

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAFIČKI FAKULTET**

**JELENA REBRNJAK**

**UTJECAJ ZAMRZIVANJA EFEKTA  
SIMULTANOG KONTRASTA NA  
PERCEPCIJU OTISKA EFEKTA**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2015.



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

JELENA REBRNJAK

**UTJECAJ ZAMRZIVANJA EFEKTA  
SIMULTANOG KONTRASTA NA  
PERCEPCIJU OTISKA EFEKTA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

dr.sc. Miroslav Mikota

Student:

Jelena Rebrnjak

Zagreb, 2015.

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

## SAŽETAK

Na kvalitetu i karakteristike otiska možemo utjecati odabirom tehnike ispisa. U situacijama kada je vjernost reprodukcije u odnosu na original bitan faktor, potrebno je obratiti posebnu pozornost na odabir tehnike ispisa. Percepcija promatranog objekta varirati će od osobe do osobe, a razlog tomu je tromost ljudskog oka i subjektivna interpretacija pojedinca. Zbog toga je ljudski vidni sustav podložan optičkim iluzijama, a jedna od njih, ujedno i ona kojom se ovaj diplomski rad bavi, jest simultani kontrast. Simultani kontrast je nesvojevoljna reakcija koja se dešava zbog toga što ljudsko oko boje ne vidi doslovno, već ih simultano modificira tražeći vizualni par. Simultani kontrast uzrokuje da istu boju na tamnijoj pozadini percipiramo svjetlijom, odnosno na svjetlijoj pozadini, tamnijom. Pokrivenost površine rasterom utjecati će na percepciju boje na način da ju se percipira svjetlijom ili tamnijom. Ovaj diplomski rad bavi se istraživanjem percepcije simultanog kontrasta koji je simuliran apliciranjem rastera na površini promatranog uzorka. Istražuje se i utjecaj proširivanja rastera na percepciju primarnog stimulusa, akromatske plohe. Isti efekt istražiti će se i zamrzivanjem pomoću fotografskog aparata te će se bilježiti razlike u usporedbi s originalnim efektom.

KLJUČNE RIJEČI: percepcija, tehnika ispisa, simultani kontrast, raster

## ABSTRACT

The quality and characteristics of the print can be affected by choosing print techniques. In situations where the reproduction fidelity in regard to the original is an important factor, it is necessary to pay special attention when we are choosing printing technique. The perception of an image will vary from person to person, and the reason for this is the inertia of the human eye and the subjective interpretation of the individual. Therefore, the human visual system is subject to optical illusions, and one of them, that is researched in this work, is the simultaneous contrast. Simultaneous contrast is involuntarily reaction that occurs because the human eye can not see the colors literally, but modifies them simultaneously seeking their visual pair. Simultaneous contrast causes that we perceive the same color on a darker if the background is lighter and vice versa. This work will explore the perception of simultaneous contrast which is simulated by applying raster grid on the surface of the primary stimulus. Also, this work will explore if raster grid extending

will affect the perception of achromatic shape. The same effect will be explored by freezing it with digital camera and the results will be compared.

**KEY WORDS:** perception, printing technique, simultaneous contrast, raster

## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Izbor problema i cilj diplomskog rada .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Nastajanje slike u oku .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Ljudska percepcija.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1 Proučavanje ljudske percepcije.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2 Perceptualno procesiranje .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.3 Nesvjesno procesiranje .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Optičke iluzije.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3.1 Priroda percepcijske pogreške .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Binokularan vid.....</b>	<b>9</b>
<b>2.5 Simultani kontrast.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5.1 Munker-Whiteova iluzija .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6 Digitalni fotografski aparat.....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.1 Kompaktni fotoaparati.....</b>	<b>13</b>
<b>2.6.2 SLR fotografski aparati.....</b>	<b>13</b>
<b>2.7 Formati zapisa digitalne fotografije .....</b>	<b>14</b>
<b>2.7.1 TIFF format zapisa digitalne fotografije .....</b>	<b>15</b>
<b>2.7.2 JPEG format zapisa digitalnih slikovnih informacija.....</b>	<b>15</b>
<b>2.7.3 JPEG 2000 format zapisa digitalnih slikovnih informacija.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7.4 RAW format zapisa digitalnih slikovnih informacija .....</b>	<b>17</b>
<b>2.7.5 DNG format zapisa digitalnih slikovnih informacija .....</b>	<b>17</b>
<b>2.7.6 GIF format zapisa digitalnih slikovnih informacija .....</b>	<b>17</b>
<b>2.7.7 PNG format zapisa digitalnih slikovnih informacija.....</b>	<b>18</b>
<b>2.7.8 PSD format zapisa slikovnih informacija .....</b>	<b>18</b>
<b>2.8 Tehnike ispisa digitalne fotografije .....</b>	<b>19</b>
<b>2.9 Glavne tehnike ispisa digitalne fotografije .....</b>	<b>19</b>
<b>2.9.1 Laserski pisači - elektrofotografija .....</b>	<b>19</b>
<b>2.9.2 Sublimacijski pisači .....</b>	<b>20</b>
<b>2.9.3 Ink-Jet pisači.....</b>	<b>22</b>
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>25</b>

3.1	Dizajn testne forme i testnih kartica .....	25
3.2	Reprodukcija testnih formi .....	26
3.3	Instrumentalna analiza .....	28
3.4	Vizualna analiza .....	28
4.	REZULTATI I RASPRAVA .....	30
4.1	Rezultati .....	30
4.1.1	Originalne testne kartice .....	30
4.1.2	Fotografirane testne kartice.....	35
4.2	Rasprava .....	40
5.	ZAKLJUČCI.....	42
6.	LITERATURA .....	43
7.	PRILOZI .....	44

## 1. UVOD

### 1.1 Izbor problema i cilj diplomskog rada

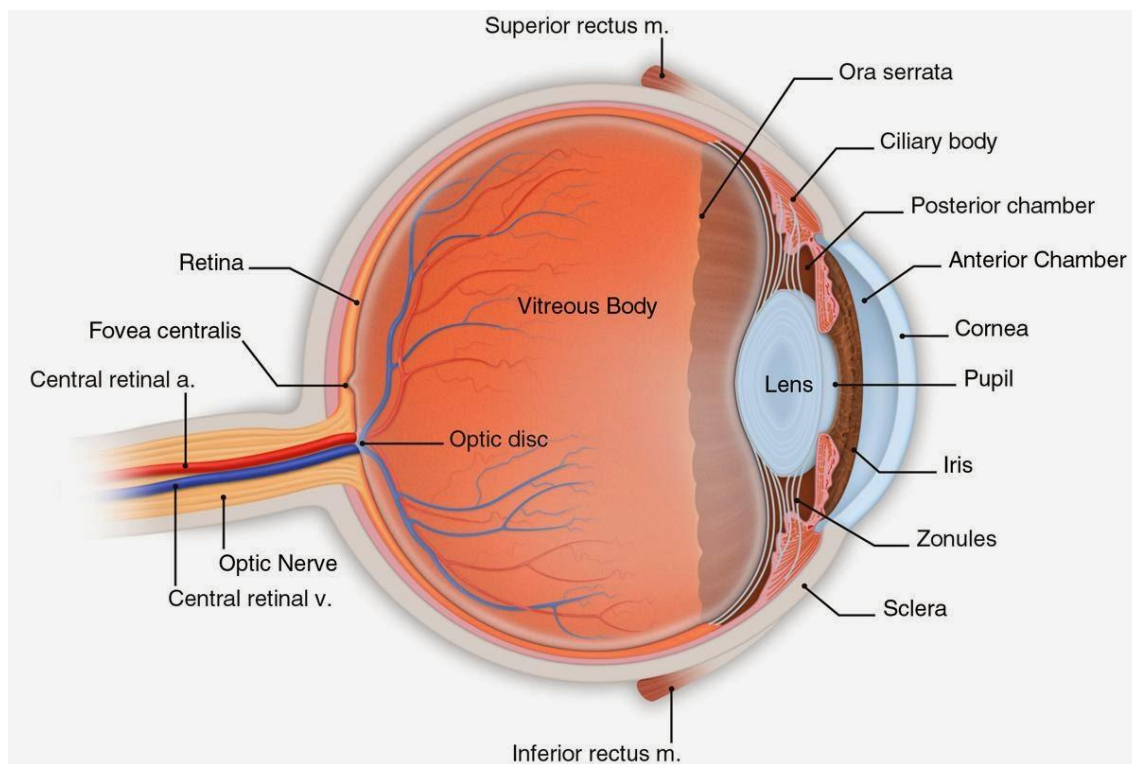
Fotografija kao medij komunikacije često se koristi ne samo u digitalnom, već i u ispisanom obliku. Ona je vizualno najjači komunikacijski kanal i samim time postavljaju se zahtjevi za visokom vjernosti reprodukcije. Prilikom ispisa digitalne fotografije postoji prostor za grešku prilikom čega se može izgubiti dio informacija na ispisanoj fotografiji u odnosu na original. Odabirom dobre tehnike ispisa digitalne fotografije možemo utjecati na kvalitetu i karakteristike otiska. Prilikom ispisa digitalne fotografije potrebno je definirati stupanj vjernosti reprodukcije, a on će ovisiti o naknadnom tipu primjene fotografije. Ponekada će potreba za visokom vjernosti ispisa biti isključivo estetske prirode, kako bi fotografijom privukli nečiju pažnju i pobudili potrebu za fotografiranim motivom (marketing ili umjetnička fotografija), dok će u drugim slučajevima važnost visoke vjernosti ispisa biti potrebna zbog točnog razumijevanja informacije (npr. fotografija u medicini). Ljudski vidni sustav funkcionira zahvaljujući kompleksnoj građi ljudskog oka, no percepcija vizualne informacije ovisit će i o osobnoj interpretaciji pojedinca. Zbog svoje tromosti, ljudsko oko podložno je krivim interpretacijama okoline, a primjer ove tromosti je percepcija optičkih iluzija. U teoriji ljudske percepcije koja se bavi iluzijama postoji pojava simultanog kontrasta. Simultani kontrast je nesvojevoljna reakcija koja se događa zbog toga što ljudsko oko boje ne vidi doslovno, a posljedica toga je da istu boju na tamnijoj pozadini percipiramo svjetlijom, odnosno na svjetlijoj pozadini, tamnijom. Postoje verzije simultanog kontrasta gdje se zbog specifičnog odnosa elemenata ovakva pojava događa na obrnut način. Ovaj diplomski rad se bavi istraživanjem percepcije simultanog kontrasta svjetline na kvalitetnim ispisima, ali ovisan o mediju promatranja. Efekt simultanog kontrasta simulirao se apliciranjem rastera na površinu promatranog uzorka, a istražena je percepcija simultanog kontrasta uspoređujući originalno otisnute testne kartice te fotografirane testne kartice zamrznutog efekta. Cilj ovog diplomskog rada je istražiti događa li se pojava simultanog kontrasta prilikom apliciranja rastera i utječe li njegovo proširivanje na doživljaj efekta te dešava li se razlika prilikom „zamrzivanja“ istog efekta. Na ovaj način istražuje se razina vjernosti ispisa digitalne fotografije kod situacija kada je potreba za vjernosti reprodukcije vrlo visoka.



## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1 Nastajanje slike u oku

Nastajanje slike u oku predstavlja više dimenzija vidnog iskustva. Sustavi dizajnirani za predviđanje tih iskustava do jedne mjere moraju biti temeljeni na ljudskom vidnom sustavu. Zahvaljujući dizajnu ljudskog oka prepoznajemo objekte gledanja, a samim time i njihovi boju. Shvaćanje ljudskog vidnog sustava ovisi o razumijevanju anatomije oka, psihologiji i radu ljudskog oka. Kako bi se shvatio sustav percepcije crnog i bijelog, potrebno je pojasniti nastajanje slike u oku kao i percepciju boje. [1] Oko je složeno građeni osjetilni organ koji detektira svjetlo koje se reflektira od objekta, ulazi u oko kroz zjenicu i pada na mrežnicu koja se nalazi u stražnjem dijelu oka. (Slika 1.) [2]



Slika1.: Anatomija oka

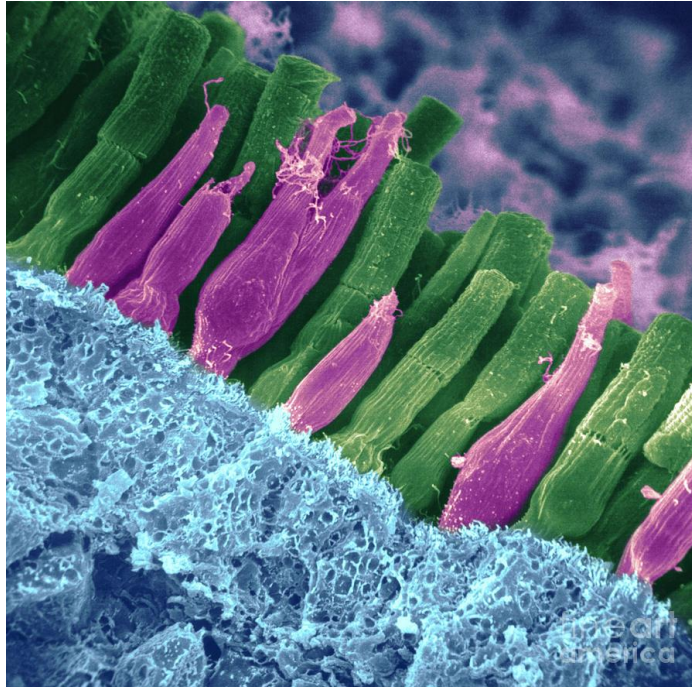
(preuzeto sa: [http://3.bp.blogspot.com/-SWAEptLT\\_-8/Utg4H\\_-VrTI/AAAAAAAAAFVQ/caw6oplGxue/s1600/oko.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-SWAEptLT_-8/Utg4H_-VrTI/AAAAAAAAAFVQ/caw6oplGxue/s1600/oko.jpg))

Ljudsko oko ponaša se poput fotografskog aparata. Rožnica i leća zajedno djeluju poput leće fotografskog aparata kako bi fokusirale sliku na mrežnici u stražnjem dijelu oka.

Rožnica je transparentna vanjska površina koja se nalazi na prednjem dijelu oka i kroz koju prolazi svjetlost. Zbog svoje zaobljenosti, zrake svjetlosti koje padaju na rožnicu lome se i sijeku kroz leću na način da se fokusiraju na mrežnicu i zbog toga je rožnica najvažniji element stvaranja slike u oku. Problemi s vidom kao što su kratkovidnost, dalekovidnost ili astigmatizam posljedica su oblika rožnice. Leća u oku ima funkciju smještaja. Ona je slojevite i fleksibilne strukture, a razlikuje se indeksom loma koji je u centru veći nego na rubovima leće. Oblik leće kontrolira cilijarni mišić. Kada se promatrač približava promatranom objektu, leća postaje deblja kako bismo mogli fokusirati objekt koji nam je blizu. Udaljavanjem od promatranog objekta, leća postaje ravnija što rezultira smanjenjem optičke snage koja je potrebna kako bi mogla izoštriti promatrani objekt u daljini. Starenjem se ova fleksibilnost leće gubi i nakon 50 godina ljudi često ne mogu fokusirati bliže objekte bez optičkih pomagala. Prostor između rožnice i leće ispunjen je tekućinom manje viskoznosti, dok je prostor između leće i mrežnice ispunjen želatinastom tekućinom. Obje tekućine imaju funkciju održavanja fleksibilnosti oka. Propuštanje količine svjetlosti u oko kontrolira zjenica čiji promjer varira od 3 do 7 mm. Optička slika koja se formira prolaskom kroz oko projicira se na mrežnicu. Mrežnica je tanak sloj stanica smješten na stražnjem dijelu oka koji spaja fotoosjetljive stanice i početnu obradu svjetlosnog signala. Te stanice su neuroni i one su dio centralnog živčanog sustava stoga se mogu smatrati dijelom mozga. Te fotoosjetljive stanice, odnosno fotoreceptori nazivaju se čunjići i štapići (Slika 2.). Oni prenose svjetlosne informacije u kemijske i električne signale koji se transmitiraju u mozak optičkim živcima i u konačnici tvore vizualni doživljaj. [1,3] Signali se selektivno obrađuju u informacije kao što su forma ili boja. Taj se proces odvija u tri stupnja. U prvom stupnju obrade podataka dešavaju se brzinsko paralelna obrada podataka, dobivanje podataka o orijentaciji, boji, teksturi i pokretima. U drugom stupnju obrade podataka događa se proces odvajanja vizualne informacije u skupine i jednostavnije uzorke (slične boje, forme, teksture). U trećem stupnju obrade, informacije se povezuju u smislenu cjelinu, odnosno izdvaja se promatraču bitna informacija. [4] Čunjići su fotoreceptori koji reagiraju na jako svjetlo, omogućuju visoku rezoluciju vida te viđenje boja dok štapići reagiraju na prigušeno svjetlo, karakterizira ih niža rezolucija vida, razlikovanje crnog i bijelog te vid prilikom manjka osvjetljenja.

Razlikuje se vrste vida ovisne o količini svjetla:

- Fotoptički vid – vid kod optimalne količine svjetla kada su aktivni samo čunjići
- Mezsoptički vid – vid kod manjka osvjjetljenja kada su aktivni i čunjići i štapići
- Skotoptički vid – vid u polumraku kada su aktivni samo štapići [5]



Slika 2.: Štapići i čunjići

(preuzeto sa: <http://newton-park.net/sites/default/files/4-rods-and-cones-in-retina-omikron.jpg>)

Vidno polje je opseg područja koje promatrač vidi očima iz točke promatranja. U stražnjem dijelu oka nalazi se fovea, centar vidnog polja. Fovea sadrži samo čunjiće i najosjetljiviji je dio očne mrežnice. Što je stimulans dalje od fovee, slike i boje vide se slabije. Zahvaljujući očnoj mrežnici, oko je sposobno prilagoditi se svjetlosnim uvjetima, no što su uvjeti osvjjetljenja gori, percepcija boje je slabija te se boje približavaju sivim tonovima. [2]

## 2.2 Ljudska percepcija

Ljudi percipiraju podatke, ali je potrebno objasniti kako ih percipiraju. Vizualizacija prezentira percipirane podatke, ali bitno je objasniti kako su te vizualizacije percipirane. Percepcija se proučava zbog bolje kontrole prezentiranih informacija i razumijevanja samog pojma ljudske percepcije. Postoji mnogo definicija i teorija o percepciji. Većina njih definira percepciju kao proces prepoznavanja (svjesnost), organiziranja (povezivanje) i interpretacije (spajanje u cjelinu) senzornih informacija. Percepcija se bavi ljudskim osjetilima koja generiraju signale iz okoline kroz osjetila vida, sluha, mirisa i okusa. Jednostavnije sročeno, percepciju se može definirati kao proces kojim se interpretira svijet oko nas i temeljem tih informacija gradi se mentalna reprezentacija okoline koja je podložna pogreškama i razlikama. Mozak stvara pretpostavke o svijetu kako bi prevladao dvosmislenost svih senzornih podataka i dao odgovor na „zadatak“. Vizualne reprezentacije objekata često su krivo interpretirane, što iz razloga jer ne odgovaraju ljudskom percepcijskom sustavu ili zato jer su planirano krivo protumačene. [6]

### 2.2.1 Proučavanje ljudske percepcije

Postoje dva glavna pristupa u proučavanju percepcije. Jedan pristup se bavi mjerenjem dok se drugi bavi modelima. Oba pristupa su povezana. Mjerenja pomažu pri razvijanju modela, a modeli pomažu u predviđanju budućih rezultata koji tada mogu biti izmjereni kako bi se modeli potvrdili. Mjeriti se može „low-level“ senzornu percepciju (npr. koja linija je duža) ili „higher-level“ percepciju (prepoznavanje subjekta u kontekstu). Oba tipa mjerenja zahtijevaju različite mjerne alate i pristupe. Ovakav pristup ipak ne objašnjava zašto se percipira različito ili zašto se prepoznaje objekte te je za te informacije potreban model procesa. [6] [7]

### 2.2.2 Perceptualno procesiranje

Za razumijevanje toka senzornih informacija koriste se klasični modeli za procesiranje informacija, od „low-level“ modela do viših kognitivnih modela. Ovakav pristup naglašava da je memorija uključena u naknadnoj obradi podataka, ali se smatra da je to djelomično točno. Percepcija može biti kontrolirana ili nekontrolirana, odnosno automatska ili namjerna. Automatska percepcija je brza i odvija se paralelno, često u

periodu od 250 ms. Namjerna percepcija transformira rane vizualne efekte u strukturirane objekte. Ona je sporija i prilikom takvog percipiranja uključeno je kratkoročno pamćenje te dolazi do selekcije. „*Low-level*“ atributi naglo se percipiraju i pretvaraju u „*higher-level*“ strukture (npr. pronaći vrata u slučaju opasnosti). Kako bi se dobila poveznica, prvenstveno se fokusira na „*low-level*“ attribute, zatim se okreće na „*higher-level*“ attribute i u konačnici ih se povezuje zajedno s memorijskim modelima. [6]

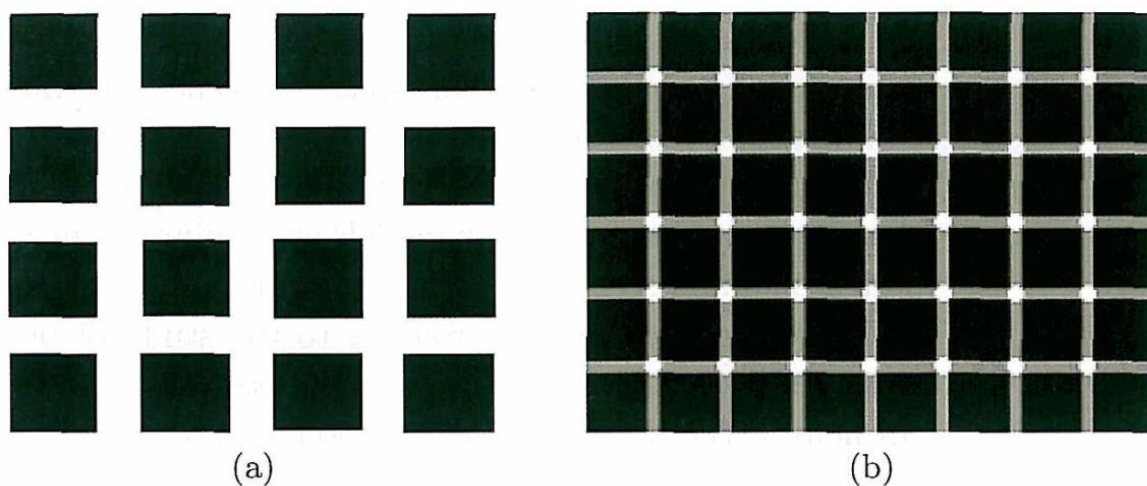
### 2.2.3 Nesvjesno procesiranje

Znanstvenici već mnogo godina istražuju kako ljudski vidni sustav analizira slike. Važan inicijalni rezultat bilo je otkriće limitiranog niza vizualnih svojstava koja su detektirana vrlo brzo i točno „*low-level*“ vidnim sustavom. Ta su svojstva inicijalno nazvana nesvjesnima s obzirom da je njihovo opažanje nije zahtijevalo fokusiranu pažnju. Danas je poznato da pažnja igra glavnu ulogu u onome što se vidi čak i u ranim fazama „viđenja“. Termin „nesvjesno“ i dalje se upotrebljava s obzirom da govori o intuitivnom pojmu brzine i jednostavnosti sa čime se ta svojstva poistovjećuju. Tipično se „zadaci“ koji se odvijaju u vremenu od 200 do 250 ms smatraju nesvjesnima. Nesvjesnim vizualnim značajkama smatraju se: dužina, širina, visina, zakrivljenost, brojevi, raskrižja, boje, intenzitet, treperenje, smjer kretanja, sjaj, stereoskopna dubina, 3D dubina i smjer svjetla. [6, 7]

## 2.3 Optičke iluzije

Optičke iluzije su vizualne prezentacije smišljene kako bi bile krivo interpretirane od strane promatrača. Prilikom stvaranja optičkih iluzija oslanja se na mogućnosti ljudskog vidnog sustava, odnosno na njegove granice kontrole.

Na primjeru iluzije Hermanove mreže može se jasnije shvatiti nemogućnost kontrole ljudskog vidnog sustava (Slika 3a, 3b).



Slika 3.a, 3b : Iluzija Hermannove mreže

(Preuzeto sa: [http://www.ifs.tuwien.ac.at/~silvia/wien/vu-infovis/articles/Chapter3\\_HumanPerceptionAndInformationProcessing\\_73-128.pdf](http://www.ifs.tuwien.ac.at/~silvia/wien/vu-infovis/articles/Chapter3_HumanPerceptionAndInformationProcessing_73-128.pdf))

Ova iluzija manifestira se tako da između mreže crnih kvadrata (Slika 3a), zbog ljudskog vidnog sustava, vide se nepostojeći crne kvadrati na bijelim marginama. Slični privid događa se na drugačijoj mreži većih kvadrata koje dijele bijele pruge s bijelim kružnicama na kutevima kvadrata (Slika 3b). Bijeli krugovi percipiraju se kao crni krugovi, odnosno crne točke koje se pojavljuju i nestaju, kada se zagleda u ovakvu iluziju. Ovakve pojave plod su percipiranja slikovne informacije koja se ne vidi doslovno, već nenamjerno „pogrešno“. Uloga istraživanja percepcije je identificirati ne samo tehnički proces vizualizacije, već cijeli proces obrade vizualnih podataka, od osjeta do saznanja. [8]

### 2.3.1 Priroda percepcijske pogreške

Termin „percepcijska pogreška“ poprilično je čudan s obzirom da u teoriji može postajati samo percepcija, dok su greške povezane s devijacijama u standardima. Greška mjerenja referira se na devijaciju koja se dobiva instrumentalnim ili opzervacijskim mjerenjem i kao takvu se smatra pogreškom. U slučaju proučavanja percepcije, takve devijacije gledamo bitno drugačije. Razlika u percepciji istog objekta kroz neki period nije neuobičajena situacija i kontekstu posljedice pokreta, Aristotel je taj koji je ovakav primjer i primijetio. Na sličan način mogu se mijenjati i percepcije boja površina ovisno

o bojama koje ih okružuju. Zbog toga se smatra da su vizualna svojstva objekata varijabilna pa se tako devijacije u mjerenjima ne smatraju pogreškama.

Razlike u percepciji istog predmeta mogu se pojaviti tijekom vremena i kao takve su, ili opisane, ili uvažene (Slika 4.). Na taj način postoji mogućnost da ih se, uzevši u obzir da nastaju različitosti u percepciji kroz neki period, uspoređuje te se njihove razlike tada mogu proučavati ovisno o kontekstu.



Slika 4. : Primjer iluzije vidljive kroz period  
(Preuzeto sa:<http://f.tqn.com/y/puzzles/1/S/L/S/028.jpg>)

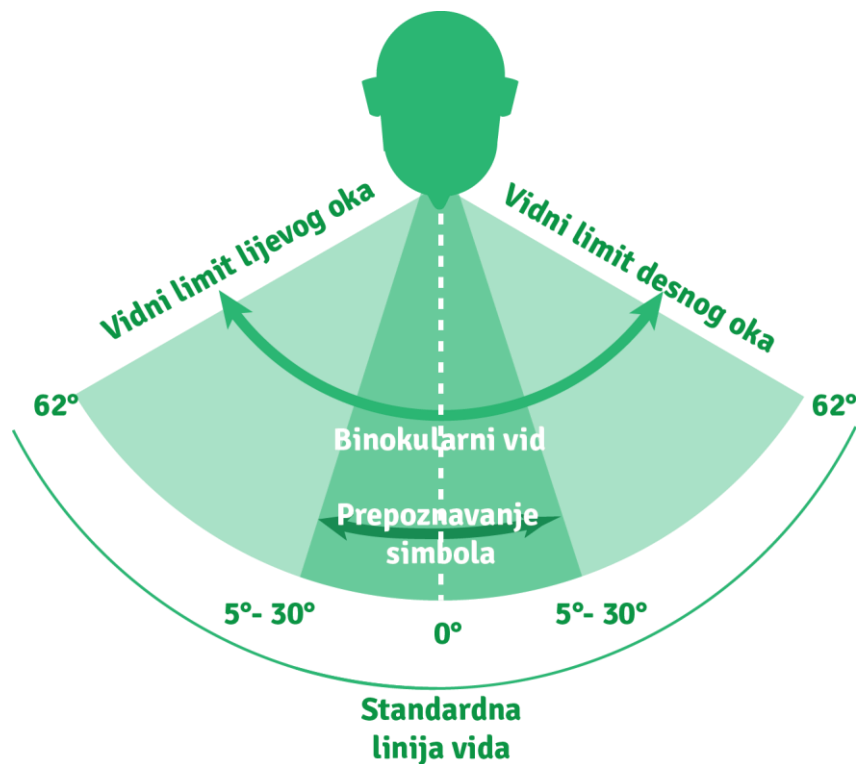
Moderna definicija iluzija se odnosi na razlike između percepcije likova i njihovih fizičkih karakteristika. U antičkim vremenima, iluzija koja je davala mnogo prostora za objašnjavanje bila je iluzija veličine koja se odnosila na objekte udaljene od promatrača, a problematika se svodila na objašnjavanje zašto objekti u daljini izgledaju manje od onih u blizini (npr. percepcija Mjeseca). Odgovore na ovakvu problematiku tražilo se znanostima fizike, fiziologije i u konačnici psihologije. S obzirom da je većina percepcije vjerodostojna, povremena odstupanja od te vjernosti izazivaju fascinaciju i intrigantna su kao pojave koje se mogu proučavati. Kao zaključak definiranja ovakvih pojava može se reći da kada se svojstva promatranog objekta mijenjaju kroz različite okolnosti, tada je



nastupila pojava iluzije. Doduše, ideja od koje je potrebno krenuti je da se promatrani objekt između dva promatranja u nekom periodu nije promijenio u svojim fizičkim svojstvima. [9] [10]

## 2.4 Binokularan vid

Binokularni vid je onaj koji uključuje oba oka koja gledaju istovremeno i fundamentalna je komponenta shvaćanja i djelovanja ljudskog vida. Ovakav sustav vida zaslužan je za koordinaciju očiju i samim time velik je dio shvaćanja ljudske percepcije (Slika 5.) [11]



Slika 5. : Prikaz binokularnog vida

(Preuzeto sa: [http://s1079.photobucket.com/user/bigjonathan91/media/MTG-ScreenLooking/environconhumanfact\\_fig2\\_3\\_zps0ef8d70a.jpg.html](http://s1079.photobucket.com/user/bigjonathan91/media/MTG-ScreenLooking/environconhumanfact_fig2_3_zps0ef8d70a.jpg.html))

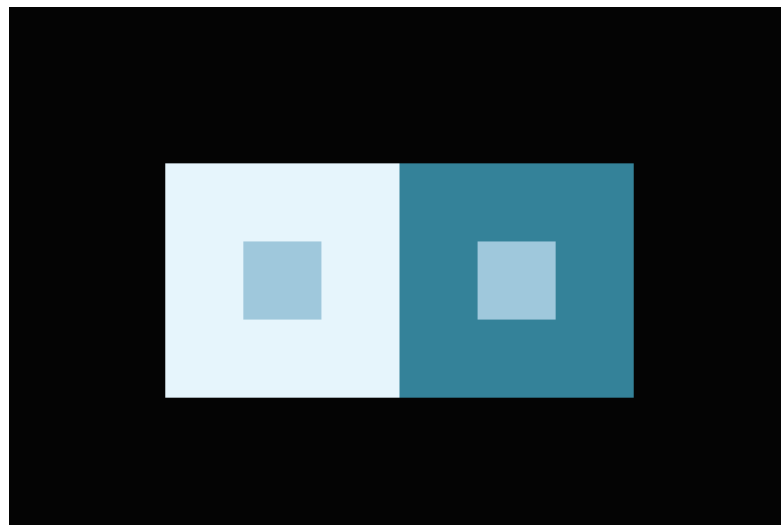
Binokularni vid proučavan je kroz 18. stoljeće. U kontekstu eksperimenata vezanih za binokularni vid, koristila se metoda kombiniranja različitih stimulusa u dva oka koja je postala široko zatupljena u budućim studijama binokularnog vida, uglavnom smještajući otvor u takav položaj gdje su dva susjedna objekta u optičkoj osi svakom oku. Ovu



metodu koristio je i Desaguliers kako bi ispitao zasebni binokularni vid i binokularno kombiniranje boja i tako omogućio eksperimentalni dokaz kao potvrdu Newtonove teorije binokularne kombinacije. Kombinacija različitih boja prezentirana određenim područjima svake mrežnice postala je problematika od teorijske važnosti Newtonovim eksperimentima miješanja boja i teoriji binokularne kombinacije. [9]

## 2.5 Simultani kontrast

Percepcija podražaja stimulusa nije rezultat samo njegovih fizičkih karakteristika, već složena integracija informacija iz cjelokupnog vidnog polja. Iluzije svjetline pomažu nam kako bismo razumjeli kako bazične strategije ljudskog vida procesiraju svojstva promatranog objekta. Osvjetljenje je količina svjetla koja dopire do očiju reflektirana od površine. S druge strane, svjetlina je konačna percepcija nakon konverzije vidnog sustava. Tako pozadine koje su jednako osvijetljene može se percipirati kao da su drugačijih svjetlina. Primjer ovakve pojave je i iluzija simultanog kontrasta (Slika 5.).



Slika 5. : Prikaz binokularnog vida

(Preuzeto sa:[https://s-media-cache-](https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/4b/25/4e/4b254e498eda327f2ef7af67b5655a35.jpg)

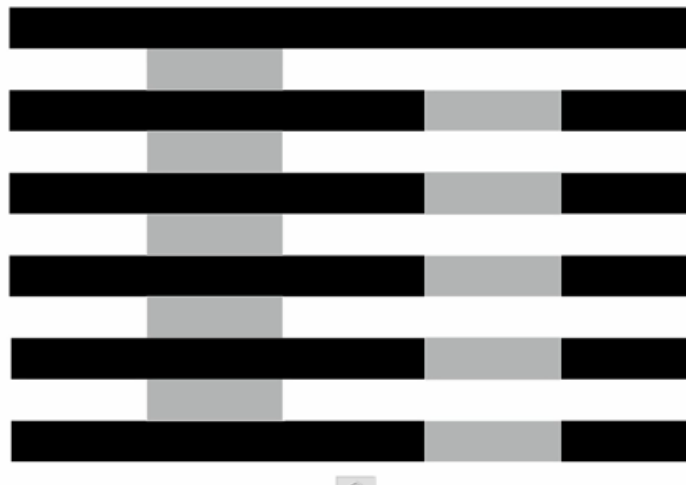
[ak0.pinimg.com/originals/4b/25/4e/4b254e498eda327f2ef7af67b5655a35.jpg](https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/4b/25/4e/4b254e498eda327f2ef7af67b5655a35.jpg))

Simultani kontrast je iluzija, odnosno nesvojevoljna reakcija koja se događa zbog tromosti ljudskog oka. Ona se događa jer ljudsko oko boje ne vidi doslovno, već ih simultano modificira i traži im vizualni par. Dva identično siva kvadrata, na površinama

različite svjetline, djelovati će kao da su različitih svjetlina. Ovakva vrsta simultanog kontrasta naziva se simultani kontrast svjetline. Jedan od primjera istraženog efekta simultanog kontrasta je i iluzija simultanog kontrasta gdje se siva linija percipira tamnijom kada je okružena bijelom pozadinom, nego kada je okružena crnom pozadinom. Ta se pojava objašnjava „*low-level*“ vizualnim mehanizmom lateralne inhibicije, gdje pozadina percipiranog objekta ili inhibira ili uzbuđuje stimulaciju percepcije. [6, 12]

### 2.5.1 Munker-Whiteova iluzija

Postoje i primjeri gdje se ne može tražiti odgovor u istom smjeru, a jedan od tih primjera je i Munker-White iluzija (Slika 6.) gdje dva identično siva primarna stimulusa smještena na prugastoj, crno-bijeloj pozadini izazivaju iluziju svjetline na obrnut način. Po teoriji simultanog kontrasta svjetline, stimulusi smješteni na bijele pruge trebali bi se percipirati tamnijima nego oni koji su smješteni na crne pruge.

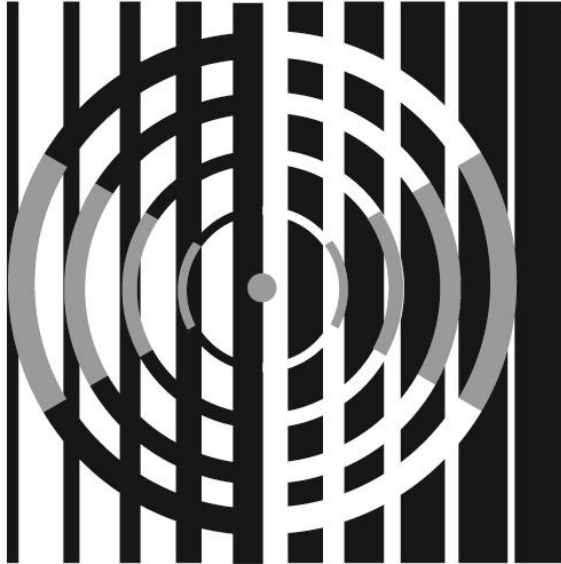


Slika 6. : Munker-White iluzija

(preuzeto sa: <https://tamakisatoblog.files.wordpress.com/2013/12/picture-47.png>)

Objašnjenje za ovaj efekt tražen je kroz više pristupa. Jedan od njih je pokušaj objašnjavanja odnosa granica pozadine i primarnog stimulusa u specifičnim odnosima osvjetljenja. Primarni stimulusi koji su kolinearni s bijelim prugama percipiraju se tamnijima od onih koji su kolinearni sa crnim prugama. Samim time djelovanje iluzije je potpuno suprotno od onog kojeg pretpostavlja teorija lateralne inhibicije. Takva pojava indicira na druge teorije i zahtjeva dodatna istraživanja efekta. Proučavanjem Munker-White iluzije, Andreson je 1997. godine pokazao da kada primarni stimulus definirane

svjetline leži između pruga koje ga okružuju, on će se percipirati kao transparentni sloj koji prekriva prugastu pozadinu što rezultira razlikom u percepciji svjetline. Ovakav efekt simultanog kontrasta svjetline vidljiv je i na dizajnu Susan Hirth (Slika 7.) [13]



Slika 7. : Iluzija simultanog kontrasta Susan Hirth

## **2.6 Digitalni fotografski aparat**

Digitalna fotografija postala je i više nego popularna u suvremenoj kulturi. Pojavom računala i napretkom digitalizacije, ručni digitalni uređaji postali su zahtjev koji je pokrenuo tehnološki napredak. Digitalni fotoaparati olakšali su procese fotografiranja, obrade i distribucije fotografije i samim time uvjetovali važnost digitalne slikovne informacije kao medij komunikacije.

U današnjoj primjeni postoje dvije osnovne podjele fotoaparata, a to su kompaktni fotoaparati i SLR fotoaparati.

### 2.6.1 Kompaktni fotoaparati

Kompaktni fotoaparati su manjih dimenzija i jednostavniji od SLR fotoaparata. Sastoje se od tijela fotoaparata, objektiva te najčešće ugrađene bljeskalice. Princip fotografiranja ovakvim fotoaparatom je da se na stražnjoj strani aparata, na LCD zaslonu odredi kadar i pritiskom na okidač (na vrhu fotoaparata) snimi fotografija. Kod kompaktnih fotoaparata uglavnom nema optičkog tražila, a u sličajevima kada ga ima, njime se ne gleda kroz objektiv već kroz poseban prozorčić. Mogućnosti ovakvog fotoaparata su ograničene te se koristi uglavnom za amatersku fotografiju niže kreativnosti i manjih tehničkih zahtjeva. Bolji modeli kompaktnih fotoaparata nude određivanje modusa snimanja, kontroliranja bljeskalice te podešavanje svjetline fotografija, ali njihova primjena prvenstveno je namijenjena automatskom snimanju fotografija. Objektori kod kompaktnih fotoaparata su fiksni i ne postoji mogućnost mijenjanja te okidaju sa zakašnjenjem.

### 2.6.2 SLR fotografski aparati

SLR (Single lens reflex) su fotografski aparati čiji optički sustav omogućuje prikaz slike formirane sustavom leća fotoaparata (Slika 8.). Za razliku od kompaktnih fotografskih aparata, SLR fotografski aparati imaju „zatvarač“ u zadnjem dijelu, ispred filma ili senzora, ovisno o tome radi li se o analognom ili digitalnom fotografskom aparatu. Glavni dijelovi SLR fotografskog aparata su:

1. Objektiv - jedan od najbitnijih dijelova fotografskog aparata. Kroz leće objektiva ulazi svjetlost u fotografski aparat i time započinje proces nastajanja fotografije. Leće mogu varirati po svojoj žarišnoj duljini i otvoru, a služe kako bi se slika fokusirala na senzoru fotografskog aparata.
2. Tražilo - dio fotografskog aparata koji nam omogućava određivanje kadra scene prije fotografiranja motiva.
3. Senzor – po tipu senzora razlikujemo CCD i CMOS senzore. CCD je skraćenica za *Charge-Coupled Device* i ovi senzori stvaraju slike visoke kvalitete s niskom razinom šuma. CMOS je skraćenica za *Complimentary metal-oxide semiconductor* i ovaj tip senzora podložniji je šumovima. Fotografski aparati koji

koriste CCD senzore češće su skuplji i troše više energije za rad, ali imaju veću osjetljivost u odnosu na CMOS senzore.

Osim ovih dijelova, digitalni SLR fotografski aparat sadrži i LCD ekran koji pokazuje nam postavke fotografskog aparata te omogućuje odabir postavka, ugrađenu bljeskalicu, USB ulaz koji služi za povezivanje fotografskog aparata s računalom, bateriju, okidač, prekidač za paljenje i gašenje fotografskog aparata, ekran za prikazivanje motiva i postavka fotografskog aparata te memorijsku karticu. [14]



Slika 8. : SLR digitalni fotografski aparat

## 2.7 Formati zapisa digitalne fotografije

Format zapisa digitalnih slikovnih informacija njihovo je bitno obilježje. Postoji mnogo mogućih zapisa digitalne fotografije koji predstavljaju standardizirani način pohrane podataka. Odabir formata ovisi će o potrebama digitalnog slikovnog zapisa, odnosno o njegovoj naknadnoj primjeni kao i o prirodi slikovne informacije (rasterske ili vektorske). Kako bi odabir formata zadovoljavao potrebe primjene slikovne informacije, potrebno je poznavati mogućnosti, odnosno formate te ih međusobno razlikovati. O odabiru formata zapisa slikovne informacije ovisiti će veličina zapisa koja je povezana s brojem piksela koje slika pohranjuje i dubinom bita. Neki od aktualnih formata zapisa digitalnih slikovnih informacija nude mogućnost kompresije kojom se narušava kvaliteta slikovne

informacije, ali omogućava primjena u različitim domenama. Zato će odabir formata zapisa biti odabran tako da je optimalan svojoj naknadnoj primjeni, odnosno da smanjena kvaliteta ne utječe na vizualni doživljaj slikovne informacije. U ovom poglavlju objasnit će se najčešće korišteni formati zapisa digitalnih slikovnih informacija za rasterske slike. [15]

### 2.7.1 TIFF format zapisa digitalne fotografije

TIFF je skraćenica za „*Tagged image file format*“. Ovaj format zapisa slikovne informacije razvijen je za pohranu i razmjenu *bitmap* slika nastalih skeniranjem i desktop aplikacijama. Prve verzije ovog formata pohranjivale su samo akromatske slike, a vrlo brzo razvijena je verzija formata koja je uspješno pohranjivala RGB slikovne informacije. Danas ovaj format ima vrlo široku primjenu i kompatibilnost zbog svoje fleksibilnosti. Ovaj zapis stabilan je na svim platformama (PC, Mac, Unix). TIFF format zapisa pohranjuje slike i informacije u jedan dokument uključujući primarni set *header tagova* koji definiraju svojstva slikovne informacije. Idealan je za većinu potreba slikovnog zapisa – 1, 4 ili 8 bitnih, u grayscale-u ili boji. TIFF format dozvoljava veličinu zapisa do 4 GB, a inačica TIFF 6.0 dozvoljava zapis do 64 bitnih boja. Negativne strane ovog zapisa slikovnih informacija su uglavnom velike datoteke zbog relativno male kompresije u odnosu na težinu ulazne informacije. [15, 16]

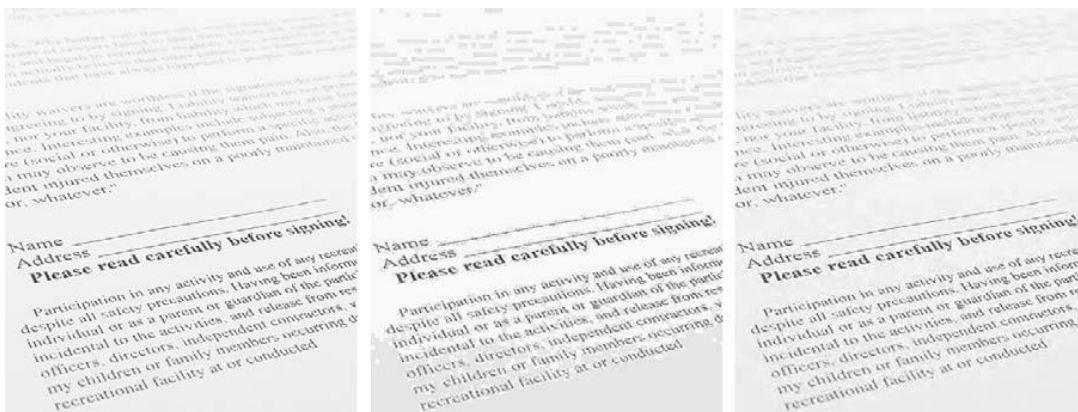
### 2.7.2 JPEG format zapisa digitalnih slikovnih informacija

JPEG format zapisa razvili su *Joint photographic Experts Group* s ciljem stvaranja međunarodno standardizirane metode kompresije prirodnih, tonom konstantnih, akromatskih ili RGB slikovnih informacija. Postoje dvije verzije ovog formata koje se danas koriste – JPEG/JFIF i JPEG/Exif. U primjeni se često poistovjećuju pod terminom JPEG. JPEG/JFIF format koristi se uglavnom za pohranu ili prijenos slikovnih informacija na internetu i zbog toga je postao gotovo standard. JPEG/Exif format ima primjenu u digitalnim fotoaparatima. JPEG dokumenti sastoje se od serije markera koji definiraju svojstva digitalnog zapisa slikovne informacije. Ovaj format dozvoljava visoku razinu kompresije, do 1:100 u slučaju čega dolazi do velikog gubitka kvalitete digitalne slikovne informacije. Kompresija koja se smatra perceptualno prihvatljiva, u smislu primjećivanja gubitka kvalitete, je 1:10, dok veće kompresije utječu na vidljivi gubitak kvalitete. JPEG format zapisa također uključuje podatke fotoaparata kao što su datum,

vrijeme i postavke fotoaparata te omogućava uključene ICC profile boja kao što su RGB i Adobe RGB kako bi bili prepoznatljivi ICC profilima boja programa u kojem se naknadno fotografije ovog formata zapisa obrađuju. [15, 16]

### 2.7.3 JPEG 2000 format zapisa digitalnih slikovnih informacija

JPEG 2000 format zapisa je *wavelet-based*, ili doslovno prevedeno valno bazirani, kompresivni slikovni standard razvijen također od strane JPEG komisije kako bi zadovoljio standarde razvijanja tehnologija digitalnih slikovnih podataka. Kao i JPEG format, standardi JPEG 2000 formata određuju metodu kompresije i konačni format. Ovaj format razvijen je za posebna područja digitalnih slikovnih informacija kao što su medicina, digitalne knjižnice i mobilne aplikacije. Zahtjevi za ovaj format zapisa slikovnih informacija bili su različite dubine, modeli boja ( bi-tonski zapisi, akromatski zapisi, kolor zapisi), očuvanje informacija, sažimanje uz gubitak i sl. Ponajviše svoju primjenu našao je u multimedijima, odnosno Internetu i mobilnim uređajima gdje je izražena potreba za visokim kompresijama (Slika 9.). Iako JPEG 2000 omogućuje visoku razinu kompresije, omogućava i očuvanje slikovnih informacija tako da je velika primjena ovog formata u medicini gdje je vjernost slikovnog zapisa izrazito važna zbog prirode namjene. [15, 16]



Slika 9. : Usporedba JPEG i JPEG 2000 formata kod kompresije slike teksta

(Preuzeto iz: Allen E., Triantaphillidou S. The Manual of Photography. 10th Edition)

#### 2.7.4 RAW format zapisa digitalnih slikovnih informacija

RAW formati zapisa ne predstavljaju jedinstven format, već se koriste kao generički termin za formate slikovnih zapisa koji sadrže neobrađene (ili minimalno obrađene) digitalne slikovne informacije čije je porijeklo digitalni uređaj. RAW format sastoji se od dva dijela: slikovnih informacija i metapodataka. Očekivano je da sadrži i podatke zabilježene elektroničkim senzorom (tzv. senzorni podaci) koji su uzrokovani specifikacijama senzora i analogno-digitalnim konverterom (ADC) uređaja kojime je digitalna slikovna informacija zabilježena. Ovaj format često se uspoređuje s fotografskim negativima jer, kao i fotografski negativ, nosi slikovne informacije koje se naknadno mogu različito reproducirati i time generirati različite slikovne informacije. Mogućnosti manipulacije koje omogućuje ovaj format su manipulacija bijelog balansa, tonskog mapiranja, redukcija šuma, manipulacija oštrinom. Obradeni slikovni zapisi ovog formata mogu se spremati kao TIFF ili JPEG, ali bez generiranja slikovne informacije u jednom od ovih formata, sam RAW ostaje nepromijenjen i podoban za buduću obradu. [15, 16]

#### 2.7.5 DNG format zapisa digitalnih slikovnih informacija

DNG skraćenica je za *Digital Negative* i koristi ekstenziju .dng ili.tif. je format zapisa slikovnih informacija koji je 2004. godine razvio Adobe kako bi riješio problem univerzalnog formata za RAW zapise generirane digitalnim fotoaparatom. Strukturiran je na istom principu kao TIFF zapis pa samim time dozvoljava širu upotrebu metapodataka. DNG zapis pohranjuje nekompresirane informacije kao i JPEG. Također omogućuje pohranu podataka ili u CFA ili u punom koloru RGB modela. Adobe također omogućuje besplatan DNG konverter za ovaj tip zapisa. [15, 16]

#### 2.7.6 GIF format zapisa digitalnih slikovnih informacija

GIF format zapisa slikovnih informacija razvila je tvrtka CompuServe Inc. 1987. godine i njegova ekstenzija je .gif. Ovo je rasterski format zapisa, izvorno dizajniran za lak prijenos i pregled slikovnih informacija, pohranjenih na računalima. Optimiziran je za pohranu grafika i ima široku primjenu zbog mogućnosti velike kompresije pa je samim time optimalan za slikovne informacije koje se pojavljuju na internetu (Slika 10.). GIF formati zapisa su maksimalno 8-bitni, neovisno radi li se o RGB ili akromatskim



slikovnim informacijama. Ovaj format specifičan je po mogućnosti pohrane više slikovnih informacija u jednu datoteku, odnosno omogućuje izradu animacija. [15, 16]



Slika 10. : Usporedba originala i GIF formata

(Preuzeto iz: Allen E., Triantaphillidou S. The Manual of Photography. 10th Edition)

#### 2.7.7 PNG format zapisa digitalnih slikovnih informacija

PNG format zapisa je format koji omogućuje očuvanje informacija i rasterski je format osmišljen kao alternativa GIF formatu, a kasnije i kao naprednija verzija istog. Dizajniran je po dva glavna zahtjeva, pohrani podataka za slike koje će se kasnije koristiti na internetu i kao posrednički pohrambeni format za obradu slika. Od GIF formata razlikuje se po tipu kompresiranja i za razliku od slika u GIF formatu, PNG format omogućuje široko bitni zapis (1, 2, 4 i 8 bitne palete boja i 16 bitne akromatske i RGB slike). Također, omogućuje transparentiju. Nedostatak mu je što ne podržava CMYK slike pa mu je glavna primjena u ekranskom prikazu. [15, 16]

#### 2.7.8 PSD format zapisa digitalnih slikovnih informacija

PSD format zapisa je skraćenica za Photoshop Document, ekstenzije .psd i nativni je format zapisa programa Adobe Photoshop. Photoshop je najčešće korišten program za obradu slika i samim time je praktički standard za profesionalne dizajnere i fotografe. PSD format podložan je promjenama baš zato jer je nativni format programa koji se također mijenja i poboljšava. Složene je strukture, a njegova prednost je što pohranjuje slojeve definirane unutar programa, efekte, *pathove* i druge mogućnosti koje Adobe Photoshop nudi kao program. Podržava različite sustave boja kao što su RGB, CMYK i

$L*a*b^*$ . Podaci se pohranjuju nekomprimirani zbog čega su datoteke zauzimaju puno memorijskog prostora. [15, 16]

## **2.8 Tehnike ispisa digitalne fotografije**

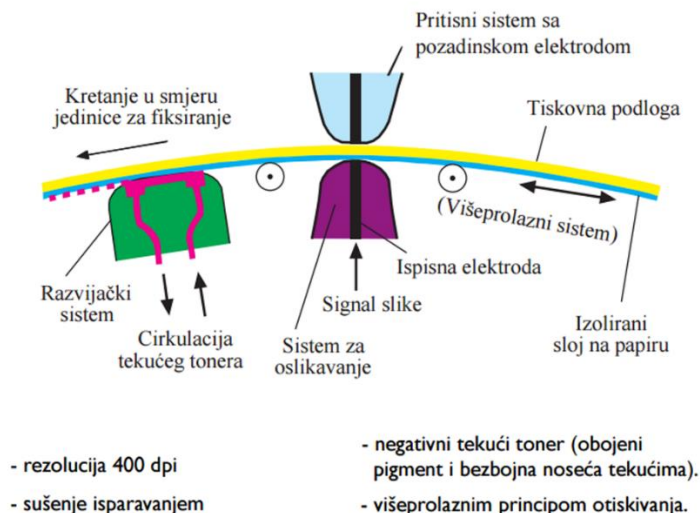
Pojava digitalne fotografije promijenila je način na koji gledamo fotografiju kao i način reprodukcije iste. Za razliku od klasične fotografije čiji je medij zapisa film, svaka fotografija nastala digitalnim fotografskim aparatom automatski je pohranjena na memoriju fotografskog aparata i manipulacija za danje potrebe je bitno olakšana. Doduše, danas se primjena digitalne fotografije u velikom broju slučajeva svodi na reprodukciju unutar ostalih digitalnih medija, često potpuno izbjegavajući ispisane fotografije. Svejedno, potreba za ispisom digitalne fotografije nije eliminirana novim medijima i zbog toga se tehnike ispisa usavršavaju kako bi konačan rezultat, odnosno ispisana digitalna fotografija zadovoljavala standarde vjernosti u usporedbi s originalom. Odabir tehnike ispisa digitalne fotografije ovisiti će o potrebama korisnika, a u njih ulazi visina kvalitete i vjernosti ispisa, dimenzije, boja i naknadna primjena. [15, 16]

## **2.9 Glavne tehnike ispisa digitalne fotografije**

Ovisno o potrebama ispisa digitalne fotografije, odabir će se svoditi na jednu od sljedećih tehnika ispisa:

### **2.9.1 Laserski pisači - elektrofotografija**

Laserski pisači su često korišteni u svakodnevnom životu, pogotovo u situacijama kada je primarna potreba ispisa tekstualna informacija. Tehnika tiska koji koriste laserski pisači naziva se elektrofotografija. Ovakvi pisači koriste se kada kvaliteta slikovne informacije nije imperativ, a naglasak je na brzini ispisa. Često se ovdje radi o ispisu postera ili oglasa niže komercijalne vrijednosti i kratkog upotrebno roka (npr. oglasi nestalih životinja). Ovakvi pisači mogu ispisivati crno-bijelo ili u boji, ovisno o tipu pisača koji odaberemo. U oba slučaja, boje se ovom tehnikom ispisa prenose na električno nabijeni bubanj te se s njega prenose na tiskovnu podlogu i trajno se termički fuziraju na nju (Slika 11.).



Slika 11. : Princip višebojne elektrografije

(Preuzeto sa:

[http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/Predavanje%209b%20DiT.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/Predavanje%209b%20DiT.pdf))

Princip rada elektrografije odvija se u šest faza:

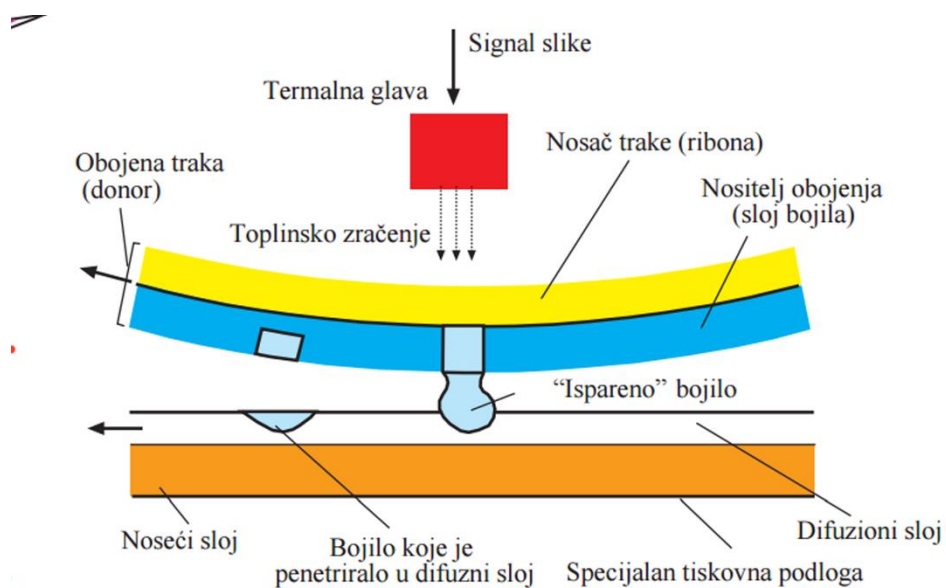
1. Stvaranje naboja na koroni – bubanj pisača nabija se kako bi bio elektropozitivniji
2. Oslikavanje svjetlom iz laserske LED diode – u ovoj fazi nastaje latentni elektrostatički tiskovni elementi na bubnju pisača
3. Obojavanje – vrši se razvijačkom jedinicom koja sadrži praškasti, elektronegativniji toner koji se na bubanj prihvaća zahvaljujući elektrostatskim silama
4. Prijenos tonera na tiskovnu podlogu - događa se direktno ili indirektno
5. Fiksiranje – toner se na tiskovnu podlogu fiksira temperaturom ili pritiskom

Laserski printeri češće se koriste za ispis linija i teksta, dok se njihova primjena u ispisu rastera izbjegava zbog slabe kvalitete reprodukcije. [17]

### 2.9.2 Sublimacijski pisači

Sublimacijski pisači koriste termalni proces kako bi došlo do prijenosa bojila na tiskovnu podlogu. Tehnika tiska sublimacijskih pisača je termografija i ona spada u NIP (*Non – impact printing*) tehnike digitalnog tiska. Tiskovni elementi nastaju posredstvom grijača

koji se selektivno zagrijava. Postoji direktna termografija i prijenosna termografija. Kod direktne termografije toplina sa termalne glave distribuira se direktno na specijalno premazanu tiskovnu podlogu. Prijenosna termografija funkcioniše na dva načina – termalnim transferom i termalnom sublimacijom. Dok se princip termalnog transfera koristi za tisak jedne boje i većih naklada, termalna sublimacija koristi se za ispis fotografija. Zbog ovakvog principa koji koristi toplinu (Slika 12.), bojilo može varirati u rangu od 0 do 255 i na taj način je omogućena jednaka količina ispisa različitih tonova (256). Rezultat ove tehnike ispisa su visokokvalitetni otisci, odnosno najvjernije reprodukcije originala što je bitan zahtjev ispisa digitalne fotografije. Sublimacijski tisak je također specifičan po principu otiskivanja boja; za razliku od Ink-Jet pisača, sublimacijski pisači isti motiv ispisuju tri ili četiri puta, ovisno o tome koliko boja je korišteno za proces ispisivanja. Ovakav proces je moguć isključivo dobrom kontrolom registra koji kontrolira pozicioniranje svake rasterske točke. [17]



Slika 12. : Princip sublimacijskog tiska termalnom sublimacijom

(Preuzeto sa:

[http://tisak.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/Predavanje%209a%20DiT.pdf](http://tisak.grf.unizg.hr/media/download_gallery/Predavanje%209a%20DiT.pdf))

### 2.9.3 Ink-Jet pisači

*Ink-Jet* pisači (Slika 13.) danas postaju sve dominantniji u kategoriji niže budžetnih printera za ispis digitalne fotografije zbog svoje cjenovne pristupačnosti, dok u isto vrijeme zadovoljavaju višu razinu kvalitete ispisa u kombinaciji s optimalnim odabirom tiskovne podloge koja može biti klasično sjajna ili mat. Nedostaci ove tehnike ispisa digitalne fotografije su cijene repromaterijala i tonera. Kako bi kvaliteta reprodukcije ovom tehnikom ispisa digitalne fotografije bila na visokoj razini, potrebno je uložiti u kvalitetu tiskovne podloge. *Ink-Jet* je jedna od najjednostavnijih tehnika ispisa digitalne fotografije, i otiskivanja općenito, čiji se način rada svodi na potpuno beskontaktnoj tehnici gdje se tekuća bojila direktno nanose na tiskovnu podlogu. *Ink-Jet* pisači formiraju kapljice u rasponu od 1 do 100 pikolitara i za ovu tehniku ispisivanja koristi se tekuće bojilo.



Slika 13. : *Ink-Jet* pisač

(Preuzeto sa: <http://www.scorpioweb.com.hr/images/lg-format-print.png>)

Kapljice bojila u *Ink-Jetu* nastaju na mlaznicama u tri faze:

- Formiranje meniskusa
- Razvlačenje kapljice
- Formiranje samostalne kapljice

Otisak kod ove tehnike tiska nastaje na četiri načina

- Po principu digitalnog rastriranja – koristi standardni raster i otiskuje se samo jedna kap
- Po principu varijabilnog broja kapljica – koristi se ista gustoća bojila i manje kapljice te otiskuje se više kapi na istu poziciju ili manji broj kapi
- Po principu različite gustoće bojila – koristi se različita gustoća bojila i otiskuje se jednom kapi istih dimenzija ili tamnijom kapljicom dobivamo tamniji ton
- Po principu direktne varijacije volumena kapljice – koristi se varijacija signala u skladu s veličinom kapljice te se otiskuje sa jednom kapi različitih dimenzija gdje veća kapljica diktira tamniji ton na otisku

Tako tehniku Ink Jeta možemo podijeliti na:

- a) **Kontinuirani *Ink-Jet*** – kapljice se formiraju kontinuirano, nabijaju se nabijajućim elektrodama, a ploča za skretanje visokim naponom kapljicu skreće prema tiskovnoj podlozi ili u odvod suvišne boje
- b) ***Ink-Jet* s principom kapanja na zahtjev** – još poznat kao termalni *Ink-Jet* gdje se kapljica bojila formira pomoću grijača koji se nalazi u mikrokomori, a ispušta se principom vršnog okidanja ili principom bočnog okidanja. Kapljica se formira u pet faza:
  - Zagrijavanje mikrogrijača na 300°C
  - Stvaranje jezgre mjehura
  - Formiranje plinskog mjehura
  - Prestanak zagrijavanja
  - Oslobađanje kapljice bojila

c) **Piezelektrični *Ink-Jet*** – češće primjenjiv u grafičkoj industriji zbog jednostavnijeg principa nastajanja kapljica i mogućnosti korištenja svih vrsta bojila. Ova tehnika *Ink-Jet*-a dobila je naziv po piezelektričnom kristalu koji služi za stvaranje pojedinačnih kapljica, a ponašaju se kao izolatori ako nisu izloženi djelovanju električnog polja. Izlaganjem električnom polju, piezo kristal počinje se ponašati kao dipol, doživljava mehanički stres i na površini dielektrika nastaje električna struja. Postoje tri principa piezelektričnog *Ink-Jet*-a:

- **Gurajući**
- **Istiskujući**
- **Smicajući**

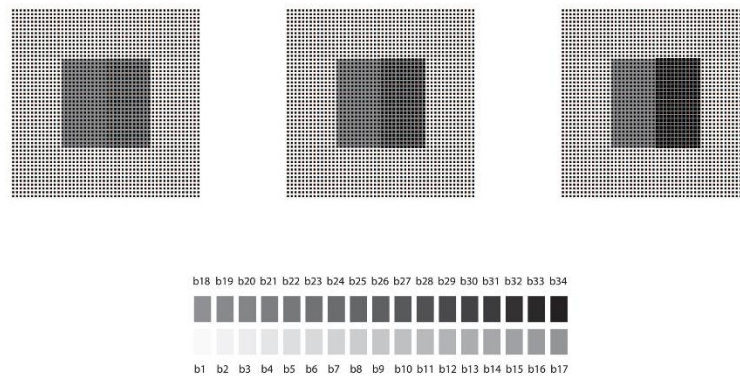
d) **Elektrostatski *Ink-Jet***- temelji se na stalnom djelovanju električnog polja koje je formirano između ploče s mlaznicama i nosača tiskovne podloge. Tekuće bojilo kod ovog principa ispušta se laganim podtlakom unutar mlazne komore, a najčešće se ono temelji na sistemu zagrijavanja prstenastim grijačima. U kontaktu bojila s hladnom tiskovnom podlogom dolazi do naglog hlađenja prilikom čega dolazi do potpunog skrućivanja pa se ovaj princip *Ink Jeta* često koristi kod neupijajućih tiskovnih podloga kao što su keramika, staklo ili metal.

e) **Protočni *Ink-Jet***- spada u hibridne *Ink-Jet* tehnologije gdje se kombinira tehnika kontinuiranog *Ink-Jet*-a i *Ink-Jet* tehnika kapanja na zahtjev. Dio principa kontinuiranog *Ink Jeta* koji se ovdje koristi je način distribucije boje dok se formiranje kapljice izvodi principom kapanja na zahtjev. [17, 18]

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1 Dizajn testne forme i testnih kartica

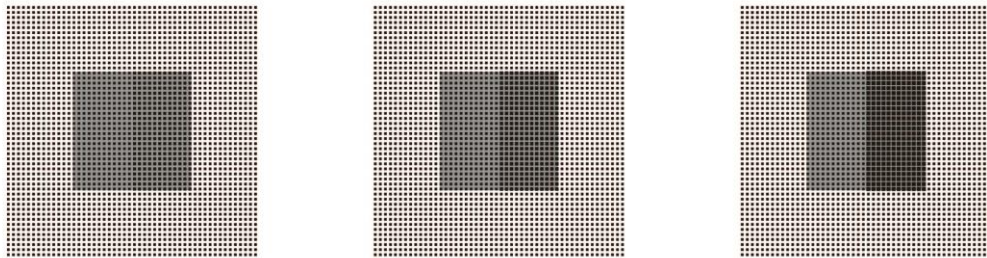
Testna forma koja se ispisala za potrebe ovog istraživanja sastoji se od tri testne kartice te akromatskog atlasa (Slika 14.)



Slika 14. : Testna forma

Pojedina testna kartica oblikovana je na način da se na sivu pozadinu, odnosno primarni stimulus, čija vrijednost iznosi 50% zasićenosti crne, aplicirao crni raster. Oblik primarnog stimulusa, kao i CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednost primarnog stimulusa, konstantan je za svaku od tri testne kartice. Kod prve testne kartice, na lijevu polovicu primarnog stimulusa apliciran je crni raster vrijednosti od 50% pokrivenosti površine, dok je istom rasteru na desnoj strani primarnog stimulusa dodan *outline* u vrijednosti od 0,25pt. Pri izradi druge testne kartice, po istom principu na desnoj strani primarnog stimulusa rasteru je dodan *outline* vrijednosti 0,5pt, dok je kod treće testne kartice ta vrijednost iznosila 0,75pt (Slika 15.).

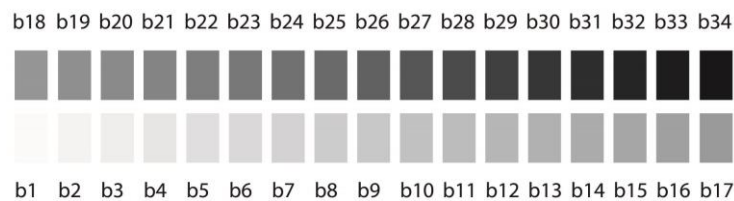




Slika 15. : Dizajn testnih kartica

Uz tri testne kartice, na testnoj formi nalazi se akromatski atlas koji su ispitanici koristili za evaluaciju testnih kartica, prilikom vizualne procjene primarnog stimulusa.

Akromatski atlas sadrži 33 siva polja te polje od 100% zasićenosti crne, odnosno izrađen je na način da pokriva cjelokupno potencijalno područje percepcije akromatskih vrijednosti (Slika 16.). Svakom od polja dodijeljena je oznaka koju čini slovo b i broj polja (b1-b34) kako bi ispitanici lako odabrali polje za koje su procijenili da odgovara vrijednosti njihovog doživljaja primarnog stimulusa.



Slika 16.: Akromatski atlas

### 3.2 Reprodukcijska testnih formi

Testna forma za potrebe ovog diplomskog rada izrađena je u programu Adobe Photoshop CS5 u L\*a\*b\* prostoru boja te je otisnuta na kalibriranom stroju za digitalni tisak - Canon pixma iP4700 na principu tekućeg tonera. Renderiranje je provedeno u programu Adobe

Photoshop CS5 gdje se iz Lab prostora boja prelazilo u prostor boja profila SPR 2400 Proofing Seminattle koristeći percepcijsko renderiranje. Kao opcija konverzije odabrana je Adobe (ACE) opcija, a kao tiskovna podloga se koristio papir gramature 245 g/m<sup>2</sup>, opacity 99%, ISO svjetline 94%, debljine 0,253 mm. Prije ispisivanja testne forme, tiskovna podloga se kondicionirala 48 sati u propisanim standardnim ambijentalnim uvjetima koji su definirani temperaturom od 23°C te relativnom vlagom od 55%.

Dimenzije pojedine testne kartice određene su prema standardnim uvjetima promatranja (ISO 3664:2009 koji određuje uvjete promatranja za grafičku tehnologiju i profesionalnu fotografiju). Sukladno tomu, vidni kut iznosio je 10°, a udaljenost ispitanika od testnih kartica 57 cm. Visina testnih uzoraka, kut gledanja i udaljenost ispitanika od testnih uzoraka dobivene su na temelju aproksimacije koja govori da pri udaljenosti od 57 cm, vidni kut za objekt visine 1 cm iznosi 1°. [4] Vrijednosti su dobivene iz formule [A]:

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{h}{2}$$

[A]

Ovako oblikovane i ispisane testne kartice fotografirane su digitalnim fotografskim aparatom. Za potrebe istraživanja ovog diplomskog rada uspoređen je efekt proširivanja rastera na testnim karticama koje su oblikovane unutar Adobe Photoshop-a te naknadno ispisane i istih, fotografiranih testnih kartica koje su ponovno ispisivane. Kako bi se prilikom fotografiranja testnih kartica postigla fotografija koja najviše simulira ljudski vizualni sustav, korišten je 50 mm objektiv. Željena usporedba su rezultati doživljaj efekta proširivanja rastera direktno ispisanih testnih kartica naspram istog fotografiranog efekta. Prilikom snimanja fotografija, korišten je odgovarajući bijeli balans uz osjetljivost 100/21 ISO. Duljina ekspozicije odgovarala je 1/60, a otvor objektiva bio je 4. Korišten je 50 mm objektiv kako bi se snimila fotografija koja optimalno imitira ljudski vizualni sustav.

Ovako fotografirane testne kartice ponovno su obrađene u programu Adobe Photoshop CS5.5. Prilikom fotografiranja testnih kartica u navedenim uvjetima došlo je do deformacija prethodno oblikovanih testnih kartica koje su vidljive u promjenama akromatskim tonova te obliku rasterskog elementa. U ovoj fazi istraživanja primijećena

je vizualna promjena prethodno strogo definiranih vizualnih elemenata pojedine testne kartice do koje dolazi zbog neizbježnog šuma prilikom promjene medija. Fotografski zapis fotografiranih testnih kartica bio je RAW format čiji je prostor boja RGB. Fotomanipulacijom unutar programa Adobe Photoshop ujednačene su akromatske vrijednosti na način da primarni stimulus ponovno ima konstantne CIE L\*a\*b\* vrijednosti kod svih testnih kartica. Ovako oblikovane testne kartice ponovno su ispisane u istim uvjetima kao i prvi set testnih kartica.

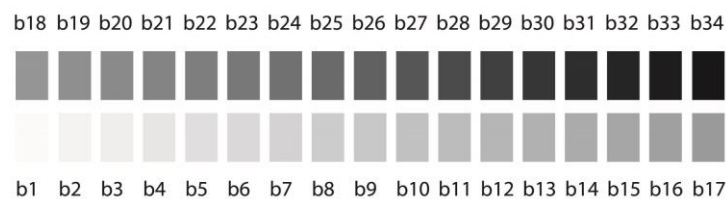
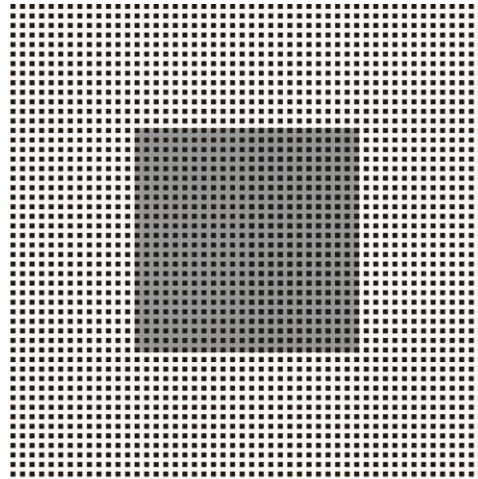
### **3.3 Instrumentalna analiza**

Instrumentalna analiza je provedena X-Rite DTP 41 refleksnim spektrofotometrom raspona valnih duljina od 400 do 700 nm, tlaka plina izvora svjetla od 2850 K, korakom od 10 nm i geometrijom osvjetljavanja 45°/0°. Mjerene su CIE L\*a\*b\* vrijednosti sivog primarnog stimulusa u oba seta testnih kartica te pojedinačna polja akromatskog atlasa kako bi se dobiveni rezultati vizualne analize mogli matematički uspoređivati.

### **3.4 Vizualna analiza**

Vizualna analiza je provedena na uzroku od 15 ispitanika. Vizualna evaluacija psihofizikalnog dijela istraživanja obavila se u realnim uvjetima grafičke proizvodnje što podrazumijeva 10° kut gledanja, 57 cm udaljenost ispitanika od testnog uzorka, prirodna mat siva okolina, 150 luxa i temperatura svjetla 5400 K. Za vizualnu evaluaciju koristila se metoda simultanog binokularnog usuglašavanja. Prilikom vizualne evaluacije ispitanicima je prezentirana testna kartica te akromatski atlas koji su istovremeno bili u cjelovitom vidnom polju, pozicionirani jedno ispod drugog (Slika. 17.) Pojedini ispitanik imao je zadatak odabrati polje u akromatskom atlasu koje je po njegovoj procjeni najbližije ili identično lijevoj, odnosno desnoj strani sivog primarnog stimulusa pri čemu vrijeme ispitivanja nije bilo ograničeno. Kako bi ispitanici lakše odabrali polje atlasa, ona su označena šifrom koja se sastoji od početnog slova ispitivane boje te broja polja. Sveukupno, ispitanicima je prezentirano 6 testnih kartica, od kojih su tri bile direktno

ispisivane, a 3 fotografirane te ponovno ispisivane kako bi se usporedila razlika percepcije istog efekta unutar digitalne fotografije.



Slika 17.: Primjer testne kartice s akromatskim atlasom

Na temelju dobivenih rezultata vizualne evaluacije pojedinog ispitanika, za svaku testnu karticu u obje izvedbe, dobiveno je određeno odstupanje subjektivne percepcije sivog primarnog stimulusa od njegove realne vrijednosti. Za kvalitetno matematičko uspoređivanje ovih subjektivnih rezultata, potrebna je njihova brojčana vrijednost koja je dobivena prethodnim mjerenjem spektrofotometrom kojim su se izmjerile CIE L\*a\*b\* vrijednosti svih šest sivih polja primarnog stimulusa testnih kartica i akromatskog atlasa. Na temelju ovih brojčanih vrijednosti, računskim putem dobivena je ukupna razlika boje –  $\Delta E$ . Formula korištena za izračun [7]  $\Delta E$  jest formula  $\Delta E_{2000}$  [B]:

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}$$

[B]

Dobivene brojčane informacije prenesene su u tablice pomoću kojih su izrađeni grafovi koji jasno ilustriraju  $\Delta E$  svih ispitanika kod promatranja šest testnih kartica. S obzirom da se za potrebe ovog istraživanja odabrala analiza akromatskih vrijednosti koje su opisane atributom svjetline (L) uspoređivana je i promjena te vrijednosti te se računala  $\Delta L$  pojedine testne kartice.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

### 4.1 Rezultati

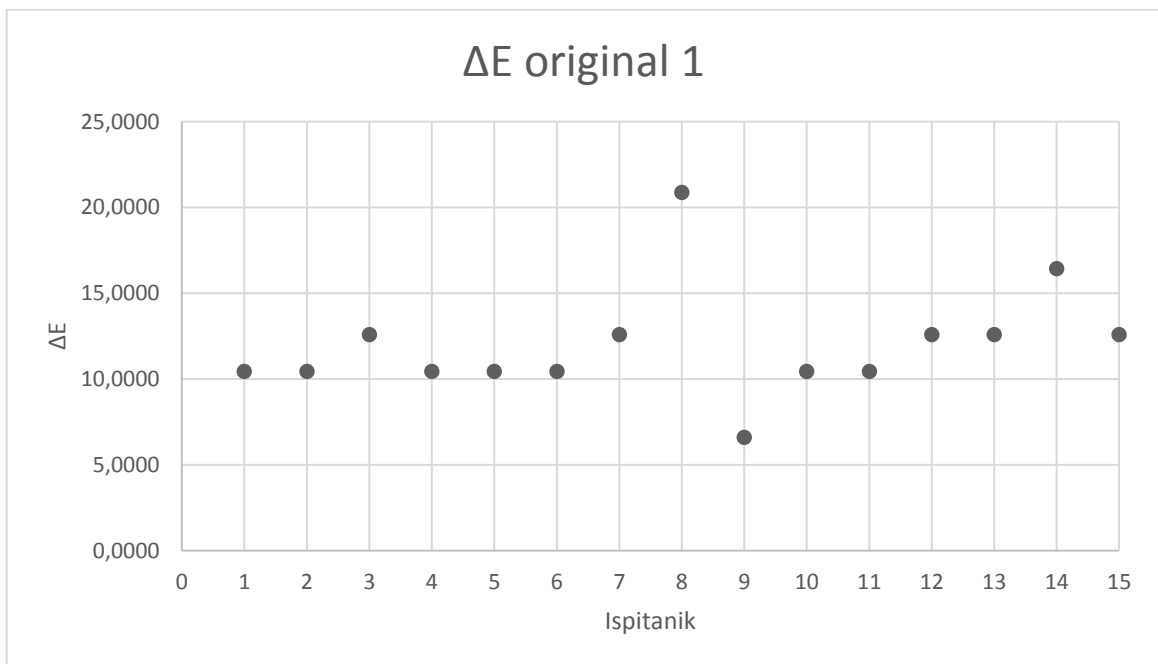
Ispitanici su na ranije definiran način vizualnom analizom procijenili vrijednost primarnog stimulusa (sive plohe) odabirući polje stripa koje je po njihovoj procjeni vizualno odgovaralo doživljaju sive plohe. Cilj ovog istraživanja bilo je istražiti kako različite vrijednosti proširivanja rastera utječu na doživljaj sive plohe i kako se isti efekt ponaša prilikom zamrzavanja fotografijom. Pretpostavka je da će se proširivanjem rastera utjecati na doživljaj sive plohe svjetlijom nego što to ona zaista jest te da će se efekt prilikom zamrzivanja fotografijom dodatno pojačati. Matematički dobivenim  $\Delta E$  vrijednostima pokazat će se koja vrijednost proširenog rastera najviše utječe na ovaj efekt u obje verzije eksperimenta. S obzirom na akromatsku prirodu eksperimenta, uspoređivane su i  $\Delta L$ . S obzirom na modifikacije kod oblikovanja fotografiranih testnih kartica, rezultati su podijeljeni u dvije skupine – originalne testne kartice i fotografirane testne kartice.

#### 4.1.1 Originalne testne kartice

Prvi set testnih kartica sastoji se od tri testne kartice s primarnim stimulusom čija vrijednost iznosi 50% zasićenosti sive. Na lijevu stranu primarnog stimulusa apliciran je crni raster u vrijednosti 50% pokrivenosti površine, dok se na desnoj strani taj raster

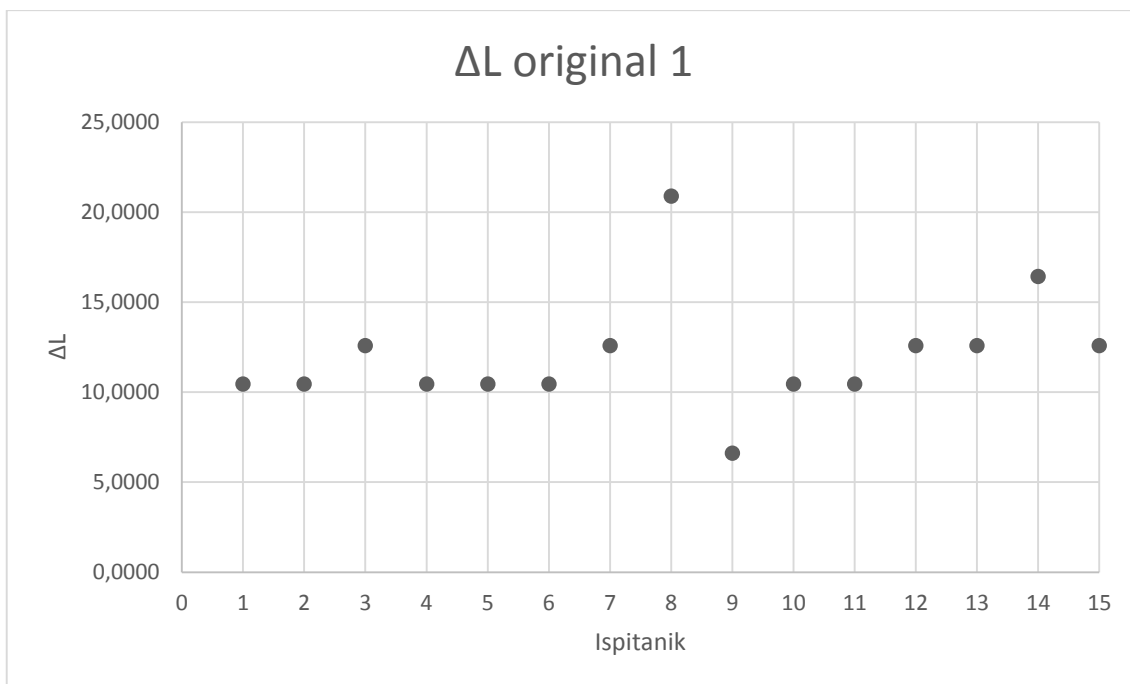
proširivao u vrijednostima 0,25 pt, 0,50 pt te 0,75 pt. Ispitanici su s akromatskog atlasa pridruživali vrijednosti polja koje im je vizualno odgovaralo vrijednosti desne strane primarnog stimulusa. Polje koje odgovara točnoj vrijednosti primarnog stimulusa je polje b17.

Za prvu originalnu testnu karticu raster se na desnoj strani proširio u vrijednosti od 0,25 pt, a rezultati vizualne analize prezentirani su unutar grafova (Graf 1.).



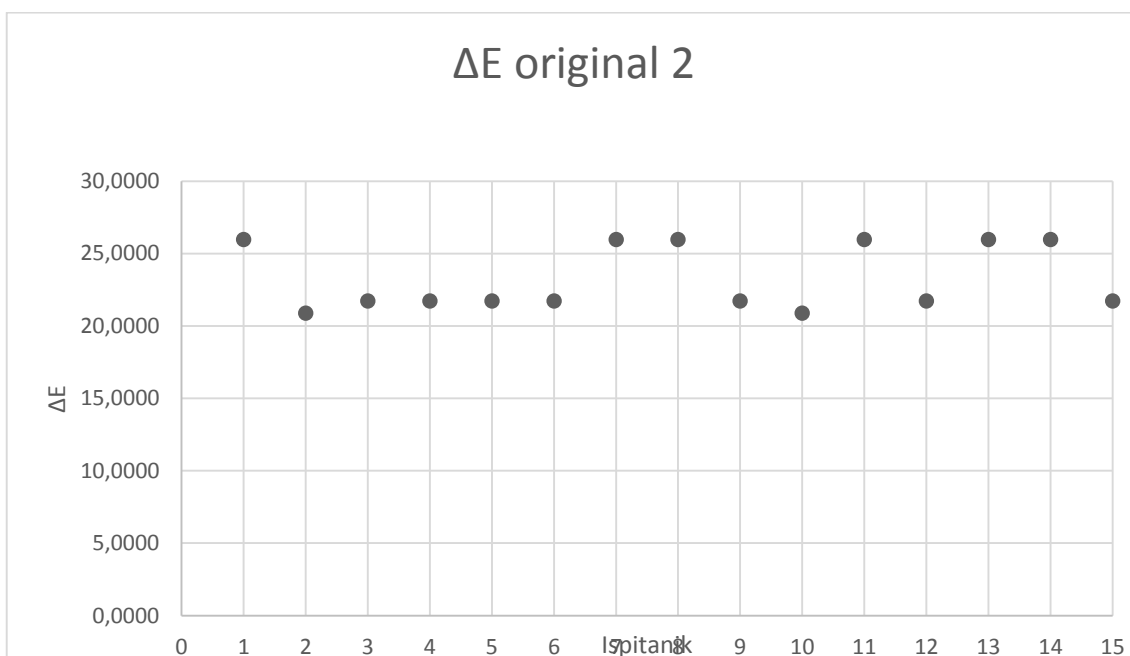
Graf 1.: Rezultati  $\Delta E$  prve originalne testne kartice

Najveća vrijednost  $\Delta E$  kod prve originalne testne kartice iznosila je 20,89 koja odgovara polju b25 koje je odabrano samo jednom. Od petnaest ispitanika, nitko nije izabrao točnu vrijednost sive (polje b17). Svi ispitanici sivu su plohu percipirali tamnijom, a najniža  $\Delta E$  iznosila je 6,61 koja odgovara polju b21 koje je odabrano samo jednom. Najčešće odabrano polje jest b22 čija  $\Delta E$  iznosi 10,45 i ovo polje odabralo je sedam ispitanika/ca. (PRILOG 1) Uz dobivene  $\Delta E$  vrijednosti, izračunate su i  $\Delta L$  s obzirom da je svjetlina glavni atribut koji opisuje akromatske vrijednosti (Graf 2.).



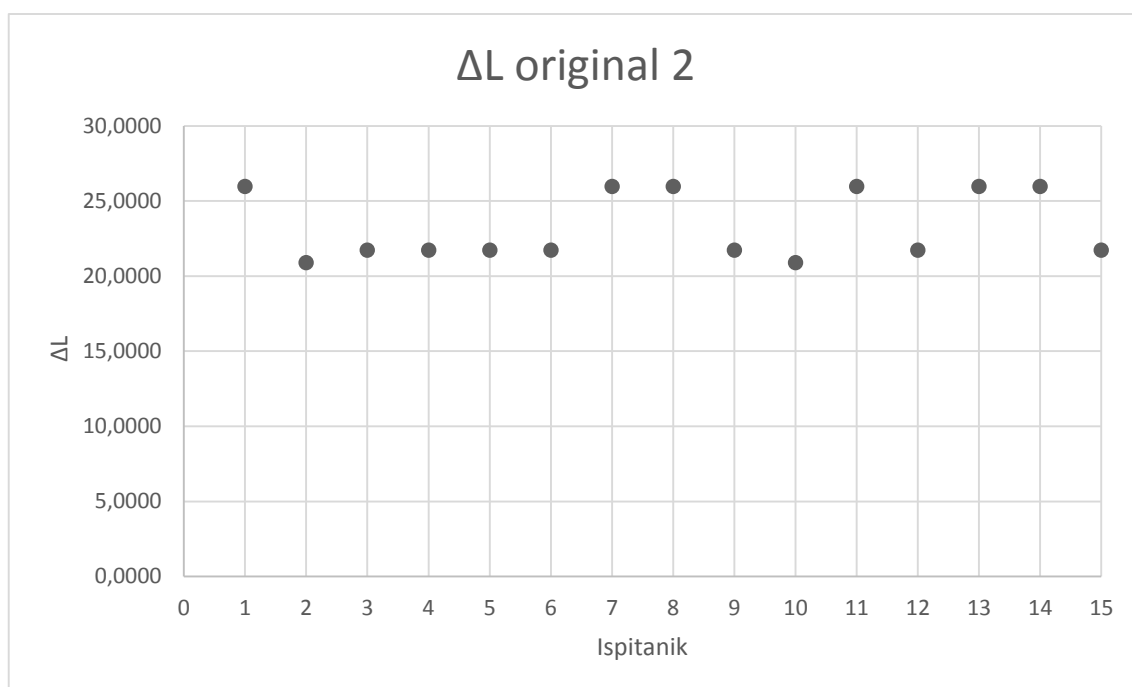
Graf 2.: Rezultati  $\Delta L$  prve originalne testne kartice

Za drugu originalnu testnu karticu raster se na desnoj strani proširio u vrijednosti od 0,50 pt, a rezultati vizualne analize prezentirani su unutar grafova (Graf 3.).



Graf 3.: Rezultati  $\Delta E$  druge originalne testne kartice

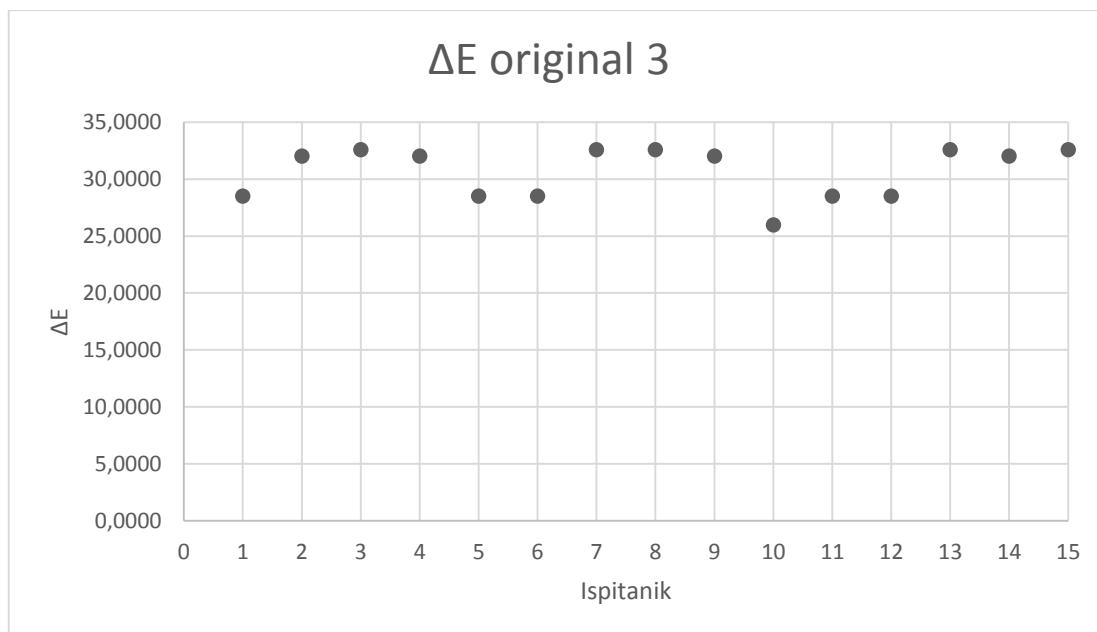
Najveća vrijednost  $\Delta E$  kod druge originalne testne kartice iznosila je 25,97 koje je odabralo šest ispitanika/ca, a najčešće odabrano polje akromatskog atlasa jest b26 čija  $\Delta E$  iznosi 21,71 i odabralo ga je sedam ispitanika/ca. Od petnaest ispitanika nitko nije izabrao točnu vrijednost sive (polje b17). Svi ispitanici sivu su plohu percipirali tamnijom, a najniža  $\Delta E$  iznosila je 20,88. Ova  $\Delta E$  odgovara izboru polja b25 koje je odabralo dvoje ispitanika. (PRILOG 2) Uz dobivene  $\Delta E$  vrijednosti, izračunate su i  $\Delta L$  (Graf 4.).



Graf 4.: Rezultati  $\Delta L$  druge originalne testne kartice

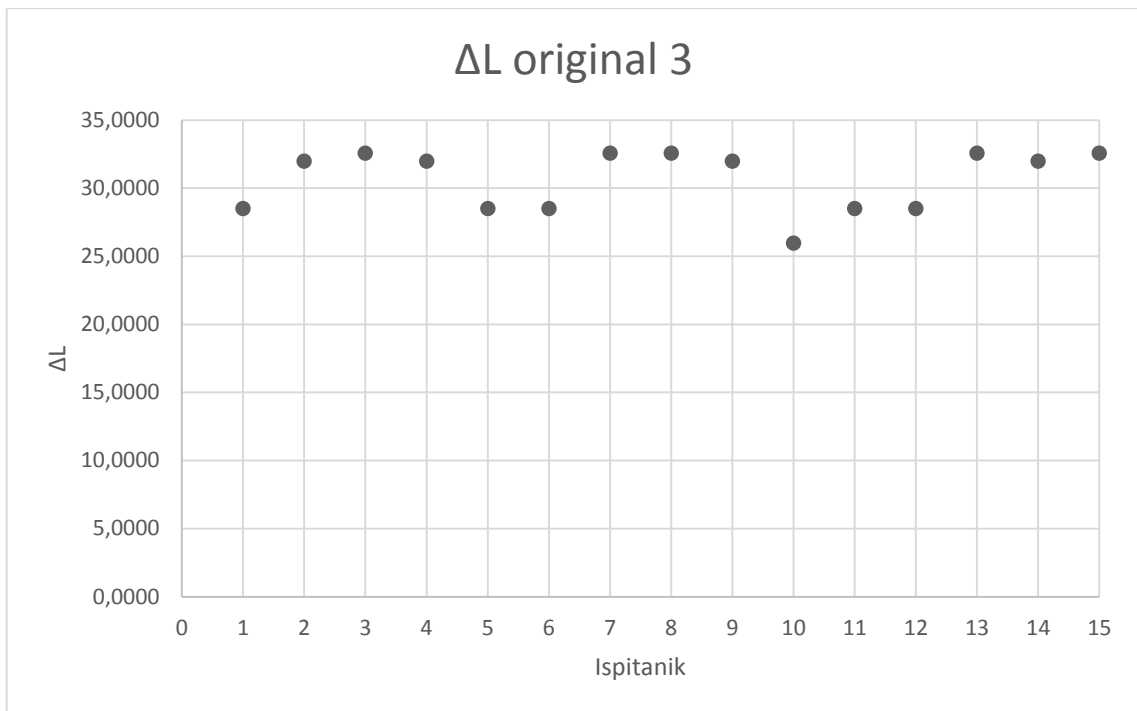
Za treću originalnu testnu karticu raster se na desnoj strani proširio u vrijednosti od 0,75 pt, a rezultati vizualne analize prezentirani su unutar grafova (Graf 5.).





Graf 5.: Rezultati  $\Delta E$  treće originalne testne kartice

Najveća vrijednost  $\Delta E$  kod treće originalne testne kartice iznosila je 32,58. Ova vrijednost  $\Delta E$  odgovara odabranom polju b30 akromatskog atlasa koje je odabralo 5 ispitanika, a ono je ujedno i najčešći odabir uz polje b28 koje je također odabralo 5 ispitanika/ca.  $\Delta E$  polja b28 iznosi 28,51. Od petnaest ispitanika, ni nije izabrao točnu vrijednost sive (polje b17). Svi ispitanici/ce sivu su plohu percipirali tamnijom, a najniža  $\Delta E$  iznosila je 25,71 koja je rezultat odabira polja b27 jednog/e ispitanika/ce. Troje ispitanika/ca je odabralo polje b29. (PRILOG 3) Uz dobivene  $\Delta E$  vrijednosti, izračunate su i  $\Delta L$  s obzirom da je svjetlina glavni atribut koji opisuje akromatske vrijednosti. (Graf 6.).

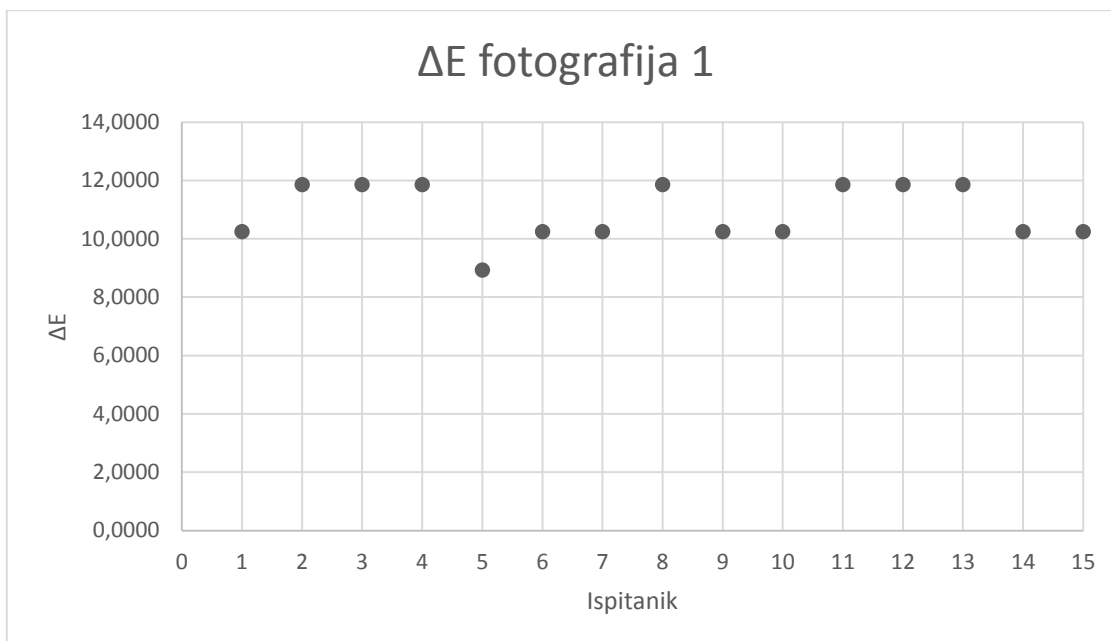


Graf 6.: Rezultati  $\Delta L$  treće originalne testne kartice

#### 4.1.2 Fotografirane testne kartice

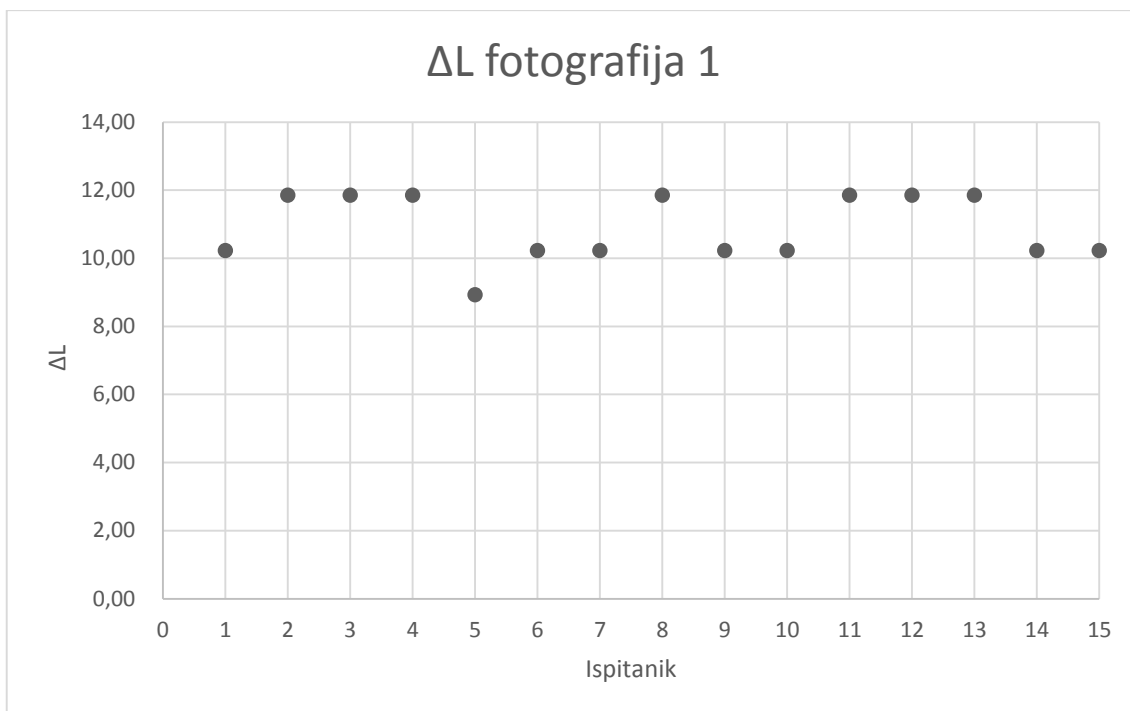
Drugi set testnih kartica sastoji se od tri ispisane fotografije originalnih testnih kartica. Primarnim stimulus originalnih testnih iznosio je 50% zasićenosti sive. Prilikom fotografiranja, obrade i reprodukcije drugog seta testnih kartica, ova vrijednost se promijenila. Na lijevoj strani primarnog stimulusa apliciran je crni raster u vrijednosti 50% pokrivenosti površine, dok se na desnoj strani taj raster proširivao u vrijednostima 0,25 pt, 0,50 pt te 0,75 pt. S obzirom na promjenu medija u fotografiju, nastale su deformacije rasterskog elementa. Točna vrijednost primarnog stimulusa kod fotografiranih seta testnih kartica je polje b14. Ispitanici su s akromatskog atlasa pridruživali vrijednosti polja koje im je vizualno odgovaralo vrijednosti desne strane primarnog stimulusa.

Za fotografiranu testnu karticu raster se na desnoj strani proširio u vrijednosti od 0,25 pt, a rezultati vizualne analize prezentirani su unutar grafova (Graf 7.).



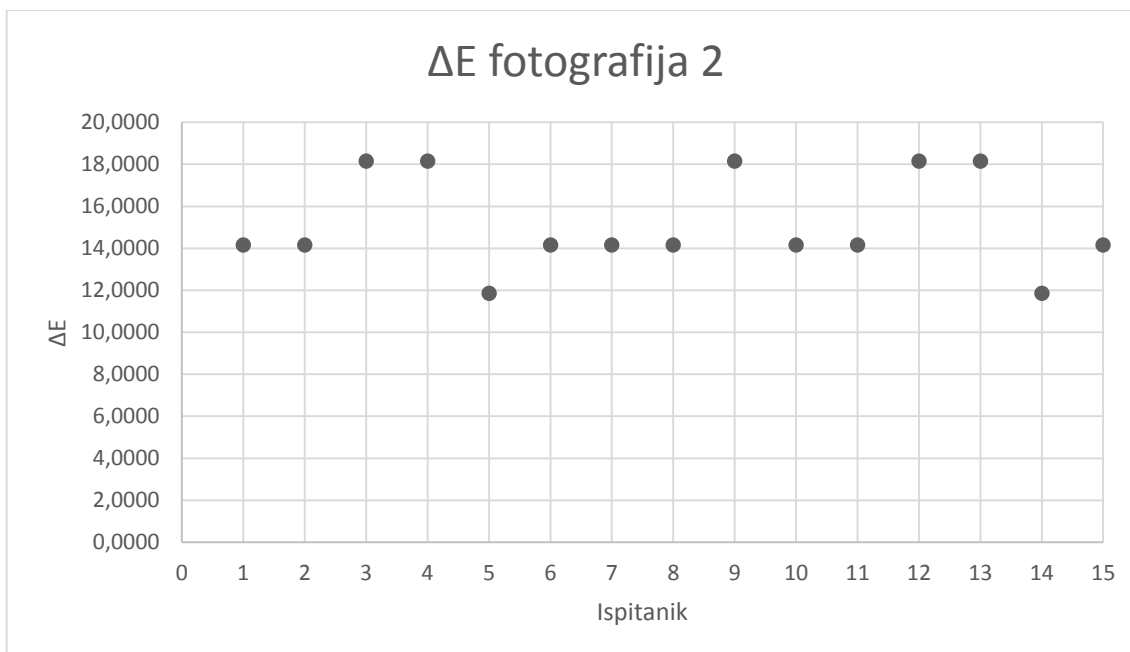
Graf 7.: Rezultati  $\Delta E$  prve fotografirane testne kartice

Najveće vrijednosti  $\Delta E$  kod prve fotografirane testne kartice iznosile jesu 11,85 što odgovara odabiru polja b20 sedam ispitanika/ca te 10,23 što odgovara polju b19 također odabranog sedam puta. Od petnaest ispitanika, ni nije izabrao točnu vrijednost sive (polje b14). Svi ispitanici sivu su plohu percipirali tamnijom, a najniža  $\Delta E$  iznosila je 8,93 što odgovara odabiru polja b18 jednog/e ispitanika/ce. (PRILOG 4) Uz dobivene  $\Delta E$  vrijednosti, izračunate su i  $\Delta L$  s obzirom da je svjetlina glavni atribut koji opisuje akromatske vrijednosti (Graf 8.).



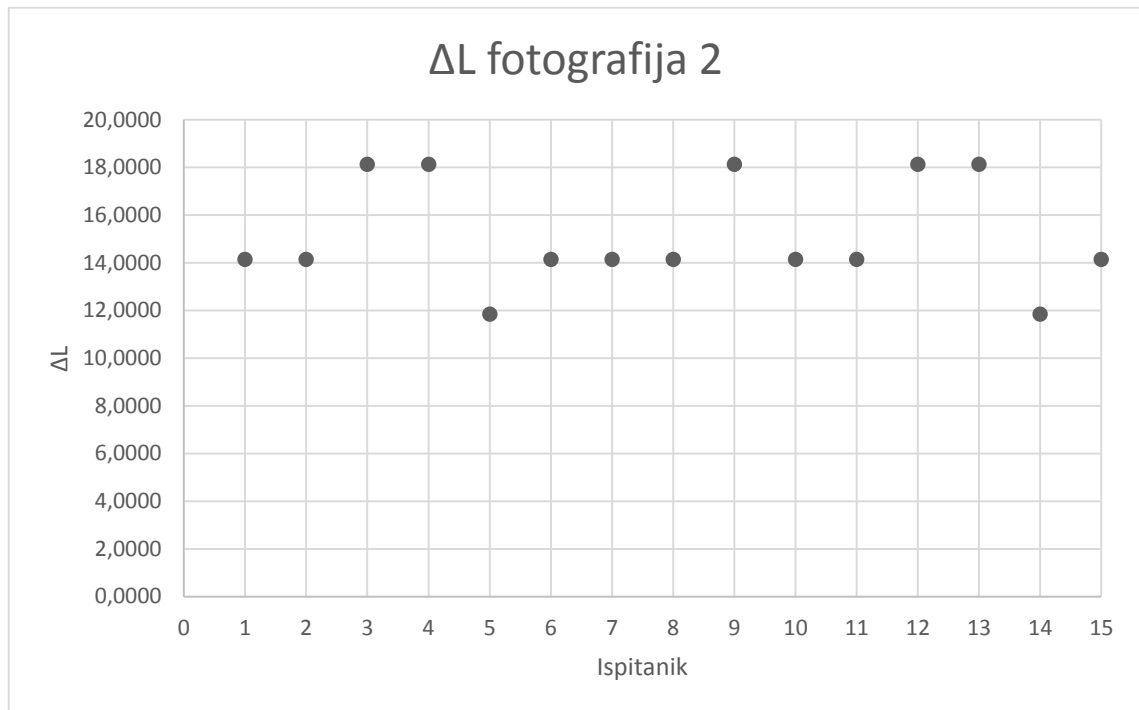
Graf 8.: Rezultati  $\Delta L$  prve fotografirane testne kartice

c



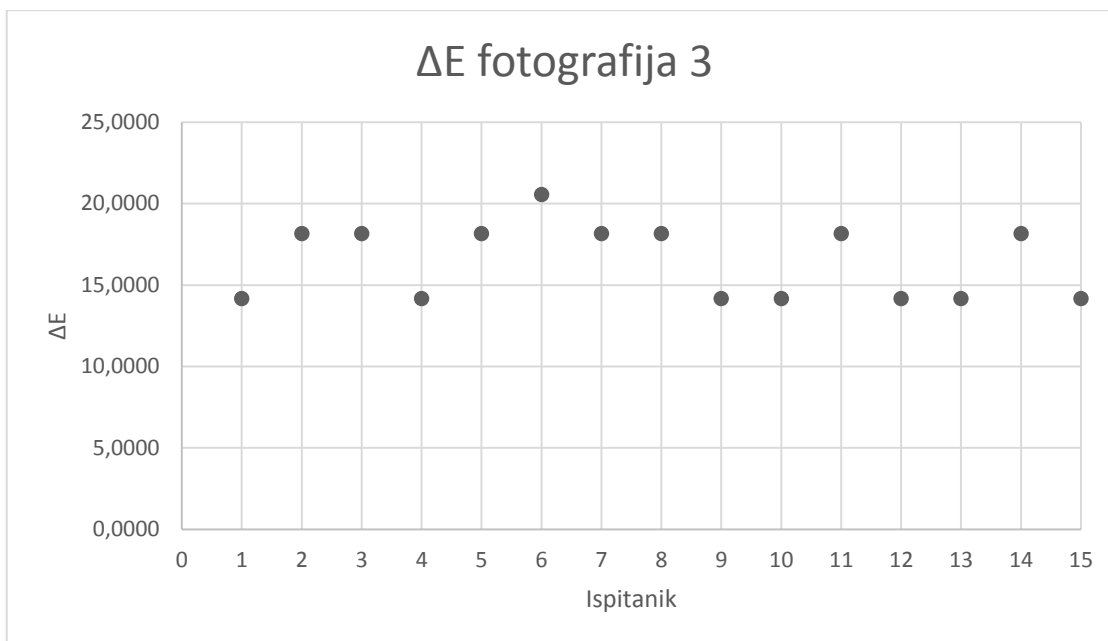
Graf 9.: Rezultati  $\Delta E$  druge fotografirane testne kartice

Najveća vrijednost  $\Delta E$  kod druge fotografirane testne kartice iznosila je 18,15 što odgovara odabiru polja b21. Od petnaest ispitanika, nitko nije izabrao točnu vrijednost sive (polje b14). Svi ispitanici sivu su plohu percipirali tamnijom, a najniža  $\Delta E$  iznosila je 11,58 što odgovara odabiru polja b20. Najčešće odabrano polje je b22, osam puta, čija  $\Delta E$  iznosi 14,16. (PRILOG 5) Uz dobivene  $\Delta E$  vrijednosti, izračunate su i prezentirane vrijednosti  $\Delta L$  (Graf 10.).



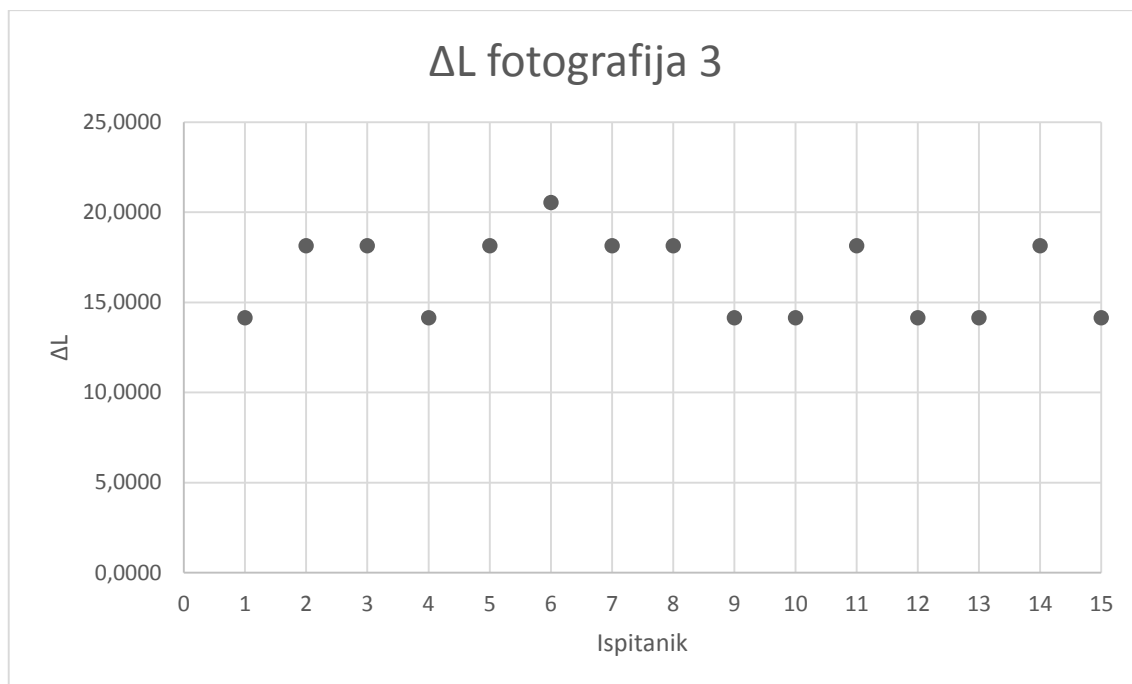
Graf 10.: Rezultati  $\Delta L$  druge fotografirane testne kartice

Za treću fotografiranu testnu karticu raster se na desnoj strani proširio u vrijednosti od 0,75 pt, a rezultati vizualne analize prezentirani su unutar grafova (Graf 11.).



Graf 11.: Rezultati  $\Delta E$  treće fotografirane testne kartice

Najveća vrijednost  $\Delta E$  kod treće fotografirane testne kartice iznosila je 20,54 što odgovara odabiru polja b23 koje je odabrano jednom. Od petnaest ispitanika, nitko nije izabrao točnu vrijednost sive (polje b14). Svi ispitanici sivu su plohu percipirali tamnijom, a najniža  $\Delta E$  iznosila je 14,16 što odgovara odabiru polja b21 što je uz polje b22 najčešće odabrano polje. Polje b21 odabralo je sedmero ispitanika/ca, a polje b22 odabralo je njih osmero.  $\Delta E$  polja b22 iznosi 18,15. (PRILOG 6) Uz dobivene  $\Delta E$  vrijednosti, izračunate su i prezentirane vrijednosti  $\Delta L$  (Graf 12.).



Graf 12.: Rezultati  $\Delta L$  treće fotografirane testne kartice

## 4.2 Rasprava

Dobivene rezultate potrebno je analizirati u dvije zasebne cjeline – rezultate dobivene vizualnom i matematičkom analizom originalnih testnih kartica te rezultate dobivene vizualnom i matematičkom analizom fotografiranih kartica. Rezultati analize originalnih testnih kartica su produkt zatvorenog i kontroliranog sustava, od dizajna do reprodukcije unaprijd definirane vrijednosti primarnog stimulusa ostale su konstantne. Dobiveni rezultati pokazuju da su ispitanici/ce primarni stimulus u vizualnoj procjeni svih tri originalnih testnih kartica percipirali tamnijim. Kako se radijus rasterskog elementa proširivao, tako je primarni stimulus ispitanicima/ama djelovao bitno tamnije. Najniža  $\Delta E$  u sve tri originalne testne kartice zabilježena je kod prve originalne kartice i dobivena je odabirom polja b21. Kako je točno polje, odnosno ono koje svojim CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednostima odgovara primarnom stimulusu bilo b17, može se primijetiti da čak i kod najmanje vrijednosti proširivanja rastera dolazi do izraženo tamnije percepcije primarnog stimulusa. Najveća vrijednost  $\Delta E$  kod originalnih testnih kartica vezana je za odabir polja b30, a zabilježena je na trećoj originalnoj testnoj kartici gdje je proširivanje rastera iznosilo 0,75 pt. Kod efekta simultanog kontrasta očekivani rezultat često je da će

primarni stimulus djelovati svjetlije što je sekundarni stimulus tamniji od njega. U ovako postavljenom i dizajniranom eksperimentu desilo se upravo suprotno. Ni u najmanje proširenom rasteru u vrijednosti 50% pokrivenosti, gdje je proširivanje iznosilo 0,25 pt ispitanici primarni stimulus nisu doživjeli svjetlijim.

Kod fotografiranih testnih kartica dogodila se promjena unaprijed definiranih vrijednosti i primarnog i sekundarnog stimulusa. Primarni stimulus ispisanih fotografiranih testnih kartica bio je svjetliji u odnosu na primarni stimulus originalnih testnih kartica unatoč ispisu fotografije visoke vjernosti, a došlo je i do deformacije rasterskih elemenata. S obzirom na promjene CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti prilikom promjene medija originalnih testnih kartica u fotografiju, rezultati dva seta testnih kartica ne mogu se međusobno uspoređivati, već ih se analizira zasebno. Najniža  $\Delta E$  kod fotografiranih testnih kartica vezana je za odabir polja b18 i zabilježena je kod rezultata za prvu fotografiranu testnu karticu. Najveća vrijednost  $\Delta E$  zabilježena je na trećoj fotografiranoj testnoj kartici i vezana je za odabir polja b32, što je 18 polja tamnije od točne vrijednosti primarnog stimulusa (polje b14). Ono što primjećujemo kod rezultata fotografiranih testnih kartica jest da je najniža  $\Delta E$  u odnosu na najnižu  $\Delta E$  originalnih testnih kartica bila u omjeru veća. Ona je vezana za odabir polja b18 što je četiri polja tamnije od vrijednosti primarnog stimulusa, dok je kod originalnih testnih kartica ovaj odmak od točne vrijednosti primarnog stimulusa bila tri polja tamnija vrijednost. Najveći odmak od točne vrijednosti primarnog stimulusa kod fotografiranih testnih kartica je čak 18 polja tamnije polje, dok je kod originalnih testnih kartica taj odmak 13 polja. Iako se rezultati međusobno ne mogu uspoređivati zbog različitih parametara, ovakva razlika postavlja pitanje utječe li promjena svjetline primarnog stimulusa na percepciju ovako koncipiranog eksperimenta.



## 5. ZAKLJUČCI

Prilikom postavljanja ovog istraživanja postavljene su dvije hipoteze:

1. Proširivanjem rastera utjecat će se na efekt simultanog kontrasta
2. Zamrzivanje efekta simultanog kontrasta utječe na njegovu percepciju u odnosu na ne zamrznuti efekt

Prva hipoteza je djelomično potvrđena. Analizom je zaključeno da je proširivanjem rastera došlo do razlike u percepciji primarnog stimulusa. Zanimljivo saznanje vezano za ovo istraživanje je da unatoč očekivanju da će ispitanicima/ama primarni stimulus djelovati svjetlije od njegove originalne vrijednosti, on je u oba seta testnih kartica djelovao tamnije. Kako se raster proširivao, tako je ova razlika bila vidljivija. Zbog ovakvog rezultata, postavlja se pitanje jesu li ispitanici primarni stimulus percipirali tamnijim zbog veličine rasterskog elementa, odnosno bi li se većim rasterskim elementom, a istom pokrivenosti površine dogodio očekivan efekt simultanog kontrasta gdje se, zbog tamnijeg sekundarnog stimulusa, primarni stimulus percipira svjetlijim od njegove originalne vrijednosti. Druga hipoteza je potvrđena jer je iz rezultata vidljivo da se zamrzivanjem efekta dogodila promjena u percepciji. Prvenstveno je iz ovog dijela istraživanja jasno da će se promjenom medija, unatoč pažljivo odabranim postavkama fotoaparata, prostora gdje su originalne kartice fotografirane i ispisom visoke vjernosti dogoditi određene devijacije u odnosu na original. Fotografija originalnih testnih kartica varirala je u svjetlini primarnog stimulusa te u obliku rasterskog elementa. Samim time dogodila se i razlika u dobivenim rezultatima u odnosu na originalne testne kartice. Za širu primjenu, iz ovoga se može zaključiti da čak i u dobro definiranim uvjetima fotografiranja i odabirom kvalitetne tehnike ispisa fotografije, dolazi do vizualne promjene u fotografiji u odnosu na original. Iz toga se također zaključuje da je za fotografiju visoke vjernosti potrebno raditi korekcije u za to predviđenim programima ako postoji visoki zahtjevi točnosti.

## 6. LITERATURA

1. Fairchild M. D. (2005), *Color Appearance Models Second Edition*, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex
2. Holtzschue L. (2011), *Understanding color*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey
3. \*\*\* <http://www.cs.uu.nl/docs/vakken/ibv/reader/chapter2.pdf> - Chapter 2-The human visual system, 15.08.2015.
4. Ware C. (2004), *Information Visualization, Second Adition*, Elesvier Inc., San Francisco
5. Tilley R. J. D. (2011), *Colour and the Optical Properties od Materials*, John Wiley & Sons Ltd., West Sussex
6. Findlay J. M. (2003), *Active Vision The Psychology of Looking and Seeing*, Oxford University Press, New York
7. \*\*\* <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0807/0807.0337.pdf> - Unveiling the mystery of visual information processing in human brain, 15.08.2015.
- 8.\*\*\*[http://www.ifs.tuwien.ac.at/~silvia/wien/vu-infovis/articles/Chapter3\\_HumanPerceptionAndInformationProcessing\\_73-128.pdf](http://www.ifs.tuwien.ac.at/~silvia/wien/vu-infovis/articles/Chapter3_HumanPerceptionAndInformationProcessing_73-128.pdf) – Chapter 3, Human Perception and Information Processing, 15.08.2015.
9. Wade N. J. (2005), *Perception And Illusion; Historical Perspectives*, Springer Science + Business Media, Inc., Dordrecht
10. Verstegen I. (2005), *Arnheim, Gestald and Art; A Psychological Theory*, Springer, Wien
- 11.Stidwill D., Fletcher R. (2007), *Normal Binocular Vision; Theory, Investigation and Practical Aspects*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex
- 12.\*\*\*[http://www.gestaltrevision.be/pdfs/oxford/Gilchrist-Perceptual\\_organization\\_in\\_lightness.pdf](http://www.gestaltrevision.be/pdfs/oxford/Gilchrist-Perceptual_organization_in_lightness.pdf) - Perceptual organization in lightness, 15.08.2015.
13. Li A., Tavantzis M. J., Yazdanbakhsh A. (2009), *Lightness of Munker-White illusion and Simultaneous-Contrast illusion: Establishing an ordinal lightness relation among minimum and split-frame presentations*, Review of Psychology, Vol. 16, No. 1, 3-8
14. Langford M., Andrews P., (2009), *Langford's Starting Photography; The guide to creating great images*, Elsevier Ltd, Burlington

15. Hirsch R., Valentino J. (2001), *Photographic Possibilities: The Expressive Use of Ideas, Materials, and Processes*, Focal Press, An imprint of Butterworth–Heinemann, Oxford

16. Allen E., Triantaphillidou S. (2001), *The Manual of Photography*, Elsevier Ltd Burlington

17. \*\*\* <http://tisak.grf.unizg.hr/pages/digitalni-tisak.php> - Sveučilište u zagrebu, Grafički fakultet, 15.08.2015.

18. Burian P. K. (2014), *Digital Photography and Imaging*, SYBEX Inc., Alameda

## 7. PRILOZI

PRILOG 1.: Tablica za vrijednost  $\Delta E$  i  $\Delta L$  prve originalne kartice

Ispitanik	L	a	b	dE00	dL00
1	44,98	0,29	1,23	10,4495	10,4485
	55,43	0,20	1,28		
2	44,98	0,29	1,23	10,4495	10,4485
	55,43	0,20	1,28		
3	42,81	0,30	1,07	12,5904	12,5879
	55,43	0,20	1,28		
4	44,98	0,29	1,23	10,4495	10,4485
	55,43	0,20	1,28		
5	44,98	0,29	1,23	10,4495	10,4485
	55,43	0,20	1,28		
6	44,98	0,29	1,23	10,4495	10,4485
	55,43	0,20	1,28		
7	42,81	0,30	1,07	12,5904	12,5879
	55,43	0,20	1,28		
8	33,14	0,50	1,44	20,8854	20,8803
	55,43	0,20	1,28		
9	48,73	0,20	1,12	6,6147	6,6130
	55,43	0,20	1,28		
10	44,98	0,29	1,23	10,4495	10,4485
	55,43	0,20	1,28		
11	44,98	0,29	1,23	10,4495	10,4485
	55,43	0,20	1,28		
12	42,81	0,30	1,07	12,5904	12,5879
	55,43	0,20	1,28		

<b>13</b>	42,81	0,30	1,07	<b>12,5904</b>	<b>12,5879</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>14</b>	38,59	0,41	1,42	<b>16,4338</b>	<b>16,4304</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>15</b>	42,81	0,30	1,07	<b>12,5904</b>	<b>12,5879</b>
	55,43	0,20	1,28		

**PRILOG 2.: Tablica za vrijednost  $\Delta E$  i  $\Delta L$  druge originalne kartice**

<b>Ispitanik</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>dE00</b>	<b>dL00</b>
<b>1</b>	26,26	0,67	1,52	<b>25,9759</b>	<b>25,9660</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>2</b>	33,14	0,50	1,44	<b>20,8854</b>	<b>20,8803</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>3</b>	32,06	0,48	1,37	<b>21,7168</b>	<b>21,7128</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>4</b>	32,06	0,48	1,37	<b>21,7168</b>	<b>21,7128</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>5</b>	32,06	0,48	1,37	<b>21,7168</b>	<b>21,7128</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>6</b>	32,06	0,48	1,37	<b>21,7168</b>	<b>21,7128</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>7</b>	26,26	0,67	1,52	<b>25,9759</b>	<b>25,9660</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>8</b>	26,26	0,67	1,52	<b>25,9759</b>	<b>25,9660</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>9</b>	32,06	0,48	1,37	<b>21,7168</b>	<b>21,7128</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>10</b>	33,14	0,50	1,44	<b>20,8854</b>	<b>20,8803</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>11</b>	26,26	0,67	1,52	<b>25,9759</b>	<b>25,9660</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>12</b>	32,06	0,48	1,37	<b>21,7168</b>	<b>21,7128</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>13</b>	26,26	0,67	1,52	<b>25,9759</b>	<b>25,9660</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>14</b>	26,26	0,67	1,52	<b>25,9759</b>	<b>25,9660</b>
	55,43	0,20	1,28		
<b>15</b>	32,06	0,48	1,37	<b>21,7168</b>	<b>21,7128</b>
	55,43	0,20	1,28		

PRILOG 3.: Tablica za vrijednost  $\Delta E$  i  $\Delta L$  treće originalne kartice

Ispitanik	L	a	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>
1	22,57	0,62	1,44	28,5102	28,5033
	55,43	0,20	1,28		
2	17,20	0,85	1,66	32,0040	31,9884
	55,43	0,20	1,28		
3	16,27	0,81	1,56	32,5816	32,5687
	55,43	0,20	1,28		
4	17,20	0,85	1,66	32,0040	31,9884
	55,43	0,20	1,28		
5	22,57	0,62	1,44	28,5102	28,5033
	55,43	0,20	1,28		
6	22,57	0,62	1,44	28,5102	28,5033
	55,43	0,20	1,28		
7	16,27	0,81	1,56	32,5816	32,5687
	55,43	0,20	1,28		
8	16,27	0,81	1,56	32,5816	32,5687
	55,43	0,20	1,28		
9	17,20	0,85	1,66	32,0040	31,9884
	55,43	0,20	1,28		
10	26,26	0,67	1,52	25,9759	25,9660
	55,43	0,20	1,28		
11	22,57	0,62	1,44	28,5102	28,5033
	55,43	0,20	1,28		
12	22,57	0,62	1,44	28,5102	28,5033
	55,43	0,20	1,28		
13	16,27	0,81	1,56	32,5816	32,5687
	55,43	0,20	1,28		
14	17,20	0,85	1,66	32,0040	31,9884
	55,43	0,20	1,28		
15	16,27	0,81	1,56	32,5816	32,5687
	55,43	0,20	1,28		

PRILOG 4.: Tablica za vrijednost  $\Delta E$  i  $\Delta L$  prve fotografirane kartice

Ispitanik	L	a	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>
1	52,63	0,19	0,93	10,2391	10,2281
	63,98	-0,04	0,59		
2	50,99	0,16	0,90	11,8556	11,8481
	63,98	-0,04	0,59		
3	50,99	0,16	0,90	11,8556	11,8481
	63,98	-0,04	0,59		
4	50,99	0,16	0,90	11,8556	11,8481
	63,98	-0,04	0,59		

<b>5</b>	53,98	0,13	0,88	<b>8,9320</b>	<b>8,9240</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>6</b>	52,63	0,19	0,93	<b>10,2391</b>	<b>10,2281</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>7</b>	52,63	0,19	0,93	<b>10,2391</b>	<b>10,2281</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>8</b>	50,99	0,16	0,90	<b>11,8556</b>	<b>11,8481</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>9</b>	52,63	0,19	0,93	<b>10,2391</b>	<b>10,2281</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>10</b>	52,63	0,19	0,93	<b>10,2391</b>	<b>10,2281</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>11</b>	50,99	0,16	0,90	<b>11,8556</b>	<b>11,8481</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>12</b>	50,99	0,16	0,90	<b>11,8556</b>	<b>11,8481</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>13</b>	50,99	0,16	0,90	<b>11,8556</b>	<b>11,8481</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>14</b>	52,63	0,19	0,93	<b>10,2391</b>	<b>10,2281</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>15</b>	52,63	0,19	0,93	<b>10,2391</b>	<b>10,2281</b>
	63,98	-0,04	0,59		

**PRILOG 5.:** Tablica za vrijednost  $\Delta E$  i  $\Delta L$  druge fotografirane kartice

<b>Ispitanik</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>dE<sub>00</sub></b>	<b>dL<sub>00</sub></b>
<b>1</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>2</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>3</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>4</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>5</b>	50,99	0,16	0,90	<b>11,8556</b>	<b>11,8481</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>6</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>7</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>8</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>9</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		

<b>10</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>11</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>12</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>13</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>14</b>	50,99	0,16	0,90	<b>11,8556</b>	<b>11,8481</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>15</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		

PRILOG 6.: Tablica za vrijednost  $\Delta E$  i  $\Delta L$  treće fotografirane kartice

<b>Ispitanik</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>dE<sub>00</sub></b>	<b>dL<sub>00</sub></b>
<b>1</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>2</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>3</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>4</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>5</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>6</b>	42,81	0,30	1,07	<b>20,5489</b>	<b>20,5376</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>7</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>8</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>9</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>10</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>11</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>12</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>13</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		
<b>14</b>	44,98	0,29	1,23	<b>18,1542</b>	<b>18,1374</b>
	63,98	-0,04	0,59		

<b>15</b>	48,73	0,20	1,12	<b>14,1607</b>	<b>14,1471</b>
	63,98	-0,04	0,59		