

# Upotreba raw formata u hdr fotografiji

---

**Volarić, Nikola**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2010**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:207165>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU,  
GRAFIČKI FAKULTET

**NIKOLA VOLARIĆ**

**UPOTREBA RAW FORMATA U  
HDR FOTOGRAFIJI**

**DIPLOMSKI RAD**

ZAGREB, 2010.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU,  
GRAFIČKI FAKULTET

DIZAJN GRAFIČKIH PROIZVODA

**UPOTREBA RAW FORMATA U  
HDR FOTOGRAFIJI**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

v.pred.dr.sc. Mikota Miroslav

Student:

Nikola Volarić

ZAGREB, 2010.

## **SAŽETAK**

U radu se govori o HDR tehnici digitalne fotografije čija posebnost je mogućnost zabilježavanja šireg dinamičkog raspona od onog koji je moguć korištenjem standardnih fotografskih tehnika. Istražuje se značaj i prednosti HDR fotografije, te njezin značaj za fotografiju i fotografsku umjetnost. Povezuje se HDR fotografija sa sirovim RAW formatom koji koristi nekomprimirane podatke dobivene direktno sa senzora digitalnog fotoaparata, te se istražuju prednosti i značajke takvih sirovih podataka i načini na koje se ti podaci mogu iskoristiti u HDR fotografiji u svrhu povećanja dinamičkog raspona u fotografiji.

**Ključne riječi:** RAW, HDR, fotografija, digitalna.

## **ABSTRACT**

The paper deals with the HDR technique, digital photography, whose uniqueness is the ability to record a wider dynamic range than is possible using standard photographic techniques. The paper explores the importance and benefits of HDR photography, and its significance for photography and art of photography. It connects HDR photos with RAW uncompressed format that uses data obtained directly from the sensor of a digital camera, and explores the advantages and features of such raw data and the ways in which these data can be used in HDR photography in order to increase the dynamic range in photography.

**Key words:** RAW, HDR, photography, digital

# SADRŽAJ

<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2 SENZORI I POHRANJIVANJE FOTOGRAFIJA</b> .....	<b>2</b>
2.1 VRSTE SENZORA.....	3
2.2 PIKSELI NA SENZORU .....	5
2.3 DOBIVANJE DIGITALNIH VRIJEDNOSTI, RAZLUČIVOST .....	6
2.4 INTERPOLACIJA, DEMOZAICIRANJE .....	7
2.5 GAMA KOREKCIJA.....	8
2.6 DINAMIČKI RASPON.....	9
2.7 RASPON TONOVA .....	10
<b>3 FORMATI SLIKA U DIGITALNOJ FOTOGRAFIJI</b> .....	<b>12</b>
3.1 JPEG .....	12
3.2 TIFF.....	12
3.3 RAW FORMAT.....	13
3.4 DNG FORMAT.....	14
3.5 HDR FORMAT .....	14
<b>4 RAČUNALNA OBRADA RAW PODATAKA</b> .....	<b>16</b>
4.1 SOFTVER ZA OBRADU RAW PODATAKA .....	16
4.1.1 SOFTVER PROIZVOĐAČA DIGITALNOG FOTOAPARATA.....	17
4.1.2 OSTALI RAW SOFTVER.....	18
4.2 OSNOVNE OPERACIJE OBRADE RAW-a.....	19
4.2.1 MIJENJANJE VRIJEDNOSTI EKSPozICIJE .....	19
4.2.2 PODEŠAVANJE BIJELOG BALANSA .....	20
4.2.3 INTERPRETACIJA KOLORIMETRIJSKIH VRIJEDNOSTI .....	22
4.2.4 KOREKCIJA GAME I KRIVULJA TONOVA .....	22
4.2.5 ANTI-ALIASING, SMANJIVANJE ŠUMA, IZOŠTRAVANJE .....	23
4.2.6 OSTALE TEHNIKE OBRADE RAW PODATAKA .....	24
4.3 SPREMANJE RAW FORMATA.....	24
4.4 PREDNOSTI I NEDOSTACI RAČUNALNE RAW OBRADE .....	25
<b>5 HDR FOTOGRAFIJA</b> .....	<b>27</b>
5.1 POVIJEST HDR-a.....	27
5.2 PRINCIP HDR-a.....	30

5.2.1	SNIMANJE FOTOGRAFIJA .....	31
5.2.2	SPAJANJE FOTOGRAFIJA.....	33
5.2.3	HDR MAPIRANJE TONOVA .....	34
5.3	ZNAČAJKE I PRIMJENA HDR-a .....	35
<b>6</b>	<b>UPOTREBA RAW FORMATA U HDR FOTOGRAFIJI.....</b>	<b>37</b>
6.1	IZRADA HDR FOTOGRAFIJE IZ JEDNOG RAW-a .....	37
6.1.1	POJAČAVANJE I OSLABLJIVANJE KOD RAW-a.....	38
6.1.2	IZRADA VIŠE FOTOGRAFIJA RAZLIČITIH VRIJEDNOSTI EKSPONIZIJA IZ JEDNOG RAW-a	39
6.2	IZRADA HDR-a IZ VIŠE RAW FOTOGRAFIJA .....	42
6.2.1	DIREKTNO KORIŠTENJE RAW FOTOGRAFIJA U HDR PROGRAMU .....	42
6.2.2	OBRADA RAW FOTOGRAFIJA PRIJE UBACIVANJA U HDR PROGRAM.....	43
6.3	PREDNOST RAW-a U HDR FOTOGRAFIJI .....	44
<b>7.</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>46</b>

## 1 UVOD

Digitalna fotografija u sebi nosi mnoštvo različitih mogućnosti, tehnika i rješenja, a dvije o kojima je riječ u ovom radu, RAW format i HDR fotografija, imaju veliku važnost za digitalnu fotografiju i za budućnost digitalne fotografije i općenito cijele umjetnosti fotografije jer nude veliku kontrolu nad cijelim procesom izrade fotografije, i nude mogućnost zapisivanja puno šireg raspona između najsvjetlijeg i najtamnijeg tona. Iako RAW i HDR naizgled nemaju puno veze jedna sa drugom, budući da je RAW samo jedan od formata u koji se slika može spremiti u digitalnom fotoaparatu, a HDR fotografija jedna posebna tehnika izrade fotografija šireg dinamičkog raspona, oni su itekako spojivi jer RAW format ima veliku ulogu u principu izrade HDR fotografije, a u budućnosti će razvojem senzora i tehnologije digitalne fotografije ta uloga biti sve veća i veća.

U ovom radu se upotrebi RAW formata u HDR fotografiji pristupa više sa tehničke strane, i istražuje se tehnologija koja stoji iza RAW-a i HDR fotografije, načini na koje se može postići HDR fotografija te vrijednosti koje RAW format i HDR imaju za digitalnu fotografiju i općenito za umjetnost fotografije.

## 2 SENZORI I POHRANJIVANJE FOTOGRAFIJA

Sav smisao fotografije, razlog njezinog postojanja, njezine popularnosti i značaja u svijetu je u trajnom zaustavljanju prikaza iz stvarnosti pomoću fotoosjetljivog elementa, kojeg u klasičnoj fotografiji čini emulzijski sloj na filmu ili ploči koji se sastoji od mnoštva malih zrnaca srebra, a u digitalnoj fotografiji pikseli koji fotone svjetla pretvaraju u električne signale pomoću fotodioda i zatim te električne signale pretvaraju u digitalne vrijednosti. Dakle, svaka fotografija se sastoji od velikog broja tih malih sitnih elemenata, zrnaca u klasičnoj fotografiji, ili piksela u digitalnoj fotografiji. Ti fotoosjetljivi elementi, zrnca ili pikseli, premda su mali, imaju jako veliku važnost u fotografiji jer se na njima temelji cijela fotografija. Oni čine i bitnu razliku između klasične i digitalne fotografije. Sve ostalo, cijeli princip fotografije je gotovo jednak i u klasičnoj i u digitalnoj fotografiji - teleobjektivi, normalni objektivi, širokokutni objektivi, dubinska oštrina, mjerenje svjetla, otvor objektiva, vrijeme eksponiranja, ISO osjetljivost, to je sve jednako i kod klasične i kod digitalne fotografije.

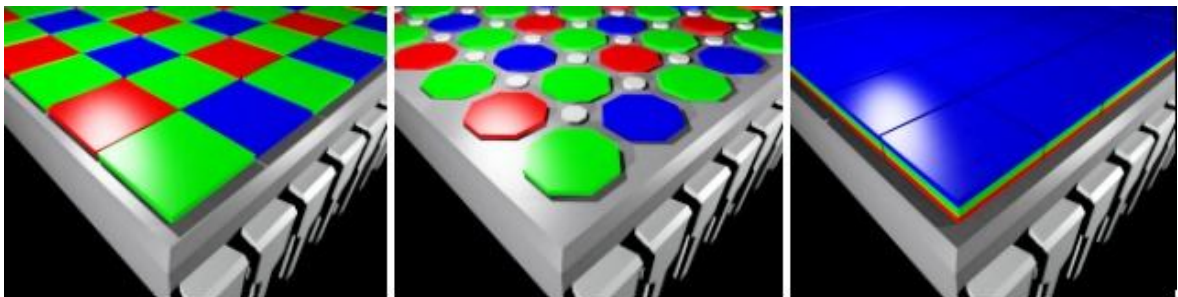
Dakle, svi procesi u fotografiji koji se događaju prije samog okidanja, jednaki su i u klasičnoj i u digitalnoj fotografiji. Ali, kod senzora i filmova ove dvije fotografije se počinju bitno razlikovati. Naravno, retuširanje, pojačavanje, oslabljivanje, rezanje, sendvič fotografija, te ostali principi fotografije i obrade fotografija su jednaki, jedino su načini na koji se primjenjuju, izvode i dobivaju različiti. Neke pak tehnike klasične fotografije, kao što su solarizacija i toniranje, koje je nemoguće doslovno prevesti u digitalnu fotografiju, budući da se dobivaju kemijskim putem, mogu se računalnom obradom simulirati u digitalnoj fotografiji. Dakle, digitalna fotografija nije nešto sasvim novo, ona se razvija zajedno sa klasičnom fotografijom već gotovo dva stoljeća. Sve digitalne tehnike obrade fotografije, i cijela digitalna fotografija, ima korijene u klasičnoj fotografiji i u klasičnim tehnikama obrade fotografije. Ovaj rad koncentrira se isključivo na tehnike i mogućnosti digitalne fotografije, i zbog toga je najprije nužno objasniti rad senzora i piksela, koji čine te tehnike mogućima.



## 2.1 VRSTE SENZORA

Senzori su uređaji koji se sastoje od mreže piksela koji reagiraju na svjetlost i pretvaraju fotone svjetlosti u električnu energiju koja se pretvara u napon koji se pojačava u pojačalu, i koji se zatim pretvara u digitalnu vrijednost pomoću A/D pretvarača. Mogu se podijeliti na više načina, prema tipu senzora, prema broju piksela koje sadrže i po veličini senzora.

Prema tipu, senzori se dijele na CCD i APS senzore. Glavna razlika je što CCD (Charge-Coupled Device) senzori imaju pojačalo i A/D pretvarač izvan samih piksela, a APS (Active Pixel Sensors) senzori imaju ugrađeno pojačalo i A/D pretvarač na svakom pikselu. Osim standardnih CCD senzora, postoje i SuperCCD senzori koje je razvio Fujifilm, a čija glavna karakteristika je ta da imaju piksele u obliku osmerokuta, što omogućuje manju udaljenost između pojedinih piksela. U APS senzore spadaju standardni CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) senzori, Nikonovi JFET LBCAST (Junction Field Effect Transistor, Lateral Buried Charge Accumulator and Sensing Transistor array) senzori koji između ostaloga umjesto CMOS tranzistora koriste JFET tranzistore, te Foveon X3 senzori, koji imaju piksele raspoređene u tri sloja, za crveni, zeleni i plavi dio spektra. Na slici 1 su prikazane tri osnovne načine raspodjele piksela na sensorima, mrežasta raspodjela kvadratnih i osmerokutnih piksela, te raspodjela u slojevima.

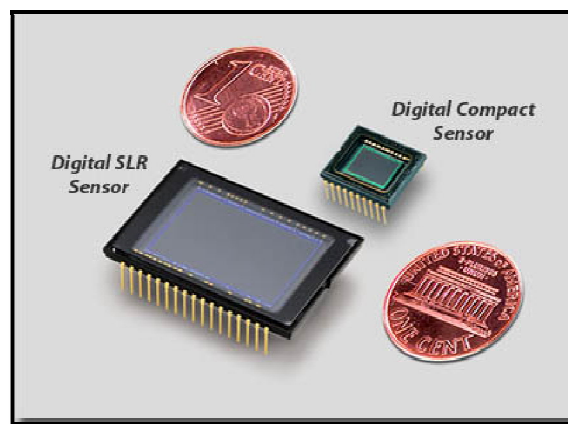


*Slika 1: Tri osnovna načina raspodjele piksela na sensorima*

Podjela senzora prema broju piksela bitna je samo ako je taj broj piksela važan zbog formata ispisa kod daljnjeg reproduciranja fotografija, jer danas broj piksela dolazi do izražaja tek kod ispisa fotografija na veće formate, budući da se više ni ne može naći

fotoaparat s brojem piksela manjim od npr. 2 megapiksela što je dovoljno za ispis rezolucije 300 dpi na standardni 10x15 format.

Senzori se po veličini mogu najprije podijeliti na senzore za kompaktne fotoaparate, na senzore za digitalne SLR fotoaparate, i na senzore za fotoaparate srednjih formata, a nakon toga se ta podjela komplicira jer postoji mnogo različitih veličina senzora, osobito kod kompaktnih fotoaparata. Bitno je samo istaknuti razliku između senzora za SLR fotoaparate i kompaktne fotoaparate. Na slici 2 je vidljivo kako kompaktni fotoaparati imaju senzore veličine od otprilike 2-7% veličine 35mm filma, dok DSLR fotoaparati imaju senzore veličine 25 – 100% veličine 35mm filma.

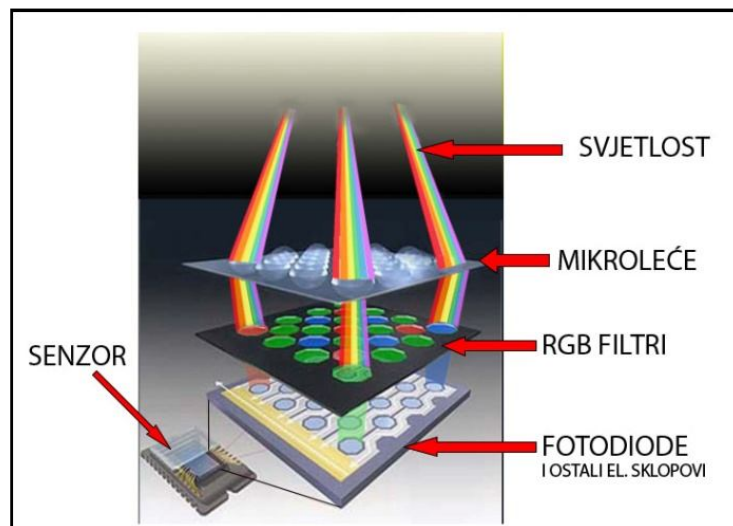


*Slika 2: Veličine senzora za SLR i kompaktne fotoaparate*

Razlika veličine senzora između digitalnih kompaktnih i SLR fotoaparata je jedan od glavnih razloga bolje kvalitete slike kod SLR fotoaparata, jer veći senzor znači i bolju kvalitetu piksela, bolju kvalitetu kod manjih ISO osjetljivosti, budući da na veći piksel stiže i više fotona svjetlosti, što rezultira jačim el. signalom i većim signal-šum omjerom. Naravno, tehnologija se svakim danom razvija, senzori i pikseli se izrađuju od sve kvalitetnijih materijala i dijelova, i neki noviji senzori za kompaktne fotoaparate mogu biti bolji od jučerašnjih SLR senzora. Ali, općenito gledajući, SLR senzori imaju veliku prednost nad sensorima za kompaktne fotoaparate, osim naravno, u veličini.

## 2. 2 PIKSELI NA SENZORU

Pikseli su temeljni elementi digitalne fotografije, kao što im i sam naziv govori (Pix El - eng. *picture element*, element slike ). Oni su atomi digitalne fotografije, od njih je napravljena svaka digitalna fotografija. Pikselima se nazivaju i elementi na svakom senzoru koji su osjetljivi na fotone svjetlosti. Ti, senzorski pikseli sastoje se od više dijelova. Najvažniji dijelovi su mikroleća, koja usmjerava svjetlost na fotodiodu, što je potrebno zbog toga što fotodiode ne zauzima cijelu površinu piksela. Zatim, piksel se sastoji od crveno, zelenog ili plavog filtra, koji propušta samo određeni dio vidljivog spektra do fotodiode koja je monokromatska, osjetljiva samo na intenzitet svjetlosti, a ne na određenu valnu duljinu svjetlosti. Naravno, piksel se sastoji od fotodiode, koja pretvara svjetlost u električni signal. U slučaju CMOS senzora svaki piksel na sebi ima i pojačalo i A/D pretvarač. Na slici 3 prikazan je osnovni princip rada senzora i piksela.



*Slika 3: Osnovni princip rada senzora i piksela*

Jedini na svjetlost osjetljivi dio piksela je dakle fotodiode, a površina koju ona zauzima u odnosu na površinu cijelog piksela naziva se eng. *fill factor* i on, uz međusobnu udaljenost između samih piksela, također utječe na kvalitetu slike.

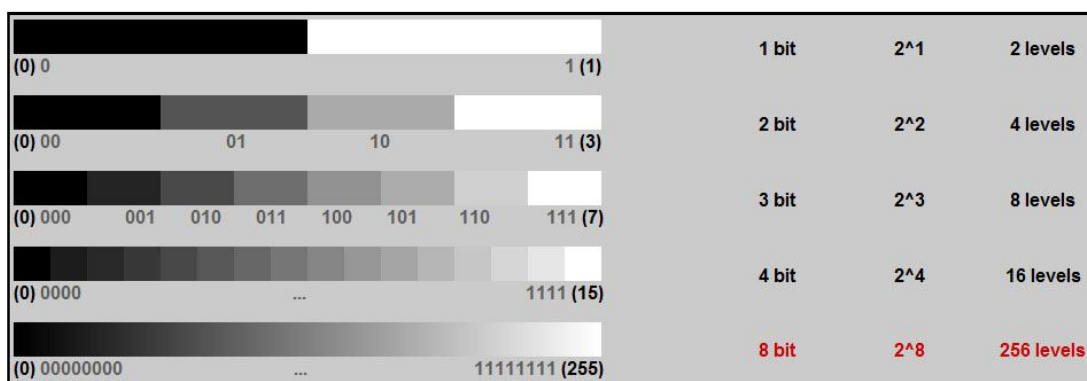
## 2.3 DOBIVANJE DIGITALNIH VRIJEDNOSTI, RAZLUČIVOST

A/D pretvarači dobiveni napon pretvaraju u ekvivalentnu digitalnu vrijednost. Bitan parametar A/D pretvarača za fotografiju, a osobito za RAW format je razlučivost, odnosno broj diskretnih vrijednosti koje pretvarač može proizvesti. Ona se označava u bitovima. Digitalni kompaktni fotoaparati uglavnom imaju razlučivost A/D pretvarača od 8 bitova. To znači da oni kodiraju dobivenu analognu vrijednost u jednu od 256 ( $2^8$ ) mogućih vrijednosti, kao što je prikazano na tabeli 1.

*Tabela 1: Razlučivost od 8 bitova*

Analogna vrijednost (napon)	Uzorkovanje (8 bitno)	Digitalna vrijednost (8 bitova)
1.00 V	255	11111111
0.38 V	98	01100000
0.00V	0	00000000

Dakle, digitalni kompaktni fotoaparati, barem većina njih, imaju mogućnost raspoznavanja dobivene svjetlosti u 256 razina. Budući da pikseli na sensorima imaju crvene, zelene i plave filtre, oni zapravo raspoznaju R, G i B vrijednosti nekog prikaza iz stvarnosti, i na temelju toga je moguće dobiti sliku u boji. Svaki kanal, R, G i B, ima 256 mogućih vrijednosti, što daje 16 milijuna mogućih boja ( $256 \times 256 \times 256$ ).



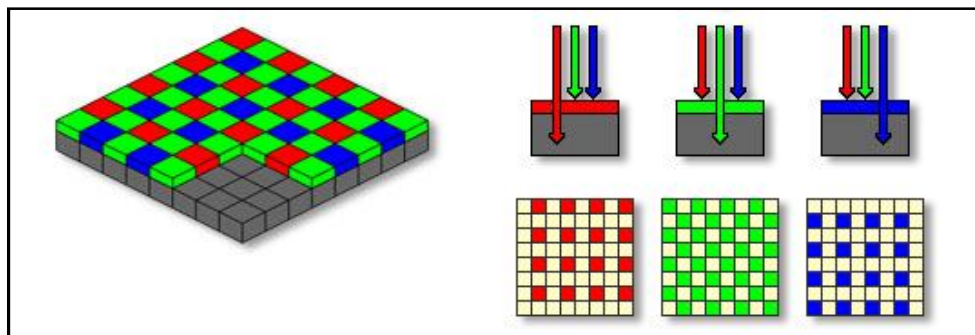
*Slika 4: Dinamički raspon od bijele do crne točke u različitim razlučivostima*

Na slici 4 prikazan je raspon tonova u različitim razlučivostima. Vidljivo je kako razlučivost veća za samo 1 bit, daje dvostruko više mogućih vrijednosti.

Za razliku od kompaktnih fotoaparata, digitalni SLR fotoaparati imaju točnije i kvalitetnije senzore s mogućnošću raspoznavanja većeg dinamičkog raspona i većeg raspona tonova od kompaktnih fotoaparata. Zbog toga senzori na SLR fotoaparatom imaju A/D pretvarače veće razlučivosti, obično od 10, 12 i 14 bitova. To omogućuje kategorizaciju tonova na 1024, 4096, i čak 16384 vrijednosti, za razliku od 256 tonova kod 8 bitnih senzora. Naravno, ako sam senzor nema mogućnost raspoznavanja većeg dinamičkog raspona, korištenje A/D pretvarača veće razlučivosti neće povećati dinamički raspon koji će biti zabilježen na fotografiji.

## 2. 4 INTERPOLACIJA, DEMOZAICIRANJE

Pikseli, odnosno filtri na pikselima su posloženi u mozaičnu mrežu filtera (eng. color filter array) u kojoj su oni najčešće raspoređeni u Bayerov uzorak kao što je prikazano na slici 5. Postoje i drugi načini na koji su filtri raspoređeni u mrežu, ali Bayerov uzorak se najčešće koristi.

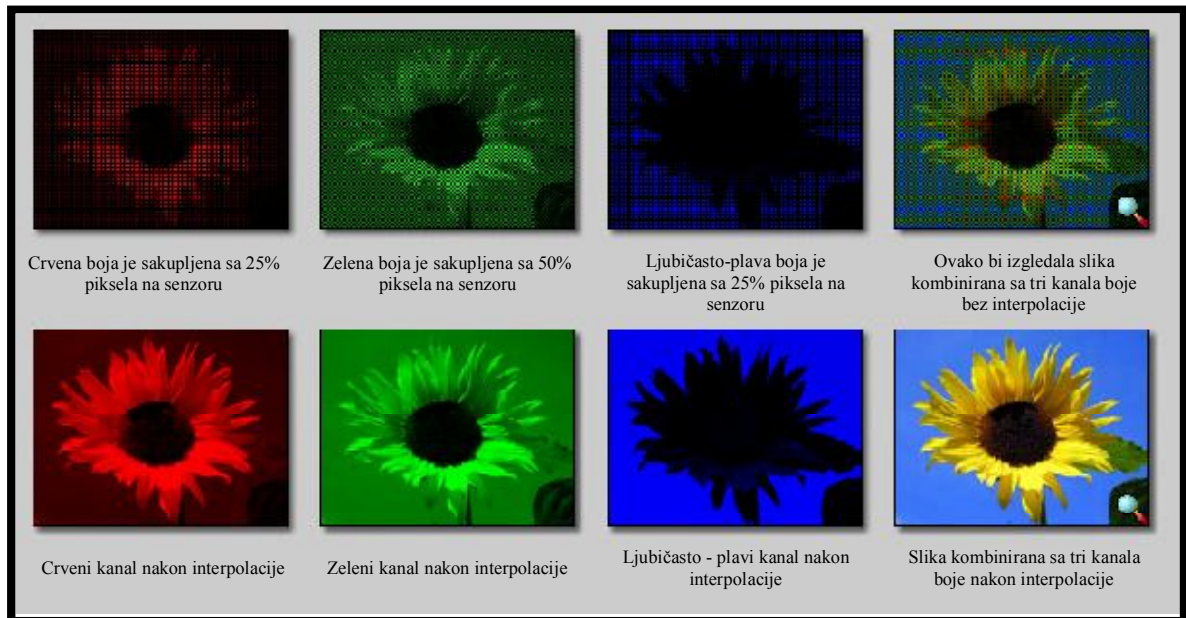


*Slika 5: Bayer mreža filtara na senzorima*

Vidljivo je da ima više zelenih filtara na pikselima nego što ima crvenih i ljubičasto plavih. Točnije, ima 50% zelenih filtara, 25% crvenih i 25% plavih. To je tako iz razloga što je ljudsko oko najviše osjetljivo na zelenu boju pa se prednost daje zelenim pikselima.

Na slici 5 je vidljivo i to da u svakom kanalu nedostaju informacije. U crvenom kanalu definirano je samo 25% piksela, u zelenom 50%, i u plavom 25%.

iz samo tih informacija, ona bi izgledala kao što je prikazano na slici 6 gore desno. Zato se obavlja proces pretpostavljanja informacija koje nedostaju u svakom pojedinom kanalu. Taj proces se zove demosaiciranje (eng. demosaicing) ili Bayer interpolacija, i prikazan je na slici 6.



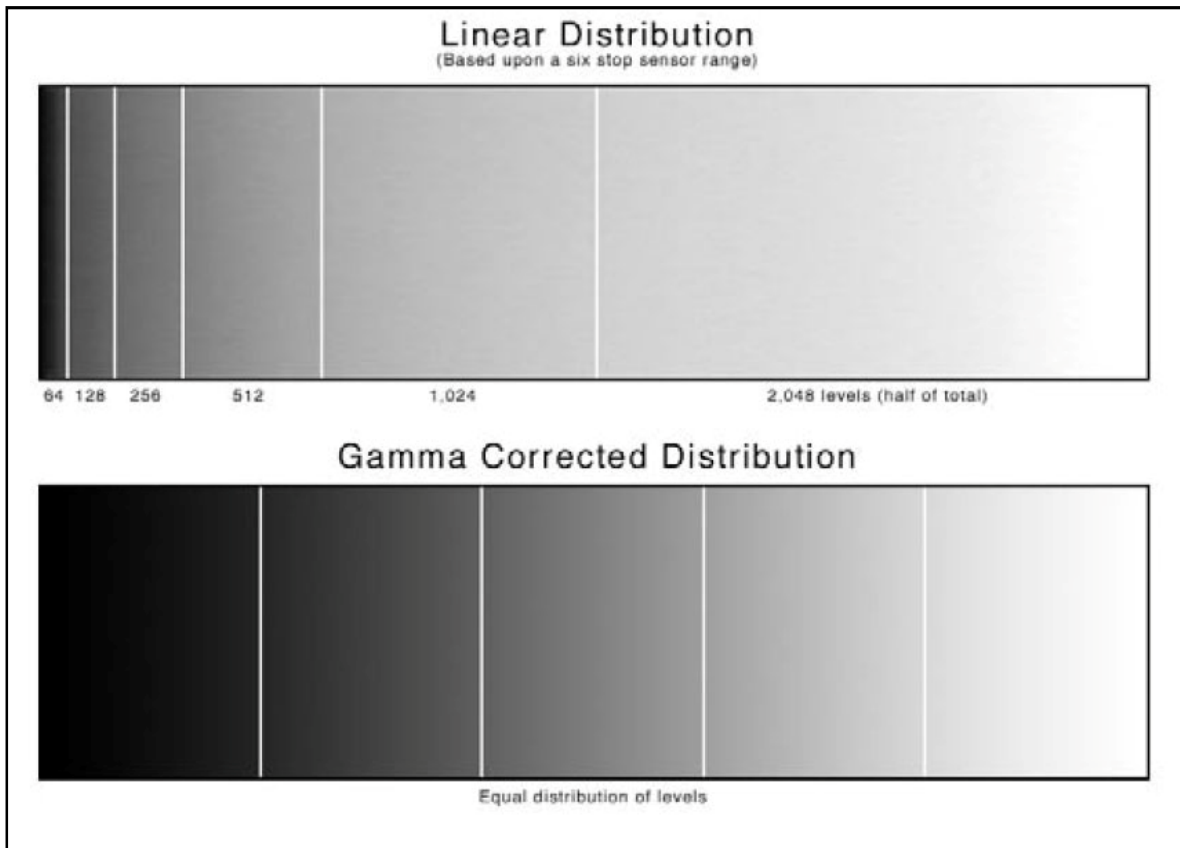
*Slika 6: Bayer interpolacija*

## 2. 5 GAMA KOREKCIJA

Čovjek i njegova osjetila funkcioniraju na nelinearan način. Ako stavi dvije žlice šećera u kavu umjesto jedne, ona mu neće biti dvostruko slađa. Ako iz jedne sobe od jedanput prijeđe u drugu u kojoj je točno dvostruko više svjetla, on neće osjećati točno dvostruko veću razliku u svjetlini. Osjetit će da je ta soba svjetlija od prijašnje, ali ne i da je dvostruko svjetlija. Za razliku od ljudskih osjetila, senzori na digitalnim fotoaparatima mjere svjetlost na linearan način. Za dvostruko veći broj fotona, senzor će dati dvostruko veću vrijednost. 12 bitni senzor dobivenu svjetlost može zabilježiti u opseg od 4096 vrijednosti. 2048 bitova u tom slučaju predstavljaju točno polovinu fotona svjetlosti koji su doprijeli do senzora.

Bez obrade, tako linearna slika izgledat će tamno, podeksponirano. Kako bi se ona dobro prikazala, potrebna je gama korekcija. Na slici 8 prikazane su linearna distribucija tonova

kakvu senzor prepoznaje, i distribucija tonova nakon gama korekcije. Bijele linije označavaju korake u vrijednosti ekspozicije.



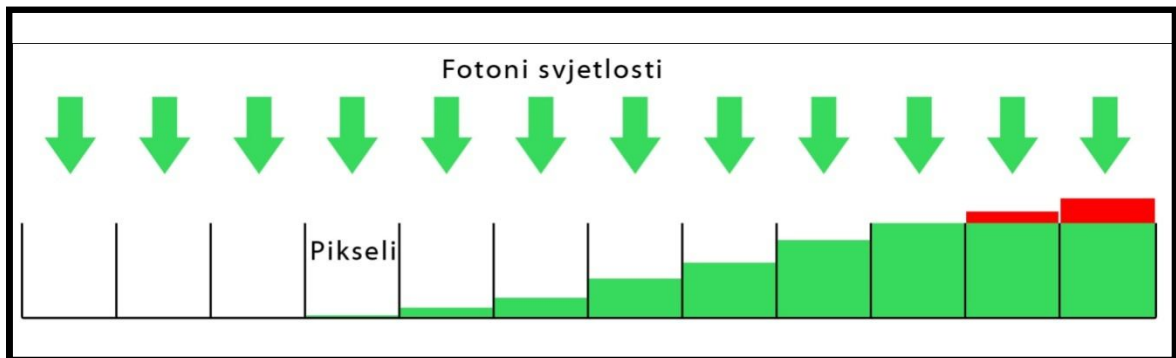
*Slika 7: Gama korekcija*

Kao što je vidljivo na slici 7, gama korekcija ima i negativnu stranu. Nakon gama korekcije, 1024 bita su rezervirana za najsvjetliji dio tonova, a samo 64 bita za najtamniji. Zbog toga je kod snimanja fotografije ekspoziciju najbolje tako namjestiti da vrijednosti budu što više zabilježene svjetlim tonovima, ali opet treba paziti da se ne prijeđe prag pa da se informacije ne izgube, odnosno ne izrežu.

## 2. 6 DINAMIČKI RASPON

Dinamički raspon u fotografiji predstavlja omjer maksimalne i minimalne luminancije u sceni. Luminancija se mjeri u kandelima po metru kvadratnom,  $\text{cd/m}^2$ . Luminancija zvjezdanog neba je oko  $0.001 \text{ cd/m}^2$ , dok je luminancija sunčane scene otprilike  $100\ 000 \text{ cd/m}^2$ , a luminancija samog Sunca je oko  $1\ 000\ 000\ 000 \text{ cd/m}^2$ . Uobičajeni dinamički

raspon prirodnih scena je otprilike 100 000:1, dok ljudsko oko od jedanput odnosno kada se jednom zjenica oka prilagodi svjetlu koje dolazi do njega, ono može prepoznati dinamički raspon od 10 000:1. Sveukupni raspon koji ljudsko oko može prepoznati je puno veći, budući da ono može gledati i zvjezdano nebo, a i scenu osvijetljenu jakim podnevnim suncem, a to je omjer luminancija, odnosno dinamički raspon od 100 000 000:1.



*Slika 8: Punjenje piksela fotonima svjetlosti*



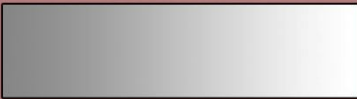
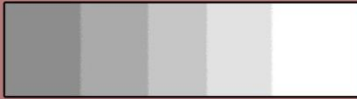
Kod digitalnih fotoaparata, odnosno kod senzora, dinamički raspon predstavlja omjer između najvećeg signala koji senzor, odnosno piksel na senzoru može generirati, i omjer između najmanjeg signala koji može generirati, koji nije jednak nuli, jer je ograničen razinom šuma koji se stvara kad senzor nije osvijetljen. Veličina piksela ima veliku ulogu u ukupnom dinamičkom rasponu koji senzor može prepoznati. Što je piksel veći, to može primiti više fotona svjetlosti i to omogućuje veći dinamički raspon, budući da više fotona može doći u piksel prije nego što se on napuni, a i više fotona iz tamnijih područja scene se može zabilježiti na senzoru prije nego se oni pikseli koji sakupljaju fotone svjetlijih područja scene napune. Taj proces je prikazan na slici 8. Kada se piksel potpuno napuni fotonima svjetlosti, on će generirati maksimalan signal, na slici će biti potpuno bijel i svi fotoni koji i dalje dolaze do piksela neće biti zabilježeni i doći će do gubitka detalja u tim dijelovima fotografije. SLR fotoaparati koji imaju veće i kvalitetnije piksele, imaju zbog toga i veći dinamički raspon.

## 2.7 RASPON TONOVA

Dinamički raspon je povezan s rasponom tonova koji A/D pretvarač u pikselima može registrirati. Raspon tonova dakle označuje broj tonova kojima senzor može zabilježiti



dinamički raspon. Ako je A/D pretvarač u senzoru 8 bitni, on može prikazati 256 različitih tonova, ako je 12 bitni, onda 4096, itd. Ako je dinamički raspon koji fotoaparat može prepoznati npr. 1024:1, a raspon tonova 256, tada će doći do posterizacije, kao što je vidljivo na slici 9.

	Veliki raspon tonova	Mali raspon tonova
Veliki dinamički raspon		
Mali dinamički raspon		

*Slika 9: Utjecaj širine raspona tonova na prikaz dinamičkog raspona*

Raspon tonova koji neki senzor može razlučiti ne definira dinamički raspon koji ima taj fotoaparat. Npr. ako je razlučivost A/D pretvarača 12 bita, što govori da može prikazati 4096 tonova, ne znači automatski da fotoaparat ima dinamički raspon od 4096:1. Zbog šuma i ostalih ograničenja, dinamički raspon je zapravo dosta manji nego što bi to razlučivost A/D pretvarača dala zaključiti, npr. kod ovog primjera 12 bitnog A/D pretvarača, dinamički raspon će biti bliže 1000:1 nego 4096:1.

### 3 FORMATI SLIKA U DIGITALNOJ FOTOGRAFIJI

Nakon demosaiciranja, u procesu izrade digitalne fotografije slijedi obrada sirovih podataka dobivenih sa senzora. Ta obrada uključuje namještanje balansa bijeloga, kolorimetrijske interpretacije, gama korekciju, smanjivanje šuma, antialiasing i izoštravanje. Nakon toga podaci šalju u međuspremnik (eng. buffer), koji sliku sprema na memorijsku karticu. Ta slika je spremljena u nekom formatu, a postoje tri osnovna formata slika koji se pojavljuju u digitalnoj fotografiji. To su JPEG, TIFF i RAW format.

#### 3.1 JPEG

JPEG (eng. Joint Photographic Experts Group) format se najviše koristi u digitalnoj fotografiji. Razlog tome je dobra kompresija, koja omogućuje da se veličina slike smanji 10 do 20 puta bez vidljivog gubitka kvalitete. Svi digitalni fotoaparati imaju mogućnost spremanja slika u JPEG format. Prednost JPEG formata osim kompresije je u njegovoj raširenosti i kompatibilnosti sa računalima, internetskim preglednicima, mobitelima, printerima i ostalim elektroničkim uređajima. JPEG je 8 bitni format, dakle ima 8 bita po kanalu, i to je jedan od njegovih nedostataka. Senzori na digitalnim SLR fotoaparatom imaju mogućnost raspoznavanja tonova u 10, 12, i 14 bitova, ali te informacije se gube ako se spremaju u 8 bitni JPEG format. Nedostatak JPEG formata osim toga je i kompresija zbog toga što u JPEG-u nisu spremljene originalne informacije sa senzora, nego kompresirane, dakle u JPEG-u nije spremljeno sve ono što senzor može zabilježiti.

#### 3.2 TIFF

TIFF (eng. Tagged Image File Format) format može biti kompresiran, ali na lossless način, tako da se ne gube nikakve informacije. On, za razliku od JPEG-a, podržava i 16 bitova po kanalu, ali zbog veličine prostora koji zauzima, u digitalnim fotoaparatom se spremaju u 8 bitnu verziju. To je i glavni nedostatak TIFF-a, veličina prostora koji zauzima TIFF slika. TIFF se danas praktični više ne koristi kod digitalnih fotoaparata, samo neki imaju mogućnost spremanja u TIFF. Ali TIFF dobiva na vrijednosti kod daljnje računalne obrade fotografija, pripreme za tisak, i u tisku.

### 3.3 RAW FORMAT

JPEG format se sprema na memorijsku karticu u digitalnom fotoaparatu nakon demosaiciranja, nakon postavljanja balansa bijele boje i ostalih parametara, i spremaju se u 8 bita po kanalu. Rečeno je da digitalni SLR fotoaparati imaju kvalitetnije senzore i A/D pretvarače razlučivosti od čak i 14 bita po kanalu. Ta razlučivost nije potpuno iskorištena ako se sprema u JPEG (ili TIFF) format u 8 bita/kanalu jer se tako sprema samo dio informacija dobivenih sa senzora. Zbog toga, svi digitalni SLR fotoaparati, a i neki kompaktni, imaju mogućnost direktnog spremanja informacija sa senzora u RAW formatu. RAW nije skraćenica, kao JPEG ili TIFF, nego je ime dobio iz engleske riječi *raw*, što znači sirovo, neobrađeno, što i doslovno označuje taj format jer se RAW format sastoji od sirovih podataka dobivenih direktno sa senzora, bez izvršenog demosaiciranja i ostalih operacija. Osim informacija sa samih piksela, raw format sadrži i podatke o slici i ekspoziciji (eng. metadata), koje sadrže i JPEG slike u EXIF podacima.

Glavni nedostatak RAW formata je taj što ne postoji neki standardni RAW format, nego svaki proizvođač digitalnih fotoaparata koristi svoju verziju. U zadnjih nekoliko godina Adobe pokušava to standardizirati sa svojim DNG formatom, o kojem je riječ u sljedećem poglavlju. Da bi se RAW mogao koristiti, potreban je softver kojeg izrađuje proizvođač određenog fotoaparata. Postoje i drugi RAW softveri koji podržavaju većinu RAW formata, kao što je Adobeov Camera Raw. Drugi nedostatak RAW formata je zauzimanje većeg memorijskog prostora, budući da RAW nema kompresije.

Ali, prednosti RAW formata su velike. Sama činjenica da on može sadržati i do 14 bita po RGB kanalu govori da je pomoću njega moguće izvući svijetle i tamne detalje koji bi bili izgubljeni, i koji jesu izgubljeni ako se slika spremi u 8 bita/kanalu. Po ovome RAW format podsjeća na negative u klasičnoj fotografiji, i zato se RAW često zna nazvati i digitalni negativ. Sljedeća prednost je ta što se sve operacije koje se u slučaju spremanja u JPEG događaju u samom digitalnom fotoaparatu kao što su namještanje bijeloga balansa, kolorimetrijske interpretacije, gama korekcija, smanjivanje šuma, izoštravanje i druge, mogu kasnije podešavati u računalu. Kada se slika sprema u JPEG, sve te operacije se provode u samom fotoaparatu i, kada se jednom slika u fotoaparatu spremi u JPEG, te informacije se više ne mogu podešavati, i tu stoji još jedna velika prednost RAW formata,

fleksibilnost. Kada se slika sprema u RAW format, jedine postavke na digitalnom fotoaparatu koje se kasnije ne mogu podešavati u računalu su zapravo ISO osjetljivost, vrijeme eksponiranja i otvor objektiva.

JPEG i RAW formati se mogu slikovito usporediti sa klasičnom fotografijom, JPEG format je kao gotova, obrađena, razvijena fotografija na papiru, a RAW format je kao negativ sa kojega se uvećavaju i razvijaju fotografije na papir za razvijanje. JPEG je gotova fotografija, spremna za stavljanje u album i prikazivanje, a RAW je sirovi, nerazvijeni, neobrađeni format, koji u sebi sadrži puno informacija koje se mogu na razne načine obraditi.

### 3. 4 DNG FORMAT

Adobeov DNG (eng. Digital Negative - digitalni negativ) format napravljen je sa ciljem standardizacije RAW formata, budući da svaki proizvođač ima svoj način zapisivanja RAW fotografija, pa čak i više od jednoga, gotovo da svaki novi model fotoaparata i senzora na drugačiji način zapisuje RAW podatke, zbog čega danas postoji preko 200 različitih načina zapisivanja RAW podataka. Postoje razne ekstenzije za RAW format, npr. Canonov .crw i .cr2, Nikonovi .nef i .nrw, Olympusov .orf, i mnogi drugi. To stvara razne probleme, od pitanja arhiviranja, do slabe fleksibilnosti budući da softver u kojem se žele obraditi RAW podaci mora imati informacije o fotoaparatu koji ga je izradio. Dakle, postojeći RAW format nije samodostatan, mora postojati neka dodatna informacija da bi se mogao koristiti. DNG format se pokušava nametnuti kao rješenje svih tih problema. Neki fotoaparati, poput Hasselblad H2D, Leica Digital-Modul-R, Ricoha GR Digital i Samsung Pro 815, imaju mogućnost spremanja fotografija u DNG format kao njihov izvorni format. Da bi se drugi RAW formati koristili kao DNG, potrebno ih je pretvoriti u DNG sa Adobe DNG Converterom.

### 3. 5 HDR FORMAT

HDR je kratica od High Dynamic Range što označava veliki dinamički raspon koji ovaj format može pohraniti. Slike u HDR formatu su 32 bitne, dakle imaju 32 bita po kanalu, i za razliku od 8 ili 16 bitnih formata, kod kojih svaki piksel ima neku konačnu, ograničenu

vrijednost, informacije, odnosno vrijednosti, u HDR formatu su kodirane kao *floating point* tako da se mogu zapisati beskonačne vrijednosti za svaki piksel. Dakle, HDR format nudi mogućnost zapisivanja cijelog mogućeg dinamičkog raspona, što je puno šire od raspona kojeg vidi ljudsko oko kada se jednom adaptira na razinu svjetlosti u sceni koju promatra. To je i glavni razlog zbog kojeg se za HDR fotografiju govori kako je nerealna, što zapravo i nije potpuno točno, jer se zapravo ne gledaju HDR fotografije, nego normalne, 8 bitne fotografije u koje je mapiranjem tonova sažet cijeli dinamički raspon HDR fotografije. Danas još ne postoje uređaji koji bi mogli reproducirati sav spektar HDR sadržaja. Zapravo, ne postoje ni fotoaparati koji mogu snimiti pravu HDR fotografiju pa se ona dobiva spajanjem više različito eksponiranih fotografija. Dolby trenutno radi na tzv. *Dolby high dynamic range technology*, istraživanju i razvijanju tehnologija za prikazivanje HDR sadržaja. Dolby je 2007. kupio Brightside Technologies, poduzeće koje je bilo posvećeno razvijanju ekrana koji bi mogli prikazivati visoki dinamički raspon.

HDR format, za razliku od ostalih, je linearan format, ne primjenjuje nikakvu gama korekciju, budući da on može interpretirati sve tonove. Dakle, kod HDR formata gama je 1.0. To je još jedan razlog zbog kojeg se HDR format ne može pravilno prikazati na standardnim monitorima.

Osim u digitalnoj fotografiji, HDR format se primjenjuje i u drugim područjima, kao što su računalna grafika, zatim simulacije ljudskog vida i psihofizika, satelitskoj slikovnoj dijagnostici, digitalnoj kinematografiji, i drugdje.

## 4 RAČUNALNA OBRADA RAW PODATAKA

RAW podaci dobiveni sa senzora su sirovi, neobrađeni, i kako bi se mogli prikazivati na monitorima i drugim uređajima ili pripremiti za ispis ili tisak, trebaju se prije toga obraditi. Kada se u fotoaparatu slike snimaju u JPEG formatu, ti RAW podaci se isto tako obrađuju, a to uključuje namještanje bijeloga balansa, kolorimetrijske korekcije, gama korekciju, smanjivanje šuma, antialiasing i izoštravanje. Kad se to provede, slika se sprema u JPEG format. Ako se slika sprema u RAW format, sve te operacije se ne provode u samom fotoaparatu, nego ih je kasnije moguće ručno podešavati u računalu i tu je glavna prednost RAW formata. Osim svih tih operacija obrade RAW podataka, potrebno je i smanjiti dinamički raspon koji ima RAW format na dinamički raspon koji 8 bitni format može prikazati. To se tiče i pripreme za ispis i prikazivanja na monitorima, a osobito pripreme slika za prikazivanje na webu jer većina monitora nije sposobna prikazivati raspon veći od 8 bita po kanalu, premda postoje modeli koji mogu prikazivati i raspon od 14 bita po kanalu, ali oni su, naravno, skuplji i time nedostupni širem krugu korisnika. A što se tiče ispisa, on se događa u CMY i CMYK ili sličnom prostoru boja, koji ima manji raspon od RGB prostora u kojem je slika nastala, i za standardne tehnike ispisa je 8 bitni format dovoljan.

### 4.1 SOFTVER ZA OBRADU RAW PODATAKA

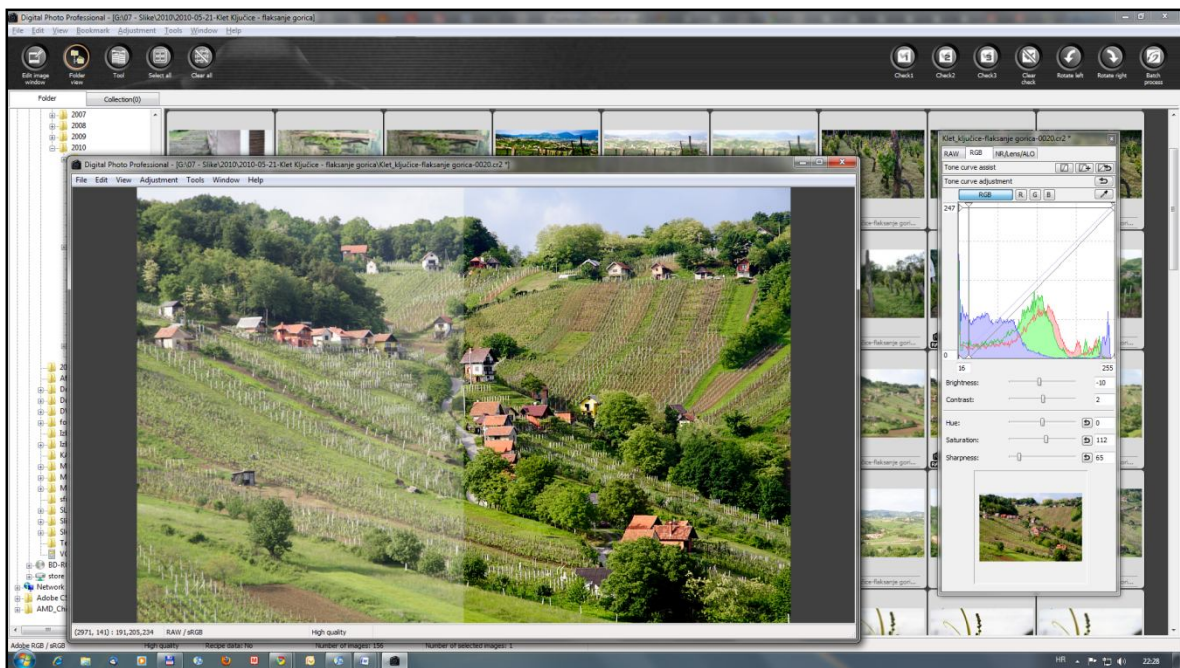
Softver za obradu RAW podataka se može podijeliti u dva dijela. Prvi je softver koji izdaje proizvođač digitalnog fotoaparata koji se koristi, a drugi je sav ostali, univerzalni softver za obradu RAW podataka, koji podržava mnoštvo različitih RAW formata od svih proizvođača digitalnih fotoaparata. Na sav ovaj različiti softver može se gledati kao na razvijaače i ostale kemikalije u klasičnoj fotografiji. Jedan film, jedna slika, može se razviti na bezbroj načina koristeći različite razvijaače, razvijajući sliku duže ili kraće vrijeme, i sl. Tako je i u digitalnoj fotografiji, samo što umjesto razvijaača postoji softver, i svaki program, premda u suštini radi istu stvar, obrađuje RAW podatke, je različit, svaki ima neku posebnost, svaki na drugačiji način radi tu istu stvar, i svaki ima prednosti i nedostatke. Većina tih programa ima iste mogućnosti, pojačavanja svjetline, korekcije boja i sl., ali većina ih te iste operacije radi na drugačiji način, koristeći drugačije algoritme pa daju i malo drugačije rezultate. I zato ne postoji neki najbolji softver za obradu RAW

podataka, nego to ovisi o samom fotografu, o rezultatima koje želi postići, o njegovim osobnim preferencijama, i sl.

U ovom radu se ne opisuje detaljno svaki postojeći softver za obradu RAW podataka budući da to nije njegova glavna tema. Samo se daje kratak pregled dostupnih programa i njihovih karakteristika.

#### 4.1.1 SOFTVER PROIZVOĐAČA DIGITALNOG FOTOAPARATA

U ovu skupinu softvera za obradu RAW podataka spada onaj softver koji proizvođač digitalnog fotoaparata izdaje u paketu s fotoaparatom. Kod Canonovih fotoaparata taj program je Digital Photo Professional, kod Nikona to je Capture NX, kod Olympusa je Olympus Master, kod Sonya Image Data Suite, itd. Na slici 10 prikazan je izgled Canonovog Digital Photo Professional programa za obradu RAW podataka.



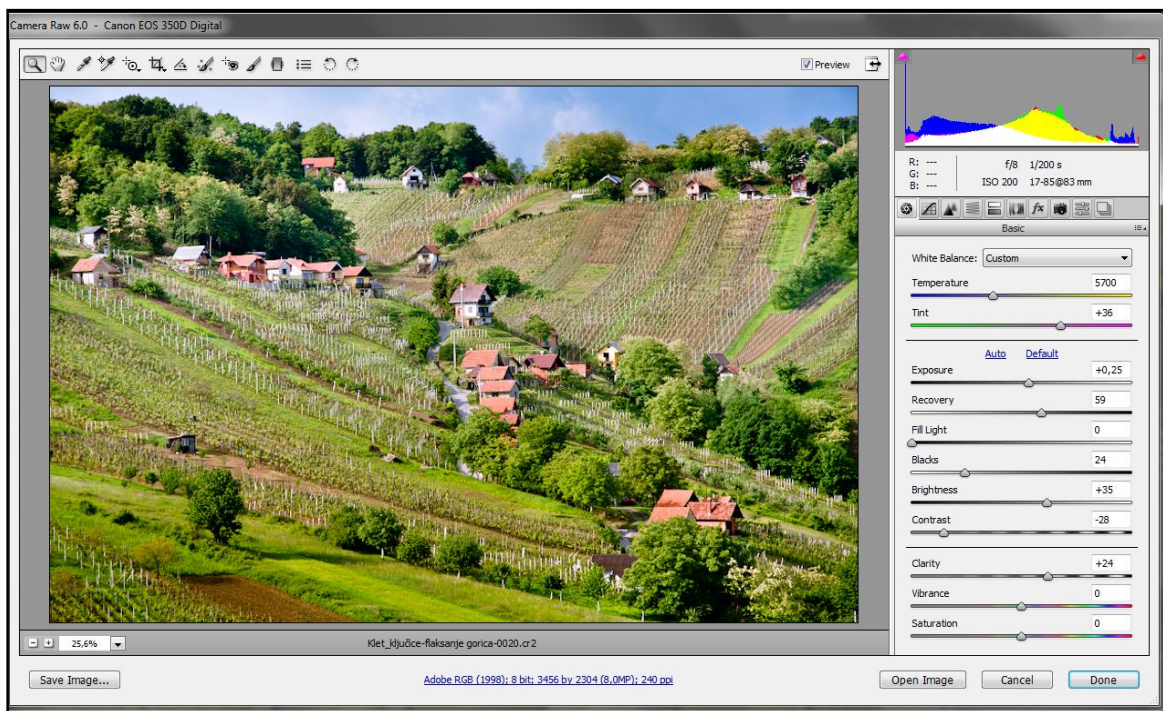
Slika 10: Canonov program za obradu RAW podataka

Glavna prednost softvera za obradu RAW podataka od samog proizvođača jest ta da iskorištava sve informacije dobivene sa senzora, budući da zna sve o RAW formatu u kojem je slika spremljena jer neki proizvođači zasad ni ne objavljuju sve karakteristike svog RAW formata, pa neke informacije i neke mogućnosti nisu dostupne drugim

proizvođačima softvera za obradu RAW podataka. Nedostatak ovih programa je taj što ne podržavaju RAW formate ostalih proizvođača digitalnih fotoaparata, a i taj što obično imaju samo osnovne opcije, koje se provode i u samom fotoaparatu kod snimanja slike u JPEG ili TIFF, i time ne iskorištavaju sve mogućnosti koje nudi RAW format.

#### 4.1.2 OSTALI RAW SOFTVER

U ostali softver za obradu RAW-a spada softver koji rade tvrtke koje ne izrađuju same fotoaparate. Taj softver je posvećen samo obradi RAW podataka, i podržava RAW formate više proizvođača fotoaparata. Neki od poznatijih programa za obradu RAW-a su Adobeov Camera Raw, Bibble Pro, Lightroom, Capture One, RawShooter, i drugi. Na slici 11 prikazan je popularan Adobeov program Camera Raw, koji dolazi sa Photoshopom.



Slika 11: Adobe Camera Raw

Samo ako se uspoređi sučelje dvaju navedenih primjera Raw programa, Adobeovog Camera Rawa i Canonovog Digital Photo Professional, vidljivo je da na Camera Rawu postoji mnogo više opcija. To je i glavna prednost takvih programa, koriste RAW podatke na inovativan način, i daju korisniku puno više mogućnosti za obradu RAW-a, od kojih treba istaknuti mogućnost selektivne obrade fotografije, odnosno obrade samo nekih



dijelova fotografije, npr. povećavanje svjetline jednog određenog dijela fotografije, baš kao što se to radi i u klasičnoj fotografiji pojačavanjem.

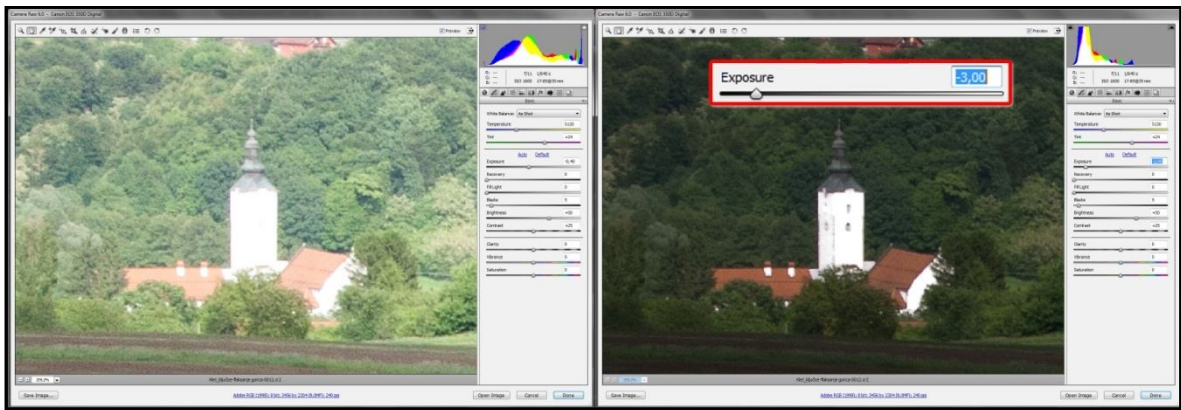
Nedostatak ovih programa je što moraju podržavati preko 200 različitih RAW formata, a ako se k tome doda da sa svakim novim modelom fotoaparata dolaze i novi RAW formati sa novim specifikacijama, vidi se kolika je potreba za standardizacijom RAW formata.

## 4.2 OSNOVNE OPERACIJE OBRADE RAW-a

U osnovne operacije obrade RAW formata spadaju one koje se obavljaju i u samom fotoaparatu kod spremanja slike u JPEG ili TIFF. To su, kao što je već poznato, namještanje bijeloga balansa, kolorimetrijske interpretacije, gama korekcija, smanjivanje šuma, antialiasing i izoštravanje. Poznato je i da se treba obaviti interpolacija ili demozaiciranje, ali to programi rade automatski, budući da to je to fiksna operacija koja se ne može mijenjati, a i da se može, rezultati ne bi bili zanimljivi.

### 4.2.1 MIJENJANJE VRIJEDNOSTI EKSPOZICIJE

RAW format je, ovisno o senzoru, 10 bitni, 12 bitni ili 14 bitni, a u budućnosti će vjerojatno biti i veći. U njega je moguće spremiti puno širi raspon od raspona koji se sprema u 8 bitni JPEG format. Dakle, u JPEG se ne spremaju sve informacije sa senzora, u JPEG se ne sprema cijeli raspon koji je senzor prepoznao. Ono što nije spremljeno u JPEG, kasnije se ne može vratiti. Ali, ako je slika spremljena u RAW format, sve informacije dobivene sa senzora mogu se iskoristiti. To je posebno korisno u slučaju da se kod snimanja napravila pogreška kod postavljanja vrijednosti ekspozicije pa je slika ispala preekspanirana ili podekspanirana. Takve pogreške je lako ispraviti ako je slika snimljena u RAW formatu. Naravno, ekstremne pogreške u mjerenju vrijednosti ekspozicije, veće od dinamičkog raspona koji je senzor sposoban prepoznati, je nemoguće ispraviti.



*Slika 12: Ispravljanje preeksponirane fotografije*

Na primjer, fotografija na slici 12 je očito preeksponirana zbog pogrešnog mjerenja svjetla koje se dogodilo zbog tamnije šume koja okružuje crkvu. Da je spremljena samo u JPEG format, to se ne bi moglo ispraviti, odnosno možda bi se nešto moglo učiniti, ali ne bez dodatnog gubitka informacija, i ne bi se mogle povratiti izgubljene informacije, kao što su na primjer prozori na tornju crkve, koji su potpuno izgubljeni u JPEG formatu. RAW fotografija, za razliku od JPEG-a, u ovom slučaju je 12 bitna, što znači da sadrži puno više informacija od JPEG-a, a između ostaloga i prozore na tornju, kao što je vidljivo na primjeru na slici 10. Na lijevoj slici je originalna fotografija, a na desnoj obrađena, na kojoj je vrijednost ekspozicije smanjena za 3 koraka.

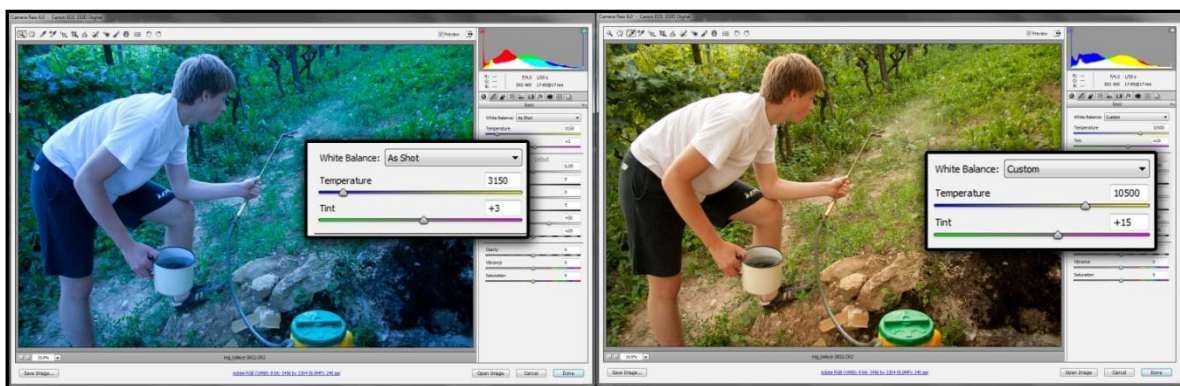
#### 4.2.2 PODEŠAVANJE BIJELOG BALANSA

Većina postojećih izvora svjetla ne emitiraju 100% bijelu svjetlost, nego imaju određenu temperaturu boje, koja se izražava u Kelvinima. Ona se najčešće kreće u granicama od 1000 K do 10000 K. 1500 K je temperatura boje svjetlosti svijeće, 3000 K temperatura obične žarulje, 5500 K temperatura boje podnevnog Sunca, i ona je najbliža bijeloj svjetlosti, 9000 K je temperatura boje plavog neba. Dakle, veća temperatura boje svjetlosti je hladnija, manja je toplija.

Ljudsko oko kompenzira sve te razlike u temperaturi boje i prilagodi se svjetlu tako da mu u svakom slučaju bijeli zid i bijeli papir izgledaju bijelo. Digitalni fotoaparati mora imati neku referentnu točku koja predstavlja bijelu boju da bi prema tome znao točno kompenzirati ostale boje jer on zapravo ne zna što je u sceni bijelo, a što je u boji. Svi

današnji fotoaparati imaju opciju automatskog namještanja bijelog balansa, koji proučava cijelu snimljenu fotografiju i izračunava najbolji balans bijeloga. U određenim slučajevima automatsko namještanje bijelog balansa zna biti u krivu, osobito ako u slici dominira određena boja, ili ako u slici ne postoji prirodna bijela boja. U digitalnim fotoaparatima postoje i opcije u kojima se bijeli balans može namjestiti prema određenim uvjetima, poluautomatski, na primjer za snimanje u oblačnim uvjetima (cloudy), pod florescentnim svjetlom (fluorescent), i sl.

Ako fotoaparat snima slike u JPEG i ako je bijeli balans krivo namješten, on se kasnije mora u računalu posebno ispravljati i to se čini uz gubitke informacija budući da se obrađuju već kompresirani podaci, dok je obradom RAW podataka moguće namjestiti bijeli balans direktno na vrijednosti dobivene sa senzora, bez gubitka informacija, i cijeli bijeli balans se može namjestiti puno kvalitetnije. Na slici 13 prikazan je namjerno krivo podešen bijeli balans kod snimanja RAW slike, i ispravljanje toga u Adobeovom Camera Raw programu.

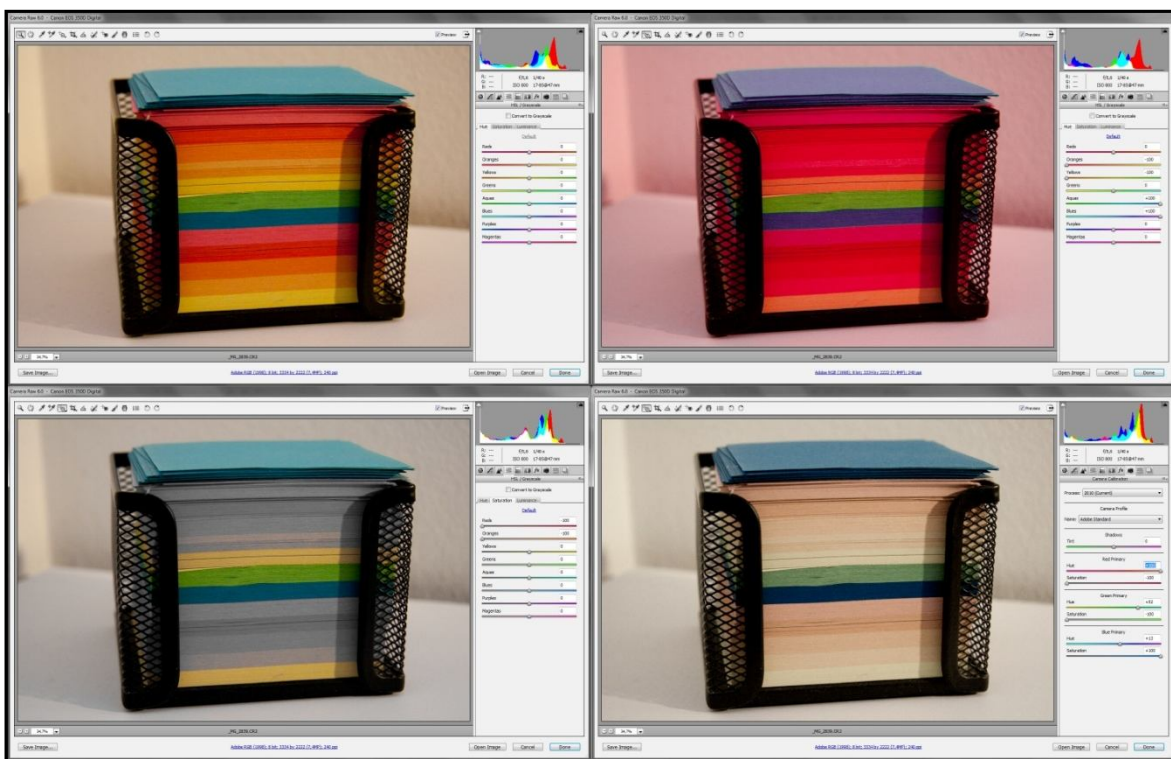


*Slika 13: Namještanje balansa bijelog u Adobe Camera Raw programu*

Ako se otvori RAW fotografija u programu za obradu RAW-a, vidi se da fotografija ima namješteni onaj bijeli balans koji je bio definiran kod snimanja. To se automatski radi zbog toga što je onaj bijeli balans koji je namješten u fotoaparatu prilikom snimanja se u RAW formatu snima kao tzv. metapodatak, i on se u programu automatski pročita te se prema tome RAW podaci namjeste na određenu vrijednost koja je namještena kod snimanja.

### 4.2.3 INTERPRETACIJA KOLORIMETRIJSKIH VRIJEDNOSTI

Svaki piksel na senzoru zapisuje luminantne vrijednosti za crvenu, zelenu, ili plavu boju. Na sensorima u digitalnim fotoaparata se za tu podjelu piksela koriste filtri za te tri boje i oni su različiti od senzora do senzora. Stoga se u obradi RAW podataka moraju točno definirati značenja za crvene, zelene i plave piksele i to se obično radi koristeći prostore boja koji nalikuju ljudskoj percepciji, kao što je na primjer CIE XYZ prostor boja. U računalnoj RAW obradi interpretacija crvenih, zelenih, i plavih vrijednosti se može iskoristiti na razne načine, kao što je prikazano primjerima na slici 14 u kojoj je prva slika originalna, dok su ostalima vrijednosti boja ekstremno izmijenjene.

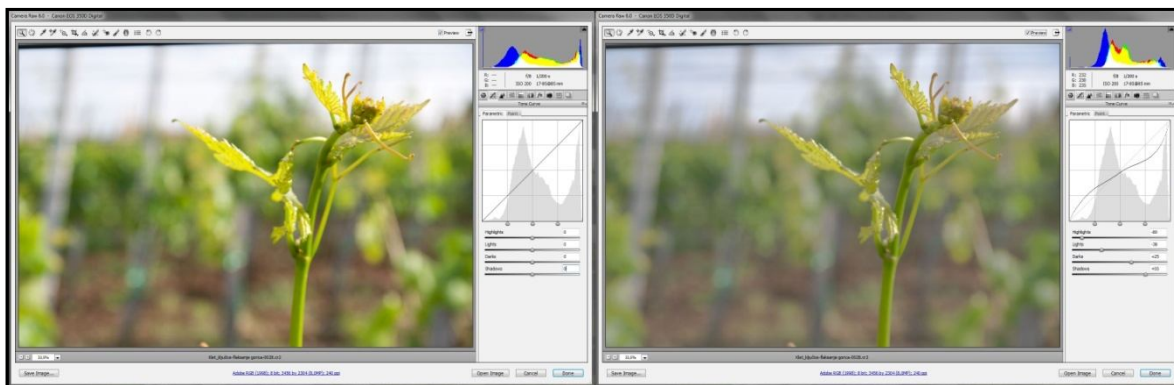


Slika 14: Podešavanje kolorimetrijskih vrijednosti

### 4.2.4 KOREKCIJA GAME I KRIVULJA TONOVA

RAW podaci dobiveni sa senzora imaju linearnu gamu, dakle gama RAW formata je 1.0. Programi za obradu RAW podataka automatski prikazuju RAW podatke s primijenjenom korekcijom game zbog samog prikaza dok se promjene koje korisnik radi na slici primjenjuju na sirove RAW podatke kojima nije primijenjena korekcija game.

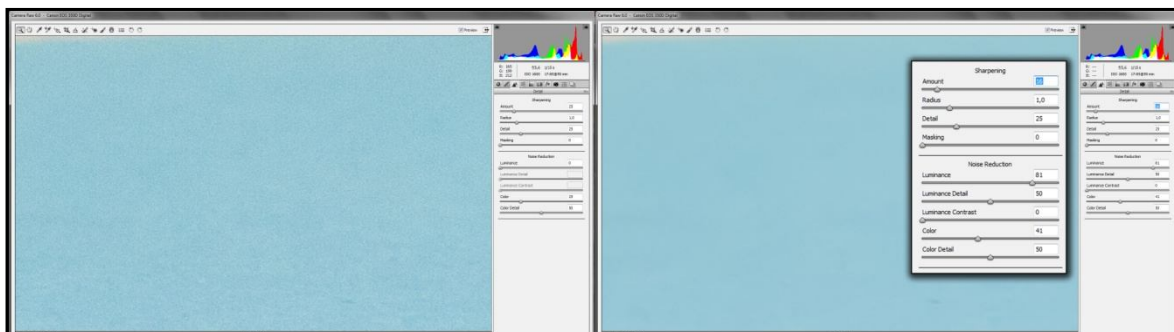
U računalnoj obradi RAW fotografija, korisnik ima veliku mogućnost kontrole odnosa između svijetlih i tamnih tonova. To se obično radi na krivulji tonova. Mijenjanjem tih odnosa ne mijenja se gama, budući da je gama konstantna vrijednost, nego se mijenjaju vrijednosti tonova na samim pikselima, odnosi između svjetlijih i tamnijih tonova. Na slici 15 prikazan je primjer promjene krivulje tonova.



*Slika 15: Mijenjanje krivulje tonova*

#### 4.2.5 ANTI-ALIASING, SMANJIVANJE ŠUMA, IZOŠTRAVANJE

Ovi procesi obrade RAW fotografija su usmjereni na jako male detalje na slici. Nakon procesa demozaiciranja, osobito kod dijelova slike na kojima su izraženi rubovi, može nastati problem u kojem ti rubovi nisu ravni, glatki. Zbog toga se RAW slici primjenjuje tzv. antialiasing, koji izgladuje rubove. Osim toga, RAW fotografiji se primjenjuje i smanjivanje šuma i izoštravanje. To se u digitalnom fotoaparatu radi automatski prema algoritmima ugrađenim u fotoaparat, ali je kod računalne obrade moguće ručno mijenjati te algoritme, kao što je prikazano na primjeru na slici 16.

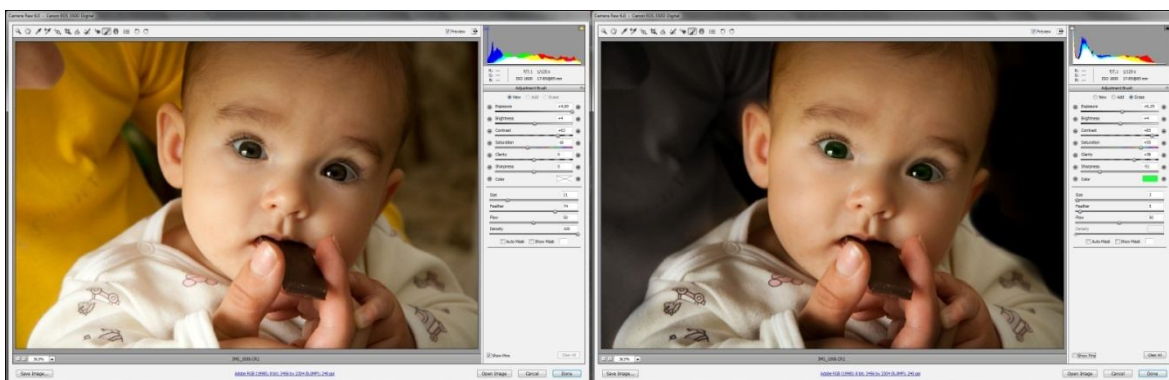


*Slika 16: Primjer smanjivanja šuma i izoštravanja*

Kombinacijom izoštravanja i smanjivanja šuma mogu se dobiti jako dobri rezultati što se tiče korekcije šuma i kvalitete slike, osobito zbog toga što se obrađuju sirovi podaci sa senzora.

#### 4.2.6 OSTALE TEHNIKE OBRADJE RAW PODATAKA

Gore navedene tehnike prisutne su u svakom programu za RAW obradu iz razloga što su nužne da bi se neka RAW fotografija mogla ispravno prikazivati. Osim ovih osnovnih tehnike, ovisno o programu, postoje i mnogi drugi alati koji se koriste kod obrade RAW podataka. Bitno je istaknuti selektivnu obradu, koja je prisutna kod npr. Adobe Camera Raw i Bibble Pro programa. Ona omogućuje obradu samo nekog dijela ili detalja fotografije pa je moguće na primjer mijenjati svjetlinu, kontrast, kolorimetrijske i druge vrijednosti samo jednog dijela slike što podsjeća na tehnike obrade kod klasične fotografije kao što je pojačavanje i oslabljivanje. Primjer selektivne obrade je prikazan na slici 17.



Slika 17: Selektivna obrada u Adobe Camera Rawu

### 4.3 SPREMANJE RAW FORMATA

Nakon obrade RAW fotografija, one se mogu spremiti u JPEG, TIFF ili bilo koji drugi format kako bi se mogle prikazivati na svim uređajima i monitorima ili ispisivati. Nedostatak toga je što se takve fotografije naknadno ne mogu obrađivati u RAW programima, ako se žele napraviti neke izmjene. Da bi se to moglo, potrebno je fotografiju spremiti u RAW format. Tu se javlja problem što ne postoji standardizirani RAW format, problem postojanja puno raznih RAW formata zbog kojeg postoji rizik ako se fotografija

sprema u jedan od tih RAW formata jer se nikad ne zna da li će baš taj format vrijediti i za 5, 10, ili više godina. Zato postoje dva načina na koja se fotografija može spremiti u RAW format. Prvi je spremiti ju u taj standardni, proizvođačev RAW format, a drugi je pretvoriti ga u Adobeov DNG format.

#### 4. 4 PREDNOSTI I NEDOSTACI RAČUNALNE RAW OBRADE

Kao prednosti računalne obrade RAW podataka mogu se navesti velika kontrola nad procesima obrade RAW podataka, koji se u fotoaparatu u slučaju snimanja u kompresirani format, JPEG ili TIFF, mogu namjestiti samo prije snimanja, dok se u računalnoj RAW obradi mogu obrađivati i odmah gledati rezultati te obrade. To računalnoj obradi RAW podataka daje velike mogućnosti, koje su i navedene u prethodnim poglavljima. Druga važna prednost računalne obrade RAW formata je ta što je RAW format 12 ili više bitni, pa može spremiti dinamički raspon i veći raspon tonova, od kojih se neki nepovratno izgube ako se u fotoaparatu sprema u 8 bitni JPEG format, a često se dogodi da se fotografija krivo eksponira pa ispadne podeksponirana ili preekspozicionirana. Te pogreške ekspozicije, a i mnoge ostale pogreške, koje mogu biti i nenamjerne, na primjer ako je dio scene koja se fotografira puno jače osvijetljen u odnosu na ostale dijelove scene pa je očito da će izaći iz normalnog raspona, u RAW formatu je vrlo lako ispraviti dok ih je u JPEG formatu nemoguće ispraviti, i tu je vidljiva velika prednost RAW formata, kao i veliki nedostatak JPEG formata kod snimanja.

Još jedna potencijalna prednost RAW formata je ta što se softver i tehnologija obrade RAW podataka neprestano poboljšava. U zadnjih 10 godina mogućnosti softvera za RAW obradu su se ekstremno unaprijedile, a i nastavljaju se unapređivati, i tko zna što će se za 10 godina moći napraviti sa RAW fotografijama snimljenima danas.

Nedostatak RAW formata je taj što zauzima veliki prostor na memorijskoj kartici, pa čak i do 20 i više MB, za razliku od JPEG-a, koji zauzima barem 5 puta manje, ovisno o kompresiji. Drugi nedostatak RAW formata i računalne obrade RAW podataka je sporost obrade, koja dolazi u obzir ako je potrebno obraditi veliki broj RAW fotografija što je zapravo jako velik posao. Zbog toga je dobro što fotoaparati imaju mogućnost snimanja i u RAW i u JPEG u isto vrijeme pa je u kasnijoj računalnoj obradi moguće odabrati samo one

ključne fotografije za RAW obradu. I, treći važan nedostatak RAW obrade je već spomenuta nestandardiziranost RAW formata, koja komplicira i uporabu softvera za RAW obradu, a i pitanje arhiviranja RAW fotografija.

Dakle, kod snimanja u JPEG format, potrebno je sve dobro namjestiti u samom fotoaparatu, dok je u kod snimanja u RAW format, sve to moguće namjestiti u računalu, osim, naravno, brzine okidanja, otvora zaslona i ISO osjetljivosti. To čini RAW format jako važnim dijelom fotografije, osobito kod profesionalnih i umjetničkih fotografa, koji fotografijama u promatraju svaki detalj, i kojima je kvaliteta iznimno bitna.



## 5 HDR FOTOGRAFIJA

Pojam HDR fotografije se može odnositi na dvije stvari, na samu HDR fotografiju kojom je prikazan širi dinamički raspon od raspona koji ima standardna fotografija, te na cijeli proces izrade HDR fotografije i na različite tehnike izrade HDR fotografija.

HDR fotografiju čini posebnom mogućnost prikazivanja velikog dinamičkog raspona na standardnim sredstvima za prikazivanje fotografija kao što su monitori i papiri. Sam naziv to govori, HDR - eng. High Dynamic Range, što predstavlja velik dinamički raspon. HDR fotografija je nova vrsta fotografije jer je u potpunosti postala moguća tek razvojem računalne tehnologije i digitalne fotografije, premda je ideja o povećanju dinamičkog raspona u fotografiji postojala od samih početaka fotografije. To što je nova, znači i da još nije dostigla svoj vrhunac, da je još uvijek u razvoju, osobito što se tiče tehnologije za prikaz HDR-a i tehnologije za snimanje HDR-a. Danas se HDR fotografije prikazuju na standardnim uređajima koji ne mogu prikazivati veliki dinamički raspon tako da se svi tonovi koje sadrži HDR fotografija suze u dinamički raspon koji se mogu prikazati na monitoru ili ispisati na papiru, jer drugačije nije moguće na monitoru prikazati dinamički raspon od npr. detalja osvijetljenog samo svjetlom svijeće do bijele zgrade osvijetljene podnevnim suncem.

### 5.1 POVIJEST HDR-a

Prvu ideju o korištenju više ekspozicija, više fotografija kako bi se dobio veći dinamički raspon imao je Hippolyte Bayard. On je predložio kombiniranje dvaju negativa kod fotografiranja pejzaža, jedan negativ za gornji dio slike, za nebo, a drugi negativ za donji dio, za krajolik. Primjeri te tehnike kombiniranja negativa postoje već iz 1850.-ih kada je fotograf Gustave Le Gray za snimanje morskih pejzaža koristio jedan negativ za nebo, a drugi, duže osvijetljeni, za more. Ta dva negativa bi na kraju spojio u jednu fotografiju, ili bi odmah koristio jedan negativ koji bi dva puta osvijetlio, gornju polovicu kraće, a donju polovicu duže. Na slici 16 prikazana je fotografija "Veliki val" Gustavea Le Graya, koja je napravljena iz dvije ekspozicije.



*Slika 18: Gustave Le Gray - "Veliki val" -  
dvije ekspozicije spojene u jednu fotografiju*

Charles Wyckoff je 1930.-ih i 1940.-ih razvio tehniku snimanja fotografija većeg dinamičkog raspona tako da se snimi više fotografija odjednom pomoću više slojeva filмова, koji su tako različito eksponirani, i koji se zatim posebnom tehnikom spajaju u jednu fotografiju velikog dinamičkog raspona. Dakle, Charles Wyckoff je prvi razvio HDR fotografiju i princip izrade HDR fotografija kakav je danas poznat. Wyckoff je poznat po fotografijama testova nuklearnih eksplozija hidrogenskih bombi na Pacifiku nakon drugog svjetskog rata, koje su završile na naslovnicama magazina Time i Life 1954., a koje su snimljene ovom tehnikom.



*Slika 19: Charles Wyckoff: fotografije nuklearnih eksplozija*

Osim navedenoga, bitno je spomenuti da se i standardnim, klasičnim tehnikama pojačavanja i oslabljivanja, kojima se selektivno bira kojim dijelovima fotografije će se pojačati ili oslabiti ekspozicija, postiže u principu upravo povećavanje dinamičkog raspona. Točnije, ne povećava se dinamički raspon, jer fotografski papir ima određeni raspon koji može prikazati i koji se ne može povećati, nego se onaj raspon koji je snimljen na negativu pojačavanjem i oslabljivanjem sužava tako da više informacija stane na papir. Na slici 20 prikazana je fotografija W. Eugene Smitha koja je obrađena tehnikama pojačavanja i oslabljivanja kako bi se dobio dinamički raspon od samog izvora svjetla u stolnoj lampi do detalja u tamnim područjima fotografije.



*Slika 20: W. Eugene Smith - Albert Schweitzer za radnim stolom*

HDR o kojem je riječ u ovom radu, koji se razvio zaslugom digitalne tehnologije, svoj početak ima u 1980-ima. 1985. je Gregory Ward napravio prvi HDR format, tzv. *Radiance RGBE image format*. 1993. Steve Mann je objavio znanstveni članak o spajanju više fotografija različitih ekspozicija, i te godine se HDR počinje eksponencijalno razvijati, sve do velikog koraka 2005. godine, kada je izašao Photoshop CS2 koji je imao mogućnost spajanja fotografija u HDR. Znanstvenici koji su najzaslužniji za razvoj HDR-a su, uz Stevea Manna i Gregory Warda, Rosalind Picard i Paul Debevec. Njihova istraživanja stoje iza svake današnje HDR fotografije. Danas je HDR jako razvijen, postoji već puno programa koji imaju mogućnost HDR obrade fotografija, a ipak je HDR i tehnologija HDR-a tek u začetku, i još ima puno mogućnosti za razvitak.

## 5.2 PRINCIP HDR-a

Glavna značajka HDR fotografije i razlog njezine popularnosti je mogućnost povećanja dinamičkog raspona u samoj fotografiji i dobivanje fotografije sa cijelim dinamičkim rasponom koji su bili prisutni i u samoj sceni. Budući da još ne postoje fotoaparati ili drugi slični uređaji koji bi mogli odjednom prepoznati i pohraniti cijeli dinamički raspon koji je ljudskom oku dostupan, jedini način na koji se to može postići današnjim digitalnim fotoaparatima je spajanjem više fotografija različitih ekspozicija u jednu fotografiju koja

sadrži cijeli dinamički raspon sa svih snimljenih fotografija. Cijeli proces izrade HDR fotografije se može svesti na dva koraka, na snimanje više fotografija različitih ekspozicija i na njihovo spajanje u jednu. Ali, da bi se takva fotografija mogla prikazati na današnjim monitorima i drugim vizualnim uređajima ili da bi se mogla otisnuti ili isprintati, potrebno je suziti sav taj dinamički raspon koje ona sadrži u mali raspon koje ti uređaji mogu prikazati. Taj, u tom slučaju treći korak, naziva se mapiranje tonova (eng. *tone mapping*).

### 5.2.1 SNIMANJE FOTOGRAFIJA

Temelj HDR-a je u spajanju više fotografija različitih ekspozicija u jednu. Kako bi se fotografije mogle kasnije u računalu spojiti, moraju im sve karakteristike biti jednake, sve osim vrijednosti ekspozicije, a vrijednost ekspozicije se namješta pomoću vremena eksponiranja, otvora objektiva i ISO osjetljivosti, ali kod snimanja serije fotografija za kasnije spajanje u HDR bolje je da im ISO osjetljivost bude također svima jednaka, a i dobro je da je otvor objektiva svima jednak, budući da on utječe na dubinsku oštrinu u fotografiji, a ona bi trebala biti svim fotografijama jednaka. Dakle, kad se snimaju fotografije za HDR, moraju sve biti jednake u svemu, osim u vremenu eksponiranja. Sve ostalo, kut snimanja, žarišna duljina objektiva, kompozicija, točka fokusa, balans bijeloga i sve drugo, mora biti jednako na svim fotografijama kako bi kasnije spajanje u HDR bilo kvalitetno.

Za HDR snimanje, odnosno za snimanje serije fotografija koje će kasnije biti spojene u HDR fotografiju, potrebno je da sve fotografije iz serije budu snimljene iz istog kuta, sa iste točke u prostoru. Zbog toga se za HDR snimanje koristi stativ, kako bi se umanjile sve promjene u položaju fotoaparata između snimaka. Stativ, međutim, nije potpuno nužan, budući da današnji HDR softver ima mogućnost automatskog poravnavanja svih fotografija iz serije.

Broj fotografija koje se snimaju ovisi isključivo o sceni koja se snima, o svjetlu koje je dostupno u toj sceni, o izvorima svjetla koji postoje u njoj, i prije svega, o dinamičkom rasponu između najsvjetlijeg i najtamnijeg tona u sceni, odnosno između najsvjetlijeg i najtamnijeg tona koji se na kraju krajeva želi prikazati u HDR fotografiji. Ovdje se dolazi do pitanja definicije HDR fotografije. Da li je to fotografija koja sadrži sve tonove koji su

bili prisutni i u sceni, ili fotografija koja ima veći dinamički raspon od *standardne* fotografije ili je to fotografija koja je nastala od dvije ili više standardnih fotografija ili nešto drugo? Zatim koja je razlika između standardne fotografije i HDR fotografije? Razlika je što HDR fotografija ima veći dinamički raspon, ali koji je to veći dinamički raspon, koji uopće dinamički raspon definira standardnu fotografiju? Ne postoji stroga definicija HDR fotografije, osim definicije da se pojam HDR odnosi na skup tehnika koje omogućuju veći dinamički raspon u fotografiji nego što je to slučaj kod standardnih fotografskih tehnika. Ne postoji strogo definirana točna vrijednost tih raspona, jer one ni nisu strogo definirane. Svaki senzor, svaki film, svaki fotografski papir ima drugačiji raspon. Možda bi se moglo definirati da je HDR fotografija ona koja ima dinamički raspon veći od raspona koje ima ljudsko oko kada se jednom prilagodi na neku scenu, ali to nije glavna tema ovog rada pa se neće dublje ulaziti u taj problem. Na slici 21 prikazana je jedna HDR fotografija.



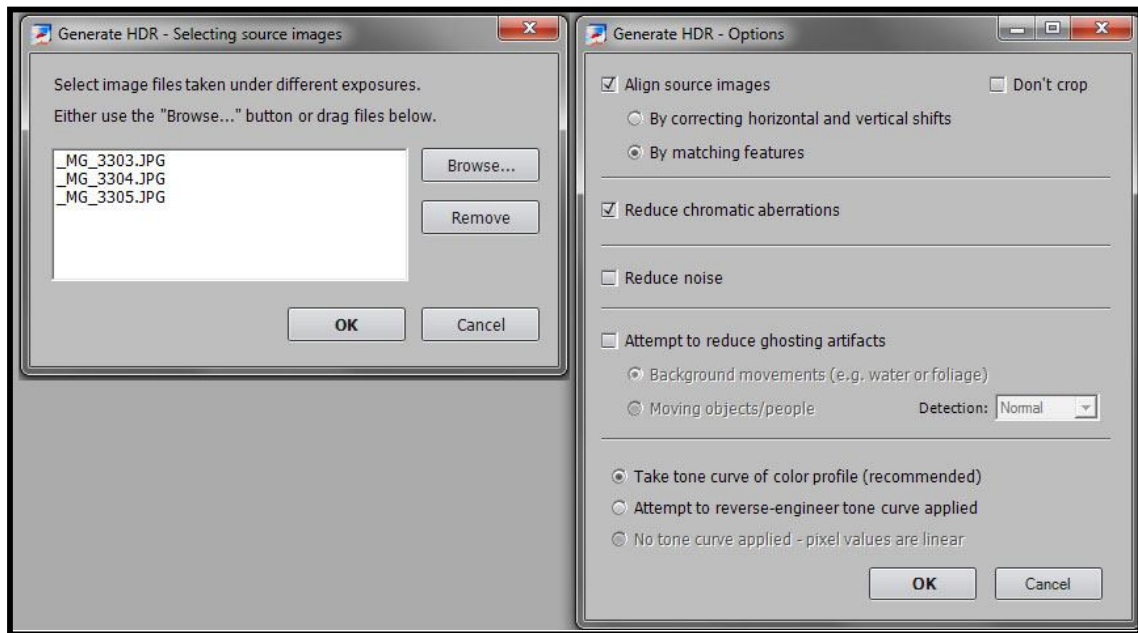
*Slika 21: Primjer HDR-a*

Svi digitalni fotoaparati imaju LCD na kojem je moguće vidjeti snimljenu fotografiju, a i vidjeti histogram, i taj LCD može puno pomoći kod HDR snimanja, osobito kod definiranja broja fotografija koje će se snimiti, jer se može točno definirati vrijednosti

ekspozicije za najtamniju fotografiju, i za onu najsvjetliju te prema tome definirati broj fotografija potrebnih da se pravilno izradi HDR fotografija. Drugi način je da se definiira normalna vrijednost ekspozicije i prema tome vrijednosti ekspozicije za ostale fotografije u seriji. Koraci, tj. razlike između pojedinih fotografija u seriji su obično 1 ili 2 EV (eng. Exposure Value - korak vrijednosti ekspozicije). Što se tiče formata snimanja, preporuča se snimanje u RAW formatu, jer, uz ostale prednosti, ima širi dinamički raspon i raspon tonova pa se može napraviti kvalitetnija HDR fotografija. HDR programi poput Photoshopa i Photomatixa podržavaju RAW formate.

### 5.2.2 SPAJANJE FOTOGRAFIJA

Proces spajanja fotografija u računalu je jednostavan budući da se sve radi automatski. Potrebno je samo odabrati fotografije različitih ekspozicija koje su snimljene s namjerom spajanja u HDR i ubaciti ih u program za spajanje u HDR. Neki programi imaju neke dodatne mogućnosti, kao što je automatsko poravnavanje fotografija u slučaju da nisu snimljene pomoću stativa, ili mogućnost smanjivanja kromatskih aberacija, koje se pojačavaju spajanjem fotografija, ili mogućnost smanjivanja šuma na fotografijama, mogućnost smanjivanja tzv. *ghost* efekata koji se javljaju ako postoje promjene u fotografijama iz serije, ako su neki objekti u pokretu, pa postoje razlike u pojedinim fotografijama. Na slici 22 prikazan je proces umetanja slika u Photomatix Pro, popularan i jako kvalitetan program za HDR obradu.



Slika 22: Umetanje slika za spajanje u programu Photomatix Pro

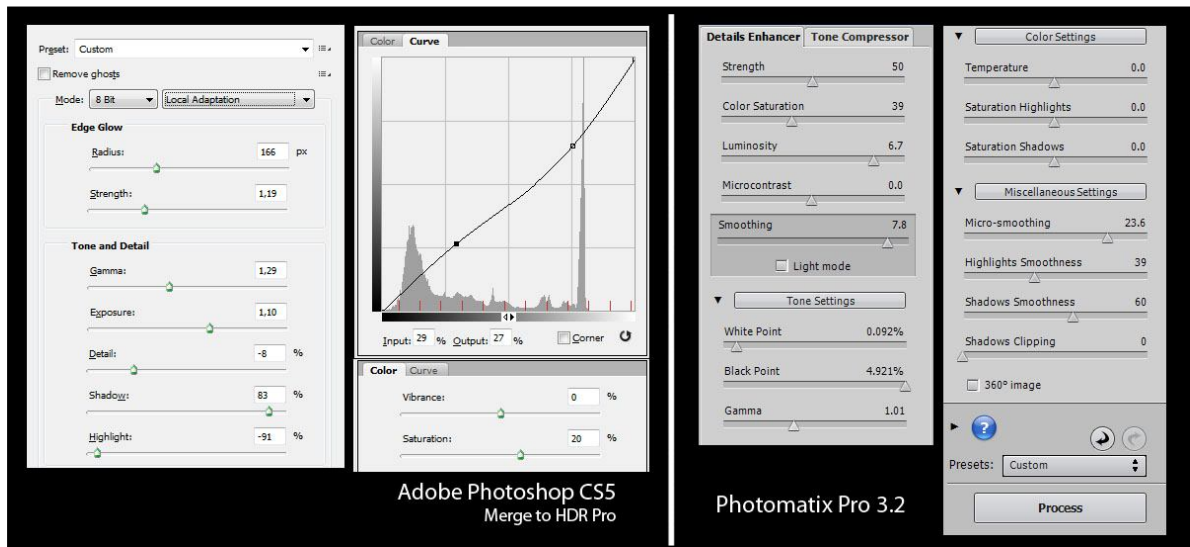
Ovaj korak je jednostavan i, ovisno o računalu, prilično brz. Kod završetka ovog koraka, dobije se gotova HDR 32 bitna fotografija. Da bi se ona mogla prikazati na današnjim monitorima, mora se obaviti i treći korak, mapiranje tonova, koji je malo kompliciraniji, i ima daleko više mogućnosti.

### 5.2.3 HDR MAPIRANJE TONOVA

HDR mapiranje tonova je proces sužavanja dinamičkog raspona HDR fotografije u standardni dinamički raspon koji je moguće prikazati na monitoru ili ispisati na papiru. Mapiranje tonova je u principu i klasično pojačavanje i oslabljivanje fotografija u klasičnoj fotografiji, kao i u digitalnoj RAW fotografiji, zato jer se tonovi koji su nevidljivi, koji su izvan raspona koji je moguće prikazati na papiru za razvijanje, ili na monitoru, sužavaju u taj raspon tako da se mogu prikazati. Zbog toga je bolje da se mapiranju tonova HDR fotografije da poseban naziv, HDR mapiranje tonova. Taj proces daje puno mogućnosti za podešavanje izgleda finalne, mapirane, fotografije jer se može detaljno podešavati kako će se sav taj dinamički raspon HDR fotografije sužiti u malu, standardnu, tzv. LDR (eng. Low Dynamic Range - mali dinamički raspon) fotografiju. Moguće je namještati kontrast, zasićenje, odabirati najsvjetliji i najtamniji ton HDR fotografije koji će biti vidljiv na mapiranoj slici i sl. Dakle, postoji cijela kontrola procesa kompresije HDR dinamičkog



raspona u standardni raspon. Na slici 23 prikazana su sučelja i mogućnosti kod mapiranja tonova dvaju najpoznatijih programa za HDR mapiranje tonova, Adobe Photoshop CS5 i Photomatrix Pro.



Slika 23: Razne mogućnosti kod HDR mapiranja tonova

Dakle, jedna HDR fotografija se procesom HDR mapiranja tonova može prikazati na standardnim uređajima, monitorima, projektorima i u tisku na bezbroj načina, i to daje HDR fotografiji jedan umjetnički aspekt koji svaki fotograf može iskoristiti kako bi prikazao svijet svojim očima, kako ga on vidi.

### 5.3 ZNAČAJKE I PRIMJENA HDR-a

HDR fotografijom se smatra cijeli postupak od snimanja serije fotografija različitih ekspozicija, spajanja tih fotografija u jednu, do mapiranja tonova te jedne HDR fotografije u fotografiju i u dinamički raspon koji se može prikazati na današnjim uređajima, premda krajnja fotografija zapravo nije HDR fotografija, nego obična, standardna LDR fotografija, u koju je sužen sav taj ogroman dinamički raspon. Upravo to sužavanje tonova HDR fotografiji daje posebnu prepoznatljivost, jedinstvenost, specifičnost, ali ono sa sobom nosi i neke probleme, poput nerealnosti prikaza, budući da je u jednoj HDR fotografiji sadržan raspon daleko veći od raspona koje ima ljudsko oko kada se navikne na određenu svjetlost, pa se samim time donekle gubi ono što je fotografiju učinilo popularnom, istinitost, realnost, mišljenje da fotografija neke scene izgleda onako kako i čovjek vidi tu scenu, što

zapravo nije točno ni u standardnoj fotografiji. Ali, sama ta nerealnost čini HDR fotografiju zanimljivom i popularnom jer daje mogućnost čovjeku da proširi svoje mogućnosti i da vidi svijet nekim drugim očima, koje imaju mogućnost raspoznati širi dinamički raspon od njega, i to je glavna značajka HDR fotografije. A s druge strane, i standardna, klasična fotografija je u tom smislu nerealna jer ona može prikazati manji dinamički raspon od onoga koje ima ljudsko oko. A HDR fotografija uvijek ima mogućnost odabira raspona koji će se prikazati na krajnjoj fotografiji, i moguće je smanjiti tu nerealnost koja ona sama po sebi daje.

Da bi se snimila HDR fotografija, potrebno je da i fotoaparat i scena budu mirni, nepomični malo dulje vrijeme, koje ovisno o sceni i fotografovom odabiru broja slika koje će okinuti u seriji, može potrajati i dulje od jedne minute. To ograničuje HDR fotografiju, i zbog toga se ona može koristiti samo kod "mrtvih" scena u kojima nema nikakvih pokreta, a to su uglavnom sve vrste fotografije koje ne uključuju ljude i životinje, dakle, mrtva priroda, pejzaži i sl. Najveću primjenu HDR fotografija ima upravo kod snimanja pejzaža.

## 6 UPOTREBA RAW FORMATA U HDR FOTOGRAFIJI

HDR fotografija u doslovnom smislu označava fotografiju jako velikog dinamičkog raspona, zapravo neograničenog dinamičkog raspona, budući da je HDR format upravo takav format, koji nema ograničenja u spremanju raspona tonova. RAW format s druge strane, kao što je i poznato, ima veći dinamički raspon od standardnog raspona koji je do sada postojao u fotografiji, ali ipak ima ograničen raspon podataka koje može pohraniti, i ne može spremiti sav dinamički raspon koji čini HDR fotografiju i HDR format, koji nema tih ograničenja. Ali ako se HDR fotografija definira kao fotografija većeg dinamičkog raspona, a ne neograničenog raspona, tada RAW format ima puno veću ulogu u izradi HDR fotografija od samo osnovne tehnike spajanja serije fotografija jer je, tada, moguće RAW fotografiju iskoristiti i spremiti kao HDR fotografiju, i tu leži velika prednost, u tome što je za RAW fotografiju potrebna jedna ekspozicija, a ne serija fotografija, te je iz jedne ekspozicije moguće dobiti veći dinamički raspon, što omogućuje HDR fotografije pokretnih motiva, ljudi i životinja, za razliku od standardne HDR fotografije koja je ograničena mogućnošću snimanja samo mrtve prirode i nepokretnih motiva. A u budućnosti, kada se tehnologija senzora još više unaprijedi, kada im se raspon još poveća, RAW će imati još veću ulogu u HDR fotografiji.

Postoje dva načina na koja se RAW format može koristiti u HDR fotografiji. Može se, dakle upotrijebiti jedna RAW fotografija i iskoristiti sav dinamički raspon koji ona sadrži, i može se, kao i u standardnoj HDR fotografiji, iskoristiti više RAW fotografija različitih ekspozicija snimljenih u seriji kako bi se dobio veliki dinamički raspon.

### 6.1 IZRADA HDR FOTOGRAFIJE IZ JEDNOG RAW-a

Kao što je već poznato, u RAW format se spremaju podaci sa senzora, neobrađeni i nekompresirani, u 10, 12 ili 14 bitnoj razlučivosti, koja je veća od standardne 8 bitne u koju se spremaju JPEG fotografije. U RAW format je dakle moguće spremiti veći dinamički raspon od standardnog, u RAW format se spremaju svi podaci dobiveni sa senzora, bez ikakvog gubitka informacija koje se događa zbog obrade i kompresije tih podataka u samom fotoaparatu ako se sprema u JPEG, i bez smanjivanja raspona koje se događa ako se sprema u JPEG, koji je 8 bitni format.

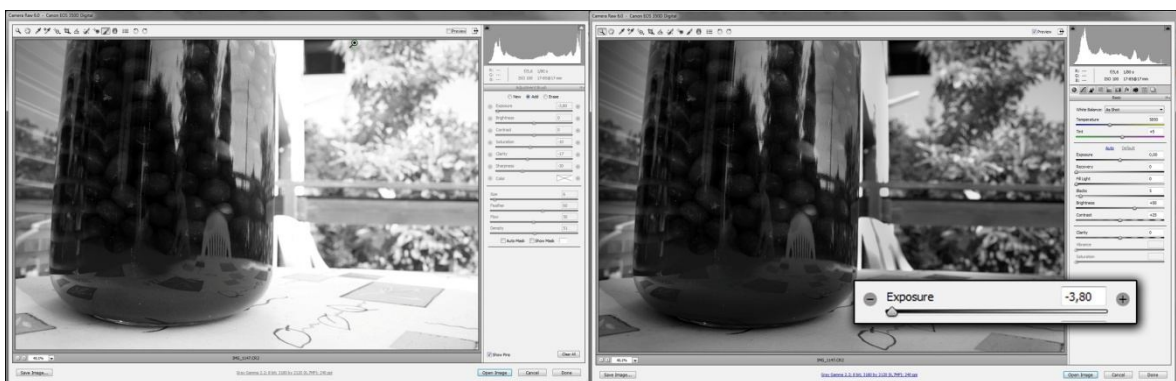
RAW format, dakle, sadrži sav dinamički raspon i raspon tonova koji je senzor prepoznao, ali problem RAW formata je taj što je on još neobrađen i što je on 10, 12, ili 14 bitne razlučivosti, i ima veći dinamički raspon od raspona koji se može točno prikazati na većini današnjih monitora i projektor, ili isprintati na papir, jer se na njima ne može prikazati toliki raspon, i došlo bi do odrezivanja tonova. Da bi se RAW fotografija mogla prikazati na monitorima, projektorima, ili da bi se mogla pripremiti za tisak, ona se mora obraditi i spremi u format koji je spreman za ispis ili koji se može prikazati na monitoru ili projektoru, a to su obično JPEG i TIFF formati. Ako se RAW fotografija direktno spremi u JPEG, bez dodatne softverske obrade, izgubi se dio tonova koji izlazi iz raspona koji podržava 8 bitni JPEG. Kako bi se na JPEG fotografiji prikazao cijeli taj dinamički raspon koji je dostupan u RAW-u, potrebno je napraviti mapiranje tonova, o kojem je bilo riječ u prethodnom poglavlju.

Mapiranje tonova se u procesu obrade jedne RAW fotografije može napraviti na 2 načina. Prvi je način pomoću tehnika pojačavanja i oslabljivanja u softveru za obradu RAW-a, a drugi je korištenjem istog principa po kojem se izrađuju i HDR fotografije, dakle spajanjem fotografija različitih ekspozicija, samo što se ovdje te fotografije naprave iz jedne RAW fotografije.

### *6.1.1 POJAČAVANJE I OSLABLJIVANJE KOD RAW-a*

Pojačavanje i oslabljivanje je tehnika koja dolazi iz klasične fotografije, kada se kod povećavanja negativa selektivno moglo neke dijelove jače ili slabije razviti. Isti je princip i u obradi RAW fotografija. One dijelove koji su preekspozicionirani ili podekspozicionirani moguće je selektivnim pojačavanjem ili oslabljivanjem popraviti. Dakle, ova tehnika se koristi ako je potrebno pojačati ili oslabiti neke dijelove fotografije. Dobiveni rezultati ne moraju izgledati kao standardni HDR jako velikog raspona, ali se ova tehnika spominje u ovom poglavlju o izradi HDR fotografije jer se njome u principu povećava dinamički raspon, a budući da ne postoji stroga definicija HDR fotografije, jako je bitno spomenuti i ovu tehniku, koja je zapravo i temelj povećanja raspona jer upravo to se i čini pojačavanjem i smanjivanjem, vade se oni izgubljeni tonovi koji su izvan raspona koji se može prikazati na monitoru ili papiru, a koji postoje zapisani u RAW fotografiji. Ova tehnika ne daje pravu HDR fotografiju, nego više pseudo HDR fotografiju, fotografiju većeg dinamičkog

raspona od standardnoga, ali ne maksimalnog dinamičkog raspona koji ima HDR. Od softvera koji imaju mogućnost selektivnog pojačavanja i oslabljivanja tu su samo rijetki, poput Adobeovog Camera Rawa i Appleovog Aperturea, dok nijedan softver od proizvođača samih digitalnih fotoaparata nema te mogućnosti. Na slici 24 prikazan je primjer selektivnog pojačavanja. Na lijevoj strani je originalna fotografija koja je djelomično dobro eksponirana, npr. na lijevoj strani fotografije, a djelomično je preeksonirana, na desnoj strani. Na desnoj strani je ta ista fotografija obrađena selektivnim pojačavanjem. Vidi se da je lijeva strana ostala ista, jednake svjetline, dok se na desnoj strani izvršila korekcija vrijednosti ekspozicije.



*Slika 24: Selektivno pojačavanje u Adobe Camera Rawu*

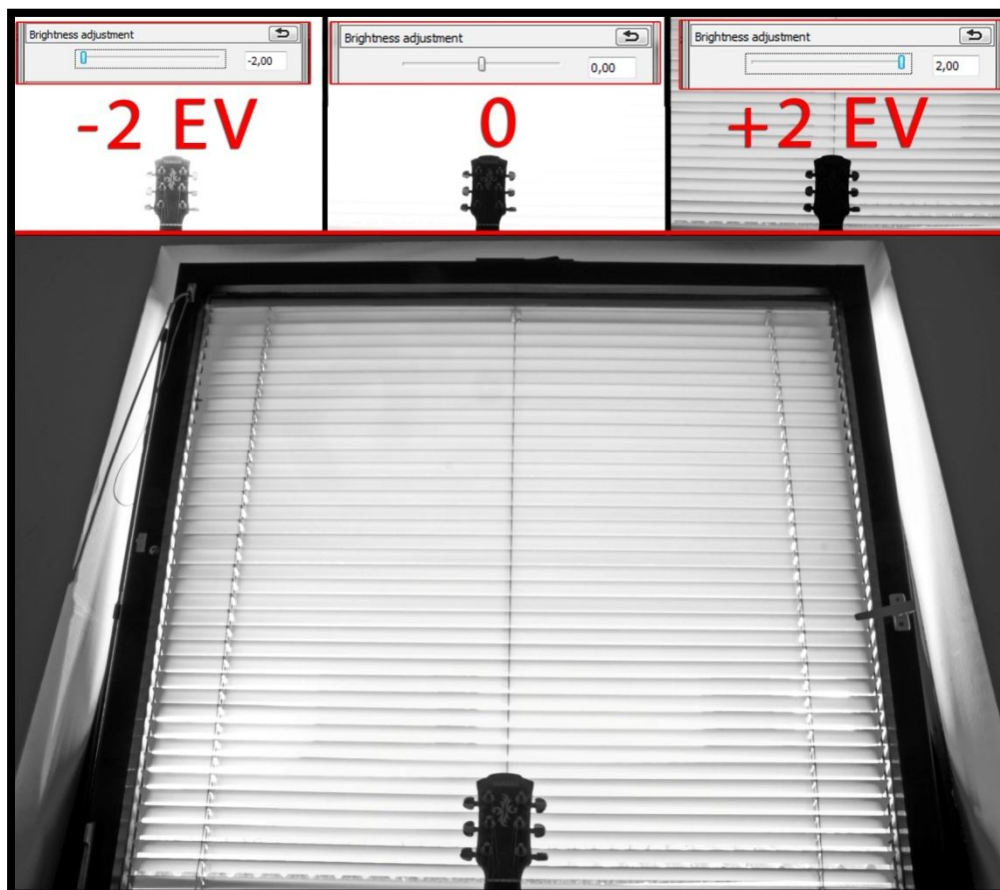
Selektivno pojačavanje ili oslabljivanje je veoma korisno u situacijama kada se treba napraviti korekcija na samo jednom dijelu fotografije. Osim pojačavanja i oslabljivanja, na jednak način se mogu obaviti i ostale operacije, poput korekcije kontrasta, svjetline i zasićenja.

### *6.1.2 IZRADA VIŠE FOTOGRAFIJA RAZLIČITIH VRIJEDNOSTI EKSPOZICIJA IZ JEDNOG RAW-a*

HDR fotografija se, kao što je poznato, izrađuje iz više različito eksponiranih fotografija, a RAW fotografija u sebi sadrži veći dinamički raspon od standardnog JPEG-a, i iz nje se može napraviti više fotografija različitih vrijednosti ekspozicija. Potrebno je samo u računalnom programu za obradu RAW fotografija podesiti vrijednost ekspozicije i napraviti, primjerice, 3 JPEG fotografije iz jedne RAW fotografije, jednu normalne vrijednosti ekspozicije, jednu podeksponiranu i jednu preeksoniranu te ih kasnije spojiti

tehnikom izrade HDR fotografije, dakle u nekom programu koji ima mogućnost spajanja fotografija u HDR fotografiju, kao što je Photomatix ili Photoshop. Na taj se način sa jednom snimljenom RAW fotografijom može dobiti fotografija većeg dinamičkog raspona. Naravno, dobivena fotografija neće biti HDR fotografija u strogom smislu, jer senzor ne može zabilježiti sav dinamički raspon. Dobivena fotografija će samo imati veći raspon od standardnih fotografija, odnosno imat će raspon koji sam senzor može zabilježiti, a to je ne čini HDR fotografijom, nego više pseudo HDR fotografijom.

Na slici 25 prikazan je primjer izrade fotografije većeg dinamičkog raspona pomoću jedne RAW fotografije. Na gornjem dijelu su prikazane fotografije različitih ekspozicija iz kojih se napravila donja fotografija većeg dinamičkog raspona. Te fotografije su napravljene iz jedne RAW fotografije tako da se u programu za obradu RAW fotografija snimljenoj fotografiji (koja se nalazi na sredini) smanjila i povećala vrijednost ekspozicije za 2 koraka, odnosno za 2 EV (eng. Exposure Value - vrijednost ekspozicije). Fotografije su nakon toga spojene u programu za izradu HDR fotografija, u ovom slučaju Photomatixu Pro. Taj proces spajanja je detaljno objašnjen u 5. poglavlju. Vidljivo je da su na konačnoj fotografiji vidljivi detalji i u sjenama i u osvijetljenim dijelovima fotografije, detalji i na glavi gitare i na roletama na prozoru, koji se inače ne bi mogli odjednom vidjeti, ili bi bili vidljivi detalji na roletama, dok bi na gitari sve bilo u sjeni, tamno, crno, ili obrnuto, kao što se i vidi na tri fotografije iz koje se izradila ta finalna fotografija.



*Slika 25: Izrada fotografije većeg dinamičkog raspona pomoću jedne RAW fotografije*

Na gornjem primjeru izradile su se tri posebne fotografije iz jedne RAW fotografije. To nije nikakvo pravilo. Može se napraviti i 5 fotografija, a mogu se napraviti i dvije. To uglavnom ovisi o samoj sceni koja je snimljena, o dinamičkom rasponu koji se pojavljuje u sceni, i o samom senzoru u fotoaparatu kojim se fotografija snimila.

Program za obradu HDR-a Photomatrix Pro ima mogućnost procesiranja jednog RAW-a i njegovog spremanja u HDR format, ili mapiranja u 8 bitni JPEG ili neki drugi format, bez potrebe za stvaranjem više fotografija različitih vrijednosti ekspozicija iz tog jednog RAW-a. Nastala fotografija naravno nije prava HDR fotografija, nego pseudo HDR fotografija, koja prikazuje sav dinamički raspon koji je senzor mogao spremati, a to naravno nije cijeli HDR raspon. Osim toga, nastala fotografija će imati puno izraženiji šum nego u slučaju da se izrađuju posebne fotografije različitih vrijednosti ekspozicija iz tog jednog RAW-a i spajaju u programu za HDR obradu.

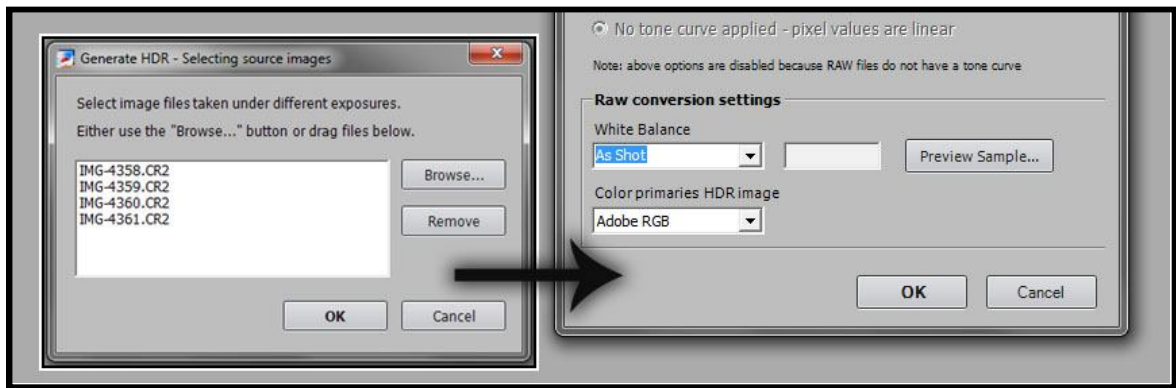
## 6.2 IZRADA HDR-a IZ VIŠE RAW FOTOGRAFIJA

Kod procesa spajanja serije fotografija različitih vrijednosti ekspozicija u neke od računalnih programa moguće je, osim JPEG ili TIFF formata fotografija, direktno ubaciti i RAW fotografije što je velika prednost budući da ne treba posebno obrađivati RAW fotografije, ali je s druge strane opet kvalitetnije ako se one posebno obrade prije nego što se ubacuju u HDR program, jer tako postoji veća kontrola nad procesom izrade HDR fotografije. Dakle, ako se želi izraditi HDR fotografija iz više RAW fotografija, postoje dva načina na koja se to može napraviti. Jedan je direktnim ubacivanjem RAW fotografija u HDR program kao što je i prikazano na slici 26, a drugi je obradom RAW fotografija prije ubacivanja u HDR program. Nakon ubacivanja serije fotografija u HDR program, proces obrade i spremanja fotografije je isti kao što je objašnjeno u četvrtom poglavlju.

### 6.2.1 DIREKTNO KORIŠTENJE RAW FOTOGRAFIJA U HDR PROGRAMU

U slučaju da se u HDR program direktno ubacuju RAW fotografije snimljene fotoaparatom, procesi koji se moraju obaviti nad svakom RAW fotografijom obavljaju se automatski u tom HDR programu, i pri tome se većinom koriste automatski parametri koje taj program ima podešene, i ti parametri se ne mogu dodatno podešavati. Dakle, neki od parametara, poput podešavanja bijelog balansa, namještanja kolorimetrijskih vrijednosti, vrijednosti ekspozicije, zasićenje, oštrina i drugih, ovisno o HDR programu, ne mogu se podešavati ako se RAW fotografije direktno ubacuju u program za spajanje fotografija u HDR. U programu Photomatix Pro postoji mogućnost osnovnog podešavanja bijelog balansa kao što je prikazano na slici 26 desno, ali općenito HDR programi nemaju mogućnost obrade RAW parametara i to je nedostatak ovakvog načina korištenja RAW fotografija u svrhu spajanja u HDR, ali opet, s druge strane, ovaj način nudi ostale prednosti koje RAW format ima nad JPEG formatom, ponajprije raspon tonova i dinamički raspon, odnosno količinu bitova po kanalu, pa je potrebno nešto manje fotografija da bi se zabilježio cijeli dinamički raspon koji postoji u snimanoj sceni.

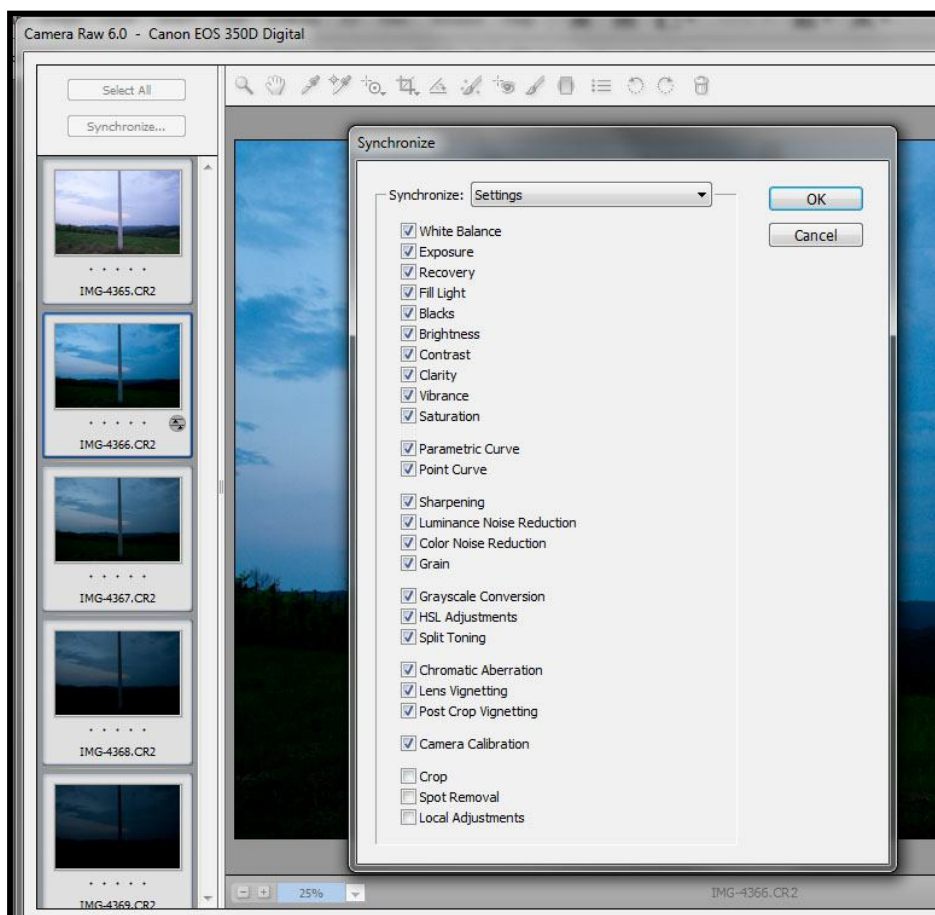




*Slika 26 - Ubacivanje RAW fotografija u HDR program*

### *6.2.2 OBRADA RAW FOTOGRAFIJA PRIJE UBACIVANJA U HDR PROGRAM*

Ali, ako se RAW fotografije posebno obrađuju prije ubacivanja u HDR program, na primjer u Photoshopu, tada se RAW format može u potpunosti iskoristiti, i na taj način se mogu dobiti kvalitetnije fotografije, ali je taj proces dugotrajan i kompliciraniji jer je potrebno svaku fotografiju obraditi na isti način jer one sve moraju biti u svemu jednake, osim u vrijednosti ekspozicije. Srećom, programi poput Adobe Camera Rawa imaju mogućnost kopiranja parametara koji su promijenjeni na jednoj fotografiji na ostale RAW fotografije, kao što je prikazano na slici 27, pa je potrebno obraditi samo jednu RAW fotografiju iz serije, a ostale samo sinkronizirati sa njom.



*Slika 27 - sinkroniziranje parametara RAW fotografija*

Nakon obrade RAW serije fotografija, one se mogu spremi u Adobeov DNG, u JPEG ili u TIFF format, kako bi se mogle ubaciti u HDR program. Budući da su RAW fotografije u ovom slučaju već obrađene, najbolje ih je spremi u TIFF format, koji je nekompresiran, koji nema gubitke informacija, a koji može biti i 16 bitni, što znači da može sadržavati sav dinamički raspon koji postoji u RAW fotografiji.

### 6.3 PREDNOST RAW-a U HDR FOTOGRAFIJI

RAW format sa svojim posebnostima ima veliku prednost nad JPEG-om u HDR fotografiji. Sam primjer RAW formata kao digitalnog negativa puno govori o toj prednosti. RAW format omogućuje veću umjetničku slobodu, više raznih mogućnosti obrade, više raznih efekata, i bolju kvalitetu samog HDR-a. Upotrebom RAW formata, izrada HDR fotografija se ne sastoji više od samog spajanja fotografija snimljenih digitalnim fotoaparatom, nadajući se dobrim rezultatima koje će dati HDR program, već se svakoj toj

fotografiji može posebno pristupiti, i tako postoji veća kontrola nad cijelim procesom izrade HDR fotografije.

Osim toga, RAW format nudi mogućnost izrade pseudo HDR fotografija, fotografija povećanog dinamičkog raspona, jer RAW format sadrži veći dinamički raspon od onoga koji je zapisan u JPEG formatu. Ta mogućnost je jako važna i ona je temelj zbog kojeg se RAW format naziva digitalnim negativom, jer omogućuje ono što se u klasičnoj fotografiji nazivalo oslabljivanje i pojačavanje, što je velika prednost nad JPEG formatom, osobito u situacijama kada je u sceni prisutan veći dinamički raspon između najsvjetlijeg i najtamnijeg dijela, koji se, ako se sprema u JPEG jednostavno odsječu, izrežu, i svi detalji u tim dijelovima izgube, što narušava završni izgled fotografije. RAW format, budući da sadrži sve tonove koje je senzor prepoznao, daje mogućnost spašavanja tih tonova.

RAW formatom je moguće kontrolirati cijeli proces izrade fotografije, od same ideje, inspiracije i vizije sve do ispisa fotografije jer se ne prepušta sve digitalnom fotoaparatu, nego se kontrolira cijeli taj proces koji čini digitalnu fotografiju, od namještanja balansa bijelog do podešavanja krivulje tonova. Za sve to treba puno više vremena i rada, ali je zbog toga i krajnja vrijednost fotografije potencijalno puno veća.

## 7 ZAKLJUČAK

Razvoj digitalne tehnologije donio je fotografiji mnogo novih mogućnosti i značajki, od brzine i jednostavnosti pa do raznih načina obrade fotografije na inače nemoguće načine i do veće kontrole nad cijelim procesom fotografiranja. Dvije velike karakteristike i mogućnosti digitalne fotografije zasigurno su RAW format i HDR fotografija od kojih su obje tek na početku svog razvoja, baš kao i cijela digitalna fotografija koja se tek počela masovno razvijati prije desetak godina i još je daleko od postizanja svog maksimuma, osobito što se tiče HDR fotografije koja se danas još zapravo ni ne može odjednom snimiti nikakvim uređajem, niti postoji ikakav uređaj, monitor, projektor, ili papir na kojem bi se ona mogla pravilno prikazati. Sve što postoji je mogućnost njenog stvaranja i pohranjivanja u računalu, i samo ta mogućnost je ono što čini današnju HDR fotografiju jedinstvenom i posebnom jer kad nešto postoji zapisano u računalu, s time se može učiniti praktički sve što se poželi, i isto tako se HDR fotografija zapisana u računalu može prenijeti u format i u dinamički raspon koji je vidljiv na današnjim monitorima i papirima, i to se može učiniti s velikom kontrolom nad tim procesom koja omogućuje korištenje mnoštva različitih opcija i efekata, a ipak je taj proces u počecima svog razvoja. HDR fotografija je rezultat onoga za čime se težilo od početaka fotografije, ali je tek sada, razvojem digitalne fotografije postalo moguće, a to je zapisivanje šireg dinamičkog raspona ili čak i cijelog dinamičkog raspona prisutnog u prirodi.

Mogućnost RAW formata i njegova važnost za digitalnu fotografiju je velika, i s razlogom ga se naziva digitalnim negativom, jer daje digitalnoj fotografiji mogućnost obrade fotografija koja je normalna i opravdana, kao što je bila i ona obrada kod klasične fotografije, kao što je bilo pojačavanje i oslabljivanje, korištenje raznih filtara i sl. Dakle, RAW format čini digitalnu obradu opravdanom, jer ne cilja na postizanje nerealnih digitalnih photoshop efekata, nego je njegova značajka kontrola cijelog procesa stvaranja digitalnih fotografija, od trenutka kad svjetlost dopre do senzora, pa do trenutka kada se ta svjetlost sprema u JPEG ili TIFF format, otiskuje na papir ili objavljuje na internetu. RAW format je danas zbog sporosti obrade i zbog velikog prostora koji zauzima na kartici više zapostavljen nego što bi trebao biti jer sporost obrade i prostor su male cijene za sve ono što se dobiva korištenjem RAW formata. A upravo ga ta obrada čini sličnim s klasičnom

fotografijom kod koje se trebalo potruditi za svaku fotografiju, danima je razvijati i detaljno proučavati kako bi se dobili maksimalni rezultati iz svake fotografije. Digitalna fotografija nije potpuno uništila taj princip i RAW format to potvrđuje jer digitalno ne znači da se sve automatizira, da se fotografija sama stvara, da je dovoljno samo pritisnuti okidač, nego je digitalno samo drugačiji način stvaranja i kreiranja fotografija, a stvaranje je jednako kontroliranju cijelog procesa izrade fotografije, a to je upravo ono što RAW format nudi. Taj princip fotografije koji uključuje kreativnost, požrtvovnost, brigu, trud za svaku fotografiju, nikada ni neće prestati jer razvoj digitalne fotografije i tehnologije neće učiniti fotografiju automatiziranom. Sve što će učiniti jest to da će ponuditi nove mogućnosti i ideje, da će ubrzati i olakšati obradu, da će poboljšati kvalitetu, ali računalo i digitalna tehnologija nikad neće moći stvoriti fotografiju bolju od one koju taj fotograf vidi kad pogleda kroz tražilo. Fotoaparat, računalo, tehnologija, sve to je samo oruđe, alat u ruci fotografa umjetnika.

## 8 LITERATURA

1. Vincent Bockaert, "The 123 of digital imaging Interactive Learning Suite", verzija 4.0, interaktivna e-knjiga, 2007.
2. Bruce Frasier, "Understanding Digital Raw Capture", dostupno na [www.adobe.com/es/digitalimag/pdfs/understanding\\_digitalrawcapture.pdf](http://www.adobe.com/es/digitalimag/pdfs/understanding_digitalrawcapture.pdf), datum pristupa: 8.2010.
3. Adobe, "Digital Negative (DNG)", dostupno na <http://www.adobe.com/products/dng/>, datum pristupa: 8.2010.
4. Barry Pearson, "Products that support DNG", dostupno na [www.barrypearson.co.uk/articles/dng/products.htm](http://www.barrypearson.co.uk/articles/dng/products.htm), datum pristupa: 7.2010.
5. Nasim Mansurov, "DNG vs RAW", dostupno na <http://mansurovs.com/dng-vs-raw>, datum pristupa: 7.2010.
6. Adam Coupe, "Benefits of Shooting in RAW", dostupno na [http://www.adamcoupe.com/whitepapers/photography\\_technique\\_benefits\\_of\\_shooting\\_in\\_raw.htm](http://www.adamcoupe.com/whitepapers/photography_technique_benefits_of_shooting_in_raw.htm), datum pristupa: 7.2010
7. Sean McHugh, "RAW file format", dostupno na: <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/RAW-file-format.htm>, datum pristupa: 7.2010
8. Nikolas Coukouma, "Digital High-Dynamic Range Photography", dostupno na <http://www.atrus.org/presentations/hdr/>, datum pristupa: 7.2010.
9. HDRsoft, "Resources on High Dynamic Range photography", dostupno na: <http://www.hdrsoft.com/resources/index.html>, datum pristupa: 8.2010.
10. Wikipedia, "High Dynamic Range Imaging", dostupno na: [http://en.wikipedia.org/wiki/High\\_dynamic\\_range\\_imaging](http://en.wikipedia.org/wiki/High_dynamic_range_imaging), datum pristupa: 7.2010