90° | 180° | | .1318850' | 0.000 | 0.083927 | 0.179843 |
| | | | .0742500' | 0.002 | 0.019476 | 0.129024 |
| MD_170_4800 | | | | | | |
| 0° | 15° | | -.1321650' | 0.000 | -0.180703 | -0.083627 |
| | 30° | | -.1307150' | 0.000 | -0.167972 | -0.093458 |
| | 45° | | -.1439100' | 0.000 | -0.187732 | -0.100088 |
| | 60° | | -.1339850' | 0.000 | -0.180106 | -0.087864 |
| | 90° | | -.1117600' | 0.000 | -0.146310 | -0.077210 |
| | 180° | | 0.021910 | 0.590 | -0.013204 | 0.057024 |
| 15° | 30° | | 0.001450 | 1.000 | -0.053318 | 0.056218 |
| | 45° | | -0.011745 | 1.000 | -0.070485 | 0.046995 |
| | 60° | | -0.001820 | 1.000 | -0.062077 | 0.058437 |
| | 90° | | 0.020405 | 0.987 | -0.032896 | 0.073706 |
| 30° | 180° | | .1540750' | 0.000 | 0.100477 | 0.207673 |
| | 45° | | -0.013195 | 1.000 | -0.064091 | 0.037701 |
| | 60° | | -0.003270 | 1.000 | -0.056033 | 0.049493 |

| | | | | | |
|-----|------|-----------|-------|-----------|----------|
| 45° | 90° | 0.018955 | 0.965 | -0.024949 | 0.062859 |
| | 180° | .1526250' | 0.000 | 0.108325 | 0.196925 |
| | 60° | 0.009925 | 1.000 | -0.047018 | 0.066868 |
| | 90° | 0.032150 | 0.537 | -0.017101 | 0.081401 |
| | 180° | .1658200' | 0.000 | 0.116235 | 0.215405 |
| | 90° | 0.022225 | 0.960 | -0.028983 | 0.073433 |
| 60° | 180° | .1558950' | 0.000 | 0.104372 | 0.207418 |
| | 180° | .1336700' | 0.000 | 0.091418 | 0.175922 |

Tabela III.32 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i skeniranih sa rezolucijom 4800 spi - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|-------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0833100' | 0.000 | -0.128305 | -0.038315 |
| | 30° | -.1197550' | 0.000 | -0.159305 | -0.080205 |
| | 45° | -.1138350' | 0.000 | -0.151812 | -0.075858 |
| | 60° | -.0769250' | 0.000 | -0.114097 | -0.039753 |
| | 90° | -.0733150' | 0.000 | -0.107463 | -0.039167 |
| | 180° | .1486950' | 0.000 | 0.072042 | 0.225348 |
| 15° | 30° | -.0364445 | 0.341 | -0.085732 | 0.012842 |
| | 45° | -0.030525 | 0.586 | -0.078697 | 0.017647 |
| | 60° | 0.006385 | 1.000 | -0.041228 | 0.053998 |
| | 90° | 0.009995 | 1.000 | -0.035596 | 0.055586 |
| 30° | 180° | .2320050' | 0.000 | 0.151146 | 0.312864 |
| | 45° | 0.005920 | 1.000 | -0.037416 | 0.049256 |
| | 60° | .0428300' | 0.049 | 0.000151 | 0.085509 |
| 45° | 90° | .0464400' | 0.013 | 0.006170 | 0.086710 |
| | 180° | .2684500' | 0.000 | 0.189709 | 0.347191 |
| | 60° | 0.036910 | 0.118 | -0.004373 | 0.078193 |
| 60° | 90° | .0405200' | 0.034 | 0.001779 | 0.079261 |
| | 180° | .2625300' | 0.000 | 0.184344 | 0.340716 |
| 90° | 180° | .2256200' | 0.000 | 0.147709 | 0.303531 |
| | 180° | .2220100' | 0.000 | 0.145074 | 0.298946 |
| CD_115_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -.0915800' | 0.000 | -0.139055 | -0.044105 |
| | 30° | -.0801500' | 0.000 | -0.123193 | -0.037107 |
| | 45° | -.0781650' | 0.001 | -0.130822 | -0.025508 |
| | 60° | -0.045400 | 0.092 | -0.094530 | 0.003730 |
| | 90° | -0.036785 | 0.483 | -0.091794 | 0.018224 |
| | 180° | .1199100' | 0.000 | 0.067483 | 0.172337 |
| 15° | 30° | 0.011430 | 1.000 | -0.039617 | 0.062477 |
| | 45° | 0.013415 | 1.000 | -0.045445 | 0.072275 |
| | 60° | 0.046180 | 0.195 | -0.009734 | 0.102094 |
| | 90° | 0.054795 | 0.112 | -0.006072 | 0.115662 |
| 30° | 180° | .2114900' | 0.000 | 0.152824 | 0.270156 |
| | 45° | 0.001985 | 1.000 | -0.053768 | 0.057738 |
| | 60° | 0.034750 | 0.518 | -0.017788 | 0.087288 |
| 45° | 90° | 0.043365 | 0.318 | -0.014558 | 0.101288 |
| | 180° | .2006000' | 0.000 | 0.144518 | 0.255602 |
| | 60° | 0.032765 | 0.802 | -0.027306 | 0.092836 |
| 60° | 90° | 0.041380 | 0.573 | -0.023181 | 0.105941 |
| | 180° | .1980750' | 0.000 | 0.135520 | 0.260630 |
| 90° | 180° | 0.008615 | 1.000 | -0.053405 | 0.070635 |
| | 180° | .1653100' | 0.000 | 0.105428 | 0.225192 |
| 90° | 180° | .1566950' | 0.000 | 0.092303 | 0.221087 |
| | CD_130_4800 | | | | |
| 0° | 15° | -.1692700' | 0.000 | -0.209622 | -0.128918 |
| | 30° | -.1505500' | 0.000 | -0.179927 | -0.121173 |
| | 45° | -.1746650' | 0.000 | -0.216156 | -0.133174 |
| | 60° | -.1449100' | 0.000 | -0.187256 | -0.102564 |
| | 90° | -.1174950' | 0.000 | -0.158518 | -0.076472 |
| | 180° | 0.020530 | 0.617 | -0.012380 | 0.053440 |
| 15° | 30° | 0.018720 | 0.876 | -0.019132 | 0.056572 |
| | 45° | -0.005395 | 1.000 | -0.052494 | 0.041704 |
| | 60° | 0.024360 | 0.871 | -0.023449 | 0.072169 |
| | 90° | .0517750' | 0.019 | 0.005062 | 0.098488 |
| 30° | 180° | .1898000' | 0.000 | 0.149434 | 0.230166 |
| | 45° | -0.024115 | 0.604 | -0.063214 | 0.014984 |
| | 60° | 0.005640 | 1.000 | -0.034391 | 0.045671 |
| 45° | 90° | 0.033055 | 0.150 | -0.005534 | 0.071644 |
| | 180° | .1710800' | 0.000 | 0.141680 | 0.200480 |
| | 60° | 0.029755 | 0.649 | -0.018942 | 0.078452 |
| 60° | 90° | .0571700' | 0.008 | 0.009537 | 0.104803 |
| | 180° | .1951950' | 0.000 | 0.153691 | 0.236699 |
| 90° | 180° | 0.027415 | 0.755 | -0.020916 | 0.075746 |
| | 180° | .1654400' | 0.000 | 0.123081 | 0.207799 |
| 90° | 180° | .1380250' | 0.000 | 0.096988 | 0.179062 |
| | CD_150_4800 | | | | |
| 0° | 15° | -.1899500' | 0.000 | -0.231127 | -0.148773 |
| | 30° | -.1798750' | 0.000 | -0.222749 | -0.137001 |
| | 45° | -.1775850' | 0.000 | -0.211822 | -0.143348 |
| | 60° | -.1578300' | 0.000 | -0.193133 | -0.122527 |

| | | | | | |
|-------------|------|-----------|-------|-----------|-----------|
| | 90° | -.1287350 | 0.000 | -0.168177 | -0.089293 |
| | 180° | 0.031865 | 0.096 | -0.002762 | 0.066492 |
| 15° | 30° | 0.010075 | 1.000 | -0.035045 | 0.055195 |
| | 45° | 0.012365 | 0.997 | -0.024938 | 0.049668 |
| | 60° | 0.032120 | 0.174 | -0.006124 | 0.070364 |
| | 90° | .0612150 | 0.001 | 0.019248 | 0.103182 |
| | 180° | .2218150 | 0.000 | 0.184169 | 0.259461 |
| 30° | 45° | 0.002290 | 1.000 | -0.036965 | 0.041545 |
| | 60° | 0.022045 | 0.782 | -0.018084 | 0.062174 |
| | 90° | .0511400 | 0.011 | 0.007521 | 0.094759 |
| | 180° | .2117400 | 0.000 | 0.172167 | 0.251313 |
| 45° | 60° | 0.019755 | 0.540 | -0.010467 | 0.049977 |
| | 90° | .0488500 | 0.002 | 0.013579 | 0.084121 |
| | 180° | .2094500 | 0.000 | 0.180088 | 0.238812 |
| 60° | 90° | 0.029095 | 0.228 | -0.007197 | 0.065387 |
| | 180° | .1896950 | 0.000 | 0.159004 | 0.220386 |
| 90° | 180° | .1606000 | 0.000 | 0.124956 | 0.196244 |
| CD_170_4800 | | | | | |
| 0° | 15° | -.1735100 | 0.000 | -0.223343 | -0.123677 |
| | 30° | -.1752500 | 0.000 | -0.218389 | -0.132111 |
| | 45° | -.1559250 | 0.000 | -0.202183 | -0.109667 |
| | 60° | -.1516700 | 0.000 | -0.200325 | -0.103015 |
| | 90° | -.1252850 | 0.000 | -0.169157 | -0.081413 |
| | 180° | 0.024220 | 0.541 | -0.013117 | 0.061557 |
| 15° | 30° | -0.001740 | 1.000 | -0.059297 | 0.055817 |
| | 45° | 0.017585 | 1.000 | -0.042051 | 0.077221 |
| | 60° | 0.021840 | 0.995 | -0.039465 | 0.083145 |
| | 90° | 0.048225 | 0.187 | -0.009811 | 0.106261 |
| 30° | 180° | .1977300 | 0.000 | 0.143728 | 0.251732 |
| | 45° | 0.019325 | 0.996 | -0.035395 | 0.074045 |
| | 60° | 0.023580 | 0.974 | -0.033031 | 0.080191 |
| | 90° | 0.049965 | 0.079 | -0.002924 | 0.102854 |
| 45° | 180° | .1994700 | 0.000 | 0.151290 | 0.247650 |
| | 60° | 0.004255 | 1.000 | -0.054485 | 0.062995 |
| | 90° | 0.030640 | 0.783 | -0.024596 | 0.085876 |
| | 180° | .1801450 | 0.000 | 0.129286 | 0.231004 |
| 60° | 90° | 0.026385 | 0.937 | -0.030716 | 0.083486 |
| | 180° | .1758900 | 0.000 | 0.122931 | 0.228849 |
| 90° | 180° | .1495050 | 0.000 | 0.100702 | 0.198308 |

Fotografisani uzorci

Procenat belih piksela

Tabela III.33 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na udaljenost fotografisanja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – procenat belih piksela

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|------------|---------------------|-----|-----|----------------------|------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_0 | 3.325 | 2 | 57 | .043 | CD_90_0 | 2.454 | 2 | 57 | .095* |
| MD_115_0 | 2.800 | 2 | 57 | .069* | CD_115_0 | 3.717 | 2 | 57 | .030 |
| MD_130_0 | 3.356 | 2 | 57 | .042 | CD_130_0 | .267 | 2 | 57 | .767* |
| MD_150_0 | .848 | 2 | 57 | .434* | CD_150_0 | 10.453 | 2 | 57 | .000 |
| MD_170_0 | 1.765 | 2 | 57 | .180* | CD_170_0 | 2.948 | 2 | 57 | .060* |
| MD_90_15 | 5.972 | 2 | 57 | .004 | CD_90_15 | 3.814 | 2 | 57 | .028 |
| MD_115_15 | 1.459 | 2 | 57 | .241* | CD_115_15 | 1.024 | 2 | 57 | .366* |
| MD_130_15 | 7.208 | 2 | 57 | .002 | CD_130_15 | 13.181 | 2 | 57 | .000 |
| MD_150_15 | 2.754 | 2 | 57 | .072* | CD_150_15 | .773 | 2 | 57 | .467* |
| MD_170_15 | 3.126 | 2 | 57 | .051* | CD_170_15 | .326 | 2 | 57 | .723* |
| MD_90_30 | .365 | 2 | 57 | .696* | CD_90_30 | 3.391 | 2 | 57 | .041 |
| MD_115_30 | 1.072 | 2 | 57 | .349* | CD_115_30 | 1.223 | 2 | 57 | .302* |
| MD_130_30 | 5.677 | 2 | 57 | .006 | CD_130_30 | 5.964 | 2 | 57 | .004 |
| MD_150_30 | .632 | 2 | 57 | .535* | CD_150_30 | 2.676 | 2 | 57 | .077* |
| MD_170_30 | 2.501 | 2 | 57 | .091* | CD_170_30 | .099 | 2 | 57 | .906* |
| MD_90_45 | 4.220 | 2 | 57 | .020 | CD_90_45 | .013 | 2 | 57 | .987* |
| MD_115_45 | 4.591 | 2 | 57 | .014 | CD_115_45 | 1.186 | 2 | 57 | .313* |
| MD_130_45 | .073 | 2 | 57 | .930* | CD_130_45 | 7.298 | 2 | 57 | .002 |
| MD_150_45 | 7.569 | 2 | 57 | .001 | CD_150_45 | .082 | 2 | 57 | .921* |
| MD_170_45 | 1.819 | 2 | 57 | .171* | CD_170_45 | 1.626 | 2 | 57 | .206* |
| MD_90_60 | 5.747 | 2 | 57 | .005 | CD_90_60 | 5.426 | 2 | 57 | .007 |
| MD_115_60 | 2.198 | 2 | 57 | .120* | CD_115_60 | 1.908 | 2 | 57 | .158* |
| MD_130_60 | 2.773 | 2 | 57 | .071* | CD_130_60 | 21.467 | 2 | 57 | .000 |
| MD_150_60 | 2.785 | 2 | 57 | .070* | CD_150_60 | 3.587 | 2 | 57 | .034 |
| MD_170_60 | 1.626 | 2 | 57 | .206* | CD_170_60 | 3.352 | 2 | 57 | .042 |
| MD_90_90 | 4.282 | 2 | 57 | .019 | CD_90_90 | 8.730 | 2 | 57 | .000 |
| MD_115_90 | 2.501 | 2 | 57 | .091* | CD_115_90 | 2.533 | 2 | 57 | .088* |
| MD_130_90 | 3.712 | 2 | 57 | .031 | CD_130_90 | 3.714 | 2 | 57 | .030 |
| MD_150_90 | .034 | 2 | 57 | .966* | CD_150_90 | .098 | 2 | 57 | .907* |
| MD_170_90 | 1.382 | 2 | 57 | .259* | CD_170_90 | 2.307 | 2 | 57 | .109* |
| MD_90_180 | 2.186 | 2 | 57 | .122* | CD_90_180 | 3.459 | 2 | 57 | .038 |
| MD_115_180 | .456 | 2 | 57 | .636* | CD_115_180 | .032 | 2 | 57 | .969* |
| MD_130_180 | 11.004 | 2 | 57 | .000 | CD_130_180 | .038 | 2 | 57 | .963* |
| MD_150_180 | .648 | 2 | 57 | .527* | CD_150_180 | 1.232 | 2 | 57 | .299* |
| MD_170_180 | 3.381 | 2 | 57 | .041 | CD_170_180 | .338 | 2 | 57 | .715* |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.34 – ANOVA - podgrupe po udaljenosti fotografisanja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – procenat belih piksela

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti | Eta kvadrat |
|------------|---------------|--------------|--------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|-------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | | |
| MD_90_0 | 3.562 | 2.964 | 6.525 | 2 | 57 | 59 | 34.250 | 0.000* | 0.54582 |
| MD_115_0 | 1.038 | 4.212 | 5.250 | 2 | 57 | 59 | 7.023 | 0.002* | 0.19769 |
| MD_130_0 | 0.243 | 5.534 | 5.777 | 2 | 57 | 59 | 1.253 | 0.293 | 0.04212 |
| MD_150_0 | 0.369 | 9.613 | 9.982 | 2 | 57 | 59 | 1.095 | 0.341 | 0.03701 |
| MD_170_0 | 1.662 | 7.656 | 9.318 | 2 | 57 | 59 | 6.186 | 0.004* | 0.17835 |
| MD_90_15 | 1.286 | 11.718 | 13.004 | 2 | 57 | 59 | 3.128 | 0.051 | 0.09890 |
| MD_115_15 | 0.952 | 16.579 | 17.531 | 2 | 57 | 59 | 1.637 | 0.204 | 0.05431 |
| MD_130_15 | 0.234 | 12.404 | 12.638 | 2 | 57 | 59 | 0.538 | 0.587 | 0.01854 |
| MD_150_15 | 6.146 | 8.436 | 14.582 | 2 | 57 | 59 | 20.764 | 0.000* | 0.42148 |
| MD_170_15 | 8.804 | 15.486 | 24.290 | 2 | 57 | 59 | 16.202 | 0.000* | 0.36244 |
| MD_90_30 | 4.492 | 13.893 | 18.385 | 2 | 57 | 59 | 9.215 | 0.000* | 0.24432 |
| MD_115_30 | 0.694 | 13.352 | 14.047 | 2 | 57 | 59 | 1.482 | 0.236 | 0.04943 |
| MD_130_30 | 1.573 | 12.306 | 13.879 | 2 | 57 | 59 | 3.643 | 0.032* | 0.11333 |
| MD_150_30 | 6.441 | 12.162 | 18.603 | 2 | 57 | 59 | 15.093 | 0.000* | 0.34622 |
| MD_170_30 | 10.283 | 15.990 | 26.273 | 2 | 57 | 59 | 18.328 | 0.000* | 0.39139 |
| MD_90_45 | 3.776 | 13.109 | 16.885 | 2 | 57 | 59 | 8.210 | 0.001* | 0.22363 |
| MD_115_45 | 0.467 | 14.044 | 14.510 | 2 | 57 | 59 | 0.948 | 0.394 | 0.03218 |
| MD_130_45 | 0.266 | 7.014 | 7.279 | 2 | 57 | 59 | 1.079 | 0.347 | 0.03648 |
| MD_150_45 | 4.145 | 11.763 | 15.909 | 2 | 57 | 59 | 10.044 | 0.000* | 0.26058 |
| MD_170_45 | 7.877 | 13.750 | 21.627 | 2 | 57 | 59 | 16.327 | 0.000* | 0.36422 |
| MD_90_60 | 1.012 | 10.493 | 11.506 | 2 | 57 | 59 | 2.749 | 0.072 | 0.08798 |
| MD_115_60 | 0.398 | 15.416 | 15.815 | 2 | 57 | 59 | 0.737 | 0.483 | 0.02519 |
| MD_130_60 | 0.274 | 12.056 | 12.330 | 2 | 57 | 59 | 0.647 | 0.527 | 0.02219 |
| MD_150_60 | 1.157 | 8.167 | 9.325 | 2 | 57 | 59 | 4.039 | 0.023* | 0.12413 |
| MD_170_60 | 3.921 | 12.995 | 16.916 | 2 | 57 | 59 | 8.599 | 0.001* | 0.23178 |
| MD_90_90 | 1.755 | 3.837 | 5.592 | 2 | 57 | 59 | 13.034 | 0.000* | 0.31381 |
| MD_115_90 | 1.656 | 11.084 | 12.739 | 2 | 57 | 59 | 4.258 | 0.019* | 0.12998 |
| MD_130_90 | 0.966 | 8.514 | 9.480 | 2 | 57 | 59 | 3.233 | 0.047* | 0.10187 |
| MD_150_90 | 0.974 | 6.999 | 7.972 | 2 | 57 | 59 | 3.964 | 0.024* | 0.12211 |
| MD_170_90 | 4.783 | 14.000 | 18.783 | 2 | 57 | 59 | 9.736 | 0.000* | 0.25462 |
| MD_90_180 | 0.134 | 8.489 | 8.623 | 2 | 57 | 59 | 0.451 | 0.639 | 0.01558 |
| MD_115_180 | 0.146 | 9.893 | 10.039 | 2 | 57 | 59 | 0.420 | 0.659 | 0.01452 |
| MD_130_180 | 0.558 | 9.270 | 9.828 | 2 | 57 | 59 | 1.716 | 0.189 | 0.05679 |
| MD_150_180 | 0.739 | 4.347 | 5.086 | 2 | 57 | 59 | 4.845 | 0.011* | 0.14530 |
| MD_170_180 | 0.694 | 3.822 | 4.516 | 2 | 57 | 59 | 5.175 | 0.009* | 0.15366 |
| CD_90_0 | 3.046 | 3.035 | 6.081 | 2 | 57 | 59 | 28.599 | 0.000* | 0.50087 |
| CD_115_0 | 7.287 | 3.784 | 11.071 | 2 | 57 | 59 | 54.882 | 0.000* | 0.65820 |
| CD_130_0 | 25.403 | 3.047 | 28.450 | 2 | 57 | 59 | 237.576 | 0.000* | 0.89289 |
| CD_150_0 | 5.118 | 4.200 | 9.318 | 2 | 57 | 59 | 34.728 | 0.000* | 0.54925 |
| CD_170_0 | 3.175 | 4.168 | 7.342 | 2 | 57 | 59 | 21.709 | 0.000* | 0.43238 |
| CD_90_15 | 0.376 | 16.953 | 17.329 | 2 | 57 | 59 | 0.632 | 0.535 | 0.02170 |
| CD_115_15 | 0.649 | 10.997 | 11.646 | 2 | 57 | 59 | 1.682 | 0.195 | 0.05573 |
| CD_130_15 | 1.590 | 22.522 | 24.112 | 2 | 57 | 59 | 2.012 | 0.143 | 0.06593 |
| CD_150_15 | 11.005 | 7.485 | 18.491 | 2 | 57 | 59 | 41.902 | 0.000* | 0.59518 |
| CD_170_15 | 21.685 | 11.928 | 33.614 | 2 | 57 | 59 | 51.811 | 0.000* | 0.64513 |
| CD_90_30 | 0.536 | 18.433 | 18.969 | 2 | 57 | 59 | 0.829 | 0.442 | 0.02826 |
| CD_115_30 | 1.272 | 8.435 | 9.707 | 2 | 57 | 59 | 4.298 | 0.018* | 0.13105 |
| CD_130_30 | 0.258 | 14.772 | 15.030 | 2 | 57 | 59 | 0.497 | 0.611 | 0.01715 |
| CD_150_30 | 19.212 | 9.844 | 29.056 | 2 | 57 | 59 | 55.621 | 0.000* | 0.66120 |
| CD_170_30 | 9.282 | 19.446 | 28.728 | 2 | 57 | 59 | 13.604 | 0.000* | 0.32311 |
| CD_90_45 | 1.442 | 10.421 | 11.863 | 2 | 57 | 59 | 3.943 | 0.025* | 0.12153 |
| CD_115_45 | 4.627 | 6.125 | 10.753 | 2 | 57 | 59 | 21.529 | 0.000* | 0.43033 |
| CD_130_45 | 0.142 | 19.455 | 19.597 | 2 | 57 | 59 | 0.208 | 0.813 | 0.00725 |
| CD_150_45 | 5.506 | 12.854 | 18.360 | 2 | 57 | 59 | 12.208 | 0.000* | 0.29989 |
| CD_170_45 | 6.743 | 23.686 | 30.429 | 2 | 57 | 59 | 8.114 | 0.001* | 0.22160 |
| CD_90_60 | 2.612 | 8.878 | 11.490 | 2 | 57 | 59 | 8.386 | 0.001* | 0.22735 |
| CD_115_60 | 0.364 | 7.082 | 7.447 | 2 | 57 | 59 | 1.466 | 0.239 | 0.04892 |
| CD_130_60 | 0.423 | 29.496 | 29.919 | 2 | 57 | 59 | 0.409 | 0.666 | 0.01414 |
| CD_150_60 | 4.014 | 25.275 | 29.289 | 2 | 57 | 59 | 4.527 | 0.015* | 0.13706 |
| CD_170_60 | 12.669 | 31.643 | 44.312 | 2 | 57 | 59 | 11.410 | 0.000* | 0.28590 |
| CD_90_90 | 5.359 | 13.319 | 18.679 | 2 | 57 | 59 | 11.468 | 0.000* | 0.28692 |
| CD_115_90 | 1.528 | 5.392 | 6.920 | 2 | 57 | 59 | 8.075 | 0.001* | 0.22077 |
| CD_130_90 | 0.574 | 13.266 | 13.841 | 2 | 57 | 59 | 1.234 | 0.299 | 0.04149 |
| CD_150_90 | 6.965 | 9.459 | 16.425 | 2 | 57 | 59 | 20.986 | 0.000* | 0.42408 |
| CD_170_90 | 10.768 | 14.721 | 25.488 | 2 | 57 | 59 | 20.846 | 0.000* | 0.42245 |
| CD_90_180 | 0.229 | 7.086 | 7.315 | 2 | 57 | 59 | 0.923 | 0.403 | 0.03136 |
| CD_115_180 | 0.187 | 7.019 | 7.206 | 2 | 57 | 59 | 0.757 | 0.474 | 0.02589 |
| CD_130_180 | 2.067 | 6.311 | 8.378 | 2 | 57 | 59 | 9.335 | 0.000* | 0.24673 |
| CD_150_180 | 0.154 | 5.620 | 5.774 | 2 | 57 | 59 | 0.780 | 0.463 | 0.02665 |
| CD_170_180 | 0.291 | 6.073 | 6.364 | 2 | 57 | 59 | 1.365 | 0.264 | 0.04570 |

*Potvrđena statistička značajna razlika pri p<0.05

Tabela III.35 – Brown-Forsythe test - podgrupe po udaljenosti fotografisanja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – procenat belih piksela

| Brown-Forsythe | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----|--------|----------------------|---------|-------------------------|-----|--------|----------------------|
| Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_0 | 34.250 | 2 | 42.134 | .000* | CD_90_0 | 28.599 | 2 | 50.925 | .000* |

| | | | | | | | | | |
|------------|--------|---|--------|-------|------------|---------|---|--------|-------|
| MD_115_0 | 7.023 | 2 | 51.409 | .002* | CD_115_0 | 54.882 | 2 | 43.004 | .000* |
| MD_130_0 | 1.253 | 2 | 47.168 | .295 | CD_130_0 | 237.576 | 2 | 55.825 | .000* |
| MD_150_0 | 1.095 | 2 | 52.713 | .342 | CD_150_0 | 34.728 | 2 | 35.365 | .000* |
| MD_170_0 | 6.186 | 2 | 52.994 | .004* | CD_170_0 | 21.709 | 2 | 48.677 | .000* |
| MD_90_15 | 3.128 | 2 | 50.543 | .052 | CD_90_15 | .632 | 2 | 48.566 | .536 |
| MD_115_15 | 1.637 | 2 | 48.480 | .205 | CD_115_15 | 1.682 | 2 | 54.619 | .196 |
| MD_130_15 | .538 | 2 | 37.229 | .588 | CD_130_15 | 2.012 | 2 | 37.579 | .148 |
| MD_150_15 | 20.764 | 2 | 48.035 | .000* | CD_150_15 | 41.902 | 2 | 50.618 | .000* |
| MD_170_15 | 16.202 | 2 | 45.672 | .000* | CD_170_15 | 51.811 | 2 | 55.960 | .000* |
| MD_90_30 | 9.215 | 2 | 56.040 | .000* | CD_90_30 | .829 | 2 | 51.473 | .442 |
| MD_115_30 | 1.482 | 2 | 51.728 | .237 | CD_115_30 | 4.298 | 2 | 54.546 | .018* |
| MD_130_30 | 3.643 | 2 | 44.455 | .034* | CD_130_30 | .497 | 2 | 39.595 | .612 |
| MD_150_30 | 15.093 | 2 | 56.246 | .000* | CD_150_30 | 55.621 | 2 | 47.018 | .000* |
| MD_170_30 | 18.328 | 2 | 48.793 | .000* | CD_170_30 | 13.604 | 2 | 56.849 | .000* |
| MD_90_45 | 8.210 | 2 | 50.629 | .001* | CD_90_45 | 3.943 | 2 | 56.896 | .025* |
| MD_115_45 | .948 | 2 | 50.801 | .394 | CD_115_45 | 21.529 | 2 | 51.723 | .000* |
| MD_130_45 | 1.079 | 2 | 55.699 | .347 | CD_130_45 | .208 | 2 | 40.846 | .813 |
| MD_150_45 | 10.044 | 2 | 42.489 | .000* | CD_150_45 | 12.208 | 2 | 56.405 | .000* |
| MD_170_45 | 16.327 | 2 | 51.570 | .000* | CD_170_45 | 8.114 | 2 | 53.106 | .001* |
| MD_90_60 | 2.749 | 2 | 50.051 | .074 | CD_90_60 | 8.386 | 2 | 42.174 | .001* |
| MD_115_60 | .737 | 2 | 47.561 | .484 | CD_115_60 | 1.466 | 2 | 47.957 | .241 |
| MD_130_60 | .647 | 2 | 50.692 | .528 | CD_130_60 | .409 | 2 | 30.544 | .668 |
| MD_150_60 | 4.039 | 2 | 48.889 | .024* | CD_150_60 | 4.527 | 2 | 46.132 | .016* |
| MD_170_60 | 8.599 | 2 | 52.520 | .001* | CD_170_60 | 11.410 | 2 | 50.909 | .000* |
| MD_90_90 | 13.034 | 2 | 48.939 | .000* | CD_90_90 | 11.468 | 2 | 39.215 | .000* |
| MD_115_90 | 4.258 | 2 | 51.723 | .019* | CD_115_90 | 8.075 | 2 | 50.182 | .001* |
| MD_130_90 | 3.233 | 2 | 48.054 | .048* | CD_130_90 | 1.234 | 2 | 41.698 | .302 |
| MD_150_90 | 3.964 | 2 | 56.819 | .024* | CD_150_90 | 20.986 | 2 | 56.043 | .000* |
| MD_170_90 | 9.736 | 2 | 49.561 | .000* | CD_170_90 | 20.846 | 2 | 51.732 | .000* |
| MD_90_180 | .451 | 2 | 53.868 | .639 | CD_90_180 | .923 | 2 | 49.384 | .404 |
| MD_115_180 | .420 | 2 | 56.338 | .659 | CD_115_180 | .757 | 2 | 56.378 | .474 |
| MD_130_180 | 1.716 | 2 | 44.446 | .191 | CD_130_180 | 9.335 | 2 | 56.760 | .000* |
| MD_150_180 | 4.845 | 2 | 50.780 | .012* | CD_150_180 | .780 | 2 | 51.852 | .464 |
| MD_170_180 | 5.175 | 2 | 49.135 | .009* | CD_170_180 | 1.365 | 2 | 56.952 | .264 |

*Potvrđena statistička značajna razlika pri p<0.05

Tabela III.36 - Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja – procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.5695000' | 0.000 | -0.763560 | -0.375440 |
| | 12 cm | -0.130230 | 0.070 | -0.268700 | 0.008240 |
| 21 cm | 12 cm | .4392700' | 0.000 | 0.234080 | 0.644460 |
| MD_115_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2406150' | 0.046 | 0.003294 | 0.477936 |
| | 12 cm | .3058350' | 0.001 | 0.108886 | 0.502784 |
| 21 cm | 12 cm | 0.065220 | 0.818 | -0.143977 | 0.274417 |
| MD_130_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.128960 | 0.315 | -0.073561 | 0.331481 |
| | 12 cm | -0.011535 | 0.999 | -0.281381 | 0.258311 |
| 21 cm | 12 cm | -0.140495 | 0.460 | -0.403872 | 0.122882 |
| MD_150_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.071980 | 0.924 | -0.396252 | 0.252292 |
| | 12 cm | 0.118355 | 0.684 | -0.177120 | 0.413830 |
| 21 cm | 12 cm | 0.190335 | 0.453 | -0.161396 | 0.542066 |
| MD_170_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.288005 | 0.080 | -0.026048 | 0.602058 |
| | 12 cm | .3938750' | 0.005 | 0.107394 | 0.680356 |
| 21 cm | 12 cm | 0.105870 | 0.689 | -0.160704 | 0.372444 |
| MD_90_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.144280 | 0.624 | -0.476264 | 0.187704 |
| | 12 cm | -.3564700' | 0.039 | -0.698405 | -0.014535 |
| 21 cm | 12 cm | -0.212190 | 0.470 | -0.612049 | 0.187669 |
| MD_115_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.236695 | 0.450 | -0.202248 | 0.675638 |
| | 12 cm | -0.053090 | 0.976 | -0.415969 | 0.309789 |
| 21 cm | 12 cm | -0.289785 | 0.346 | -0.763089 | 0.183519 |
| MD_130_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.135685 | 0.798 | -0.555497 | 0.284127 |
| | 12 cm | -0.129185 | 0.512 | -0.385237 | 0.126867 |
| 21 cm | 12 cm | 0.006500 | 1.000 | -0.412344 | 0.425344 |
| MD_150_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.5456750' | 0.001 | -0.871882 | -0.219468 |
| | 12 cm | 0.214640 | 0.116 | -0.038200 | 0.467480 |
| 21 cm | 12 cm | .7603150' | 0.000 | 0.430801 | 1.089829 |
| MD_170_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.044130 | 0.992 | -0.404321 | 0.492581 |
| | 12 cm | .8337350' | 0.000 | 0.502957 | 1.164513 |
| 21 cm | 12 cm | .7896050' | 0.000 | 0.338888 | 1.240322 |
| MD_90_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.3854800' | 0.047 | -0.766599 | -0.004361 |
| | 12 cm | -.6675500' | 0.000 | -1.047358 | -0.287742 |

| | | | | | |
|------------|-------|------------|-------|-----------|-----------|
| 21 cm | 12 cm | -0.282070 | 0.248 | -0.688883 | 0.124743 |
| MD_115_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.067820 | 0.944 | -0.271790 | 0.407430 |
| | 12 cm | -0.186610 | 0.552 | -0.576900 | 0.203680 |
| 21 cm | 12 cm | -0.254430 | 0.345 | -0.669094 | 0.160234 |
| MD_130_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.395985 | 0.059 | -0.803115 | 0.011145 |
| | 12 cm | -0.217055 | 0.192 | -0.506913 | 0.072803 |
| 21 cm | 12 cm | 0.178930 | 0.598 | -0.220041 | 0.577901 |
| MD_150_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.7260050' | 0.000 | -1.101034 | -0.350976 |
| | 12 cm | -0.066785 | 0.950 | -0.416421 | 0.282851 |
| 21 cm | 12 cm | .6592200' | 0.000 | 0.291395 | 1.027045 |
| MD_170_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.070795 | 0.974 | -0.536210 | 0.394620 |
| | 12 cm | .8406500' | 0.000 | 0.413005 | 1.268295 |
| 21 cm | 12 cm | .9114450' | 0.000 | 0.551887 | 1.271003 |
| MD_90_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.203855 | 0.472 | -0.591389 | 0.183679 |
| | 12 cm | -.6039600' | 0.003 | -1.018619 | -0.189301 |
| 21 cm | 12 cm | -.4001050' | 0.014 | -0.731960 | -0.068250 |
| MD_115_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.064125 | 0.973 | -0.353565 | 0.481815 |
| | 12 cm | -0.146635 | 0.633 | -0.486221 | 0.192951 |
| 21 cm | 12 cm | -0.210760 | 0.505 | -0.626570 | 0.205050 |
| MD_130_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.139360 | 0.554 | -0.430385 | 0.151665 |
| | 12 cm | -0.142830 | 0.465 | -0.410709 | 0.125049 |
| 21 cm | 12 cm | -0.003470 | 1.000 | -0.274290 | 0.267350 |
| MD_150_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.327135 | 0.170 | -0.750266 | 0.095996 |
| | 12 cm | 0.316690 | 0.086 | -0.034822 | 0.668202 |
| 21 cm | 12 cm | .6438250' | 0.000 | 0.339522 | 0.948128 |
| MD_170_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.169325 | 0.692 | -0.257801 | 0.596451 |
| | 12 cm | .8391700' | 0.000 | 0.486221 | 1.192119 |
| 21 cm | 12 cm | .6698450' | 0.000 | 0.287567 | 1.052123 |
| MD_90_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.129775 | 0.741 | -0.226924 | 0.486474 |
| | 12 cm | -0.186690 | 0.501 | -0.553024 | 0.179644 |
| 21 cm | 12 cm | -.3164650' | 0.029 | -0.607402 | -0.025528 |
| MD_115_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.131645 | 0.807 | -0.282437 | 0.545727 |
| | 12 cm | -0.064120 | 0.956 | -0.416860 | 0.288620 |
| 21 cm | 12 cm | -0.195765 | 0.649 | -0.659768 | 0.268238 |
| MD_130_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.164930 | 0.652 | -0.558201 | 0.228341 |
| | 12 cm | -0.071425 | 0.921 | -0.387017 | 0.244167 |
| 21 cm | 12 cm | 0.093505 | 0.899 | -0.284763 | 0.471773 |
| MD_150_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.271340 | 0.141 | -0.605727 | 0.063047 |
| | 12 cm | 0.042060 | 0.968 | -0.218138 | 0.302258 |
| 21 cm | 12 cm | .3134000' | 0.039 | 0.012289 | 0.614511 |
| MD_170_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.041185 | 0.992 | -0.371574 | 0.453944 |
| | 12 cm | .5616950' | 0.002 | 0.195304 | 0.928086 |
| 21 cm | 12 cm | .5205100' | 0.002 | 0.169649 | 0.871371 |
| MD_90_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .3026900' | 0.002 | 0.100490 | 0.504890 |
| | 12 cm | -0.099445 | 0.634 | -0.329981 | 0.131091 |
| 21 cm | 12 cm | -.4021350' | 0.000 | -0.583749 | -0.220521 |
| MD_115_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .3611450' | 0.026 | 0.034855 | 0.687435 |
| | 12 cm | 0.018195 | 0.999 | -0.314652 | 0.351042 |
| 21 cm | 12 cm | -0.342950 | 0.093 | -0.727732 | 0.041832 |
| MD_130_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.303295 | 0.070 | -0.625496 | 0.018906 |
| | 12 cm | -0.093030 | 0.743 | -0.348332 | 0.162272 |
| 21 cm | 12 cm | 0.210265 | 0.326 | -0.125265 | 0.545795 |
| MD_150_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.078070 | 0.860 | -0.354627 | 0.198487 |
| | 12 cm | 0.222580 | 0.155 | -0.058289 | 0.503449 |
| 21 cm | 12 cm | .3006500' | 0.026 | 0.029318 | 0.571982 |
| MD_170_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.006165 | 1.000 | -0.425986 | 0.438316 |
| | 12 cm | .6019650' | 0.002 | 0.200708 | 1.003222 |
| 21 cm | 12 cm | .5958000' | 0.000 | 0.257260 | 0.934340 |
| MD_90_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.104045 | 0.810 | -0.429581 | 0.221491 |
| | 12 cm | -0.096245 | 0.776 | -0.376716 | 0.184226 |
| 21 cm | 12 cm | 0.007800 | 1.000 | -0.298977 | 0.314577 |
| MD_115_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.094580 | 0.848 | -0.418942 | 0.229782 |
| | 12 cm | 0.017710 | 0.999 | -0.322904 | 0.358324 |
| 21 cm | 12 cm | 0.112290 | 0.765 | -0.208107 | 0.432687 |

| MD_130_180 | | | | | |
|------------|-------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 30 cm | 21 cm | -0.230910 | 0.234 | -0.560950 | 0.099130 |
| | 12 cm | -0.072185 | 0.944 | -0.436424 | 0.292054 |
| 21 cm | 12 cm | 0.158725 | 0.344 | -0.100494 | 0.417944 |
| MD_150_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.2559300 | 0.029 | -0.490165 | -0.021695 |
| | 12 cm | -.2073600 | 0.028 | -0.396489 | -0.018231 |
| 21 cm | 12 cm | 0.048570 | 0.933 | -0.180785 | 0.277925 |
| MD_170_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.2625400 | 0.012 | -0.474762 | -0.050318 |
| | 12 cm | -0.149890 | 0.278 | -0.375020 | 0.075240 |
| 21 cm | 12 cm | 0.112650 | 0.304 | -0.062077 | 0.287377 |

Tabela III.37 - Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja – procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.118775 | 0.226 | -0.285694 | 0.048144 |
| | 12 cm | .4073700 | 0.000 | 0.230398 | 0.584342 |
| 21 cm | 12 cm | .5261450 | 0.000 | 0.323711 | 0.728579 |
| CD_115_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.112315 | 0.541 | -0.344115 | 0.119485 |
| | 12 cm | .6766850 | 0.000 | 0.459722 | 0.893648 |
| 21 cm | 12 cm | .7890000 | 0.000 | 0.629677 | 0.948323 |
| CD_130_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.6805000 | 0.000 | -0.857256 | -0.503744 |
| | 12 cm | .9079100 | 0.000 | 0.716563 | 1.099257 |
| 21 cm | 12 cm | 1.5884100 | 0.000 | 1.409599 | 1.767221 |
| CD_150_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.2283600 | 0.001 | -0.373406 | -0.083314 |
| | 12 cm | .4729550 | 0.000 | 0.233269 | 0.712641 |
| 21 cm | 12 cm | .7013150 | 0.000 | 0.449214 | 0.953416 |
| CD_170_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.121725 | 0.383 | -0.087152 | 0.330602 |
| | 12 cm | .5372900 | 0.000 | 0.296073 | 0.778507 |
| 21 cm | 12 cm | .4155650 | 0.000 | 0.225201 | 0.605929 |
| CD_90_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.013455 | 1.000 | -0.502057 | 0.475147 |
| | 12 cm | -0.174260 | 0.605 | -0.566304 | 0.217784 |
| 21 cm | 12 cm | -0.160805 | 0.694 | -0.572563 | 0.250953 |
| CD_115_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.055875 | 0.961 | -0.264115 | 0.375865 |
| | 12 cm | -0.187315 | 0.477 | -0.543863 | 0.169233 |
| 21 cm | 12 cm | -0.243190 | 0.272 | -0.605386 | 0.119006 |
| CD_130_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.151475 | 0.849 | -0.686638 | 0.383688 |
| | 12 cm | 0.243655 | 0.262 | -0.116893 | 0.604203 |
| 21 cm | 12 cm | 0.395130 | 0.266 | -0.191246 | 0.981506 |
| CD_150_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.141450 | 0.409 | -0.107002 | 0.389902 |
| | 12 cm | .9709450 | 0.000 | 0.672912 | 1.268978 |
| 21 cm | 12 cm | .8294950 | 0.000 | 0.519373 | 1.139617 |
| CD_170_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.140440 | 0.701 | -0.500297 | 0.219417 |
| | 12 cm | 1.1992650 | 0.000 | 0.823237 | 1.575293 |
| 21 cm | 12 cm | 1.3397050 | 0.000 | 0.993599 | 1.685811 |
| CD_90_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.079035 | 0.967 | -0.559204 | 0.401134 |
| | 12 cm | -0.227990 | 0.395 | -0.621454 | 0.165474 |
| 21 cm | 12 cm | -0.148955 | 0.813 | -0.619548 | 0.321638 |
| CD_115_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.035570 | 0.988 | -0.272966 | 0.344106 |
| | 12 cm | -.2895500 | 0.042 | -0.570561 | -0.008539 |
| 21 cm | 12 cm | -.3251200 | 0.046 | -0.645342 | -0.004898 |
| CD_130_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.113730 | 0.859 | -0.300063 | 0.527523 |
| | 12 cm | 0.155025 | 0.520 | -0.160119 | 0.470169 |
| 21 cm | 12 cm | 0.041295 | 0.995 | -0.436085 | 0.518675 |
| CD_150_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.4865450 | 0.007 | -0.855736 | -0.117354 |
| | 12 cm | .8807100 | 0.000 | 0.605105 | 1.156315 |
| 21 cm | 12 cm | 1.3672550 | 0.000 | 1.029363 | 1.705147 |
| CD_170_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.4929100 | 0.036 | -0.960679 | -0.025141 |
| | 12 cm | .4704500 | 0.044 | 0.010046 | 0.930854 |
| 21 cm | 12 cm | .9633600 | 0.000 | 0.510108 | 1.416612 |
| CD_90_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.110655 | 0.792 | -0.443783 | 0.222473 |
| | 12 cm | -.3698850 | 0.030 | -0.711700 | -0.028070 |
| 21 cm | 12 cm | -0.259230 | 0.173 | -0.595574 | 0.077114 |
| CD_115_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.086200 | 0.820 | -0.362602 | 0.190202 |
| | 12 cm | -.6274550 | 0.000 | -0.855138 | -0.399772 |

| | | | | | |
|------------|-------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 21 cm | 12 cm | -.5412550 | 0.000 | -0.812104 | -0.270406 |
| CD_130_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.031190 | 0.998 | -0.513664 | 0.451284 |
| | 12 cm | 0.084035 | 0.911 | -0.275169 | 0.443239 |
| 21 cm | 12 cm | 0.115225 | 0.932 | -0.424429 | 0.654879 |
| CD_150_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.153250 | 0.689 | -0.538331 | 0.231831 |
| | 12 cm | .5521350 | 0.001 | 0.190501 | 0.913769 |
| 21 cm | 12 cm | .7053850 | 0.000 | 0.328952 | 1.081818 |
| CD_170_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.119495 | 0.904 | -0.611541 | 0.372551 |
| | 12 cm | .6438250 | 0.018 | 0.089502 | 1.198148 |
| 21 cm | 12 cm | .7633200 | 0.001 | 0.284225 | 1.242415 |
| CD_90_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.221000 | 0.290 | -0.560407 | 0.118407 |
| | 12 cm | -.5096050 | 0.003 | -0.861984 | -0.157226 |
| 21 cm | 12 cm | -.2886050 | 0.013 | -0.526941 | -0.050269 |
| CD_115_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.007820 | 1.000 | -0.319703 | 0.304063 |
| | 12 cm | -0.169065 | 0.226 | -0.406402 | 0.068272 |
| 21 cm | 12 cm | -0.161245 | 0.407 | -0.445740 | 0.123250 |
| CD_130_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.154275 | 0.901 | -0.801690 | 0.493140 |
| | 12 cm | -0.194990 | 0.401 | -0.537689 | 0.147709 |
| 21 cm | 12 cm | -0.040715 | 0.998 | -0.729841 | 0.648411 |
| CD_150_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.065720 | 0.990 | -0.532593 | 0.664033 |
| | 12 cm | .5786000 | 0.031 | 0.043049 | 1.114151 |
| 21 cm | 12 cm | .5128800 | 0.019 | 0.071084 | 0.954676 |
| CD_170_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .6411800 | 0.050 | 0.000447 | 1.281913 |
| | 12 cm | 1.1217300 | 0.000 | 0.516403 | 1.727057 |
| 21 cm | 12 cm | 0.480550 | 0.074 | -0.035090 | 0.996190 |
| CD_90_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.025885 | 0.998 | -0.420363 | 0.472133 |
| | 12 cm | -.6206600 | 0.002 | -1.030460 | -0.210860 |
| 21 cm | 12 cm | -.6465450 | 0.000 | -0.930621 | -0.362469 |
| CD_115_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.059165 | 0.917 | -0.198962 | 0.317292 |
| | 12 cm | -.3050100 | 0.017 | -0.565144 | -0.044876 |
| 21 cm | 12 cm | -.3641750 | 0.000 | -0.572709 | -0.155641 |
| CD_130_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.098380 | 0.914 | -0.326889 | 0.523649 |
| | 12 cm | -0.140050 | 0.541 | -0.427637 | 0.147537 |
| 21 cm | 12 cm | -0.238430 | 0.411 | -0.661689 | 0.184829 |
| CD_150_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.046515 | 0.979 | -0.376109 | 0.283079 |
| | 12 cm | .6983950 | 0.000 | 0.392390 | 1.004400 |
| 21 cm | 12 cm | .7449100 | 0.000 | 0.417055 | 1.072765 |
| CD_170_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.401975 | 0.080 | -0.840309 | 0.036359 |
| | 12 cm | .6274900 | 0.000 | 0.267519 | 0.987461 |
| 21 cm | 12 cm | 1.0294650 | 0.000 | 0.625612 | 1.433318 |
| CD_90_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.149880 | 0.406 | -0.413911 | 0.114151 |
| | 12 cm | -0.093825 | 0.738 | -0.351076 | 0.163426 |
| 21 cm | 12 cm | 0.056055 | 0.959 | -0.258018 | 0.370128 |
| CD_115_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.006085 | 1.000 | -0.264106 | 0.276276 |
| | 12 cm | -0.115120 | 0.650 | -0.388309 | 0.158069 |
| 21 cm | 12 cm | -0.121205 | 0.648 | -0.407821 | 0.165411 |
| CD_130_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -.3354850 | 0.008 | -0.597521 | -0.073449 |
| | 12 cm | -.4334700 | 0.000 | -0.690724 | -0.176216 |
| 21 cm | 12 cm | -0.097985 | 0.741 | -0.365659 | 0.169689 |
| CD_150_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.117025 | 0.466 | -0.102625 | 0.336675 |
| | 12 cm | 0.094120 | 0.734 | -0.161362 | 0.349602 |
| 21 cm | 12 cm | -0.022905 | 0.995 | -0.290225 | 0.244415 |
| CD_170_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.169400 | 0.283 | -0.424956 | 0.086156 |
| | 12 cm | -0.067625 | 0.886 | -0.327524 | 0.192274 |
| 21 cm | 12 cm | 0.101775 | 0.692 | -0.154794 | 0.358344 |

Tabela III.38 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri fotografisanju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - procenat belih piksela

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|--------------|---------------------|-----|-----|----------------------|--------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_30 cm | 10.811 | 6 | 133 | .000 | CD_90_30 cm | 7.119 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_30 cm | .750 | 6 | 133 | .610* | CD_115_30 cm | .494 | 6 | 133 | .812* |
| MD_130_30 cm | 4.482 | 6 | 133 | .000 | CD_130_30 cm | 1.489 | 6 | 133 | .187* |
| MD_150_30 cm | 3.091 | 6 | 133 | .007 | CD_150_30 cm | 9.426 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_30 cm | 1.659 | 6 | 133 | .136* | CD_170_30 cm | 6.988 | 6 | 133 | .000 |

| | | | | | | | | | |
|--------------|-------|---|-----|-------|--------------|-------|---|-----|-------|
| MD_90_21 cm | 6.936 | 6 | 133 | .000 | CD_90_21 cm | 7.854 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_21 cm | 2.557 | 6 | 133 | .022 | CD_115_21 cm | 2.074 | 6 | 133 | .060* |
| MD_130_21 cm | 6.468 | 6 | 133 | .000 | CD_130_21 cm | 9.359 | 6 | 133 | .000 |
| MD_150_21 cm | 1.131 | 6 | 133 | .348* | CD_150_21 cm | 4.754 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_21 cm | 3.932 | 6 | 133 | .001 | CD_170_21 cm | 6.414 | 6 | 133 | .000 |
| MD_90_12 cm | 5.417 | 6 | 133 | .000 | CD_90_12 cm | 1.998 | 6 | 133 | .070* |
| MD_115_12 cm | 2.673 | 6 | 133 | .018 | CD_115_12 cm | 4.628 | 6 | 133 | .000 |
| MD_130_12 cm | .517 | 6 | 133 | .795* | CD_130_12 cm | 3.375 | 6 | 133 | .004 |
| MD_150_12 cm | 2.343 | 6 | 133 | .035 | CD_150_12 cm | .899 | 6 | 133 | .498* |
| MD_170_12 cm | 1.516 | 6 | 133 | .178* | CD_170_12 cm | 5.843 | 6 | 133 | .000 |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.39 – ANOVA – podgrupe po uglovima postavljanja uzoraka pri fotografisanju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - procenat belih piksela

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti | Eta kvadrat |
|--------------|---------------|--------------|---------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|-------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | | |
| MD_90_30 cm | 13.916 | 22.499 | 36.415 | 6 | 133 | 139 | 13.711 | 0.000* | 0.38215 |
| MD_115_30 cm | 28.122 | 18.952 | 47.073 | 6 | 133 | 139 | 32.892 | 0.000* | 0.59740 |
| MD_130_30 cm | 34.796 | 19.069 | 53.865 | 6 | 133 | 139 | 40.447 | 0.000* | 0.64598 |
| MD_150_30 cm | 87.346 | 20.590 | 107.936 | 6 | 133 | 139 | 94.035 | 0.000* | 0.80924 |
| MD_170_30 cm | 116.984 | 34.218 | 151.201 | 6 | 133 | 139 | 75.784 | 0.000* | 0.77370 |
| MD_90_21 cm | 44.247 | 20.863 | 65.110 | 6 | 133 | 139 | 47.012 | 0.000* | 0.67958 |
| MD_115_21 cm | 25.893 | 36.694 | 62.587 | 6 | 133 | 139 | 15.642 | 0.000* | 0.41371 |
| MD_130_21 cm | 21.609 | 31.074 | 52.683 | 6 | 133 | 139 | 15.415 | 0.000* | 0.41017 |
| MD_150_21 cm | 95.370 | 26.511 | 121.881 | 6 | 133 | 139 | 79.742 | 0.000* | 0.78249 |
| MD_170_21 cm | 90.773 | 32.681 | 123.454 | 6 | 133 | 139 | 61.570 | 0.000* | 0.73528 |
| MD_90_12 cm | 17.929 | 21.142 | 39.071 | 6 | 133 | 139 | 18.798 | 0.000* | 0.45888 |
| MD_115_12 cm | 21.145 | 28.934 | 50.078 | 6 | 133 | 139 | 16.199 | 0.000* | 0.42223 |
| MD_130_12 cm | 32.809 | 16.955 | 49.763 | 6 | 133 | 139 | 42.895 | 0.000* | 0.65930 |
| MD_150_12 cm | 72.181 | 14.387 | 86.568 | 6 | 133 | 139 | 111.215 | 0.000* | 0.83381 |
| MD_170_12 cm | 58.995 | 16.802 | 75.797 | 6 | 133 | 139 | 77.831 | 0.000* | 0.77833 |
| CD_90_30 cm | 68.323 | 30.851 | 99.174 | 6 | 133 | 139 | 49.090 | 0.000* | 0.68892 |
| CD_115_30 cm | 96.945 | 16.085 | 113.031 | 6 | 133 | 139 | 133.598 | 0.000* | 0.85769 |
| CD_130_30 cm | 159.299 | 11.587 | 170.886 | 6 | 133 | 139 | 304.755 | 0.000* | 0.93220 |
| CD_150_30 cm | 251.624 | 26.982 | 278.606 | 6 | 133 | 139 | 206.719 | 0.000* | 0.90315 |
| CD_170_30 cm | 305.926 | 45.608 | 351.533 | 6 | 133 | 139 | 148.689 | 0.000* | 0.87026 |
| CD_90_21 cm | 66.685 | 29.209 | 95.894 | 6 | 133 | 139 | 50.607 | 0.000* | 0.69540 |
| CD_115_21 cm | 103.854 | 18.252 | 122.105 | 6 | 133 | 139 | 126.131 | 0.000* | 0.85053 |
| CD_130_21 cm | 167.919 | 69.287 | 237.206 | 6 | 133 | 139 | 53.721 | 0.000* | 0.70790 |
| CD_150_21 cm | 292.966 | 26.757 | 319.723 | 6 | 133 | 139 | 242.704 | 0.000* | 0.91631 |
| CD_170_21 cm | 291.771 | 33.622 | 325.392 | 6 | 133 | 139 | 192.364 | 0.000* | 0.89667 |
| CD_90_12 cm | 44.969 | 18.066 | 63.035 | 6 | 133 | 139 | 55.178 | 0.000* | 0.71340 |
| CD_115_12 cm | 64.044 | 14.498 | 78.542 | 6 | 133 | 139 | 97.918 | 0.000* | 0.81541 |
| CD_130_12 cm | 90.318 | 27.995 | 118.313 | 6 | 133 | 139 | 71.514 | 0.000* | 0.76338 |
| CD_150_12 cm | 178.842 | 20.999 | 199.841 | 6 | 133 | 139 | 188.787 | 0.000* | 0.89492 |
| CD_170_12 cm | 206.390 | 32.436 | 238.826 | 6 | 133 | 139 | 141.047 | 0.000* | 0.86419 |

*Potvrđena statistička značajna razlika pri p<0.05

Tabela III.40 – Brown-Forsythe test - obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri fotografisanju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - procenat belih piksela

| Uzorci | Brown-Forsythe | | | | | | | | |
|--------------|----------------|-----|---------|----------------------|--------------|-------------|-----|---------|----------------------|
| | Statistika* | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika* | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_30 cm | 13.711 | 6 | 97.485 | .000 | CD_90_30 cm | 49.090 | 6 | 96.756 | .000 |
| MD_115_30 cm | 32.892 | 6 | 124.306 | .000 | CD_115_30 cm | 133.598 | 6 | 128.914 | .000 |
| MD_130_30 cm | 40.447 | 6 | 111.331 | .000 | CD_130_30 cm | 304.755 | 6 | 120.995 | .000 |
| MD_150_30 cm | 94.035 | 6 | 102.903 | .000 | CD_150_30 cm | 206.719 | 6 | 62.209 | .000 |
| MD_170_30 cm | 75.784 | 6 | 113.255 | .000 | CD_170_30 cm | 148.689 | 6 | 91.051 | .000 |
| MD_90_21 cm | 47.012 | 6 | 106.484 | .000 | CD_90_21 cm | 50.607 | 6 | 91.721 | .000 |
| MD_115_21 cm | 15.642 | 6 | 109.845 | .000 | CD_115_21 cm | 126.131 | 6 | 115.924 | .000 |
| MD_130_21 cm | 15.415 | 6 | 97.610 | .000 | CD_130_21 cm | 53.721 | 6 | 89.647 | .000 |
| MD_150_21 cm | 79.742 | 6 | 123.659 | .000 | CD_150_21 cm | 242.704 | 6 | 96.207 | .000 |
| MD_170_21 cm | 61.570 | 6 | 105.925 | .000 | CD_170_21 cm | 192.364 | 6 | 98.069 | .000 |
| MD_90_12 cm | 18.798 | 6 | 103.412 | .000 | CD_90_12 cm | 55.178 | 6 | 113.343 | .000 |
| MD_115_12 cm | 16.199 | 6 | 114.592 | .000 | CD_115_12 cm | 97.918 | 6 | 95.740 | .000 |
| MD_130_12 cm | 42.895 | 6 | 129.339 | .000 | CD_130_12 cm | 71.514 | 6 | 109.056 | .000 |
| MD_150_12 cm | 111.215 | 6 | 108.010 | .000 | CD_150_12 cm | 188.787 | 6 | 125.812 | .000 |
| MD_170_12 cm | 77.831 | 6 | 122.195 | .000 | CD_170_12 cm | 141.047 | 6 | 102.655 | .000 |

Tabela III.41 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .7436000 | 0.000 | 0.481666 | 1.005534 |
| | 30° | .7745800 | 0.000 | 0.420969 | 1.128191 |
| | 45° | .8252300 | 0.000 | 0.370713 | 1.279747 |
| | 60° | .9299900 | 0.000 | 0.514024 | 1.345956 |
| | 90° | 1.0637000 | 0.000 | 0.807382 | 1.320018 |
| | 180° | .7495800 | 0.000 | 0.442607 | 1.056553 |

| | | | | | |
|--------------|------|------------|-------|-----------|----------|
| 15° | 30° | 0.030980 | 1.000 | -0.367860 | 0.429820 |
| | 45° | 0.081630 | 1.000 | -0.405811 | 0.569071 |
| | 60° | 0.186390 | 0.973 | -0.266427 | 0.639207 |
| | 90° | 0.320100 | 0.054 | -0.002637 | 0.642837 |
| | 180° | 0.005980 | 1.000 | -0.354807 | 0.366767 |
| 30° | 45° | 0.050650 | 1.000 | -0.480188 | 0.581488 |
| | 60° | 0.155410 | 0.999 | -0.345264 | 0.656084 |
| | 90° | 0.289120 | 0.354 | -0.106758 | 0.684998 |
| 45° | 180° | -0.025000 | 1.000 | -0.449779 | 0.399779 |
| | 60° | 0.104760 | 1.000 | -0.462906 | 0.672426 |
| | 90° | 0.238470 | 0.881 | -0.246773 | 0.723713 |
| 60° | 180° | -0.075650 | 1.000 | -0.582683 | 0.431383 |
| | 90° | 0.133710 | 0.999 | -0.316658 | 0.584078 |
| | 180° | -0.180410 | 0.989 | -0.654954 | 0.294134 |
| 90° | 180° | -0.314120 | 0.131 | -0.671460 | 0.043220 |
| MD_115_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .7494750' | 0.000 | 0.394340 | 1.104610 |
| | 30° | .8203250' | 0.000 | 0.468670 | 1.171980 |
| | 45° | .9353300' | 0.000 | 0.555574 | 1.315086 |
| | 60° | 1.1380600' | 0.000 | 0.811021 | 1.465099 |
| | 90° | 1.3804900' | 0.000 | 1.065410 | 1.695570 |
| | 180° | 1.4307400' | 0.000 | 1.049167 | 1.812313 |
| 15° | 30° | 0.070850 | 1.000 | -0.329649 | 0.471349 |
| | 45° | 0.185855 | 0.960 | -0.238118 | 0.609828 |
| | 60° | .3885850' | 0.042 | 0.008009 | 0.769161 |
| | 90° | .6310150' | 0.000 | 0.259870 | 1.002160 |
| 30° | 180° | .6812650' | 0.000 | 0.255750 | 1.106780 |
| | 45° | 0.115005 | 1.000 | -0.306310 | 0.536320 |
| | 60° | 0.317735 | 0.174 | -0.059709 | 0.695179 |
| | 90° | .5601650' | 0.000 | 0.192274 | 0.928056 |
| 45° | 180° | .6104150' | 0.001 | 0.187544 | 1.033286 |
| | 60° | 0.202730 | 0.879 | -0.200213 | 0.605673 |
| | 90° | .4451600' | 0.016 | 0.050850 | 0.839470 |
| 60° | 180° | .4954100' | 0.018 | 0.050797 | 0.940023 |
| | 90° | 0.242430 | 0.422 | -0.102599 | 0.587459 |
| | 180° | 0.292680 | 0.373 | -0.111926 | 0.697286 |
| 90° | 180° | 0.050250 | 1.000 | -0.345778 | 0.446278 |
| MD_130_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .9541050' | 0.000 | 0.647739 | 1.260471 |
| | 30° | 1.0133800' | 0.000 | 0.672898 | 1.353862 |
| | 45° | 1.0988150' | 0.000 | 0.769263 | 1.428367 |
| | 60° | 1.2893750' | 0.000 | 0.922532 | 1.656218 |
| | 90° | 1.6255250' | 0.000 | 1.335219 | 1.915831 |
| | 180° | 1.5399300' | 0.000 | 1.105374 | 1.974486 |
| 15° | 30° | 0.059275 | 1.000 | -0.305257 | 0.423807 |
| | 45° | 0.144710 | 0.979 | -0.209995 | 0.499415 |
| | 60° | 0.335270 | 0.148 | -0.053266 | 0.723806 |
| | 90° | .6714200' | 0.000 | 0.351250 | 0.991590 |
| 30° | 180° | .5858250' | 0.004 | 0.134141 | 1.037509 |
| | 45° | 0.085435 | 1.000 | -0.297283 | 0.468153 |
| | 60° | 0.275995 | 0.505 | -0.137239 | 0.689229 |
| | 90° | .6121450' | 0.000 | 0.259794 | 0.964496 |
| 45° | 180° | .5265500' | 0.018 | 0.054874 | 0.998226 |
| | 60° | 0.190560 | 0.927 | -0.214584 | 0.595704 |
| | 90° | .5267100' | 0.000 | 0.184721 | 0.868699 |
| 60° | 180° | 0.441115 | 0.076 | -0.023957 | 0.906187 |
| | 90° | 0.336150 | 0.120 | -0.041358 | 0.713658 |
| | 180° | 0.250555 | 0.862 | -0.237777 | 0.738887 |
| 90° | 180° | -0.085595 | 1.000 | -0.528522 | 0.357332 |
| MD_150_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .8780250' | 0.000 | 0.548949 | 1.207101 |
| | 30° | 1.2751200' | 0.000 | 0.867973 | 1.682267 |
| | 45° | 1.2308400' | 0.000 | 0.742790 | 1.718890 |
| | 60° | 1.7930500' | 0.000 | 1.429335 | 2.156765 |
| | 90° | 1.8275050' | 0.000 | 1.473480 | 2.181530 |
| | 180° | 2.7244250' | 0.000 | 2.425235 | 3.023615 |
| 15° | 30° | 0.397095 | 0.055 | -0.004549 | 0.798739 |
| | 45° | 0.352815 | 0.346 | -0.131040 | 0.836670 |
| | 60° | .9150250' | 0.000 | 0.557850 | 1.272200 |
| | 90° | .9494800' | 0.000 | 0.602273 | 1.296687 |
| 30° | 180° | 1.8464000' | 0.000 | 1.556064 | 2.136736 |
| | 45° | -0.044280 | 1.000 | -0.576343 | 0.487783 |
| | 60° | .5179300' | 0.008 | 0.089876 | 0.945984 |
| | 90° | .5523850' | 0.003 | 0.131861 | 0.972909 |
| 45° | 180° | 1.4493050' | 0.000 | 1.069230 | 1.829380 |
| | 60° | .5622100' | 0.019 | 0.057987 | 1.066433 |
| | 90° | .5966650' | 0.009 | 0.098311 | 1.095019 |
| 60° | 180° | 1.4935850' | 0.000 | 1.025934 | 1.961236 |
| | 90° | 0.034455 | 1.000 | -0.344989 | 0.413899 |
| | 180° | .9313750' | 0.000 | 0.600264 | 1.262486 |
| 90° | 180° | .8969200' | 0.000 | 0.577026 | 1.216814 |
| MD_170_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -0.265435 | 0.618 | -0.691446 | 0.160576 |
| | 30° | -0.105490 | 1.000 | -0.673085 | 0.462105 |
| | 45° | -0.034120 | 1.000 | -0.512032 | 0.443792 |

| | | | | | |
|-----|------|-----------|-------|-----------|----------|
| | 60° | .7809050 | 0.000 | 0.285617 | 1.276193 |
| | 90° | 1.0966400 | 0.000 | 0.558892 | 1.634388 |
| | 180° | 2.4892100 | 0.000 | 2.106253 | 2.872167 |
| 15° | 30° | 0.159945 | 1.000 | -0.406416 | 0.726306 |
| | 45° | 0.231315 | 0.906 | -0.245000 | 0.707630 |
| | 60° | 1.0463400 | 0.000 | 0.552565 | 1.540115 |
| | 90° | 1.3620750 | 0.000 | 0.825664 | 1.898486 |
| | 180° | 2.7546450 | 0.000 | 2.373921 | 3.135369 |
| 30° | 45° | 0.071370 | 1.000 | -0.530306 | 0.673046 |
| | 60° | .8863950 | 0.001 | 0.272290 | 1.500500 |
| | 90° | 1.2021300 | 0.000 | 0.556523 | 1.847737 |
| | 180° | 2.5947000 | 0.000 | 2.055393 | 3.134007 |
| 45° | 60° | .8150250 | 0.000 | 0.278620 | 1.351430 |
| | 90° | 1.1307600 | 0.000 | 0.556283 | 1.705237 |
| | 180° | 2.5233300 | 0.000 | 2.082695 | 2.963965 |
| 60° | 90° | 0.315735 | 0.819 | -0.272041 | 0.903511 |
| | 180° | 1.7083050 | 0.000 | 1.248168 | 2.168442 |
| 90° | 180° | 1.3925700 | 0.000 | 0.885615 | 1.899525 |

Tabela III.42 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .6287150 | 0.003 | 0.157453 | 1.099977 |
| | 30° | .7988950 | 0.000 | 0.391697 | 1.206093 |
| | 45° | 1.1146400 | 0.000 | 0.770052 | 1.459228 |
| | 60° | 1.5177350 | 0.000 | 1.096086 | 1.939384 |
| | 90° | 1.7007500 | 0.000 | 1.178465 | 2.223035 |
| | 180° | 2.2719900 | 0.000 | 2.061822 | 2.482158 |
| 15° | 30° | 0.170180 | 0.999 | -0.401552 | 0.741912 |
| | 45° | 0.485925 | 0.107 | -0.050635 | 1.022485 |
| | 60° | .8890200 | 0.000 | 0.308417 | 1.469623 |
| | 90° | 1.0720350 | 0.000 | 0.423103 | 1.720967 |
| 30° | 180° | 1.6432750 | 0.000 | 1.161527 | 2.125023 |
| | 45° | 0.315745 | 0.545 | -0.169303 | 0.800793 |
| | 60° | .7188400 | 0.002 | 0.183333 | 1.254347 |
| | 90° | .9018550 | 0.001 | 0.290479 | 1.513231 |
| 45° | 180° | 1.4730950 | 0.000 | 1.053212 | 1.892978 |
| | 60° | 0.403095 | 0.213 | -0.093251 | 0.899441 |
| | 90° | .5861100 | 0.046 | 0.006308 | 1.165912 |
| 60° | 180° | 1.1573500 | 0.000 | 0.796914 | 1.517786 |
| | 90° | 0.183015 | 1.000 | -0.436394 | 0.802424 |
| 90° | 180° | .7542550 | 0.000 | 0.320490 | 1.188020 |
| 90° | 180° | .5712400 | 0.028 | 0.039753 | 1.102727 |
| CD_115_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 1.0220700 | 0.000 | 0.642102 | 1.402038 |
| | 30° | 1.1069100 | 0.000 | 0.758446 | 1.455374 |
| | 45° | 1.6501800 | 0.000 | 1.321384 | 1.978976 |
| | 60° | 1.8325700 | 0.000 | 1.481349 | 2.183791 |
| | 90° | 2.1496000 | 0.000 | 1.779691 | 2.519509 |
| | 180° | 2.7882350 | 0.000 | 2.446929 | 3.129541 |
| 15° | 30° | 0.084840 | 1.000 | -0.292847 | 0.462527 |
| | 45° | .6281100 | 0.000 | 0.267703 | 0.988517 |
| | 60° | .8105000 | 0.000 | 0.430368 | 1.190632 |
| | 90° | 1.1275300 | 0.000 | 0.730697 | 1.524363 |
| 30° | 180° | 1.7661650 | 0.000 | 1.394800 | 2.137530 |
| | 45° | .5432700 | 0.000 | 0.217316 | 0.869224 |
| | 60° | .7256600 | 0.000 | 0.377010 | 1.074310 |
| | 90° | 1.0426900 | 0.000 | 0.675157 | 1.410223 |
| 45° | 180° | 1.6813250 | 0.000 | 1.342704 | 2.019946 |
| | 60° | 0.182390 | 0.782 | -0.146610 | 0.511390 |
| | 90° | .4994200 | 0.001 | 0.149937 | 0.848903 |
| 60° | 180° | 1.1380550 | 0.000 | 0.820040 | 1.456070 |
| | 90° | 0.317030 | 0.156 | -0.053049 | 0.687109 |
| 90° | 180° | .9556650 | 0.000 | 0.614167 | 1.297163 |
| 90° | 180° | .6386350 | 0.000 | 0.277695 | 0.999575 |
| CD_130_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.066970 | 1.000 | -0.217862 | 0.351802 |
| | 30° | .3248200 | 0.002 | 0.088054 | 0.561586 |
| | 45° | .5404500 | 0.000 | 0.256232 | 0.824668 |
| | 60° | .8968000 | 0.000 | 0.636153 | 1.157447 |
| | 90° | 1.4642800 | 0.000 | 1.142882 | 1.785678 |
| | 180° | 3.2861350 | 0.000 | 2.996412 | 3.575858 |
| 15° | 30° | 0.257850 | 0.090 | -0.020065 | 0.535765 |
| | 45° | .4734800 | 0.000 | 0.156670 | 0.790290 |
| | 60° | .8298300 | 0.000 | 0.532715 | 1.126945 |
| | 90° | 1.3973100 | 0.000 | 1.048252 | 1.746368 |
| 30° | 180° | 3.2191650 | 0.000 | 2.897665 | 3.540665 |
| | 45° | 0.215630 | 0.265 | -0.061648 | 0.492908 |
| | 60° | .5719800 | 0.000 | 0.319273 | 0.824687 |
| | 90° | 1.1394600 | 0.000 | 0.823812 | 1.455108 |
| 90° | 180° | 2.9613150 | 0.000 | 2.678330 | 3.244300 |

| | | | | | |
|--------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| 45° | 60° | .3563500' | 0.008 | 0.059810 | 0.652890 |
| | 90° | .9238300' | 0.000 | 0.575223 | 1.272437 |
| | 180° | 2.7456850' | 0.000 | 2.424696 | 3.066674 |
| 60° | 90° | .5674800' | 0.000 | 0.235748 | 0.899212 |
| | 180° | 2.3893350' | 0.000 | 2.087624 | 2.691046 |
| 90° | 180° | 1.8218550' | 0.000 | 1.469177 | 2.174533 |
| CD_150_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -.3872050' | 0.000 | -0.630342 | -0.144068 |
| | 30° | -0.272510 | 0.149 | -0.591977 | 0.046957 |
| | 45° | 0.070185 | 1.000 | -0.301326 | 0.441696 |
| | 60° | 0.449435 | 0.395 | -0.204450 | 1.103320 |
| | 90° | 1.0244400' | 0.000 | 0.711918 | 1.336962 |
| 15° | 180° | 3.7671700' | 0.000 | 3.548454 | 3.985886 |
| | 30° | 0.114695 | 0.999 | -0.245939 | 0.475329 |
| | 45° | .4573900' | 0.017 | 0.051882 | 0.862898 |
| | 60° | .8366400' | 0.007 | 0.166064 | 1.507216 |
| 30° | 90° | 1.4116450' | 0.000 | 1.056807 | 1.766483 |
| | 180° | 4.1543750' | 0.000 | 3.871193 | 4.437557 |
| | 45° | 0.342695 | 0.287 | -0.103960 | 0.789350 |
| 45° | 60° | .7219450' | 0.035 | 0.030502 | 1.413388 |
| | 90° | 1.2969500' | 0.000 | 0.893133 | 1.700767 |
| | 180° | 4.0396800' | 0.000 | 3.691912 | 4.387448 |
| 60° | 60° | 0.379250 | 0.803 | -0.330456 | 1.088956 |
| | 90° | .9542550' | 0.000 | 0.511780 | 1.396730 |
| | 180° | 3.6969850' | 0.000 | 3.302218 | 4.091752 |
| 90° | 90° | 0.575005 | 0.173 | -0.114251 | 1.264261 |
| | 180° | 3.3177350' | 0.000 | 2.652414 | 3.983056 |
| | 180° | 2.7427300' | 0.000 | 2.401089 | 3.084371 |
| CD_170_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -0.194885 | 0.940 | -0.624850 | 0.235080 |
| | 30° | .5483100' | 0.024 | 0.045052 | 1.051568 |
| | 45° | .8434550' | 0.001 | 0.259560 | 1.427350 |
| | 60° | .7754150' | 0.027 | 0.057268 | 1.493562 |
| | 90° | 2.1658900' | 0.000 | 1.726687 | 2.605093 |
| | 180° | 4.4013000' | 0.000 | 4.068339 | 4.734261 |
| 15° | 30° | .7431950' | 0.003 | 0.179939 | 1.306451 |
| | 45° | 1.0383400' | 0.000 | 0.405064 | 1.671616 |
| | 60° | .9703000' | 0.004 | 0.214643 | 1.725957 |
| | 90° | 2.3607750' | 0.000 | 1.850242 | 2.871308 |
| 30° | 180° | 4.5961850' | 0.000 | 4.164524 | 5.027846 |
| | 45° | 0.295145 | 0.961 | -0.382179 | 0.972469 |
| | 60° | 0.227105 | 1.000 | -0.563011 | 1.017221 |
| | 90° | 1.6175800' | 0.000 | 1.048120 | 2.187040 |
| 45° | 180° | 3.8529900' | 0.000 | 3.348385 | 4.357595 |
| | 60° | -0.068040 | 1.000 | -0.902381 | 0.766301 |
| | 90° | 1.3224350' | 0.000 | 0.683943 | 1.960927 |
| 60° | 180° | 3.5578450' | 0.000 | 2.972860 | 4.142830 |
| | 90° | 1.3904750' | 0.000 | 0.630791 | 2.150159 |
| | 180° | 3.6258850' | 0.000 | 2.906919 | 4.344851 |
| 90° | 180° | 2.2354100' | 0.000 | 1.794563 | 2.676257 |

Tabela III.43 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 1.1688200' | 0.000 | 0.741264 | 1.596376 |
| | 30° | .9586000' | 0.000 | 0.517398 | 1.399802 |
| | 45° | 1.1908750' | 0.000 | 0.840900 | 1.540850 |
| | 60° | 1.6292650' | 0.000 | 1.291129 | 1.967401 |
| | 90° | 1.9358900' | 0.000 | 1.675467 | 2.196313 |
| | 180° | 1.2150350' | 0.000 | 0.823904 | 1.606166 |
| 15° | 30° | -0.210220 | 0.981 | -0.728537 | 0.308097 |
| | 45° | 0.022055 | 1.000 | -0.428969 | 0.473079 |
| | 60° | .4604450' | 0.036 | 0.017406 | 0.903484 |
| | 90° | .7670700' | 0.000 | 0.371290 | 1.162850 |
| 30° | 180° | 0.046215 | 1.000 | -0.433999 | 0.526429 |
| | 45° | 0.232275 | 0.879 | -0.231388 | 0.695938 |
| | 60° | .6706650' | 0.001 | 0.214656 | 1.126674 |
| | 90° | .9772900' | 0.000 | 0.566346 | 1.388234 |
| 45° | 180° | 0.256435 | 0.848 | -0.235316 | 0.748186 |
| | 60° | .4383900' | 0.010 | 0.067859 | 0.808921 |
| | 90° | .7450150' | 0.000 | 0.439299 | 1.050731 |
| 60° | 180° | 0.024160 | 1.000 | -0.393527 | 0.441847 |
| | 90° | .3066250' | 0.032 | 0.015531 | 0.597719 |
| 90° | 180° | -.4142300' | 0.045 | -0.822932 | -0.005528 |
| | 180° | -.7208550' | 0.000 | -1.075328 | -0.366382 |
| MD_115_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .7455550' | 0.002 | 0.195969 | 1.295141 |
| | 30° | .6475300' | 0.000 | 0.237320 | 1.057740 |
| | 45° | .7588400' | 0.001 | 0.255095 | 1.262585 |
| | 60° | 1.0290900' | 0.000 | 0.498388 | 1.559792 |
| | 90° | 1.5010200' | 0.000 | 1.081931 | 1.920109 |

| | | | | | |
|--------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 180° | 1.0955450 | 0.000 | 0.736742 | 1.454348 |
| 15° | 30° | -0.098025 | 1.000 | -0.693717 | 0.497667 |
| | 45° | 0.013285 | 1.000 | -0.640938 | 0.667508 |
| | 60° | 0.283535 | 0.972 | -0.389266 | 0.956336 |
| | 90° | .7554650 | 0.005 | 0.154654 | 1.356276 |
| | 180° | 0.349990 | 0.612 | -0.218076 | 0.918056 |
| 30° | 45° | 0.111310 | 1.000 | -0.444162 | 0.666782 |
| | 60° | 0.381560 | 0.519 | -0.197436 | 0.960556 |
| | 90° | .8534900 | 0.000 | 0.368867 | 1.338113 |
| | 180° | .4480150 | 0.041 | 0.010050 | 0.885980 |
| 45° | 60° | 0.270250 | 0.971 | -0.369535 | 0.910035 |
| | 90° | .7421800 | 0.003 | 0.181031 | 1.303329 |
| | 180° | 0.336705 | 0.554 | -0.187900 | 0.861310 |
| 60° | 90° | 0.471930 | 0.218 | -0.112404 | 1.056264 |
| | 180° | 0.066455 | 1.000 | -0.483647 | 0.616557 |
| 90° | 180° | -0.405475 | 0.104 | -0.851510 | 0.040560 |
| MD_130_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .6894600 | 0.004 | 0.158741 | 1.220179 |
| | 30° | 0.488435 | 0.054 | -0.005439 | 0.982309 |
| | 45° | .8304950 | 0.000 | 0.505387 | 1.155603 |
| | 60° | .9954850 | 0.000 | 0.540449 | 1.450521 |
| | 90° | 1.1932700 | 0.000 | 0.789511 | 1.597029 |
| | 180° | 1.1800600 | 0.000 | 0.925629 | 1.434491 |
| | 15° | 30° | -0.201025 | 0.999 | -0.855079 |
| 45° | | 0.141035 | 1.000 | -0.418916 | 0.700986 |
| 60° | | 0.306025 | 0.906 | -0.323256 | 0.935306 |
| 90° | | 0.503810 | 0.173 | -0.095443 | 1.103063 |
| 30° | 180° | 0.490600 | 0.091 | -0.041658 | 1.022858 |
| | 45° | 0.342060 | 0.531 | -0.183982 | 0.868102 |
| | 60° | 0.507050 | 0.172 | -0.094090 | 1.108190 |
| | 90° | .7048350 | 0.006 | 0.136009 | 1.273661 |
| 45° | 180° | .6916250 | 0.002 | 0.196053 | 1.187197 |
| | 60° | 0.164990 | 0.997 | -0.325914 | 0.655894 |
| | 90° | 0.362775 | 0.209 | -0.082977 | 0.808527 |
| | 180° | .3495650 | 0.029 | 0.021371 | 0.677759 |
| 60° | 90° | 0.197785 | 0.993 | -0.340075 | 0.735645 |
| | 180° | 0.184575 | 0.972 | -0.272363 | 0.641513 |
| 90° | 180° | -0.013210 | 1.000 | -0.419222 | 0.392802 |
| MD_150_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.404330 | 0.201 | -0.087968 | 0.896628 |
| | 30° | .6210950 | 0.005 | 0.124278 | 1.117912 |
| | 45° | .9756850 | 0.000 | 0.481693 | 1.469677 |
| | 60° | 1.5936900 | 0.000 | 1.114349 | 2.073031 |
| | 90° | 1.8214150 | 0.000 | 1.396909 | 2.245921 |
| | 180° | 2.5404750 | 0.000 | 2.116406 | 2.964544 |
| | 15° | 30° | 0.216765 | 0.966 | -0.286309 |
| 45° | | .5713550 | 0.014 | 0.071053 | 1.071657 |
| 60° | | 1.1893600 | 0.000 | 0.703421 | 1.675299 |
| 90° | | 1.4170850 | 0.000 | 0.984687 | 1.849483 |
| 30° | 180° | 2.1361450 | 0.000 | 1.704173 | 2.568117 |
| | 45° | 0.354590 | 0.423 | -0.150124 | 0.859304 |
| | 60° | .9725950 | 0.000 | 0.482048 | 1.463142 |
| | 90° | 1.2003200 | 0.000 | 0.762445 | 1.638195 |
| 45° | 180° | 1.9193800 | 0.000 | 1.481922 | 2.356838 |
| | 60° | .6180050 | 0.004 | 0.130338 | 1.105672 |
| | 90° | .8457300 | 0.000 | 0.411275 | 1.280185 |
| | 180° | 1.5647900 | 0.000 | 1.130757 | 1.998823 |
| 60° | 90° | 0.227725 | 0.792 | -0.188799 | 0.644249 |
| | 180° | .9467850 | 0.000 | 0.530711 | 1.362859 |
| 90° | 180° | .7190600 | 0.000 | 0.373966 | 1.064154 |
| MD_170_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -0.509310 | 0.117 | -1.081052 | 0.062432 |
| | 30° | -.4642900 | 0.049 | -0.927636 | -0.000944 |
| | 45° | -0.152800 | 0.999 | -0.651677 | 0.346077 |
| | 60° | .5340850 | 0.012 | 0.075700 | 0.992470 |
| | 90° | .8148000 | 0.000 | 0.374167 | 1.255433 |
| | 180° | 1.9386650 | 0.000 | 1.625324 | 2.252006 |
| | 15° | 30° | 0.045020 | 1.000 | -0.574206 |
| 45° | | 0.356510 | 0.781 | -0.286343 | 0.999363 |
| 60° | | 1.0433950 | 0.000 | 0.427363 | 1.659427 |
| 90° | | 1.3241100 | 0.000 | 0.719281 | 1.928939 |
| 180° | | 2.4479750 | 0.000 | 1.912587 | 2.983363 |
| 30° | 45° | 0.311490 | 0.769 | -0.244305 | 0.867285 |
| | 60° | .9983750 | 0.000 | 0.476470 | 1.520280 |
| | 90° | 1.2790900 | 0.000 | 0.771664 | 1.786516 |
| | 180° | 2.4029550 | 0.000 | 1.990367 | 2.815543 |
| 45° | 60° | .6868850 | 0.006 | 0.134851 | 1.238919 |
| | 90° | .9676000 | 0.000 | 0.428834 | 1.506366 |
| | 180° | 2.0914650 | 0.000 | 1.637537 | 2.545393 |
| 60° | 90° | 0.280715 | 0.775 | -0.222391 | 0.783821 |
| | 180° | 1.4045800 | 0.000 | 0.997882 | 1.811278 |
| 90° | 180° | 1.1238650 | 0.000 | 0.738536 | 1.509194 |

Tabela III.44 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .7340350' | 0.001 | 0.222186 | 1.245884 |
| | 30° | .8386350' | 0.001 | 0.291155 | 1.386115 |
| | 45° | 1.1227600' | 0.000 | 0.768870 | 1.476650 |
| | 60° | 1.4155100' | 0.000 | 1.149543 | 1.681477 |
| | 90° | 1.8454100' | 0.000 | 1.481313 | 2.209507 |
| 15° | 180° | 2.2408850' | 0.000 | 1.893908 | 2.587862 |
| | 30° | 0.104600 | 1.000 | -0.573178 | 0.782378 |
| | 45° | 0.388725 | 0.418 | -0.167282 | 0.944732 |
| | 60° | .6814750' | 0.004 | 0.164347 | 1.198603 |
| | 90° | 1.1113750' | 0.000 | 0.550109 | 1.672641 |
| 30° | 180° | 1.5068500' | 0.000 | 0.954320 | 2.059380 |
| | 45° | 0.284125 | 0.899 | -0.303796 | 0.872046 |
| | 60° | .5768750' | 0.035 | 0.024575 | 1.129175 |
| | 90° | 1.0067750' | 0.000 | 0.414008 | 1.599542 |
| 45° | 180° | 1.4022500' | 0.000 | 0.817529 | 1.986971 |
| | 60° | 0.292750 | 0.216 | -0.070008 | 0.655508 |
| | 90° | .7226500' | 0.000 | 0.290542 | 1.154758 |
| 60° | 180° | 1.1181250' | 0.000 | 0.699094 | 1.537156 |
| | 90° | .4299000' | 0.013 | 0.057290 | 0.802510 |
| 90° | 180° | .8253750' | 0.000 | 0.469276 | 1.181474 |
| | | 0.395475 | 0.092 | -0.031539 | 0.822489 |
| CD_115_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 1.1902600' | 0.000 | 0.842186 | 1.538334 |
| | 30° | 1.2547950' | 0.000 | 0.891725 | 1.617865 |
| | 45° | 1.6762950' | 0.000 | 1.341563 | 2.011027 |
| | 60° | 1.9370650' | 0.000 | 1.571585 | 2.302545 |
| | 90° | 2.3210800' | 0.000 | 2.069847 | 2.572313 |
| 15° | 180° | 2.9066350' | 0.000 | 2.594846 | 3.218424 |
| | 30° | 0.064535 | 1.000 | -0.369835 | 0.498905 |
| | 45° | .4860350' | 0.010 | 0.072853 | 0.899217 |
| | 60° | .7468050' | 0.000 | 0.310587 | 1.183023 |
| 30° | 90° | 1.1308200' | 0.000 | 0.773022 | 1.488618 |
| | 180° | 1.7163750' | 0.000 | 1.319549 | 2.113201 |
| | 45° | 0.421500 | 0.054 | -0.003417 | 0.846417 |
| | 60° | .6822700' | 0.000 | 0.235210 | 1.129330 |
| 45° | 90° | 1.0662850' | 0.000 | 0.694056 | 1.438514 |
| | 180° | 1.6518400' | 0.000 | 1.242570 | 2.061110 |
| | 60° | 0.260770 | 0.648 | -0.166057 | 0.687597 |
| 60° | 90° | .6447850' | 0.000 | 0.299774 | 0.989796 |
| | 180° | 1.2303400' | 0.000 | 0.844394 | 1.616286 |
| 90° | 180° | .3840150' | 0.041 | 0.009462 | 0.758568 |
| | | .9695700' | 0.000 | 0.558281 | 1.380859 |
| | | .5855550' | 0.000 | 0.262392 | 0.908718 |
| CD_130_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.595995 | 0.132 | -0.091973 | 1.283963 |
| | 30° | 1.1190500' | 0.000 | 0.578439 | 1.659661 |
| | 45° | 1.1897600' | 0.000 | 0.573541 | 1.805979 |
| | 60° | 1.4230250' | 0.000 | 0.577282 | 2.268768 |
| | 90° | 2.2431600' | 0.000 | 1.723888 | 2.762432 |
| 15° | 180° | 3.6311500' | 0.000 | 3.336465 | 3.925835 |
| | 30° | 0.523055 | 0.555 | -0.286797 | 1.332907 |
| | 45° | 0.593765 | 0.439 | -0.260271 | 1.447801 |
| | 60° | 0.827030 | 0.209 | -0.187860 | 1.841920 |
| 30° | 90° | 1.6471650' | 0.000 | 0.848803 | 2.445527 |
| | 180° | 3.0351550' | 0.000 | 2.327620 | 3.742690 |
| | 45° | 0.070710 | 1.000 | -0.683976 | 0.825396 |
| 45° | 60° | 0.303975 | 0.998 | -0.636810 | 1.244760 |
| | 90° | 1.1241100' | 0.000 | 0.437841 | 1.810379 |
| | 180° | 2.5121000' | 0.000 | 1.944844 | 3.079356 |
| 60° | 60° | 0.233265 | 1.000 | -0.743255 | 1.209785 |
| | 90° | 1.0534000' | 0.001 | 0.311517 | 1.795283 |
| 90° | 180° | 2.4413900' | 0.000 | 1.802669 | 3.080111 |
| | 45° | 0.820135 | 0.128 | -0.111489 | 1.751759 |
| | | 2.2081250' | 0.000 | 1.347208 | 3.069042 |
| | | 1.3879900' | 0.000 | 0.840637 | 1.935343 |
| CD_150_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -0.017395 | 1.000 | -0.306892 | 0.272102 |
| | 30° | -0.5306950' | 0.006 | -0.953532 | -0.107858 |
| | 45° | 0.145295 | 0.992 | -0.263413 | 0.554003 |
| | 60° | .7435150' | 0.002 | 0.221749 | 1.265281 |
| | 90° | 1.2062850' | 0.000 | 0.842268 | 1.570302 |
| 15° | 180° | 4.1125550' | 0.000 | 3.847176 | 4.377934 |
| | 30° | -0.5133000' | 0.017 | -0.968182 | -0.058418 |
| | 45° | 0.162690 | 0.992 | -0.279533 | 0.604913 |
| | 60° | .7609100' | 0.002 | 0.214866 | 1.306954 |
| 30° | 90° | 1.2236800' | 0.000 | 0.820654 | 1.626706 |
| | 180° | 4.1299500' | 0.000 | 3.806697 | 4.453203 |
| | 45° | .6759900' | 0.004 | 0.149294 | 1.202686 |
| | | 1.2742100' | 0.000 | 0.663318 | 1.885102 |

| | | | | | |
|--------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| | 90° | 1.7369800' | 0.000 | 1.239657 | 2.234303 |
| | 180° | 4.6432500' | 0.000 | 4.200096 | 5.086404 |
| 45° | 60° | 0.598220 | 0.053 | -0.004636 | 1.201076 |
| | 90° | 1.0609900' | 0.000 | 0.574695 | 1.547285 |
| | 180° | 3.9672600' | 0.000 | 3.537281 | 4.397239 |
| 60° | 90° | 0.462770 | 0.229 | -0.116406 | 1.041946 |
| | 180° | 3.3690400' | 0.000 | 2.831932 | 3.906148 |
| 90° | 180° | 2.9062700' | 0.000 | 2.517378 | 3.295162 |
| CD_170_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -.4570500' | 0.003 | -0.794207 | -0.119893 |
| | 30° | -0.066325 | 1.000 | -0.527517 | 0.394867 |
| | 45° | .6022350' | 0.001 | 0.197905 | 1.006565 |
| | 60° | 1.2948700' | 0.000 | 0.740233 | 1.849507 |
| | 90° | 1.6421900' | 0.000 | 1.169458 | 2.114922 |
| | 180° | 4.1101750' | 0.000 | 3.840578 | 4.379772 |
| 15° | 30° | 0.390725 | 0.317 | -0.130932 | 0.912382 |
| | 45° | 1.0592850' | 0.000 | 0.583956 | 1.534614 |
| | 60° | 1.7519200' | 0.000 | 1.149293 | 2.354547 |
| | 90° | 2.0992400' | 0.000 | 1.567869 | 2.630611 |
| | 180° | 4.5672250' | 0.000 | 4.186679 | 4.947771 |
| 30° | 45° | .6685600' | 0.009 | 0.108601 | 1.228519 |
| | 60° | 1.3611950' | 0.000 | 0.696095 | 2.026295 |
| | 90° | 1.7085150' | 0.000 | 1.103561 | 2.313469 |
| | 180° | 4.1765000' | 0.000 | 3.686344 | 4.666656 |
| 45° | 60° | .6926350' | 0.023 | 0.058647 | 1.326623 |
| | 90° | 1.0399550' | 0.000 | 0.471243 | 1.608667 |
| | 180° | 3.5079400' | 0.000 | 3.069250 | 3.946630 |
| 60° | 90° | 0.347320 | 0.856 | -0.324561 | 1.019201 |
| | 180° | 2.8153050' | 0.000 | 2.237832 | 3.392778 |
| 90° | 180° | 2.4679850' | 0.000 | 1.967203 | 2.968767 |

Tabela III.45 – Rezultati naknadnog testa (Dunett's T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .5173600' | 0.007 | 0.103368 | 0.931352 |
| | 30° | 0.237260 | 0.684 | -0.174825 | 0.649345 |
| | 45° | 0.351500 | 0.080 | -0.022785 | 0.725785 |
| | 60° | .8735300' | 0.000 | 0.554401 | 1.192659 |
| | 90° | 1.0944850' | 0.000 | 0.851121 | 1.337849 |
| | 180° | .7835650' | 0.000 | 0.504594 | 1.062536 |
| 15° | 30° | -0.280100 | 0.831 | -0.806959 | 0.246759 |
| | 45° | -0.165860 | 0.998 | -0.667342 | 0.335622 |
| | 60° | 0.356170 | 0.296 | -0.111873 | 0.824213 |
| | 90° | .5771250' | 0.003 | 0.146734 | 1.007516 |
| | 180° | 0.266205 | 0.669 | -0.180592 | 0.713002 |
| 30° | 45° | 0.114240 | 1.000 | -0.385807 | 0.614287 |
| | 60° | .6362700' | 0.002 | 0.169820 | 1.102720 |
| | 90° | .8572250' | 0.000 | 0.428638 | 1.285812 |
| | 180° | .5463050' | 0.007 | 0.101216 | 0.991394 |
| 45° | 60° | .5220300' | 0.009 | 0.086495 | 0.957565 |
| | 90° | .7429850' | 0.000 | 0.349907 | 1.136063 |
| | 180° | .4320650' | 0.033 | 0.020359 | 0.843771 |
| 60° | 90° | 0.220955 | 0.552 | -0.121499 | 0.563409 |
| | 180° | -0.089965 | 1.000 | -0.454995 | 0.275065 |
| 90° | 180° | -.3109200' | 0.045 | -0.617823 | -0.004017 |
| MD_115_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.390550 | 0.076 | -0.022784 | 0.803884 |
| | 30° | 0.327880 | 0.355 | -0.130814 | 0.786574 |
| | 45° | .4828600' | 0.002 | 0.132597 | 0.833123 |
| | 60° | .7681050' | 0.000 | 0.348624 | 1.187586 |
| | 90° | 1.0928500' | 0.000 | 0.694309 | 1.491391 |
| | 180° | 1.1426150' | 0.000 | 0.792527 | 1.492703 |
| 15° | 30° | -0.062670 | 1.000 | -0.621643 | 0.496303 |
| | 45° | 0.092310 | 1.000 | -0.392236 | 0.576856 |
| | 60° | 0.377555 | 0.402 | -0.152881 | 0.907991 |
| | 90° | .7023000' | 0.002 | 0.186399 | 1.218201 |
| | 180° | .7520650' | 0.000 | 0.267627 | 1.236503 |
| 30° | 45° | 0.154980 | 0.999 | -0.366390 | 0.676350 |
| | 60° | 0.440225 | 0.262 | -0.122696 | 1.003146 |
| | 90° | .7649700' | 0.001 | 0.215300 | 1.314640 |
| | 180° | .8147350' | 0.000 | 0.293461 | 1.336009 |
| 45° | 60° | 0.285245 | 0.715 | -0.204185 | 0.774675 |
| | 90° | .6099900' | 0.004 | 0.137047 | 1.082933 |
| | 180° | .6597550' | 0.000 | 0.223122 | 1.096388 |
| 60° | 90° | 0.324745 | 0.616 | -0.195605 | 0.845095 |
| | 180° | 0.374510 | 0.290 | -0.114815 | 0.863835 |
| 90° | 180° | 0.049765 | 1.000 | -0.423066 | 0.522596 |
| MD_130_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .8364550' | 0.000 | 0.464775 | 1.208135 |

| | | | | | |
|--------------|------|-----------|-------|-----------|----------|
| | 30° | .8078600 | 0.000 | 0.423477 | 1.192243 |
| | 45° | .9675200 | 0.000 | 0.600696 | 1.334344 |
| | 60° | 1.2294850 | 0.000 | 0.834149 | 1.624821 |
| | 90° | 1.5440300 | 0.000 | 1.161746 | 1.926314 |
| | 180° | 1.4792800 | 0.000 | 1.078148 | 1.880412 |
| 15° | 30° | -0.028595 | 1.000 | -0.373038 | 0.315848 |
| | 45° | 0.131065 | 0.981 | -0.192420 | 0.454550 |
| | 60° | .3930300 | 0.021 | 0.035748 | 0.750312 |
| | 90° | .7075750 | 0.000 | 0.365612 | 1.049538 |
| | 180° | .6428250 | 0.000 | 0.278813 | 1.006837 |
| 30° | 45° | 0.159660 | 0.927 | -0.179326 | 0.498646 |
| | 60° | .4216250 | 0.015 | 0.050896 | 0.792354 |
| | 90° | .7361700 | 0.000 | 0.379887 | 1.092453 |
| | 180° | .6714200 | 0.000 | 0.294318 | 1.048522 |
| 45° | 60° | 0.261965 | 0.331 | -0.090159 | 0.614089 |
| | 90° | .5765100 | 0.000 | 0.240064 | 0.912956 |
| | 180° | .5117600 | 0.001 | 0.152761 | 0.870759 |
| 60° | 90° | 0.314545 | 0.160 | -0.053967 | 0.683057 |
| | 180° | 0.249795 | 0.567 | -0.138570 | 0.638160 |
| 90° | 180° | -0.064750 | 1.000 | -0.439691 | 0.310191 |
| MD 150 12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .9743100 | 0.000 | 0.592277 | 1.356343 |
| | 30° | 1.0899800 | 0.000 | 0.657123 | 1.522837 |
| | 45° | 1.4291750 | 0.000 | 1.086449 | 1.771901 |
| | 60° | 1.7167550 | 0.000 | 1.357265 | 2.076245 |
| | 90° | 1.9317300 | 0.000 | 1.539713 | 2.323747 |
| | 180° | 2.3987100 | 0.000 | 2.050247 | 2.747173 |
| 15° | 30° | 0.115670 | 1.000 | -0.278193 | 0.509533 |
| | 45° | .4548650 | 0.000 | 0.171216 | 0.738514 |
| | 60° | .7424450 | 0.000 | 0.437046 | 1.047844 |
| | 90° | .9574200 | 0.000 | 0.611684 | 1.303156 |
| | 180° | 1.4244000 | 0.000 | 1.133226 | 1.715574 |
| 30° | 45° | 0.339195 | 0.073 | -0.017326 | 0.695716 |
| | 60° | .6267750 | 0.000 | 0.254379 | 0.999171 |
| | 90° | .8417500 | 0.000 | 0.438337 | 1.245163 |
| | 180° | 1.3087300 | 0.000 | 0.946784 | 1.670676 |
| 45° | 60° | .2875800 | 0.011 | 0.041262 | 0.533898 |
| | 90° | .5025550 | 0.000 | 0.203606 | 0.801504 |
| | 180° | .9695350 | 0.000 | 0.743424 | 1.195646 |
| 60° | 90° | 0.214975 | 0.486 | -0.104215 | 0.534165 |
| | 180° | .6819550 | 0.000 | 0.426416 | 0.937494 |
| 90° | 180° | .4669800 | 0.000 | 0.161054 | 0.772906 |
| MD 170 12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.174425 | 0.928 | -0.200743 | 0.549593 |
| | 30° | 0.341285 | 0.063 | -0.009528 | 0.692098 |
| | 45° | .4111750 | 0.008 | 0.068805 | 0.753545 |
| | 60° | .9487250 | 0.000 | 0.607458 | 1.289992 |
| | 90° | 1.3047300 | 0.000 | 0.961099 | 1.648361 |
| | 180° | 1.9454450 | 0.000 | 1.670108 | 2.220782 |
| 15° | 30° | 0.166860 | 0.981 | -0.246777 | 0.580497 |
| | 45° | 0.236750 | 0.720 | -0.170340 | 0.643840 |
| | 60° | .7743000 | 0.000 | 0.368059 | 1.180541 |
| | 90° | 1.1303050 | 0.000 | 0.722242 | 1.538368 |
| | 180° | 1.7710200 | 0.000 | 1.412538 | 2.129502 |
| 30° | 45° | 0.069890 | 1.000 | -0.315864 | 0.455644 |
| | 60° | .6074400 | 0.000 | 0.222607 | 0.992273 |
| | 90° | .9634450 | 0.000 | 0.576636 | 1.350254 |
| | 180° | 1.6041600 | 0.000 | 1.271901 | 1.936419 |
| 45° | 60° | .5375500 | 0.001 | 0.160034 | 0.915066 |
| | 90° | .8935550 | 0.000 | 0.514005 | 1.273105 |
| | 180° | 1.5342700 | 0.000 | 1.211193 | 1.857347 |
| 60° | 90° | 0.356005 | 0.082 | -0.022601 | 0.734611 |
| | 180° | .9967200 | 0.000 | 0.674846 | 1.318594 |
| 90° | 180° | .6407150 | 0.000 | 0.316263 | 0.965167 |

Tabela III.46 – Rezultati naknadnog testa (Dunett's T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm - procenat belih piksela

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD 90 12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.047085 | 1.000 | -0.273750 | 0.367920 |
| | 30° | 0.163535 | 0.976 | -0.242269 | 0.569339 |
| | 45° | 0.337385 | 0.111 | -0.037676 | 0.712446 |
| | 60° | .6007600 | 0.000 | 0.294671 | 0.906849 |
| | 90° | .6727200 | 0.000 | 0.401632 | 0.943808 |
| | 180° | 1.7707950 | 0.000 | 1.425642 | 2.115948 |
| 15° | 30° | 0.116450 | 1.000 | -0.318066 | 0.550966 |
| | 45° | 0.290300 | 0.395 | -0.116709 | 0.697309 |
| | 60° | .5536750 | 0.000 | 0.205808 | 0.901542 |
| | 90° | .6256350 | 0.000 | 0.305884 | 0.945386 |
| | 180° | 1.7237100 | 0.000 | 1.342850 | 2.104570 |
| 30° | 45° | 0.173850 | 0.993 | -0.297181 | 0.644881 |
| | 60° | .4372250 | 0.040 | 0.011879 | 0.862571 |
| | 90° | .5091850 | 0.006 | 0.104145 | 0.914225 |

| | | | | | |
|--------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | 180° | 1.6072600 | 0.000 | 1.156884 | 2.057636 |
| 45° | 60° | 0.263375 | 0.509 | -0.133492 | 0.660242 |
| | 90° | 0.335335 | 0.113 | -0.038868 | 0.709538 |
| | 180° | 1.4334100 | 0.000 | 1.008985 | 1.857835 |
| 60° | 90° | 0.071960 | 1.000 | -0.232966 | 0.376886 |
| | 180° | 1.1700350 | 0.000 | 0.800421 | 1.539649 |
| 90° | 180° | 1.0980750 | 0.000 | 0.753893 | 1.442257 |
| CD_115_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.158870 | 0.970 | -0.238167 | 0.554307 |
| | 30° | 0.140675 | 0.916 | -0.163407 | 0.444757 |
| | 45° | .3460400 | 0.001 | 0.106902 | 0.585178 |
| | 60° | .9868200 | 0.000 | 0.768549 | 1.205091 |
| | 90° | 1.1679050 | 0.000 | 0.936506 | 1.399304 |
| | 180° | 1.9964300 | 0.000 | 1.696693 | 2.296167 |
| 15° | 30° | -0.017395 | 1.000 | -0.469943 | 0.435153 |
| | 45° | 0.187970 | 0.942 | -0.232604 | 0.608544 |
| | 60° | .8287500 | 0.000 | 0.416720 | 1.240780 |
| | 90° | 1.0098350 | 0.000 | 0.592531 | 1.427139 |
| 30° | 180° | 1.8383600 | 0.000 | 1.388193 | 2.288527 |
| | 45° | 0.205365 | 0.652 | -0.133103 | 0.543833 |
| | 60° | .8461450 | 0.000 | 0.519573 | 1.172717 |
| | 90° | 1.0272300 | 0.000 | 0.693289 | 1.361171 |
| 45° | 180° | 1.8557550 | 0.000 | 1.477687 | 2.233823 |
| | 60° | .6407800 | 0.000 | 0.370783 | 0.910777 |
| | 90° | .8218650 | 0.000 | 0.542161 | 1.101569 |
| | 180° | 1.6503900 | 0.000 | 1.315625 | 1.985155 |
| 60° | 90° | 0.181085 | 0.459 | -0.082501 | 0.444671 |
| | 180° | 1.0096100 | 0.000 | 0.686947 | 1.332273 |
| 90° | 180° | .8285250 | 0.000 | 0.498363 | 1.158687 |
| CD_130_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -.5972850 | 0.003 | -1.050642 | -0.143928 |
| | 30° | -.4280650 | 0.040 | -0.845071 | -0.011059 |
| | 45° | -0.283425 | 0.566 | -0.735242 | 0.168392 |
| | 60° | -0.206100 | 0.910 | -0.647719 | 0.235519 |
| | 90° | .4163200 | 0.003 | 0.098782 | 0.733858 |
| | 180° | 1.9447550 | 0.000 | 1.644058 | 2.245452 |
| 15° | 30° | 0.169220 | 0.999 | -0.375958 | 0.714398 |
| | 45° | 0.313860 | 0.790 | -0.255339 | 0.883059 |
| | 60° | 0.391185 | 0.438 | -0.170837 | 0.953207 |
| | 90° | 1.0136050 | 0.000 | 0.528417 | 1.498793 |
| 30° | 180° | 2.5420400 | 0.000 | 2.065535 | 3.018545 |
| | 45° | 0.144640 | 1.000 | -0.399368 | 0.688648 |
| | 60° | 0.221965 | 0.976 | -0.314350 | 0.758280 |
| | 90° | .8443850 | 0.000 | 0.391793 | 1.296977 |
| 45° | 180° | 2.3728200 | 0.000 | 1.929880 | 2.815760 |
| | 60° | 0.077325 | 1.000 | -0.483580 | 0.638230 |
| | 90° | .6997450 | 0.001 | 0.215951 | 1.183539 |
| | 180° | 2.2281800 | 0.000 | 1.753107 | 2.703253 |
| 60° | 90° | .6224200 | 0.003 | 0.147834 | 1.097006 |
| | 180° | 2.1508550 | 0.000 | 1.685247 | 2.616463 |
| 90° | 180° | 1.5284350 | 0.000 | 1.173538 | 1.883332 |
| CD_150_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.110785 | 1.000 | -0.316704 | 0.538274 |
| | 30° | 0.135245 | 0.988 | -0.217900 | 0.488390 |
| | 45° | 0.149365 | 0.996 | -0.280606 | 0.579336 |
| | 60° | .5550800 | 0.003 | 0.134817 | 0.975343 |
| | 90° | 1.2498800 | 0.000 | 0.852402 | 1.647358 |
| | 180° | 3.3883350 | 0.000 | 2.996078 | 3.780592 |
| 15° | 30° | 0.024460 | 1.000 | -0.360283 | 0.409203 |
| | 45° | 0.038580 | 1.000 | -0.415473 | 0.492633 |
| | 60° | 0.444295 | 0.051 | -0.000836 | 0.889426 |
| | 90° | 1.1390950 | 0.000 | 0.714737 | 1.563453 |
| 30° | 180° | 3.2775500 | 0.000 | 2.857915 | 3.697185 |
| | 45° | 0.014120 | 1.000 | -0.373525 | 0.401765 |
| | 60° | .4198350 | 0.019 | 0.043589 | 0.796081 |
| | 90° | 1.1146350 | 0.000 | 0.765679 | 1.463591 |
| 45° | 180° | 3.2530900 | 0.000 | 2.910510 | 3.595670 |
| | 60° | 0.405715 | 0.107 | -0.041752 | 0.853182 |
| | 90° | 1.1005150 | 0.000 | 0.673648 | 1.527382 |
| | 180° | 3.2389700 | 0.000 | 2.816784 | 3.661156 |
| 60° | 90° | .6948000 | 0.000 | 0.277750 | 1.111850 |
| | 180° | 2.8332550 | 0.000 | 2.421056 | 3.245454 |
| 90° | 180° | 2.1384550 | 0.000 | 1.749767 | 2.527143 |
| CD_170_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .4670900 | 0.011 | 0.070294 | 0.863886 |
| | 30° | .4814700 | 0.040 | 0.013456 | 0.949484 |
| | 45° | .9499900 | 0.000 | 0.393575 | 1.506405 |
| | 60° | 1.3598550 | 0.000 | 0.872823 | 1.846887 |
| | 90° | 2.2560900 | 0.000 | 1.899757 | 2.612423 |
| | 180° | 3.7963850 | 0.000 | 3.479624 | 4.113146 |
| 15° | 30° | 0.014380 | 1.000 | -0.513566 | 0.542326 |
| | 45° | 0.482900 | 0.229 | -0.121388 | 1.087188 |
| | 60° | .8927650 | 0.000 | 0.348789 | 1.436741 |
| | 90° | 1.7890000 | 0.000 | 1.348981 | 2.229019 |
| 180° | 3.3292950 | 0.000 | 2.917020 | 3.741570 | |

| | | | | | |
|-----|------|-----------|-------|-----------|----------|
| 30° | 45° | 0.468520 | 0.368 | -0.176799 | 1.113839 |
| | 60° | .8783850 | 0.001 | 0.287026 | 1.469744 |
| | 90° | 1.7746200 | 0.000 | 1.271930 | 2.277310 |
| | 180° | 3.3149150 | 0.000 | 2.834650 | 3.795180 |
| 45° | 60° | 0.409865 | 0.615 | -0.247406 | 1.067136 |
| | 90° | 1.3061000 | 0.000 | 0.722247 | 1.889953 |
| | 180° | 2.8463950 | 0.000 | 2.280358 | 3.412432 |
| 60° | 90° | .8962350 | 0.000 | 0.376343 | 1.416127 |
| | 180° | 2.4365300 | 0.000 | 1.937915 | 2.935145 |
| 90° | 180° | 1.5402950 | 0.000 | 1.165938 | 1.914652 |

Odnos obima i površine oštećenja

Tabela III.47 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na udaljenost fotografisanja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – odnos obima i površine

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|------------|---------------------|-----|-----|----------------------|------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_0 | .419 | 2 | 57 | .660* | CD_90_0 | 3.716 | 2 | 57 | .030 |
| MD_115_0 | 4.009 | 2 | 57 | .023 | CD_115_0 | 4.834 | 2 | 57 | .012 |
| MD_130_0 | 2.057 | 2 | 57 | .137* | CD_130_0 | .212 | 2 | 57 | .810* |
| MD_150_0 | 5.654 | 2 | 57 | .006 | CD_150_0 | 1.633 | 2 | 57 | .204* |
| MD_170_0 | 3.678 | 2 | 57 | .031 | CD_170_0 | 3.616 | 2 | 57 | .033 |
| MD_90_15 | 1.772 | 2 | 57 | .179* | CD_90_15 | 3.153 | 2 | 57 | .050 |
| MD_115_15 | .640 | 2 | 57 | .531* | CD_115_15 | 1.348 | 2 | 57 | .268* |
| MD_130_15 | .239 | 2 | 57 | .788* | CD_130_15 | 1.790 | 2 | 57 | .176* |
| MD_150_15 | 1.360 | 2 | 57 | .265* | CD_150_15 | 1.782 | 2 | 57 | .178* |
| MD_170_15 | 3.096 | 2 | 57 | .053* | CD_170_15 | 1.989 | 2 | 57 | .146* |
| MD_90_30 | .937 | 2 | 57 | .398* | CD_90_30 | 5.802 | 2 | 57 | .005 |
| MD_115_30 | 3.027 | 2 | 57 | .056* | CD_115_30 | 2.286 | 2 | 57 | .111* |
| MD_130_30 | .804 | 2 | 57 | .453* | CD_130_30 | 1.535 | 2 | 57 | .224* |
| MD_150_30 | .315 | 2 | 57 | .731* | CD_150_30 | 5.131 | 2 | 57 | .009 |
| MD_170_30 | 1.990 | 2 | 57 | .146* | CD_170_30 | 5.195 | 2 | 57 | .008 |
| MD_90_45 | 1.032 | 2 | 57 | .363* | CD_90_45 | .649 | 2 | 57 | .527* |
| MD_115_45 | .961 | 2 | 57 | .388* | CD_115_45 | 1.965 | 2 | 57 | .150* |
| MD_130_45 | 2.363 | 2 | 57 | .103* | CD_130_45 | .458 | 2 | 57 | .635* |
| MD_150_45 | .780 | 2 | 57 | .463* | CD_150_45 | 13.552 | 2 | 57 | .000 |
| MD_170_45 | 1.434 | 2 | 57 | .247* | CD_170_45 | 8.311 | 2 | 57 | .001 |
| MD_90_60 | .690 | 2 | 57 | .506* | CD_90_60 | .444 | 2 | 57 | .643* |
| MD_115_60 | .056 | 2 | 57 | .946* | CD_115_60 | 2.572 | 2 | 57 | .085* |
| MD_130_60 | .094 | 2 | 57 | .910* | CD_130_60 | .356 | 2 | 57 | .702* |
| MD_150_60 | .647 | 2 | 57 | .527* | CD_150_60 | 4.455 | 2 | 57 | .016 |
| MD_170_60 | 2.029 | 2 | 57 | .141* | CD_170_60 | 5.337 | 2 | 57 | .008 |
| MD_90_90 | .211 | 2 | 57 | .810* | CD_90_90 | 3.356 | 2 | 57 | .042 |
| MD_115_90 | 2.501 | 2 | 57 | .091* | CD_115_90 | 3.299 | 2 | 57 | .044* |
| MD_130_90 | 1.526 | 2 | 57 | .226* | CD_130_90 | .308 | 2 | 57 | .736* |
| MD_150_90 | .053 | 2 | 57 | .949* | CD_150_90 | 1.595 | 2 | 57 | .212* |
| MD_170_90 | 2.221 | 2 | 57 | .118* | CD_170_90 | .508 | 2 | 57 | .604* |
| MD_90_180 | .105 | 2 | 57 | .901* | CD_90_180 | 8.330 | 2 | 57 | .001 |
| MD_115_180 | .807 | 2 | 57 | .451* | CD_115_180 | 1.443 | 2 | 57 | .245* |
| MD_130_180 | 1.646 | 2 | 57 | .202* | CD_130_180 | 2.774 | 2 | 57 | .071* |
| MD_150_180 | 2.066 | 2 | 57 | .136* | CD_150_180 | 1.346 | 2 | 57 | .268* |
| MD_170_180 | 3.906 | 2 | 57 | .026 | CD_170_180 | 1.977 | 2 | 57 | .148* |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.48 – ANOVA - podgrupe po udaljenosti fotografisanja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – procenat belih piksela

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti | Eta kvadrat |
|-----------|---------------|--------------|--------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|-------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | | |
| MD_90_0 | .829 | .041 | 0.871 | 6 | 133 | 139 | 574.550 | 0.000* | 0.95274 |
| MD_115_0 | .190 | .061 | 0.250 | 6 | 133 | 139 | 89.318 | 0.000* | 0.75810 |
| MD_130_0 | .318 | .095 | 0.413 | 6 | 133 | 139 | 95.491 | 0.000* | 0.77014 |
| MD_150_0 | .367 | .021 | 0.388 | 6 | 133 | 139 | 497.188 | 0.000* | 0.94579 |
| MD_170_0 | .236 | .036 | 0.272 | 6 | 133 | 139 | 185.156 | 0.000* | 0.86661 |
| MD_90_15 | .732 | .351 | 1.083 | 6 | 133 | 139 | 59.528 | 0.000* | 0.67624 |
| MD_115_15 | .810 | .264 | 1.074 | 6 | 133 | 139 | 87.435 | 0.000* | 0.75417 |
| MD_130_15 | .907 | .215 | 1.122 | 6 | 133 | 139 | 120.374 | 0.000* | 0.80856 |
| MD_150_15 | .603 | .139 | 0.741 | 6 | 133 | 139 | 123.939 | 0.000* | 0.81304 |
| MD_170_15 | .162 | .108 | 0.270 | 6 | 133 | 139 | 42.798 | 0.000* | 0.60027 |
| MD_90_30 | .579 | .350 | 0.929 | 6 | 133 | 139 | 47.163 | 0.000* | 0.62333 |
| MD_115_30 | 1.337 | .239 | 1.575 | 6 | 133 | 139 | 159.617 | 0.000* | 0.84850 |
| MD_130_30 | .919 | .272 | 1.191 | 6 | 133 | 139 | 96.227 | 0.000* | 0.77150 |
| MD_150_30 | .855 | .176 | 1.031 | 6 | 133 | 139 | 138.357 | 0.000* | 0.82920 |
| MD_170_30 | .258 | .075 | 0.333 | 6 | 133 | 139 | 98.140 | 0.000* | 0.77495 |
| MD_90_45 | .808 | .347 | 1.155 | 6 | 133 | 139 | 66.286 | 0.000* | 0.69932 |
| MD_115_45 | 1.312 | .409 | 1.721 | 6 | 133 | 139 | 91.319 | 0.000* | 0.76214 |
| MD_130_45 | .960 | .219 | 1.178 | 6 | 133 | 139 | 124.930 | 0.000* | 0.81425 |
| MD_150_45 | .291 | .121 | 0.412 | 6 | 133 | 139 | 68.804 | 0.000* | 0.70710 |
| MD_170_45 | .139 | .101 | 0.240 | 6 | 133 | 139 | 39.222 | 0.000* | 0.57916 |
| MD_90_60 | .707 | .369 | 1.076 | 6 | 133 | 139 | 54.646 | 0.000* | 0.65723 |
| MD_115_60 | .874 | .318 | 1.192 | 6 | 133 | 139 | 78.256 | 0.000* | 0.73304 |

| | | | | | | | | | |
|------------|-------|------|-------|---|-----|-----|----------|--------|---------|
| MD_130_60 | .837 | .251 | 1.088 | 6 | 133 | 139 | 95.035 | 0.000* | 0.76930 |
| MD_150_60 | .544 | .144 | 0.687 | 6 | 133 | 139 | 107.718 | 0.000* | 0.79078 |
| MD_170_60 | .159 | .088 | 0.247 | 6 | 133 | 139 | 51.733 | 0.000* | 0.64478 |
| MD_90_90 | .515 | .320 | 0.835 | 6 | 133 | 139 | 45.868 | 0.000* | 0.61677 |
| MD_115_90 | .782 | .381 | 1.164 | 6 | 133 | 139 | 58.495 | 0.000* | 0.67239 |
| MD_130_90 | 1.166 | .322 | 1.488 | 6 | 133 | 139 | 103.236 | 0.000* | 0.78366 |
| MD_150_90 | .575 | .150 | 0.724 | 6 | 133 | 139 | 109.377 | 0.000* | 0.79329 |
| MD_170_90 | .192 | .188 | 0.380 | 6 | 133 | 139 | 29.118 | 0.000* | 0.50536 |
| MD_90_180 | .439 | .400 | 0.839 | 6 | 133 | 139 | 31.278 | 0.000* | 0.52323 |
| MD_115_180 | .402 | .528 | 0.930 | 6 | 133 | 139 | 21.667 | 0.000* | 0.43190 |
| MD_130_180 | .663 | .349 | 1.012 | 6 | 133 | 139 | 54.118 | 0.000* | 0.65504 |
| MD_150_180 | .832 | .357 | 1.189 | 6 | 133 | 139 | 66.459 | 0.000* | 0.69987 |
| MD_170_180 | .461 | .224 | 0.685 | 6 | 133 | 139 | 58.818 | 0.000* | 0.67361 |
| CD_90_0 | .402 | .036 | 0.439 | 6 | 133 | 139 | 316.557 | 0.000* | 0.91740 |
| CD_115_0 | .169 | .022 | 0.192 | 6 | 133 | 139 | 218.269 | 0.000* | 0.88451 |
| CD_130_0 | .378 | .009 | 0.387 | 6 | 133 | 139 | 1200.769 | 0.000* | 0.97682 |
| CD_150_0 | .229 | .006 | 0.235 | 6 | 133 | 139 | 1120.492 | 0.000* | 0.97520 |
| CD_170_0 | .149 | .012 | 0.161 | 6 | 133 | 139 | 345.563 | 0.000* | 0.92381 |
| CD_90_15 | .427 | .353 | 0.780 | 6 | 133 | 139 | 34.522 | 0.000* | 0.54778 |
| CD_115_15 | .686 | .090 | 0.776 | 6 | 133 | 139 | 217.306 | 0.000* | 0.88405 |
| CD_130_15 | .443 | .134 | 0.577 | 6 | 133 | 139 | 93.924 | 0.000* | 0.76720 |
| CD_150_15 | .155 | .040 | 0.194 | 6 | 133 | 139 | 111.423 | 0.000* | 0.79632 |
| CD_170_15 | .113 | .021 | 0.134 | 6 | 133 | 139 | 151.202 | 0.000* | 0.84140 |
| CD_90_30 | .335 | .291 | 0.626 | 6 | 133 | 139 | 32.754 | 0.000* | 0.53473 |
| CD_115_30 | .669 | .111 | 0.780 | 6 | 133 | 139 | 171.459 | 0.000* | 0.85747 |
| CD_130_30 | .411 | .058 | 0.469 | 6 | 133 | 139 | 203.764 | 0.000* | 0.87729 |
| CD_150_30 | .237 | .047 | 0.284 | 6 | 133 | 139 | 143.043 | 0.000* | 0.83386 |
| CD_170_30 | .251 | .058 | 0.308 | 6 | 133 | 139 | 123.411 | 0.000* | 0.81239 |
| CD_90_45 | .509 | .188 | 0.697 | 6 | 133 | 139 | 77.319 | 0.000* | 0.73067 |
| CD_115_45 | .900 | .140 | 1.041 | 6 | 133 | 139 | 182.679 | 0.000* | 0.86504 |
| CD_130_45 | .485 | .109 | 0.594 | 6 | 133 | 139 | 126.267 | 0.000* | 0.81585 |
| CD_150_45 | .307 | .064 | 0.371 | 6 | 133 | 139 | 136.939 | 0.000* | 0.82773 |
| CD_170_45 | .152 | .094 | 0.245 | 6 | 133 | 139 | 46.114 | 0.000* | 0.61804 |
| CD_90_60 | .447 | .275 | 0.722 | 6 | 133 | 139 | 46.406 | 0.000* | 0.61952 |
| CD_115_60 | .644 | .228 | 0.872 | 6 | 133 | 139 | 80.499 | 0.000* | 0.73853 |
| CD_130_60 | .766 | .158 | 0.924 | 6 | 133 | 139 | 138.137 | 0.000* | 0.82897 |
| CD_150_60 | .311 | .145 | 0.456 | 6 | 133 | 139 | 61.060 | 0.000* | 0.68178 |
| CD_170_60 | .104 | .146 | 0.250 | 6 | 133 | 139 | 20.238 | 0.000* | 0.41524 |
| CD_90_90 | .628 | .298 | 0.927 | 6 | 133 | 139 | 60.079 | 0.000* | 0.67825 |
| CD_115_90 | .830 | .229 | 1.060 | 6 | 133 | 139 | 103.232 | 0.000* | 0.78365 |
| CD_130_90 | .806 | .145 | 0.951 | 6 | 133 | 139 | 158.321 | 0.000* | 0.84745 |
| CD_150_90 | .421 | .094 | 0.515 | 6 | 133 | 139 | 127.546 | 0.000* | 0.81736 |
| CD_170_90 | .199 | .120 | 0.319 | 6 | 133 | 139 | 47.286 | 0.000* | 0.62394 |
| CD_90_180 | .434 | .748 | 1.182 | 6 | 133 | 139 | 16.552 | 0.000* | 0.36740 |
| CD_115_180 | .623 | .440 | 1.063 | 6 | 133 | 139 | 40.341 | 0.000* | 0.58600 |
| CD_130_180 | .728 | .296 | 1.024 | 6 | 133 | 139 | 70.126 | 0.000* | 0.71103 |
| CD_150_180 | .368 | .465 | 0.832 | 6 | 133 | 139 | 22.545 | 0.000* | 0.44167 |
| CD_170_180 | .674 | .163 | 0.837 | 6 | 133 | 139 | 117.508 | 0.000* | 0.80481 |

*Potvrđena statistička značajna razlika pri $p < 0.05$

Tabela III.49 – Brown-Forsythe test - podgrupe po udaljenosti fotografisanja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – odnos obima i površine

| Brown-Forsythe | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----|--------|----------------------|-----------|-------------------------|-----|--------|----------------------|
| Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_0 | 574.550 | 2 | 56.099 | .000 | CD_90_0 | 316.557 | 2 | 39.642 | .000 |
| MD_115_0 | 89.318 | 2 | 47.578 | .000 | CD_115_0 | 218.269 | 2 | 48.495 | .000 |
| MD_130_0 | 95.491 | 2 | 52.087 | .000 | CD_130_0 | 1200.769 | 2 | 55.912 | .000 |
| MD_150_0 | 497.188 | 2 | 46.217 | .000 | CD_150_0 | 1120.492 | 2 | 44.581 | .000 |
| MD_170_0 | 185.156 | 2 | 49.191 | .000 | CD_170_0 | 345.563 | 2 | 48.997 | .000 |
| MD_90_15 | 59.528 | 2 | 53.074 | .000 | CD_90_15 | 34.522 | 2 | 51.675 | .000 |
| MD_115_15 | 87.435 | 2 | 55.679 | .000 | CD_115_15 | 217.306 | 2 | 50.714 | .000 |
| MD_130_15 | 120.374 | 2 | 54.855 | .000 | CD_130_15 | 93.924 | 2 | 52.197 | .000 |
| MD_150_15 | 123.939 | 2 | 50.744 | .000 | CD_150_15 | 111.423 | 2 | 46.690 | .000 |
| MD_170_15 | 42.798 | 2 | 49.646 | .000 | CD_170_15 | 151.202 | 2 | 49.428 | .000 |
| MD_90_30 | 47.163 | 2 | 54.660 | .000 | CD_90_30 | 32.754 | 2 | 47.837 | .000 |
| MD_115_30 | 159.617 | 2 | 45.598 | .000 | CD_115_30 | 171.459 | 2 | 47.477 | .000 |
| MD_130_30 | 96.227 | 2 | 51.207 | .000 | CD_130_30 | 203.764 | 2 | 52.441 | .000 |
| MD_150_30 | 138.357 | 2 | 55.317 | .000 | CD_150_30 | 143.043 | 2 | 43.450 | .000 |
| MD_170_30 | 98.140 | 2 | 52.392 | .000 | CD_170_30 | 123.411 | 2 | 41.326 | .000 |
| MD_90_45 | 66.286 | 2 | 46.029 | .000 | CD_90_45 | 77.319 | 2 | 53.973 | .000 |
| MD_115_45 | 91.319 | 2 | 55.147 | .000 | CD_115_45 | 182.679 | 2 | 50.973 | .000 |
| MD_130_45 | 124.930 | 2 | 53.123 | .000 | CD_130_45 | 126.267 | 2 | 55.097 | .000 |
| MD_150_45 | 68.804 | 2 | 48.121 | .000 | CD_150_45 | 136.939 | 2 | 31.419 | .000 |
| MD_170_45 | 39.222 | 2 | 55.240 | .000 | CD_170_45 | 46.114 | 2 | 42.298 | .000 |
| MD_90_60 | 54.646 | 2 | 54.506 | .000 | CD_90_60 | 46.406 | 2 | 54.626 | .000 |
| MD_115_60 | 78.256 | 2 | 56.715 | .000 | CD_115_60 | 80.499 | 2 | 50.582 | .000 |
| MD_130_60 | 95.035 | 2 | 56.547 | .000 | CD_130_60 | 138.137 | 2 | 56.307 | .000 |
| MD_150_60 | 107.718 | 2 | 54.990 | .000 | CD_150_60 | 61.060 | 2 | 41.962 | .000 |
| MD_170_60 | 51.733 | 2 | 50.137 | .000 | CD_170_60 | 20.238 | 2 | 45.901 | .000 |
| MD_90_90 | 45.868 | 2 | 56.209 | .000 | CD_90_90 | 60.079 | 2 | 49.140 | .000 |
| MD_115_90 | 58.495 | 2 | 48.609 | .000 | CD_115_90 | 103.232 | 2 | 45.623 | .000 |
| MD_130_90 | 103.236 | 2 | 53.578 | .000 | CD_130_90 | 158.321 | 2 | 54.502 | .000 |

| | | | | | | | | | |
|------------|---------|---|--------|------|------------|---------|---|--------|------|
| MD_150_90 | 109.377 | 2 | 55.944 | .000 | CD_150_90 | 127.546 | 2 | 48.901 | .000 |
| MD_170_90 | 29.118 | 2 | 46.841 | .000 | CD_170_90 | 47.286 | 2 | 55.706 | .000 |
| MD_90_180 | 31.278 | 2 | 56.416 | .000 | CD_90_180 | 16.552 | 2 | 45.970 | .000 |
| MD_115_180 | 21.667 | 2 | 54.950 | .000 | CD_115_180 | 40.341 | 2 | 53.595 | .000 |
| MD_130_180 | 54.118 | 2 | 54.006 | .000 | CD_130_180 | 70.126 | 2 | 47.504 | .000 |
| MD_150_180 | 66.459 | 2 | 50.433 | .000 | CD_150_180 | 22.545 | 2 | 53.287 | .000 |
| MD_170_180 | 58.818 | 2 | 49.861 | .000 | CD_170_180 | 117.508 | 2 | 51.472 | .000 |

*Potvrđena statistička značajna razlika pri p<0.05

Tabela III.50 - Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja – odnos obima i površine

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2495200* | 0.000 | 0.228041 | 0.270999 |
| | 12 cm | .2493200* | 0.000 | 0.227492 | 0.271148 |
| 21 cm | 12 cm | -0.000200 | 1.000 | -0.020436 | 0.020036 |
| MD_115_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0505050* | 0.000 | 0.029034 | 0.071976 |
| | 12 cm | .1362100* | 0.000 | 0.109218 | 0.163202 |
| 21 cm | 12 cm | .0857050* | 0.000 | 0.057178 | 0.114232 |
| MD_130_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0969600* | 0.000 | 0.063570 | 0.130350 |
| | 12 cm | .1780600* | 0.000 | 0.143548 | 0.212572 |
| 21 cm | 12 cm | .0811000* | 0.000 | 0.052543 | 0.109657 |
| MD_150_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1527200* | 0.000 | 0.136647 | 0.168793 |
| | 12 cm | .1764450* | 0.000 | 0.159547 | 0.193343 |
| 21 cm | 12 cm | .0237250* | 0.000 | 0.011339 | 0.036111 |
| MD_170_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0238750* | 0.035 | 0.001352 | 0.046398 |
| | 12 cm | .1433500* | 0.000 | 0.124923 | 0.161777 |
| 21 cm | 12 cm | .1194750* | 0.000 | 0.100613 | 0.138337 |
| MD_90_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0719450* | 0.032 | 0.004946 | 0.138944 |
| | 12 cm | .2619150* | 0.000 | 0.200155 | 0.323675 |
| 21 cm | 12 cm | .1899700* | 0.000 | 0.133180 | 0.246760 |
| MD_115_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1898700* | 0.000 | 0.133367 | 0.246373 |
| | 12 cm | .2785600* | 0.000 | 0.226395 | 0.330725 |
| 21 cm | 12 cm | .0886900* | 0.000 | 0.036363 | 0.141017 |
| MD_130_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2449100* | 0.000 | 0.199959 | 0.289861 |
| | 12 cm | .2742450* | 0.000 | 0.223627 | 0.324863 |
| 21 cm | 12 cm | 0.029335 | 0.376 | -0.020254 | 0.078924 |
| MD_150_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2285350* | 0.000 | 0.191083 | 0.265987 |
| | 12 cm | .1919600* | 0.000 | 0.148576 | 0.235344 |
| 21 cm | 12 cm | -.0365750* | 0.045 | -0.072505 | -0.000645 |
| MD_170_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1061950* | 0.000 | 0.072722 | 0.139668 |
| | 12 cm | .1140800* | 0.000 | 0.075483 | 0.152677 |
| 21 cm | 12 cm | 0.007885 | 0.891 | -0.023184 | 0.038954 |
| MD_90_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1575100* | 0.000 | 0.093150 | 0.221870 |
| | 12 cm | .2363350* | 0.000 | 0.172482 | 0.300188 |
| 21 cm | 12 cm | .0788250* | 0.004 | 0.021733 | 0.135917 |
| MD_115_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2816200* | 0.000 | 0.225382 | 0.337858 |
| | 12 cm | .3427250* | 0.000 | 0.287314 | 0.398136 |
| 21 cm | 12 cm | .0611050* | 0.002 | 0.020060 | 0.102150 |
| MD_130_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2515750* | 0.000 | 0.200674 | 0.302476 |
| | 12 cm | .2722400* | 0.000 | 0.211658 | 0.332822 |
| 21 cm | 12 cm | 0.020665 | 0.687 | -0.031457 | 0.072787 |
| MD_150_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2630550* | 0.000 | 0.219033 | 0.307077 |
| | 12 cm | .2421950* | 0.000 | 0.196115 | 0.288275 |
| 21 cm | 12 cm | -0.020860 | 0.512 | -0.062251 | 0.020531 |
| MD_170_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1434250* | 0.000 | 0.116467 | 0.170383 |
| | 12 cm | .1341850* | 0.000 | 0.102771 | 0.165599 |
| 21 cm | 12 cm | -0.009240 | 0.782 | -0.036639 | 0.018159 |
| MD_90_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1698150* | 0.000 | 0.100799 | 0.238831 |
| | 12 cm | .2823050* | 0.000 | 0.217307 | 0.347303 |
| 21 cm | 12 cm | .1124900* | 0.000 | 0.062110 | 0.162870 |
| MD_115_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2894200* | 0.000 | 0.225057 | 0.353783 |
| | 12 cm | .3332600* | 0.000 | 0.262269 | 0.404251 |
| 21 cm | 12 cm | 0.043840 | 0.269 | -0.021275 | 0.108955 |
| MD_130_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2626200* | 0.000 | 0.213784 | 0.311456 |
| | 12 cm | .2735750* | 0.000 | 0.220682 | 0.326468 |

| | | | | | |
|------------|-------|------------|-------|-----------|-----------|
| 21 cm | 12 cm | 0.010955 | 0.903 | -0.033914 | 0.055824 |
| MD_150_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1556500' | 0.000 | 0.116622 | 0.194678 |
| | 12 cm | .1383450' | 0.000 | 0.099009 | 0.177681 |
| 21 cm | 12 cm | -0.017305 | 0.406 | -0.047567 | 0.012957 |
| MD_170_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1003250' | 0.000 | 0.065367 | 0.135283 |
| | 12 cm | .1039750' | 0.000 | 0.070597 | 0.137353 |
| 21 cm | 12 cm | 0.003650 | 0.988 | -0.027670 | 0.034970 |
| MD_90_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1445350' | 0.000 | 0.079363 | 0.209707 |
| | 12 cm | .2655650' | 0.000 | 0.199032 | 0.332098 |
| 21 cm | 12 cm | .1210300' | 0.000 | 0.062520 | 0.179540 |
| MD_115_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2095150' | 0.000 | 0.149281 | 0.269749 |
| | 12 cm | .2853550' | 0.000 | 0.227663 | 0.343047 |
| 21 cm | 12 cm | .0758400' | 0.008 | 0.017041 | 0.134639 |
| MD_130_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2551400' | 0.000 | 0.202827 | 0.307453 |
| | 12 cm | .2458100' | 0.000 | 0.192041 | 0.299579 |
| 21 cm | 12 cm | -0.009330 | 0.956 | -0.060234 | 0.041574 |
| MD_150_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2199100' | 0.000 | 0.180534 | 0.259286 |
| | 12 cm | .1770550' | 0.000 | 0.135050 | 0.219060 |
| 21 cm | 12 cm | -.0428550' | 0.021 | -0.080296 | -0.005414 |
| MD_170_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1201350' | 0.000 | 0.087470 | 0.152800 |
| | 12 cm | .0932950' | 0.000 | 0.059907 | 0.126683 |
| 21 cm | 12 cm | -.0268400' | 0.047 | -0.053440 | -0.000240 |
| MD_90_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0648150' | 0.031 | 0.004822 | 0.124808 |
| | 12 cm | .2207750' | 0.000 | 0.164196 | 0.277354 |
| 21 cm | 12 cm | .1559600' | 0.000 | 0.095308 | 0.216612 |
| MD_115_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2231900' | 0.000 | 0.154336 | 0.292044 |
| | 12 cm | .2575950' | 0.000 | 0.187510 | 0.327680 |
| 21 cm | 12 cm | 0.034405 | 0.318 | -0.019826 | 0.088636 |
| MD_130_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .3050600' | 0.000 | 0.245851 | 0.364269 |
| | 12 cm | .2853150' | 0.000 | 0.221494 | 0.349136 |
| 21 cm | 12 cm | -0.019745 | 0.748 | -0.074458 | 0.034968 |
| MD_150_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2213550' | 0.000 | 0.180401 | 0.262309 |
| | 12 cm | .1903900' | 0.000 | 0.148591 | 0.232189 |
| 21 cm | 12 cm | -0.030965 | 0.146 | -0.069436 | 0.007506 |
| MD_170_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1367250' | 0.000 | 0.091572 | 0.181878 |
| | 12 cm | .0879950' | 0.000 | 0.036279 | 0.139711 |
| 21 cm | 12 cm | -.0487300' | 0.011 | -0.087878 | -0.009582 |
| MD_90_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0898250' | 0.004 | 0.025230 | 0.154420 |
| | 12 cm | .2088950' | 0.000 | 0.140525 | 0.277265 |
| 21 cm | 12 cm | .1190700' | 0.000 | 0.053848 | 0.184292 |
| MD_115_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.056275 | 0.217 | -0.021642 | 0.134192 |
| | 12 cm | .1947000' | 0.000 | 0.124114 | 0.265286 |
| 21 cm | 12 cm | .1384250' | 0.000 | 0.059270 | 0.217580 |
| MD_130_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0965350' | 0.002 | 0.032218 | 0.160852 |
| | 12 cm | .2549650' | 0.000 | 0.190562 | 0.319368 |
| 21 cm | 12 cm | .1584300' | 0.000 | 0.102104 | 0.214756 |
| MD_150_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0908600' | 0.005 | 0.023578 | 0.158142 |
| | 12 cm | .2825450' | 0.000 | 0.228625 | 0.336465 |
| 21 cm | 12 cm | .1916850' | 0.000 | 0.125885 | 0.257485 |
| MD_170_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1785400' | 0.000 | 0.128199 | 0.228881 |
| | 12 cm | .1927350' | 0.000 | 0.138071 | 0.247399 |
| 21 cm | 12 cm | 0.014195 | 0.796 | -0.028942 | 0.057332 |

Tabela III.51 - Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja – odnos obima i površine

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1991200' | 0.000 | 0.177249 | 0.220991 |
| | 12 cm | .1206800' | 0.000 | 0.097825 | 0.143535 |
| 21 cm | 12 cm | -.0784400' | 0.000 | -0.093055 | -0.063825 |
| CD_115_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0566600' | 0.000 | 0.040738 | 0.072582 |
| | 12 cm | .1298000' | 0.000 | 0.116479 | 0.143121 |
| 21 cm | 12 cm | .0731400' | 0.000 | 0.055797 | 0.090483 |

| CD_130_0 | | | | | | |
|-----------|-------|------------|-------|-----------|-----------|--|
| 30 cm | 21 cm | .1917250' | 0.000 | 0.182187 | 0.201263 | |
| | 12 cm | .1241200' | 0.000 | 0.113769 | 0.134471 | |
| 21 cm | 12 cm | -.0676050' | 0.000 | -0.077400 | -0.057810 | |
| CD_150_0 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1349650' | 0.000 | 0.128612 | 0.141318 | |
| | 12 cm | .1267900' | 0.000 | 0.118233 | 0.135347 | |
| 21 cm | 12 cm | -0.008175 | 0.082 | -0.017124 | 0.000774 | |
| CD_170_0 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0353000' | 0.000 | 0.025106 | 0.045494 | |
| | 12 cm | .1188000' | 0.000 | 0.105798 | 0.131802 | |
| 21 cm | 12 cm | .0835000' | 0.000 | 0.071954 | 0.095046 | |
| CD_90_15 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0744700' | 0.029 | 0.006130 | 0.142810 | |
| | 12 cm | .2042050' | 0.000 | 0.147616 | 0.260794 | |
| 21 cm | 12 cm | .1297350' | 0.000 | 0.068519 | 0.190951 | |
| CD_115_15 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1525700' | 0.000 | 0.117596 | 0.187544 | |
| | 12 cm | .2607250' | 0.000 | 0.230566 | 0.290884 | |
| 21 cm | 12 cm | .1081550' | 0.000 | 0.079187 | 0.137123 | |
| CD_130_15 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1643400' | 0.000 | 0.126605 | 0.202075 | |
| | 12 cm | .1959450' | 0.000 | 0.160792 | 0.231098 | |
| 21 cm | 12 cm | 0.031605 | 0.188 | -0.010381 | 0.073591 | |
| CD_150_15 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0814250' | 0.000 | 0.059604 | 0.103246 | |
| | 12 cm | .1220750' | 0.000 | 0.098849 | 0.145301 | |
| 21 cm | 12 cm | .0406500' | 0.000 | 0.023474 | 0.057826 | |
| CD_170_15 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0788400' | 0.000 | 0.062853 | 0.094827 | |
| | 12 cm | .1010550' | 0.000 | 0.084412 | 0.117698 | |
| 21 cm | 12 cm | .0222150' | 0.000 | 0.009201 | 0.035229 | |
| CD_90_30 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0672700' | 0.032 | 0.004764 | 0.129776 | |
| | 12 cm | .1809850' | 0.000 | 0.133701 | 0.228269 | |
| 21 cm | 12 cm | .1137150' | 0.000 | 0.054591 | 0.172839 | |
| CD_115_30 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1420000' | 0.000 | 0.102414 | 0.181586 | |
| | 12 cm | .2582550' | 0.000 | 0.223499 | 0.293011 | |
| 21 cm | 12 cm | .1162550' | 0.000 | 0.085996 | 0.146514 | |
| CD_130_30 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1626250' | 0.000 | 0.139138 | 0.186112 | |
| | 12 cm | .1862550' | 0.000 | 0.162061 | 0.210449 | |
| 21 cm | 12 cm | 0.023630 | 0.110 | -0.003881 | 0.051141 | |
| CD_150_30 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1146200' | 0.000 | 0.089736 | 0.139504 | |
| | 12 cm | .1462500' | 0.000 | 0.120965 | 0.171535 | |
| 21 cm | 12 cm | .0316300' | 0.000 | 0.013968 | 0.049292 | |
| CD_170_30 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1170450' | 0.000 | 0.089872 | 0.144218 | |
| | 12 cm | .1508000' | 0.000 | 0.121983 | 0.179617 | |
| 21 cm | 12 cm | .0337550' | 0.000 | 0.014636 | 0.052874 | |
| CD_90_45 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1129000' | 0.000 | 0.069445 | 0.156355 | |
| | 12 cm | .2256800' | 0.000 | 0.176794 | 0.274566 | |
| 21 cm | 12 cm | .1127800' | 0.000 | 0.069333 | 0.156227 | |
| CD_115_45 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1746450' | 0.000 | 0.131053 | 0.218237 | |
| | 12 cm | .2986450' | 0.000 | 0.262374 | 0.334916 | |
| 21 cm | 12 cm | .1240000' | 0.000 | 0.086319 | 0.161681 | |
| CD_130_45 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1807200' | 0.000 | 0.147997 | 0.213443 | |
| | 12 cm | .1993200' | 0.000 | 0.164983 | 0.233657 | |
| 21 cm | 12 cm | 0.018600 | 0.505 | -0.017989 | 0.055189 | |
| CD_150_45 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1301250' | 0.000 | 0.099082 | 0.161168 | |
| | 12 cm | .1666650' | 0.000 | 0.135664 | 0.197666 | |
| 21 cm | 12 cm | .0365400' | 0.000 | 0.020661 | 0.052419 | |
| CD_170_45 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0832650' | 0.000 | 0.048428 | 0.118102 | |
| | 12 cm | .1201850' | 0.000 | 0.083998 | 0.156372 | |
| 21 cm | 12 cm | .0369200' | 0.002 | 0.012382 | 0.061458 | |
| CD_90_60 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1068300' | 0.000 | 0.052722 | 0.160938 | |
| | 12 cm | .2114750' | 0.000 | 0.153046 | 0.269904 | |
| 21 cm | 12 cm | .1046450' | 0.000 | 0.052972 | 0.156318 | |
| CD_115_60 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1334050' | 0.000 | 0.078184 | 0.188626 | |
| | 12 cm | .2536650' | 0.000 | 0.203663 | 0.303667 | |
| 21 cm | 12 cm | .1202600' | 0.000 | 0.075831 | 0.164689 | |
| CD_130_60 | | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2163750' | 0.000 | 0.173842 | 0.258908 | |
| | 12 cm | .2577350' | 0.000 | 0.217857 | 0.297613 | |
| 21 cm | 12 cm | 0.041360 | 0.056 | -0.000794 | 0.083514 | |
| CD_150_60 | | | | | | |

| | | | | | |
|------------|-------|-----------|-------|-----------|----------|
| 30 cm | 21 cm | .1249300* | 0.000 | 0.080352 | 0.169508 |
| | 12 cm | .1702050* | 0.000 | 0.126168 | 0.214242 |
| 21 cm | 12 cm | .0452750* | 0.002 | 0.015053 | 0.075497 |
| CD_170_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.040470 | 0.069 | -0.002443 | 0.083383 |
| | 12 cm | .1011500* | 0.000 | 0.056922 | 0.145378 |
| 21 cm | 12 cm | .0606800* | 0.000 | 0.028359 | 0.093001 |
| CD_90_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0985500* | 0.001 | 0.035015 | 0.162085 |
| | 12 cm | .2489050* | 0.000 | 0.199418 | 0.298392 |
| 21 cm | 12 cm | .1503550* | 0.000 | 0.092304 | 0.208406 |
| CD_115_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1403750* | 0.000 | 0.083876 | 0.196874 |
| | 12 cm | .2881350* | 0.000 | 0.235731 | 0.340539 |
| 21 cm | 12 cm | .1477600* | 0.000 | 0.106809 | 0.188711 |
| CD_130_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .2378950* | 0.000 | 0.195414 | 0.280376 |
| | 12 cm | .2530750* | 0.000 | 0.213596 | 0.292554 |
| 21 cm | 12 cm | 0.015180 | 0.675 | -0.022192 | 0.052552 |
| CD_150_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1595450* | 0.000 | 0.125303 | 0.193787 |
| | 12 cm | .1913550* | 0.000 | 0.156706 | 0.226004 |
| 21 cm | 12 cm | .0318100* | 0.017 | 0.004784 | 0.058836 |
| CD_170_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .1230500* | 0.000 | 0.085155 | 0.160945 |
| | 12 cm | .1212350* | 0.000 | 0.085197 | 0.157273 |
| 21 cm | 12 cm | -0.001815 | 0.999 | -0.036366 | 0.032736 |
| CD_90_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.054475 | 0.337 | -0.034315 | 0.143265 |
| | 12 cm | .2014500* | 0.000 | 0.122858 | 0.280042 |
| 21 cm | 12 cm | .1469750* | 0.003 | 0.042829 | 0.251121 |
| CD_115_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.031200 | 0.602 | -0.038310 | 0.100710 |
| | 12 cm | .2301000* | 0.000 | 0.166250 | 0.293950 |
| 21 cm | 12 cm | .1989000* | 0.000 | 0.124369 | 0.273431 |
| CD_130_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0905300* | 0.003 | 0.027897 | 0.153163 |
| | 12 cm | .2654000* | 0.000 | 0.205030 | 0.325770 |
| 21 cm | 12 cm | .1748700* | 0.000 | 0.127696 | 0.222044 |
| CD_150_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.017700 | 0.893 | -0.052291 | 0.087691 |
| | 12 cm | .1741800* | 0.000 | 0.107837 | 0.240523 |
| 21 cm | 12 cm | .1564800* | 0.000 | 0.079181 | 0.233779 |
| CD_170_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | .0648850* | 0.004 | 0.018157 | 0.111613 |
| | 12 cm | .2501100* | 0.000 | 0.208942 | 0.291278 |
| 21 cm | 12 cm | .1852250* | 0.000 | 0.146374 | 0.224076 |

Tabela III.52 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - odnos obima i površine oštećenja

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|--------------|---------------------|-----|-----|----------------------|--------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_30 cm | 10.811 | 6 | 133 | .000 | CD_90_30 cm | 7.119 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_30 cm | .750 | 6 | 133 | .610* | CD_115_30 cm | .494 | 6 | 133 | .812* |
| MD_130_30 cm | 4.482 | 6 | 133 | .000 | CD_130_30 cm | 1.489 | 6 | 133 | .187* |
| MD_150_30 cm | 3.091 | 6 | 133 | .007 | CD_150_30 cm | 9.426 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_30 cm | 1.659 | 6 | 133 | .136* | CD_170_30 cm | 6.988 | 6 | 133 | .000 |
| MD_90_21 cm | 6.936 | 6 | 133 | .000 | CD_90_21 cm | 7.854 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_21 cm | 2.557 | 6 | 133 | .022 | CD_115_21 cm | 2.074 | 6 | 133 | .060* |
| MD_130_21 cm | 6.468 | 6 | 133 | .000 | CD_130_21 cm | 9.359 | 6 | 133 | .000 |
| MD_150_21 cm | 1.131 | 6 | 133 | .348* | CD_150_21 cm | 4.754 | 6 | 133 | .000 |
| MD_170_21 cm | 3.932 | 6 | 133 | .001 | CD_170_21 cm | 6.414 | 6 | 133 | .000 |
| MD_90_12 cm | 5.417 | 6 | 133 | .000 | CD_90_12 cm | 1.998 | 6 | 133 | .070* |
| MD_115_12 cm | 2.673 | 6 | 133 | .018 | CD_115_12 cm | 4.628 | 6 | 133 | .000 |
| MD_130_12 cm | .517 | 6 | 133 | .795* | CD_130_12 cm | 3.375 | 6 | 133 | .004 |
| MD_150_12 cm | 2.343 | 6 | 133 | .035 | CD_150_12 cm | .899 | 6 | 133 | .498* |
| MD_170_12 cm | 1.516 | 6 | 133 | .178* | CD_170_12 cm | 5.843 | 6 | 133 | .000 |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.53 – ANOVA - podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – odnos obima i površine oštećenja

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti | Eta kvadrat |
|--------------|---------------|--------------|--------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|-------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | | |
| MD_90_30 cm | 0.320 | 0.909 | 1.229 | 6 | 133 | 139 | 7.795 | 0.000 | 0.26017 |
| MD_115_30 cm | 0.664 | 0.850 | 1.514 | 6 | 133 | 139 | 17.325 | 0.000 | 0.43870 |
| MD_130_30 cm | 0.664 | 0.702 | 1.366 | 6 | 133 | 139 | 20.949 | 0.004 | 0.48588 |
| MD_150_30 cm | 1.165 | 0.421 | 1.586 | 6 | 133 | 139 | 61.247 | 0.000 | 0.73426 |
| MD_170_30 cm | 1.543 | 0.387 | 1.930 | 6 | 133 | 139 | 88.477 | 0.000 | 0.79966 |
| MD_90_21 cm | 1.413 | 0.667 | 2.080 | 6 | 133 | 139 | 46.986 | 0.000 | 0.67945 |
| MD_115_21 cm | 0.605 | 0.693 | 1.299 | 6 | 133 | 139 | 19.345 | 0.000 | 0.46602 |
| MD_130_21 cm | 0.730 | 0.421 | 1.151 | 6 | 133 | 139 | 38.466 | 0.000 | 0.63441 |

| | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|---|-----|-----|---------|-------|---------|
| MD_150_21 cm | 1.787 | 0.359 | 2.146 | 6 | 133 | 139 | 110.245 | 0.000 | 0.83259 |
| MD_170_21 cm | 0.850 | 0.168 | 1.017 | 6 | 133 | 139 | 112.366 | 0.000 | 0.83523 |
| MD_90_12 cm | 0.503 | 0.602 | 1.105 | 6 | 133 | 139 | 18.516 | 0.000 | 0.45514 |
| MD_115_12 cm | 0.295 | 0.657 | 0.952 | 6 | 133 | 139 | 9.963 | 0.000 | 0.31008 |
| MD_130_12 cm | 0.270 | 0.600 | 0.869 | 6 | 133 | 139 | 9.971 | 0.001 | 0.31027 |
| MD_150_12 cm | 0.694 | 0.326 | 1.020 | 6 | 133 | 139 | 47.189 | 0.000 | 0.68039 |
| MD_170_12 cm | 1.083 | 0.265 | 1.348 | 6 | 133 | 139 | 90.416 | 0.000 | 0.80311 |
| CD_90_30 cm | .983 | .599 | 1.582 | 6 | 133 | 139 | 36.392 | 0.000 | 0.62146 |
| CD_115_30 cm | 1.045 | .491 | 1.537 | 6 | 133 | 139 | 47.157 | 0.000 | 0.68025 |
| CD_130_30 cm | 1.476 | .338 | 1.814 | 6 | 133 | 139 | 96.725 | 0.004 | 0.81356 |
| CD_150_30 cm | 1.460 | .337 | 1.798 | 6 | 133 | 139 | 95.965 | 0.000 | 0.81236 |
| CD_170_30 cm | 1.156 | .309 | 1.465 | 6 | 133 | 139 | 82.886 | 0.000 | 0.78899 |
| CD_90_21 cm | 1.976 | .955 | 2.932 | 6 | 133 | 139 | 45.867 | 0.000 | 0.67418 |
| CD_115_21 cm | 1.297 | .483 | 1.780 | 6 | 133 | 139 | 59.574 | 0.000 | 0.72882 |
| CD_130_21 cm | 2.175 | .310 | 2.485 | 6 | 133 | 139 | 155.474 | 0.000 | 0.87522 |
| CD_150_21 cm | 2.480 | .273 | 2.753 | 6 | 133 | 139 | 201.289 | 0.000 | 0.90080 |
| CD_170_21 cm | 1.132 | .159 | 1.291 | 6 | 133 | 139 | 157.320 | 0.000 | 0.87650 |
| CD_90_12 cm | .534 | .634 | 1.168 | 6 | 133 | 139 | 18.664 | 0.000 | 0.45711 |
| CD_115_12 cm | .550 | .287 | 0.837 | 6 | 133 | 139 | 42.408 | 0.000 | 0.65673 |
| CD_130_12 cm | .530 | .261 | 0.791 | 6 | 133 | 139 | 44.977 | 0.001 | 0.66986 |
| CD_150_12 cm | 1.066 | .250 | 1.316 | 6 | 133 | 139 | 94.620 | 0.000 | 0.81019 |
| CD_170_12 cm | .420 | .146 | 0.566 | 6 | 133 | 139 | 63.849 | 0.000 | 0.74230 |

Tabela III.54 – Brown-Forsythe test - obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri skeniranju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - odnos obima i površine oštećenja

| Brown-Forsythe | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|--------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|
| Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_30 cm | 13.711 | 6 | 97.485 | .000 | CD_90_30 cm | 49.090 | 6 | 96.756 | .000 |
| MD_115_30 cm | 32.892 | 6 | 124.306 | .000 | CD_115_30 cm | 133.598 | 6 | 128.914 | .000 |
| MD_130_30 cm | 40.447 | 6 | 111.331 | .000 | CD_130_30 cm | 304.755 | 6 | 120.995 | .000 |
| MD_150_30 cm | 94.035 | 6 | 102.903 | .000 | CD_150_30 cm | 206.719 | 6 | 62.209 | .000 |
| MD_170_30 cm | 75.784 | 6 | 113.255 | .000 | CD_170_30 cm | 148.689 | 6 | 91.051 | .000 |
| MD_90_21 cm | 47.012 | 6 | 106.484 | .000 | CD_90_21 cm | 50.607 | 6 | 91.721 | .000 |
| MD_115_21 cm | 15.642 | 6 | 109.845 | .000 | CD_115_21 cm | 126.131 | 6 | 115.924 | .000 |
| MD_130_21 cm | 15.415 | 6 | 97.610 | .000 | CD_130_21 cm | 53.721 | 6 | 89.647 | .000 |
| MD_150_21 cm | 79.742 | 6 | 123.659 | .000 | CD_150_21 cm | 242.704 | 6 | 96.207 | .000 |
| MD_170_21 cm | 61.570 | 6 | 105.925 | .000 | CD_170_21 cm | 192.364 | 6 | 98.069 | .000 |
| MD_90_12 cm | 18.798 | 6 | 103.412 | .000 | CD_90_12 cm | 55.178 | 6 | 113.343 | .000 |
| MD_115_12 cm | 16.199 | 6 | 114.592 | .000 | CD_115_12 cm | 97.918 | 6 | 95.740 | .000 |
| MD_130_12 cm | 42.895 | 6 | 129.339 | .000 | CD_130_12 cm | 71.514 | 6 | 109.056 | .000 |
| MD_150_12 cm | 111.215 | 6 | 108.010 | .000 | CD_150_12 cm | 188.787 | 6 | 125.812 | .000 |
| MD_170_12 cm | 77.831 | 6 | 122.195 | .000 | CD_170_12 cm | 141.047 | 6 | 102.655 | .000 |

Tabela III.55 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .7436000 | 0.000 | 0.481666 | 1.005534 |
| | 30° | .7745800 | 0.000 | 0.420969 | 1.128191 |
| | 45° | .8252300 | 0.000 | 0.370713 | 1.279747 |
| | 60° | .9299900 | 0.000 | 0.514024 | 1.345956 |
| | 90° | 1.0637000 | 0.000 | 0.807382 | 1.320018 |
| | 180° | .7495800 | 0.000 | 0.442607 | 1.056553 |
| 15° | 30° | 0.030980 | 1.000 | -0.367860 | 0.429820 |
| | 45° | 0.081630 | 1.000 | -0.405811 | 0.569071 |
| | 60° | 0.186390 | 0.973 | -0.266427 | 0.639207 |
| | 90° | 0.320100 | 0.054 | -0.002637 | 0.642837 |
| 30° | 180° | 0.005980 | 1.000 | -0.354807 | 0.366767 |
| | 45° | 0.050650 | 1.000 | -0.480188 | 0.581488 |
| | 60° | 0.155410 | 0.999 | -0.345264 | 0.656084 |
| | 90° | 0.289120 | 0.354 | -0.106758 | 0.684998 |
| 45° | 180° | -0.025000 | 1.000 | -0.449779 | 0.399779 |
| | 60° | 0.104760 | 1.000 | -0.462906 | 0.672426 |
| | 90° | 0.238470 | 0.881 | -0.246773 | 0.723713 |
| | 180° | -0.075650 | 1.000 | -0.582683 | 0.431383 |
| 60° | 90° | 0.133710 | 0.999 | -0.316658 | 0.584078 |
| | 180° | -0.180410 | 0.989 | -0.654954 | 0.294134 |
| 90° | 180° | -0.314120 | 0.131 | -0.671460 | 0.043220 |
| MD_115_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .7494750 | 0.000 | 0.394340 | 1.104610 |
| | 30° | .8203250 | 0.000 | 0.468670 | 1.171980 |
| | 45° | .9353300 | 0.000 | 0.555574 | 1.315086 |
| | 60° | 1.1380600 | 0.000 | 0.811021 | 1.465099 |
| | 90° | 1.3804900 | 0.000 | 1.065410 | 1.695570 |
| | 180° | 1.4307400 | 0.000 | 1.049167 | 1.812313 |
| 15° | 30° | 0.070850 | 1.000 | -0.329649 | 0.471349 |
| | 45° | 0.185855 | 0.960 | -0.238118 | 0.609828 |
| | 60° | .3885850 | 0.042 | 0.008009 | 0.769161 |
| | 90° | .6310150 | 0.000 | 0.259870 | 1.002160 |
| 30° | 180° | .6812650 | 0.000 | 0.255750 | 1.106780 |
| | 45° | 0.115005 | 1.000 | -0.306310 | 0.536320 |

| | | | | | |
|--------------|------|-----------|-------|-----------|----------|
| | 60° | 0.317735 | 0.174 | -0.059709 | 0.695179 |
| | 90° | .5601650 | 0.000 | 0.192274 | 0.928056 |
| | 180° | .6104150 | 0.001 | 0.187544 | 1.033286 |
| 45° | 60° | 0.202730 | 0.879 | -0.200213 | 0.605673 |
| | 90° | .4451600 | 0.016 | 0.050850 | 0.839470 |
| | 180° | .4954100 | 0.018 | 0.050797 | 0.940023 |
| 60° | 90° | 0.242430 | 0.422 | -0.102599 | 0.587459 |
| | 180° | 0.292680 | 0.373 | -0.111926 | 0.697286 |
| 90° | 180° | 0.050250 | 1.000 | -0.345778 | 0.446278 |
| MD_130_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .9541050 | 0.000 | 0.647739 | 1.260471 |
| | 30° | 1.0133800 | 0.000 | 0.672898 | 1.353862 |
| | 45° | 1.0988150 | 0.000 | 0.769263 | 1.428367 |
| | 60° | 1.2893750 | 0.000 | 0.922532 | 1.656218 |
| | 90° | 1.6255250 | 0.000 | 1.335219 | 1.915831 |
| | 180° | 1.5399300 | 0.000 | 1.105374 | 1.974486 |
| 15° | 30° | 0.059275 | 1.000 | -0.305257 | 0.423807 |
| | 45° | 0.144710 | 0.979 | -0.209995 | 0.499415 |
| | 60° | 0.335270 | 0.148 | -0.053266 | 0.723806 |
| | 90° | .6714200 | 0.000 | 0.351250 | 0.991590 |
| 30° | 180° | .5858250 | 0.004 | 0.134141 | 1.037509 |
| | 45° | 0.085435 | 1.000 | -0.297283 | 0.468153 |
| | 60° | 0.275995 | 0.505 | -0.137239 | 0.689229 |
| | 90° | .6121450 | 0.000 | 0.259794 | 0.964496 |
| 45° | 180° | .5265500 | 0.018 | 0.054874 | 0.998226 |
| | 60° | 0.190560 | 0.927 | -0.214584 | 0.595704 |
| | 90° | .5267100 | 0.000 | 0.184721 | 0.868699 |
| 60° | 180° | 0.441115 | 0.076 | -0.023957 | 0.906187 |
| | 90° | 0.336150 | 0.120 | -0.041358 | 0.713658 |
| 90° | 180° | 0.250555 | 0.862 | -0.237777 | 0.738887 |
| | 180° | -0.085595 | 1.000 | -0.528522 | 0.357332 |
| MD_150_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .8780250 | 0.000 | 0.548949 | 1.207101 |
| | 30° | 1.2751200 | 0.000 | 0.867973 | 1.682267 |
| | 45° | 1.2308400 | 0.000 | 0.742790 | 1.718890 |
| | 60° | 1.7930500 | 0.000 | 1.429335 | 2.156765 |
| | 90° | 1.8275050 | 0.000 | 1.473480 | 2.181530 |
| | 180° | 2.7244250 | 0.000 | 2.425235 | 3.023615 |
| 15° | 30° | 0.397095 | 0.055 | -0.004549 | 0.798739 |
| | 45° | 0.352815 | 0.346 | -0.131040 | 0.836670 |
| | 60° | .9150250 | 0.000 | 0.557850 | 1.272200 |
| | 90° | .9494800 | 0.000 | 0.602273 | 1.296687 |
| 30° | 180° | 1.8464000 | 0.000 | 1.556064 | 2.136736 |
| | 45° | -0.044280 | 1.000 | -0.576343 | 0.487783 |
| | 60° | .5179300 | 0.008 | 0.089876 | 0.945984 |
| | 90° | .5523850 | 0.003 | 0.131861 | 0.972909 |
| 45° | 180° | 1.4493050 | 0.000 | 1.069230 | 1.829380 |
| | 60° | .5622100 | 0.019 | 0.057987 | 1.066433 |
| | 90° | .5966650 | 0.009 | 0.098311 | 1.095019 |
| | 180° | 1.4935850 | 0.000 | 1.025934 | 1.961236 |
| 60° | 90° | 0.034455 | 1.000 | -0.344989 | 0.413899 |
| | 180° | .9313750 | 0.000 | 0.600264 | 1.262486 |
| 90° | 180° | .8969200 | 0.000 | 0.577026 | 1.216814 |
| MD_170_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -0.265435 | 0.618 | -0.691446 | 0.160576 |
| | 30° | -0.105490 | 1.000 | -0.673085 | 0.462105 |
| | 45° | -0.034120 | 1.000 | -0.512032 | 0.443792 |
| | 60° | .7809050 | 0.000 | 0.285617 | 1.276193 |
| | 90° | 1.0966400 | 0.000 | 0.558892 | 1.634388 |
| | 180° | 2.4892100 | 0.000 | 2.106253 | 2.872167 |
| 15° | 30° | 0.159945 | 1.000 | -0.406416 | 0.726306 |
| | 45° | 0.231315 | 0.906 | -0.245000 | 0.707630 |
| | 60° | 1.0463400 | 0.000 | 0.552565 | 1.540115 |
| | 90° | 1.3620750 | 0.000 | 0.825664 | 1.898486 |
| 30° | 180° | 2.7546450 | 0.000 | 2.373921 | 3.135369 |
| | 45° | 0.071370 | 1.000 | -0.530306 | 0.673046 |
| | 60° | .8863950 | 0.001 | 0.272290 | 1.500500 |
| | 90° | 1.2021300 | 0.000 | 0.556523 | 1.847737 |
| 45° | 180° | 2.5947000 | 0.000 | 2.055393 | 3.134007 |
| | 60° | .8150250 | 0.000 | 0.278620 | 1.351430 |
| | 90° | 1.1307600 | 0.000 | 0.556283 | 1.705237 |
| | 180° | 2.5233300 | 0.000 | 2.082695 | 2.963965 |
| 60° | 90° | 0.315735 | 0.819 | -0.272041 | 0.903511 |
| | 180° | 1.7083050 | 0.000 | 1.248168 | 2.168442 |
| 90° | 180° | 1.3925700 | 0.000 | 0.885615 | 1.899525 |

Tabela III.56 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 30 cm - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .6287150 | 0.003 | 0.157453 | 1.099977 |
| | 30° | .7988950 | 0.000 | 0.391697 | 1.206093 |
| | 45° | 1.1146400 | 0.000 | 0.770052 | 1.459228 |

| | | | | | |
|--------------|------|-----------|-------|-----------|-----------|
| | 60° | 1.5177350 | 0.000 | 1.096086 | 1.939384 |
| | 90° | 1.7007500 | 0.000 | 1.178465 | 2.223035 |
| | 180° | 2.2719900 | 0.000 | 2.061822 | 2.482158 |
| 15° | 30° | 0.170180 | 0.999 | -0.401552 | 0.741912 |
| | 45° | 0.485925 | 0.107 | -0.050635 | 1.022485 |
| | 60° | .8890200 | 0.000 | 0.308417 | 1.469623 |
| | 90° | 1.0720350 | 0.000 | 0.423103 | 1.720967 |
| | 180° | 1.6432750 | 0.000 | 1.161527 | 2.125023 |
| 30° | 45° | 0.315745 | 0.545 | -0.169303 | 0.800793 |
| | 60° | .7188400 | 0.002 | 0.183333 | 1.254347 |
| | 90° | .9018550 | 0.001 | 0.290479 | 1.513231 |
| | 180° | 1.4730950 | 0.000 | 1.053212 | 1.892978 |
| 45° | 60° | 0.403095 | 0.213 | -0.093251 | 0.899441 |
| | 90° | .5861100 | 0.046 | 0.006308 | 1.165912 |
| | 180° | 1.1573500 | 0.000 | 0.796914 | 1.517786 |
| 60° | 90° | 0.183015 | 1.000 | -0.436394 | 0.802424 |
| | 180° | .7542550 | 0.000 | 0.320490 | 1.188020 |
| 90° | 180° | .5712400 | 0.028 | 0.039753 | 1.102727 |
| CD_115_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 1.0220700 | 0.000 | 0.642102 | 1.402038 |
| | 30° | 1.1069100 | 0.000 | 0.758446 | 1.455374 |
| | 45° | 1.6501800 | 0.000 | 1.321384 | 1.978976 |
| | 60° | 1.8325700 | 0.000 | 1.481349 | 2.183791 |
| | 90° | 2.1496000 | 0.000 | 1.779691 | 2.519509 |
| | 180° | 2.7882350 | 0.000 | 2.446929 | 3.129541 |
| 15° | 30° | 0.084840 | 1.000 | -0.292847 | 0.462527 |
| | 45° | .6281100 | 0.000 | 0.267703 | 0.988517 |
| | 60° | .8105000 | 0.000 | 0.430368 | 1.190632 |
| | 90° | 1.1275300 | 0.000 | 0.730697 | 1.524363 |
| 30° | 180° | 1.7661650 | 0.000 | 1.394800 | 2.137530 |
| | 45° | .5432700 | 0.000 | 0.217316 | 0.869224 |
| | 60° | .7256600 | 0.000 | 0.377010 | 1.074310 |
| | 90° | 1.0426900 | 0.000 | 0.675157 | 1.410223 |
| 45° | 180° | 1.6813250 | 0.000 | 1.342704 | 2.019946 |
| | 60° | 0.182390 | 0.782 | -0.146610 | 0.511390 |
| | 90° | .4994200 | 0.001 | 0.149937 | 0.848903 |
| 60° | 180° | 1.1380550 | 0.000 | 0.820040 | 1.456070 |
| | 90° | 0.317030 | 0.156 | -0.053049 | 0.687109 |
| | 180° | .9556650 | 0.000 | 0.614167 | 1.297163 |
| 90° | 180° | .6386350 | 0.000 | 0.277695 | 0.999575 |
| CD_130_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.066970 | 1.000 | -0.217862 | 0.351802 |
| | 30° | .3248200 | 0.002 | 0.088054 | 0.561586 |
| | 45° | .5404500 | 0.000 | 0.256232 | 0.824668 |
| | 60° | .8968000 | 0.000 | 0.636153 | 1.157447 |
| | 90° | 1.4642800 | 0.000 | 1.142882 | 1.785678 |
| | 180° | 3.2861350 | 0.000 | 2.996412 | 3.575858 |
| 15° | 30° | 0.257850 | 0.090 | -0.020065 | 0.535765 |
| | 45° | .4734800 | 0.000 | 0.156670 | 0.790290 |
| | 60° | .8298300 | 0.000 | 0.532715 | 1.126945 |
| | 90° | 1.3973100 | 0.000 | 1.048252 | 1.746368 |
| 30° | 180° | 3.2191650 | 0.000 | 2.897665 | 3.540665 |
| | 45° | 0.215630 | 0.265 | -0.061648 | 0.492908 |
| | 60° | .5719800 | 0.000 | 0.319273 | 0.824687 |
| 45° | 90° | 1.1394600 | 0.000 | 0.823812 | 1.455108 |
| | 180° | 2.9613150 | 0.000 | 2.678330 | 3.244300 |
| | 60° | .3563500 | 0.008 | 0.059810 | 0.652890 |
| 60° | 90° | .9238300 | 0.000 | 0.575223 | 1.272437 |
| | 180° | 2.7456850 | 0.000 | 2.424696 | 3.066674 |
| | 90° | .5674800 | 0.000 | 0.235748 | 0.899212 |
| 90° | 180° | 2.3893350 | 0.000 | 2.087624 | 2.691046 |
| 90° | 180° | 1.8218550 | 0.000 | 1.469177 | 2.174533 |
| CD_150_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -.3872050 | 0.000 | -0.630342 | -0.144068 |
| | 30° | -0.272510 | 0.149 | -0.591977 | 0.046957 |
| | 45° | 0.070185 | 1.000 | -0.301326 | 0.441696 |
| | 60° | 0.449435 | 0.395 | -0.204450 | 1.103320 |
| | 90° | 1.0244400 | 0.000 | 0.711918 | 1.336962 |
| | 180° | 3.7671700 | 0.000 | 3.548454 | 3.985886 |
| 15° | 30° | 0.114695 | 0.999 | -0.245939 | 0.475329 |
| | 45° | .4573900 | 0.017 | 0.051882 | 0.862898 |
| | 60° | .8366400 | 0.007 | 0.166064 | 1.507216 |
| | 90° | 1.4116450 | 0.000 | 1.056807 | 1.766483 |
| 30° | 180° | 4.1543750 | 0.000 | 3.871193 | 4.437557 |
| | 45° | 0.342695 | 0.287 | -0.103960 | 0.789350 |
| | 60° | .7219450 | 0.035 | 0.030502 | 1.413388 |
| 45° | 90° | 1.2969500 | 0.000 | 0.893133 | 1.700767 |
| | 180° | 4.0396800 | 0.000 | 3.691912 | 4.387448 |
| | 60° | 0.379250 | 0.803 | -0.330456 | 1.088956 |
| 60° | 90° | .9542550 | 0.000 | 0.511780 | 1.396730 |
| | 180° | 3.6969850 | 0.000 | 3.302218 | 4.091752 |
| | 90° | 0.575005 | 0.173 | -0.114251 | 1.264261 |
| 90° | 180° | 3.3177350 | 0.000 | 2.652414 | 3.983056 |
| 90° | 180° | 2.7427300 | 0.000 | 2.401089 | 3.084371 |
| CD_170_30 cm | | | | | |

| | | | | | |
|-----|------|-----------|-------|-----------|----------|
| 0° | 15° | -0.194885 | 0.940 | -0.624850 | 0.235080 |
| | 30° | .5483100 | 0.024 | 0.045052 | 1.051568 |
| | 45° | .8434550 | 0.001 | 0.259560 | 1.427350 |
| | 60° | .7754150 | 0.027 | 0.057268 | 1.493562 |
| | 90° | 2.1658900 | 0.000 | 1.726687 | 2.605093 |
| | 180° | 4.4013000 | 0.000 | 4.068339 | 4.734261 |
| 15° | 30° | .7431950 | 0.003 | 0.179939 | 1.306451 |
| | 45° | 1.0383400 | 0.000 | 0.405064 | 1.671616 |
| | 60° | .9703000 | 0.004 | 0.214643 | 1.725957 |
| | 90° | 2.3607750 | 0.000 | 1.850242 | 2.871308 |
| | 180° | 4.5961850 | 0.000 | 4.164524 | 5.027846 |
| 30° | 45° | 0.295145 | 0.961 | -0.382179 | 0.972469 |
| | 60° | 0.227105 | 1.000 | -0.563011 | 1.017221 |
| | 90° | 1.6175800 | 0.000 | 1.048120 | 2.187040 |
| | 180° | 3.8529900 | 0.000 | 3.348385 | 4.357595 |
| 45° | 60° | -0.068040 | 1.000 | -0.902381 | 0.766301 |
| | 90° | 1.3224350 | 0.000 | 0.683943 | 1.960927 |
| | 180° | 3.5578450 | 0.000 | 2.972860 | 4.142830 |
| 60° | 90° | 1.3904750 | 0.000 | 0.630791 | 2.150159 |
| | 180° | 3.6258850 | 0.000 | 2.906919 | 4.344851 |
| 90° | 180° | 2.2354100 | 0.000 | 1.794563 | 2.676257 |

Tabela III.57 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (I) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 1.1688200 | 0.000 | 0.741264 | 1.596376 |
| | 30° | .9586000 | 0.000 | 0.517398 | 1.399802 |
| | 45° | 1.1908750 | 0.000 | 0.849090 | 1.540850 |
| | 60° | 1.6292650 | 0.000 | 1.291129 | 1.967401 |
| | 90° | 1.9358900 | 0.000 | 1.675467 | 2.196313 |
| | 180° | 1.2150350 | 0.000 | 0.823904 | 1.606166 |
| 15° | 30° | -0.210220 | 0.981 | -0.728537 | 0.308097 |
| | 45° | 0.022055 | 1.000 | -0.428969 | 0.473079 |
| | 60° | .4604450 | 0.036 | 0.017406 | 0.903484 |
| | 90° | .7670700 | 0.000 | 0.371290 | 1.162850 |
| 30° | 180° | 0.046215 | 1.000 | -0.433999 | 0.526429 |
| | 45° | 0.232275 | 0.879 | -0.231388 | 0.695938 |
| | 60° | .6706650 | 0.001 | 0.214656 | 1.126674 |
| | 90° | .9772900 | 0.000 | 0.566346 | 1.388234 |
| 45° | 180° | 0.256435 | 0.848 | -0.235316 | 0.748186 |
| | 60° | .4383900 | 0.010 | 0.067859 | 0.808921 |
| | 90° | .7450150 | 0.000 | 0.439299 | 1.050731 |
| 60° | 180° | 0.024160 | 1.000 | -0.393527 | 0.441847 |
| | 90° | .3066250 | 0.032 | 0.015531 | 0.597719 |
| 90° | 180° | -.4142300 | 0.045 | -0.822932 | -0.005528 |
| 90° | 180° | -.7208550 | 0.000 | -1.075328 | -0.366382 |
| MD_115_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .7455550 | 0.002 | 0.195969 | 1.295141 |
| | 30° | .6475300 | 0.000 | 0.237320 | 1.057740 |
| | 45° | .7588400 | 0.001 | 0.255095 | 1.262585 |
| | 60° | 1.0290900 | 0.000 | 0.498388 | 1.559792 |
| | 90° | 1.5010200 | 0.000 | 1.081931 | 1.920109 |
| | 180° | 1.0955450 | 0.000 | 0.736742 | 1.454348 |
| 15° | 30° | -0.098025 | 1.000 | -0.693717 | 0.497667 |
| | 45° | 0.013285 | 1.000 | -0.640938 | 0.667508 |
| | 60° | 0.283535 | 0.972 | -0.389266 | 0.956336 |
| | 90° | .7554650 | 0.005 | 0.154654 | 1.356276 |
| 30° | 180° | 0.349990 | 0.612 | -0.218076 | 0.918056 |
| | 45° | 0.111310 | 1.000 | -0.444162 | 0.666782 |
| | 60° | 0.381560 | 0.519 | -0.197436 | 0.960556 |
| | 90° | .8534900 | 0.000 | 0.368867 | 1.338113 |
| 45° | 180° | .4480150 | 0.041 | 0.010050 | 0.885980 |
| | 60° | 0.270250 | 0.971 | -0.369535 | 0.910035 |
| | 90° | .7421800 | 0.003 | 0.181031 | 1.303329 |
| 60° | 180° | 0.336705 | 0.554 | -0.187900 | 0.861310 |
| | 90° | 0.471930 | 0.218 | -0.112404 | 1.056264 |
| 90° | 180° | 0.066455 | 1.000 | -0.483647 | 0.616557 |
| 90° | 180° | -0.405475 | 0.104 | -0.851510 | 0.040560 |
| MD_130_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .6894600 | 0.004 | 0.158741 | 1.220179 |
| | 30° | 0.488435 | 0.054 | -0.005439 | 0.982309 |
| | 45° | .8304950 | 0.000 | 0.505387 | 1.155603 |
| | 60° | .9954850 | 0.000 | 0.540449 | 1.450521 |
| | 90° | 1.1932700 | 0.000 | 0.789511 | 1.597029 |
| | 180° | 1.1800600 | 0.000 | 0.925629 | 1.434491 |
| 15° | 30° | -0.201025 | 0.999 | -0.855079 | 0.453029 |
| | 45° | 0.141035 | 1.000 | -0.418916 | 0.700986 |
| | 60° | 0.306025 | 0.906 | -0.323256 | 0.935306 |
| | 90° | 0.503810 | 0.173 | -0.095443 | 1.103063 |
| 30° | 180° | 0.490600 | 0.091 | -0.041658 | 1.022858 |
| | 45° | 0.342060 | 0.531 | -0.183982 | 0.868102 |
| 60° | 0.507050 | 0.172 | -0.094090 | 1.108190 | |

| | | | | | |
|--------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| | 90° | .7048350' | 0.006 | 0.136009 | 1.273661 |
| | 180° | .6916250' | 0.002 | 0.196053 | 1.187197 |
| 45° | 60° | 0.164990 | 0.997 | -0.325914 | 0.655894 |
| | 90° | 0.362775 | 0.209 | -0.082977 | 0.808527 |
| | 180° | .3495650' | 0.029 | 0.021371 | 0.677759 |
| 60° | 90° | 0.197785 | 0.993 | -0.340075 | 0.735645 |
| | 180° | 0.184575 | 0.972 | -0.272363 | 0.641513 |
| 90° | 180° | -0.013210 | 1.000 | -0.419222 | 0.392802 |
| MD 150 21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.404330 | 0.201 | -0.087968 | 0.896628 |
| | 30° | .6210950' | 0.005 | 0.124278 | 1.117912 |
| | 45° | .9756850' | 0.000 | 0.481693 | 1.469677 |
| | 60° | 1.5936900' | 0.000 | 1.114349 | 2.073031 |
| | 90° | 1.8214150' | 0.000 | 1.396909 | 2.245921 |
| | 180° | 2.5404750' | 0.000 | 2.116406 | 2.964544 |
| 15° | 30° | 0.216765 | 0.966 | -0.286309 | 0.719839 |
| | 45° | .5713550' | 0.014 | 0.071053 | 1.071657 |
| | 60° | 1.1893600' | 0.000 | 0.703421 | 1.675299 |
| | 90° | 1.4170850' | 0.000 | 0.984687 | 1.849483 |
| | 180° | 2.1361450' | 0.000 | 1.704173 | 2.568117 |
| 30° | 45° | 0.354590 | 0.423 | -0.150124 | 0.859304 |
| | 60° | .9725950' | 0.000 | 0.482048 | 1.463142 |
| | 90° | 1.2003200' | 0.000 | 0.762445 | 1.638195 |
| | 180° | 1.9193800' | 0.000 | 1.481922 | 2.356838 |
| 45° | 60° | .6180050' | 0.004 | 0.130338 | 1.105672 |
| | 90° | .8457300' | 0.000 | 0.411275 | 1.280185 |
| | 180° | 1.5647900' | 0.000 | 1.130757 | 1.998823 |
| 60° | 90° | 0.227725 | 0.792 | -0.188799 | 0.644249 |
| | 180° | .9467850' | 0.000 | 0.530711 | 1.362859 |
| 90° | 180° | .7190600' | 0.000 | 0.373966 | 1.064154 |
| MD 170 21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -0.509310 | 0.117 | -1.081052 | 0.062432 |
| | 30° | -.4642900' | 0.049 | -0.927636 | -0.000944 |
| | 45° | -0.152800 | 0.999 | -0.651677 | 0.346077 |
| | 60° | .5340850' | 0.012 | 0.075700 | 0.992470 |
| | 90° | .8148000' | 0.000 | 0.374167 | 1.255433 |
| | 180° | 1.9386650' | 0.000 | 1.625324 | 2.252006 |
| 15° | 30° | 0.045020 | 1.000 | -0.574206 | 0.664246 |
| | 45° | 0.356510 | 0.781 | -0.286343 | 0.999363 |
| | 60° | 1.0433950' | 0.000 | 0.427363 | 1.659427 |
| | 90° | 1.3241100' | 0.000 | 0.719281 | 1.928939 |
| | 180° | 2.4479750' | 0.000 | 1.912587 | 2.983363 |
| 30° | 45° | 0.311490 | 0.769 | -0.244305 | 0.867285 |
| | 60° | .9983750' | 0.000 | 0.476470 | 1.520280 |
| | 90° | 1.2790900' | 0.000 | 0.771664 | 1.786516 |
| | 180° | 2.4029550' | 0.000 | 1.990367 | 2.815543 |
| 45° | 60° | .6868850' | 0.006 | 0.134851 | 1.238919 |
| | 90° | .9676000' | 0.000 | 0.428834 | 1.506366 |
| | 180° | 2.0914650' | 0.000 | 1.637537 | 2.545393 |
| 60° | 90° | 0.280715 | 0.775 | -0.222391 | 0.783821 |
| | 180° | 1.4045800' | 0.000 | 0.997882 | 1.811278 |
| 90° | 180° | 1.1238650' | 0.000 | 0.738536 | 1.509194 |

Tabela III.58 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 21 cm - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD 90 21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .7340350' | 0.001 | 0.222186 | 1.245884 |
| | 30° | .8386350' | 0.001 | 0.291155 | 1.386115 |
| | 45° | 1.1227600' | 0.000 | 0.768870 | 1.476650 |
| | 60° | 1.4155100' | 0.000 | 1.149543 | 1.681477 |
| | 90° | 1.8454100' | 0.000 | 1.481313 | 2.209507 |
| | 180° | 2.2408850' | 0.000 | 1.893908 | 2.587862 |
| 15° | 30° | 0.104600 | 1.000 | -0.573178 | 0.782378 |
| | 45° | 0.388725 | 0.418 | -0.167282 | 0.944732 |
| | 60° | .6814750' | 0.004 | 0.164347 | 1.198603 |
| | 90° | 1.1113750' | 0.000 | 0.550109 | 1.672641 |
| | 180° | 1.5068500' | 0.000 | 0.954320 | 2.059380 |
| 30° | 45° | 0.284125 | 0.899 | -0.303796 | 0.872046 |
| | 60° | .5768750' | 0.035 | 0.024575 | 1.129175 |
| | 90° | 1.0067750' | 0.000 | 0.414008 | 1.599542 |
| | 180° | 1.4022500' | 0.000 | 0.817529 | 1.986971 |
| 45° | 60° | 0.292750 | 0.216 | -0.070008 | 0.655508 |
| | 90° | .7226500' | 0.000 | 0.290542 | 1.154758 |
| | 180° | 1.1181250' | 0.000 | 0.699094 | 1.537156 |
| 60° | 90° | .4299000' | 0.013 | 0.057290 | 0.802510 |
| | 180° | .8253750' | 0.000 | 0.469276 | 1.181474 |
| 90° | 180° | 0.395475 | 0.092 | -0.031539 | 0.822489 |
| CD 115 21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 1.1902600' | 0.000 | 0.842186 | 1.538334 |
| | 30° | 1.2547950' | 0.000 | 0.891725 | 1.617865 |

| | | | | | |
|--------------|------|------------|-------|-----------|-----------|
| | 45° | 1.6762950' | 0.000 | 1.341563 | 2.011027 |
| | 60° | 1.9370650' | 0.000 | 1.571585 | 2.302545 |
| | 90° | 2.3210800' | 0.000 | 2.069847 | 2.572313 |
| | 180° | 2.9066350' | 0.000 | 2.594846 | 3.218424 |
| 15° | 30° | 0.064535 | 1.000 | -0.369835 | 0.498905 |
| | 45° | .4860350' | 0.010 | 0.072853 | 0.899217 |
| | 60° | .7468050' | 0.000 | 0.310587 | 1.183023 |
| | 90° | 1.1308200' | 0.000 | 0.773022 | 1.488618 |
| | 180° | 1.7163750' | 0.000 | 1.319549 | 2.113201 |
| 30° | 45° | 0.421500 | 0.054 | -0.003417 | 0.846417 |
| | 60° | .6822700' | 0.000 | 0.235210 | 1.129330 |
| | 90° | 1.0662850' | 0.000 | 0.694056 | 1.438514 |
| | 180° | 1.6518400' | 0.000 | 1.242570 | 2.061110 |
| 45° | 60° | 0.260770 | 0.648 | -0.166057 | 0.687597 |
| | 90° | .6447850' | 0.000 | 0.299774 | 0.989796 |
| | 180° | 1.2303400' | 0.000 | 0.844394 | 1.616286 |
| 60° | 90° | .3840150' | 0.041 | 0.009462 | 0.758568 |
| | 180° | .9695700' | 0.000 | 0.558281 | 1.380859 |
| 90° | 180° | .5855550' | 0.000 | 0.262392 | 0.908718 |
| CD_130_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.595995 | 0.132 | -0.091973 | 1.283963 |
| | 30° | 1.1190500' | 0.000 | 0.578439 | 1.659661 |
| | 45° | 1.1897600' | 0.000 | 0.573541 | 1.805979 |
| | 60° | 1.4230250' | 0.000 | 0.577282 | 2.268768 |
| | 90° | 2.2431600' | 0.000 | 1.723888 | 2.762432 |
| | 180° | 3.6311500' | 0.000 | 3.336465 | 3.925835 |
| 15° | 30° | 0.523055 | 0.555 | -0.286797 | 1.332907 |
| | 45° | 0.593765 | 0.439 | -0.260271 | 1.447801 |
| | 60° | 0.827030 | 0.209 | -0.187860 | 1.841920 |
| | 90° | 1.6471650' | 0.000 | 0.848803 | 2.445527 |
| | 180° | 3.0351550' | 0.000 | 2.327620 | 3.742690 |
| 30° | 45° | 0.070710 | 1.000 | -0.683976 | 0.825396 |
| | 60° | 0.303975 | 0.998 | -0.636810 | 1.244760 |
| | 90° | 1.1241100' | 0.000 | 0.437841 | 1.810379 |
| | 180° | 2.5121000' | 0.000 | 1.944844 | 3.079356 |
| 45° | 60° | 0.233265 | 1.000 | -0.743255 | 1.209785 |
| | 90° | 1.0534000' | 0.001 | 0.311517 | 1.795283 |
| | 180° | 2.4413900' | 0.000 | 1.802669 | 3.080111 |
| 60° | 90° | 0.820135 | 0.128 | -0.111489 | 1.751759 |
| | 180° | 2.2081250' | 0.000 | 1.347208 | 3.069042 |
| 90° | 180° | 1.3879900' | 0.000 | 0.840637 | 1.935343 |
| CD_150_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -0.017395 | 1.000 | -0.306892 | 0.272102 |
| | 30° | -.5306950' | 0.006 | -0.953532 | -0.107858 |
| | 45° | 0.145295 | 0.992 | -0.263413 | 0.554003 |
| | 60° | .7435150' | 0.002 | 0.221749 | 1.265281 |
| | 90° | 1.2062850' | 0.000 | 0.842268 | 1.570302 |
| | 180° | 4.1125550' | 0.000 | 3.847176 | 4.377934 |
| 15° | 30° | -.5133000' | 0.017 | -0.968182 | -0.058418 |
| | 45° | 0.162690 | 0.992 | -0.279533 | 0.604913 |
| | 60° | .7609100' | 0.002 | 0.214866 | 1.306954 |
| | 90° | 1.2236800' | 0.000 | 0.820654 | 1.626706 |
| | 180° | 4.1299500' | 0.000 | 3.806697 | 4.453203 |
| 30° | 45° | .6759900' | 0.004 | 0.149294 | 1.202686 |
| | 60° | 1.2742100' | 0.000 | 0.663318 | 1.885102 |
| | 90° | 1.7369800' | 0.000 | 1.239657 | 2.234303 |
| | 180° | 4.6432500' | 0.000 | 4.200096 | 5.086404 |
| 45° | 60° | 0.598220 | 0.053 | -0.004636 | 1.201076 |
| | 90° | 1.0609900' | 0.000 | 0.574695 | 1.547285 |
| | 180° | 3.9672600' | 0.000 | 3.537281 | 4.397239 |
| 60° | 90° | 0.462770 | 0.229 | -0.116406 | 1.041946 |
| | 180° | 3.3690400' | 0.000 | 2.831932 | 3.906148 |
| 90° | 180° | 2.9062700' | 0.000 | 2.517378 | 3.295162 |
| CD_170_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -.4570500' | 0.003 | -0.794207 | -0.119893 |
| | 30° | -0.066325 | 1.000 | -0.527517 | 0.394867 |
| | 45° | .6022350' | 0.001 | 0.197905 | 1.006565 |
| | 60° | 1.2948700' | 0.000 | 0.740233 | 1.849507 |
| | 90° | 1.6421900' | 0.000 | 1.169458 | 2.114922 |
| | 180° | 4.1101750' | 0.000 | 3.840578 | 4.379772 |
| 15° | 30° | 0.390725 | 0.317 | -0.130932 | 0.912382 |
| | 45° | 1.0592850' | 0.000 | 0.583956 | 1.534614 |
| | 60° | 1.7519200' | 0.000 | 1.149293 | 2.354547 |
| | 90° | 2.0992400' | 0.000 | 1.567869 | 2.630611 |
| | 180° | 4.5672250' | 0.000 | 4.186679 | 4.947771 |
| 30° | 45° | .6685600' | 0.009 | 0.108601 | 1.228519 |
| | 60° | 1.3611950' | 0.000 | 0.696095 | 2.026295 |
| | 90° | 1.7085150' | 0.000 | 1.103561 | 2.313469 |
| | 180° | 4.1765000' | 0.000 | 3.686344 | 4.666656 |
| 45° | 60° | .6926350' | 0.023 | 0.058647 | 1.326623 |
| | 90° | 1.0399550' | 0.000 | 0.471243 | 1.608667 |
| | 180° | 3.5079400' | 0.000 | 3.069250 | 3.946630 |
| 60° | 90° | 0.347320 | 0.856 | -0.324561 | 1.019201 |
| | 180° | 2.8153050' | 0.000 | 2.237832 | 3.392778 |
| 90° | 180° | 2.4679850' | 0.000 | 1.967203 | 2.968767 |

Tabela III.59 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .5173600' | 0.007 | 0.103368 | 0.931352 |
| | 30° | 0.237260 | 0.684 | -0.174825 | 0.649345 |
| | 45° | 0.351500 | 0.080 | -0.022785 | 0.725785 |
| | 60° | .8735300' | 0.000 | 0.554401 | 1.192659 |
| | 90° | 1.0944850' | 0.000 | 0.851121 | 1.337849 |
| 15° | 180° | .7835650' | 0.000 | 0.504594 | 1.062536 |
| | 30° | -0.280100 | 0.831 | -0.806959 | 0.246759 |
| | 45° | -0.165860 | 0.998 | -0.667342 | 0.335622 |
| | 60° | 0.356170 | 0.296 | -0.111873 | 0.824213 |
| | 90° | .5771250' | 0.003 | 0.146734 | 1.007516 |
| 30° | 180° | 0.266205 | 0.669 | -0.180592 | 0.713002 |
| | 45° | 0.114240 | 1.000 | -0.385807 | 0.614287 |
| | 60° | .6362700' | 0.002 | 0.169820 | 1.102720 |
| | 90° | .8572250' | 0.000 | 0.428638 | 1.285812 |
| | 180° | .5463050' | 0.007 | 0.101216 | 0.991394 |
| 45° | 60° | .5220300' | 0.009 | 0.086495 | 0.957565 |
| | 90° | .7429850' | 0.000 | 0.349907 | 1.136063 |
| | 180° | .4320650' | 0.033 | 0.020359 | 0.843771 |
| 60° | 90° | 0.220955 | 0.552 | -0.121499 | 0.563409 |
| | 180° | -0.089965 | 1.000 | -0.454995 | 0.275065 |
| 90° | 180° | -.3109200' | 0.045 | -0.617823 | -0.004017 |
| MD_115_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.390550 | 0.076 | -0.022784 | 0.803884 |
| | 30° | 0.327880 | 0.355 | -0.130814 | 0.786574 |
| | 45° | .4828600' | 0.002 | 0.132597 | 0.833123 |
| | 60° | .7681050' | 0.000 | 0.348624 | 1.187586 |
| | 90° | 1.0928500' | 0.000 | 0.694309 | 1.491391 |
| | 180° | 1.1426150' | 0.000 | 0.792527 | 1.492703 |
| 15° | 30° | -0.062670 | 1.000 | -0.621643 | 0.496303 |
| | 45° | 0.092310 | 1.000 | -0.392236 | 0.576856 |
| | 60° | 0.377555 | 0.402 | -0.152881 | 0.907991 |
| | 90° | .7023000' | 0.002 | 0.186399 | 1.218201 |
| 30° | 180° | .7520650' | 0.000 | 0.267627 | 1.236503 |
| | 45° | 0.154980 | 0.999 | -0.366390 | 0.676350 |
| | 60° | 0.440225 | 0.262 | -0.122696 | 1.003146 |
| | 90° | .7649700' | 0.001 | 0.215300 | 1.314640 |
| | 180° | .8147350' | 0.000 | 0.293461 | 1.336009 |
| 45° | 60° | 0.285245 | 0.715 | -0.204185 | 0.774675 |
| | 90° | .6099900' | 0.004 | 0.137047 | 1.082933 |
| | 180° | .6597550' | 0.000 | 0.223122 | 1.096388 |
| 60° | 90° | 0.324745 | 0.616 | -0.195605 | 0.845095 |
| | 180° | 0.374510 | 0.290 | -0.114815 | 0.863835 |
| 90° | 180° | 0.049765 | 1.000 | -0.423066 | 0.522596 |
| MD_130_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .8364550' | 0.000 | 0.464775 | 1.208135 |
| | 30° | .8078600' | 0.000 | 0.423477 | 1.192243 |
| | 45° | .9675200' | 0.000 | 0.600696 | 1.334344 |
| | 60° | 1.2294850' | 0.000 | 0.834149 | 1.624821 |
| | 90° | 1.5440300' | 0.000 | 1.161746 | 1.926314 |
| | 180° | 1.4792800' | 0.000 | 1.078148 | 1.880412 |
| 15° | 30° | -0.028595 | 1.000 | -0.373038 | 0.315848 |
| | 45° | 0.131065 | 0.981 | -0.192420 | 0.454550 |
| | 60° | .3930300' | 0.021 | 0.035748 | 0.750312 |
| | 90° | .7075750' | 0.000 | 0.365612 | 1.049538 |
| 30° | 180° | .6428250' | 0.000 | 0.278813 | 1.006837 |
| | 45° | 0.159660 | 0.927 | -0.179326 | 0.498646 |
| | 60° | .4216250' | 0.015 | 0.050896 | 0.792354 |
| 45° | 90° | .7361700' | 0.000 | 0.379887 | 1.092453 |
| | 180° | .6714200' | 0.000 | 0.294318 | 1.048522 |
| | 60° | 0.261965 | 0.331 | -0.090159 | 0.614089 |
| 60° | 90° | .5765100' | 0.000 | 0.240064 | 0.912956 |
| | 180° | .5117600' | 0.001 | 0.152761 | 0.870759 |
| 90° | 90° | 0.314545 | 0.160 | -0.053967 | 0.683057 |
| | 180° | 0.249795 | 0.567 | -0.138570 | 0.638160 |
| 90° | 180° | -0.064750 | 1.000 | -0.439691 | 0.310191 |
| MD_150_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .9743100' | 0.000 | 0.592277 | 1.356343 |
| | 30° | 1.0899800' | 0.000 | 0.657123 | 1.522837 |
| | 45° | 1.4291750' | 0.000 | 1.086449 | 1.771901 |
| | 60° | 1.7167550' | 0.000 | 1.357265 | 2.076245 |
| | 90° | 1.9317300' | 0.000 | 1.539713 | 2.323747 |
| | 180° | 2.3987100' | 0.000 | 2.050247 | 2.747173 |
| 15° | 30° | 0.115670 | 1.000 | -0.278193 | 0.509533 |
| | 45° | .4548650' | 0.000 | 0.171216 | 0.738514 |
| | 60° | .7424450' | 0.000 | 0.437046 | 1.047844 |
| | 90° | .9574200' | 0.000 | 0.611684 | 1.303156 |
| 30° | 180° | 1.4244000' | 0.000 | 1.133226 | 1.715574 |
| 90° | 45° | 0.339195 | 0.073 | -0.017326 | 0.695716 |

| | | | | | |
|--------------|------|------------|-------|-----------|----------|
| | 60° | .6267750' | 0.000 | 0.254379 | 0.999171 |
| | 90° | .8417500' | 0.000 | 0.438337 | 1.245163 |
| | 180° | 1.3087300' | 0.000 | 0.946784 | 1.670676 |
| 45° | 60° | .2875800' | 0.011 | 0.041262 | 0.533898 |
| | 90° | .5025550' | 0.000 | 0.203606 | 0.801504 |
| | 180° | .9695350' | 0.000 | 0.743424 | 1.195646 |
| 60° | 90° | 0.214975 | 0.486 | -0.104215 | 0.534165 |
| | 180° | .6819550' | 0.000 | 0.426416 | 0.937494 |
| 90° | 180° | .4669800' | 0.000 | 0.161054 | 0.772906 |
| MD_170_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.174425 | 0.928 | -0.200743 | 0.549593 |
| | 30° | 0.341285 | 0.063 | -0.009528 | 0.692098 |
| | 45° | .4111750' | 0.008 | 0.068805 | 0.753545 |
| | 60° | .9487250' | 0.000 | 0.607458 | 1.289992 |
| | 90° | 1.3047300' | 0.000 | 0.961099 | 1.648361 |
| | 180° | 1.9454450' | 0.000 | 1.670108 | 2.220782 |
| 15° | 30° | 0.166860 | 0.981 | -0.246777 | 0.580497 |
| | 45° | 0.236750 | 0.720 | -0.170340 | 0.643840 |
| | 60° | .7743000' | 0.000 | 0.368059 | 1.180541 |
| | 90° | 1.1303050' | 0.000 | 0.722242 | 1.538368 |
| 30° | 180° | 1.7710200' | 0.000 | 1.412538 | 2.129502 |
| | 45° | 0.069890 | 1.000 | -0.315864 | 0.455644 |
| | 60° | .6074400' | 0.000 | 0.222607 | 0.992273 |
| | 90° | .9634450' | 0.000 | 0.576636 | 1.350254 |
| 45° | 180° | 1.6041600' | 0.000 | 1.271901 | 1.936419 |
| | 60° | .5375500' | 0.001 | 0.160034 | 0.915066 |
| | 90° | .8935550' | 0.000 | 0.514005 | 1.273105 |
| 60° | 180° | 1.5342700' | 0.000 | 1.211193 | 1.857347 |
| | 90° | 0.356005 | 0.082 | -0.022601 | 0.734611 |
| | 180° | .9967200' | 0.000 | 0.674846 | 1.318594 |
| 90° | 180° | .6407150' | 0.000 | 0.316263 | 0.965167 |

Tabela III.60 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa udaljenosti od 12 cm - odnos obima i površine oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.047085 | 1.000 | -0.273750 | 0.367920 |
| | 30° | 0.163535 | 0.976 | -0.242269 | 0.569339 |
| | 45° | 0.337385 | 0.111 | -0.037676 | 0.712446 |
| | 60° | .6007600' | 0.000 | 0.294671 | 0.906849 |
| | 90° | .6727200' | 0.000 | 0.401632 | 0.943808 |
| | 180° | 1.7707950' | 0.000 | 1.425642 | 2.115948 |
| 15° | 30° | 0.116450 | 1.000 | -0.318066 | 0.550966 |
| | 45° | 0.290300 | 0.395 | -0.116709 | 0.697309 |
| | 60° | .5536750' | 0.000 | 0.205808 | 0.901542 |
| | 90° | .6256350' | 0.000 | 0.305884 | 0.945386 |
| 30° | 180° | 1.7237100' | 0.000 | 1.342850 | 2.104570 |
| | 45° | 0.173850 | 0.993 | -0.297181 | 0.644881 |
| | 60° | .4372250' | 0.040 | 0.011879 | 0.862571 |
| | 90° | .5091850' | 0.006 | 0.104145 | 0.914225 |
| 45° | 180° | 1.6072600' | 0.000 | 1.156884 | 2.057636 |
| | 60° | 0.263375 | 0.509 | -0.133492 | 0.660242 |
| | 90° | 0.335335 | 0.113 | -0.038868 | 0.709538 |
| 60° | 180° | 1.4334100' | 0.000 | 1.008985 | 1.857835 |
| | 90° | 0.071960 | 1.000 | -0.232966 | 0.376886 |
| 90° | 180° | 1.1700350' | 0.000 | 0.800421 | 1.539649 |
| 90° | 180° | 1.0980750' | 0.000 | 0.753893 | 1.442257 |
| CD_115_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.158070 | 0.970 | -0.238167 | 0.554307 |
| | 30° | 0.140675 | 0.916 | -0.163407 | 0.444757 |
| | 45° | .3460400' | 0.001 | 0.106902 | 0.585178 |
| | 60° | .9868200' | 0.000 | 0.768549 | 1.205091 |
| | 90° | 1.1679050' | 0.000 | 0.936506 | 1.399304 |
| | 180° | 1.9964300' | 0.000 | 1.696693 | 2.296167 |
| 15° | 30° | -0.017395 | 1.000 | -0.469943 | 0.435153 |
| | 45° | 0.187970 | 0.942 | -0.232604 | 0.608544 |
| | 60° | .8287500' | 0.000 | 0.416720 | 1.240780 |
| | 90° | 1.0098350' | 0.000 | 0.592531 | 1.427139 |
| 30° | 180° | 1.8383600' | 0.000 | 1.388193 | 2.288527 |
| | 45° | 0.205365 | 0.652 | -0.133103 | 0.543833 |
| | 60° | .8461450' | 0.000 | 0.519573 | 1.172717 |
| | 90° | 1.0272300' | 0.000 | 0.693289 | 1.361171 |
| 45° | 180° | 1.8557550' | 0.000 | 1.477687 | 2.233823 |
| | 60° | .6407800' | 0.000 | 0.370783 | 0.910777 |
| | 90° | .8218650' | 0.000 | 0.542161 | 1.101569 |
| 60° | 180° | 1.6503900' | 0.000 | 1.315625 | 1.985155 |
| | 90° | 0.181085 | 0.459 | -0.082501 | 0.444671 |
| 90° | 180° | 1.0096100' | 0.000 | 0.686947 | 1.332273 |
| 90° | 180° | .8285250' | 0.000 | 0.498363 | 1.158687 |
| CD_130_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -.5972850' | 0.003 | -1.050642 | -0.143928 |
| | 30° | -.4280650' | 0.040 | -0.845071 | -0.011059 |
| | 45° | -0.283425 | 0.566 | -0.735242 | 0.168392 |

| | | | | | |
|--------------|------|------------|-------|-----------|----------|
| | 60° | -0.206100 | 0.910 | -0.647719 | 0.235519 |
| | 90° | .4163200' | 0.003 | 0.098782 | 0.733858 |
| | 180° | 1.9447550' | 0.000 | 1.644058 | 2.245452 |
| 15° | 30° | 0.169220 | 0.999 | -0.375958 | 0.714398 |
| | 45° | 0.313860 | 0.790 | -0.255339 | 0.883059 |
| | 60° | 0.391185 | 0.438 | -0.170837 | 0.953207 |
| | 90° | 1.0136050' | 0.000 | 0.528417 | 1.498793 |
| | 180° | 2.5420400' | 0.000 | 2.065535 | 3.018545 |
| 30° | 45° | 0.144640 | 1.000 | -0.399368 | 0.688648 |
| | 60° | 0.221965 | 0.976 | -0.314350 | 0.758280 |
| | 90° | .8443850' | 0.000 | 0.391793 | 1.296977 |
| | 180° | 2.3728200' | 0.000 | 1.929880 | 2.815760 |
| 45° | 60° | 0.077325 | 1.000 | -0.483580 | 0.638230 |
| | 90° | .6997450' | 0.001 | 0.215951 | 1.183539 |
| | 180° | 2.2281800' | 0.000 | 1.753107 | 2.703253 |
| 60° | 90° | .6224200' | 0.003 | 0.147834 | 1.097006 |
| | 180° | 2.1508550' | 0.000 | 1.685247 | 2.616463 |
| 90° | 180° | 1.5284350' | 0.000 | 1.173538 | 1.883332 |
| CD_150_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.110785 | 1.000 | -0.316704 | 0.538274 |
| | 30° | 0.135245 | 0.988 | -0.217900 | 0.488390 |
| | 45° | 0.149365 | 0.996 | -0.280606 | 0.579336 |
| | 60° | .5550800' | 0.003 | 0.134817 | 0.975343 |
| | 90° | 1.2498800' | 0.000 | 0.852402 | 1.647358 |
| | 180° | 3.3883350' | 0.000 | 2.996078 | 3.780592 |
| 15° | 30° | 0.024460 | 1.000 | -0.360283 | 0.409203 |
| | 45° | 0.038580 | 1.000 | -0.415473 | 0.492633 |
| | 60° | 0.444295 | 0.051 | -0.000836 | 0.889426 |
| | 90° | 1.1390950' | 0.000 | 0.714737 | 1.563453 |
| | 180° | 3.2775500' | 0.000 | 2.857915 | 3.697185 |
| 30° | 45° | 0.014120 | 1.000 | -0.373525 | 0.401765 |
| | 60° | .4198350' | 0.019 | 0.043589 | 0.796081 |
| | 90° | 1.1146350' | 0.000 | 0.765679 | 1.463591 |
| | 180° | 3.2530900' | 0.000 | 2.910510 | 3.595670 |
| 45° | 60° | 0.405715 | 0.107 | -0.041752 | 0.853182 |
| | 90° | 1.1005150' | 0.000 | 0.673648 | 1.527382 |
| | 180° | 3.2389700' | 0.000 | 2.816784 | 3.661156 |
| 60° | 90° | .6948000' | 0.000 | 0.277750 | 1.111850 |
| | 180° | 2.8332550' | 0.000 | 2.421056 | 3.245454 |
| 90° | 180° | 2.1384550' | 0.000 | 1.749767 | 2.527143 |
| CD_170_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | .4670900' | 0.011 | 0.070294 | 0.863886 |
| | 30° | .4814700' | 0.040 | 0.013456 | 0.949484 |
| | 45° | .9499900' | 0.000 | 0.393575 | 1.506405 |
| | 60° | 1.3598550' | 0.000 | 0.872823 | 1.846887 |
| | 90° | 2.2560900' | 0.000 | 1.899757 | 2.612423 |
| | 180° | 3.7963850' | 0.000 | 3.479624 | 4.113146 |
| 15° | 30° | 0.014380 | 1.000 | -0.513566 | 0.542326 |
| | 45° | 0.482900 | 0.229 | -0.121388 | 1.087188 |
| | 60° | .8927650' | 0.000 | 0.348789 | 1.436741 |
| | 90° | 1.7890000' | 0.000 | 1.348981 | 2.229019 |
| | 180° | 3.3292950' | 0.000 | 2.917020 | 3.741570 |
| 30° | 45° | 0.468520 | 0.368 | -0.176799 | 1.113839 |
| | 60° | .8783850' | 0.001 | 0.287026 | 1.469744 |
| | 90° | 1.7746200' | 0.000 | 1.271930 | 2.277310 |
| | 180° | 3.3149150' | 0.000 | 2.834650 | 3.795180 |
| 45° | 60° | 0.409865 | 0.615 | -0.247406 | 1.067136 |
| | 90° | 1.3061000' | 0.000 | 0.722247 | 1.889953 |
| | 180° | 2.8463950' | 0.000 | 2.280358 | 3.412432 |
| 60° | 90° | .8962350' | 0.000 | 0.376343 | 1.416127 |
| | 180° | 2.4365300' | 0.000 | 1.937915 | 2.935145 |
| 90° | 180° | 1.5402950' | 0.000 | 1.165938 | 1.914652 |

Distribucija oštećenja

Tabela III.61 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na udaljenost slikanja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – distribucija oštećenja

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|-----------|---------------------|-----|-----|----------------------|-----------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_0 | .176 | 2 | 57 | 0.839* | CD_90_0 | 0.474 | 2 | 57 | 0.625* |
| MD_115_0 | 1.973 | 2 | 57 | 0.148* | CD_115_0 | 0.411 | 2 | 57 | 0.665* |
| MD_130_0 | 1.849 | 2 | 57 | 0.167* | CD_130_0 | 1.538 | 2 | 57 | 0.224* |
| MD_150_0 | .272 | 2 | 57 | 0.763* | CD_150_0 | 1.075 | 2 | 57 | 0.348* |
| MD_170_0 | .377 | 2 | 57 | 0.688* | CD_170_0 | 0.153 | 2 | 57 | 0.858* |
| MD_90_15 | .621 | 2 | 57 | 0.541* | CD_90_15 | 9.755 | 2 | 57 | 0.000 |
| MD_115_15 | 3.871 | 2 | 57 | 0.027 | CD_115_15 | 5.456 | 2 | 57 | 0.007 |
| MD_130_15 | 1.138 | 2 | 57 | 0.328* | CD_130_15 | 6.213 | 2 | 57 | 0.004 |
| MD_150_15 | .419 | 2 | 57 | 0.660* | CD_150_15 | 0.450 | 2 | 57 | 0.640* |
| MD_170_15 | .881 | 2 | 57 | 0.420* | CD_170_15 | 1.131 | 2 | 57 | 0.330* |
| MD_90_30 | .680 | 2 | 57 | 0.511* | CD_90_30 | 4.849 | 2 | 57 | 0.011 |
| MD_115_30 | 1.120 | 2 | 57 | 0.333* | CD_115_30 | 3.110 | 2 | 57 | 0.052* |

| | | | | | | | | | |
|------------|-------|---|----|--------|------------|--------|---|----|--------|
| MD_130_30 | .963 | 2 | 57 | 0.388* | CD_130_30 | 5.343 | 2 | 57 | 0.007 |
| MD_150_30 | 1.660 | 2 | 57 | 0.199* | CD_150_30 | 0.233 | 2 | 57 | 0.793* |
| MD_170_30 | .010 | 2 | 57 | 0.990* | CD_170_30 | 0.352 | 2 | 57 | 0.705* |
| MD_90_45 | 3.416 | 2 | 57 | 0.040 | CD_90_45 | 1.957 | 2 | 57 | 0.151* |
| MD_115_45 | 1.223 | 2 | 57 | 0.302* | CD_115_45 | 1.790 | 2 | 57 | 0.176* |
| MD_130_45 | .426 | 2 | 57 | 0.655* | CD_130_45 | 4.784 | 2 | 57 | 0.012 |
| MD_150_45 | .365 | 2 | 57 | 0.696* | CD_150_45 | 0.421 | 2 | 57 | 0.658* |
| MD_170_45 | 1.098 | 2 | 57 | 0.340* | CD_170_45 | 0.178 | 2 | 57 | 0.837* |
| MD_90_60 | 4.795 | 2 | 57 | 0.012 | CD_90_60 | 9.813 | 2 | 57 | 0.000 |
| MD_115_60 | 4.452 | 2 | 57 | 0.016 | CD_115_60 | 1.769 | 2 | 57 | 0.180* |
| MD_130_60 | 1.795 | 2 | 57 | 0.175* | CD_130_60 | 19.986 | 2 | 57 | 0.000 |
| MD_150_60 | .440 | 2 | 57 | 0.646* | CD_150_60 | 0.761 | 2 | 57 | 0.472* |
| MD_170_60 | .624 | 2 | 57 | 0.540* | CD_170_60 | 0.679 | 2 | 57 | 0.511* |
| MD_90_90 | 4.051 | 2 | 57 | 0.023 | CD_90_90 | 17.849 | 2 | 57 | 0.000 |
| MD_115_90 | 1.021 | 2 | 57 | 0.367* | CD_115_90 | 2.779 | 2 | 57 | 0.071* |
| MD_130_90 | .053 | 2 | 57 | 0.949* | CD_130_90 | 4.140 | 2 | 57 | 0.021 |
| MD_150_90 | 1.929 | 2 | 57 | 0.155* | CD_150_90 | 2.154 | 2 | 57 | 0.125* |
| MD_170_90 | 5.013 | 2 | 57 | 0.010 | CD_170_90 | 2.258 | 2 | 57 | 0.114* |
| MD_90_180 | 2.158 | 2 | 57 | 0.125* | CD_90_180 | 3.018 | 2 | 57 | 0.057* |
| MD_115_180 | .096 | 2 | 57 | 0.909* | CD_115_180 | 0.258 | 2 | 57 | 0.773* |
| MD_130_180 | 3.401 | 2 | 57 | 0.040 | CD_130_180 | 0.357 | 2 | 57 | 0.701* |
| MD_150_180 | 6.201 | 2 | 57 | 0.004 | CD_150_180 | 0.533 | 2 | 57 | 0.590* |
| MD_170_180 | .223 | 2 | 57 | 0.801* | CD_170_180 | 0.406 | 2 | 57 | 0.668* |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.62 – ANOVA - podgrupe po udaljenosti fotografisanja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – distribucija oštećenja

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti | Eta kvadrat |
|------------|---------------|--------------|-----------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|-------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | | |
| MD_90_0 | 11.233 | 699.100 | 710.333 | 2 | 57 | 59 | 0.458 | 0.635 | 0.01581 |
| MD_115_0 | 6.300 | 511.700 | 518.000 | 2 | 57 | 59 | 0.351 | 0.706 | 0.01216 |
| MD_130_0 | 17.433 | 573.500 | 590.933 | 2 | 57 | 59 | 0.866 | 0.426 | 0.02950 |
| MD_150_0 | 1.733 | 529.000 | 530.733 | 2 | 57 | 59 | 0.093 | 0.911 | 0.00327 |
| MD_170_0 | 27.300 | 507.100 | 534.400 | 2 | 57 | 59 | 1.534 | 0.224 | 0.05109 |
| MD_90_15 | 1703.597 | 9339.490 | 11043.087 | 2 | 57 | 59 | 5.199 | 0.008* | 0.15427 |
| MD_115_15 | 2804.452 | 4449.968 | 7254.420 | 2 | 57 | 59 | 17.961 | 0.000* | 0.38659 |
| MD_130_15 | 1282.978 | 5257.133 | 6540.110 | 2 | 57 | 59 | 6.955 | 0.002* | 0.19617 |
| MD_150_15 | 342.713 | 1944.807 | 2287.520 | 2 | 57 | 59 | 5.022 | 0.010* | 0.14982 |
| MD_170_15 | 181.832 | 2283.189 | 2465.021 | 2 | 57 | 59 | 2.270 | 0.113 | 0.07376 |
| MD_90_30 | 2860.199 | 7256.612 | 10116.811 | 2 | 57 | 59 | 11.233 | 0.000* | 0.28272 |
| MD_115_30 | 2236.481 | 3569.130 | 5805.611 | 2 | 57 | 59 | 17.859 | 0.000* | 0.38523 |
| MD_130_30 | 609.279 | 3057.970 | 3667.249 | 2 | 57 | 59 | 5.678 | 0.006* | 0.16614 |
| MD_150_30 | 109.268 | 3557.251 | 3666.519 | 2 | 57 | 59 | 0.875 | 0.422 | 0.02980 |
| MD_170_30 | 305.743 | 2415.210 | 2720.952 | 2 | 57 | 59 | 3.608 | 0.033* | 0.11237 |
| MD_90_45 | 1966.586 | 6333.917 | 8300.503 | 2 | 57 | 59 | 8.849 | 0.000* | 0.23692 |
| MD_115_45 | 1837.836 | 4205.797 | 6043.633 | 2 | 57 | 59 | 12.454 | 0.000* | 0.30409 |
| MD_130_45 | 1302.736 | 2133.862 | 3436.598 | 2 | 57 | 59 | 17.399 | 0.000* | 0.37908 |
| MD_150_45 | 75.852 | 2854.665 | 2930.518 | 2 | 57 | 59 | 0.757 | 0.474 | 0.02588 |
| MD_170_45 | 141.346 | 1330.660 | 1472.006 | 2 | 57 | 59 | 3.027 | 0.056 | 0.09602 |
| MD_90_60 | 1287.379 | 7196.649 | 8484.027 | 2 | 57 | 59 | 5.098 | 0.009* | 0.15174 |
| MD_115_60 | 1740.123 | 4186.535 | 5926.658 | 2 | 57 | 59 | 11.846 | 0.000* | 0.29361 |
| MD_130_60 | 2269.041 | 3071.830 | 5340.871 | 2 | 57 | 59 | 21.052 | 0.000* | 0.42484 |
| MD_150_60 | 866.116 | 2343.620 | 3209.736 | 2 | 57 | 59 | 10.533 | 0.000* | 0.26984 |
| MD_170_60 | 43.088 | 2996.148 | 3039.236 | 2 | 57 | 59 | 0.410 | 0.666 | 0.01418 |
| MD_90_90 | 1797.462 | 3597.014 | 5394.476 | 2 | 57 | 59 | 14.242 | 0.000* | 0.33320 |
| MD_115_90 | 1336.785 | 4261.821 | 5598.606 | 2 | 57 | 59 | 8.939 | 0.000* | 0.23877 |
| MD_130_90 | 1764.339 | 3329.084 | 5093.424 | 2 | 57 | 59 | 15.104 | 0.000* | 0.34640 |
| MD_150_90 | 1157.031 | 2998.254 | 4155.285 | 2 | 57 | 59 | 10.998 | 0.000* | 0.27845 |
| MD_170_90 | 118.360 | 3599.560 | 3717.919 | 2 | 57 | 59 | 0.937 | 0.398 | 0.03183 |
| MD_90_180 | 629.702 | 3511.462 | 4141.164 | 2 | 57 | 59 | 5.111 | 0.009* | 0.15206 |
| MD_115_180 | 281.627 | 5094.272 | 5375.899 | 2 | 57 | 59 | 1.576 | 0.216 | 0.05239 |
| MD_130_180 | 406.044 | 3431.773 | 3837.816 | 2 | 57 | 59 | 3.372 | 0.041* | 0.10580 |
| MD_150_180 | 141.088 | 1837.830 | 1978.918 | 2 | 57 | 59 | 2.188 | 0.121 | 0.07130 |
| MD_170_180 | 171.417 | 1602.876 | 1774.294 | 2 | 57 | 59 | 3.048 | 0.055 | 0.09661 |
| CD_90_0 | 90.169 | 1569.824 | 1659.993 | 2 | 57 | 59 | 1.637 | 0.204 | 0.05432 |
| CD_115_0 | 20.101 | 1210.205 | 1230.306 | 2 | 57 | 59 | 0.473 | 0.625 | 0.01634 |
| CD_130_0 | 44.189 | 1163.940 | 1208.130 | 2 | 57 | 59 | 1.082 | 0.346 | 0.03658 |
| CD_150_0 | 15.951 | 1146.606 | 1162.557 | 2 | 57 | 59 | 0.396 | 0.675 | 0.01372 |
| CD_170_0 | 17.822 | 1453.979 | 1471.802 | 2 | 57 | 59 | 0.349 | 0.707 | 0.01211 |
| CD_90_15 | 265.614 | 3651.010 | 3916.624 | 2 | 57 | 59 | 2.073 | 0.135 | 0.06782 |
| CD_115_15 | 53.957 | 1796.945 | 1850.902 | 2 | 57 | 59 | 0.856 | 0.430 | 0.02915 |
| CD_130_15 | 338.962 | 2785.954 | 3124.916 | 2 | 57 | 59 | 3.468 | 0.038* | 0.10847 |
| CD_150_15 | 410.033 | 1113.772 | 1523.805 | 2 | 57 | 59 | 10.492 | 0.000* | 0.26908 |
| CD_170_15 | 514.405 | 1521.592 | 2035.997 | 2 | 57 | 59 | 9.635 | 0.000* | 0.25265 |
| CD_90_30 | 533.047 | 3557.776 | 4090.823 | 2 | 57 | 59 | 4.270 | 0.019* | 0.13030 |
| CD_115_30 | 478.669 | 1874.477 | 2353.146 | 2 | 57 | 59 | 7.278 | 0.002* | 0.20342 |
| CD_130_30 | 929.191 | 2409.342 | 3338.532 | 2 | 57 | 59 | 10.991 | 0.000* | 0.27832 |
| CD_150_30 | 280.218 | 868.554 | 1148.772 | 2 | 57 | 59 | 9.195 | 0.000* | 0.24393 |
| CD_170_30 | 759.733 | 1555.768 | 2315.502 | 2 | 57 | 59 | 13.917 | 0.000* | 0.32811 |
| CD_90_45 | 1123.946 | 3735.551 | 4859.497 | 2 | 57 | 59 | 8.575 | 0.001* | 0.23129 |
| CD_115_45 | 357.883 | 1985.290 | 2343.173 | 2 | 57 | 59 | 5.138 | 0.009* | 0.15273 |
| CD_130_45 | 595.580 | 2339.202 | 2934.782 | 2 | 57 | 59 | 7.256 | 0.002* | 0.20294 |
| CD_150_45 | 115.094 | 1534.275 | 1649.369 | 2 | 57 | 59 | 2.138 | 0.127 | 0.06978 |
| CD_170_45 | 263.059 | 1933.745 | 2196.804 | 2 | 57 | 59 | 3.877 | 0.026* | 0.11975 |

| | | | | | | | | | |
|------------|----------|----------|-----------|---|----|----|--------|--------|---------|
| CD_90_60 | 1559.365 | 3002.196 | 4561.561 | 2 | 57 | 59 | 14.803 | 0.000* | 0.34185 |
| CD_115_60 | 333.125 | 2106.605 | 2439.730 | 2 | 57 | 59 | 4.507 | 0.015* | 0.13654 |
| CD_130_60 | 2345.387 | 5544.249 | 7889.637 | 2 | 57 | 59 | 12.056 | 0.000* | 0.29727 |
| CD_150_60 | 301.816 | 1719.306 | 2021.122 | 2 | 57 | 59 | 5.003 | 0.010* | 0.14933 |
| CD_170_60 | 252.941 | 1660.871 | 1913.812 | 2 | 57 | 59 | 4.340 | 0.018* | 0.13217 |
| CD_90_90 | 2591.797 | 7650.712 | 10242.509 | 2 | 57 | 59 | 9.655 | 0.000* | 0.25304 |
| CD_115_90 | 409.884 | 1593.244 | 2003.128 | 2 | 57 | 59 | 7.332 | 0.001* | 0.20462 |
| CD_130_90 | 3214.065 | 3752.088 | 6966.153 | 2 | 57 | 59 | 24.413 | 0.000* | 0.46138 |
| CD_150_90 | 221.775 | 1222.018 | 1443.793 | 2 | 57 | 59 | 5.172 | 0.009* | 0.15361 |
| CD_170_90 | 311.102 | 1303.398 | 1614.500 | 2 | 57 | 59 | 6.803 | 0.002* | 0.19269 |
| CD_90_180 | 298.556 | 8499.047 | 8797.604 | 2 | 57 | 59 | 1.001 | 0.374 | 0.03394 |
| CD_115_180 | 507.744 | 4774.064 | 5281.809 | 2 | 57 | 59 | 3.031 | 0.056 | 0.09613 |
| CD_130_180 | 1826.097 | 2943.031 | 4769.128 | 2 | 57 | 59 | 17.684 | 0.000* | 0.38290 |
| CD_150_180 | 228.998 | 3627.828 | 3856.826 | 2 | 57 | 59 | 1.799 | 0.175 | 0.05937 |
| CD_170_180 | 481.509 | 2225.098 | 2706.607 | 2 | 57 | 59 | 6.167 | 0.004* | 0.17790 |

*Potvrđena statistička značajna razlika pri $p < 0.05$

Tabela III.63 – Brown-Forsythe test - podgrupe po rezoluciji skeniranja - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – distribucija oštećenja

| Brown-Forsythe | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----|--------|----------------------|------------|-------------------------|-----|--------|----------------------|
| Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_0 | .458 | 2 | 56.025 | .635 | CD_90_0 | 1.637 | 2 | 54.513 | .204 |
| MD_115_0 | .351 | 2 | 48.398 | .706 | CD_115_0 | .473 | 2 | 54.103 | .625 |
| MD_130_0 | .866 | 2 | 53.393 | .426 | CD_130_0 | 1.082 | 2 | 53.295 | .346 |
| MD_150_0 | .093 | 2 | 56.794 | .911 | CD_150_0 | .396 | 2 | 54.282 | .675 |
| MD_170_0 | 1.534 | 2 | 55.072 | .225 | CD_170_0 | .349 | 2 | 56.374 | .707 |
| MD_90_15 | 5.199 | 2 | 53.819 | .009 | CD_90_15 | 2.073 | 2 | 43.268 | .138 |
| MD_115_15 | 17.961 | 2 | 46.811 | .000 | CD_115_15 | .856 | 2 | 45.071 | .432 |
| MD_130_15 | 6.955 | 2 | 49.032 | .002 | CD_130_15 | 3.468 | 2 | 36.366 | .042 |
| MD_150_15 | 5.022 | 2 | 55.286 | .010 | CD_150_15 | 10.492 | 2 | 56.149 | .000 |
| MD_170_15 | 2.270 | 2 | 54.698 | .113 | CD_170_15 | 9.635 | 2 | 54.216 | .000 |
| MD_90_30 | 11.233 | 2 | 56.405 | .000 | CD_90_30 | 4.270 | 2 | 48.768 | .020 |
| MD_115_30 | 17.859 | 2 | 51.079 | .000 | CD_115_30 | 7.278 | 2 | 52.584 | .002 |
| MD_130_30 | 5.678 | 2 | 52.789 | .006 | CD_130_30 | 10.991 | 2 | 36.236 | .000 |
| MD_150_30 | .875 | 2 | 51.201 | .423 | CD_150_30 | 9.195 | 2 | 55.257 | .000 |
| MD_170_30 | 3.608 | 2 | 56.559 | .034 | CD_170_30 | 13.917 | 2 | 53.013 | .000 |
| MD_90_45 | 8.849 | 2 | 50.294 | .001 | CD_90_45 | 8.575 | 2 | 51.865 | .001 |
| MD_115_45 | 12.454 | 2 | 53.250 | .000 | CD_115_45 | 5.138 | 2 | 50.670 | .009 |
| MD_130_45 | 17.399 | 2 | 55.940 | .000 | CD_130_45 | 7.256 | 2 | 45.681 | .002 |
| MD_150_45 | .757 | 2 | 54.692 | .474 | CD_150_45 | 2.138 | 2 | 55.678 | .127 |
| MD_170_45 | 3.027 | 2 | 52.708 | .057 | CD_170_45 | 3.877 | 2 | 56.936 | .026 |
| MD_90_60 | 5.098 | 2 | 45.173 | .010 | CD_90_60 | 14.803 | 2 | 35.378 | .000 |
| MD_115_60 | 11.846 | 2 | 42.896 | .000 | CD_115_60 | 4.507 | 2 | 50.757 | .016 |
| MD_130_60 | 21.052 | 2 | 51.376 | .000 | CD_130_60 | 12.056 | 2 | 29.408 | .000 |
| MD_150_60 | 10.533 | 2 | 55.756 | .000 | CD_150_60 | 5.003 | 2 | 52.974 | .010 |
| MD_170_60 | .410 | 2 | 53.637 | .666 | CD_170_60 | 4.340 | 2 | 56.248 | .018 |
| MD_90_90 | 14.242 | 2 | 43.849 | .000 | CD_90_90 | 9.655 | 2 | 37.728 | .000 |
| MD_115_90 | 8.939 | 2 | 54.475 | .000 | CD_115_90 | 7.332 | 2 | 49.136 | .002 |
| MD_130_90 | 15.104 | 2 | 55.526 | .000 | CD_130_90 | 24.413 | 2 | 41.639 | .000 |
| MD_150_90 | 10.998 | 2 | 48.219 | .000 | CD_150_90 | 5.172 | 2 | 46.394 | .009 |
| MD_170_90 | .937 | 2 | 44.333 | .399 | CD_170_90 | 6.803 | 2 | 53.043 | .002 |
| MD_90_180 | 5.111 | 2 | 50.704 | .010 | CD_90_180 | 1.001 | 2 | 51.948 | .374 |
| MD_115_180 | 1.576 | 2 | 56.028 | .216 | CD_115_180 | 3.031 | 2 | 56.354 | .056 |
| MD_130_180 | 3.372 | 2 | 51.222 | .042 | CD_130_180 | 17.684 | 2 | 53.954 | .000 |
| MD_150_180 | 2.188 | 2 | 41.178 | .125 | CD_150_180 | 1.799 | 2 | 54.982 | .175 |
| MD_170_180 | 3.048 | 2 | 54.735 | .056 | CD_170_180 | 6.167 | 2 | 55.375 | .004 |

Tabela III.64 - Rezultati naknadnog testa (Dunett's T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja – distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 1.050000 | 0.742 | -1.825485 | 3.925485 |
| | 12 cm | 0.650000 | 0.912 | -2.103701 | 3.403701 |
| 21 cm | 12 cm | -0.400000 | 0.974 | -3.054062 | 2.254062 |
| MD_115_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.600000 | 0.841 | -1.428403 | 2.628403 |
| | 12 cm | 0.750000 | 0.858 | -1.893282 | 3.393282 |
| 21 cm | 12 cm | 0.150000 | 0.998 | -2.265033 | 2.565033 |
| MD_130_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.850000 | 0.731 | -1.435146 | 3.135146 |
| | 12 cm | -0.450000 | 0.965 | -3.134872 | 2.234872 |
| 21 cm | 12 cm | -1.300000 | 0.495 | -3.832165 | 1.232165 |
| MD_150_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.300000 | 0.985 | -2.720957 | 2.120957 |
| | 12 cm | -0.400000 | 0.967 | -2.833617 | 2.033617 |
| 21 cm | 12 cm | -0.100000 | 0.999 | -2.450552 | 2.250552 |
| MD_170_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 1.500000 | 0.271 | -0.732116 | 3.732116 |
| | 12 cm | 1.350000 | 0.453 | -1.144053 | 3.844053 |
| 21 cm | 12 cm | -0.150000 | 0.998 | -2.479197 | 2.179197 |
| MD_90_15 | | | | | |

| | | | | | |
|-----------|-------|-------------|-------|------------|-----------|
| 30 cm | 21 cm | 1.845785 | 0.956 | -8.293926 | 11.985496 |
| | 12 cm | -10.267040 | 0.067 | -21.087555 | 0.553475 |
| 21 cm | 12 cm | -12.1128250 | 0.007 | -21.429930 | -2.795720 |
| MD_115_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 16,3919450 | 0.000 | 10.523360 | 22.260530 |
| | 12 cm | 5.227465 | 0.204 | -1.924231 | 12.379161 |
| 21 cm | 12 cm | -11,1644800 | 0.003 | -19.042434 | -3.286526 |
| MD_130_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 9,3501250 | 0.003 | 2.751986 | 15.948264 |
| | 12 cm | -0.861605 | 0.989 | -8.519086 | 6.795876 |
| 21 cm | 12 cm | -10,2117300 | 0.014 | -18.678444 | -1.745016 |
| MD_150_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.624300 | 0.983 | -5.409988 | 4.161388 |
| | 12 cm | 4,7287950 | 0.049 | 0.012870 | 9.444720 |
| 21 cm | 12 cm | 5,3530950 | 0.011 | 1.040530 | 9.665660 |
| MD_170_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.110800 | 1.000 | -5.418426 | 5.196826 |
| | 12 cm | 3.636240 | 0.208 | -1.340559 | 8.613039 |
| 21 cm | 12 cm | 3.747040 | 0.149 | -0.938998 | 8.433078 |
| MD_90_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -5.653425 | 0.346 | -14.865964 | 3.559114 |
| | 12 cm | -16,6304800 | 0.000 | -25.374460 | -7.886500 |
| 21 cm | 12 cm | -10,9770550 | 0.010 | -19.707444 | -2.246666 |
| MD_115_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 13,9965850 | 0.000 | 7.237632 | 20.755538 |
| | 12 cm | 2.436735 | 0.609 | -3.028515 | 7.901985 |
| 21 cm | 12 cm | -11,5598500 | 0.000 | -18.042528 | -5.077172 |
| MD_130_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 6,6174950 | 0.034 | 0.404130 | 12.830860 |
| | 12 cm | -0.276285 | 0.999 | -5.487819 | 4.935249 |
| 21 cm | 12 cm | -6,8937800 | 0.018 | -12.790510 | -0.997050 |
| MD_150_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -3.136635 | 0.597 | -10.053958 | 3.780688 |
| | 12 cm | -2.471785 | 0.633 | -8.220654 | 3.277084 |
| 21 cm | 12 cm | 0.664850 | 0.989 | -5.371364 | 6.701064 |
| MD_170_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.001445 | 1.000 | -5.172664 | 5.169774 |
| | 12 cm | 4.787880 | 0.083 | -0.460179 | 10.035939 |
| 21 cm | 12 cm | 4.789325 | 0.062 | -0.186817 | 9.765467 |
| MD_90_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -3.655130 | 0.684 | -12.782986 | 5.472726 |
| | 12 cm | -13,5524950 | 0.001 | -22.096825 | -5.008165 |
| 21 cm | 12 cm | -9,8973650 | 0.005 | -17.151194 | -2.643536 |
| MD_115_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 11,6196000 | 0.001 | 4.349417 | 18.889783 |
| | 12 cm | -0.238040 | 1.000 | -6.403147 | 5.927067 |
| 21 cm | 12 cm | -11,8576400 | 0.000 | -18.737813 | -4.977467 |
| MD_130_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 9,9933150 | 0.000 | 4.944374 | 15.042256 |
| | 12 cm | 0.221155 | 0.999 | -4.531294 | 4.973604 |
| 21 cm | 12 cm | -9,7721600 | 0.000 | -14.442872 | -5.101448 |
| MD_150_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 1.606875 | 0.863 | -4.149721 | 7.363471 |
| | 12 cm | 2.740545 | 0.566 | -3.078130 | 8.559220 |
| 21 cm | 12 cm | 1.133670 | 0.927 | -4.026579 | 6.293919 |
| MD_170_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 1.510520 | 0.746 | -2.651451 | 5.672491 |
| | 12 cm | 3,7368250 | 0.035 | 0.207340 | 7.266310 |
| 21 cm | 12 cm | 2.226305 | 0.369 | -1.515398 | 5.968008 |
| MD_90_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 1.940065 | 0.938 | -7.545460 | 11.425590 |
| | 12 cm | -8.711420 | 0.099 | -18.625705 | 1.202865 |
| 21 cm | 12 cm | -10,6514850 | 0.002 | -17.774261 | -3.528709 |
| MD_115_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 12,0295000 | 0.001 | 4.540077 | 19.518923 |
| | 12 cm | 1.326725 | 0.893 | -3.882947 | 6.536397 |
| 21 cm | 12 cm | -10,7027750 | 0.003 | -18.199865 | -3.205685 |
| MD_130_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 14,0620200 | 0.000 | 7.973971 | 20.150069 |
| | 12 cm | 2.354175 | 0.579 | -2.716009 | 7.424359 |
| 21 cm | 12 cm | -11,7078450 | 0.000 | -17.901980 | -5.513710 |
| MD_150_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 8,1386100 | 0.001 | 3.100221 | 13.176999 |
| | 12 cm | 0.160220 | 1.000 | -4.674694 | 4.995134 |
| 21 cm | 12 cm | -7,9783900 | 0.002 | -13.271461 | -2.685319 |
| MD_170_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.757140 | 0.985 | -6.830330 | 5.316050 |
| | 12 cm | 1.295250 | 0.899 | -3.911098 | 6.501598 |
| 21 cm | 12 cm | 2.052390 | 0.764 | -3.812917 | 7.917697 |
| MD_90_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 7,4028300 | 0.013 | 1.389934 | 13.415726 |
| | 12 cm | -5.978885 | 0.140 | -13.336020 | 1.378250 |
| 21 cm | 12 cm | -13,3817150 | 0.000 | -18.880981 | -7.882449 |
| MD_115_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 10,4693150 | 0.001 | 4.192150 | 16.746480 |

| | | | | | |
|------------|-------|--------------|-------|------------|-----------|
| | 12 cm | 0.985665 | 0.980 | -6.117039 | 8.088369 |
| 21 cm | 12 cm | -9,4836500' | 0.006 | -16.551587 | -2.415713 |
| MD_130_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 12,5090400' | 0.000 | 6.170929 | 18.847151 |
| | 12 cm | 2,385620 | 0.688 | -3.606481 | 8.377721 |
| 21 cm | 12 cm | -10,1234200' | 0.000 | -15.869557 | -4.377283 |
| MD_150_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 10,6214150' | 0.001 | 4.140187 | 17.102643 |
| | 12 cm | 3,838815 | 0.257 | -1.807502 | 9.485132 |
| 21 cm | 12 cm | -6,7826000' | 0.006 | -11.831738 | -1.733462 |
| MD_170_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -2,540510 | 0.768 | -9.835513 | 4.754493 |
| | 12 cm | -3,279320 | 0.461 | -9.489306 | 2.930666 |
| 21 cm | 12 cm | -0,738810 | 0.979 | -6.077959 | 4.600339 |
| MD_90_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -6,753210 | 0.057 | -13.667891 | 0.161471 |
| | 12 cm | -6,9853800' | 0.014 | -12.775389 | -1.195371 |
| 21 cm | 12 cm | -0,232170 | 0.999 | -6.114867 | 5.650527 |
| MD_115_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 2,699305 | 0.726 | -4.499884 | 9.898494 |
| | 12 cm | 5,306590 | 0.260 | -2.471873 | 13.085053 |
| 21 cm | 12 cm | 2,607285 | 0.760 | -4.775530 | 9.990100 |
| MD_130_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -3,255310 | 0.536 | -9.909690 | 3.399070 |
| | 12 cm | -6,3716500' | 0.047 | -12.672909 | -0.070391 |
| 21 cm | 12 cm | -3,116340 | 0.396 | -8.507382 | 2.274702 |
| MD_150_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -1,438755 | 0.852 | -6.475643 | 3.598133 |
| | 12 cm | -3,724225 | 0.188 | -8.698654 | 1.250204 |
| 21 cm | 12 cm | -2,285470 | 0.262 | -5.642494 | 1.071554 |
| MD_170_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 1,226205 | 0.870 | -3.244411 | 5.696821 |
| | 12 cm | -2,811605 | 0.247 | -6.867436 | 1.244226 |
| 21 cm | 12 cm | -4,0378100' | 0.049 | -8.056562 | -0.019058 |

Tabela III.64 - Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa različitim unutrašnjim uglovima postavljanja – distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -2.968750 | 0.234 | -7.180315 | 1.242815 |
| | 12 cm | -1.093750 | 0.897 | -5.462741 | 3.275241 |
| 21 cm | 12 cm | 1.875000 | 0.536 | -1.955747 | 5.705747 |
| CD_115_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -1.328125 | 0.778 | -5.211530 | 2.555280 |
| | 12 cm | -0.234375 | 0.998 | -3.881330 | 3.412580 |
| 21 cm | 12 cm | 1.093750 | 0.803 | -2.274798 | 4.462298 |
| CD_130_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.546875 | 0.965 | -3.787581 | 2.693831 |
| | 12 cm | 1.484375 | 0.704 | -2.333079 | 5.301829 |
| 21 cm | 12 cm | 2.031250 | 0.422 | -1.597511 | 5.660011 |
| CD_150_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 0.000000 | 1.000 | -3.246419 | 3.246419 |
| | 12 cm | 1.093750 | 0.843 | -2.612032 | 4.799532 |
| 21 cm | 12 cm | 1.093750 | 0.837 | -2.560088 | 4.747588 |
| CD_170_0 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.546875 | 0.981 | -4.550008 | 3.456258 |
| | 12 cm | -1.328125 | 0.772 | -5.171090 | 2.514840 |
| 21 cm | 12 cm | -0.781250 | 0.951 | -4.880415 | 3.317915 |
| CD_90_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -2.391440 | 0.809 | -9.851997 | 5.069117 |
| | 12 cm | -5.149430 | 0.095 | -10.983195 | 0.684335 |
| 21 cm | 12 cm | -2.757990 | 0.536 | -8.496969 | 2.980989 |
| CD_115_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 1.541430 | 0.800 | -3.230303 | 6.313163 |
| | 12 cm | -0.734200 | 0.938 | -4.278142 | 2.809742 |
| 21 cm | 12 cm | -2.275630 | 0.579 | -7.209570 | 2.658310 |
| CD_130_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 5.741680 | 0.087 | -0.638048 | 12.121408 |
| | 12 cm | 2.036005 | 0.456 | -1.741548 | 5.813558 |
| 21 cm | 12 cm | -3.705675 | 0.363 | -9.944866 | 2.533516 |
| CD_150_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.767620 | 0.920 | -4.132966 | 2.597726 |
| | 12 cm | 5,1216900' | 0.002 | 1.655474 | 8.587906 |
| 21 cm | 12 cm | 5,8893100' | 0.001 | 2.265730 | 9.512890 |
| CD_170_15 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -7,1472650' | 0.001 | -11.474318 | -2.820212 |
| | 12 cm | -3,056135 | 0.199 | -7.187743 | 1.075473 |
| 21 cm | 12 cm | 4,0911300' | 0.029 | 0.330257 | 7.852003 |
| CD_90_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -4.963525 | 0.235 | -12.003839 | 2.076789 |

| | | | | | |
|------------|-------|--------------|-------|------------|-----------|
| | 12 cm | -7,1186900° | 0.009 | -12.675956 | -1.561424 |
| 21 cm | 12 cm | -2.155165 | 0.756 | -8.268896 | 3.958566 |
| CD_115_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -2.030165 | 0.663 | -6.941125 | 2.880795 |
| | 12 cm | -6,7429950° | 0.001 | -10.852144 | -2.633846 |
| 21 cm | 12 cm | -4,7128300° | 0.040 | -9.257954 | -0.167706 |
| CD_130_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 9,3749050° | 0.001 | 3.458486 | 15.291324 |
| | 12 cm | 2,745115 | 0.161 | -0.753052 | 6.243282 |
| 21 cm | 12 cm | -6,6297900° | 0.022 | -12.458351 | -0.801229 |
| CD_150_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -1.849735 | 0.406 | -5.084954 | 1.385484 |
| | 12 cm | 3,3705000° | 0.029 | 0.273031 | 6.467969 |
| 21 cm | 12 cm | 5,2202350° | 0.000 | 2.320346 | 8.120124 |
| CD_170_30 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -6,8712450° | 0.001 | -11.158923 | -2.583567 |
| | 12 cm | 1.208675 | 0.866 | -3.154536 | 5.571886 |
| 21 cm | 12 cm | 8,0799200° | 0.000 | 4.378362 | 11.781478 |
| CD_90_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -6.661945 | 0.067 | -13.680820 | 0.356930 |
| | 12 cm | -10,4730900° | 0.000 | -16.302011 | -4.644169 |
| 21 cm | 12 cm | -3.811145 | 0.356 | -10.120401 | 2.498111 |
| CD_115_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -0.124705 | 1.000 | -4.976118 | 4.726708 |
| | 12 cm | -5,2420750° | 0.008 | -9.291664 | -1.192486 |
| 21 cm | 12 cm | -5,1173700° | 0.046 | -10.166934 | -0.067806 |
| CD_130_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 7,0658400° | 0.011 | 1.363757 | 12.767923 |
| | 12 cm | 0.845185 | 0.940 | -3.291739 | 4.982109 |
| 21 cm | 12 cm | -6,2206550° | 0.018 | -11.518088 | -0.923222 |
| CD_150_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -2.726330 | 0.306 | -6.963662 | 1.511002 |
| | 12 cm | 0.385370 | 0.994 | -3.781924 | 4.552664 |
| 21 cm | 12 cm | 3.111700 | 0.146 | -0.753863 | 6.977263 |
| CD_170_45 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -1.807900 | 0.698 | -6.409350 | 2.793550 |
| | 12 cm | 3.252740 | 0.223 | -1.287794 | 7.793274 |
| 21 cm | 12 cm | 5,0606400° | 0.029 | 0.426931 | 9.694349 |
| CD_90_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -5.304380 | 0.135 | -11.822412 | 1.213652 |
| | 12 cm | -12,4424950° | 0.000 | -19.090944 | -5.794046 |
| 21 cm | 12 cm | -7,1381150° | 0.000 | -10.972533 | -3.303697 |
| CD_115_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 3.766475 | 0.235 | -1.578338 | 9.111288 |
| | 12 cm | -1.904195 | 0.629 | -6.315603 | 2.507213 |
| 21 cm | 12 cm | -5,6706700° | 0.013 | -10.308742 | -1.032598 |
| CD_130_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 14,0455050° | 0.002 | 4.880099 | 23.210911 |
| | 12 cm | 1.736270 | 0.691 | -2.640584 | 6.113124 |
| 21 cm | 12 cm | -12,3092350° | 0.007 | -21.628618 | -2.989852 |
| CD_150_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -5,3208650° | 0.023 | -10.045723 | -0.596007 |
| | 12 cm | -1.476160 | 0.764 | -5.697723 | 2.745403 |
| 21 cm | 12 cm | 3.844705 | 0.067 | -0.205285 | 7.894695 |
| CD_170_60 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 2.865595 | 0.282 | -1.456671 | 7.187861 |
| | 12 cm | 5,0121650° | 0.020 | 0.647702 | 9.376628 |
| 21 cm | 12 cm | 2.146570 | 0.477 | -1.933337 | 6.226477 |
| CD_90_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -4.398775 | 0.693 | -15.524776 | 6.727226 |
| | 12 cm | -15,6110550° | 0.001 | -24.626962 | -6.595148 |
| 21 cm | 12 cm | -11,2122800° | 0.003 | -18.695615 | -3.728945 |
| CD_115_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 1.031095 | 0.928 | -3.687104 | 5.749294 |
| | 12 cm | -4,9565550° | 0.008 | -8.797993 | -1.115117 |
| 21 cm | 12 cm | -5,9876500° | 0.002 | -9.955162 | -2.020138 |
| CD_130_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 16,1488400° | 0.000 | 8.896360 | 23.401320 |
| | 12 cm | 1.331565 | 0.869 | -3.521037 | 6.184167 |
| 21 cm | 12 cm | -14,8172750° | 0.000 | -21.826403 | -7.808147 |
| CD_150_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -1.411755 | 0.755 | -5.399009 | 2.575499 |
| | 12 cm | 3,1849200° | 0.032 | 0.214962 | 6.154878 |
| 21 cm | 12 cm | 4,5966750° | 0.019 | 0.625078 | 8.568272 |
| CD_170_90 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -3,6683800° | 0.031 | -7.071983 | -0.264777 |
| | 12 cm | 1.804475 | 0.605 | -2.225552 | 5.834502 |
| 21 cm | 12 cm | 5,4728550° | 0.004 | 1.598774 | 9.346936 |
| CD_90_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | 4.463675 | 0.568 | -5.070276 | 13.997626 |
| | 12 cm | -0.497345 | 0.999 | -9.284268 | 8.289578 |
| 21 cm | 12 cm | -4.961020 | 0.570 | -15.534786 | 5.612746 |
| CD_115_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -3.532125 | 0.546 | -10.838002 | 3.773752 |
| | 12 cm | -7.125530 | 0.062 | -14.522122 | 0.271062 |

| | | | | | |
|------------|-------|-------------|-------|------------|-----------|
| 21 cm | 12 cm | -3.593405 | 0.491 | -10.535818 | 3.349008 |
| CD_130_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -8,9812450 | 0.002 | -15.038726 | -2.923764 |
| | 12 cm | -13,2347750 | 0.000 | -18.941888 | -7.527662 |
| 21 cm | 12 cm | -4.253530 | 0.140 | -9.484564 | 0.977504 |
| CD_150_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -4.272345 | 0.306 | -10.908251 | 2.363561 |
| | 12 cm | -4.003030 | 0.264 | -9.899352 | 1.893292 |
| 21 cm | 12 cm | 0.269315 | 0.999 | -6.067417 | 6.606047 |
| CD_170_180 | | | | | |
| 30 cm | 21 cm | -6,9312900 | 0.002 | -11.564555 | -2.298025 |
| | 12 cm | -3.750355 | 0.190 | -8.749544 | 1.248834 |
| 21 cm | 12 cm | 3.180935 | 0.339 | -1.963339 | 8.325209 |

Tabela III.66 - Test homogenosti varijanse podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri fotografisanju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci - distribucija oštećenja

| Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Levenova statistika | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
|--------------|---------------------|-----|-----|----------------------|--------------|---------------------|-----|-----|----------------------|
| MD_90_30 cm | 4.696 | 6 | 133 | .000 | CD_90_30 cm | 7.574 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_30 cm | 3.622 | 6 | 133 | .002 | CD_115_30 cm | 1.397 | 6 | 133 | .220* |
| MD_130_30 cm | 3.613 | 6 | 133 | .002 | CD_130_30 cm | 5.741 | 6 | 133 | .000 |
| MD_150_30 cm | 2.318 | 6 | 133 | .037 | CD_150_30 cm | 2.697 | 6 | 133 | .017 |
| MD_170_30 cm | 3.624 | 6 | 133 | .002 | CD_170_30 cm | .763 | 6 | 133 | .600* |
| MD_90_21 cm | 6.077 | 6 | 133 | .000 | CD_90_21 cm | 10.189 | 6 | 133 | .000 |
| MD_115_21 cm | 5.046 | 6 | 133 | .000 | CD_115_21 cm | 3.759 | 6 | 133 | .002 |
| MD_130_21 cm | 3.356 | 6 | 133 | .004 | CD_130_21 cm | 2.707 | 6 | 133 | .016 |
| MD_150_21 cm | 3.137 | 6 | 133 | .007 | CD_150_21 cm | 2.059 | 6 | 133 | .062* |
| MD_170_21 cm | 3.503 | 6 | 133 | .003 | CD_170_21 cm | 1.166 | 6 | 133 | .329* |
| MD_90_12 cm | 6.641 | 6 | 133 | .000 | CD_90_12 cm | 4.095 | 6 | 133 | .001 |
| MD_115_12 cm | 4.020 | 6 | 133 | .001 | CD_115_12 cm | 3.523 | 6 | 133 | .003 |
| MD_130_12 cm | 2.892 | 6 | 133 | .011 | CD_130_12 cm | 2.156 | 6 | 133 | .051* |
| MD_150_12 cm | 2.972 | 6 | 133 | .009 | CD_150_12 cm | 4.047 | 6 | 133 | .001 |
| MD_170_12 cm | 2.638 | 6 | 133 | .019 | CD_170_12 cm | .451 | 6 | 133 | .843* |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Tabela III.67 – ANOVA - podgrupa s obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri fotografisanju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – distribucija oštećenja

| Uzorci | Suma kvadrata | | | Stepen slobode | | | F vrednost | Veličina značajnosti | Eta kvadrat |
|--------------|---------------|--------------|--------|----------------|--------------|--------|------------|----------------------|-------------|
| | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | Između grupa | Unutar grupa | Ukupno | | | |
| MD_90_30 cm | 0.450 | 1.740 | 2.190 | 6 | 133 | 139 | 5.736 | 0.000* | 0.20558 |
| MD_115_30 cm | 0.284 | 0.772 | 1.055 | 6 | 133 | 139 | 8.151 | 0.000* | 0.26886 |
| MD_130_30 cm | 0.100 | 0.654 | 0.754 | 6 | 133 | 139 | 3.388 | 0.004* | 0.13258 |
| MD_150_30 cm | 0.532 | 0.684 | 1.215 | 6 | 133 | 139 | 17.244 | 0.000* | 0.43755 |
| MD_170_30 cm | 0.544 | 0.594 | 1.138 | 6 | 133 | 139 | 20.301 | 0.000* | 0.47804 |
| MD_90_21 cm | 1.269 | 1.017 | 2.286 | 6 | 133 | 139 | 27.677 | 0.000* | 0.55527 |
| MD_115_21 cm | 0.586 | 1.267 | 1.852 | 6 | 133 | 139 | 10.253 | 0.000* | 0.31625 |
| MD_130_21 cm | 0.498 | 0.768 | 1.266 | 6 | 133 | 139 | 14.358 | 0.000* | 0.39310 |
| MD_150_21 cm | 0.611 | 0.572 | 1.183 | 6 | 133 | 139 | 23.644 | 0.000* | 0.51613 |
| MD_170_21 cm | 0.607 | 0.549 | 1.156 | 6 | 133 | 139 | 24.498 | 0.000* | 0.52498 |
| MD_90_12 cm | 0.466 | 1.053 | 1.519 | 6 | 133 | 139 | 9.812 | 0.000* | 0.30683 |
| MD_115_12 cm | 0.248 | 0.902 | 1.150 | 6 | 133 | 139 | 6.100 | 0.000* | 0.21581 |
| MD_130_12 cm | 0.122 | 0.660 | 0.782 | 6 | 133 | 139 | 4.117 | 0.001* | 0.15663 |
| MD_150_12 cm | 0.308 | 0.374 | 0.683 | 6 | 133 | 139 | 18.272 | 0.000* | 0.45185 |
| MD_170_12 cm | 0.285 | 0.330 | 0.615 | 6 | 133 | 139 | 19.140 | 0.000* | 0.46336 |
| CD_90_30 cm | 2.216 | 1.332 | 3.548 | 6 | 133 | 139 | 36.863 | 0.000* | 0.62448 |
| CD_115_30 cm | 2.057 | 0.520 | 2.577 | 6 | 133 | 139 | 87.625 | 0.000* | 0.79810 |
| CD_130_30 cm | 2.399 | 0.453 | 2.852 | 6 | 133 | 139 | 117.295 | 0.000* | 0.84106 |
| CD_150_30 cm | 2.188 | 0.380 | 2.568 | 6 | 133 | 139 | 127.521 | 0.000* | 0.85191 |
| CD_170_30 cm | 1.873 | 0.407 | 2.280 | 6 | 133 | 139 | 102.036 | 0.000* | 0.82153 |
| CD_90_21 cm | 2.741 | 1.271 | 4.012 | 6 | 133 | 139 | 47.796 | 0.000* | 0.68316 |
| CD_115_21 cm | 1.990 | 0.634 | 2.624 | 6 | 133 | 139 | 69.632 | 0.000* | 0.75853 |
| CD_130_21 cm | 1.653 | 1.305 | 2.958 | 6 | 133 | 139 | 28.095 | 0.000* | 0.55897 |
| CD_150_21 cm | 1.833 | 0.428 | 2.261 | 6 | 133 | 139 | 94.971 | 0.000* | 0.81076 |
| CD_170_21 cm | 1.515 | 0.362 | 1.877 | 6 | 133 | 139 | 92.748 | 0.000* | 0.80710 |
| CD_90_12 cm | 1.837 | 0.563 | 2.400 | 6 | 133 | 139 | 72.336 | 0.000* | 0.76544 |
| CD_115_12 cm | 1.504 | 0.380 | 1.884 | 6 | 133 | 139 | 87.657 | 0.000* | 0.79816 |
| CD_130_12 cm | 0.832 | 0.388 | 1.220 | 6 | 133 | 139 | 47.530 | 0.000* | 0.68195 |
| CD_150_12 cm | 1.533 | 0.315 | 1.848 | 6 | 133 | 139 | 107.869 | 0.000* | 0.82953 |
| CD_170_12 cm | 1.563 | 0.396 | 1.959 | 6 | 133 | 139 | 87.437 | 0.000* | 0.79776 |

*Potvrđena statistička značajna razlika pri $p < 0.05$

Tabela III.68 – Brown-Forsythe test - obzirom na uglove postavljanja uzoraka pri fotografisanju - paralelno (MD) i poprečno (CD) savijeni uzorci – distribucija oštećenja

| Brown-Forsythe | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|--------------|-------------------------|-----|---------|----------------------|
| Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti | Uzorci | Statistika ^a | df1 | df2 | Veličina značajnosti |
| MD_90_30 cm | 5.736 | 6 | 104.207 | .000 | CD_90_30 cm | 47.796 | 6 | 93.849 | .000 |
| MD_115_30 cm | 8.151 | 6 | 97.782 | .000 | CD_115_30 cm | 69.632 | 6 | 120.510 | .000 |
| MD_130_30 cm | 3.388 | 6 | 109.884 | .004 | CD_130_30 cm | 28.095 | 6 | 94.674 | .000 |
| MD_150_30 cm | 17.244 | 6 | 112.080 | .000 | CD_150_30 cm | 94.971 | 6 | 94.279 | .000 |
| MD_170_30 cm | 20.301 | 6 | 98.399 | .000 | CD_170_30 cm | 92.748 | 6 | 125.189 | .000 |
| MD_90_21 cm | 27.677 | 6 | 101.466 | .000 | CD_90_21 cm | 72.336 | 6 | 57.466 | .000 |

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------|---|---------|------|--------------|---------|---|---------|------|
| MD_115_21 cm | 10.253 | 6 | 111.683 | .000 | CD_115_21 cm | 87.657 | 6 | 84.892 | .000 |
| MD_130_21 cm | 14.358 | 6 | 107.811 | .000 | CD_130_21 cm | 47.530 | 6 | 115.387 | .000 |
| MD_150_21 cm | 23.644 | 6 | 106.534 | .000 | CD_150_21 cm | 107.869 | 6 | 107.623 | .000 |
| MD_170_21 cm | 24.498 | 6 | 105.397 | .000 | CD_170_21 cm | 87.437 | 6 | 122.725 | .000 |
| MD_90_12 cm | 9.812 | 6 | 98.313 | .000 | CD_90_12 cm | 36.863 | 6 | 98.356 | .000 |
| MD_115_12 cm | 6.100 | 6 | 102.273 | .000 | CD_115_12 cm | 87.625 | 6 | 95.482 | .000 |
| MD_130_12 cm | 4.117 | 6 | 84.749 | .001 | CD_130_12 cm | 117.295 | 6 | 109.918 | .000 |
| MD_150_12 cm | 18.272 | 6 | 112.852 | .000 | CD_150_12 cm | 127.521 | 6 | 100.989 | .000 |
| MD_170_12 cm | 19.140 | 6 | 110.662 | .000 | CD_170_12 cm | 102.036 | 6 | 128.127 | .000 |

Tabela III.69 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa 30 cm - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 9.658070 | 0.153 | -1.766040 | 21.082180 |
| | 30° | 8.900005 | 0.067 | -0.356254 | 18.156264 |
| | 45° | 13.1526950 | 0.004 | 3.050871 | 23.254519 |
| | 60° | 16.4914000 | 0.002 | 4.988530 | 27.994270 |
| | 90° | 16.8838700 | 0.000 | 9.041600 | 24.726140 |
| | 180° | 17.0917000 | 0.000 | 11.736863 | 22.446537 |
| 15° | 30° | -0.758065 | 1.000 | -14.308268 | 12.792138 |
| | 45° | 3.494625 | 1.000 | -10.555610 | 17.544860 |
| | 60° | 6.833330 | 0.943 | -8.125202 | 21.791862 |
| | 90° | 7.225800 | 0.749 | -5.581343 | 20.032943 |
| 30° | 180° | 7.433630 | 0.561 | -4.386608 | 19.253868 |
| | 45° | 4.252690 | 0.997 | -8.298033 | 16.803413 |
| | 60° | 7.591395 | 0.772 | -6.020479 | 21.203269 |
| 45° | 90° | 7.983865 | 0.375 | -3.056404 | 19.024134 |
| | 180° | 8.191695 | 0.171 | -1.584690 | 17.968080 |
| | 60° | 3.338705 | 1.000 | -10.769946 | 17.447356 |
| 60° | 90° | 3.731175 | 0.999 | -7.978075 | 15.440425 |
| | 180° | 3.939005 | 0.988 | -6.626946 | 14.504956 |
| | 90° | 0.392470 | 1.000 | -12.481739 | 13.266679 |
| 90° | 180° | 0.600300 | 1.000 | -11.295241 | 12.495841 |
| | 180° | 0.207830 | 1.000 | -8.280710 | 8.696370 |
| MD_115_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -7.6091400 | 0.000 | -12.526535 | -2.691745 |
| | 30° | -7.0768750 | 0.010 | -12.997883 | -1.155867 |
| | 45° | -3.759685 | 0.708 | -10.429941 | 2.910571 |
| | 60° | 1.530645 | 0.999 | -3.829854 | 6.891144 |
| | 90° | 3.691935 | 0.678 | -2.702702 | 10.086572 |
| | 180° | 8.9614000 | 0.002 | 2.427943 | 15.494857 |
| 15° | 30° | 0.532265 | 1.000 | -6.334903 | 7.399433 |
| | 45° | 3.849455 | 0.855 | -3.636834 | 11.335744 |
| | 60° | 9.1397850 | 0.001 | 2.712588 | 15.566982 |
| | 90° | 11.3010750 | 0.000 | 4.046134 | 18.556016 |
| 30° | 180° | 16.5705400 | 0.000 | 9.199560 | 23.941520 |
| | 45° | 3.317190 | 0.978 | -4.754520 | 11.388900 |
| | 60° | 8.6075200 | 0.008 | 1.461503 | 15.753537 |
| 45° | 90° | 10.7688100 | 0.002 | 2.902853 | 18.634767 |
| | 180° | 16.0382750 | 0.000 | 8.069336 | 24.007214 |
| | 60° | 5.290330 | 0.462 | -2.442303 | 13.022963 |
| 60° | 90° | 7.451620 | 0.122 | -0.928217 | 15.831457 |
| | 180° | 12.7210850 | 0.000 | 4.247503 | 21.194667 |
| | 90° | 2.161290 | 1.000 | -5.351369 | 9.673949 |
| 90° | 180° | 7.430755 | 0.062 | -0.192131 | 15.053641 |
| | 180° | 5.269465 | 0.585 | -3.013328 | 13.552258 |
| MD_130_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -4.270965 | 0.272 | -9.852210 | 1.310280 |
| | 30° | -3.631175 | 0.556 | -9.382099 | 2.119749 |
| | 45° | -4.029025 | 0.291 | -9.365392 | 1.307342 |
| | 60° | -1.921505 | 0.988 | -7.086044 | 3.243034 |
| | 90° | 1.503220 | 1.000 | -5.145084 | 8.151524 |
| | 180° | 9.8290000 | 0.001 | 3.452358 | 16.205642 |
| 15° | 30° | 0.639790 | 1.000 | -6.471941 | 7.751521 |
| | 45° | 0.241940 | 1.000 | -6.574620 | 7.058500 |
| | 60° | 2.349460 | 0.996 | -4.349243 | 9.048163 |
| | 90° | 5.774185 | 0.338 | -2.021452 | 13.569822 |
| 30° | 180° | 14.0999650 | 0.000 | 6.517155 | 21.682775 |
| | 45° | -0.397850 | 1.000 | -7.341599 | 6.545899 |
| | 60° | 1.709670 | 1.000 | -5.119528 | 8.538868 |
| 45° | 90° | 5.134395 | 0.548 | -2.765554 | 13.034344 |
| | 180° | 13.4601750 | 0.000 | 5.768692 | 21.151658 |
| | 60° | 2.107520 | 0.998 | -4.406796 | 8.621836 |
| 60° | 90° | 5.532245 | 0.373 | -2.117642 | 13.182132 |
| | 180° | 13.8580250 | 0.000 | 6.427316 | 21.288734 |
| | 90° | 3.424725 | 0.943 | -4.126403 | 10.975853 |
| 90° | 180° | 11.7505050 | 0.000 | 4.423036 | 19.077974 |
| | 180° | 8.3257800 | 0.049 | 0.019378 | 16.632182 |
| MD_150_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -16.8161400 | 0.000 | -22.181458 | -11.450822 |
| | 30° | -12.4666600 | 0.000 | -19.241007 | -5.692313 |

| | | | | | |
|--------------|------|--------------|-------|------------|------------|
| | 45° | -12.2731200° | 0.000 | -18.726825 | -5.819415 |
| | 60° | -11.1494650° | 0.000 | -15.989004 | -6.309926 |
| | 90° | -11.8698850° | 0.000 | -18.870351 | -4.869419 |
| | 180° | 0.404295 | 1.000 | -5.861191 | 6.669781 |
| 15° | 30° | 4.349480 | 0.763 | -3.405147 | 12.104107 |
| | 45° | 4.543020 | 0.657 | -2.951209 | 12.037249 |
| | 60° | 5.666675 | 0.112 | -0.625585 | 11.958935 |
| | 90° | 4.946255 | 0.611 | -2.995323 | 12.887833 |
| | 180° | 17.2204350° | 0.000 | 9.876260 | 24.564610 |
| 30° | 45° | 0.193540 | 1.000 | -8.242223 | 8.629303 |
| | 60° | 1.317195 | 1.000 | -6.148517 | 8.782907 |
| | 90° | 0.596775 | 1.000 | -8.217434 | 9.410984 |
| | 180° | 12.8709550° | 0.000 | 4.560243 | 21.181667 |
| 45° | 60° | 1.123655 | 1.000 | -6.065704 | 8.313014 |
| | 90° | 0.403235 | 1.000 | -8.197797 | 9.004267 |
| | 180° | 12.6774150° | 0.000 | 4.600346 | 20.754484 |
| 60° | 90° | -0.720420 | 1.000 | -8.383650 | 6.942810 |
| | 180° | 11.5537600° | 0.000 | 4.524373 | 18.583147 |
| 90° | 180° | 12.2741800° | 0.001 | 3.794530 | 20.753830 |
| MD_170_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -16.2510800° | 0.000 | -21.964769 | -10.537391 |
| | 30° | -15.8962400° | 0.000 | -21.495283 | -10.297197 |
| | 45° | -14.0683000° | 0.000 | -18.387508 | -9.749092 |
| | 60° | -8.1381750° | 0.001 | -13.754017 | -2.522333 |
| | 90° | -6.579045 | 0.168 | -14.481205 | 1.323115 |
| | 180° | -1.337100 | 1.000 | -6.106749 | 3.432549 |
| 15° | 30° | 0.354840 | 1.000 | -6.762858 | 7.472538 |
| | 45° | 2.182780 | 0.996 | -4.119660 | 8.485220 |
| | 60° | 8.1129050° | 0.015 | 0.983443 | 15.242367 |
| | 90° | 9.6720350° | 0.024 | 0.759944 | 18.584126 |
| | 180° | 14.9139800° | 0.000 | 8.344282 | 21.483678 |
| 30° | 45° | 1.827940 | 0.999 | -4.375515 | 8.031395 |
| | 60° | 7.7580650° | 0.021 | 0.710569 | 14.805561 |
| | 90° | 9.3171950° | 0.032 | 0.463502 | 18.170888 |
| | 180° | 14.5591400° | 0.000 | 8.082338 | 21.035942 |
| 45° | 60° | 5.930125 | 0.073 | -0.287791 | 12.148041 |
| | 90° | 7.489255 | 0.106 | -0.798109 | 15.776619 |
| | 180° | 12.7312000° | 0.000 | 7.220391 | 18.242009 |
| 60° | 90° | 1.559130 | 1.000 | -7.303044 | 10.421304 |
| | 180° | 6.8010750° | 0.033 | 0.310716 | 13.291434 |
| 90° | 180° | 5.241945 | 0.604 | -3.226373 | 13.710263 |

Tabela III.70 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, prosečno saovijenih i fotografisanih sa 30 cm - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -0.423120 | 1.000 | -8.237339 | 7.391099 |
| | 30° | 1.700520 | 1.000 | -5.277902 | 8.678942 |
| | 45° | 5.420965 | 0.261 | -1.574628 | 12.416558 |
| | 60° | 12.9854850° | 0.001 | 4.471421 | 21.499549 |
| | 90° | 17.6306400° | 0.001 | 5.547929 | 29.713351 |
| | 180° | 21.7973100° | 0.000 | 14.103220 | 29.491400 |
| 15° | 30° | 2.123640 | 1.000 | -7.051378 | 11.298658 |
| | 45° | 5.844085 | 0.584 | -3.342339 | 15.030509 |
| | 60° | 13.4086050° | 0.003 | 3.138254 | 23.678956 |
| | 90° | 18.0537600° | 0.002 | 4.830141 | 31.277379 |
| | 180° | 22.2204300° | 0.000 | 12.552937 | 31.887923 |
| 30° | 45° | 3.720445 | 0.962 | -4.827959 | 12.268849 |
| | 60° | 11.2849650° | 0.012 | 1.546623 | 21.023307 |
| | 90° | 15.9301200° | 0.007 | 3.064816 | 28.795424 |
| | 180° | 20.0967900° | 0.000 | 11.016071 | 29.177509 |
| 45° | 60° | 7.564520 | 0.270 | -2.184252 | 17.313292 |
| | 90° | 12.209675 | 0.075 | -0.662534 | 25.081884 |
| | 180° | 16.3763450° | 0.000 | 7.284042 | 25.468648 |
| 60° | 90° | 4.645155 | 0.996 | -8.912646 | 18.202956 |
| | 180° | 8.811825 | 0.147 | -1.379121 | 19.002771 |
| 90° | 180° | 4.166670 | 0.998 | -9.002678 | 17.336018 |
| CD_115_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -1.988795 | 0.914 | -6.119520 | 2.141930 |
| | 30° | 0.414430 | 1.000 | -4.644876 | 5.473736 |
| | 45° | 2.989695 | 0.504 | -1.491470 | 7.470860 |
| | 60° | 4.527315 | 0.209 | -1.059617 | 10.114247 |
| | 90° | 10.6025900° | 0.000 | 5.465178 | 15.740002 |
| | 180° | 24.2531300° | 0.000 | 16.367727 | 32.138533 |
| 15° | 30° | 2.403225 | 0.928 | -2.748716 | 7.555166 |
| | 45° | 4.9784900° | 0.024 | 0.386729 | 9.570251 |
| | 60° | 6.5161100° | 0.014 | 0.849003 | 12.183217 |
| | 90° | 12.5913850° | 0.000 | 7.363387 | 17.819383 |
| | 180° | 26.2419250° | 0.000 | 18.307330 | 34.176520 |
| 30° | 45° | 2.575265 | 0.919 | -2.834433 | 7.984963 |
| | 60° | 4.112885 | 0.540 | -2.179609 | 10.405379 |
| | 90° | 10.1881600° | 0.000 | 4.265551 | 16.110769 |

| | | | | | |
|--------------|------|--------------|-------|------------|------------|
| | 180° | 23.8387000° | 0.000 | 15.506373 | 32.171027 |
| 45° | 60° | 1.537620 | 1.000 | -4.354694 | 7.429934 |
| | 90° | 7.6128950° | 0.001 | 2.132422 | 13.093368 |
| | 180° | 21.2634350° | 0.000 | 13.188671 | 29.338199 |
| 60° | 90° | 6.075275 | 0.072 | -0.273751 | 12.424301 |
| | 180° | 19.7258150° | 0.000 | 11.130136 | 28.321494 |
| 90° | 180° | 13.6505400° | 0.000 | 5.280906 | 22.020174 |
| CD_130_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -11.8553850° | 0.000 | -16.303723 | -7.407047 |
| | 30° | -11.4091350° | 0.000 | -15.552957 | -7.265313 |
| | 45° | -11.3069950° | 0.000 | -16.297391 | -6.316599 |
| | 60° | -9.1403150° | 0.000 | -13.507151 | -4.773479 |
| | 90° | -5.000545 | 0.099 | -10.481582 | 0.480492 |
| 15° | 180° | 24.0209700° | 0.000 | 17.434165 | 30.607775 |
| | 30° | 0.446250 | 1.000 | -4.556283 | 5.448783 |
| | 45° | 0.548390 | 1.000 | -5.124637 | 6.221417 |
| | 60° | 2.715070 | 0.844 | -2.457942 | 7.888082 |
| | 90° | 6.8548400° | 0.017 | 0.768753 | 12.940927 |
| 30° | 180° | 35.8763550° | 0.000 | 28.814373 | 42.938337 |
| | 45° | 0.102140 | 1.000 | -5.364814 | 5.569094 |
| | 60° | 2.268820 | 0.940 | -2.665613 | 7.203253 |
| | 90° | 6.4085900° | 0.024 | 0.507108 | 12.310072 |
| 45° | 180° | 35.4301050° | 0.000 | 28.515081 | 42.345129 |
| | 60° | 2.166680 | 0.988 | -3.450165 | 7.783525 |
| | 90° | 6.306450 | 0.060 | -0.134130 | 12.747030 |
| 60° | 180° | 35.3279650° | 0.000 | 27.978576 | 42.677354 |
| | 90° | 4.139770 | 0.456 | -1.895826 | 10.175366 |
| 90° | 180° | 33.1612850° | 0.000 | 26.139683 | 40.182887 |
| | 180° | 29.0215150° | 0.000 | 21.385353 | 36.657677 |
| CD_150_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -15.8628450° | 0.000 | -19.579501 | -12.146189 |
| | 30° | -15.5832700° | 0.000 | -19.467637 | -11.698903 |
| | 45° | -12.0080000° | 0.000 | -16.806926 | -7.209074 |
| | 60° | -7.1908000° | 0.001 | -12.304715 | -2.076885 |
| | 90° | -7.6262700° | 0.000 | -11.195335 | -4.057205 |
| | 180° | 20.5726350° | 0.000 | 14.226052 | 26.919218 |
| 15° | 30° | 0.279575 | 1.000 | -3.998097 | 4.557247 |
| | 45° | 3.854845 | 0.302 | -1.239260 | 8.948950 |
| | 60° | 8.6720450° | 0.000 | 3.287671 | 14.056419 |
| | 90° | 8.2365750° | 0.000 | 4.227742 | 12.245408 |
| 30° | 180° | 36.4354800° | 0.000 | 29.887788 | 42.983172 |
| | 45° | 3.575270 | 0.452 | -1.625106 | 8.775646 |
| | 60° | 8.3924700° | 0.000 | 2.910071 | 13.874869 |
| | 90° | 7.9570000° | 0.000 | 3.797653 | 12.116347 |
| | 180° | 36.1559050° | 0.000 | 29.534327 | 42.777483 |
| 45° | 60° | 4.817200 | 0.244 | -1.260813 | 10.895213 |
| | 90° | 4.381730 | 0.133 | -0.622009 | 9.385469 |
| | 180° | 32.5806350° | 0.000 | 25.496979 | 39.664291 |
| 60° | 90° | -0.435470 | 1.000 | -5.736764 | 4.865824 |
| | 180° | 27.7634350° | 0.000 | 20.498826 | 35.028044 |
| 90° | 180° | 28.1989050° | 0.000 | 21.713384 | 34.684426 |
| CD_170_30 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -11.5841050° | 0.000 | -16.618671 | -6.549539 |
| | 30° | -11.8798000° | 0.000 | -17.091310 | -6.668290 |
| | 45° | -13.0249650° | 0.000 | -17.948627 | -8.101303 |
| | 60° | -11.8959350° | 0.000 | -16.886419 | -6.905451 |
| | 90° | -3.949705 | 0.080 | -8.136441 | 0.237031 |
| | 180° | 18.9158950° | 0.000 | 14.027404 | 23.804386 |
| 15° | 30° | -0.295695 | 1.000 | -6.443396 | 5.852006 |
| | 45° | -1.440860 | 1.000 | -7.367133 | 4.485413 |
| | 60° | -0.311830 | 1.000 | -6.288890 | 5.665230 |
| | 90° | 7.6344000° | 0.001 | 2.239944 | 13.028856 |
| 30° | 180° | 30.5000000° | 0.000 | 24.600303 | 36.399697 |
| | 45° | -1.145165 | 1.000 | -7.211236 | 4.920906 |
| | 60° | -0.016135 | 1.000 | -6.131257 | 6.098987 |
| | 90° | 7.9300950° | 0.001 | 2.375330 | 13.484860 |
| 45° | 180° | 30.7956950° | 0.000 | 24.755277 | 36.836113 |
| | 60° | 1.129030 | 1.000 | -4.762797 | 7.020857 |
| | 90° | 9.0752600° | 0.000 | 3.780591 | 14.369929 |
| | 180° | 31.9408600° | 0.000 | 26.128118 | 37.753602 |
| 60° | 90° | 7.9462300° | 0.001 | 2.591503 | 13.300957 |
| | 180° | 30.8118300° | 0.000 | 24.946814 | 36.676846 |
| 90° | 180° | 22.8656000° | 0.000 | 17.602458 | 28.128742 |

Tabela III.71 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa 21 cm - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (I) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 10.4538550° | 0.008 | 1.946483 | 18.961227 |
| | 30° | 2.196580 | 1.000 | -7.003207 | 11.396367 |
| | 45° | 8.4475650° | 0.033 | 0.411207 | 16.483923 |
| | 60° | 17.3814650° | 0.000 | 10.769678 | 23.993252 |

| | | | | | |
|--------------|------|-------------|-------|------------|------------|
| | 90° | 23.2367000 | 0.000 | 19.429680 | 27.043720 |
| | 180° | 11.1624500 | 0.000 | 5.784977 | 16.539923 |
| 15° | 30° | -8.257275 | 0.382 | -19.717449 | 3.202899 |
| | 45° | -2.006290 | 1.000 | -12.660270 | 8.647690 |
| | 60° | 6.927610 | 0.405 | -2.857870 | 16.713090 |
| | 90° | 12.7828450 | 0.001 | 4.214714 | 21.350976 |
| | 180° | 0.708595 | 1.000 | -8.453778 | 9.870968 |
| 30° | 45° | 6.250985 | 0.770 | -4.912988 | 17.414958 |
| | 60° | 15.1848850 | 0.001 | 4.824517 | 25.545253 |
| | 90° | 21.0401200 | 0.000 | 11.785464 | 30.294776 |
| | 180° | 8.965870 | 0.097 | -0.825797 | 18.757537 |
| 45° | 60° | 8.933900 | 0.076 | -0.472070 | 18.339870 |
| | 90° | 14.7891350 | 0.000 | 6.687255 | 22.891015 |
| | 180° | 2.714885 | 0.999 | -6.026567 | 11.456337 |
| 60° | 90° | 5.855235 | 0.131 | -0.842049 | 12.552519 |
| | 180° | -6.219015 | 0.191 | -13.735550 | 1.297520 |
| 90° | 180° | -12.0742500 | 0.000 | -17.566202 | -6.582298 |
| MD_115_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 8.1828050 | 0.009 | 1.456515 | 14.909095 |
| | 30° | 6.319710 | 0.151 | -1.150153 | 13.789573 |
| | 45° | 7.259915 | 0.080 | -0.498039 | 15.017869 |
| | 60° | 12.9601450 | 0.002 | 4.009202 | 21.911088 |
| | 90° | 13.5612500 | 0.000 | 7.357639 | 19.764861 |
| | 180° | 10.6559000 | 0.000 | 4.921674 | 16.390126 |
| 15° | 30° | -1.863095 | 1.000 | -11.172691 | 7.446501 |
| | 45° | -0.922890 | 1.000 | -10.444298 | 8.598518 |
| | 60° | 4.777340 | 0.939 | -5.668523 | 15.223203 |
| | 90° | 5.378445 | 0.583 | -3.066376 | 13.823266 |
| 30° | 180° | 2.473095 | 0.999 | -5.683250 | 10.629440 |
| | 45° | 0.940205 | 1.000 | -9.047328 | 10.927738 |
| | 60° | 6.640435 | 0.644 | -4.213859 | 17.494729 |
| | 90° | 7.241540 | 0.224 | -1.755110 | 16.238190 |
| 45° | 180° | 4.336190 | 0.888 | -4.399204 | 13.071584 |
| | 60° | 5.700230 | 0.857 | -5.323035 | 16.723495 |
| | 90° | 6.301335 | 0.463 | -2.917978 | 15.520648 |
| | 180° | 3.395985 | 0.989 | -5.571819 | 12.363789 |
| 60° | 90° | 0.601105 | 1.000 | -9.583186 | 10.785396 |
| | 180° | -2.304245 | 1.000 | -12.272758 | 7.664268 |
| 90° | 180° | -2.905350 | 0.992 | -10.675693 | 4.864993 |
| MD_130_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 4.229160 | 0.702 | -3.300295 | 11.758615 |
| | 30° | 2.136320 | 0.997 | -4.640244 | 8.912884 |
| | 45° | 5.1142900 | 0.049 | 0.015545 | 10.213035 |
| | 60° | 11.2905150 | 0.000 | 4.289034 | 18.291996 |
| | 90° | 13.1622600 | 0.000 | 7.006426 | 19.318094 |
| | 180° | 6.2120500 | 0.008 | 1.137922 | 11.286178 |
| 15° | 30° | -2.092840 | 1.000 | -11.397326 | 7.211646 |
| | 45° | 0.885130 | 1.000 | -7.489131 | 9.259391 |
| | 60° | 7.061355 | 0.326 | -2.385778 | 16.508488 |
| | 90° | 8.9331000 | 0.050 | 0.001610 | 17.864590 |
| 30° | 180° | 1.982890 | 1.000 | -6.379667 | 10.345447 |
| | 45° | 2.977970 | 0.987 | -4.761163 | 10.717103 |
| | 60° | 9.1541950 | 0.040 | 0.228560 | 18.079830 |
| | 90° | 11.0259400 | 0.003 | 2.665826 | 19.386054 |
| 45° | 180° | 4.075730 | 0.832 | -3.650235 | 11.801695 |
| | 60° | 6.176225 | 0.262 | -1.749896 | 14.102346 |
| | 90° | 8.0479700 | 0.019 | 0.810554 | 15.285386 |
| | 180° | 1.097760 | 1.000 | -5.329030 | 7.524550 |
| 60° | 90° | 1.871745 | 1.000 | -6.655407 | 10.398897 |
| | 180° | -5.078465 | 0.561 | -12.991881 | 2.834951 |
| 90° | 180° | -6.950210 | 0.068 | -14.173061 | 0.272641 |
| MD_150_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -17.1404400 | 0.000 | -21.788705 | -12.492175 |
| | 30° | -15.3032950 | 0.000 | -22.478958 | -8.127632 |
| | 45° | -10.3662450 | 0.000 | -15.634874 | -5.097616 |
| | 60° | -2.710855 | 0.884 | -8.331646 | 2.909936 |
| | 90° | -0.948470 | 1.000 | -7.049206 | 5.152266 |
| | 180° | -0.734460 | 1.000 | -4.594709 | 3.125789 |
| 15° | 30° | 1.837145 | 1.000 | -5.945332 | 9.619622 |
| | 45° | 6.7741950 | 0.021 | 0.609182 | 12.939208 |
| | 60° | 14.4295850 | 0.000 | 7.981108 | 20.878062 |
| | 90° | 16.1919700 | 0.000 | 9.344432 | 23.039508 |
| 30° | 180° | 16.4059800 | 0.000 | 11.265853 | 21.546107 |
| | 45° | 4.937050 | 0.640 | -3.152448 | 13.026548 |
| | 60° | 12.5924400 | 0.000 | 4.311460 | 20.873420 |
| | 90° | 14.3548250 | 0.000 | 5.794267 | 22.915383 |
| 45° | 180° | 14.5688350 | 0.000 | 7.117029 | 22.020641 |
| | 60° | 7.6553900 | 0.018 | 0.806735 | 14.504045 |
| | 90° | 9.4177750 | 0.003 | 2.202361 | 16.633189 |
| | 180° | 9.6317850 | 0.000 | 3.946401 | 15.317169 |
| 60° | 90° | 1.762385 | 1.000 | -5.679105 | 9.203875 |
| | 180° | 1.976395 | 0.998 | -4.026676 | 7.979466 |
| 90° | 180° | 0.214010 | 1.000 | -6.229344 | 6.657364 |
| MD_170_21 cm | | | | | |

| | | | | | |
|-----|------|--------------|-------|------------|------------|
| 0° | 15° | -17.8618800' | 0.000 | -23.010476 | -12.713284 |
| | 30° | -17.3976850' | 0.000 | -22.409031 | -12.386339 |
| | 45° | -14.0577800' | 0.000 | -18.560032 | -9.555528 |
| | 60° | -10.3953150' | 0.000 | -17.022694 | -3.767936 |
| | 90° | -10.6195550' | 0.000 | -17.240351 | -3.998759 |
| | 180° | -1.610895 | 0.993 | -6.207044 | 2.985254 |
| 15° | 30° | 0.464195 | 1.000 | -5.973647 | 6.902037 |
| | 45° | 3.804100 | 0.615 | -2.296316 | 9.904516 |
| | 60° | 7.466565 | 0.062 | -0.192648 | 15.125778 |
| | 90° | 7.242325 | 0.078 | -0.411549 | 14.896199 |
| | 180° | 16.2509850' | 0.000 | 10.090439 | 22.411531 |
| 30° | 45° | 3.339905 | 0.776 | -2.654398 | 9.334208 |
| | 60° | 7.002370 | 0.093 | -0.581938 | 14.586678 |
| | 90° | 6.778130 | 0.116 | -0.800760 | 14.357020 |
| | 180° | 15.7867900' | 0.000 | 9.730767 | 21.842813 |
| 45° | 60° | 3.662465 | 0.876 | -3.661618 | 10.986548 |
| | 90° | 3.438225 | 0.921 | -3.880150 | 10.756600 |
| | 180° | 12.4468850' | 0.000 | 6.763477 | 18.130293 |
| 60° | 90° | -0.224240 | 1.000 | -8.798501 | 8.350021 |
| | 180° | 8.7844200' | 0.009 | 1.414487 | 16.154353 |
| 90° | 180° | 9.0086600' | 0.007 | 1.644382 | 16.372938 |

Tabela III.72 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa 21 cm - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -0.587985 | 1.000 | -8.076527 | 6.900557 |
| | 30° | -1.036430 | 1.000 | -8.584709 | 6.511849 |
| | 45° | 0.985595 | 1.000 | -6.509964 | 8.481154 |
| | 60° | 9.9076800' | 0.000 | 5.783462 | 14.031898 |
| | 90° | 15.4584400' | 0.001 | 5.493488 | 25.423392 |
| | 180° | 28.4875600' | 0.000 | 17.418134 | 39.556986 |
| 15° | 30° | -0.448445 | 1.000 | -10.067940 | 9.171050 |
| | 45° | 1.573580 | 1.000 | -8.009172 | 11.156332 |
| | 60° | 10.4956650' | 0.002 | 2.792806 | 18.198524 |
| | 90° | 16.0464250' | 0.001 | 4.581148 | 27.511702 |
| | 180° | 29.0755450' | 0.000 | 16.686822 | 41.464268 |
| 30° | 45° | 2.022025 | 1.000 | -7.602315 | 11.646365 |
| | 60° | 10.9441100' | 0.001 | 3.183794 | 18.704426 |
| | 90° | 16.4948700' | 0.001 | 4.997802 | 27.991938 |
| | 180° | 29.5239900' | 0.000 | 17.106936 | 41.941044 |
| 45° | 60° | 8.9220850' | 0.014 | 1.212480 | 16.631690 |
| | 90° | 14.4728450' | 0.005 | 3.003847 | 25.941843 |
| | 180° | 27.5019650' | 0.000 | 15.109926 | 39.894004 |
| 60° | 90° | 5.550760 | 0.743 | -4.561507 | 15.663027 |
| | 180° | 18.5798800' | 0.000 | 7.381385 | 29.778375 |
| 90° | 180° | 13.029120 | 0.077 | -0.722270 | 26.780510 |
| CD_115_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | 0.548720 | 1.000 | -5.479930 | 6.577370 |
| | 30° | -0.619650 | 1.000 | -6.163069 | 4.923769 |
| | 45° | 3.861075 | 0.508 | -2.049044 | 9.771194 |
| | 60° | 9.2898750' | 0.000 | 3.515406 | 15.064344 |
| | 90° | 12.6297700' | 0.000 | 7.476476 | 17.783064 |
| | 180° | 21.7170900' | 0.000 | 14.740236 | 28.693944 |
| 15° | 30° | -1.168370 | 1.000 | -8.351013 | 6.014273 |
| | 45° | 3.312355 | 0.954 | -4.124934 | 10.749644 |
| | 60° | 8.7411550' | 0.009 | 1.399389 | 16.082921 |
| | 90° | 12.0810500' | 0.000 | 5.156099 | 19.006001 |
| | 180° | 21.1683700' | 0.000 | 12.932647 | 29.404093 |
| 30° | 45° | 4.480725 | 0.596 | -2.611035 | 11.572485 |
| | 60° | 9.9095250' | 0.001 | 2.920519 | 16.898531 |
| | 90° | 13.2494200' | 0.000 | 6.712069 | 19.786771 |
| | 180° | 22.3367400' | 0.000 | 14.394926 | 30.278554 |
| 45° | 60° | 5.428800 | 0.324 | -1.825081 | 12.682681 |
| | 90° | 8.7686950' | 0.004 | 1.939856 | 15.597534 |
| | 180° | 17.8560150' | 0.000 | 9.694036 | 26.017994 |
| 60° | 90° | 3.339895 | 0.891 | -3.380051 | 10.059841 |
| | 180° | 12.4272150' | 0.000 | 4.348109 | 20.506321 |
| 90° | 180° | 9.0873200' | 0.011 | 1.365739 | 16.808901 |
| CD_130_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -5.703555 | 0.333 | -13.595130 | 2.188020 |
| | 30° | -1.624080 | 1.000 | -9.000728 | 5.752568 |
| | 45° | -3.831005 | 0.661 | -10.405039 | 2.743029 |
| | 60° | 5.315340 | 0.909 | -6.467490 | 17.098170 |
| | 90° | 11.5584450' | 0.003 | 2.913931 | 20.202959 |
| | 180° | 15.4498750' | 0.000 | 9.715118 | 21.184632 |
| 15° | 30° | 4.079475 | 0.978 | -5.833765 | 13.992715 |
| | 45° | 1.872550 | 1.000 | -7.545486 | 11.290586 |
| | 60° | 11.018895 | 0.185 | -2.252605 | 24.290395 |
| | 90° | 17.2620000' | 0.000 | 6.477666 | 28.046334 |
| 30° | 180° | 21.1534300' | 0.000 | 12.197754 | 30.109106 |
| | 45° | -2.206925 | 1.000 | -11.233961 | 6.820111 |

| | | | | | |
|--------------|------|--------------|-------|------------|------------|
| | 60° | 6.939420 | 0.814 | -6.102642 | 19.981482 |
| | 90° | 13.1825250' | 0.005 | 2.714020 | 23.651030 |
| | 180° | 17.0739550' | 0.000 | 8.541849 | 25.606061 |
| 45° | 60° | 9.146345 | 0.366 | -3.572926 | 21.865616 |
| | 90° | 15.3894500' | 0.000 | 5.374874 | 25.404026 |
| | 180° | 19.2808800' | 0.000 | 11.381285 | 27.180475 |
| 60° | 90° | 6.243105 | 0.938 | -7.394133 | 19.880343 |
| | 180° | 10.134535 | 0.197 | -2.293624 | 22.562694 |
| 90° | 180° | 3.891430 | 0.977 | -5.703682 | 13.486542 |
| CD_150_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -16.6304750' | 0.000 | -20.568464 | -12.692486 |
| | 30° | -17.4330150' | 0.000 | -20.994677 | -13.871353 |
| | 45° | -14.7343400' | 0.000 | -19.015394 | -10.453286 |
| | 60° | -12.5116750' | 0.000 | -17.341655 | -7.681695 |
| | 90° | -9.0380350' | 0.000 | -13.998377 | -4.077693 |
| | 180° | 16.3002800' | 0.000 | 9.235552 | 23.365008 |
| 15° | 30° | -0.802540 | 1.000 | -5.081184 | 3.476104 |
| | 45° | 1.896135 | 0.986 | -2.955338 | 6.747608 |
| | 60° | 4.118800 | 0.272 | -1.198820 | 9.436420 |
| | 90° | 7.5924400' | 0.001 | 2.161281 | 13.023599 |
| 30° | 180° | 32.9307550' | 0.000 | 25.572141 | 40.289369 |
| | 45° | 2.698675 | 0.698 | -1.886429 | 7.283779 |
| | 60° | 4.921340 | 0.065 | -0.166210 | 10.008890 |
| | 90° | 8.3949800' | 0.000 | 3.186359 | 13.603601 |
| 45° | 180° | 33.7332950' | 0.000 | 26.515209 | 40.951381 |
| | 60° | 2.222665 | 0.982 | -3.320635 | 7.765965 |
| | 90° | 5.6963050' | 0.047 | 0.046173 | 11.346437 |
| 60° | 180° | 31.0346200' | 0.000 | 23.534156 | 38.535084 |
| | 90° | 3.473640 | 0.734 | -2.554940 | 9.502220 |
| 90° | 180° | 28.8119550' | 0.000 | 21.057555 | 36.566355 |
| 90° | 180° | 25.3383150' | 0.000 | 17.518861 | 33.157769 |
| CD_170_21 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -18.3212250' | 0.000 | -23.006337 | -13.636113 |
| | 30° | -18.3409000' | 0.000 | -22.753442 | -13.928358 |
| | 45° | -14.4227200' | 0.000 | -19.663999 | -9.181441 |
| | 60° | -8.6201950' | 0.000 | -13.344818 | -3.895572 |
| | 90° | -7.2079400' | 0.000 | -11.347575 | -3.068305 |
| | 180° | 12.3947500' | 0.000 | 7.071806 | 17.717694 |
| 15° | 30° | -0.019675 | 1.000 | -4.944217 | 4.904867 |
| | 45° | 3.898505 | 0.449 | -1.749130 | 9.546140 |
| | 60° | 9.7010300' | 0.000 | 4.508790 | 14.893270 |
| | 90° | 11.1132850' | 0.000 | 6.417303 | 15.809267 |
| 30° | 180° | 30.7159750' | 0.000 | 24.995176 | 36.436774 |
| | 45° | 3.918180 | 0.380 | -1.527253 | 9.363613 |
| | 60° | 9.7207050' | 0.000 | 4.759481 | 14.681929 |
| | 90° | 11.1329600' | 0.000 | 6.708526 | 15.557394 |
| 45° | 180° | 30.7356500' | 0.000 | 25.213005 | 36.258295 |
| | 60° | 5.8025250' | 0.041 | 0.125002 | 11.480048 |
| | 90° | 7.2147800' | 0.002 | 1.964307 | 12.465253 |
| 60° | 180° | 26.8174700' | 0.000 | 20.671476 | 32.963464 |
| | 90° | 1.412255 | 0.999 | -3.323101 | 6.147611 |
| 90° | 180° | 21.0149450' | 0.000 | 15.264828 | 26.765062 |
| 90° | 180° | 19.6026900' | 0.000 | 14.270762 | 24.934618 |

Tabela III.73 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, paralelno savijenih i fotografisanih sa 12 cm - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| MD_90_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -1.258970 | 1.000 | -11.251160 | 8.733220 |
| | 30° | -8.3804750' | 0.043 | -16.609790 | -0.151160 |
| | 45° | -1.049800 | 1.000 | -7.596597 | 5.496997 |
| | 60° | 7.129980 | 0.093 | -0.636753 | 14.896713 |
| | 90° | 10.2549850' | 0.001 | 3.204154 | 17.305816 |
| | 180° | 11.3949000' | 0.000 | 7.674528 | 15.115272 |
| 15° | 30° | -7.121505 | 0.682 | -19.065434 | 4.822424 |
| | 45° | 0.209170 | 1.000 | -10.863435 | 11.281775 |
| | 60° | 8.388950 | 0.384 | -3.295718 | 20.073618 |
| | 90° | 11.5139550' | 0.043 | 0.201580 | 22.826330 |
| 30° | 180° | 12.6538700' | 0.007 | 2.559230 | 22.748510 |
| | 45° | 7.330675 | 0.292 | -2.269337 | 16.930687 |
| | 60° | 15.5104550' | 0.000 | 5.164616 | 25.856294 |
| | 90° | 18.6354600' | 0.000 | 8.740597 | 28.530323 |
| 45° | 180° | 19.7753750' | 0.000 | 11.414866 | 28.135884 |
| | 60° | 8.179780 | 0.125 | -1.055474 | 17.415034 |
| | 90° | 11.3047850' | 0.003 | 2.610920 | 19.998650 |
| 60° | 180° | 12.4447000' | 0.000 | 5.719944 | 19.169456 |
| | 90° | 3.125005 | 0.998 | -6.422086 | 12.672096 |
| 90° | 180° | 4.264920 | 0.773 | -3.643344 | 12.173184 |
| 90° | 180° | 1.139915 | 1.000 | -6.071898 | 8.351728 |
| MD_115_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -3.131675 | 0.990 | -11.979096 | 5.715746 |
| | 30° | -5.390140 | 0.056 | -10.857439 | 0.077159 |

| | | | | | |
|--------------|------|--------------|-------|------------|-----------|
| | 45° | -4.747725 | 0.228 | -10.718840 | 1.223390 |
| | 60° | 2.107370 | 0.987 | -3.473253 | 7.687993 |
| | 90° | 3.927600 | 0.853 | -3.970390 | 11.825590 |
| | 180° | 12.7221500' | 0.000 | 5.776504 | 19.667796 |
| 15° | 30° | -2.258465 | 1.000 | -11.719336 | 7.202406 |
| | 45° | -1.616050 | 1.000 | -11.309897 | 8.077797 |
| | 60° | 5.239045 | 0.771 | -4.272305 | 14.750395 |
| | 90° | 7.059275 | 0.536 | -3.714357 | 17.832907 |
| 30° | 180° | 15.8538250' | 0.000 | 5.649125 | 26.058525 |
| | 45° | 0.642415 | 1.000 | -6.342930 | 7.627760 |
| | 60° | 7.4975100' | 0.017 | 0.815986 | 14.179034 |
| | 90° | 9.3177400' | 0.025 | 0.708634 | 17.926846 |
| 45° | 180° | 18.1122900' | 0.000 | 10.327501 | 25.897079 |
| | 60° | 6.855095 | 0.064 | -0.209280 | 13.919470 |
| | 90° | 8.675325 | 0.060 | -0.200516 | 17.551166 |
| | 180° | 17.4698750' | 0.000 | 9.376938 | 25.562812 |
| 60° | 90° | 1.820230 | 1.000 | -6.846849 | 10.487309 |
| | 180° | 10.6147800' | 0.002 | 2.762710 | 18.466850 |
| 90° | 180° | 8.794550 | 0.089 | -0.658994 | 18.248094 |
| MD 130 12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -4.682570 | 0.831 | -13.955478 | 4.590338 |
| | 30° | -3.457460 | 0.496 | -8.663644 | 1.748724 |
| | 45° | -3.357870 | 0.425 | -8.177992 | 1.462252 |
| | 60° | 0.882670 | 1.000 | -4.668402 | 6.433742 |
| | 90° | 4.338840 | 0.279 | -1.335863 | 10.013543 |
| | 180° | 4.8632000' | 0.036 | 0.176453 | 9.549947 |
| 15° | 30° | 1.225110 | 1.000 | -8.532514 | 10.982734 |
| | 45° | 1.324700 | 1.000 | -8.287887 | 10.937287 |
| | 60° | 5.565240 | 0.742 | -4.332714 | 15.463194 |
| | 90° | 9.021410 | 0.104 | -0.929309 | 18.972129 |
| 30° | 180° | 9.545770 | 0.051 | -0.019660 | 19.111200 |
| | 45° | 0.099590 | 1.000 | -5.833686 | 6.032866 |
| | 60° | 4.340130 | 0.503 | -2.150879 | 10.831139 |
| | 90° | 7.7963000' | 0.010 | 1.206891 | 14.385709 |
| 45° | 180° | 8.3206600' | 0.001 | 2.484121 | 14.157199 |
| | 60° | 4.240540 | 0.469 | -1.980171 | 10.461251 |
| | 90° | 7.6967100' | 0.007 | 1.371223 | 14.022197 |
| | 180° | 8.2210700' | 0.000 | 2.705042 | 13.737098 |
| 60° | 90° | 3.456170 | 0.878 | -3.380632 | 10.292972 |
| | 180° | 3.980530 | 0.548 | -2.150217 | 10.111277 |
| 90° | 180° | 0.524360 | 1.000 | -5.713433 | 6.762153 |
| MD 150 12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -11.6873450' | 0.000 | -16.206434 | -7.168256 |
| | 30° | -14.5384450' | 0.000 | -19.335378 | -9.741512 |
| | 45° | -9.1325750' | 0.000 | -14.539951 | -3.725199 |
| | 60° | -10.5892450' | 0.000 | -15.880099 | -5.298391 |
| | 90° | -7.6310700' | 0.000 | -11.757361 | -3.504779 |
| | 180° | -2.919930 | 0.247 | -6.622600 | 0.782740 |
| 15° | 30° | -2.851100 | 0.886 | -8.545952 | 2.843752 |
| | 45° | 2.554770 | 0.976 | -3.627489 | 8.737029 |
| | 60° | 1.098100 | 1.000 | -4.988996 | 7.185196 |
| | 90° | 4.056275 | 0.264 | -1.140827 | 9.253377 |
| 30° | 180° | 8.7674150' | 0.000 | 3.858957 | 13.675873 |
| | 45° | 5.405870 | 0.163 | -0.954309 | 11.766049 |
| | 60° | 3.949200 | 0.600 | -2.319868 | 10.218268 |
| | 90° | 6.9073750' | 0.004 | 1.481757 | 12.332993 |
| 45° | 180° | 11.6185150' | 0.000 | 6.462254 | 16.774776 |
| | 60° | -1.456670 | 1.000 | -8.152857 | 5.239517 |
| | 90° | 1.501505 | 1.000 | -4.444424 | 7.447434 |
| | 180° | 6.2126450' | 0.024 | 0.499764 | 11.925526 |
| 60° | 90° | 2.958175 | 0.871 | -2.886740 | 8.803090 |
| | 180° | 7.6693150' | 0.002 | 2.063790 | 13.274840 |
| 90° | 180° | 4.7111400' | 0.038 | 0.145387 | 9.276893 |
| MD 170 12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -13.9648400' | 0.000 | -18.613541 | -9.316139 |
| | 30° | -12.4583600' | 0.000 | -17.773651 | -7.143069 |
| | 45° | -11.6814750' | 0.000 | -15.299418 | -8.063532 |
| | 60° | -8.1929250' | 0.000 | -13.411791 | -2.974059 |
| | 90° | -11.2083650' | 0.000 | -15.140310 | -7.276420 |
| | 180° | -5.4987050' | 0.002 | -9.527056 | -1.470354 |
| 15° | 30° | 1.506480 | 1.000 | -4.578460 | 7.591420 |
| | 45° | 2.283365 | 0.918 | -2.540097 | 7.106827 |
| | 60° | 5.771915 | 0.069 | -0.234475 | 11.778305 |
| | 90° | 2.756475 | 0.794 | -2.277230 | 7.790180 |
| 30° | 180° | 8.4661350' | 0.000 | 3.365406 | 13.566864 |
| | 45° | 0.776885 | 1.000 | -4.682986 | 6.236756 |
| | 60° | 4.265435 | 0.530 | -2.216450 | 10.747320 |
| | 90° | 1.249995 | 1.000 | -4.386132 | 6.886122 |
| 45° | 180° | 6.9596550' | 0.007 | 1.266802 | 12.652508 |
| | 60° | 3.488550 | 0.531 | -1.878678 | 8.855778 |
| | 90° | 0.473110 | 1.000 | -3.680238 | 4.626458 |
| | 180° | 6.1827700' | 0.001 | 1.940427 | 10.425113 |
| 60° | 90° | -3.015440 | 0.796 | -8.563270 | 2.532390 |
| | 180° | 2.694220 | 0.909 | -2.911670 | 8.300110 |
| 90° | 180° | 5.7096600' | 0.004 | 1.215286 | 10.204034 |

Tabela III.74 – Rezultati naknadnog testa (Dunett T3) statističke značajnosti razlika između svakog para grupa uzoraka za sve gramature, poprečno savijenih i fotografisanih sa 12 cm - distribucija oštećenja

| Zavisna promenljiva (I) | Uglovi (J) | Srednja razlika (I-J) | Veličina značajnosti | 95% Interval poverenja | |
|-------------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| | | | | Donja granica | Gornja granica |
| CD_90_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -4.7522350° | 0.005 | -8.547318 | -0.957152 |
| | 30° | -4.597855 | 0.064 | -9.336746 | 0.141036 |
| | 45° | -4.231810 | 0.231 | -9.547542 | 1.083922 |
| | 60° | 1.363305 | 1.000 | -3.312582 | 6.039192 |
| | 180° | 2.839900 | 0.142 | -0.439511 | 6.119311 |
| 15° | 30° | 22.1202800° | 0.000 | 12.188185 | 32.052375 |
| | 45° | 0.154380 | 1.000 | -4.510493 | 4.819253 |
| | 60° | 0.520425 | 1.000 | -4.733069 | 5.773919 |
| | 90° | 6.1155400° | 0.003 | 1.515195 | 10.715885 |
| | 180° | 7.5921350° | 0.000 | 4.443792 | 10.740478 |
| 30° | 60° | 26.8725150° | 0.000 | 16.966515 | 36.778515 |
| | 45° | 0.366045 | 1.000 | -5.520504 | 6.252594 |
| | 60° | 5.9611600° | 0.018 | 0.611198 | 11.311122 |
| | 180° | 7.4377550° | 0.000 | 3.135946 | 11.739564 |
| 45° | 60° | 26.7181350° | 0.000 | 16.538869 | 36.897401 |
| | 90° | 5.595115 | 0.071 | -0.246172 | 11.436402 |
| | 180° | 7.0717100° | 0.001 | 2.119394 | 12.024026 |
| 60° | 90° | 26.3520900° | 0.000 | 15.972697 | 36.731483 |
| | 180° | 1.476595 | 0.993 | -2.752404 | 5.705594 |
| 90° | 180° | 20.7569750° | 0.000 | 10.597986 | 30.915964 |
| | | 19.2803800° | 0.000 | 9.501088 | 29.059672 |
| CD_115_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -2.547220 | 0.608 | -6.658874 | 1.564434 |
| | 30° | -6.1527900° | 0.000 | -10.138923 | -2.166657 |
| | 45° | -2.076605 | 0.931 | -6.633856 | 2.480646 |
| | 60° | 2.798895 | 0.350 | -1.026952 | 6.624742 |
| | 90° | 5.8218100° | 0.000 | 2.521307 | 9.122313 |
| | 180° | 17.3033750° | 0.000 | 10.231799 | 24.374951 |
| 15° | 30° | -3.605570 | 0.319 | -8.407563 | 1.196423 |
| | 45° | 0.470615 | 1.000 | -4.779261 | 5.720491 |
| | 60° | 5.3461150° | 0.014 | 0.663881 | 10.028349 |
| | 90° | 8.3690300° | 0.000 | 4.057036 | 12.681024 |
| 30° | 60° | 19.8505950° | 0.000 | 12.387385 | 27.313805 |
| | 45° | 4.076185 | 0.249 | -1.087674 | 9.240044 |
| | 180° | 8.9516850° | 0.000 | 4.372089 | 13.531281 |
| 45° | 60° | 11.9746000° | 0.000 | 7.779232 | 16.169968 |
| | 90° | 23.4561650° | 0.000 | 16.043644 | 30.868686 |
| | 180° | 4.875500 | 0.067 | -0.181354 | 9.932354 |
| 60° | 90° | 7.8984150° | 0.000 | 3.167764 | 12.629066 |
| | 180° | 19.3799800° | 0.000 | 11.722693 | 27.037267 |
| 90° | 180° | 3.022915 | 0.325 | -1.024519 | 7.070349 |
| | | 14.5044800° | 0.000 | 7.154127 | 21.854833 |
| | | 11.4815650° | 0.000 | 4.315044 | 18.648086 |
| CD_130_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -10.9326600° | 0.000 | -15.211304 | -6.654016 |
| | 30° | -9.7773000° | 0.000 | -13.939744 | -5.614856 |
| | 45° | -11.5750900° | 0.000 | -15.845840 | -7.304340 |
| | 60° | -8.5173250° | 0.000 | -13.776215 | -3.258435 |
| | 90° | -4.782260 | 0.070 | -9.766364 | 0.201844 |
| | 180° | 9.6729150° | 0.000 | 4.383515 | 14.962315 |
| 15° | 30° | 1.155360 | 1.000 | -3.254220 | 5.564940 |
| | 45° | -0.642430 | 1.000 | -5.151551 | 3.866691 |
| | 60° | 2.415335 | 0.952 | -3.020824 | 7.851494 |
| | 90° | 6.1504000° | 0.009 | 0.974886 | 11.325914 |
| 30° | 60° | 20.6055750° | 0.000 | 15.140368 | 26.070782 |
| | 45° | -1.797790 | 0.979 | -6.199827 | 2.604247 |
| | 60° | 1.259975 | 1.000 | -4.095880 | 6.615830 |
| | 90° | 4.995040 | 0.058 | -0.093912 | 10.083992 |
| 45° | 60° | 19.4502150° | 0.000 | 14.064663 | 24.835767 |
| | 90° | 3.057765 | 0.756 | -2.372892 | 8.488422 |
| | 180° | 6.7928300° | 0.003 | 1.623240 | 11.962420 |
| 60° | 90° | 21.2480050° | 0.000 | 15.788256 | 26.707754 |
| | 180° | 3.735065 | 0.607 | -2.218141 | 9.688271 |
| 90° | 180° | 18.1902400° | 0.000 | 11.999587 | 24.380893 |
| | | 14.4551750° | 0.000 | 8.476608 | 20.433742 |
| CD_150_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -11.5614850° | 0.000 | -15.970468 | -7.152502 |
| | 30° | -13.0331000° | 0.000 | -16.784516 | -9.281684 |
| | 45° | -12.4429600° | 0.000 | -16.904656 | -7.981264 |
| | 60° | -9.4872900° | 0.000 | -13.674070 | -5.300510 |
| | 90° | -5.2616800° | 0.002 | -9.140804 | -1.382556 |
| | 180° | 15.7492750° | 0.000 | 9.851356 | 21.647194 |
| 15° | 30° | -1.471615 | 0.996 | -5.723723 | 2.780493 |
| | 45° | -0.881475 | 1.000 | -5.741241 | 3.978291 |
| | 60° | 2.074195 | 0.951 | -2.546167 | 6.694557 |
| | 90° | 6.2998050° | 0.001 | 1.941213 | 10.658397 |
| 30° | 180° | 27.3107600° | 0.000 | 21.142080 | 33.479440 |
| | | 0.590140 | 1.000 | -3.717579 | 4.897859 |

| | | | | | |
|--------------|------|-------------|-------|------------|-----------|
| | 60° | 3.545810 | 0.128 | -0.470761 | 7.562381 |
| | 90° | 7.7714200 | 0.000 | 4.084557 | 11.458283 |
| | 180° | 28.7823750 | 0.000 | 22.985111 | 34.579639 |
| 45° | 60° | 2.955670 | 0.592 | -1.713866 | 7.625206 |
| | 90° | 7.1812800 | 0.000 | 2.769070 | 11.593490 |
| | 180° | 28.1922350 | 0.000 | 21.991570 | 34.392900 |
| 60° | 90° | 4.2256100 | 0.041 | 0.093363 | 8.357857 |
| | 180° | 25.2365650 | 0.000 | 19.199175 | 31.273955 |
| 90° | 180° | 21.0109550 | 0.000 | 15.145629 | 26.876281 |
| CD_170_12 cm | | | | | |
| 0° | 15° | -13.6441650 | 0.000 | -17.865819 | -9.422511 |
| | 30° | -9.6750500 | 0.000 | -14.098668 | -5.251432 |
| | 45° | -8.7761500 | 0.000 | -13.819674 | -3.732626 |
| | 60° | -5.8876950 | 0.005 | -10.568994 | -1.206396 |
| | 90° | -1.149155 | 1.000 | -6.062940 | 3.764630 |
| | 180° | 16.1616150 | 0.000 | 10.359056 | 21.964174 |
| 15° | 30° | 3.969115 | 0.180 | -0.774543 | 8.712773 |
| | 45° | 4.868015 | 0.098 | -0.442173 | 10.178203 |
| | 60° | 7.7564700 | 0.000 | 2.779269 | 12.733671 |
| | 90° | 12.4950100 | 0.000 | 7.304659 | 17.685361 |
| 30° | 180° | 29.8057800 | 0.000 | 23.784210 | 35.827350 |
| | 45° | 0.898900 | 1.000 | -4.556444 | 6.354244 |
| | 60° | 3.787355 | 0.346 | -1.349298 | 8.924008 |
| | 90° | 8.5258950 | 0.000 | 3.185496 | 13.866294 |
| 45° | 180° | 25.8366650 | 0.000 | 19.694173 | 31.979157 |
| | 60° | 2.888455 | 0.867 | -2.758066 | 8.534976 |
| | 90° | 7.6269950 | 0.003 | 1.802738 | 13.451252 |
| | 180° | 24.9377650 | 0.000 | 18.395874 | 31.479656 |
| 60° | 90° | 4.738540 | 0.157 | -0.798993 | 10.276073 |
| | 180° | 22.0493100 | 0.000 | 15.745777 | 28.352843 |
| 90° | 180° | 17.3107700 | 0.000 | 10.855793 | 23.765747 |

Mikorkopski snimci

Distribucija oštećenja

Tabela III.75 – T-test – podgrupe po uglovima postavljanja uzoraka, mikroskopski snimci - paralelno (MD) savijeni uzorci – distribucija

| | Levenova statistika i veličina značajnosti | | t-test | | | | | | |
|--------|--|-------|--------|----|------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------|
| | F | Sig. | t | df | statistička značajnost | srednja vrednost razlike | Std. Error Difference | 95% interval poverenja razlike | |
| | | | | | | | | donja | gornja |
| MD_90 | .311 | .582* | .335 | 24 | .740 | .0068377 | .0203838 | -.0352323 | .0489077 |
| MD_115 | 1.823 | .190* | -.425 | 24 | .675 | -.0073185 | .0172287 | -.0428768 | .0282398 |

*Potvrđena homogenost varijanse grupe

Prilog IV

Skenirani uzorci

Tabela IV.1 – Faktori determinacije za skenirane uzorke

| Smer savijanja | Rezolucija | Procenat belih piksela - zaostala zatezna čvrstoća | | | | | | |
|----------------|------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° | 180° |
| MD | 1200 spi | 0.713 | 0.429 | 0.543 | 0.687 | 0.641 | 0.711 | 0.840 |
| | 2400 spi | 0.695 | 0.434 | 0.573 | 0.691 | 0.638 | 0.668 | 0.878 |
| | 4800 spi | 0.709 | 0.428 | 0.541 | 0.707 | 0.634 | 0.695 | 0.862 |
| CD | 1200 spi | 0.943 | 0.917 | 0.901 | 0.881 | 0.878 | 0.909 | 0.744 |
| | 2400 spi | 0.955 | 0.926 | 0.902 | 0.857 | 0.873 | 0.917 | 0.719 |
| | 4800 spi | 0.949 | 0.924 | 0.901 | 0.850 | 0.889 | 0.920 | 0.680 |
| Smer savijanja | Rezolucija | Procenat belih piksela - otpornost na prskanje | | | | | | |
| | | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° | 180° |
| MD | 1200 spi | 0.903 | 0.959 | 0.981 | 0.866 | 0.906 | 0.805 | 0.794 |
| | 2400 spi | 0.910 | 0.950 | 0.970 | 0.883 | 0.923 | 0.802 | 0.739 |
| | 4800 spi | 0.903 | 0.968 | 0.973 | 0.873 | 0.909 | 0.795 | 0.767 |
| CD | 1200 spi | 0.775 | 0.876 | 0.902 | 0.847 | 0.871 | 0.811 | 0.326 |
| | 2400 spi | 0.767 | 0.863 | 0.897 | 0.859 | 0.886 | 0.802 | 0.317 |
| | 4800 spi | 0.774 | 0.866 | 0.890 | 0.869 | 0.874 | 0.795 | 0.293 |
| Smer savijanja | Rezolucija | Odnos obima i površine - otpornost na prskanje | | | | | | |
| | | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° | 180° |
| MD | 1200 spi | 0.866 | 0.904 | 0.698 | 0.685 | 0.611 | 0.243 | 0.232 |
| | 2400 spi | 0.848 | 0.918 | 0.679 | 0.693 | 0.755 | 0.491 | 0.589 |
| | 4800 spi | 0.835 | 0.888 | 0.677 | 0.779 | 0.648 | 0.431 | 0.718 |
| CD | 1200 spi | 0.611 | 0.885 | 0.757 | 0.758 | 0.876 | 0.854 | 0.017 |
| | 2400 spi | 0.605 | 0.870 | 0.740 | 0.736 | 0.836 | 0.738 | 0.264 |
| | 4800 spi | 0.615 | 0.854 | 0.741 | 0.735 | 0.822 | 0.725 | 0.283 |
| Smer savijanja | Rezolucija | Distribucija oštećenja - otpornost na prskanje | | | | | | |
| | | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° | 180° |
| MD | 1200 spi | 0.107 | 0.836 | 0.892 | 0.838 | 0.892 | 0.912 | 0.554 |
| | 2400 spi | 0.169 | 0.883 | 0.816 | 0.844 | 0.904 | 0.893 | 0.517 |
| | 4800 spi | 0.061 | 0.842 | 0.811 | 0.831 | 0.902 | 0.880 | 0.570 |
| CD | 1200 spi | 0.038 | 0.486 | 0.560 | 0.293 | 0.430 | 0.409 | 0.293 |
| | 2400 spi | 0.284 | 0.439 | 0.543 | 0.265 | 0.432 | 0.435 | 0.333 |
| | 4800 spi | 0.001 | 0.423 | 0.579 | 0.246 | 0.448 | 0.452 | 0.375 |

Fotografisani uzorci

Tabela IV.2 – Faktori determinacije za fotografisane uzorke

| Smer savijanja | Udaljenost | Procenat belih piksela - zaostala zatezna čvrstoća | | | | | | |
|----------------|------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° | 180° |
| MD | 30 cm | 0.672 | 0.473 | 0.449 | 0.445 | 0.489 | 0.452 | 0.877 |
| | 21 cm | 0.320 | 0.448 | 0.443 | 0.448 | 0.589 | 0.567 | 0.749 |
| | 12 cm | 0.565 | 0.530 | 0.450 | 0.381 | 0.609 | 0.569 | 0.567 |
| CD | 30 cm | 0.903 | 0.888 | 0.917 | 0.883 | 0.904 | 0.895 | 0.827 |
| | 21 cm | 0.933 | 0.863 | 0.884 | 0.879 | 0.880 | 0.893 | 0.517 |
| | 12 cm | 0.832 | 0.904 | 0.931 | 0.944 | 0.830 | 0.773 | 0.581 |
| Smer savijanja | Udaljenost | Procenat belih piksela - otpornost na prskanje | | | | | | |
| | | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° | 180° |
| MD | 30 cm | 0.936 | 0.961 | 0.914 | 0.941 | 0.921 | 0.977 | 0.567 |
| | 21 cm | 0.966 | 0.996 | 0.986 | 0.992 | 0.949 | 0.936 | 0.665 |
| | 12 cm | 0.931 | 0.984 | 0.995 | 0.950 | 0.948 | 0.977 | 0.822 |
| CD | 30 cm | 0.886 | 0.826 | 0.739 | 0.723 | 0.803 | 0.658 | 0.948 |
| | 21 cm | 0.689 | 0.826 | 0.791 | 0.733 | 0.667 | 0.769 | 0.687 |
| | 12 cm | 0.954 | 0.763 | 0.797 | 0.686 | 0.585 | 0.502 | 0.485 |
| Smer savijanja | Udaljenost | Odnos obima i površine - otpornost na prskanje | | | | | | |
| | | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° | 180° |
| MD | 30 cm | 0.838 | 0.936 | 0.731 | 0.952 | 0.830 | 0.822 | 0.080 |
| | 21 cm | 0.861 | 0.777 | 0.882 | 0.732 | 0.803 | 0.488 | 0.400 |
| | 12 cm | 0.892 | 0.926 | 0.590 | 0.538 | 0.205 | 0.101 | 0.046 |
| CD | 30 cm | 0.785 | 0.873 | 0.796 | 0.819 | 0.938 | 0.883 | 0.689 |
| | 21 cm | 0.533 | 0.698 | 0.634 | 0.587 | 0.525 | 0.564 | 0.856 |
| | 12 cm | 0.752 | 0.799 | 0.709 | 0.699 | 0.650 | 0.559 | 0.718 |
| Smer savijanja | Udaljenost | Distribucija oštećenja - otpornost na prskanje | | | | | | |
| | | 0° | 15° | 30° | 45° | 60° | 90° | 180° |
| MD | 30 cm | 0.815 | 0.813 | 0.803 | 0.791 | 0.771 | 0.827 | 0.950 |
| | 21 cm | 0.904 | 0.980 | 0.931 | 0.990 | 0.994 | 0.973 | 0.960 |
| | 12 cm | 0.657 | 0.986 | 0.723 | 0.983 | 0.919 | 0.989 | 0.900 |
| CD | 30 cm | 0.060 | 0.309 | 0.354 | 0.424 | 0.434 | 0.329 | 0.727 |
| | 21 cm | 0.008 | 0.778 | 0.820 | 0.691 | 0.670 | 0.755 | 0.450 |
| | 12 cm | 0.482 | 0.600 | 0.377 | 0.246 | 0.291 | 0.204 | 0.048 |

Mikroskopski snimci uzoraka

Tabela IV.3 – Faktori determinacije za mikroskopske snimke

| Procenat belih piksela - zaostala zatezna čvrstoća | | | | | |
|--|----|-------|------|-------|----|
| 90° | MD | CD | 180° | MD | CD |
| | | 0.525 | | 0.926 | |
| Procenat belih piksela - otpornost na prskanje | | | | | |
| 90° | MD | CD | 180° | MD | CD |
| | | 0.733 | | 0.758 | |
| Odnos obima i površine - otpornost na prskanje | | | | | |
| 90° | MD | CD | 180° | MD | CD |
| | | 0.737 | | 0.623 | |
| Distribucija oštećenja - otpornost na prskanje | | | | | |
| 90° | MD | CD | 180° | MD | CD |
| | | 0.745 | | 0.291 | |

Biografija kandidata

Pál Magdolna rođena je 12.11.1981. godine u Subotici. Posle završetka Politehničke škole (nekadašnje Građevinske srednje škole) u Subotici, obrazovnog profila tehničar dorade, 2000. godine upisala je Višu tehničku školu u Novom Sadu, smer Grafičko inženjerstvo. Prva je diplomirala iz generacije 2003. godine i nakon čega se upisala na Fakultet tehničkih nauka, smer Grafičko inženjerstvo i dizajn. Dobitnik nagrade najboljeg studenta Grafičkog inženjerstva i dizajna u 2004/2005 školskoj godini. U 2005/2006 školskoj godini bila je angažovana u okviru vežbanja na predmetima Grafičkog inženjerstva i dizajna kao demonstrator. Diplomirala je u septembru 2006-e godine, pre upisa apsolvantske godine, sa prosečnim uspehom tokom studija 9.54. Nakon odbrane master rada, u decembru 2006. godine upisala je Doktorske studije na Fakultetu tehničkih nauka, smer Grafičko inženjerstvo i dizajn.

U 2006/2007 školskoj godini je bila primalac stipendije Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj republike Srbije. Od 01.11.2007. godine je zaposlena na Fakultetu tehničkih nauka, na Departmanu za Grafičko inženjerstvo i dizajn prvo u svojstvu saradnika u nastavi, a od 29.09.2009. je izabrana u zvanje asistenta za užu naučnu oblast Grafičko inženjerstvo i dizajn.

U junu 2010. godine je bila na stručnom usavršavanju u Nemačkoj (International course for specialist teachers, Printpromotion, Chemnitz, Germany), dok je u septembru 2008. i 2012. godine stekla zvanje sertifikovanog predavača softvera EngView Package Design na seminaru EngView System u Sofiji, Bugarska. U septembru 2013. godine bila je učesnik radionice "Printing of bio-based materials in packaging" u Budimpešti, u okviru COST projekta FP 1003 (Impact of renewable materials in packaging for sustainability - development of renewable fibre and bio-based materials for new packaging applications).

Objavila je veći broj naučno-stručnih radova u časopisima, na skupovima u zemlji i inostranstvu, koautor je praktikuma za izvođenje nastave iz predmeta Završna grafička obrada. Angažovana je na projektima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj republike Srbije.