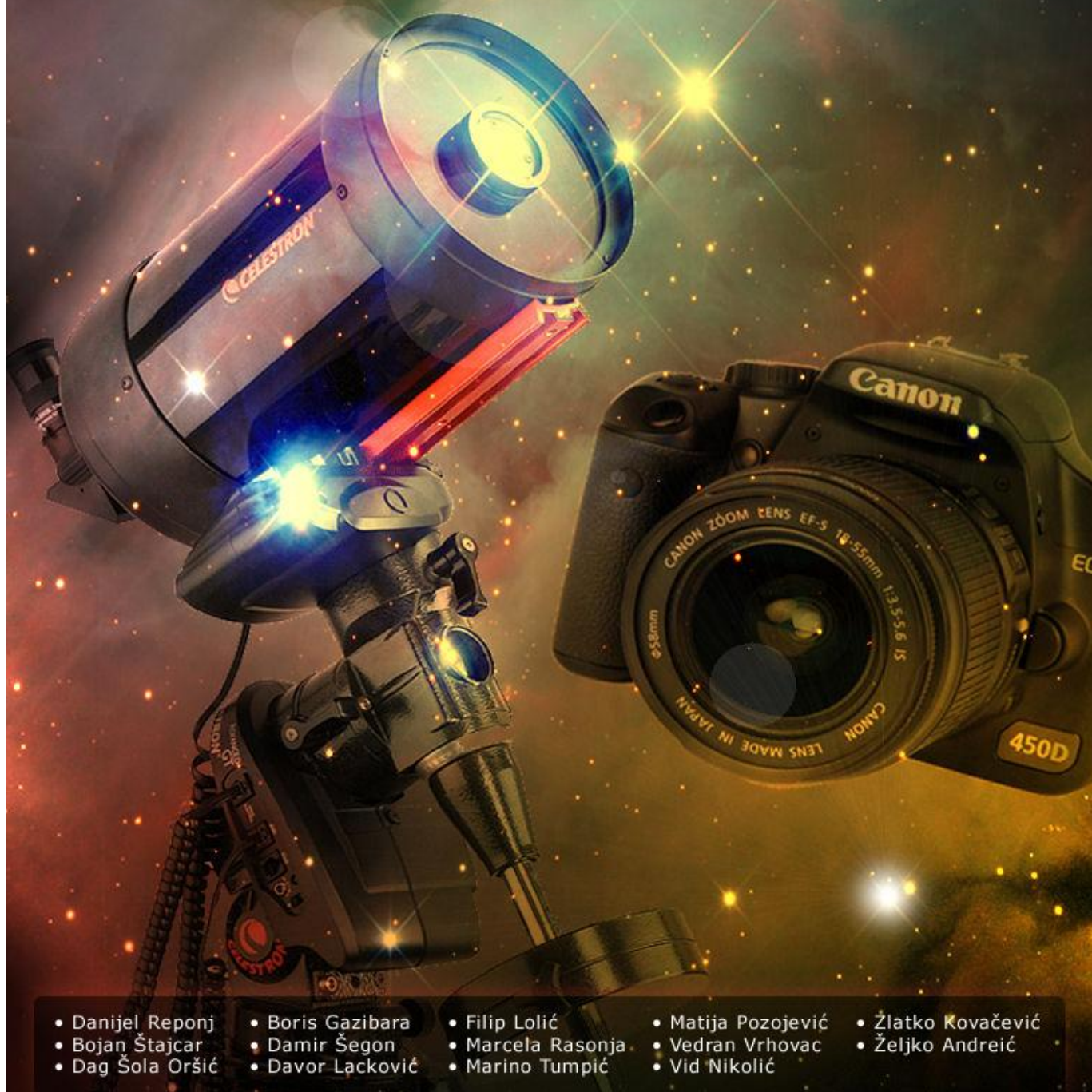


# Vodič kroz digitalnu astrofotografiju



- Danijel Reponj
- Bojan Štajcar
- Dag Šola Oršić

- Boris Gazibara
- Damir Šegon
- Davor Lacković

- Filip Lolić
- Marcela Rasonja
- Marino Tumpić

- Matija Pozojević
- Vedran Vrhovac
- Vid Nikolić

- Žlatko Kovačević
- Željko Andreić



## SADRŽAJ

5. PREDGOVOR
6. **1. UVOD U ASTROFOTOGRAFIJU**
3. Što je astrofotografija?
6. Povijesni razvoj (astro)fotografije
7. Osnovni tehnički pojmovi digitalne astrofotografije
7. - svjetlo
7. - boja
7. - balans bijele boje
7. - piksel
8. - senzor
8. - dubine boja
9. - vrste datoteka
10. - metapodaci
11. - šum i stackiranje
12. - fokusiranje
12. - f-broj
13. - brzina zatvarača
13. - ekspozicija
13. - osjetljivost fotosenzora
14. - fotoaparati
14. - kamere
15. **2. SNIMANJE ASTROFOTOGRAFIJA**
15. Astrofotografski komplet
15. Što fotografirati?
16. Metode snimanja
16. - direktna metoda
16. - afokalna metoda
16. - okularna projekcija
16. - piggyback metoda
17. Skala ili kamera-konstanta
18. Rektificiranje teleskopa
19. Drift metoda rektificiranja
22. Kako snimiti prvu astrofotografiju?
22. Napredno snimanje kroz teleskop
23. - termini koji se upotrebljavaju
23. - planiranje snimanja
24. - snimanje
24. - postavljanje
25. - rektifikacija



- 25. - fokusiranje
- 25. - snimanje Flat light frameova
- 27. - centriranje objekta u vidno polje aparata
- 28. - centriranje zvijezde za vođenje (vizualno ili web kamerom)
- 28. - test slika
- 29. - snimanje Light frameova
- 29. - snimanje Dark frameova

### 30. **3. OBRADA ASTROFOTOGRAFIJA**

#### 30. Obrada u IRISU

- 30. - IRIS Setup
- 31. - kreiranje Master Flat framea
- 31. - konvertirajte RAW Flat Light frameove u PIC (CFA)
- 31. - konvertirajte RAW Flat Dark frameove u PIC (CFA)
- 31. - kreirajte Flat Master Dark frame
- 31. - identificiraj hot pixele
- 32. - kalibrirajte Flat Lights i Flat Master Dark frameove
- 32. - kreiranje Master Flat framea
- 32. - kreiranje Master Dark framea
- 33. - identificiraj hot pixele
- 33. - kalibracija Lights frameova
- 33. - konverzija CFA u RGB frameove
- 33. - registracija
- 34. - crop
- 34. - normalizacija pozadine
- 35. - stackiranje
- 36. - remove Gradient
- 36. - balans bijele boje
- 37. - razvlačenje
- 38. - dotjerivanje u Photoshopu
- 39. - arhiviranje

#### 40. Obrada astrofotografije u Photoshopu

### 56. **4. PRAKTIČNE VJEŽBE OBRADJE ASTROFOTOGRAFIJE**

### 70. **5. UPOTREBA WEB KAMERE U ASTRONOMIJI**

- 70. - što je web kamera?
- 71. - može li se standardnom web kamerom snimati nebo?
- 72. - montaža web kamere na teleskop
- 73. - snimanje kroz teleskop
- 74. - montaža i snimanje kroz fotografske objektivne
- 77. - obrada i dotjerivanje slike

### 87. **6. IZRADA INSTRUMENATA**

#### 88. Astrograf s vijkom

- 88. - kako to radi
- 92. - materijal i alat - što nam sve treba
- 94. - izrada
- 99. - snimanje



- 101. - [dodatna oprema](#)
- 102. - [slike snimljene astrografom s vijkom](#)
- 104. [AllSky kamera](#)
- 113. **[7. HRVATSKA METEORSKA MREŽA](#)**
- 130. **[8. O AUTORIMA...](#)**
- 133. **[9. KORISNI LINKOVI](#)**
- 135. **[10. PRAVNE NAPOMENE](#)**
- 135. - [licenca](#)
- 135. - [definicije](#)
- 136. - [ograničenja autorskog prava](#)
- 136. - [licencna dopuštenja](#)
- 136. - [ograničenja](#)
- 138. - [jamstva](#)
- 138. - [ograničenje odgovornosti](#)
- 138. - [prestanak važenja](#)





## PREDGOVOR

Dragi kolege,

s obzirom da ovo čitate, znači da vas zanima astronomija i želite se baviti astrofotografijom, pa vas onda mogu zvati kolegama. Ideja o izradi ovakvoga vodiča kroz digitalnu astrofotografiju, potekla je s [AstroForuma](#), foruma za astronome, koji se nalazi u sklopu astronomskog internetskog web portala [Zvezdarnica](#). Kako su danas digitalna fotografska oprema, informatička također te razni astronomski instrumenti dovoljno pristupačni, postepeno su potisnuli klasičnu fotografiju pa je rijetkost da se još netko amaterski njome bavi. Tehnologija je toliko otišla naprijed da se danas digitalnim fotoaparatom i kamerama, iz vlastitog dvorišta mogu snimati astrofotografije o kakvima su velike profesionalne zvezdarnice prije dvadesetak godina mogle samo sanjati. O smanjivanju troškova izrade takvih fotografija kao i procesu njihova nastajanja, da i ne govorimo. Danas gotovo svaka kuća ima računalo, a sve je više onih koji posjeduju digitalni fotoaparat ili kameru. Cijene tih uređaja padaju, a mogućnosti rastu. Stoga ne treba čuditi da je analogna fotografija izgubila bitku s digitalnom. Naročito se to osjeti u astronomskom radu. Imali smo staklene foto ploče, zatim celuloidne filmove, a danas imamo bitove koji se pomoću vrlo osjetljivih foto senzora prikupljaju i zapisuju na memorijske medije za njihovu pohranu svih oblika i vrsta.

Fotografske laboratorije zamijenila su moćna računala na našim stolovima ili prijenosna računala koja nosimo sa sobom na promatranja i koja upravljaju suvremenim teleskopima na terenu. Nema više kemikalija, tamnih komora, razvijanja filmova... Mladi naraštaji astronoma danas koriste tehnologije svoga vremena, tehnologije 21. stoljeća. Rezultati koje dobivaju ne mogu se opipati, naravno, ovo je uvjetno rečeno jer danas se (astro)fotografije rijetko pretvaraju u opipljiv oblik, onaj papirni. Ne, nije to nikakav problem, uvijek ih možemo ispisati na pisaču ili odnijeti u kakav suvremeni foto laboratorij da nam ih izrade u obliku klasične fotografije. Danas se takav oblik fotografije (digitalni) jednostavno šalje elektroničkim sustavima komunikacija i prijenosa informacija, znači elektroničkom poštom, bežičnim mrežama ili ih se jednostavno postavlja na web stranice kako bi im se mogli diviti svi koje to zanima. I sve to u trenutku vremena koji se ne može uspoređivati s prošlosti. Kako ih je danas jednostavno poslati, tako ih je jednostavno i napraviti. Naravno, ako znate postupak.

E, tu je uskočio [tim astronoma s AstroForuma](#) i izradio ovaj vodič, prvi na hrvatskom jeziku, kako bi vam olakšao da uplovite u ove astrofotografske vode 21. stoljeća. Ovdje ćete pronaći sve što vam je potrebno da savladate tehnike digitalne astrofotografije, objašnjeno najjednostavnijim rječnikom. Želite li nam postaviti pitanja ili diskutirati o ovim temama, ne ustručavajte se, dođite na [AstroForum](#) i pridružite nam se, biti ćete uvijek dobrodošli!

**Ovaj Vodič kroz digitalnu astrofotografiju svoju punu snagu pokazat će na računalu spojenom na Internet jer sve potrebne astrofotografije u punoj veličini i kvaliteti možete dohvatiti direktno s weba, kao i sve poveznice na referentne web stranice. Iskoristite to!**

A sada, idemo u avanturu otkrivanja tajni suvremene digitalne astrofotografije...

Danijel Reponj



# 1. UVOD U ASTROFOTOGRAFIJU

Sigurno ste se puno puta divili svim onim prekrasnim fotografijama svemirskih objekata i tijela, a ako ste koji puta pogledali kroz teleskop, zamijetili ste da se oni ne vide tako, poput onih na fotografijama. Nema onih krasnih boja i nijansi. To je tako zato što ljudsko oko u uvjetima kada nema puno svjetla, a to je u mraku, ne razaznaje dobro boje i detalje. Pa kako su onda te fotografije nastale, otkuda te boje i ti detalji? Odgovore krije jedna posebna tehnika, i snimanja i obrade tih fotografija, a poznata je pod imenom - astrofotografija. Nekada su se astrofotografije drugačije snimale, obično na staklene ploče ili film. Danas im je mjesto u muzeju astronomske povijesti jer im je posao preuzela digitalna tehnika. Dio te tehnike imate na svojem radnom stolu u obliku računala, digitalnih fotoaparata, a niti teleskopi više nisu posve siromašni digitalnim sustavima praćenja i upravljanja. Opremljeni su modernim kamerama i senzorima, koriste satelite da bi odredili potrebne parametre za navigaciju i određivanje položaja u prostoru, točnije, lokaciju gdje se nalaze, na kojoj nadmorskoj visini i slično. Koriste GPS sustav, a u sprezi s prijenosnim računalima, teleskopi se pretvaraju u prave male astronomske "zvijeri" za snimanje i promatranje.

Danas postoje astronomi koji se isključivo bave astrofotografijama, snimaju sve što možete zamisliti, od planeta do udaljenih galaksija, plinskih maglica, zvjezdanih skupova, ma svega što se može - snimiti. Bez uporabe suvremenih sustava kojima su njihovi teleskopi opremljeni to danas ne bi bilo moguće. No, nije sve tako crno (čitaj skupo). I vi možete snimati astrofotografije, a kako, pročitajte u tekstu koji slijedi. Ne morate imati vrhunsku opremu da biste to uspjeli, samo morate biti uporni, ni najdetaljnije upute ne mogu zamijeniti bogato iskustvo i smisao za neke detalje koje čovjek mora tek razviti. I zato, budite uporni i uspjeh neće izostati. Ako se pri tome zabavite i nešto novo naučite, naš trud pri izradi ovoga Vodiča kroz digitalnu astrofotografiju nije bio uzaludan.

## Što je astrofotografija?

Isto kao i klasična fotografija, tako i astrofotografija predstavlja prikaz trenutka vremena i prostora. Upravo to, "zamrznuti" djelić protoka vremena u prostoru. Kojim god metodama ju napravili, zajedničko joj je to da se na njoj nalaze zabilježeni objekti i pojave koje se događaju u svemiru. Dakle, njome se bave astronomi, ona spada u astronomiju pa joj odatle i ime, astronomska fotografija ili astrofotografija. Najčešće je dokumentarističkog tipa mada može biti i dijelom umjetnosti, no mi ćemo se baviti onim prvim oblikom - dokumentiranjem.

## Povijesni razvoj (astro)fotografije

Navest ćemo nekoliko osnovnih informacija vezanih uz postanak i razvoj fotografije, odnosno astrofotografije.

- 1727. Njemački liječnik Shultze provodio pokuse sa srebrnim nitratom koji na svjetlosti potamni te je njime uspješno kopirao crteže, vijek trajanja tih zapisa bio je kratak
- 1822. Francuz Niepce uz pomoć srebrnog klorida izrađuje prve upotrebljive fotografije
- 1839. Francuz Daguerre započeo razvijanje fotografija na jodiranim srebrnim ploham



- **1840. Prva astrofotografija**, John William Draper fotografirao Mjesec. Njegov sin, Henry Draper je 1880. prvi fotografirao M42 i tako napravio prvu deep sky astrofotografiju
  - 1841. Englez Talbot započeo razvijanje fotografija na papir
  - Slovenac Puhar započeo razvijanje fotografija na staklu
  - 1851. Englez Archer usavršio i razvio proces razvijanja filma (fotografije) kakav danas poznajemo (osvjetljavanje negativa, razvijanje u tamnoj komori...)
  - 1900. vrijeme osvjetljavanja negativa u dnevnim uvjetima smanjeno s 10 sekundi na 1/1000 sekundi
  - 20. st. razvijanje i usavršavanje metoda i postupaka dobivanja fotografije i medija razvijanje i usavršavanje uređaja i opreme (mekanika i optika)
- Prva astrofotografija
- 1919. E.E. Barnard objavio prvi katalog tamnih maglica koji je napravio pomoću astrofotografija
  - 1970. SONY predstavio prvi elektronički element (ccd chip) – DIGITALNA FOTOGRAFIJA

### Osnovni tehnički pojmovi digitalne astrofotografije

Ovdje ćemo nabrojati i ukratko objasniti osnovne pojmove vezane uz digitalnu fotografiju.

#### - svjetlo

Da bismo mogli snimiti bilo kakvu fotografiju potrebno nam je svjetlo, odnosno ljudskom oku vidljivi ili nevidljivi spektar elektromagnetskog zračenja. Bez svjetla, nema ni fotografije, kako sama riječ "fotografija" kaže, foto - svjetlo, grafija - pisanje, bilježenje. Pojam dolazi iz grčkog jezika.

#### - boja

Boja je ono što fotografiji daje živost i bogatstvo. Bijela se svjetlost sastoji od tri osnovne boje - crvene, zelene i plave. Zbrajanjem tih boja u različitim omjerima možemo dobiti većinu ostalih boja u većini nijansi i svjetlina. Na taj način nastaju boje u digitalnoj fotografiji i na zaslonima monitora. Zovemo ih kromatskim bojama.

Akromatske boje su crna, siva i bijela koje se protežu u skali od crne preko sive do bijele.

Tri obilježja definiraju svaku od boja, a to su: **ton boje** (eng. *Hue*), **zasićenost ili saturacija** (eng. *Saturation*) i **svjetlina ili luminancija** (eng. *Luminance*).

Digitalni fotoaparati nude izbor takozvanih "prostora boja" i to između sRGB i Adobe RGB. **sRGB** je sustav usklađen s prostorom boja računalnog monitora dok je **Adobe RGB** kreiran za usklađivanje boja potrebnih za ispis na pisačima s CMYK tintama. Spektar boja mu je širi od sRGB.

#### - balans bijele boje

Komercijalne kamere tvornički su podešene na takozvani automatski balans bijele boje. U astrofotografiji je poradi dobivanja vjernih boja na fotografiji potrebno balans bijele boje ručno podesiti na "day-light" opciju.

#### - piksel

Piksel dolazi od engleskog pojma "*Picture element*" i osnovni je element svake digitalne slike. Svaki piksel je zapravo skup brojeva kojima opisujemo njegovu boju i intenzitet. Preciznost kojom



piksel može opisati ili odrediti boju zovemo **dubinom boje** (eng. *Color depth*). Što se u slici nalazi više piksela, slika ima više detalja. Kako je piksel samo logička jedinica informacije, za ispis je praktički beskoristan ako mu ne odredimo i njegovu veličinu. Zato koristimo termine **piksel po inču** (eng. *Pixels per inch, PPI*) ili **točkica po inču** (eng. *Dots per inch, DPI*).

PPI označava koliko piksela neka slika sadrži po inču u horizontalnom i vertikalnom smjeru.

DPI je kompleksniji jer jedan piksel se može sastojati od više točkica. Korištenje više točkica za stvaranje jednog piksela naziva se **zamućivanje** (eng. *Dithering*). Kako bi slike imale jednaki stupanj detalja, zahtijevaju više DPI nego PPI. Razlučivost slike se tako mjeri u megapikselima, a što je u stvari jedinica od milijun piksela. Dakle, što je više megapiksela, to će slika biti detaljnija. Mnogi kompaktni i **DSLR** (eng. *Digital Single Lens Reflex*) digitalni fotoaparati imaju omjer širine i visine slike 3:2 (eng. *aspect ratio*), koji se koristio kod klasičnih 35 milimetarskih fotoaparata, a pojedini modeli od Olympus-a i Panasonic-a koriste i takozvani 4/3 standard.

#### - senzor

Fotosenzor je silicijski čip koji u sebi sadrži milijune fotoosjetljivih dioda koje zovemo fotoćelije. Kada ga izložimo svjetlosti, u trenutku snimanja, fotosenzor registrira samo jačinu osvjetljenja (eng. *Brightness, intensity*) koju je primila svaka fotoćelija koja je po svojoj funkciji monokromatski element. Dakle ne očitava boje. Da bi se mogla zabilježiti i boja, iznad senzora se nalazi struktura sastavljena od **mreže filtara u boji** (eng. *CFA-Color Filter Array*). CFA izdvaja crvenu, zelenu i plavu komponentu svjetla koja pada na svaku fotoćeliju posebno. Današnji digitalni fotoaparati koriste uglavnom tri tipa senzora, **CCD** (eng. *Charge Coupled Device*), **CMOS** (eng. *Complementary Metal Oxide Semiconductor*) i **MOS** (eng. *Metal Oxide Semiconductor*), dok Nikon koristi četvrti tip **JFET LBCATS** (eng. *Junction Field Effect Transistor Lateral Buried Charge Acumulator & Sensor Transistor array*) senzor. Još jedan tip senzora, razvijen od strane kompanije Foveon. Taj senzor nudi najveću osjetljivost i rezoluciju, ali je i najskuplji. Korišten je u profesionalnim kamerama kompanije Sigma. Nema smisla opisivati svaki senzor posebno pa ćemo samo spomenuti da se proizvode u različitim veličinama. Što je senzor veći, sadrži više piksela, a što je više piksela veća je i rezolucija.

#### - dubine boja

Recimo da radimo sa 8 bitnim ADC (analogno - digitalnim konverterom). Između crne i bijele boje tada je definirano 254 nijansi.

Isto tako je definirano 254 nijansi između  
crne (0) i potpuno crvene (255),  
crne (0) i potpuno zelene (255) i  
crne (0) i potpuno plave (255) boje.

Tako dobijemo po 8 bita za svaki kanal primarnih boja.

3 boje puta po 8 bita jednako je 24 bita, a time (nijansama) možemo kreirati  $256 \times 256 \times 256 = 16777216$  boja. Upravo to je broj boja koje otprilike razaznaje ljudsko oko. Dakle, 24 bitnu paletu boja zovemo i **istinska boja** (eng. *True Color*).





Još malo korisne igre s brojevima. Ako znamo podatak o dimenziji slike u pikselima i dubini boja, onda lijepo možemo izračunati veličinu slike u bajtovima.

Na primjer, imamo sliku dimenzija 1024 x 768 piksela, a iz toga proizlazi da ima ukupno 786432 piksela. Ako je dubina boja 24 bitna, tada svaki kanal ima 8 bita odnosno 1 bajt informacije.

Znači svaka boja (ima ih tri, crvena, zelena i plava - RGB) zauzima po jedan bajt, što znači da svaki piksel zauzima tri bajta. Sjećate se, svaki se piksel sastoji od najmanje 3 točkice (RGB).

Slijedom toga, dolazimo do podatka o veličini slike u bajtovima. 786432 piksela x po 3 bajta iznosi 2359296 bajtova ili otprilike 2 megabajta.

### - vrste datoteka

U digitalnoj fotografiji koristimo tri vrste zapisa, **JPEG** (eng. *Joint Photographic Expert Group*), **TIFF** (eng. *Tagged Image File Format*) i **RAW** (nije skraćenica nego engleska riječ koja se odnosi na sirov, neobrađen zapis).

**JPEG** format je format s gubitkom informacija i osmišljen je za spremanje fotografija na način da zauzmu što manje mjesta, a da još uvijek izgleda dobro. JPEG zapis može biti manji od TIFF zapisa za red veličine 10 do 20 puta, ovisno o stupnju kompresije. Veća kompresija, manja vjernost odnosno veći gubitak originalne informacije. Zbog toga nije pogodan za korištenje u procesu obrade astrofotografija. No, obično se dovršena, obrađena astrofotografija, sprema i u JPEG format radi prezentiranja na web stranicama zbog svoje značajno manje veličine u kilobajtima. JPEG je u stvari ekvivalent programu za komprimiranje podataka poput WinZip-a. Pokušate li JPEG datoteku komprimirati u WinZip, nećete baš uspjeti, datoteka će ostati jednako velika ili tek neznatno manja za onoliko koliko se mogu komprimirati samo metapodaci koje sadrži. Možemo reći da je JPEG "zipana" slika. Razlika je međutim u tome što se sa "zipanjem" informacija može dobiti natrag u punom iznosu, a s "jpg-iranjem" ne, ona je zauvijek izgubljena.

**TIFF** format je standard. Datoteke ovog formata značajno su veće od onih u JPEG formatu. Osim 8 bitne dubine boja, TIFF može imati i 16 bitnu boju po kanalu, a također je moguće u jednoj datoteci spremiti višeslojne slike. Mnogi digitalni fotoaparati imaju mogućnost snimanja fotografija u TIFF formatu.

**RAW** format sadrži originalne informacije sa senzora. Dakle u njemu nemamo nikakvih gubitaka informacija i tako dobivena fotografija je idealna za obradu računalima. U RAW se ne upisuju podaci o postavkama fotoaparata nego samo u njegovo zaglavlje dok je sami zapis netaknut. Zbog toga je takav zapis najpoželjniji jer se korisniku ostavlja mogućnost da on sam intervenira u bilo koji njegov dio bez gubitka ostalih podataka u zapisu. Ima li vaš fotoaparat mogućnost snimanja u RAW formatu, obavezno astrofotografije snimajte baš u njemu! Nakon obrade RAW fotografije, možete ju tada spremiti u nekom drugom formatu. Treba napomenuti da svaki proizvođač digitalnih fotoaparata ima svoj RAW format za koji se treba koristiti specifični RAW konvertor. Njega dobijete priloženog na CD ili DVD mediju uz fotoaparat prilikom kupovine.



### - metapodaci

Svaka snimljena fotografija u svojem zaglavlju sadrži i metapodatke. Oni se naravno ne vide na slici ali se mogu očitati pomoću programa za obradu fotografija, na primjer u Photoshopu. **Metapodaci** (eng. *metadata*) obično se nalaze u dva oblika, **EXIF** (eng. *Exchangeable Image File Format*) i **IPTC** (eng. *International Press Telecommunications Council*) i u sebi sadrže mnoštvo korisnih podataka o postavkama s kojima je fotografija snimljena (datum i vrijeme snimanja, ekspozicija, otvor blende, bijeli balans, f-broj, ISO...).

### - šum i stackiranje

Neželjeni nasumični signal koji uzrokuje senzor u digitalnim fotoaparatima nazivamo šum. On se miješa s korisnim signalom smanjujuću mu kvalitetu i kao takav je neželjena pojava. Senzor generira dodatne elektrone koji se onda dodaju signalu fotodiode. Jedan od uzroka šuma je i dark current "**mračna struja**" koja proizvodi termički šum. To je parazitna struja koja se generira u senzoru uslijed temperature i nadodana na korisni signal očituje se kao šum.

Šum i **mračna struja** (eng. *dark current noise*) nisu ista stvar. Možemo reći da se Dark current (koji ovisi o temperaturi) sastoji od dvije komponente:

- DC (to je mračna struja). Ova komponenta se može smanjiti smanjenjem temperature kao i oduzimanjem takozvanih dark frameova. Pritom se naravno uklanjaju samo "vrući" pixeli. "Mrtvi" pixeli se moraju tretirati drukčije, obično stack-programi to rade automatski.

- varijacije mračne struje u vremenu i od piksela do piksela. Ova komponenta se može smanjiti samo stackiranjem koje efektivno "usrednjuje" vrijednosti šuma, dok korisni signal ostaje netaknut.

**Stackiranje** je slaganje više slika istog objekta jedna na drugu. Matematički, to je uzimanje srednje vrijednosti svakog piksela (prosjeak preko svih frame-ova) ili median (zbroy kvadrata pa korijen iz tog zbroja). Rezultat toga je da se šum potiskuje (jer šum varira od piksela do piksela i od trenutka do trenutka, dakle od frame-a do frame-a), a slika objekta ne (jer je intenzitet objekta uvijek isti). Možemo to vidjeti na slijedećem primjeru snimaka kometa Boattini kojega je snimio Bojan Štajcar iz Melbournea, Australija, početkom 2008. godine:

**ZVJEZDARNICA**  
nešto važno događa se u svemiru



Slika je jedan light frame



Slika je stack od 10-tak light frameova



Ovdje je taj isti stack ali s povećanim kontrastom i krivuljama (tako da je šum otprilike isti kao na pojedinačnom frame-u). Razlika je drastična.

Senzor na svojem rubu ima takozvane kontrolne piksele koji su zaštićeni od ulaza svjetla pa registriraju samo iznos mračne struje u vrijeme ekspozicije. Na taj se način kasnije ta vrijednost oduzima od ukupno izmjerenog signala. No kako on ipak vremenom varira ne uspijeva se reducirati sav šum nego samo jedan dio.

Isto tako nisu svi pikseli jednako osjetljivi na svjetlo. Neki su značajno manje osjetljivi, zovemo ih **mrtvim pikselima** (*eng. dead pixel*) a neki značajno više osjetljivi, njih zovemo vrućim pikselima (*eng. hot pixel*). Što je ekspozicija duža to je šum vrućih piksela izraženiji. Mnogi fotoaparati imaju redukciju takvog šuma pa nakon što se snimi fotografija, oni automatski snimaju još jednu s istim postavkama ali pri tome zatvore otvor objektiva. Takva se slika zatim analizira, otkrivaju se vrući pikseli i programski reducira šum. To sve elektronika u fotoaparatu radi sama, automatski. Kasnije ćemo vidjeti da se bolji rezultati postižu nekim drugim metodama.

### - fokusiranje

U astrofotografiji snimamo objekte koji se nalaze jako daleko te je potrebno aparat fokusirati na "beskonačno". Aparati renomiranih proizvođača (Canon, Nikon...) ponekad automatski fokusiraju na "beskonačno" u lošim svjetlosnim uvjetima (kada ne mogu odrediti točan fokus). Ipak, preporučuje se ručnim putem podesiti fokus na beskonačno, da bi osigurali oštru sliku.

### - f-broj

f-broj određuje koliko svjetla objektiv propusta na senzor. Taj parametar možemo podešavati na većini objektiva. Što je f-broj manji, objektiv prikuplja više svjetla i ekspozicija može biti kraća. I obratno, imamo li veći f-broj, kroz objektiv prolazi manje svjetla i ekspozicija mora biti dulja. f-broj podešavamo zaslonom (blendom). Zaslom je mehanizam sastavljen od tankih listića smještenih





unutar objektiva. Otvor tog zaslona se izražava f-brojem kao **omjerom žarišne duljine objektiva i promjera otvora**. Fotografi f-broj ponekada nazivaju i blendama. f-broj se piše kao razlomak, na primjer  $f/2$ ,  $f/32$ ... iz primjera je vidljivo da  $f/2$  ima veći promjer otvora od  $f/32$ , ili se kaže da  $f/2$  ima veći otvor blende, a  $f/32$  ima mali otvor blende. Isto tako kažemo da je  $f/2.8$  svjetlosno jači od onog koji ima  $f/4.5$ .

### - brzina zatvarača

Brzinom zatvarača biramo duljinu ekspozicije, odnosno koliko će dugo fotosenzor biti izložen svjetlu. Brzinu zatvarača označavamo brojevima koji predstavljaju dijelove sekunde. Riječ je standardnom nizu brojeva koji se primjenjuje još iz doba analognih fotoaparata:

B, 1,  $1/2$ ,  $1/4$ ,  $1/8$ ,  $1/15$ ,  $1/30$ ,  $1/60$ ,  $1/125$ ,  $1/250$ ,  $1/500$ ,  $1/1000$ ,  $1/2000$ ,  $1/4000$ ,  $1/8000$

Tako na primjer  $1/125$  označava jednu stodvadesetpetinku sekunde odnosno  $1/125$  sekundi. Oznaka **B** označava **BULB**, a to opet znači da zatvarač možemo držati otvorenim neograničeno vrijeme, a to je jedna od najčešće korištenih opcija u astrofotografiji, tako da je poželjno da fotoaparat koji koristite za snimanje noćnoga neba ima i tu opciju.

### - ekspozicija

Ekspozicija je vrijeme osvjetljavanja fotosenzibilne površine. Kombinacijom brzine zatvarača i otvora zaslona (blende) određujemo ukupnu količinu svjetla koja će pasti na fotosenzor. Izražava se u jedinici **EV** (eng. *Exposure Value*). Promjena jedne vrijednosti na skali f-brojeva ili skali brzine zatvarača odgovara promjeni vrijednosti 1 EV. Znači da zadajemo ekspoziciju, a fotoaparat automatski bira otvor blende ovisno o uvjetima svjetla koje je izmjerio. Drugim jezikom - automatika s prioritetom ekspozicije. Isto tako **AV** (eng. *Aperture Value*) znači isto to samo obratno. Biramo blendu, a fotoaparat računa ekspoziciju. Zove se i automatika s prioritetom blende.

### - osjetljivost fotosenzora

Filmovi su imali različitu osjetljivost, a ona se označavala DIN i ASA standardima. Što je film imao manju vrijednost osjetljivosti, zrna emulzije koja su tvorila fotoosjetljivi sloj imala su manju zrnatost i obratno, što je film bio osjetljiviji, imao je veće zrno pa se to moglo itekako primijetiti na slici. Digitalni fotoaparati ne koriste niti DIN niti ASA standarde već se njihova osjetljivost fotosenzora označava kao **ISO vrijednost**. ISO je ekvivalent ASA vrijednosti za osjetljivost filma. Normalna vrijednost je ISO 100 iako neki imaju i manji ISO broj. Osjetljivost fotosenzora može se povećati u nekoliko koraka, ISO 200, 400, 800, 1600, 3200, a u nekima čak i do ISO 6400. Kako povećavamo ISO vrijednost, povećava se i količina šuma, što je usporedivo sa osjetljivošću i zrnatošću filmova. Dakle, tu možemo raditi komparaciju i vidjeti da se osjetljivosti fotosenzora i filma ponašaju prilično jednako: osjetljiviji film-veće zrno, veći ISO broj-više šuma. Manje osjetljivi film-sitnije zrno, manji ISO broj-manje šuma. Isto kao i kod filmova, smanjimo li osjetljivost, (ISO) ekspozicija će biti dulja kako bismo uhvatili istu količinu svjetla. Za isto vrijedi i obrnuta situacija, veliki ISO, kraća ekspozicija. No, kako se ovdje radi o astrofotografiji, svjetla nikada dosta pa će dugačke ekspozicije biti nešto sasvim normalno. Osim kada se radi o snimanju Sunca, tada će i uz korištenje specijalnih zaštitnih filtera, ekspozicije biti vrlo kratke zbog blještavog sjaja naše zvijezde. Nešto normalnija je situacija sa snimanjima Mjeseca.



### **- fotoaparati**

Kakvi su fotoaparati pogodni za snimanje astrofotografija? U biti, svi fotoaparati mogu snimati po noći, ali kakvi će biti rezultati, to je druga priča. Nabavljate li fotoaparat i možete li birati, tada svakako odaberite DSLR. U astronomu je vrlo popularna Canon EOS linija fotoaparata jer za uloženi novac daje najpovoljniji omjer cijena/mogućnosti. Osim toga, mogu se i modificirati na način da se standardni filter ispred senzora zamijeni drugačijim da bi se pojačala propusnost crvenih tonova boje. DSLR fotoaparati imaju još jednu, vrlo značajnu mogućnost - može im se skinuti objektiv i umjesto njega staviti T-ring pomoću kojega se fotoaparat jednostavno pričvrsti i postavi u fokus teleskopa. Što to znači i kakve mogućnosti otvara ne moramo posebno spominjati.

### **- kamere**

Osim fotoaparata, u astrofotografiji koristimo i modificirane web kamere i specijalizirane astrokamere. Pomoću adaptera povezuju se s teleskopom i zatim priključuju na prijenosno računalo. Video signal koji kamera šalje računalu, pomoću specijaliziranih programa snima se na tvrdi disk i zatim se naknadno obrađuje. To su video zapisi, a zbog prirode snimanja teleskop ne mora biti savršeno rektificiran (usjeveren) jer se ne snimaju fotografije već video iz kojega se kasnije izdvajaju pojedinačne kvalitetne slike (frameovi) i zatim dalje obrađuju. Kamere se mogu također koristiti i kao sustav za praćenje kada kamera i računalo u sprezi, prate kretanje željenog objekta na nebu i korigiraju praćenje, dok se istovremeno fotoaparatom vrši snimanje.



## 2.

## SNIMANJE ASTROFOTOGRAFIJA

**Astrofotografski komplet**

Što sve ubrajamo u osnovni astrofotografski komplet?

- digitalni fotoaparatus s mogućnošću namještanja ručnih postavki, znači s opcijom isključivanja automatskog načina rada
- stativ za fotoaparatus
- zvezdana karta

Neobavezna dopuna osnovnom astrofotografskom kompletu (astronomski instrumenti), nije nužno potrebna ali nekada može olakšati potragu i pronalaženje željenog objekta:

- dalekozor (dobro dođe za traženje i identifikaciju objekata)
- montaža s motornim praćenjem
- teleskop s tražilom "red dot" (tražilo bez povećanja koje prividno projicira crvenu točku na nebo), ili klasičnim optičkim
- računalo (laptop)
- web ili astrokamera
- razna oprema (okulari, adapteri, filtri, korektori...)

**Što fotografirati?**

Donosimo popis nebeskih objekata koje uz malo truda i dobre volje možemo "uhvatiti" u složenu igru nula i jedinica digitalne fotografije.

- zvezdane tragove
- zviježda
- zvijezde
- galaksije
- maglice
- planete
- Mjesec
- Sunce
- satelite
- komete
- meteore
- asteroide
- okultacije
- polarno svjetlo
- tranzite planeta
- zodijsko svjetlo



- svjetlosno zagađenje
- pomrčine Sunca i Mjeseca
- zanimljivosti na nebu i u atmosferi

### Metode snimanja

Postoje razne metode snimanja koje ovise o opremi koju posjedujemo i onome što želimo snimiti. Nabrojat ćemo ih:

- **direktna metoda** snimanja u primarnom fokusu (*eng. prime focus*) je kada se fotoaparat nalazi postavljen u fokusu teleskopa. Aparat je bez objektiv i teleskop bez okulara, pa teleskop služi kao veliki teleobjektiv. Da bismo ih povezali koristimo adapter, takozvani T-ring koji je za svaki brand fotoaparata različit, ali nije skup.

- **afokalna metoda** je način snimanja kada fotoaparat na sebi ima objektiv i njime snimamo kroz teleskop koji u fokuseru ima okular. Da bismo ih povezali također trebamo adapter koji drži fotoaparat blizu okularu, paralelno s optičkom osi teleskopa. Možemo zamisliti da kod ove metode snimanja fotoaparat igra ulogu našeg oka: ono što vidimo okom kroz okular, to vidi i fotoaparat (odmah je očito da teleskop mora biti fokusiran na "beskonačno").

- **okularna projekcija** je metoda u kojoj fotoaparat nema objektiv dok se u fokuseru teleskopa nalazi okular. Znači, projiciramo sliku iz okulara direktno na fotosenzor fotoaparata. Za takav način snimanja potreban je također adapter za povezivanje aparata i teleskopa. Ova tehnika snimanja daje kvalitetnije rezultate od afokalne jer ima manje optičkih elemenata u sustavu (nema leća objektiv fotoaparata).

- **piggyback metoda** je način snimanja kada imamo fotoaparat s objektivom ili teleobjektivom, pričvršćen paralelno na sami teleskop. Znači fotoaparatom snimamo, a praćenje i promatranje vršimo teleskopom, neovisno o fotoaparatu. I za takvo pričvršćivanje također trebamo odgovarajući adapter.

Što snimati kojom metodom? Direktna metoda snimanja najmanje rasipa svjetlo pa njome možemo uspješno snimati maglice, galaksije, zvjezdane skupove i slično, a ponekada Mjesec i Sunce (recimo za vrijeme pomrčina). Afokalna metoda kao i metoda okularne projekcije, zbog veće efektivne žarišne duljine koristi se za snimanje planeta, detalja Mjesečeve površine poput kratera i mora te za Sunce i detalje Sunčeve površine kao što su pjege i fakule. Piggyback metodom uspješno ćemo snimati široke kadrove (*eng. widefield ili WF*). To naravno ovisi o objektivu koji koristimo. Možemo koristiti širokokutni objektiv za snimanje čitavih zvijezda, Mliječnog puta, velikih maglica poput Barnard's loop maglice, zatim objekata koji su veći od par stupnjeva kao što su kometi s repom ili atraktivnih nebeskih događaja kada se prividno blizu nađe nekoliko nebeskih tijela. Imamo li širokokutni objektiv takozvano "riblje oko" tada možemo odjednom snimiti čitavo nebo.

Većina suvremenih digitalnih **kompaktnih aparata** ima i mogućnost snimanje kratkih filmova u AVI modu. Ako posjedujete takav fotoaparat imate odličan alat za snimanje Mjeseca i planeta.





Princip je vrlo jednostavan. Usmjerite i izoštrite teleskop na željenu planetu. Kameru priključite na teleskop kao za fotografiranje afokalnom metodom. Podesite je u modu za snimanje filmova. Uz malo truda i vještine na zaslonu će Vam se ukazati promatrani objekt. Podesite zoom. Malo eksperimentirajte, ali nemojte pretjerivati sa povećanjem zooma. Ako imate motor za praćenje objekta dobro je, ali nikako nije nužno. Objekt podesite tako da vam bude na samom rubu zaslona, ili čak malo izvan. Uključite kameru. Slika planeta će polako putovati s jednog na drugi kraj zaslona. Ovisno o povećanju za to će trebati od cca 5 do 30 sekundi. Isključite kameru.

Snimljeni film prvo obradite u "VirtualDub-u" besplatnom programu za obradu filmova tako da mu odrežete početak i kraj koji su loši zbog trešnje nastale prilikom uključenja i isključenja kamere.

Također je važno napomenuti da je možda pritom potrebno i format filma promijenite u "**Old format Avi**" jer se u protivnom može desiti da ga program "Registax" za stackiranje neće prepoznati. To ovisi o tipu fotoaparata i treba ispitati. "VirtualDub" će također pokazati od koliko frameova (okvira) je složen film. Obično se radi o broju 50 do 300 frameova.

Film je nakon toga spreman za obradu u "RegiStax-u" također besplatnom programu za stackiranje i obradu astrofotografija. Za rad u ovom programu koji je dosta bogat opcijama podešavanja nužno je proučiti uputu, takozvane "tutoriale" te s puno eksperimentiranja steći iskustvo kako bi se dobila željena kvaliteta. Za kraj, dobro je fotografiju provući kroz programe Photoshop i NeatImage za podešavanje boje, svjetline i kontrasta, te završno odstranjene šuma.

Neovisno o nabrojanim metodama, fotoaparat možemo postaviti na stativ i širokokutnim objektivom uspješno snimati meteore, tranzite satelita i drugih svemirskih letjelica, kao i uvijek atraktivne bljeskove Iridium satelita. Možemo koristiti i teleobjektiv kojime možemo snimati manja područja neba ili pomrčine Mjeseca i Sunca. Ovo potonje obavezno snimamo isključivo kroz specijalne filtre. **Fotoaparat, bez obzira kojom metodom snimamo, NIKADA ne smijemo okrenuti direktno u Sunce** jer će doći do njegovog trajnog oštećenja, jednako kao i kada bismo kroz teleskop pogledali u Sunce. Za takve se aktivnosti koriste isključivo specijalni filtri poput Baaderove astrosolarne folije koja je napravljena upravo za takve stvari. Jako svjetlo koje isijava Sunce može oštetiti izuzetno osjetljivu površinu fotosenzora, kao i rožnicu oka. Zato s time trebamo biti posebno oprezni. **NIKADA ne smijemo koristiti solarne filtre koji se montiraju direktno na okular**, a koje poneki distributeri nude. Problem je u tome što taj filter mora absorbirati sve zračenje Sunca skupljeno znatno većim objektivom. To UVIJEK dovodi do pregrijavanja filtra, a vrlo često i do **prskanja stakla**... Posljedice mogu biti fatalne za oko ili senzor fotoaparata. Ponekad i okular može biti oštećen (staklo leće može prsnuti kad se metalni prsten koji ju drži na mjestu, raširi uslijed pregrijavanja), Jedina SIGURNA metoda je Baader filter (metalizirana folija) i slični proizvodi.

Imamo li modificiranu web kameru ili specijaliziranu astrokameru, možemo ju koristiti za snimanje svega gore navedenog. Na njih se može montirati i objektiv nekog fotoaparata za widefield ili se adapterom jednostavno montiraju na teleskop poput fotoaparata bez objektiva.

### Skala ili kamera-konstanta

Kod fotografije općenito, a astrofotografije osobito, treba izbjegavati termin "povećanje" pod svaku cijenu, jer nema nikakvog smisla (to je naime veličina bez dimenzije, i ima smisla samo kod vizualnog promatranja, kada možemo reći koliko neki objekt izgleda veći, u usporedbi s gledanjem golim okom).



Termin za upotrebu je "skala" ili "kamera-konstanta", a dimenzija je arcsec/pixel ili pixel/arcsec ili adekvatno tome, dakle kut na nebu koji vidi jedan pixel. Nekada u vrijeme korištenja fotografskih ploča, korišten je izraz "arcsec/mm". Očito je da skala sustava ovisi o veličini piksela (ili senzora), i žarišnoj duljini objektiva.

Ima još jedan termin u uporabi koji se ne bi trebao koristiti; takozvani "krop-faktor", broj koji kao želi reći koliko žarišna duljina objektiva izgleda dulje na DSLR (koji imaju manji senzor od 24x36 mm standardnog frame-a). Opet, jedini pravi izraz je FOV (vidni kut) ili naprosto DSLR + objektiv te-i-te žarišne duljine i nespominjanje bilo kakvog "krop faktora". Ljudi taj izraz uglavnom krivo shvaćaju pa misle da je objektiv "jači" ako ga stave na DSLR, i uopće su zbunjeni tim brojevima.

Sve ove gore spomenute stvari vrijede za direktno ili fokalno (eng. prime focus) snimanje.

Afokalno je udomaćeni izraz kojime se opisuje situacija kada imamo dodatne elemente u optičkom sustavu pored (iza, dakle) objektiva - okulare, barlow... U tu kategoriju spada i okularna projekcija, kao i kamera s fiksnim objektivom koja "gleda" kroz okular. Tu se možda može govoriti o "povećanju" (kao omjeru vidnog kuta ili skale same kamere sa svojim objektivom u usporedbi s vidnim kutom (ili skalom) cijelog sustava, ali taj broj nije lako izračunati (kao što je jednostavno izračunati skalu kad imamo samo senzor i objektiv), uglavnom zato jer se u obzir moraju uzeti i međusobne udaljenosti elemenata i njihov međusobni utjecaj). Puno lakše ga je izmjeriti (na primjer, pustimo ekspoziciju bez praćenja recimo 10 sekundi i onda izmjerimo koliko piksela je dugačak trag). Dakle, FOV sustava ili, što je najbolje, arcsec/pixel.

### Rektificiranje teleskopa

Zbog Zemljine rotacije oko svoje osi, prividno nam se vrti cijelo nebo, a posljedica toga je izlazak nebeskih objekata na istoku, a zalazak na zapadu, što znači da se Zemlja vrti od zapada prema istoku. Da bismo mogli snimiti sva ona čudesa što se kriju u svemirskim dubinama, nekako moramo kompenzirati tu rotaciju nebeskog svoda. To postizemo pomoću vrlo preciznih motora kojima je opremljena montaža teleskopa. No da bi oni mogli ispravno raditi svoj posao, teleskop moramo prvo usjeveriti, ili kako se to stručno naziva, rektificirati. Znači polarnu os vrtnje montaže moramo dovesti u što idealniji položaj prema sjevernom nebeskom polu oko kojega se prividno "okreće nebo". Ovdje ćemo opisati nekoliko načina kako to možemo postići.

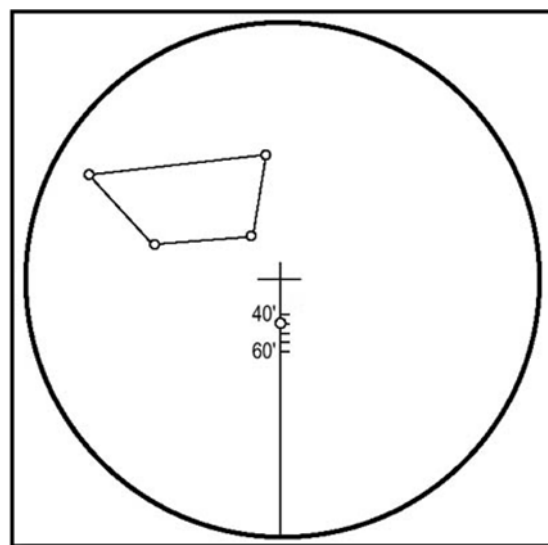
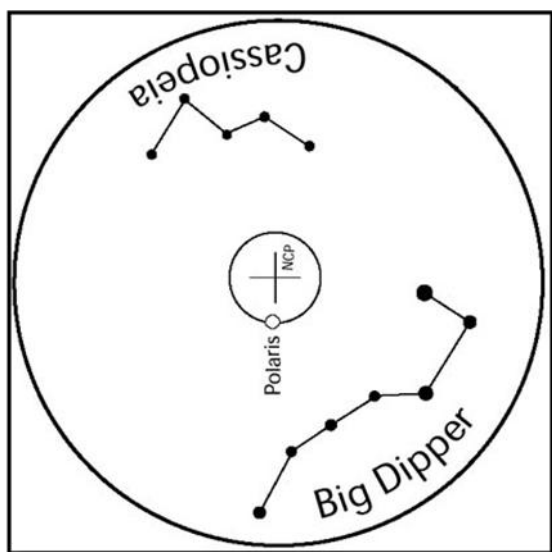
Montaže su obično opremljene malenim durbinom montiranim u šupljoj polarnoj osovinu ili paralelno njoj, koji se popularno naziva polar scope. On u sebi sadrži takozvanu retikulu (staklenu pločicu u fokalnoj plohi objektiva) s označenim položajem nebeskog pola i/ili karakterističnim zvijezdama u blizini, i sve što trebamo napraviti jest pogledati kroz njega i pokušati montažu dovesti što bliže poziciji da se oznake na retikuli poklope s onima na nebu. Ta metoda je dovoljno dobra za vizualna promatranja kada nam pogreške koje su neminovne, ne predstavljaju veliki problem. Međutim, za astrofotografiju s objektivima velike žarišne duljine (preko 20 mm) ta metoda nije dovoljna.



## Drift metoda rektificiranja

Dag Šola Oršić

Malo kompliciranija ali puno točnija metoda je drift-metoda, gdje se promatraju dvije zvijezde, jedna na istoku, druga u meridijanu, i ako satna osovina teleskopa nije paralelna sa Zemljinom, te zvijezde će "driftati" (pomicati se u vidnom polju) ovisno o tom ne-paralelizmu. Kad nema drifta, osovina je paralelna Zemljinoj osi (vidi slike).



Nakon što smo se grubo rektificirali (usjeverili) polarscopeom ili vizualno, prema Sjevernjači, možemo započeti i precizno rektificiranje za potrebe astrofotografije. Procedura je slijedeća:

1. Pronađemo jednu zvijezdu blizu meridijana (projekcija zemaljskog meridijana na nebeski svod), na oko DEC +200
2. stavimo okular s nitnim križem i orijentiramo križ tako da kada isključimo praćenje (ili stisnemo na upravljaču (kontroleru) dugme za brže praćenje), zvijezda kroz vidno polje putuje točno paralelno s jednom od osi nitnog križa.
3. Smjestimo ju u vidnom polju okulara s nitnim križem, točno na nit po kojoj bi se kretala da isključimo motor za praćenje, dakle onaj na rektascenzijskoj (RA) osi i pustimo par minuta da radi praćenje. Sada proglasimo proizvoljno što nam je u okularu gore, a što dolje u odnosu na tu nit.
4. Ako se zvijezda u vidnom polju u odnosu na nit pomaknula (driftala) prema gore, treba montažu pomaknuti po azimutu tako da nam se zvijezda u vidnom polju pomiče desno. Ako se zvijezda u vidnom polju u odnosu na nit pomaknula (driftala) prema dolje, treba montažu pomaknuti po azimutu tako da nam se zvijezda u vidnom polju pomiče lijevo. Ako taj drift primijetite već u prvoj minuti, pomak po azimutu treba vjerojatno biti veći od vašeg vidnog polja, no to se brzo nauči procijeniti.



5. Sada treba opet zvijezdu vratiti na nit i ponoviti proceduru pod brojem 3. i 4. To se ponavlja sve dok ne postignemo da se zvijezda par minuta s te niti ne pomiče ni gore ni dolje.

6. Sada pronađemo jednu zvijezdu blizu nebeskog ekvatora, na oko 15° od horizonta.

7. stavimo okular s nitnim križem i orijentiramo križ tako da kada ugasimo praćenje (ili stisnemo na kontroleru gumb za brže praćenje), zvijezda kroz vidno polje putuje točno paralelno s jednom od osi nitnog križa.

8. Smjestimo ju u vidnom polju okulara s nitnim križem, točno na nit po kojoj bi se kretala da ugasimo motor za praćenje (dakle onaj na RA osi) i pustimo par minuta da radi praćenje. Sada proglasimo proizvoljno što nam je u okularu gore a sto dolje u odnosu na tu nit.

9. Ako je zvijezda koju smo našli na istočnom horizontu: ako drifta gore, montažu (RA os) treba pomaknuti po visini tako da nam se u vidnom polju vrati u suprotnom smjeru od onog u kojem je driftala, dakle prema dolje. Ako drifta prema dolje, montažu (RA os) treba pomaknuti po visini tako da nam se u vidnom polju vrati u suprotnom smjeru od onog u kojem je driftala, dakle prema gore.

Ako je zvijezda koju smo našli na zapadnom horizontu: ako drifta gore, montažu (RA os) treba pomaknuti po visini tako da nam se u vidnom polju zvijezda pomakne još više u tom istom smjeru, dakle prema gore. Ako drifta dolje, montažu (RA os) treba pomaknuti po visini tako da nam se u vidnom polju zvijezda pomakne još više u tom istom smjeru, dakle prema dolje.

10. Sada treba opet zvijezdu vratiti na nit i ponoviti proceduru pod brojem 8. i 9. To se ponavlja sve dok ne postignemo da se zvijezda par minuta s te niti ne pomiče ni gore ni dolje.

11. Sada se treba vratiti na točku 1. i cijelu proceduru ponoviti jer nam pomicanje montaže po jednoj osi, malo pokvari ono što smo korigirali po drugoj osi, pa je proceduru potrebno ponoviti.

S vremenom se nauči procijeniti po količini drifta koliko treba montažu korigirati i cijela procedura traje relativno kratko. U većini slučajeva (ovisno o preciznosti rektificiranja koju trebamo postići) ovaj postupak treba ponoviti nekoliko puta.

Za najbolje rezultate s objektivima većih žarišnih duljina, nije dovoljno samo usmjeriti teleskop s kamerom na objekt, "okinuti" i čekati da se ekspozicija završi. Zbog nesavršenosti mehaničkih komponenti (pužni prijenos je najčešći "krivac" ali i ostali zupčanici u sustavu mogu značajno doprinijeti problemu) čak i najskuplje montaže imaju takozvanu periodičku grešku.

Jedini način da se s time izađe na kraj je "vođenje" (*eng. guiding*). To znači, dok kamera snima kroz glavni objektiv, odaberemo jednu dovoljno sjajnu zvijezdu u blizini snimanog objekta i promatramo je kroz pomoćni teleskop (koji je na istoj montaži montiran paralelno glavnom) te korigiramo sve greške praćenja koje primijetimo. Ovo se može raditi i automatski, s dodatnom kamerom spojenom na računalo. Postoji dosta besplatnog softvera na internetu koji to radi s web-kamerama.





Vođenje treba raditi na zvijezdi koja je najbliže moguće objektu kojega snimamo (ako već ne na njemu samom), a sam objekt po mogućnosti smjestiti u centar vidnog polja fotoaparata (osim ako nemamo neke posebne razloge poput ljepše kompozicije ili slično).

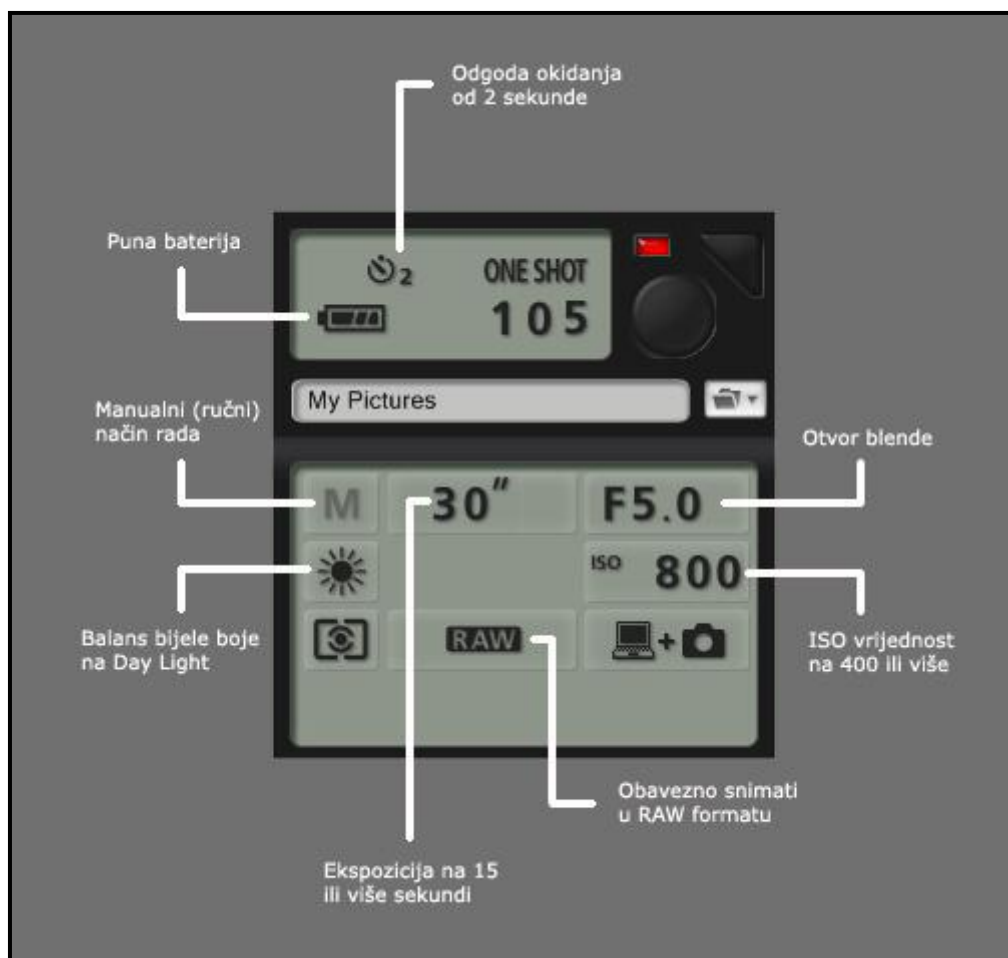
### Kako snimiti prvu astrofotografiju?

Kratki podsjetnik prije izlaska na teren i snimanja prve astrofotografije: Važno je da sobom ponesete fotoaparat s punim baterijama, fotografski stativ, ručnu baterijsku svjetiljku, a sami se obučete toplo i:

- sačekate barem pet minuta da se fotoaparat u torbici prilagodi vanjskoj temperaturi
- postavite stativ na visinu koja vam odgovara i provjerite da je zakočen
- postavite fotoaparat na stativ, provjerite da je sigurno učvršćen i usmjerite ga. Dodatno pomagalo za usmjeravanje (Red-Dot na primjer) može biti vrlo korisno, čak i ako koristite DSLR, jer je slika u tražilu obično vrlo tamna.
- uključite fotoaparat (isključite LCD ukoliko postoji malo optičko tražilo)
- postavite fotoaparat u ručni (manualni) način rada (biranja postavki)
- podesite ISO na vrijednost 400 ili više
- podesite balans bijele boje na "day-light"
- podesite otvor blende na jedan stop manje od najveće (ne treba zaboraviti da **manji F-broj znači veći otvor blende!**). To radimo zato jer većina komercijalnih objektivna (osim onih najskupljih) pati od raznih nesavršenosti (koma, kromatska aberacija) koje se vrlo dobro vide kada snimamo točkaste izvore svjetla - zvijezde.
- podesite brzinu zatvarača na 15 sekundi (to je obično maksimum, ali svakako treba probati i druge vrijednosti ekspozicije, naročito ako želimo snimiti tragove zvijezda!)
- ručno postavite fokus na beskonačno. Ako to nije moguće na fotoaparatu koji imate na raspolaganju, onda trebate auto-fokusirati na nekoj sjajnoj zvijezdi, i onda prebaciti kontrolu na manualno fokusiranje.

**Praktičan savjet kod izoštravanja:** imate li fotoaparat koji ima **Live View** opciju, uključite ju i na LCD-u aparata povećajte sliku maksimalno koliko vaš fotoaparat to može. Na primjer Canon EOS 450D može povećati (zumirati) prikaz 10 puta. Na taj način ćete bolje i preciznije vidjeti objekt snimanja, a samim time i preciznije postaviti fokus. Imate li prijenosno računalo, spojite fotoaparat na računalo i software-om fino zumirajte LiveView 10x to jest, otvara vam se mogućnost preciznog upravljanja objektivom putem programa.

- postavite odgodu okidanja na barem 2 sekunde radi izbjegavanja trešnje aparata pri okidanju
- pritisnite okidač
- sačekajte 15 sekundi da se fotografija napravi (+sačekajte još 15 sekundi da aparat napravi crnu sliku - dark frame). Dark frameove možete snimiti i ručno, isto kao i fotografije (light frameove) ali **s poklopcem na objektivu, dakle bez svjetla**. Najbolje ih je napraviti odmah poslije light framea (fotografije), s istim postavkama fotoaparata, kada je temperatura senzora blizu onoj kod koje je snimljen light frame (fotografija).
- pregledajte fotografiju na LCD ekranu fotoaparata (izvršite korekcije ako je potrebno i ponovite postupak snimanja)
- učitajte fotografiju iz fotoaparata na računalo.



Da bi uklonili šum (koji će također biti prisutan na snimkama), potrebno je snimiti što veći broj fotografija, koje se kasnije u računalu mogu kombinirati (stakirati) upotrebom softvera za tu svrhu.

### **Napredno snimanje kroz teleskop**

(Posebna zahvala Vidu Nikolić na dopuštenju korištenja teksta s [njegovih web stranica](#)!)

Tekst je s dopuštanjem preuzet sa stranice SARATOGA SKIES, autor Jim Solomon.

Ovo je isključivo "How to" tekst namijenjen za astrofotografiju deepsky objekata. Tekst se ne bavi osnovama astrofotografije i podrazumijeva se da je čitatelj upoznat sa sljedećim stvarima:

- kako spojiti aparat na teleskop
- važnost montaže i motora koji prate objekt
- potreba guidinga prilikom snimanja
- kako napraviti polar aligment
- osnove snimanja kraćih ekspozicija i stackiranja
- važnost snimanja RAW fotografija umjesto JPG



### Termini koji se upotrebljavaju

FRAME - označava ekspoziciju, na primjer ako napravimo 15 ekspozicija po 4 minute svaku, kažemo da smo napravili 15 Light frameova po 4 minute

LIGHTS - frame napravljen aparatom kroz teleskop, sa skinutim poklopcem (glavne snimke objekta)

DARKS - frameovi napravljeni sa istim podešenjem osjetljivosti (ISO), istom duljinom ekspozicije i na istoj temperaturi kao i light frameovi, ali sa poklopljenim objektivom teleskopa

FLAT LIGHTS - frameovi napravljeni na ravnomjerno osvijetljenom objektu, najčešće na nebu nakon zalaska sunca. Služe za korigiranje vinjetiranja zbog teleskopa ili objektiva kojeg koristimo, neravnomjerno osvijetljenje čipa i mrlja na fotografiji uzrokovanih prašinom na čipu. Mogu se raditi i po mraku s lightboxom.

FLAT DARKS - frameovi napravljeni s istim podešenjem osjetljivosti, na istoj temperaturi i sa istom ekspozicijom kao i FLAT LIGHT frameovi, samo sa poklopljenim objektivom.

### Planiranje snimanja

Kao što znamo, snimanje je vrlo zahtjevan posao. Postavljanje cijelog setupa za snimanje, kao i put do udaljenog mjesta van grada traži puno vremena i zbog toga je korisno neke stvari isplanirati kako bi nam više vremena ostalo na snimanje samog objekta. Neke stvari, kao softver i kamere možemo isprobavati doma, po danu i istrenirati se da te stvari na mjestu snimanja obavimo relativno brzo. Što se bolje organiziramo, uspješnije će biti snimanje.

Neke od bitnijih stvari:

- Odaberite objekt snimanja - upotrijebite atlas ili kartu neba, odaberite objekt koji odgovara vidnom polju teleskopa i kamere kroz koju snimate, birajte svjetlije objekte za početak i objekte koji su dobro smješteni u vrijeme snimanja, odnosno visoko na nebu. Treba također uzeti u obzir gdje se objekt nalazi na početku i na kraju snimanja, razmak može biti i nekoliko sati!
- Odaberite orijentaciju kamere - pogledajte u koje se smjeru "prostire" objekt, da li je to istok - zapad ili sjever - jug, i okrenite kameru u tom smjeru kada je spajate na teleskop.
- Odaberite zvijezdu na kojoj ćete raditi vođenje (*eng. guiding*) - neka to bude svjetlija zvijezda što bliže objektu koji snimate. Lakše ćete usmjeriti teleskop kroz koji radite vođenje na nju. Zapamtite gdje je ili si isprintajte mapu tog dijela neba i označite gdje se sta nalazi. Također bitno, što je zvijezda vodilja (*eng. guiding star*) dalje od objekta koji snimate, usjeveravanje treba biti preciznije.
- Isplanirajte kako pronaći objekt koji snimate - imate li GOTO montažu, setting circles? U svakom slučaju, zapamtite gdje je objekt i kako ga centrirati u vidnim polju aparata bez da skidate aparat s teleskopa i tražite kroz okular. To je potrebno zato što ne smijete skidati aparat za cijeli period od kada počnete raditi prvi Flat frame i zadnji Light frame.
- Otprilike odredite ISO i duljinu ekspozicije - to u principu može biti određeno na licu mjesta, ali nikada ne smeta malo planiranja. Pogledajte malo na netu fotografije i podatke za objekt koji želite snimati. Najveći dinamički raspon imaju fotografije snimane sa ISO 400 i oko 4 minute duljine ekspozicije. Tamniji objekti će zahtijevati dužu ekspoziciju i/ili veću ISO vrijednost. Malo isprobavajte dok ne odredite što je najbolje u tom trenutku. To ovisi naravno i o transparentnosti neba ili upotrebi nekih od deepsky/light pollution filtera.



## Snimanje

Snimanje možemo podijeliti na nekoliko koraka:

1. Postavljanje
2. Rektificiranje (usjeveravanje)
3. Fokusiranje
4. Snimanje Flat light i Flat dark frameova
5. Centriranje objekta u vidno polje aparata
6. Centriranje zvijezde za vođenje (vizualno ili web kamerom)
7. Test slika
8. Snimanje Light frameova
9. Snimanje Dark frameova

### 1. postavljanje

Postavljanje treba biti napravljen još po danu. Sklopimo montažu, teleskope, laptop, aparat, webkameru i sve fino posložimo nekim redoslijedom:

#### - provjeriti kolimaciju

- kolimacija je važna da bi dobili dobre rezultate, iziskuje malo vremena. Refraktor ne možemo kolimirati, ali newton i sct možemo. Newton možemo kolimirati laserom, a sct bi trebalo kolimirati na svijetlu zvijezdu.

#### - postavljanje aparata i teleskopa

- ušarafite T-ring u aparat, 2" foto adapter i postavite u fokuser.
- fokusirajte ugrubo na neki udaljeni objekt, drvo, brdo, bilo što.
- podesite tražilo teleskopa na centralnu točku izoštravanja na 300D na tom udaljenom objektu.
- podesite orijentaciju aparata istok - zapad ili sjever - jug. Najlakše je kontrolerom pomicati teleskop po DEC i RA i gledati da se objekt pomiče dužinom točaka na tražilu aparata.
- Učvrstite aparat u fokuseru vijcima da se ne može pomicati.

#### - postavljanje web kamere za vođenje i teleskopa za vođenje

- umetnite web kameru u barlow i u fokuser teleskopa za vođenje
- fokusirajte web kameru na neki udaljeni objekt što je preciznije moguće
- podesite tražilo teleskopa za vođenje sa vidnim poljem kamere na ekranu. Kasnije će nam biti puno lakše pronaći zvijezdu za vođenje s namještenim tražilom.
- ugrubo podesite teleskop za vođenje sa teleskopom kroz koji snimate uz pomoć vijka na prstenima. Ako to ne učinite sada, kasnije može biti jako teško pronaći zvijezdu vodilju jer može biti van dosega teleskopa za vođenje. Još provjerite u oba tražila jesu li usmjereni na isto mjesto.

#### - balansiranje teleskopa

- skinite poklopce teleskopa i teleskopa za vođenje.
- okrenite otprilike teleskop u smjeru objekta koji ćete snimati
- balansirajte teleskop u DEC osi.
- balansirajte teleskop u RA osi, ali s malim pomakom ravnoteže, odnosno, ono što se nalazi na istočnoj strani montaže neka bude teže u odnosu na balans, tako da motori malo "vuku" težinu kad prate. Tako će balans biti stabilniji za snimanje.





## 2. Rektifikacija

Usmjeravanje montaže na Sjevernjaču. Podrazumijeva se da smo već u grubo uz pomoć polarnog tražila usmjerili montažu na Sjevernjaču. Sada ćemo primijeniti drift metodu rektifikacije (usjeveravanja) uz pomoć web kamere ili vizualnom metodom i vrlo precizno usmjeriti teleskop.

## 3. Fokusiranje

Fokusirati ćemo aparat uz pomoć DSRL fokus programa, koji nam to uvelike ubrzava, a fokus je puno preciznije nego što to možemo napraviti vizualno kroz tražilo aparata ili gledanjem snimke na LCD-u.

- spojite aparat s laptopom uz pomoć USB kabla.
- pokrenite DSRL fokus program, kliknite connect
- centrirajte zvijezdu u tražilu aparata
- namjestite na ISO 100 i ekspoziciju od 1-4 sekunde
- koristite Medium/Normal kvalitetu slike za početak, kad bolje fokusirate, namjestite na Large/Fine kvalitetu.
- koristite mirror lock na aparatu
- kada smatrate da je fokus bolji da ne može biti, zategnite fokus lock vijak na fokuseru i napravite još jednu snimku da se uvjerite da je i dalje sve u redu. Ako nije, ponovite postupak. Na lošijim fokuserima, fokus lock vijak zna pomaknuti tubu fokusera za milimetar, zato je bolje provjeriti nakon zatezanja vijka.

## 4. Snimanje Flat light frameova

Svrha Flat light frameova je da u naknadnoj obradi fotografija koriste za korekciju vinjetiranja (nejednoliko osvjetljenje čipa, vidljivo kao zatamnjenje na rubovima vidnog polja aparata). Dobar set Flat frameova će također odstraniti mrlje od prašine vidljive na snimcima. Idealni Flat frame je snimljen na ravnomjerno osvijetljenom objektu. U praksi, nebo u sumrak je blizu toga i to dio neba par sati istočno od zenita.

Ja koristim Lightbox koji sam si napravio, tako da uvijek koristim iste postavke aparata za flat frame. Moje vrijednosti su 1/8 s na ISO 100, f 7.

Način snimanja je slijedeći:

- okrenite teleskop u istočni dio neba na otprilike 45 stupnjeva DEC
- na aparatu odredite ISO 100 i naravno RAW kvalitetu. Ekspozicija se kreće od 1/8 do 1 sekunde za f 5 postavke.

**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru

| www.zvezdarnica.com | www.zvezdarnica.eu | AstroForum - forum za astronome | www.zvezdarnica.com/forum |



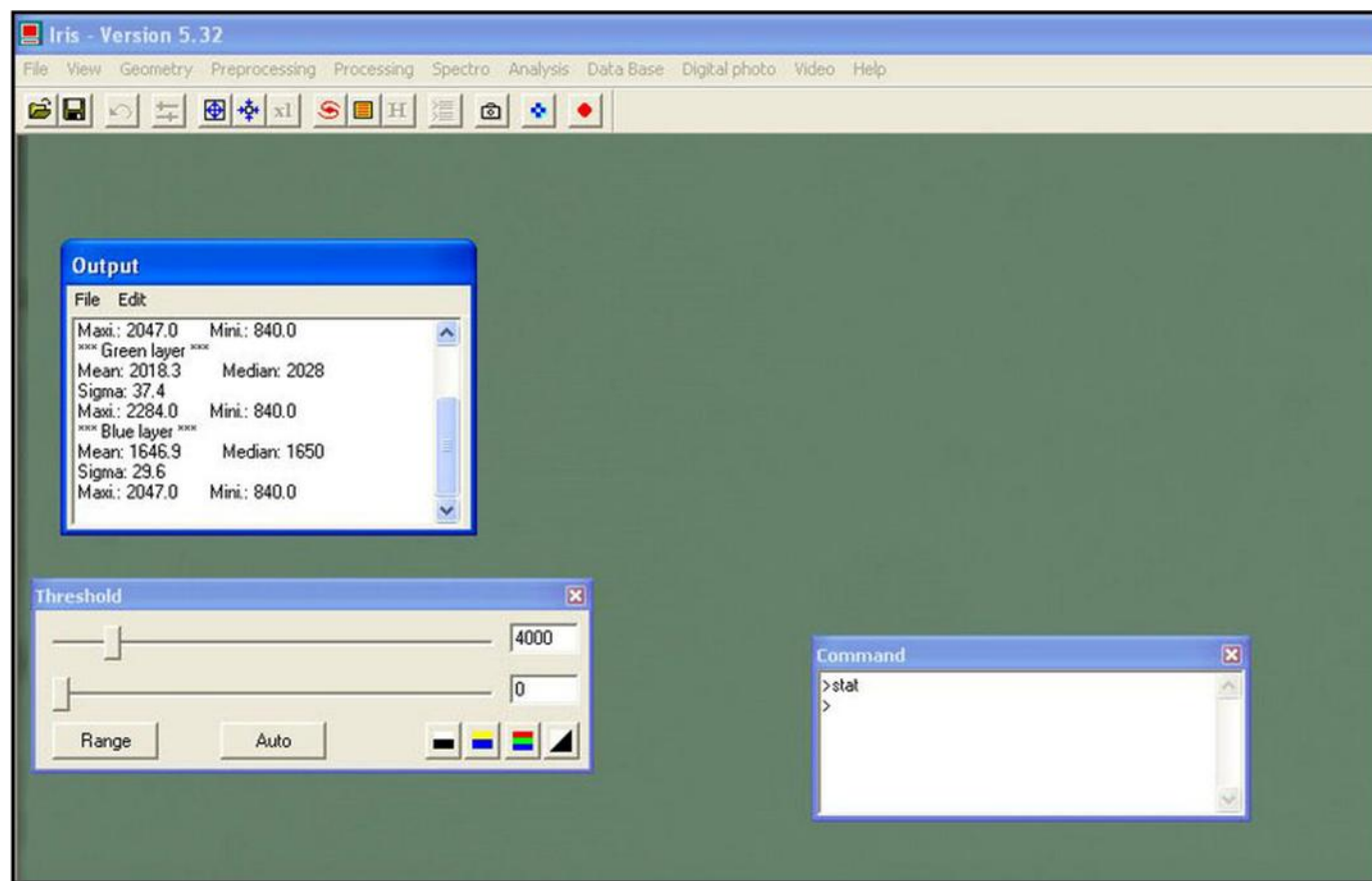
Prikaz histograma za pravilno eksponirani flat light frame, graf bi trebao biti na desnoj strani.

U **M** modu namjestite ekspoziciju tako da bude pravilno eksponirana i da na gornjem ekranu crtica bude u sredini. **Klikom kotačića u desnu stranu preeksponirajte na +2 crti na gornjem ekranu. Dodajte još jedan klik kotačićem da se ekspozicija smanji za još jednu vrijednost.** To bi sada trebao biti pravilno eksponirani flat light frame. To je vrlo bitno jer podeksponiranim flat frameovima razvijamo šum na finalnoj slici, a to naravno, nije ono što bismo htjeli.

(Da bi bili potpuno sigurni, nakon testnog flat framea, izvadite karticu iz aparata, priključite ju u laptop, pokrenite IRIS i učitajte taj frame u njega. Odmah ga konvertirajte u RGB. U command prozoru upišite

**>stat**

i očitajte **Mean/Median** vrijednosti. U teoriji, trebale bi biti za svaki kanal oko 2048 i prema tome se ravnajte. Vrijednosti nisu iste, kod mene su veće u G kanalu, vjerojatno zato što senzor ima više zelenih piksela. Ja snimam flatove sa lightboxom, svjetlo je bijelo, ali ako snimate nebo u sumrak, vjerojatno ćete imati veće vrijednosti i u B kanalu.





koju smo isprintali i vodimo se prema svjetlijim zvijezdama koje vidimo kroz tražilo. Procedura je sljedeća:

- još uvijek koristeći DSLR fokus program, kada smo centrirali objekt, ili smatramo da jesmo, napravimo test ekspoziciju. Namjestimo ISO 1600 i 20-30 sekundi ekspoziciju, Small/Normal kvalitetu slike. Pogledamo rezultat na ekranu. I dosta tamni objekti se pojave na takvoj ekspoziciji. Ako objekt nije dobro centriran, pomaknemo kontrolerom u potrebnom smjeru. Ponavljamo snimke dok nismo dobro centrirali objekt.
- u DSLR fokus programu, namjestite osjetljivost na onu koju ćete koristiti za snimanje Light frameova, RAW kvalitetu, i Bulb ekspoziciju, iskopčajte kabl iz aparata i ugasi DSLR fokus.
- ugasi aparat i iskopčajte USB kabl iz laptopa.

## 6. Centriranje zvijezde za vođenje (vizualno ili web kamerom)

Ako radite vizualno vođenje s osvijetljenim okularom, potrebno je:

- ubaciti osvijetljeni okular u barlow i u teleskop za vođenje
- uključiti osvijetljenje okulara, vijcima na prstenima teleskopa za vođenje namjestiti zvijezdu u vidno polje okulara
- usmjeriti orijentaciju križa u okularu sukladno sa RA i DEC pomacima

Ako radite automatsko vođenje (*eng. autoguiding*) web kamerom, potrebno je:

- priključiti web kameru u laptop
- pokrenuti softver u kojem radite autoguiding, pojačati gain na parametrima za kameru
- vijcima na prstenima teleskopa za vođenje namjestiti zvijezdu u centar ekrana
- podesiti orijentaciju kamere prema ekranu, da su pomaci u RA po horizontali, a u DEC po vertikali ekrana, i to okretanjem kamere u fokuseru.

Za daljnje parametre autoguidinga i softvera, pogledati moju stranicu za autoguiding.

## 7. Test slika

Ovo je posljednja provjera i potvrda da smo dobro namjestili objekt u centru vidnog polja, fokus, ISO i ekspoziciju.

- umetnite poklopac na tražilo aparata (to je onaj mali kvadratni gumeni poklopac koji stoji na traci za oko vrata)
- uključite autoguiding i pustite ga pola minute-minutu da vidite da li sve radi ok
- uključite snimanje žičanim okidačem, uz naravno uključen mirror lock
- kad je završila ekspozicija, izvadite karticu, kopirajte sliku na laptop. Ispitajte snimku u Photoshopu, fokus, ekspoziciju, da li je preduga ili prekratka. Vratite karticu u aparat.
- ispravite probleme ako ih ima. Ako je slika pretamna, povećajte ISO i /ili duljinu ekspozicije. Centrirajte objekt ako je potrebno - pazite ako je još uvijek uključen autoguiding, program će vratiti teleskop u isti položaj.
- ako je potrebno, ponovno centrirajte zvijezdu za vođenje (vađenje i vraćanje kartice može malo pomaknuti montažu)
- ako je sve u redu, možemo početi snimati Light frameove



## 8. Snimanje Light frameova

- provjerite da li je poklopac na tražilu aparata
- uključite autoguiding
- uključite snimanje žičanim okidačem
- radite pauzu od 1 minute između svakog Light framea
- napravite što više Light frameova, više znači bolje. Najbolje bi bilo raditi preko 30 frameova. Tako ćemo lakše smanjiti šum kod naknadne obrade. Također, količina šuma ovisi o temperaturi čipa, ako snimamo po zimi na temperaturi oko 0 stupnjeva, šuma će biti manje.

## 9. Snimanje Dark frameova

Sad kad smo snimili Light frameove, vrijeme je da odmah počnemo snimati Dark frameove. Trebalo bi snimiti barem 9 komada. U svakom slučaju, snimite neparan broj. Najbolje bi bilo imati pauzu od 1 minute između zadnjeg Light framea i prvog Dark framea. Duljina Dark framea je identična duljini Lighta framea, a i pauze između svih Dark frameova bi trebale biti 1 minutu.

- isključite autoguiding
- skinite aparat sa T-ring i zaklopite aparat poklopcem.
- poklopac neka je i dalje na tražilu aparata
- snimite barem 9 Dark frameova sa istim ISO i duljinom ekspozicije kao i Light frameove
- radite pauze od 1 minute između svakog framea
- snimite 9 komada, 15 komada je bolje

Kada se snimaju Dark frameovi možete već početi obradu Flat frameova ili to ostavite za kasnije. Ako još nije svanulo, možete se baviti malo i promatranjem :-)

Čestitke, završili ste svoje prvo snimanje. Sada slijedi jedna sitnica koja se zove OBRADA! Ali, to će naravno pričekati sljedeći dan, posto već sviče i mi smo vrlo umorni i jedva čekamo da legnemo u krevet...





## 3.

## OBRADA ASTROFOTOGRAFIJA

Snimljene sirove (RAW) fotografije trebamo obraditi kako bismo iz snimljenog materijala mogli dobiti završni uradak, a to je gotova astrofotografija. Cijeli se postupak odvija na računalu. Dakle prebacite ih na svoje računalo i pripremite se na obradu. Opisat ćemo nekoliko postupaka i programa kojima ćete to moći najučinkovitije napraviti.

### Obrada u IRISU

(Posebna zahvala Vidu Nikolić na dopuštenju korištenja teksta s [njegovih web stranica](#)!)

Tekst je s dopuštanjem preuzet sa stranice [SARATOGA SKIES](#), autor Jim Solomon.

Sada kada ste snimili Flat Light, Light, Dark i Flat Dark frameove, možete početi obradu vaših snimaka kako bi izvukli što je više moguće detalja. Za takvo nešto nam treba neki relativno sofisticirani program. Meni najdraži program za to je besplatni freeware IRIS, autor je Christian Buil. Drugi preferiraju ImagesPlus od Mike Unsolda, koji košta oko 180\$. Ali svejedno, ovdje ćemo prikazati obradu i registraciju frameova u IRISU. Procedura je sljedeća:

- 1 IRIS Setup
- 2 Kreiranje Master Flat framea
- 3 Kreiranje Master Dark framea
- 4 Konverzija CFA u RGB
- 5 Registracija
- 6 Crop
- 7 Normalizacija pozadine
- 8 Stack (slaganje frameova)
- 9 Remove Gradient
- 10 Balans bijele boje
- 11 Stretch
- 12 Dotjerivanje u Photoshopu
- 13 Arhiviranje

### IRIS Setup

Kao prvo, moramo točno konfigurirati IRIS:

U **File** >> **Settings** panelu, uključite File type u PIC i Working path u direktorij na čvrstom disku gdje ima puno prostora. Odaberite mapu koju ste kreirali za to i neka bude blizu "površine", nemojte ju zakopati ispod 5-6 podmapa, jer u protivnom može doći do grešaka.

Kliknite na Foto ikonicu na traci (onu koja izgleda kao kamera) da se otvori **Camera Settings** prozor. Uključite **Binning** na 1x1, **Digital Camera model** na onaj koji vi imate, i RAW interpolation method na **Gradient**. Ostavite **Apply** kvadratić isključen kod White balance. Kliknite na Command



window ikonicu na traci, lijevo od Foto ikonice da otvorite **Command window**. U tom prozoru ćete upisivati instrukcije.

Odaberite **Analysis >> Display data** u traci izbornika da se otvori Output window.

## Kreiranje Master Flat framea

### Konvertirajte RAW Flat Light frameove u PIC (CFA)

Odaberite **Digital Photo >> Decode RAW files...**, što će, čudno početnicima koji koriste IRIS, gurnuti IRIS program u pozadinu Windowsa, iza svih otvorenih prozora na ekranu. Razlog je taj što omogućava da otvorite Windows Explorer i odaberete direktorij gdje se nalaze vaši RAW fileovi. Učinite to, odaberite sve Flat Light frameove i prenesite ih mišem u IRIS Decode RAW files prozor. Dajte slijedu neko ime (obično fl za Flat Lights) i kliknite **CFA** gumb. IRIS će konvertirati sve odabrane RAW fileove u svoj PIC file format, i svaka slika će biti crno-bijela CFA slika.

### Konvertirajte RAW Flat Dark frameove u PIC (CFA)

S još uvijek otvorenim Decode RAW files prozorom, kliknite Erase list i opet prenesite mišem, sada sve Flat Dark frameove u sredinu prozora. Dajte slijedu ime, može sada fd za Flat Darks i kliknite CFA gumb. IRIS će opet konvertirati odabrane RAW fileove u PIC. Kliknite Done gumb kad ste gotovi.

### Kreirajte Flat Master Dark frame

Moj način obrade uključuje median-combining pojedinačne Flat Dark frameove za dobivanje Flat Master Dark framea.

Evo jednostavnog načina kako to učiniti u Command prozoru:

**>smedian fd N**

**>save flat-master-dark**

gdje je N broj Flat Dark frameova (najčešće 19 u mom slučaju)

### Identificiraj hot pixele

Koristite find\_hot instrukciju na flat-master-dark za identifikaciju hot pixela. Trik je u tome da treba odabrati odgovarajuću treshold vrijednost po kojoj će IRIS odlučiti koji je pixel "hot pixel". Jedna metoda koja djeluje kod mene na 350D je da namjestim treshold na "Mean + (16 x Sigma)". Ali i znam sigurno da to ne funkcionira na EOS 300D, jer on proizvodi više hot pixela. U slučaju Flat Dark frameova, trebalo bi biti jako malo hot pixela koji se otkriju na tako kratkim ekspozicijama. Probajte stavljati različite treshold vrijednosti sa find\_hot instrukcijom dok ne dođete negdje blizu 10 do 20 hot pixela. Vrlo korisna stat instrukcija se koristi za dobivanje statističkih vrijednosti slike u memoriji.

Evo primjera:

**>load flat-master-dark**

**>stat**

Mean: 125.0

Median: 125

Sigma: 2.1

Maxi.: 274.0

Mini.: 114.0



### >find\_hot flat-cosmetic 158.6

Hot pixels number: 3

Flat-cosmetic je ime filea u koji IRIS sprema listu hot pixela, a dobiveni treshold (158.6) je dobiven kao  $\text{Mean} + (16 \times \text{Sigma})$  ; npr.  $125 + (16 \times 2.1)$ .

### Kalibrirajte Flat Lights i Flat Master Dark frameove

Najlakše je učiniti to u Preprocessing u Digital Photo meniju. S obzirom da ta funkcija kalibrira light frame sa pravim Master Dark, Master Flat i Master Offset frameovima, moramo napraviti trik sa lažnim vrijednostima. Prvo, moramo kreirati "dummy flat" i "dummy offset". Najlakše je učitati dark frame i pretvoriti ga u offset.

>load fd1

>fill 0

>save dummy-offset

>fill 1

>save dummy-flat

Sada otvorite **Digital Photo - Preprocessing** meni, i unesite sljedeće vrijednosti: Input generic name = fl, Offset = dummy-offset, Dark = flat-master-dark (Optimize = isključeno), Flat-field = dummy-flat, Cosmetic file = flat-cosmetic, Output generic name = fld Number = 19 (broj Flat Lights frameova u vašem slučaju).

IRIS će oduzeti flat-master-dark od svakog Flat Light framea i "popraviti" hot pixele.

### Kreiranje Master Flat framea

Odaberite **Digital Photo - Make a flat-field**, i upišite sljedeće vrijednosti: Generic name = fld, Offset image = dummy-offset, Normalization value = 20000, and Number = 19 (broj Flat Light frameova u vašem slučaju).

IRIS će oduzeti lažne offset frameove od kalibriranih Flat Light frameova, uskladit će ih da su iste svjetline i složiti će ih u jedan uz median filter. Rezultat je u memoriji, ali ne i na čvrstom disku, tako da ga obavezno snimate.

>save master-flat

(Opcija) Čišćenje diska. Sada treba osloboditi mjesto na disku, tako da možete obrisati sve fileove u IRIS direktoriju, osim master-flat.pic i dummy-offset.pic i RAW fileova.

### Kreiranje Master Dark framea

Konvertirajte RAW Dark frameove u PIC (CFA). Ista procedura kao za kreiranje Master Flat framea. Odaberite oznaku d za dark frameove.

Upišite u command prozoru:

>smedian d N

>save master-dark

gdje je N broj dark frameova



### Identificiraj hot pixele

Napravite isto kao što je objašnjeno u kreiraj Master Flat za identifikaciju hot pixela. Treba eksperimentirati za razne kamere, ovo je primjer za Canon 350D:

**>load master-dark**

**>stat**

Mean: 120.3

Median: 119

Sigma: 9.5

Maxi.: 4008.0

Mini.: 91.0

**>find\_hot cosmetic 272.3**

Hot pixels number: 82

Cosmetic je ime filea u koji IRIS sprema listu hot pixela, a 272.3 je izračunat:  $\text{Mean} + (16 \times \text{Sigma})$ ;  $120.3 + (16 \times 9.5)$ .

(Opcija) Čišćenje diska. Sada opet treba osloboditi mjesto na disku, tako da možete obrisati sve fileove u IRIS direktoriju, osim master-flat.pic, dummy-offset.pic, master-dark.pic, cosmetic.1st i RAW fileova.

### Kalibracija Lights frameova

Konvertirajte RAW Light frameove u PIC (CFA). Ista procedura kao za kreiranje Master Flat framea. Odaberite oznaku I za light frameove. Kalibrirajte Light frameove sa Master Flat, Master Dark i Hot Pixel frameovima.

Kliknite na **Digital Photo - Preprocessing...** izbornik i unesite sljedeće vrijednosti: Input generic name = I (to je slovo I, a ne broj jedan), Offset = dummy-offset, Dark = master-dark (Optimize = isključeno), Flat-field = master-flat, Cosmetic file = cosmetic, Output generic name = Idf (light sa dark i flat frameom), and Number = N, gdje je N broj Light frameova u našem slučaju.

Za svaki light frame, IRIS će oduzeti master.dark, podijeliti sa master.flatom, popraviti hot pixele i spremiti rezultat kao novi file.

### Konverzija CFA u RGB frameove

Upišite sljedeće u command prozoru:

**>cfa2pic Idf Idfrgb N**

gdje je N broj light frameova. IRIS će interpolirati CFA slike u normalne RGB.

### Registracija

Od inačice IRISA v 4.34, koristi se automatska procedura za pomak, rotaciju i ako je potrebno usklađivanje kalibriranih Light frameova po redu za stackiranje:

**>setspline 1**

**>coregister2 Idfrgb Idfrgbreg N**

gdje je N broj Light frameova. Ovo će potrajati, tako da se možemo pozabaviti nečim drugim. Ako IRIS ne prijavi neku grešku, gotovi smo i možemo prijeći na sljedeći korak.



Ako ne uspije , probajte sljedeće:

**>setspline 1**

**>coregister4 ldfrgb ldfrgbreg 512 N**

Ako ne uspije ni to, probajte sljedeće:

**>setfindstar sigma**

Ovo bi trebalo funkcionirati. Prelazimo na sljedeći korak - Crop.

### **Crop**

Normalno bi već sada mogli stackirati naše registrirane frameove. Ali metoda Kappa-Sigma stacking, zahtjeva da je svaki frame u nizu obrađen tako da su pozadinske vrijednosti jednake. Ali da bi to napravili, moramo sve frameove cropati na istu veličinu.

Napravite brzinski zbroj registriranih frameova:

**>add\_norm ldfrgbreg N**

gdje je N broj Light frameova

Neutralizirajte pozadinu kao pomoć u vizualizaciji zbrojenog rezultata. Da bi to napravili, mišem nacrtajte kvadrat na sredini slike, i izbjegavajte svijetle zvijezde, galaksije, maglice i slično.

Upišite sljedeće:

**>black**

Pregledajte sliku tako da kliknete na Auto gumb u Treshold prozoru. Skrolajte u donji lijevi dio slike da vidite gdje se frameovi preklapaju i gdje bi trebalo izrezati (cropati) sliku. IRIS pokazuje x i y vrijednosti gdje držimo strelicu miša. Istu stvar treba napraviti i na gornjem desnom dijelu slike. I lakše je ako smanjite sliku na veličinu da stane u prozor i odredite donje i gornje koordinate:

**>window2 ldfrgbreg ldfrgbregcrop x1 y1 x2 y2 N**

gdje je N broj frameova u nizu, (x1 i y1) su koordinate donjeg lijevog ruba slike, a (x2 i y2) koordinate gornjeg desnog dijela.

### **Normalizacija pozadine**

Ova funkcija ima dva pozitivna efekta, prvo, povećava dinamički raspon koji je moguć na stackiranom rezultatu, a drugo, omogućuje Kappa-Sigma stackiranje da radi kako treba:

**>noffset2 ldfrgbregcrop ldfrgbregcropnorm 0 N**

gdje je N broj frameova





## Stackiranje

Postoji nekoliko načina za stackiranje pojedinačnih frameova u nizu. Jedan je otvoreno zbrajanje, koje dovodi do visokog omjera signala sa šumom. Problem sa ovim zbrajanjem dovodi do toga da se kozmičke zrake (koje su male crtice) zatim zrakoplovi te tragovi satelita i ostali neprirodni tragovi, vide na rezultatu stackiranja. Kao suprotnost ovom zbrajanju, može se uzeti srednja vrijednost kako bi se uklonile te neprirodne pojave, međutim, tada je omjer signala i šuma manji. Ne bi li bilo divno kada bi postojao neki hibridni algoritam koji bi izvukao najbolje od ove dvije metode. Dakako da postoji.

Algoritam se zove Kappa sigma stackiranje, a ukratko funkcioniра na način koji slijedi. Uzima se jedan piksel koji ima položaj na slici (x,y). Algoritam ispituje kvalitetu slike u toj točki (x,y) i potom izračunava srednju i zbrojenu vrijednost. Svaka vrijednost koja slijedi iz toga zbrajanja, a koja odstupa od sredine je procijenjena kao "neprirodna" te se ona izdvaja od stackiranja. Algoritam potom izračunava zbroj preostalih vrijednosti, izrađujući skalu podesnih rezultata utemeljenu na količini eliminiranih vrijednosti. Ovo konstantno zbrajanje je nazvano Kappa.

Dakle Kappa sigma algoritam isključuje svaku vrijednost iz stackiranja koja odstupa od sredine. Kappa je jedan od parametara u kojem je sadržan algoritam. Drugi je parametar broj ponavljanja algoritma, kojeg objašnjavam ovdje detaljnije. U nekim slučajevima algoritam nije u mogućnosti izbaciti sve neprirodne pojave u prvom postupku, iako je neke izbacio. U drugom pokušaju ponovo se izbacuju neprirodne pojave ali računanjem se ponovo već filtrirana slika ponovo sagledava kroz zbrajanje i sredinu, od preostalih podataka iz prvog pokušaja. Svaki takav postupak koji slijedi se zove ponavljanje. Obzirom na moje iskustvo, jedno takvo ponavljanje je dovoljno da izbací kozmičke zrake, zrakoplove, satelite i tragove meteora i "vruće piksele" koji su se provukli kroz postupak baždarenja (kalibracije), posebno ako svjetlost treperi tijekom prikupljanja podataka.

Treba upisati u command prozor sljedeće:

**>composit ldfrgbregcropnorm Kappa Iterations Normalize N**  
**>save stack**

gdje je N broj frameova.

Uvijek koristim Kappa vrijednost 3, Iterations 1 i Normalize 1. Ako imate tragove aviona, meteora ili slično na stackiranoj slici, pokušajte smanjiti Kappa vrijednost na 2 ili povećajte Iterations na 2 ili više. Skoro uvijek imajte vrijednost Normalize na 1, da spriječite preeksponiranost zvijezda. U iznimnim slučajevima Normalize može biti na 0, da povećamo dinamički raspon slike.

Da rezimiramo, klasične vrijednosti bi izgledale ovako:

**>composit ldfrgbregcropnorm 3 1 1 N**  
**>save stack**

gdje je N broj frameova.



### Remove Gradient

Ako ste snimali na mjestu gdje ima nešto svjetlosnog zagađenja, i to se vidi na vašoj slici, remove gradient funkcija će vam to djelomično otkloniti. Možete kliknuti na Auto gumb u Treshold prozoru i odzumirati sliku da stane cijela u prozor. Pregledajte da li je pozadina neravnomjerne svjetline.

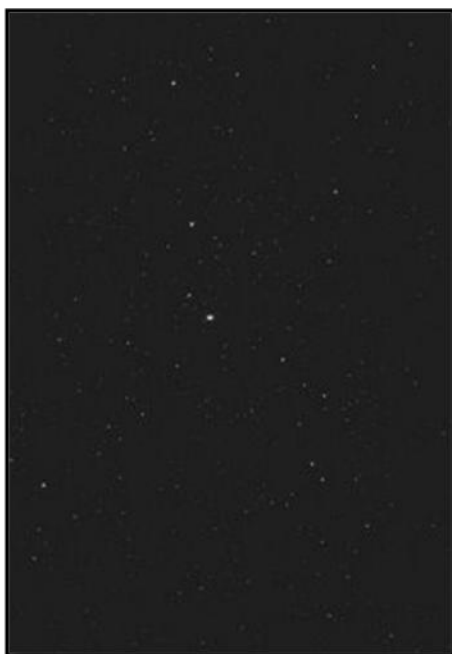
Ako je sve OK, preskočite ovo i krenite na sljedeći korak.

Ako ima nepravilnosti, učinite sljedeće:

**>load stack**

**>setsubsky 4.00 1.0**

**>subsky**



Najčešće koristim sigma = 4.00 i poly\_order = 1.0. Ako nije problem otklonjen, pokušajte povećati vrijednosti za poly-order 3, 4 ili više. Eksperimentirajte dok ne dobijete povoljan rezultat, koji na kraju nemojte zaboraviti snimiti.

**>save stack-subsky**

### Balans bijele boje

Pronađite veći dio na sredini slike bez puno velikih zvijezda, galaksija ili maglice, mišem napravite kvadrat i upišite sljedeće:

**>black**

**>rgbbalance R G B**

**>save stack-subsky-wb**



Za nemodificirane aparate, možemo koristiti vrijednosti where  $R = 1.96$ ,  $G = 1.00$ , and  $B = 1.23$ , makar to zna biti precrveno i premalo plavo. Ali to uvijek možete podesiti kasnije u Photoshopu. Za modificirane Canone s maknutim filtrom sa čipa, upotrijebite sljedeće vrijednosti  $R = 1.38$ ,  $G = 1.00$ , and  $B = 1.23$ .

### Razvlačenje

Funkcija nazvana Hyperbolic Arc Sin (asinh) stretching function u IRISU. Treba pronaći pravu alpha vrijednost (agresivnost razvlačenja) i pravu vrijednost intensity (faktor koji sprječava preekspoziranost ili posvijetli rezultat). Parametri variraju za svaku sliku, tako da nema univerzalnih. Treba isprobavati razne kombinacije dok ne pronađemo onu koja na ma odgovara.

**>load stack-subsky-wb**

**>asinh 0.001 10**

**>visu 32767 -5000**



Ja najčešće koristim  $\alpha = 0.001$  i  $\text{intensity} = 10$ . Za  $\alpha$  vrijednost, male promjene mogu imati veliki efekt. Ako je 0.005 srednja vrijednost, 0.010 je velika, a 0.001 vrlo mala promjena. Treba isprobavati. Igrajte se s vrijednostima, dok ne pronađete odgovarajuću, ali pazite da ne pretjerate s svjetlinom pozadine i pojačanjem šuma. Za višu vrijednosti, uvijek koristite 32767, a -5000 može varirati do -3000 ili više. Eksperimentirajte, eksperimentirajte, eksperimentirajte! Na kraju, snimate rezultat:

**>save stack-subsky-wb-asinh**

Čestitam! Prvi put otkad ste krenuli na ovu processing odiseju, sada konačno gledate u sliku koja vjerojatno izgleda onako kako ste željeli! Sada nam je ostalo dotjerivanje u Photoshopu.

### **Dotjerivanje u Photoshopu**

Do sada se IRIS pokazao kao dobar i učinkovit alat. Sad je vrijeme da eksportiramo sliku u Photoshop za konačno dotjerivanje. Prvo je treba snimiti u Photoshop format čitljiv IRISU:

**>savepsd2 stack-subsky-wb-asinh**

Važno: koristite savepsd2, **ne savepsd!!!**

Sada otvorite stack-subsky-wb-asinh.psd u Photoshopu. Vjerojatno izgleda užasno, ali nema problema. Razlog je taj što su IRIS-ove vrijednosti za crno i one koje Photoshop koristi vrlo različite. To jednostavno riješimo otvaranjem Levels prozora i namještanjem black point slidera na vrijednost od 110 otprilike...

Kada ste tako namjestili Levels vrijednosti, slika bi trebala izgledati isto kao što je bila u IRISU. Jedino trebamo okrenuti sliku.



Čestitke ponovo!!! Sada vjerojatno gledate u MRAK fotku. Ako je sve prošlo kako treba. Vremenom ćete usavršiti metodu, snimiti više Light frameova, imati bolji guiding ili napraviti bolje Flat frameove. Bitno je to da ste zadovoljni rezultatom jer ste napravili sve što je moguće da bi dobili kvalitetnu astrofotografiju. Na greškama se uči, zato svaki puta probajte biti još bolji!

### **Arhiviranje**

Snimate si CD ili DVD sa svim RAW fileovima, stackirani rezultat (stack.pic), i vaš konačni file u punoj rezoluciji, i to kao IRIS file (.pic) i kao Photoshop file (.psd i .tiff ). Ako ima mjesta, uključite i Master Flat, Master Dark i Cosmetic file.





### Obrada astrofotografije u Photoshopu

(Posebna zahvala Vidu Nikolić na dopuštenju korištenja teksta s [njegovih web stranica](#)!)

Ovo je jedan od načina obrade astrofotografije u Photoshopu. Većinu stvari sam pokupio na internetu, a i vodio sam se uputama od Jerry Lodrigussa, od kojeg sam i kupio 2 cd-a o obradi astrofotografija. Ovo baš nije kompletan prijevod, već malo prilagođeno i pojednostavljeno. Naravno da postoje i bolje i detaljnije obrade, ali ovo je sasvim OK za početak.



Elephant trunk



**ZVJEZDARNICA**  
nešto važno događa se u svemiru



| [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |



M17



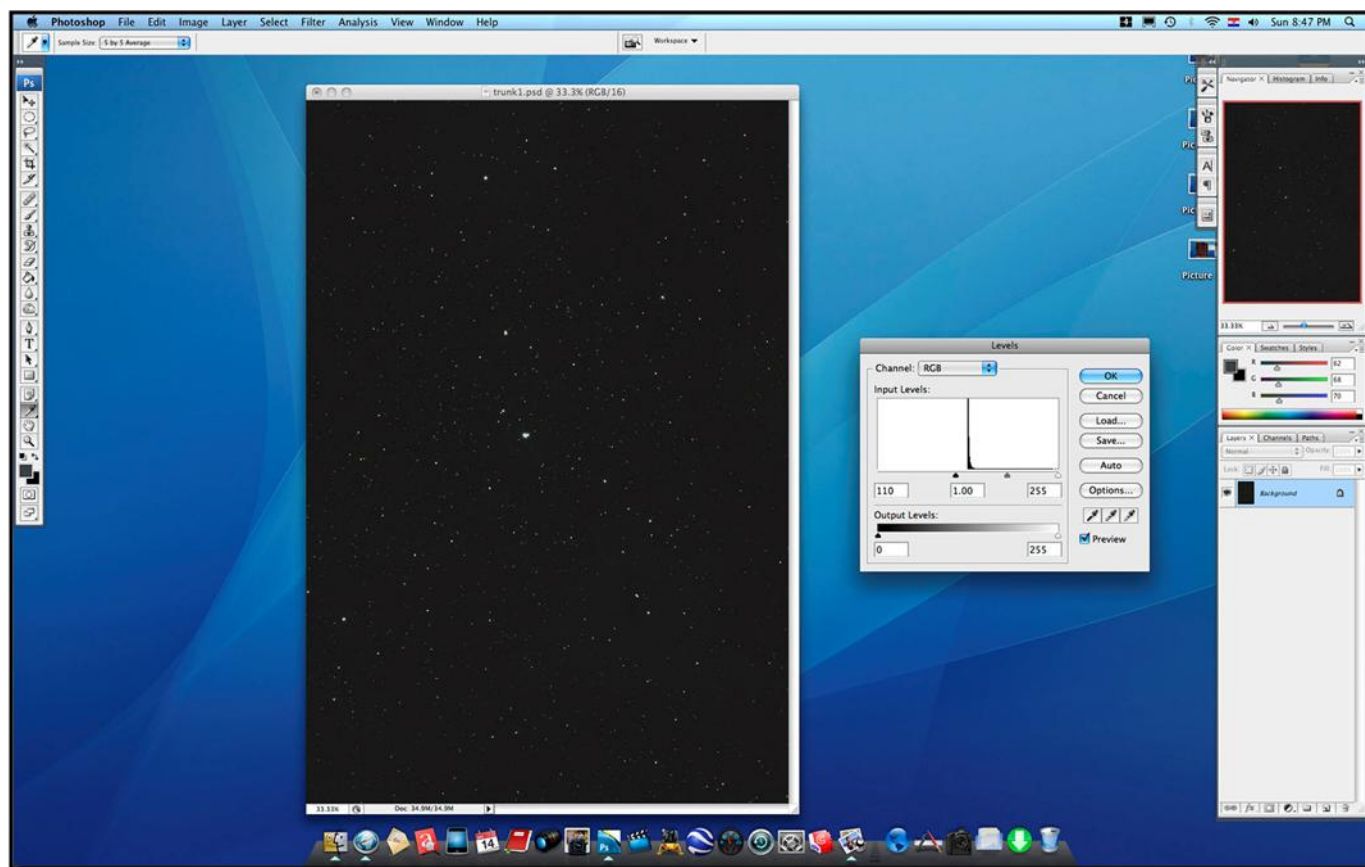


M20

Za ove slike, koje su već bile konvertirane u TIFF, preskačemo prvi korak obrade, gdje namještamo levels na 110!

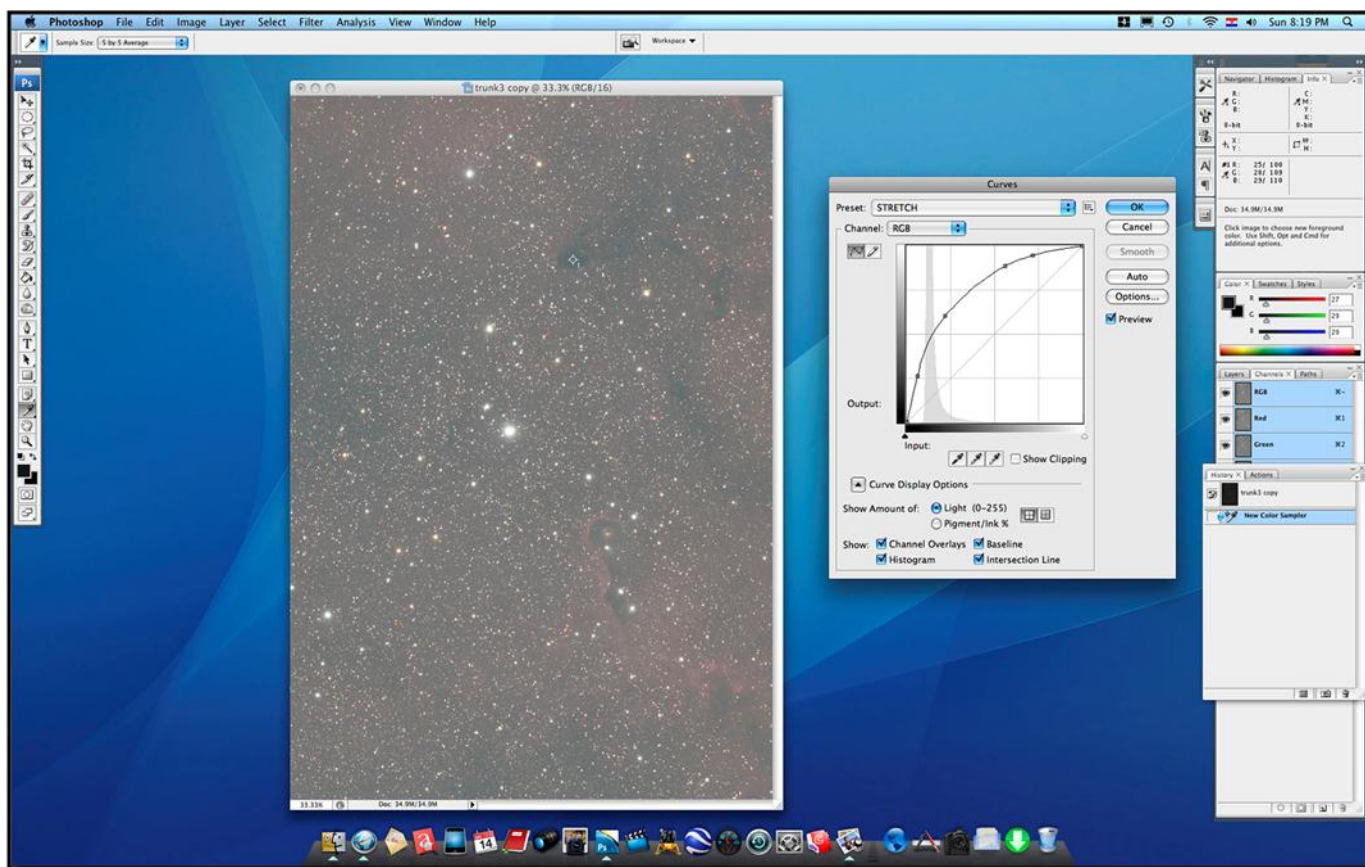
### **Tutorial**

Za primjer sam stavio svoju sliku Elephant trunk nebule, koja mi je dosta dobro ispala, a i pokazuje koliko se puno da izvući iz slike koja baš i ne obećava niti količinom signala niti kontrastom. Tutorial ide od faze kada imamo sirovi stack, koji je malo obrađen u IRIS-u. Slika se na kraju snimi u .psd format koji se može otvoriti u Photoshopu. Taj dio pogledajte ovdje - Align, register and stack in IRIS.



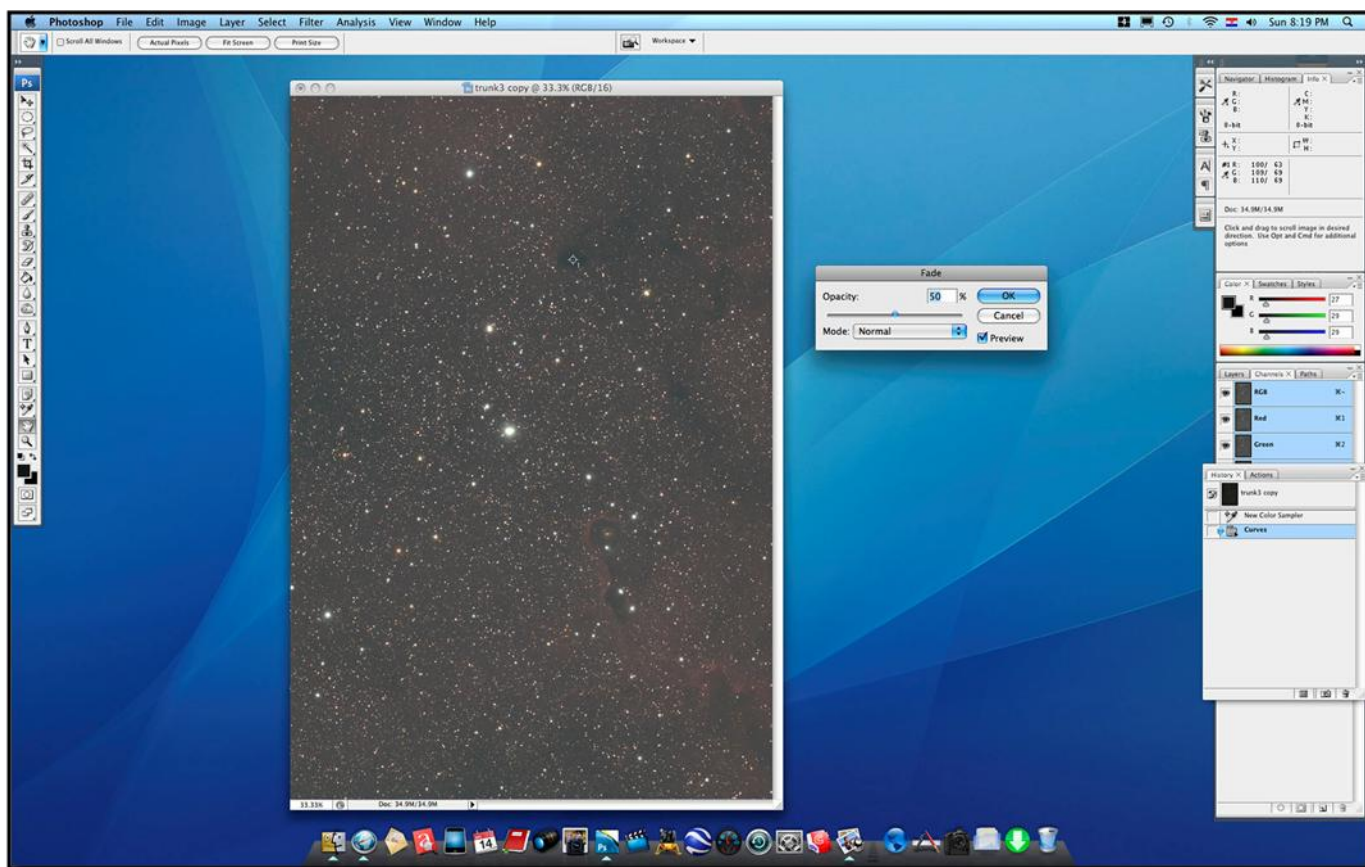
1. U Photoshopu otvorimo .psd file. Slika je presvijetla jer takva izlazi iz IRIS-a. Prvo kliknemo na IMAGE - ADJUSTMENTS - LEVELS i u prvom polju (shadow input level) upišemo vrijednost 110. To će pretvoriti sliku u onakvu kakvu smo je gledali u IRISU na kraju obrade. Kliknite OK.



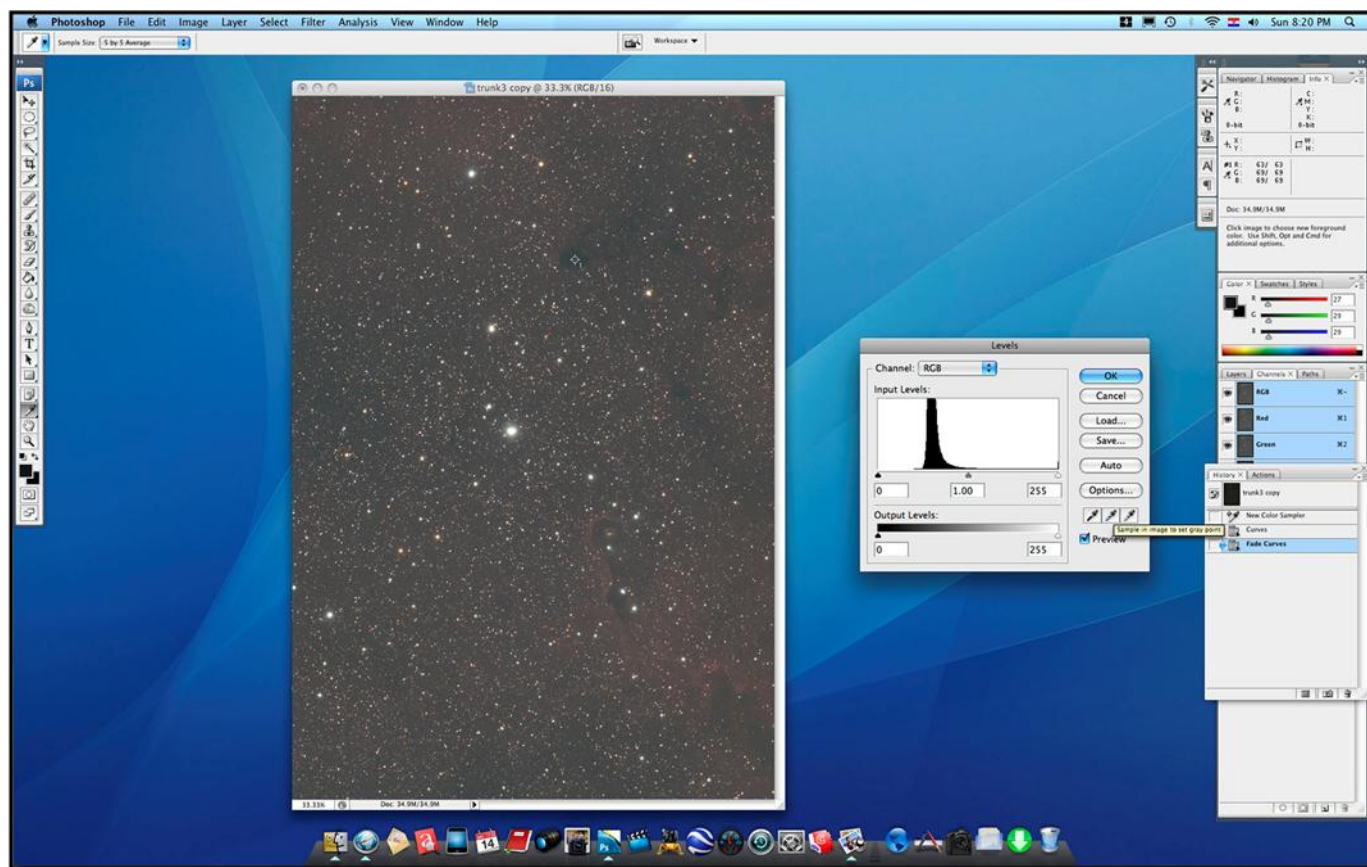


2. Sada otvorimo IMAGE - ADJUSTMENTS - CURVES i radimo pojačavanje tamnih i srednjih tonova, bez da pojačavamo i svijetle tonove. Tako preporuča Jerry, meni je to malo previše, pa sam si ja to malo reducirao u sljedećem koraku. To naravno ovisi i o sirovoj slici koju imate na početku, ima li više ili manje signala, kakav je kontrast, da li se radi o maglici ili galaksiji itd. Dakle, krivulju podesiti onako kako vam najbolje izgleda za vašu fotografiju. Kliknite OK.





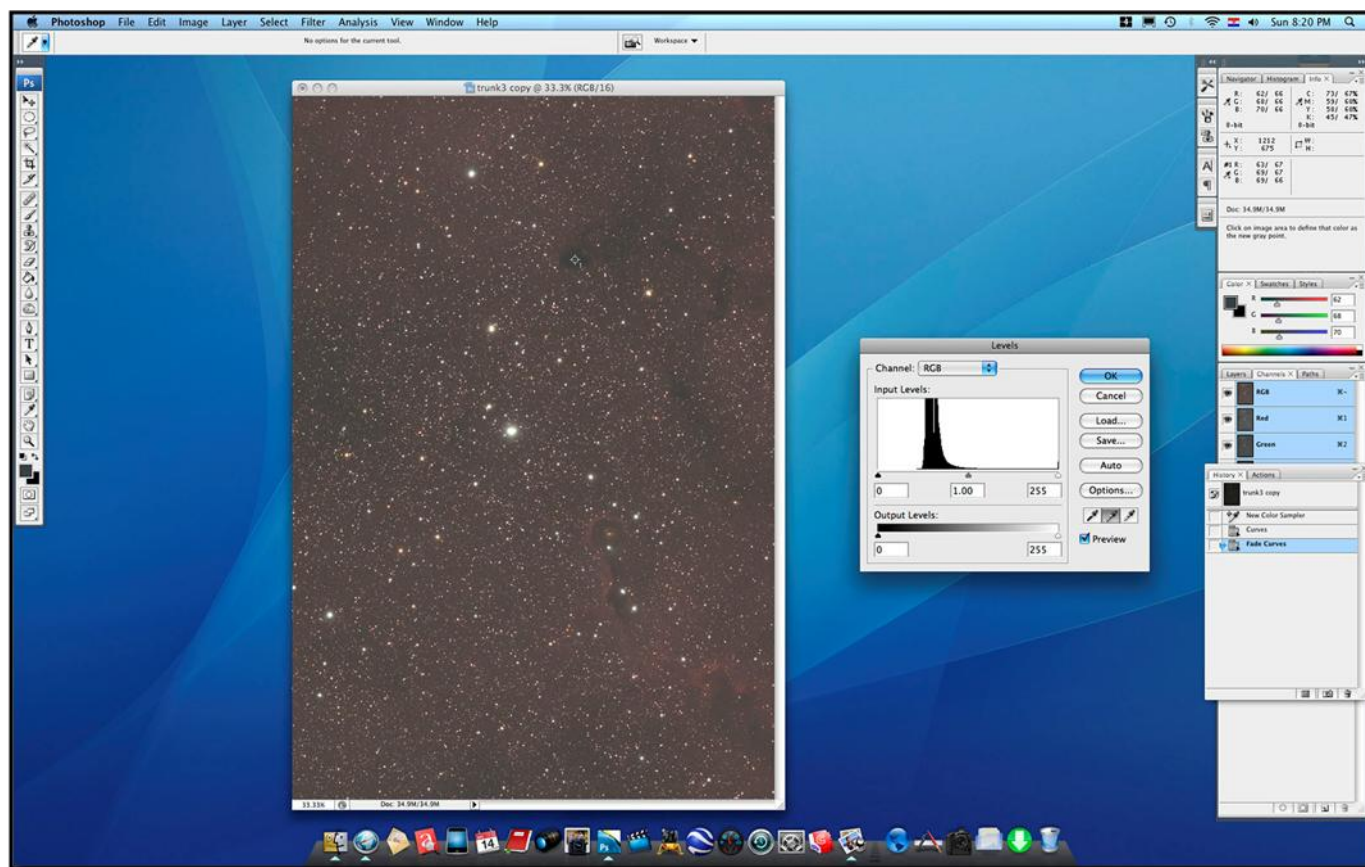
3. Ovdje sam malo smanjio taj curves stretch, tako da sam na EDIT - FADE CURVES smanjio količinu na meni odgovarajuću, što opet ovisi o samoj fotografiji i objektu. Kliknite OK.



4. Ovdje ćemo "unormaliti" srednje tonove, odnosno podesiti svjetlinu neba na neutralnu. To je bitno i zato što kod podešavanja RGB balansa može doći do krivog pomaka kod obrade (ovisno i o DSLR-u, da li je modificiran ili ne).

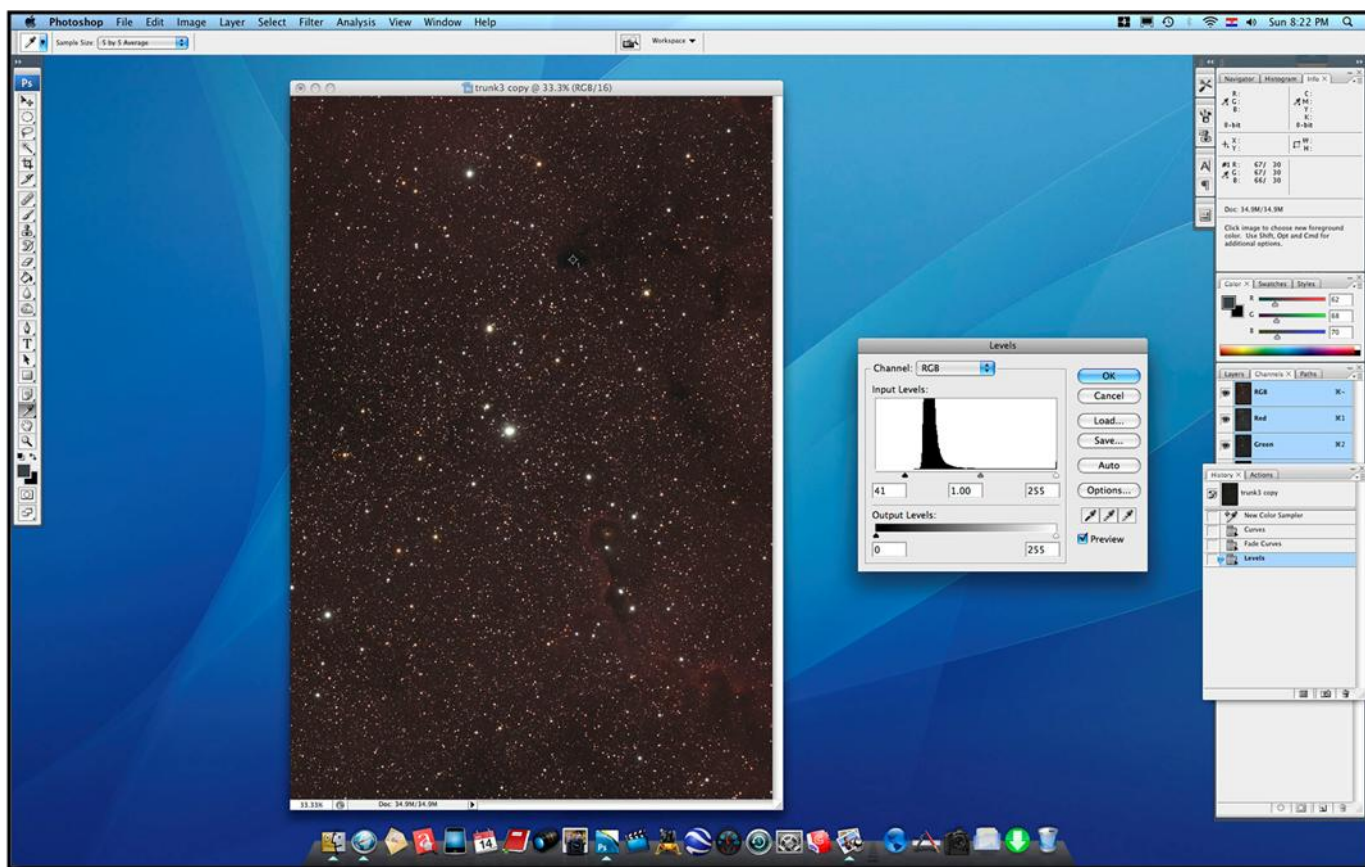
Prvo, u bočnom izborniku odaberite onu kapaljku, ali držite miš na njoj da vam se otvore još 4 i odaberite COLOR SAMPLER TOOL, a na vrhu ekrana u SAMPLE SIZE odaberite 5 x 5. Kliknite kapaljkom na dio slike gdje bi trebao biti neutralni dio neba, najčešće uz rub. To na mojem primjeru nije slučaj jer crvena maglica dominira cijelom slikom, tako da sam odabrao tamo gdje ima tamnijih dijelova. Sada možete desno u INFO panelu očitati RGB vrijednosti za taj dio neba.

Sada otvorite IMAGE - ADJUSTMENTS - LEVELS i ispod gumba OPTIONS kliknite na srednju kapaljku (set gray point) i kliknite kapaljkom na vrlo blizu onog dijela gdje ste postavili COLOR SAMPLER.



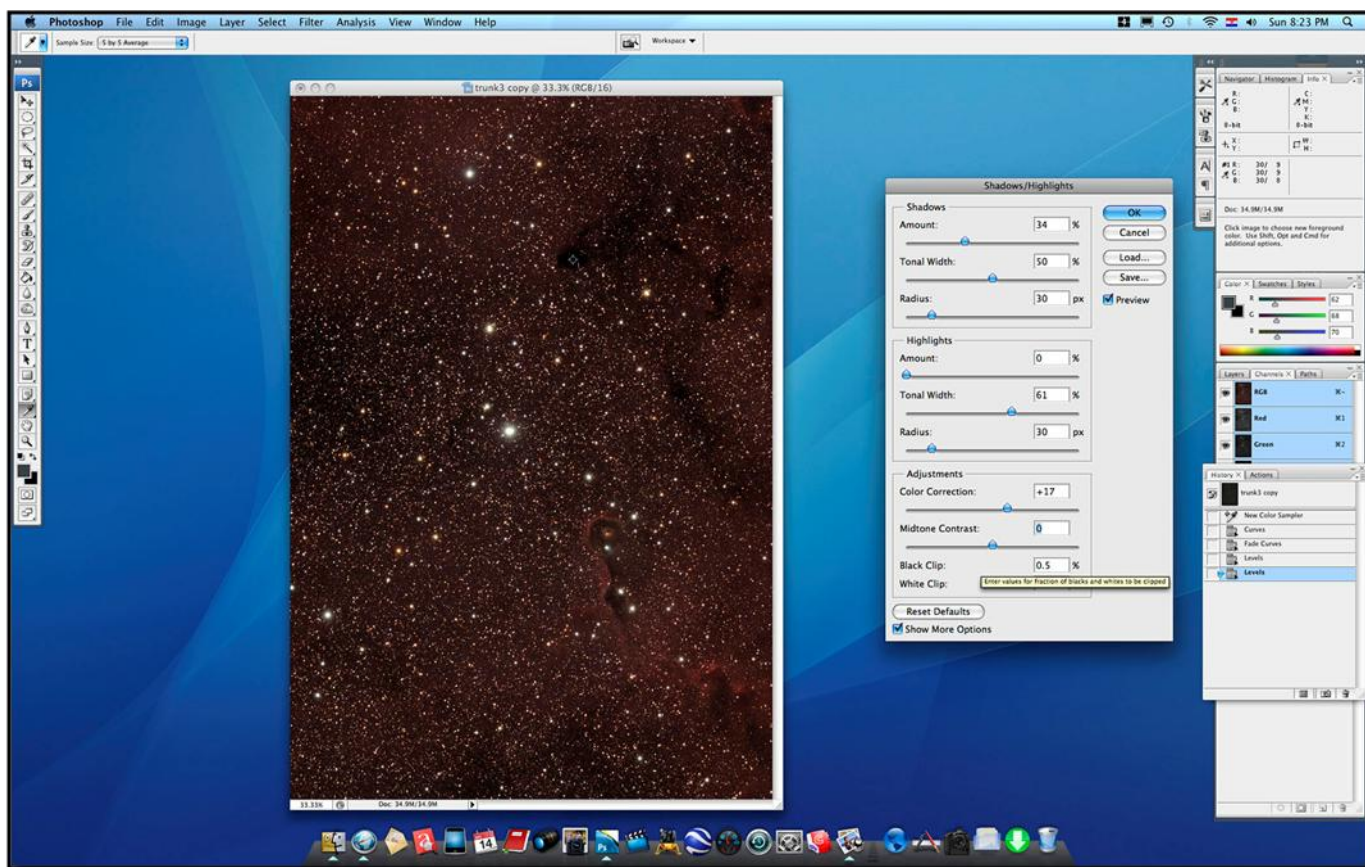
5. Klikajte par puta na tom mjestu da vidite ima li velike razlike (da ne kliknete baš na neku zvijezdu) i da vam slika postane neutralnija što se tiče boje neba. Sada bi RGB vrijednosti u INFO panelu trebale biti ujednačene, bez prevelikih razlika. Kliknite OK.





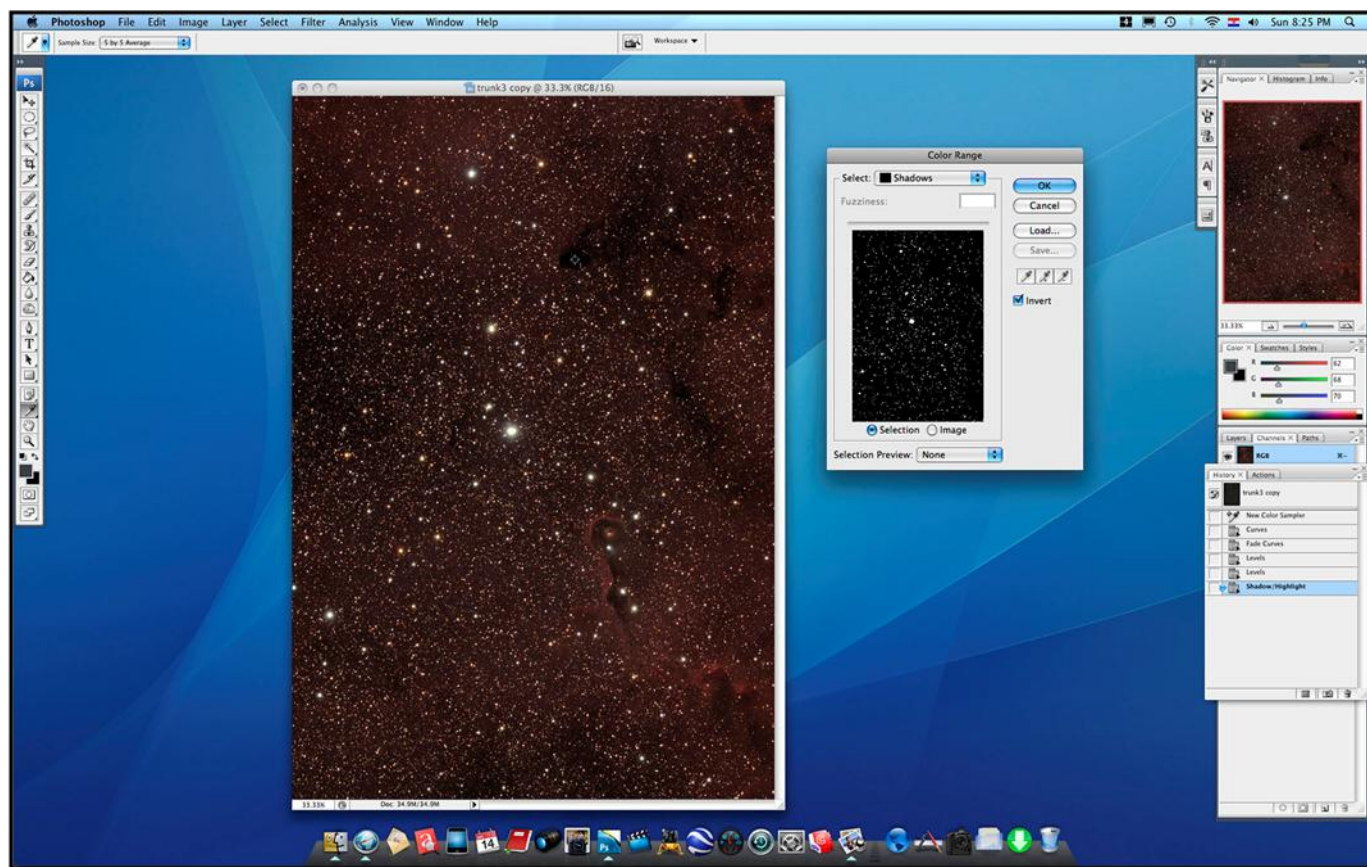
6. Sada određujemo svjetlinu neba u levelsima (set black point). Većinom bi RGB vrijednosti za svjetlinu neba trebale biti od 20-30. Nikako ih ne smijemo ostaviti na nuli jer bi to bilo pretamno. Nebo naravno nije crno, već je tamno sivo, što treba biti vidljivo i na slici. Također postavljanjem neba pretamnog gubimo detalje u srednjim tonovima.

Dakle, idemo na IMAGE - ADJUSTMENTS - LEVELS, očitavamo RGB vrijednosti u INFO panelu i pomičemo lijevi klizač u levelsima dok nam se vrijednosti ne smanje na 30:30:30. S obzirom da nisu proporcionalne, fine korekcije napravimo u svakom kanalu tako da umjesto RGB odaberemo svaki posebno. Ovaj dio također ovisi i o tome gdje smo postavili COLOR SAMPLER i o kakvoj slici/objektu se radi. Kliknite OK.

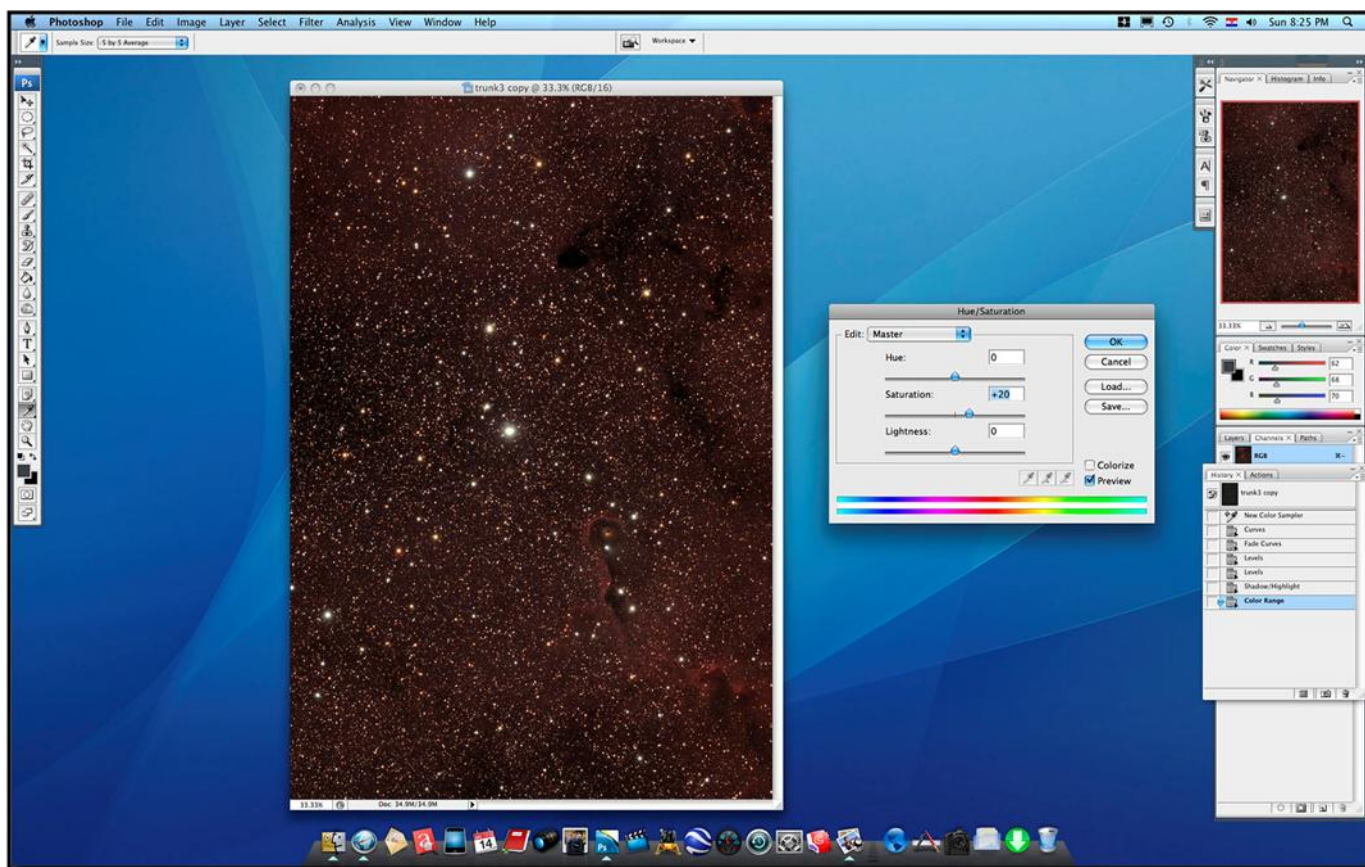


7. Ovdje slijedi korekcija Shadow/highlight korekcija. Ovaj korak nije neophodan, može vam pokvariti sliku i dodati previše šuma, sve ovisi o tome koliko postavite parametre. Otvorite IMAGE - ADJUSTMENTS - SHADOW/HIGHLIGHT i unesite parametre kao na slici, ili ih korigirajte po želji. Ne zaboravite podesiti BLACK CLIP vrijednost na dnu. Kliknite OK.



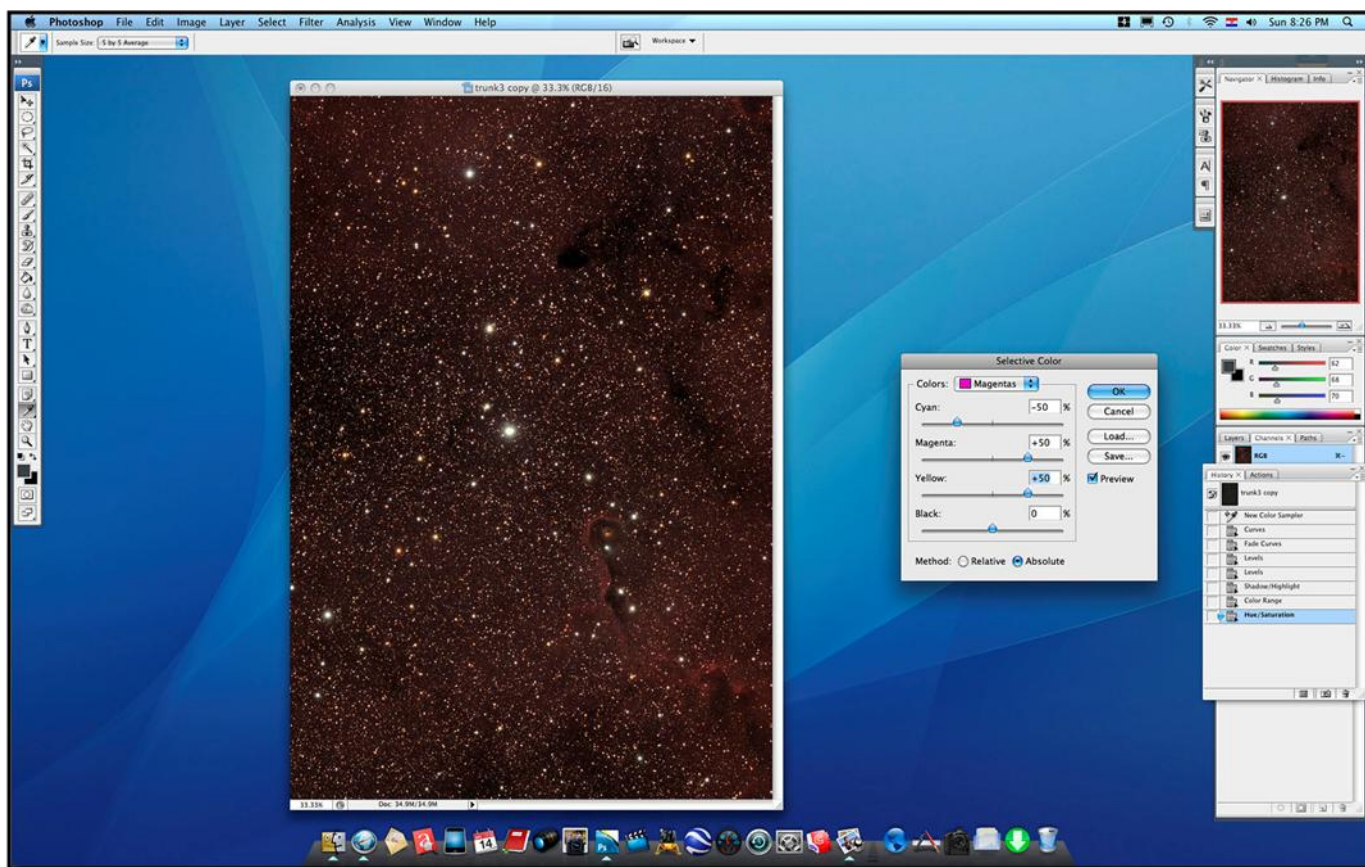


8. Ovdje ćemo pojačati saturaciju same maglice, tako da selektiramo samo određeni dio. Idite na **SELECT - COLOR RANGE**, u prozoru gore odaberite **SHADOWS** i kliknite na **INVERT**. To će selektirati sve osim tamnih dijelova slike. Da vam ne titra selekcija na slici, kliknite **CONTROL H** da selekcija nestane radi boljeg pregleda što radimo. Ona je još uvijek tu ,samo se ne vidi. Kliknite **OK**.

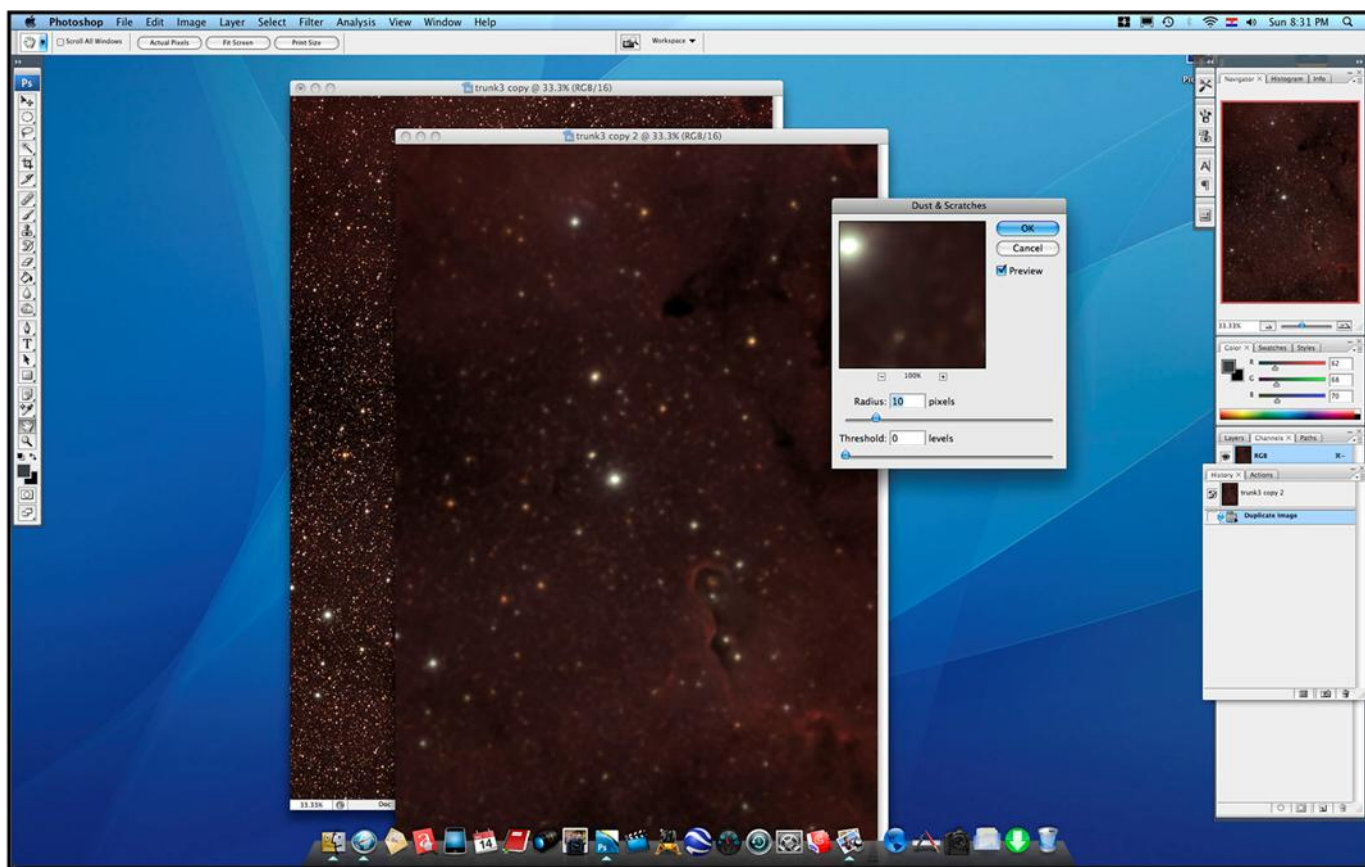


9. Sada podešavamo saturaciju cijele slike, odnosno selekcije. Kliknite na **IMAGE - ADJUSTMENTS - HUE/SATURATION** i srednji saturation slider podesite na +20 ili više, koliko vam odgovara. Kliknite OK.



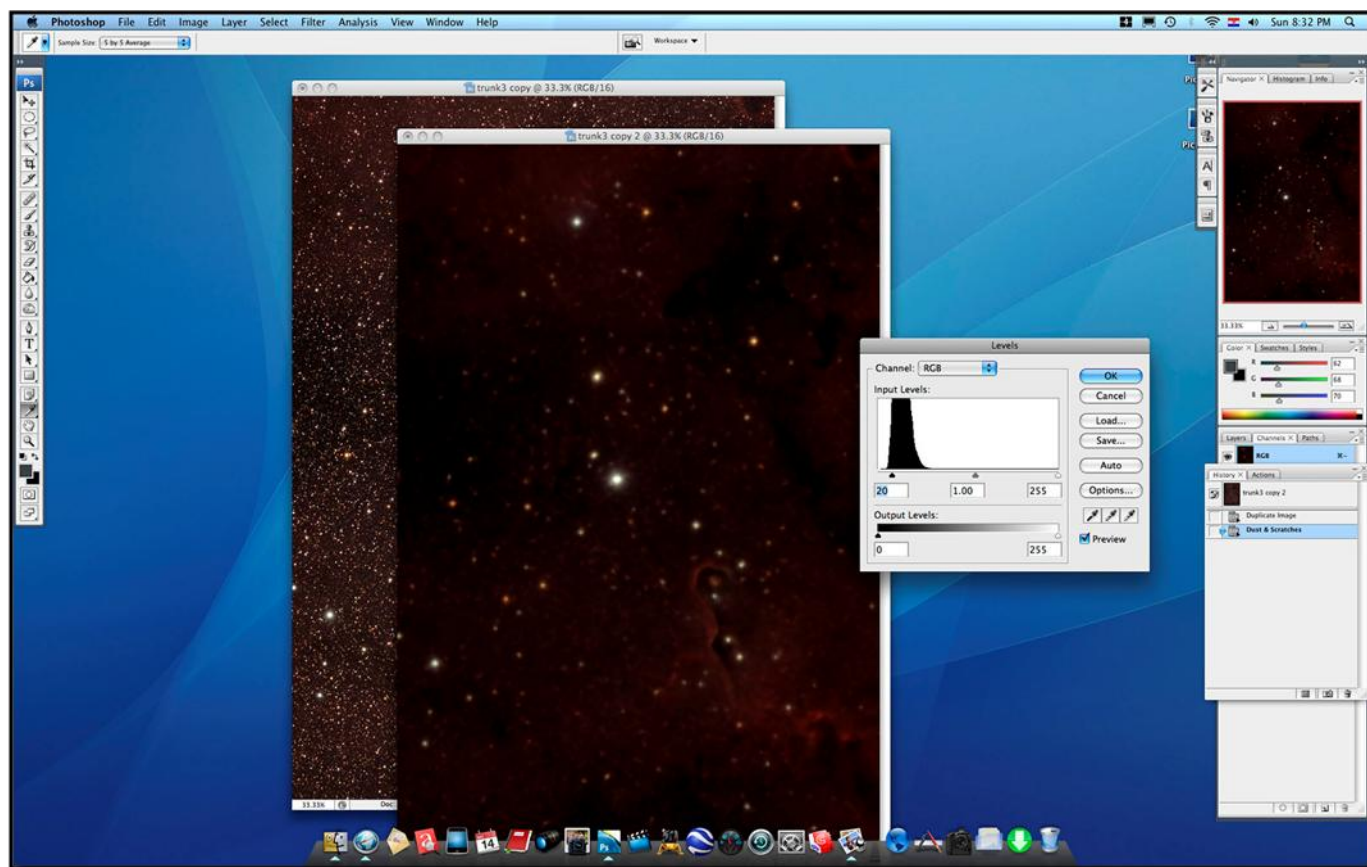


10. Ovdje podešavamo crvenu boju maglice. Još uvijek nam je selektiran isti dio slike. Otvorite IMAGE - ADJUSTMENTS - SELECTIVE COLOR, gore u bojama odaberite MAGENTA i podesite vrijednosti kao što su prikazane. Može doći do odstupanja, pa podesite prema želji. Kliknite OK.



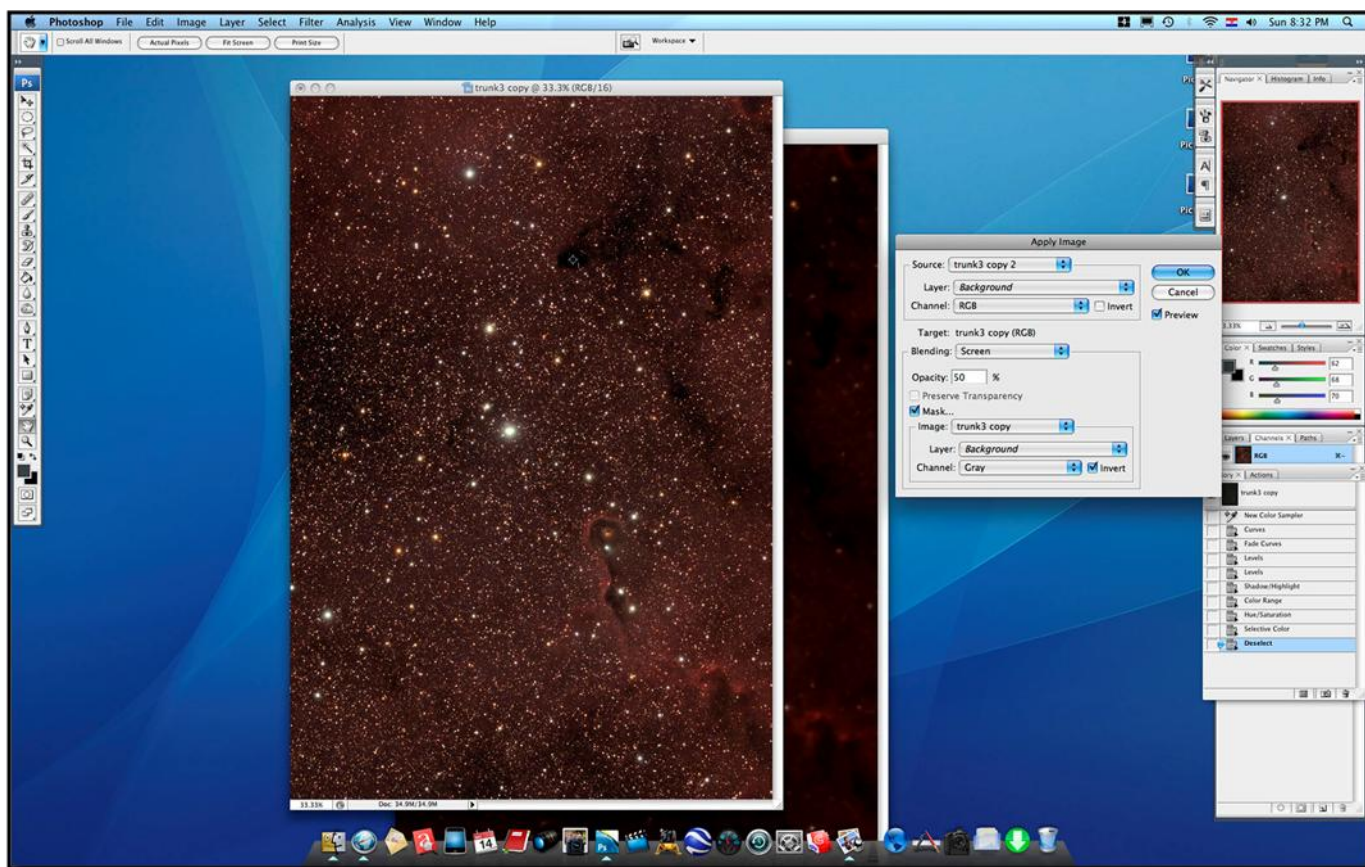
11. Ovdje radimo SMI tehniku (Screen - Mask - Invert). Time postizemo to da istaknemo srednje tonove i smanjimo šum.

Prvo, napravite SELECT - DESELECT, deselektiramo ono od maloprije. Zatim napravite kopiju slike, IMAGE - DUPLICATE. Sada, na kopiji napravite FILTER - NOISE - DUST & SCRATCHES . Treshold ostavite na nuli, a radijus podesite prema veličini slike. Za velike rezolucije koristite do 10, a za manje oko 2-4. Bitno je da se zblura slika, ali ne previše, trebaju se lijepo nazirati konture i oblik. Kliknite OK.



12. Sada na istoj kopiji malo smanjimo levelse, IMAGE - ADJUSTMENTS - LEVELS, i vrijednost smanjimo na +20, da se znatno zatamni slika. Kliknite OK.





13. I sada kliknemo na original sliku, odemo u IMAGE - APPLY IMAGE, u prozoru gore pod SOURCE odaberemo kopiju, BLENDING odaberemo SCREEN, kliknemo na MASK, i u dijelu koji nam se otvori, kliknemo INVERT. Sada pogledamo sliku, da li je presvijetla, što dodatno možemo korigirati u OPACITY, kojeg smanjimo na 50% ili manje, što opet ovisi o vrsti slike/objekta. Kliknite OK.

Nakon ovog zadnjeg koraka treba opet podesiti malo svjetlinu neba (Set black point) u levelsima na 20-30, jer smo ovom SMI tehnikom malo ili puno pojačali svjetlinu neba.

Ovo bi sada trebalo biti ono najviše što možemo izvući iz jedne astrofotografije. Kvaliteta fotografije naravno ovisi o količini light frameova i koliko smo napravili dobar processing na početku sa dark i flat frameovima. Jedina stvar koju nisam spomenuo jest redukcija šuma, koju možemo raditi u Photoshopu, [Neat Image](#) ili [Noise Ninja](#) programu.



## 4.

## PRAKTIČNE VJEŽBE OBRADE ASTROFOTOGRAFIJA

Kako bismo vam omogućili praktično uvježbavanje obrade sirove astrofotografije, pripremili smo ovaj primjer s uputama kako napraviti obradu u Photoshopu i još nekim programima za obradu (astro)fotografija. [Filip Lolić](#) a.k.a. Filip Lolic, iz Splita, snimio je maglicu Messier 27 (M27) koju **možete skinuti na svoje računalo** (48 MB) i koju ćete koristiti u svim primjerima obrade. Astrofotografija je stackirana u [DeepSkyStacker-u](#) i sastoji se od stackova light, dark i bias frameova, bez ikakve daljnje obrade. Učitajte ju u Photoshop. Vedran Vrhovac a.k.a. Acheron, iz Novog Čiča, obradio ju je jednostavnijom metodom, ali iako je brža, nedostatak joj je u grubljoj obradi i nemogućnost postizanja finijih detalja obrade. No, za početak, počnite s njom kako biste vidjeli što se može postići. Evo kako je to Vedran napravio:

*Vedran Vrhovac*

Kao prvo, varao sam. Koristio sam automatske funkcije u Photoshopu (da brzinski riješim balans boje)

1. pokrenuo sam Photoshop i učitao tiff
2. cropao rubove gdje se vidi stackiranje
3. pretvorio fotku iz 32 u 16bit kanalni format
4. koristio Auto Levels i Auto Color
5. u Levelsima sam podesio svjetlinu pozadine i srednje tonove
6. gradijent s desnog ruba slike prema središtu odlučio sam izjednačiti korištenjem Gradient Overlay u Layer Style, tu funkciju sam koristio više puta dok nisam postigao najbolji mogući rezultat. Time sam ujedno smanjio i vinjetiranje. Ovaj postupak mi je pojeo 90% vremena
7. Color Balance-om sam sredio crvenkastu boju pozadine
8. Levelsima sam opet podesio svjetlinu pozadine
9. pomoću Curves-a sam namjestio kontrast
10. pretvorio u 8 bit kanalni raster i spremio u jpg oblik s kvalitetom 8

Ovo je samo okvirno, vi svakako obavezno eksperimentirajte s različitim postavkama kako biste vidjeli što se događa i odaberete rezultat koji vama više odgovara. Nema jedinstvene formule kako točno slika mora izgledati.

Rezultat koji je Vedran dobio možete vidjeti na ovoj fotografiji.



Messier 27 u obradi Vedrana Vrhovac

Sada slijedi primjer puno ozbiljnije i detaljnije obrade iste fotografije. Obradu je napravio [Dag Šola Oršić](#) a.k.a. Dag, iz Zagreba. Uz Photoshop koristio je i [Neat Image](#). Evo kako je to on napravio.





## Dag Šola Oršić

Mnogi od ovih koraka se mogu i drugačije obaviti ili s drugim alatima ali vrlo sličnim rezultatima. Nekada je to i stvar navike. Ovo je jedna dosta brza i vrlo elementarna obrada. Nisam rješavao ni rubno zatamnjene. Nadam se da će nekome pomoći.

### Obrada:

1. start Photoshop
2. Ctrl + m (ili image>adjustments>curves)
3. Klik na srednju kapaljku (siva)
4. Klik na dio pozadinskog neba koji je jednoličan i za koji želim da bude neutralne boje
5. Klik OK
6. Window>layers (pojavi se prozor s layerima)
7. Layer>duplicate layer>OK (pojavi se novi layer u prozoru s layerima i vidi se smanjena slika)
8. Layer>layer mask>reveal all (u prozoru s layerima, uz malu sliku pojavi se bijela slika, to će biti maska za zvijezde)
9. Klik na sliku maglice u layerima pa select>all
10. Edit>copy
11. Alt+klik lijevom tipkom miša na bijelu sliku (masku) u prozoru s layerima
12. Edit>paste (u prozoru maske sada se pojavi isto naša slika)
13. Image>adjustments>invert (slika se pretvori u c/b negativ)
14. Ctrl + m
15. Klik desna kapaljka (bijela)
16. Klik na dio pozadinskog neba koji je jednolične sive boje i nije u maglici, pa OK
17. Klik "lasso tool" (feather staviti na 20 px)
18. Select>deselect (ako nije aktivno, u redu)
19. Klik lijevom tipkom miša i drži stisnuto i selektiraj samo maglicu (malo šire) i pokušaj izbjeći sjajne zvijezde
20. Ctrl+m
21. Klik desna kapaljka (bijela)
22. Klik tamniji dio maglice pa OK
23. Select>deselect
24. Filter>blur>gaussian blur
25. U polje radius upisati 4 pa OK
26. Ctrl+m
27. Klik lijevom tipkom miša na lijevu kapaljku (crna)
28. Klik lijevom tipkom miša na centar neke od sjajnijih zvijezda, pa OK
29. Klik lijevom tipkom miša na originalnu sliku u prozoru s layerima (onu do maske)
30. Ctrl+L (ili image>adjustments>levels)
31. Ispod krivulje u tom prozoru su tri strelice: lijevu pomaknuti do vrijednosti 39, desnu do 132 i srednju do 0,92
32. OK
33. Lasso tool (feather 20 px) držeći stisnuto lijevu tipku miša selektirati još najsjajniji dio maglice za koji ne želimo da nam "izgori" kod posvjetljavanja slike



34. Select>inverse
35. Ctrl+L
36. Lijeva strelica na 39, desna na 241 i srednja na 1,34
37. OK
38. Select>deselect
39. U alatima klik na strelicu
40. F8 (ili window>info)
41. Ctrl+B (ili image>adjustments>color balance)
42. Odabrati "shadows" za korekciju boje neba
43. Postaviti kursor na jednolični dio neba (ne u maglici) za koji želimo da bude neutralne boje i promatrati u "info" prozoru vrijednosti R,G,B. Crvena je obično najviša.
44. U prozoru "color balance" pomicati kursor prema cyan (smanjiti crvenu) do -30, kursor prema green do +35 i provjeravati stalno u prozoru "info" RGB i dovesti ih do +/- sličnih vrijednosti (provjeravati na više mjesta na slici)
45. Na "color balance" prozoru OK
46. Zatvoriti "info"
47. Layer>flatten image
48. Save as (odabrati TIFF format i neki folder), compression odabrati none
- 49. Otvorio Neat Image**
50. Auto profile
51. Noise levels

Hi	+140	Y	0
Mid	+ 80	Cr	+25
Low	0	Cb	+25

52. Noise reduction amounts

Hi	+100	Y	60
Mid	+ 70	Cr	70
Low	60	Cb	75

53. Apply

Rezultat koji je dobio Dag, vidimo na ovoj slici:



**ZVJEZDARNICA**  
nešto važno događa se u svemiru| [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |

Uvećani detalj maglice M27 na obrađenoj astrofotografiji

Kao i u prethodnom primjeru vrijedi preporuka, igrajte se postavkama i pokušajte pronaći svoj put do obrade slike, onako kako to vama odgovara. Nemojte se ustručavati eksperimentirati!

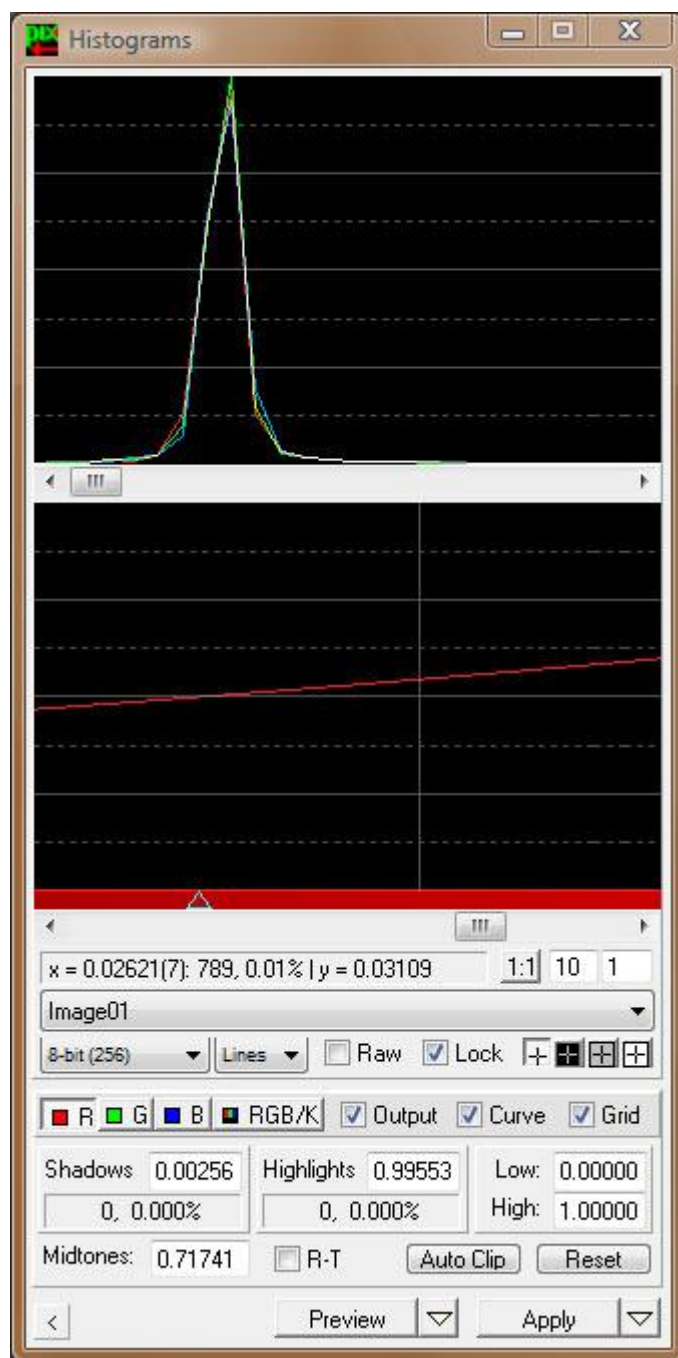


## PixInsight LE

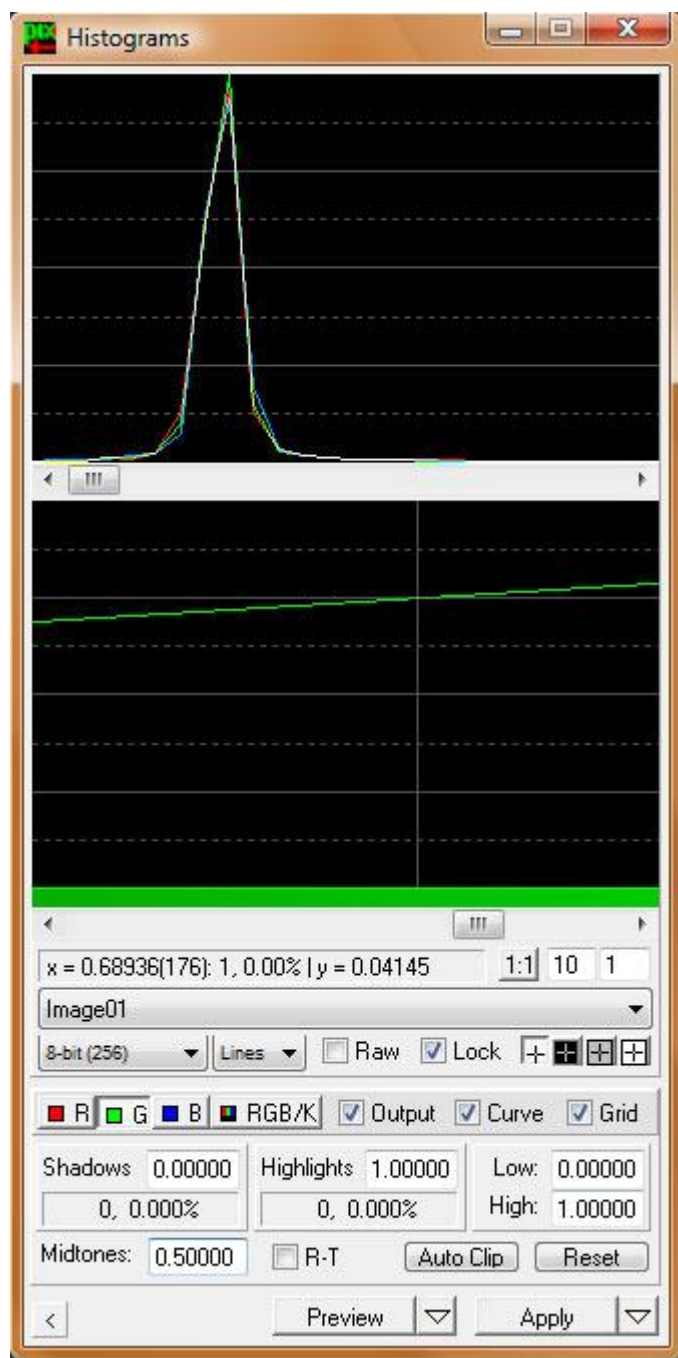
*Matija Pozojević*

Svoj doprinos dao je i [Matija Pozojević](#) a.k.a. HrAstro, iz Zagreba, koji je obradio podešavanje histograma, boje te krivulja, u programu [PixInsight LE](#). (Napomena: Ove vrijednosti vrijede samo za Filipovu snimku M27 koja služi za vježbu. Detaljnije o radu s histogramom možete pročitati na [PixInsight LE Tutorial - Basic Histograms and Curves Adjustments in PixInsight](#)).

1. Otvaramo PixInsight LE
2. Prethodno stackiranu fotografiju otvorimo s File>Open
3. Zatim Process>Transfer curves>Histograas
4. Vidimo da boje nisu baš balansirane te nam je to prvi korak

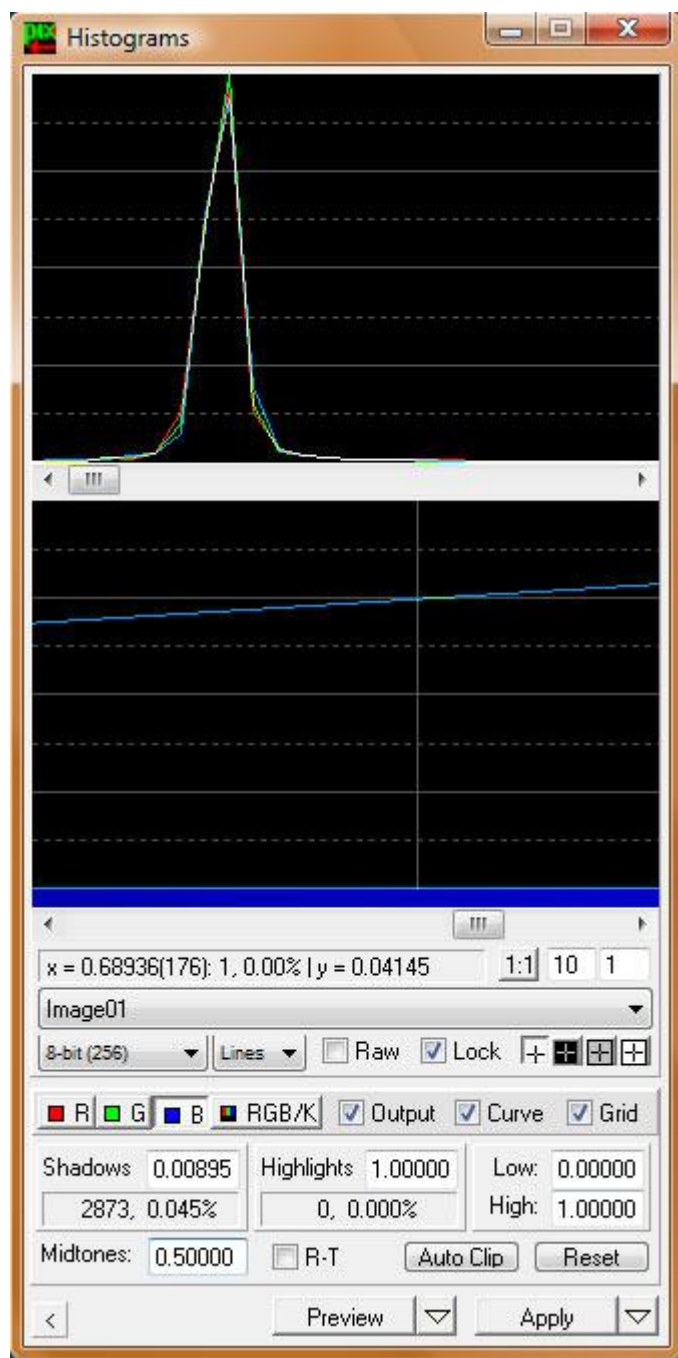


U dijalogu "Histograms" kliknemo na crveni kanal te zadamo vrijednosti kako su prikazane na slici



5. Zatim upisujemo vrijednosti za zeleni kanal;





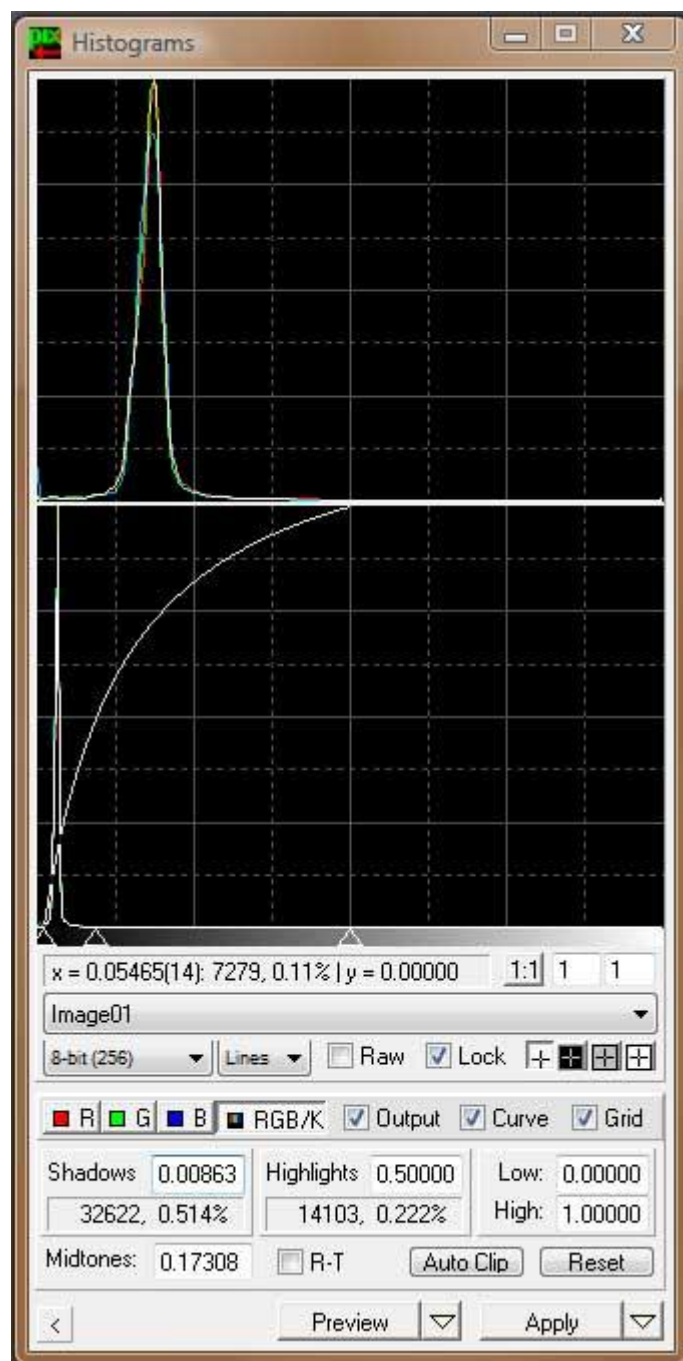
## 6. Te vrijednosti za plavi kanal;

Odmah napomena... nije potrebno upisivati ručno te vrijednosti nego je dovoljno i podešavanje klizačima podno grafa, no preciznosti radi, možemo i ručno upisivati.

Isto tako, uočite odmah ispod grafa vrijednost 1:1 i isto 10 1. To su zapravo omjeri koliko želimo povećati prikaz na grafu.



7. Zatim idemo malo rastegnuti histogram kako bi malo posvijetlili fotografiju. Klikamo na RGB/K i zadajemo slijedeće vrijednosti;



8. Prođite još jednom korake od 3-6 ako su se kanali "pošemerili"! Naravno to više neće biti te vrijednosti (ja za ovaj korak nisam ništa dirao)

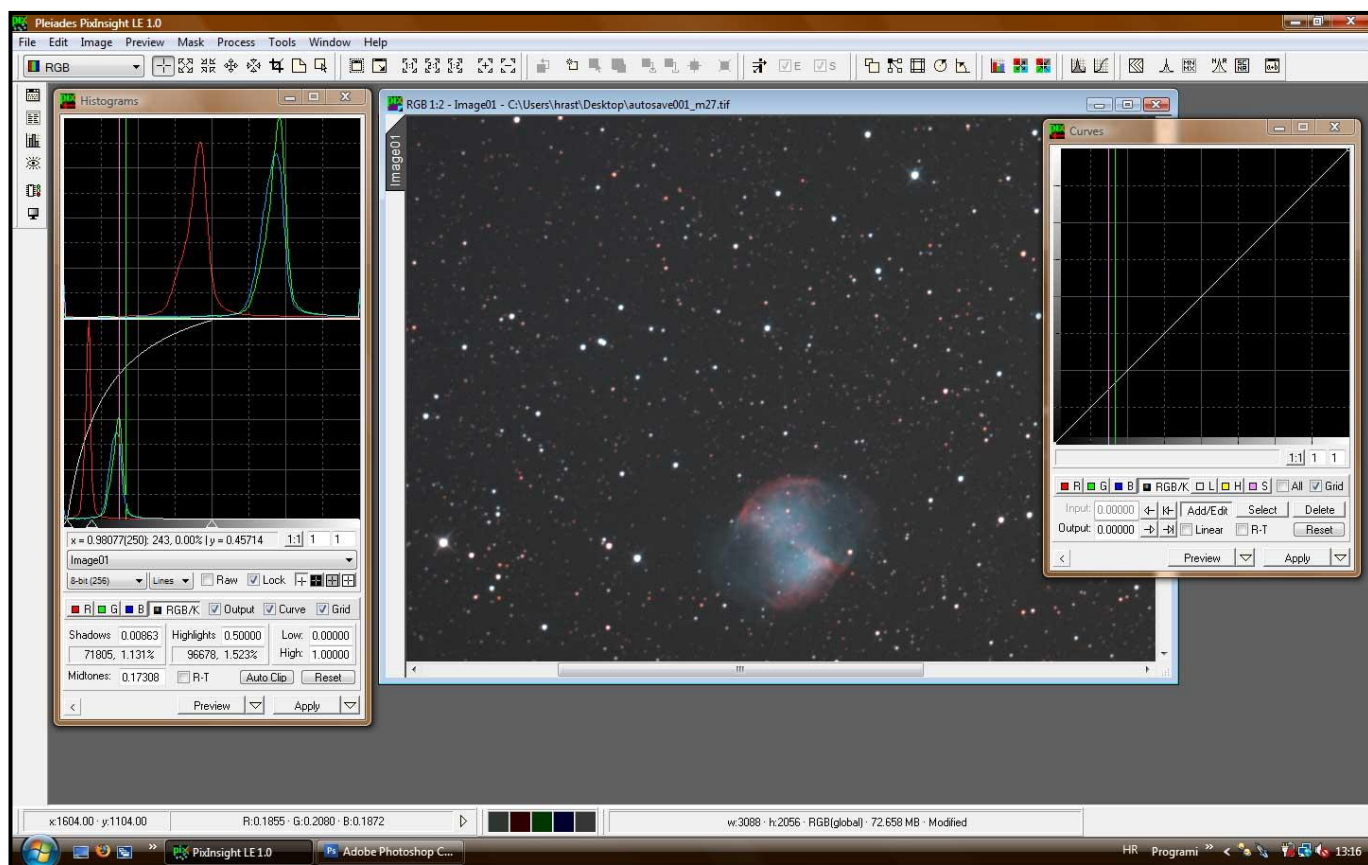
9. I sada, kada smo podesili histogram, tek sada klikamo na Apply

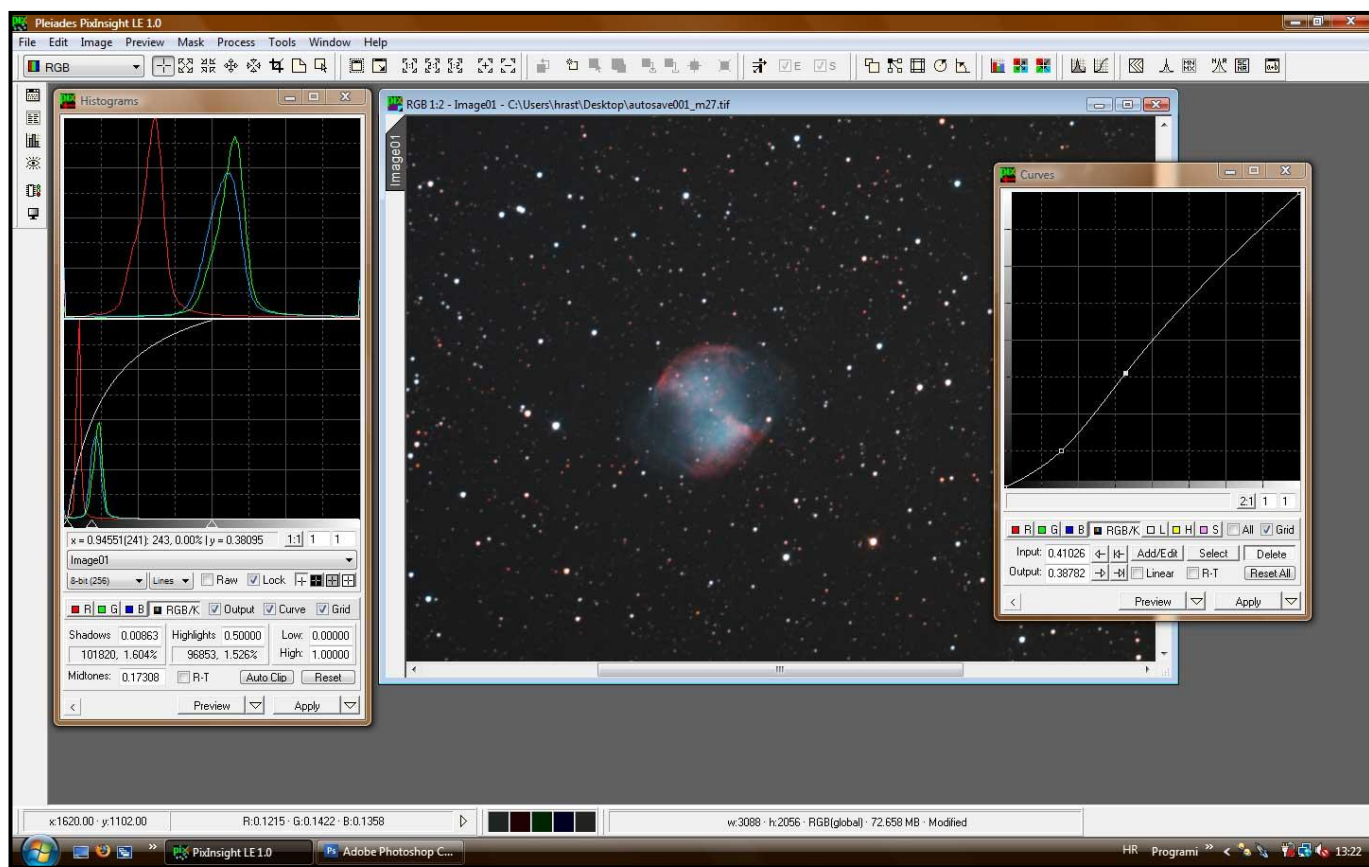


10. Pozadina nam je mao presvijetla pa otvorimo dijalog Process>Transfer curves>Curves

11. Kliknemo na fotografiju gdje imamo čistu pozadinu te vidimo na grafu u dijalogu "Curves" zastupljenost pojedinih kanala. Tamo gdje su svi otprilike jednaki, zapamtimo taj dio grafa te malo smanjimo intenzitet kanala na tom mjestu kliknuvši na liniju te ju povučemo dolje. Koliko dolje? Ovisi koliko želite tamnu pozadinu!

Napravite i drugu točku histogramu kojom ćemo malo dati na jačini onim srednjim tonovima.





I rezultat;





Crop istog;



Lagani dodatak...

Malo bih još "ubio" pozadinu, no to u nekom od danjih koraka u Photoshopu. Zapamtite da je sve ovo jako subjektivno!

Eto, nadam se da će vam ovi prikazani primjeri pomoći da lakše savladate tematiku. Ne morate se slijepo držati naputaka, slobodno eksperimentirajte i pronađite put koji vama bolje odgovara, koji vam je lakši ili teži, ovisi o onome što želite postići. Važno je da se ne bojite eksperimentirati.



## 5.

## UPOTREBA WEB KAMERE U ASTRONOMIJI

**Što je web kamera?**

Web kamera je kompletna mala TV kamera koja pod kontrolom računala može snimati slike i filmove koji se pohranjuju direktno u računalo. Svakodnevno na tržište dolaze novi modeli, no zajedničke karakteristike svih su da posjeduju matrični detektor slike koji omogućava snimanje s rezolucijom do 640x480 piksela. Što je piksel? Zamislite da je cijela slika podijeljena na male kvadratiće koji su svi jednake veličine, a svaki od njih ima svoju boju i svjetlinu. Svaki takav kvadratić naziva se piksel, a to ime je u stvari skraćenica izvedena iz engleskih riječi picture element (hrv. djelić slike). Piksel je stručni naziv za najmanji element slike u digitalnom obliku, a slika se gradi slaganjem piksela u redove i stupce, tako da je ukupni broj piksela umnožak broja redova i broja stupaca, u našem slučaju  $640 \times 480 = 307200$ . Web kamere za današnje pojmove imaju prilično malen broj piksela, pa dobivena slika nije velike kvalitete, ali je sasvim upotrebljiva za prikazivanje na računalu ili webu, čemu je u stvari ovakva kameranica i namijenjena. Najjeftinije kamere rade s još manjom rezolucijom, obično 320x240 piksela, a najskuplje mogu raditi pojedine slike i sa većom rezolucijom, a uz to omogućavaju i istovremeno snimanje tona.



Nekoliko modela web kamera koje se mogu naći na našem tržištu. Za astronomsku upotrebu posebno su zanimljive posljednje dvije, Logitech 4000 pro serija i Philips Vesta pro serija.

Svaka web kamera sastoji se od kućišta u kojem se nalazi detektor slike zajedno s pripadajućom elektronikom i objektivom, te priključnog kabla kojim se kamera povezuje s računalom. Uz kameru se isporučuju i programi potrebni za njen pogon i kontrolu putem računala, a često i mnogi dodatni korisni programi za spremanje i obradu slika i filmova snimljenih tom kamerom. Velika prednost web kamere pred svim ostalim vrstama digitalnih fotoaparata i kamera je njena pristupačna cijena (ovisno o modelu od oko 100 do nešto preko 1000 kuna), prateći programi koji su potrebni za njeno korištenje, a koji svi dolaze zajedno sa kamerom i relativno jednostavna prilagodba snimanju kroz teleskop. Glavni nedostatak je svakako malena dimenzija njenog detektora (čipa), koja se obično kreće oko 2,7x3,6 mm (za usporedbu, veličina standardne slike na filmu kod većine fotoaparata je 24x36 mm) i relativno loša kvaliteta pojedinačnih slika.



### Može li se standardnom web kamerom snimati nebo?

Da bi na tako mali detektor mogli uhvatiti vidni kut sličan onom kod fotoaparata (obično oko 45 stupnjeva), žarišna daljina i time fizički promjer leća objektiva kod web kamere vrlo je malen. Promjer leće rijetko je veći od 1 ili 2 mm, pa kad se i brzina snimanja maksimalno smanji, vrijeme osvjetljavanja svake pojedine slike (ekspozicija) nije duže od oko 0,1 sekunde. Zato je moguće zabilježiti samo najsjajnije nebeske objekte: Mjesec te planete Veneru, Jupiter, Saturn i Mars kada je blizu opozicije, te eventualno nekoliko najsjašnjijih zvijezda. Za snimanje Sunca, kao i kod svih drugih tehnika snimanja i gledanja naše najbliže zvijezde, potreban je specijalni filter za smanjenje količine svjetla. Mjesec će zbog vrlo male žarišne daljine objektiva web kamere izgledati kao vrlo sjajna zvijezda. Neke zanimljive pojave ipak možemo zabilježiti, npr. konjunkcije Mjeseca i planeta.



Konjunkcija Mjeseca i Venere snimljena Logitec QC3000 pro web kamerom. Brzina snimanja smanjena je na 4 slike u sekundi, a pojačanje i ekspozicija su povećani na njihove maksimalne vrijednosti. Snimljen je film dug 15 sekundi, čije pojedinačne slike su zbrojene i obrađene programom Registax (vidi dio o obradi slika!).

Web kamera s originalnim objektivom može zabilježiti samo najsjajnije zvijezde. Ovisno o modelu kamere granična zvjezdana veličina kreće se između 1 i -2. Zanimljivo je da je moguće zabilježiti najsjajnije umjetne satelite, npr. bljeskove Iridium satelita koji mogu dosegnuti sjaj do -7 zvjezdane veličine. To ujedno znači da je moguće zabilježiti i sjajne bolide, ali nemojmo zaboraviti da su oni izuzetno rijetki.





(video): Bljesak Iridium satelita. Originalni film snimljen je u punoj rezoluciji (640x480), a kasnije je smanjen na 320x240 da bi se smanjila veličina video zapisa. Snimano je sa Logitech QC3000pro web kamerom s njenim originalnim objektivom. Satelit je u maksimumu bljeska dostigao sjaj od -5 zvjezdane veličine.

### Montaža web kamere na teleskop

Da bismo mogli snimati kroz teleskop, moramo s web kamere skinuti njen objektiv, a samu kameru montirati na mjesto okulara teleskopa. Kamera je ispravno namještena (izoštrena) kad se njen čip nađe u žarišnoj ravnini teleskopa. Način skidanja objektivu ovisi o tipu kamere. Kod nekih je modela dovoljno odviti objektiv do kraja, no većina web kamera posjeduje graničnik koji to ne dozvoljava. Kod takvih kamera mora se otvoriti njeno kućište, odviti objektiv i kućište ponovno sastaviti. Kako se radi o osjetljivom elektroničkom uređaju treba rastavljanje i ponovno sastavljanje raditi pažljivo. Upute za pojedine modele koji se u astronomiji koriste mogu se naći na internetu, no iskusan će samograditelj, ili stručnjak za elektroniku, bez tih uputa lako rastaviti kameru. Prije dodirivanja njenih unutrašnjih dijelova, preporučuje se sa obje ruke dotaknuti neki veći metalni predmet, slavinu ili radijator, kako bi se eventualni statički naboj sakupljen na našoj odjeći i koži ispraznio prije nego što dotaknemo kameru. Naglo izbijanje statičkog naboja preko osjetljive elektronike kamere (i većine ostalih modernih elektroničkih uređaja) može potpuno uništiti kameru. Zato oprez!

Na kameru je najbolje montirati adapter koji omogućava njeno umetanje u okularni tubus teleskopa. Vještije osobe adapter mogu izraditi sami od kartona ili plastike, a oni manje vješti morat će ga nabaviti ili kameru na neki drugi način učvrstiti na okularni tubus teleskopa. Pri tome je zaista važno da kamera bude čvrsto montirana jer i najmanji pomak izaziva gubitak oštrote slike. Ako kamera ima navoj za standardni fotografski vijak, može se i on upotrijebiti za učvršćivanje kamere na okularni tubus teleskopa.



Web kamera s adapterom za okularni tubus teleskopa

### Snimanje kroz teleskop

Kod snimanja kroz teleskop kamera se umjesto okulara umeće u okularni tubus teleskopa. Kako su pikseli kod web kamere vrlo maleni, najčešće samo 5,6x5,6 mikrometara, izoštravanju slike treba posvetiti veliku pozornost jer i najmanji pomak kamere dovodi do primjetne neoštine slike. Kod snimanja je kameru najbolje kontrolirati njenim originalnim programom, pri čemu treba isključiti automatsko podešavanje svjetline slike, jer ono zakazuje kod malih objekata i najčešće dovodi do preosvjetljavanja. Isto tako je dobro isključiti automatsko podešavanje bjeline (white-balance) i postaviti ga na danje svjetlo (daylight) jer ta postavka najbolje odgovara nebeskim objektima. Fino podešavanje slike radi se kasnije, kod obrade snimljenog materijala.

Izoštravanje je najbolje napraviti na slikama objekata poput Mjeseca, nekog sjajnijeg planeta ili sjajnije zvijezde, pri čemu treba voditi brigu o ispravnoj svjetlini slike. Kod Mjeseca i planeta lako se vidi da li je slika pretamna ili presvijetla, pa se upravljačkim programom kamere svjetlina može popraviti. Kod zvijezda je to znatno teže, jer neoštra zvijezda izgleda kao neoštri kružić, a kad se oština popravlja, kružić se smanjuje i postaje sve svjetliji. Dode li kod toga do preosvjetljavanja, slika zvijezde će se "preliti" u susjedne piksele i izgledat će veća nego što to u stvarnosti je, a fino izoštravanje bit će nemoguće. Dakle kod izoštravanja na zvijezdama treba pratiti svjetlinu zvijezde na slici i po potrebi smanjiti svjetlinu slike.

Sljedeća stvar o kojoj treba voditi računa je brzina snimanja (broj slika u sekundi koje kamera uzima). Iako program kamere nudi velike brzine, ovisno o računalu stvarna je brzina snimanja često puta samo nekoliko sličica u sekundi, a nedostajuće slike zamjenjuju se kopijom prethodne slike. Može nam se dakle dogoditi da u filmu koji smo snimali brzinom od 30 slika u sekundi imamo 25 ili više kopija jedne te iste slike! Ja obično snimam brzinom između 3 i 5 slika u sekundi i još uvijek nalazim ponovljene slike u spremljenom zapisu. Broj dvostrukih slika najlakše odredimo pregledavanjem snimljenog filma sliku po sliku, o čemu će biti riječi kod obrade snimljenog materijala.

Vidno je polje kod snimanja kroz teleskop vrlo malo i otprilike odgovara onome što kroz isti taj teleskop vidimo okularom žarišne daljine od 5 mm. Zato se ovaj način snimanja uglavnom koristi za objekte Sunčevog sustava. Kod Sunca i Mjeseca obično možemo snimiti samo manji dio diska, pa se



snimaju detalji, ili se cijeli disk snima dio po dio. Dobivene slike kasnije se spajaju u tzv. mozaik. Planeti bez problema stanu na sliku, a da bismo iskoristili punu razlučnu moć objektiva, moramo njegov f-broj podići na 15 do 30. To se uglavnom postiže umetanjem dobre barlow leće ispred kamere, rjeđe okularnom projekcijom. Pri tome na žalost svjetlina slike naglo pada pa smo kod ovakvog načina snimanja uglavnom ograničeni na sjajnije planete (Merkur, Venera, Mars, Jupiter i Saturn).

### Montaža i snimanje kroz fotografske objektivne

Jedini način da povećamo dio neba koji možemo snimiti web kamerom je da smanjimo žarišnu daljinu objektiva ispred nje. Da bi Mjesec stao na jednu sliku, žarišna daljina ne smije biti veća od oko 250 mm! Imamo li dobro tražilo, možemo web kameru montirati na njega, ali uglavnom ćemo se morati poslužiti fotografskim objektivima. Problem je ovdje da je ravnina slike kod većine fotografskih objektiva (ovisno o tipu kamere za koji su bili namijenjeni) oko 40 mm iza kućišta objektiva. U taj prostor mora stati nekakav držač web kamere i sama kamera, pa je uglavnom potrebno koristiti posebno izrađene držače koji su kompaktni.



Web kamera sa kratkim adapterom za 32 mm okulare i isto tako kratki adapter za 32 mm okulare koji se može naviti na fotografski objektiv s M42 navojem (Praktica, Zenit i neke japanske kamere koristile su ovaj standard a rabljeni objektiv i još se mogu povoljno nabaviti) te 200 mm fotografski objektiv.

**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru



Fotografski objektiv s web kamerom u priručnom drvenom držaču. Paralelno s objektivom montirano je malo tražilo koje omogućava lakše nalaženje objekata.

Velika prednost modernih programa za obradu slike je mogućnost kompenzacije pomicanja slika, pa je s objektivima žarišne daljine do oko 1000 mm moguće snimati i fiksnim teleskopom (dakle bez praćenja!). Sljedeća dva primjera zorno pokazuju što se ovako jednostavnom postavom može napraviti.





Mjesec snimljen postavom prikazanom na slici 6. koja je bila montirana na fotografski stalak.



(video) Tranzit Venere 08.06.2004. godine. Korištena je postava prikazana na slici 6, a na objektiv je bila montirana filter folija za snimanje Sunca. Za vrijeme samog tranzita svakih je 10 minuta snimljen jedan 15 sekundni film. Iz svakog je filma obradom (vidi dolje) dobivena poboljšana slika trenutnog položaja Venere, a pojedine slike su na kraju spojene u mali film koji cijeli događaj prikazuje ubrzano.

### Obrada i dotjerivanje slike

Ponovimo još jednom. Kod samog snimanja kameru kontroliramo upravljačkim programom koji smo uz nju dobili, a koji će kao krajnji rezultat na naše računalo spremi mali film, obično u tzv. avi formatu. Brzinu snimanja prilagodimo mogućnostima našeg računala, obično 3-5 slika u sekundi za veličinu pojedine slike od 640x480 piksela. Dobro je i zadati trajanje svakog filma. Kako u kasnijoj obradi kvalitetu slike popravljamo zbrajanjem pojedinih slika iz snimljenog filma (tzv. stack), treba nam barem 20-tak sličica. S druge strane, što više slika to bolje, ali moramo voditi računa o dvije stvari: dužina snimanja određena je brzinom promjene izgleda objekta koji snimamo. Tako se kod Jupitera već nakon 1 minute primjećuje njegova rotacija, slično i kod Saturna. Kod Marsa, Venere, Merkura ili Mjeseca imamo puno više vremena na raspolaganju. Ne zaboravimo ni to da je trajanje obrade snimljenog materijala proporcionalno njegovoj dužini. Dobar izbor je trajanje pojedinog filma od 15-60 sekundi.

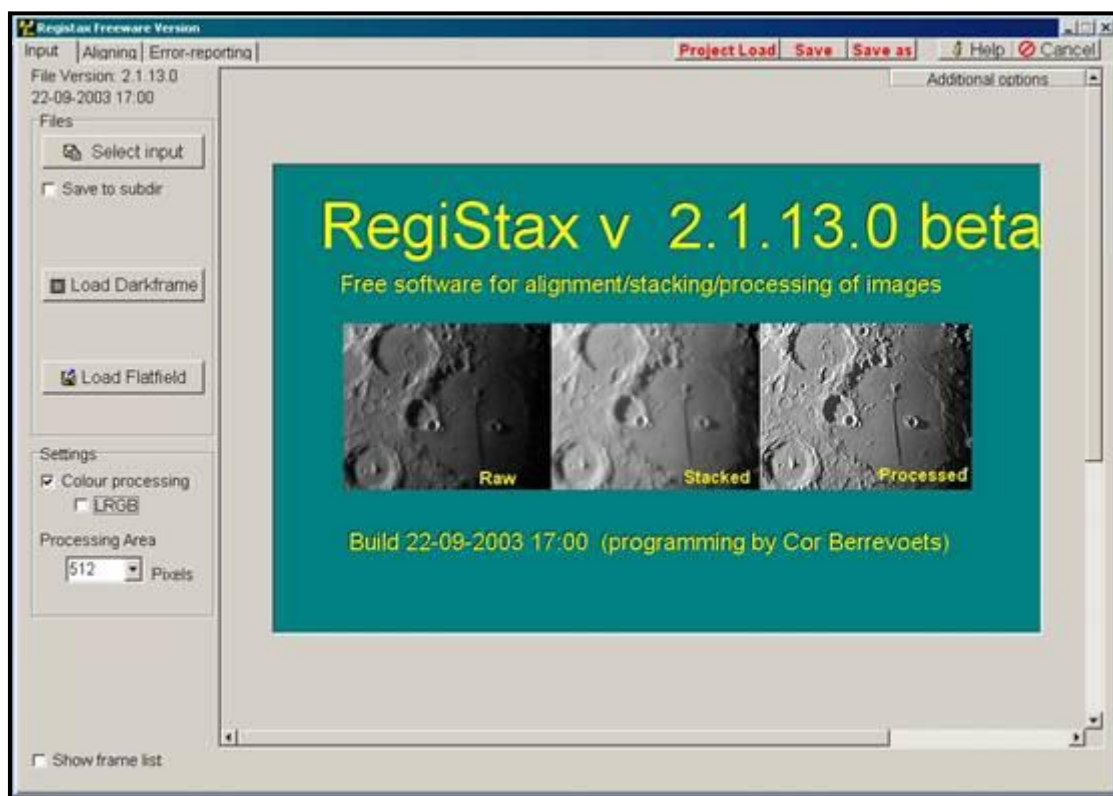
Prije samog snimanja pažljivo izoštrimo sliku promatrajući na ekranu računala sliku koja dolazi iz kamere, uz istovremeno lagano pomicanje mehanizma za izoštravanje teleskopa. Kad je slika oštra, podesimo svjetlinu i kontrast slike i pristupimo snimanju. Pri tome pazimo da kablom kamere ne izazovemo trešnju teleskopa ili pomicanje kamere koje može uništiti oštrinu slike. Pažljivo zapišimo sve okolnosti snimanja i parametre koje smo u programu kamere podesili.



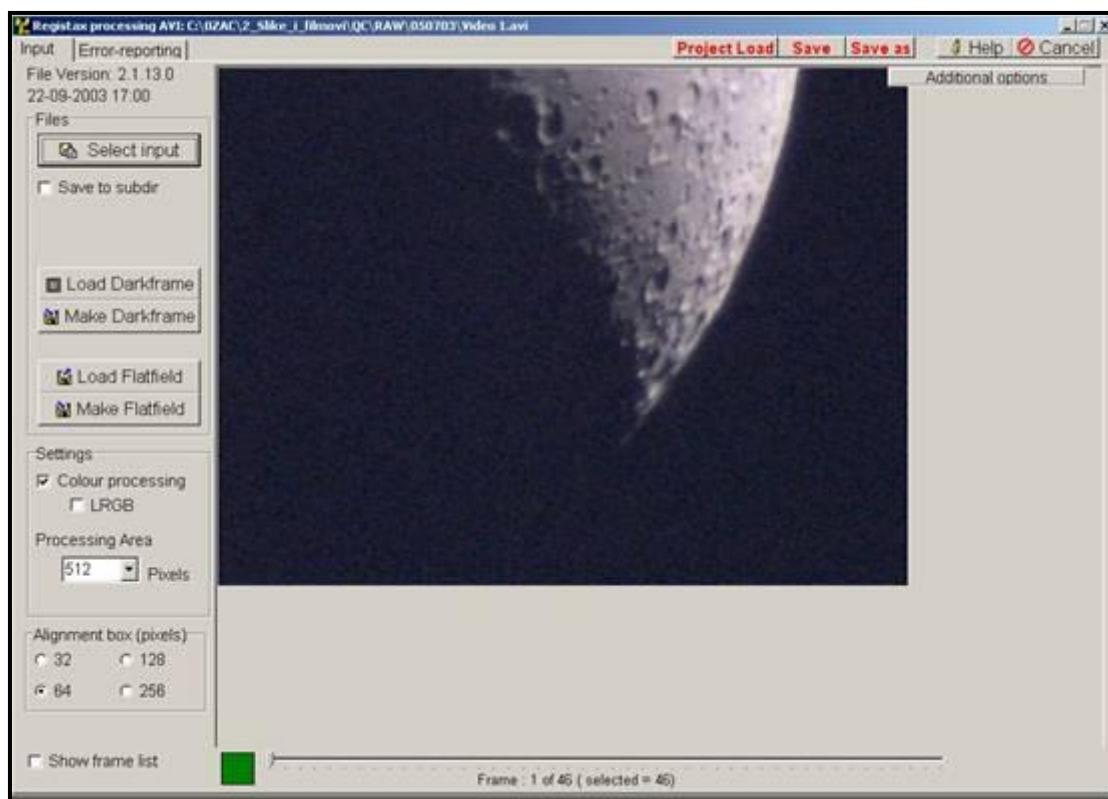
Po završetku snimanja možemo pristupiti obradi snimljenog materijala. Pogledamo li snimljeni film, uglavnom ćemo biti razočarani kvalitetom slike. I zaista, pojedine slike snimljene web kamerom uglavnom su loše kvalitete. No, kombiniranjem većeg broja slika i dodatnom obradom mogu se dobiti iznenađujuće dobri rezultati, kao što to pokazuje slika na kraju ovog teksta.

Za obradu snimljenih filmova postoji nekoliko programa, a za preporučiti je program Registax koji je tzv. freeware, tj. besplatan je za nekomercijalnu upotrebu. Najnoviju verziju programa možete naći na stranici [RegiStax- Free image processing software](#).

Registax je prilično složen program velikih mogućnosti, a velika prednost mu je da posjeduje i tzv. automatsku obradu filmova. Ona omogućava i početnicima da brzo dođu do sasvim dobro obrađenih slika. Krenimo zato od početka. Kod pokretanja, Registax se otvara u ovakvom prozoru

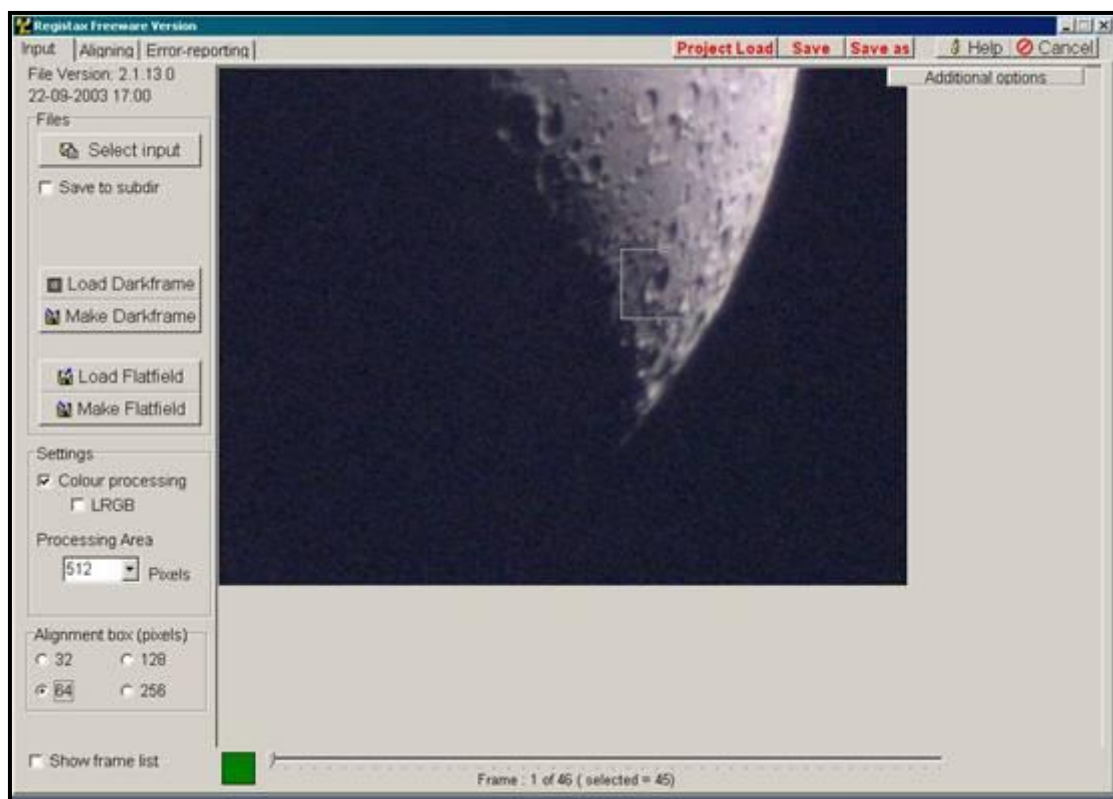


Da bismo mogli obraditi neki film, potrebno ga je prvo otvoriti, što postižemo klikom na "**Select input**" gumb programa. Pojavit će se standardni prozor za traženje zapisa uz pomoć kojeg nađemo željeni film i učitamo ga u program. Kad smo to napravili, prva slika filma pojavi se na ekranu uz informacije o filmu ispod nje.



Obrada filma počinje odabirom kućice za namještanje. Registax naime uspoređuje pojedine slike filma i uklanja pomake koji između njih postoje. Ovo je izuzetno važna mogućnost jer omogućava slaganje slika i kod trešnje teleskopa. Pojedine slike pomiče amo tamo, a može i zamijeniti praćenje ako žarišna daljina teleskopa nije prevelika (do otprilike 1000 mm). Moguće je dakle snimati i bez praćenja i svejedno pojedine slike filma spojiti u jednu. No zašto se to radi? Pregledom snimljenih filmova uočiti ćete da njihova kvaliteta nije baš najbolja. Slike su poprilično šumovite (to je stručni naziv za male razlike u boji i svjetlini susjednih piksela, koje dolaze od nesavršenosti same kamere - popularno se nazivaju i "snijeg"). Uz to, kontrast je loš, a dobar dio slika obično mutan zbog titranja zraka. Sve to može se donekle popraviti spajanjem (zbiranjem) više slika u jednu, pogotovo ako se odaberu najbolje slike, što Registax u dobroj mjeri može napraviti automatski. Odabirom kućice za namještanje pokazujemo na slici neki njen istaknuti dio (npr. na donjoj slici jedan od kratera u blizini terminatora), koji će Registax koristiti da sve slike točno namjesti jednu na drugu. Bez toga bi zbiranje potpuno zamutilo krajnju sliku. Kućicu odabiremo tako da mišem pokazivač dovedemo na željeni objekt i kliknemo na njega. Primijetite kako je oko objekta naznačen oblik i veličina kućice:





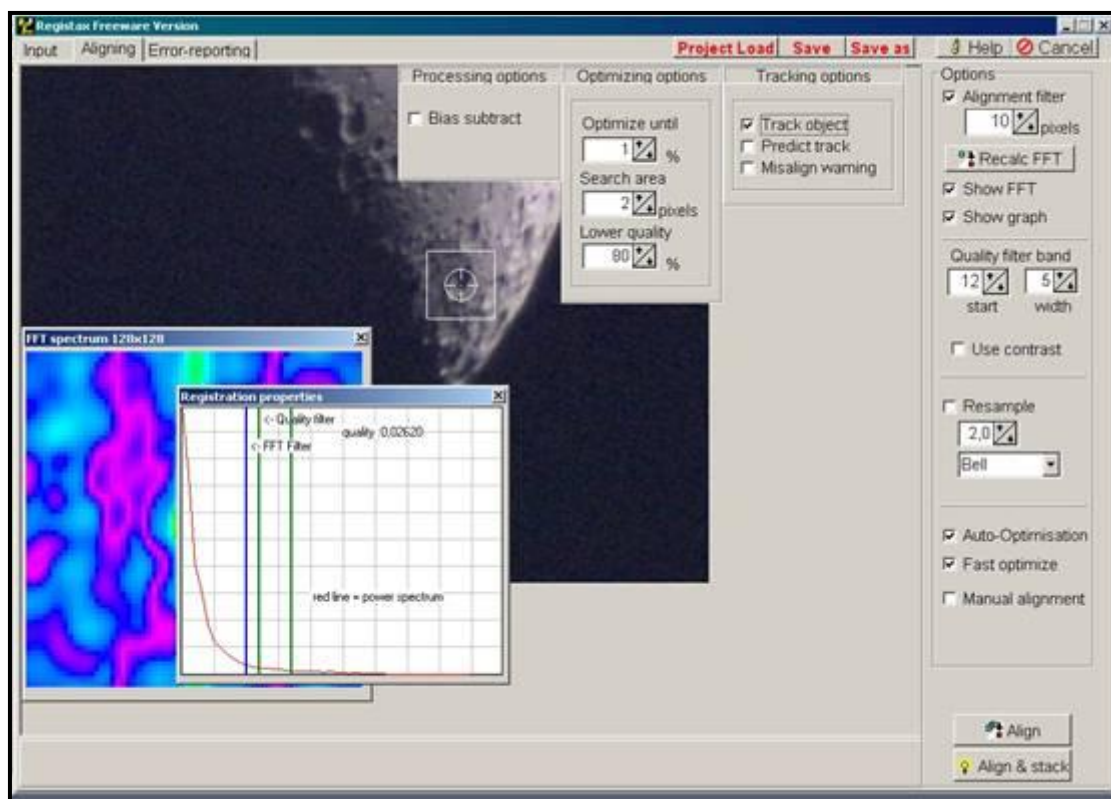
Kad smo odabrali kućicu za namještanje, Registax nam otvara nove mogućnosti za obradu slike. Primijetite nove gumbe u desnom donjem dijelu prozora:



# ZVEJDARNICA

nešto važno događa se u svemiru

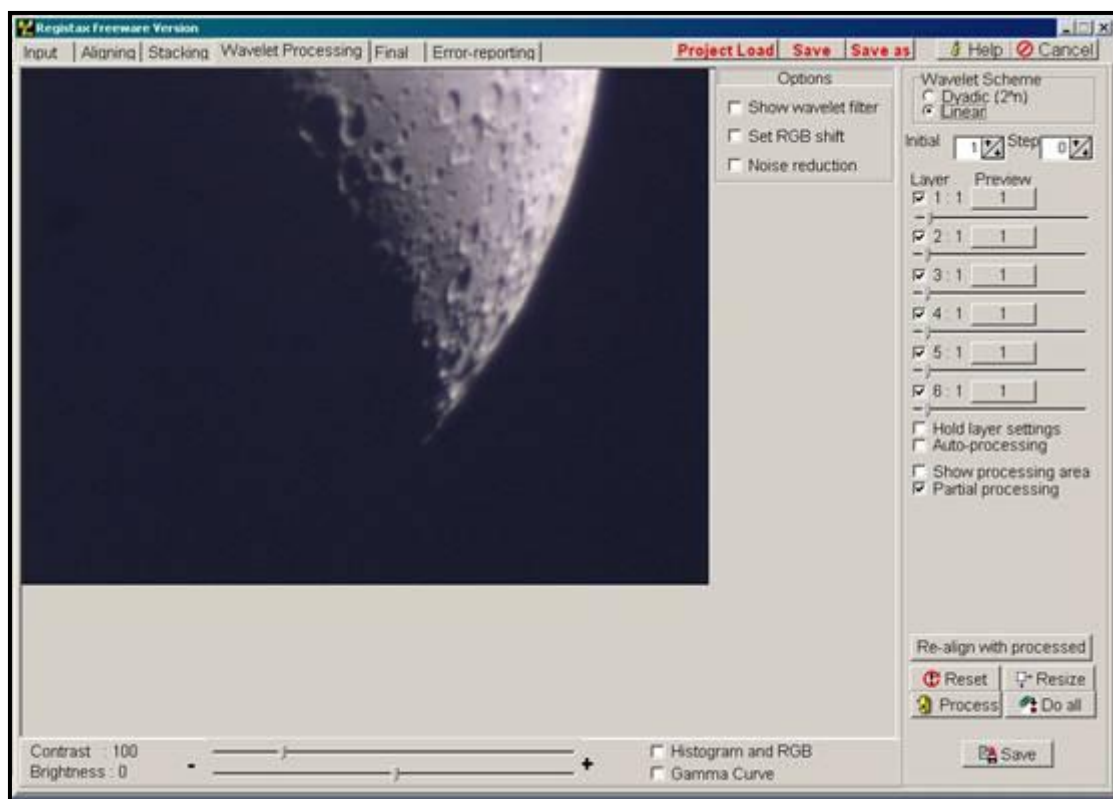
| [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |



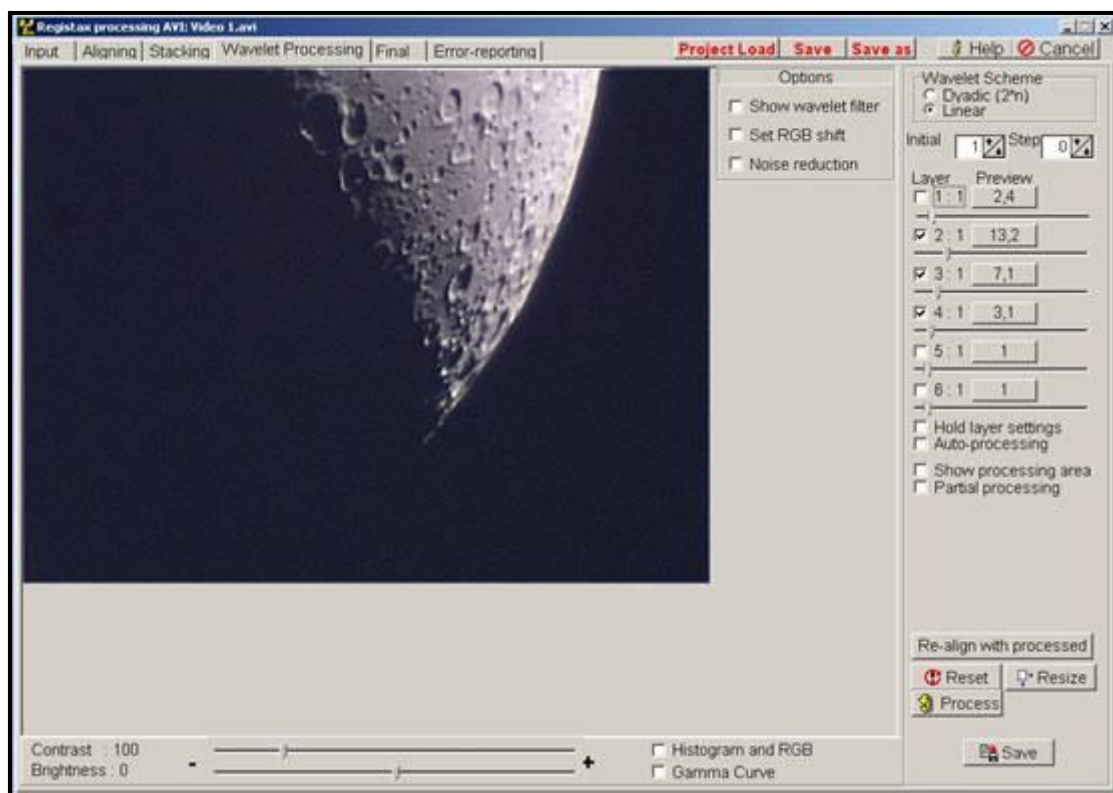
Za početak nas zanima onaj donji, **"Align & stack"** gumb. Pritiskom na njega pokrećemo potpuno automatsko namještanje i slaganje slika i možemo mirno čekati krajnji rezultat. Želimo li više kontrole nad procesom obrade, moramo pritisnuti gornji (**"Align"**) gumb, i onda daljnjim instrukcijama voditi Registax kroz cijeli postupak. Mi ćemo za sada koristiti donji gumb, a detaljne informacije o svim mogućnostima Registaxa možete naći u help-u samog programa ili na njegovoj web stranici. Po završetku automatske obrade pojavljuje se sljedeći ekran:

**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru

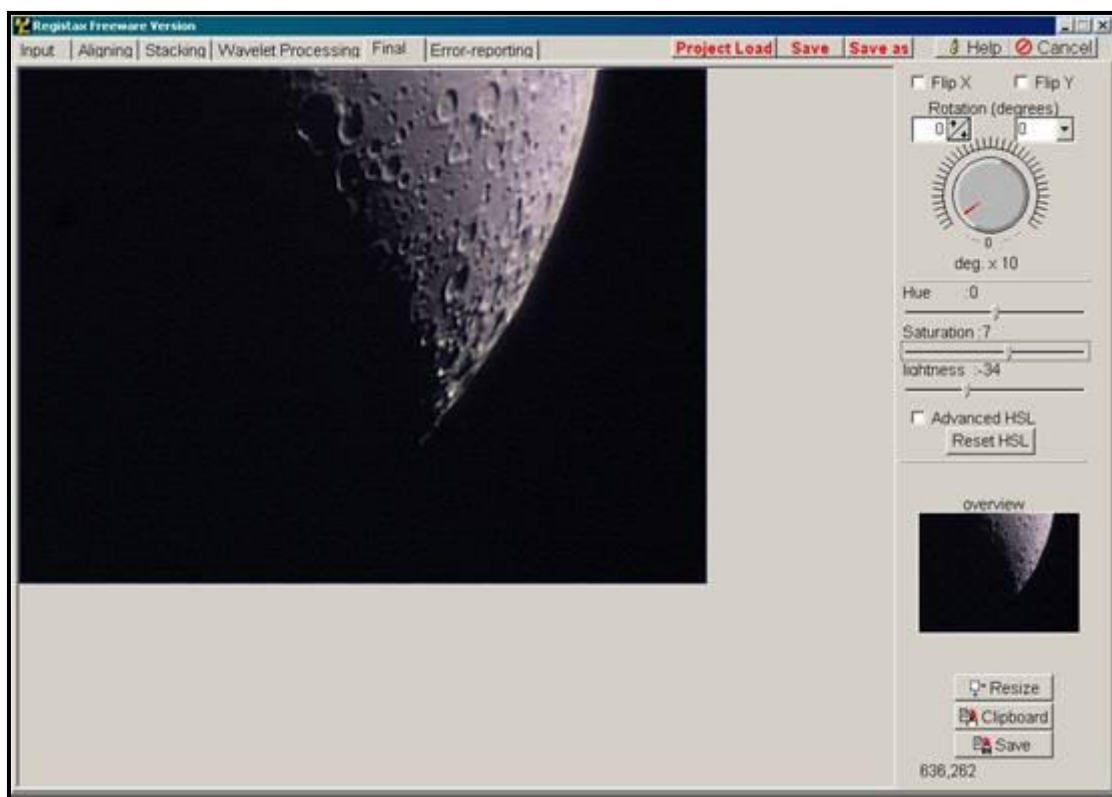
| [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |

Vidimo da je i ovako automatski obrađena slika znatno bolja od pojedinih sličica u filmu. Pritiskom na gumb "**save**" možemo je spremiti u ovom obliku, no Registax nam nudi i dodatnu obradu i popravljjanje završne slike. Ovaj dio obrade moramo napraviti sami. Pri tome se moramo igrati klizačima uz desni rub prozora. Oni kontroliraju tzv. wavelet slojeve slike, kojih u ovom slučaju ima 6. Prvi sloj odgovara najsitnijim, a šesti najkrupnijim detaljima na slici. Da bi se oštrina slike popravila, treba istaknuti sitnije detalje. Pri tomu obično prvi sloj ne treba dirati jer on uglavnom opisuje detalje veličine jednog do dva piksela, a tu uglavnom spada šum. Pojačat ćemo dakle 2 i 3 sloj, otprilike ovako



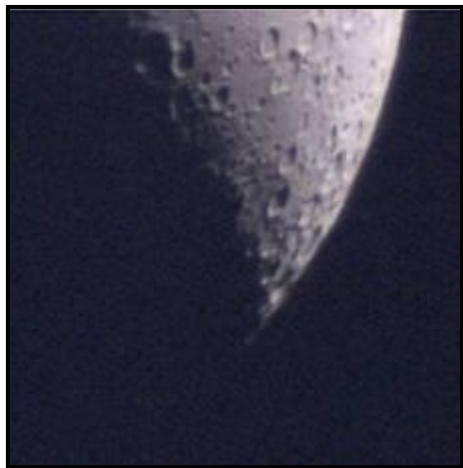
I ovdje možemo pritiskom na "**Save**" gumb spremiti sliku. Primijetite kako je slika postala oštija ali i šumovitija. Prvi je sloj uklonjen (isključen), a daljnje pojačanje slojeva 2 i 3 samo povećava šum, pa u ovom slučaju to nema smisla. Ovdje nema nekih općih pravila, već se od slike do slike treba poigravati klizačima i gledati njihovo djelovanje na sliku. Kontrast i svjetlinu slike možemo dodatno dotjerati klizačima na dnu prozora.





Prije samog kraja kliknite na "**Final**" oznaku uz gornji rub prozora. Otvara se zadnji ekran koji omogućava fino dotjerivanje slike.

Komande u gornjem desnom dijelu omogućavaju finu rotaciju i zrcaljenje slike, no njih zasad nećemo koristiti. Uz pomoć tri klizača (**hue**=nijansa boje, **Saturation**=jakost boja i **lightness**=svjetlina slike) možemo popraviti izgled same slike. Prvi (**hue**) nam omogućava da dobijemo prirodne boje u slici, drugi (**saturation**) mijenja jačinu (zastupljenost) boja, a zadnji mijenja ukupnu svjetlinu slike. Kod gornje slike svjetlina je smanjena da se dobije prirodno tamno nebo, dok ostale dvije komande u slučaju Mjeseca nemaju puno utjecaja jer je on praktički siv. I na kraju, evo usporedbe jedne sličice iz našeg filma i krajnjeg rezultata obrade:

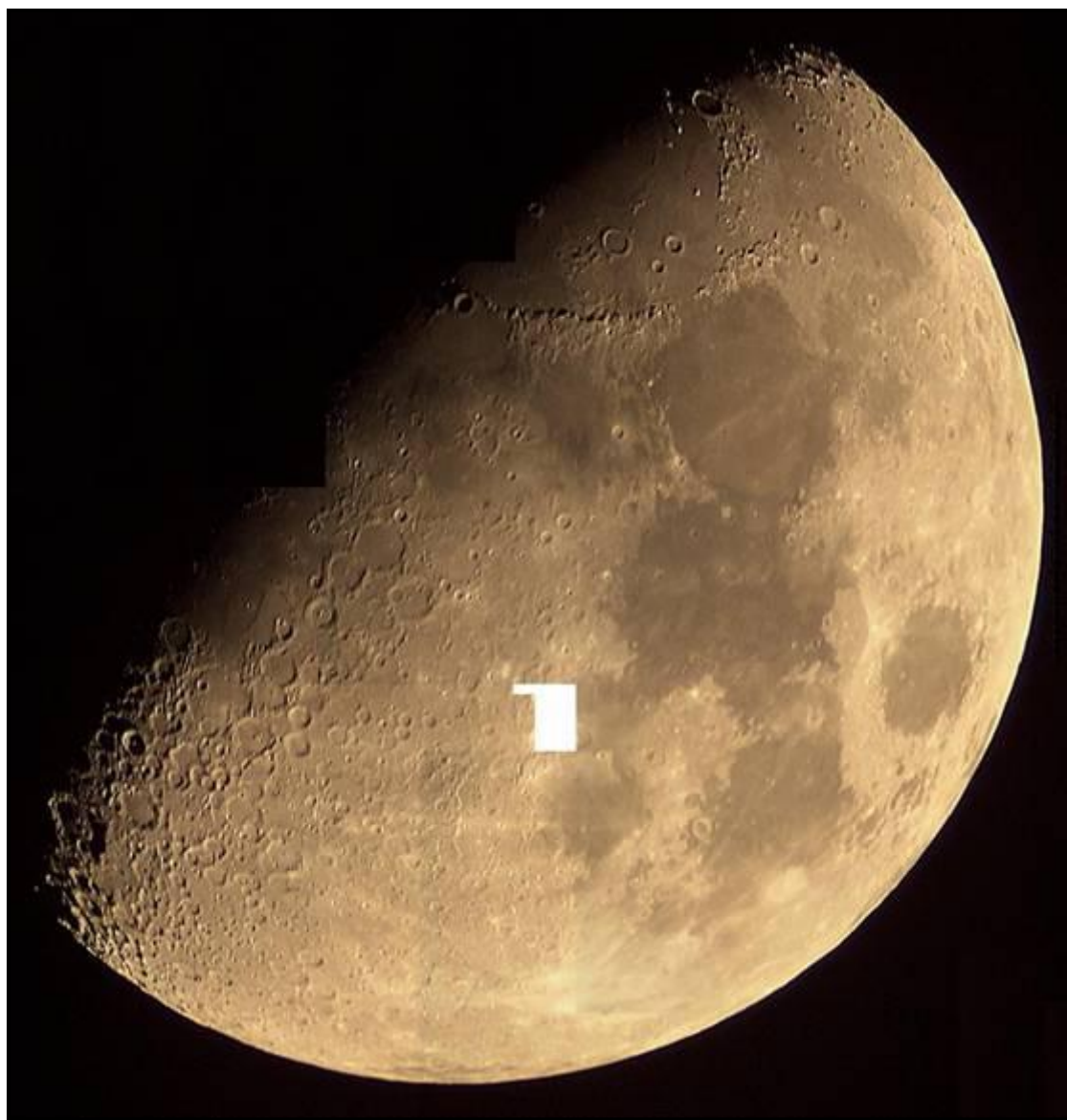


Impresivno, zar ne?

Za sam kraj, evo jednog mozaika kojeg je od 30-ak snimaka složila Doroteja Andreić. Mjesec je sniman kroz teleskop otvora 63 mm i žarišne daljine 840 mm, a slike pojedinih dijelova Mjeseca rezane su i spajane uz pomoć Microsoft Photo Editora i Paint programa.

**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru



**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru

| [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |

6.

## IZRADA INSTRUMENATA

Da biste mogli snimiti lijepe astrofotografije ili zabilježiti neke događaje ili pojave na zvjezdanome nebu ne trebate imati uvijek skupe instrumente poput velikih teleskopa i skupih računalno vođenih montaža. Ni govora. Astrofotografije možete napraviti i pomoću instrumenata koji bi se mogli svrstati u "uradi sam" kategoriju. Ovdje ćemo vam prikazati dvije zanimljive samogradnje koje nije teško napraviti, a daju sasvim lijepe rezultate. Nisu skupe i obradovat će one koji se rado upuštaju u samogradnju. To ne znači da se u tome ne trebate okušati i vi kojima baš ne leži samogradnja, u ostalom, od nečega treba početi zar ne ;-)

Obje konstrukcije djelo su [Željka Andreića](#) iz Zagreba, astronomima jako dobro poznatoga znanstvenika koji dugi niz godina djeluje u svijetu astronomije i sudjeluje u izradi astronomskih instrumenata, prenoseći mladima svoja znanja i iskustva. Pa krenimo redom.







## 1. Astrograf s vijkom

Željko Andreić

Ovaj uređaj poznat je još i kao "barndoor", "škotska montaža - Scotch Mount". Oko nazivlja godinama se lome koplja koji je ispravniji, točniji i slično. Željko je na to rekao ovako: "Mi smo ga onomad iz milja zvali škotoron, jer je prvi članak o njemu u Sky & Telescope napisao jedan - Škot. Ja za sebe koristim naziv "ručno praćenje". Barndoor mi je ružno i nije hrvatski, a i doslovni prijevod na hrvatski je bez veze. Ako se baš inzistira na preciznosti, onda je to "tangencijalno praćenje" jer vijak gura gornju daščicu tangencijalno na krug po kojem bi se inače ostvarilo savršeno praćenje. Iako, postoje verzije ručnog praćenja kod kojeg vijak ide po sekanti, tako se može dobiti nešto bolja točnost, barem teoretski. Varijante s nekoliko zglobova (šarki) ne volim i ne priznajem jer ubijaju osnovnu ideju ove sprave a ta je da bude jednostavna. Isto tako, ne bih mijenjao naziv ni za varijante koje vijak okreću nekim jednostavnim motorom...). Kako vidite, o ovoj temi bi se dalo raspravljati. Mi ćemo ga zbog toga nazivati - Astrograf s vijkom.

Ovaj jednostavni mehanizam za praćenje rotacije nebeskog svoda omogućava snimanje neba običnim fotoaparatom sa ekspozicijama do 10 minuta. Pri tome je moguće zabilježiti zvijezde između 8 i 10 zvjezdane veličine, mnoge maglice, komete i druge nebeske objekte. Zanima li vas kako ga je moguće jednostavno izraditi iz nekoliko daščica, vijaka i običnih šarki za vrata, ove upute pisane su baš za vas!

### - Kako to radi?



Mehanizam za praćenje vrlo je jednostavan. Sastoji se od dvije daščice koje su na jednoj strani povezane šarkama. Os šarki usmjeri se prema Sjevernjači (točnije, sjevernom nebeskom polu, no za ovu namjenu je Sjevernjača dovoljno blizu polu). Na drugoj strani nalazi se vijak koji prolazi kroz donju daščicu i gura gornju. Udaljenost vijka od osi šarki tako je podešena da se okretanjem vijka za jedan okret u minuti gornja daščica okreće oko šarki brzinom rotacije nebeskog svoda. Za ovu svrhu najpodesniji je vijak M6, za koji potrebna udaljenost (mjerena od osi šarki do osi vijka) iznosi 229 mm. Vijak se najčešće okreće ručno, kontrolirajući pri tome brzinu okretanja satom (svaki sat koji ima sekundnu kazaljku dovoljno je dobar za ovu svrhu). Greške od nekoliko sekundi se kod snimanja običnim fotoaparatom ne primjećuju pa je rad ovakvim praćenjem zaista jednostavan. Nakon desetak minuta dolazi do grešaka u praćenju zbog toga što se vijak za praćenje giba ravnomjerno, a ne po kružnici, pa dolazi do promjene brzine praćenja. No vremena osvjetljavanja



filma ili senzora od desetak minuta više su nego dovoljna da se naprave vrlo kvalitetne snimke noćnog neba. Sam fotoaparat pričvrsti se na gornju daščicu tako da se može usmjeravati u sve dijelove neba. Koriste li se normalni ili širokokutni objektiv, snimanje je zaista jednostavno, a uvježbani "pratitelji" mogu izraditi odlične fotografije neba i teleobjektivima do 135 mm žarišne daljine.

Koliko je rad s ovim mehanizmom zaista jednostavan, možda najbolje pokazuje primjer 31 astronomske ljetne škole (Prvić Luka 20.-30. srpnja 2000. godine). Tamo sam sve sudionike zamolio da bez velike prethodne pripreme naprave po jednu sliku nekog zvijezda. Koristili smo običan fotoaparat sa objektivom 1.8/50 mm i najjeftiniji film u boji od 100 ASA, uz vrijeme osvjetljavanja od 2 minute. Slike smo zatim dali izraditi kod najbližeg fotografa uz upozorenje da ih izradi sve, bez obzira na to što izgledaju prazne. Uz nekoliko desetaka maglica, zabilježili smo i komet Linear S4! Praktički sve slike, uključujući i slike koje su snimale popularne "jaslice" (učenici 2-3 razreda osnovne škole) bile su bez vidljivih pogrešaka u praćenju!

Pogledajmo ipak najprije što možemo dobiti snimajući nebo nepomičnom kamerom. Kod snimanja nepomičnom kamerom zvijezde na snimci ostavljaju paralelne tragove čija dužina je proporcionalna dužini osvjetljavanja (ekspozicije). U blizini nebeskog ekvatora tragovi su gotovo ravne crte, a u blizini nebeskog pola kružnice oko samog pola.

**Napomena:** Ako vam se detalji ovih računa čine komplicirani ili dosadni, možete ih preskočiti i pogledati samo tabele u kojima su sabrani najvažniji podaci koje ove formule na kraju daju!

No, da nastavimo, ima li objektiv žarišnu daljinu  $F$ , dužina traga kojeg slika zvijezde ostavlja na filmu/senzoru je

$$l = F \cdot \omega \cdot t \cdot \cos(d)$$

tu je  $\omega$  kutna brzina okretanja nebeskog svoda,  $t$  vrijeme osvjetljavanja filma a  $d$  deklinacija zvijezde koja ostavlja trag.

$$\omega = 1/(1 \text{ zvezdani dan}) = 0,0007292442 \text{ rad/s}$$

Tragovi zvijezda najduži su u blizini nebeskog ekvatora, a prema nebeskom polu skraćuju se za faktor  $\cos(d)$ . Za račun najdužeg vremena osvjetljavanja kod kojeg tragovi još neće biti primjetni uzet ćemo naravno najnepovoljniji slučaj, dakle zvijezdu u blizini nebeskog ekvatora za koju je ovaj faktor praktično 1. Dobri objektiv na filmu/senzoru daju sliku zvijezde promjera od oko 0,04 mm. Tu se naravno radi o zvijezdama slabijeg sjaja, jer se promjer slike sjajnijih zvijezda povećava sa sjajem zvijezde. Iskustvo je pokazalo da pomak približno jednak promjeru slike zvijezde daje neprimjetno izdužene slike zvijezda, pa tako za gornju granicu dozvoljenog pomaka možemo uzeti 0,04 mm. Izokrenemo li malo gornju formulu dobit ćemo izraz za najduže dozvoljeno vrijeme osvjetljavanja kod kojeg slike zvijezda neće biti izdužene:

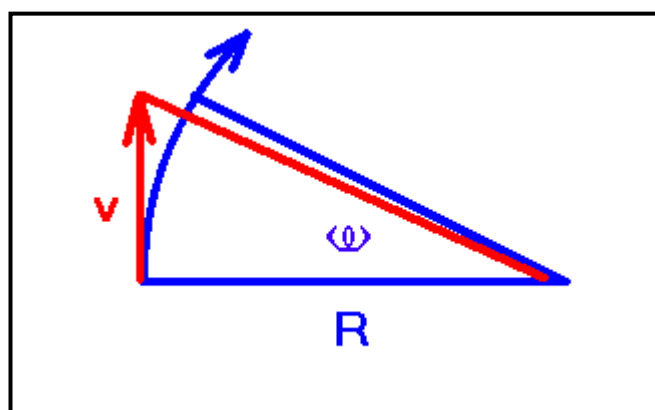
$$t_{\max}(s) = 550/F(\text{mm})$$



Na kraju, eto i malog tabelarnog prikaza maksimalnih vremena osvjetljavanja za najčešće žarišne daljine objektiva:

<b>F(mm)</b>	20	28	35	50	70	100	135	200	300
<b>t<sub>max</sub><sup>(s)</sup></b>	30	20	15	11	8	6	4	3	2

Sa modernim filmovima i uz ovako kratka vremena osvjetljavanja moguće je snimati zviježđa, međusobne konjunkcije Mjeseca i planeta, pa čak i najsajnije maglice, ali ne i mnogo više. Želimo li film duže osvjetljavati, moramo se poslužiti nekom vrstom praćenja, npr. ovom ovdje opisanom. Da vidimo dakle kako ono radi:



Nebeski svod okreće se stalnom kutnom brzinom  $w$  oko nebeske osi. Naše jednostavno praćenje umjesto toga gura gornju daščicu stalnom brzinom  $v$  u smjeru tangente na kružnicu polumjera  $R$ , gdje je  $R$  udaljenost osi vijka od osi šarki. Nakon nekog vremena doći će do usporavanja zakretanja daščice pa će naše praćenje početi zaostajati za rotacijom nebeskog svoda. Ova činjenica ograničava vrijeme praćenja koje možemo ostvariti ovom jednostavnom spravom.

Kut za koji se nakon vremena  $t$  zakrene daščica dan je naoko složenim izrazom:

$$a = \arctan(v't/R)$$

a nebeski svod za to vrijeme zaokrene se za kut

$$b = w't$$

izjednačavajući ove dvije formule za mala vremena dobivamo vezu između udaljenosti vijka od šarki,  $R$ , i brzine  $v$  kojom vijak gura daščicu:

$$R = v/w$$

Da bismo odredili udaljenost  $R$  moramo dakle zadati brzinu  $v$  ili obratno. Zgodno je da se vijak koji gura daščicu okrene jednom u minuti jer onda njegovo okretanje možemo kontrolirati sekundnom kazaljkom ručnog sata. Tu je praksa pokazala da je najzgodnije koristiti vijak M6 (standardni metrički vijak promjera 6 mm i hoda 1 mm) koji kad se okreće brzinom od jednog okreta u minuti pomiče daščicu za jedan milimetar u minuti. Za njega iz gornje formule nalazimo

**R = 229 mm**

Udaljenost osi vijka M6 od osi šarki mora dakle biti 229 mm da bi praćenje ispravno radilo.

Okrećemo li vijak stalnom brzinom od 1 okreta u minuti, naše će praćenje slijediti rotaciju nebeskog svoda. No, nakon nekog vremena, brzina praćenja će se smanjiti jer se vijak giba pravocrtno i ne slijedi kružno gibanje gornje daščice. Poigramo li se gornjim formulama, lako nalazimo da je pogreška u kutu praćenja

$$G = b - a = w \cdot t - \arctan(w \cdot t)$$

Veličinu ove pogreške lakše ćemo razumjeti ako je pretvorimo u pogrešku u vremenu tako da **G** podijelimo sa kutnom brzinom rotacije nebeskog svoda. Dakle

$$g = G/w$$

Vrijeme praćenja (m)	11	17	21	24	26	31	35	40
G(s)	2	4	6	8	10	15	20	30

Prvih desetak minuta praćenje dakle radi gotovo bez pogreške, ali nakon toga pogreška naglo raste. Ne zaboravimo da nismo uzeli u obzir pogrešku u udaljenosti osi vijka od osi šarki. Detaljnija analiza pokazuje da pogreška od 1 mm ne smanjuje znatno raspoloživo vrijeme za praćenje, ali i to da je povoljnije ako je ova udaljenost malo manja od potrebne nego suprotno. Pokušajmo dakle našu spravu izraditi tako da **R** bude između 228 i 229 mm. Usporedbom pogrešaka u vremenu sa najvećim vremenom osvjetljavanja nepomične kamere kod kojeg se tragovi zvijezda još ne primjećuju možemo lako vidjeti koliko dugo možemo pratiti objektivom određene žarišne daljine. Uzevši u obzir da iskusni "pratoci" mogu vijak okretati sa pogreškom od oko 2 sekunde, da sprava neće biti sasvim točno izrađena ni usmjerena, nalazimo da je u praksi moguće ostvariti slijedeća vremena praćenja:

F(mm)	20	28	35	50	70	100	135
Vrijeme praćenja (min)	25	25	20	15	12	10	8

Pri tome se pokazuje da je vrlo jednostavno pratiti objektivima sa žarišnim daljinama do 50 mm, iskusni "pratoci" nemaju problema ni sa objektivima do 100 mm, a sa mnogo vježbe dade se dobiti ispravna slika i sa nešto dužim žarišnim daljinama. I na kraju ne zaboravimo da os šarki mora biti što je moguće bolje usmjerena prema nebeskom polu. Tu tolerancija ne ovisi toliko o žarišnoj daljini koliko o vremenu praćenja. Dakle, ako pratimo duže od 10-tak minuta (malo vjerojatno!) dobro provjerimo usmjerenje osi naše montaže!



**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru

### - Materijal i alat - što nam sve treba



Svi dijelovi astrografa s vijkom uredno složeni prije sastavljanja. Većina dijelova izrađena je iz drveta jer je drvo najlakše obrađivati ručnim alatom, a i najlakše se dolazi do njega. Možemo naravno koristiti i šperploču, ivericu ili slične tipove umjetnih ploča, imamo li potrebne komadiće pri ruci. Treba dakle sakupiti slijedeći materijal:

- šarke za vrata dužine barem 5-6 cm
- 2 dašice mehanizma za praćenje, dužine oko 250 mm i širine 70-100 mm (barem toliko široke koliko su šarke duge), i debljine barem 10 mm.
- 4 vijka M3 ili M4, sa upuštenom glavom, sa pripadajućim maticama i podložnim pločicama, taman toliko dugih da možemo pričvrstiti šarke na dašice.
- nekoliko komadića malo debljih dašica (2-3 cm) za podnožje praćenja. Možemo ih slobodno izraditi lijepljenjem tanjih dašica.
- desetak vijaka za drvo ili lim, dužine 2-3 cm, koji nam trebaju da zajedno sastavimo dijelove podnožja astrografa i da na njega pričvrstimo samo praćenje. Dijelove astrografa možemo bez problema sastaviti i lijepljenjem ili čavlima, no vijci imaju tu prednost da



astrograf lako možemo rastaviti i ponijeti ga sa sobom bilo kuda, jer uredno složeni dijelovi astrografa zauzimaju vrlo malo mjesta u našoj prtljazi. Astrograf na gornjoj slici već je tako rastavljen sa mnom proputovao dobar dio Europe.

- vijak M6 dug barem 40 mm, sa navojem po cijeloj svojoj dužini. Uz ovaj vijak treba nam i neki kotačić promjera 2-5 cm koji ćemo na njega pričvrstiti da bismo ga lakše okretali prilikom praćenja. Uz njega nam treba i nekoliko matrica i podložnih pločica.
- 160 mm dug komad plosnatog željeza ili aluminijske minimalne debljine 3 mm (željezo) ili 5 mm (aluminij) i širine oko 20 mm. Iz njega ćemo izraditi nosač fotoaparata. Tu nam treba i jedan vijak s krilnom maticom (M5-M8) sa kojim ćemo ovaj nosač pričvrstiti na daščicu praćenja. Nabavimo i jednu podložnu pločicu za njega.
- vijak za pričvršćivanje fotoaparata, koji moramo nabaviti u dućanu foto-opreme, jer se radi o vijku sa colnim navojem (1/4"x20). Ne brinite, sve 35 mm kamere (i većina ostalih manjih fotoparata) koriste ovaj standard.
- jednu običnu gumicu koja će dašćice astrografa držati zajedno. Ovakve gumice koriste se za zatvaranje celofana na staklenim bocama za zimnicu i sl. i sigurno ih imate negdje pri ruci.
- želimo li dodatno izraditi i mali nosač koji će nam pridržavati sat na koji ćemo kod praćenja gledati, trebat će nam još jedan vijak dužine 4-5 cm, sa navojem po cijeloj dužini, i pripadajuća krilna matica sa podložnom pločicom. M4 je sasvim dovoljan za ovu svrhu, no imate li problema sa nabavkom krilne matice za njega, upotrijebite M5 ili M6.
- ne zaboravite da se sitni vijci, matice i sl. obično najbrže izgube baš kad su potrebni. To se posebno odnosi na krilne matice i vijak za pričvršćenje fotoaparata, sa kojima ćemo raditi u mraku. Mala zaliha zato nije naodmet, i iako za samu izradu astrografa nije nužna!
- kod korištenja astrografa bit će nam potreban i žičani okidač sa vijkom za blokiranje i ručni sat sa sekundnom kazaljkom (ili bilo koji sat ili štoperica koja pokazuje sekunde)

Za izradu ovog jednostavnog astrografa s vijkom dovoljan nam je ručni alat: pila za drvo, turpija, malo brusnog papira, odvijač, ručna bušilica, a za izradu nosača fotoaparata koji zbog čvrstoće treba biti od metala trebat će nam i pila za metal, čekić i škripac za njegovo savijanje.



## - Izrada



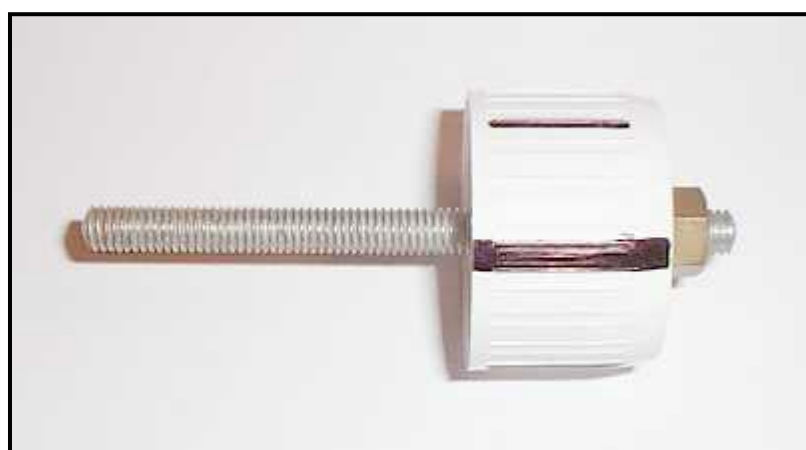
Izradu počinjemo od mehanizma za praćenje, koji se sastoji od dvije daščice s jedne strane spojene šarkama. Posebnu pažnju obratimo točnoj udaljenosti osi šarki od osi vijka za praćenje (M6!).



Obje daščice imaju jednak oblik, u primjeru na slici dimenzija 250x70 mm i debljine 12 mm, i izrađene su od komadića hrastove daščice. Zakošenje na strani gdje dolazi vijak za praćenje nije nužno, no malo smanjuje težinu daščica i daje im elegantniji izgled. Možete isprobati i druge oblike. Donja daščica ima na sebi rupu za vijak za praćenje i utore za gumicu. Utori sa obje strane daščice izrađeni su turpijom i pridržavaju gumicu koja obje daščice pritišće jednu prema drugoj. Rupu za vijak za praćenje izbušimo svrdlom promjera 5 mm, vijak namažemo sapunom, uljem ili vazelinom i na silu ga uvijemo kroz nju, pazeći pri tome da bude okomit na daščicu. Na taj smo način u drvetu izradili navoj koji uvijek malo pritišće navoj vijka i radi gotovo bez zazora.



Gornja daščica u svojoj sredini ima rupu za vijak koji će nositi nosač fotoaparata. Ovdje je korišten vijak M6 sa upuštenom glavom koja potpuno ulazi u daščicu, kako ne bi smetala kod zatvaranja daščica. Na mjestu u koje se upire vijak praćenja zalijepljen je komadić lesonita koji sprječava da se vijak vremenom utisne u drvo. Možemo upotrijebiti bilo koji tvrdi materijal: metal, plastiku, pa čak i komadić stakla!



Vijak za praćenje mora imati dovoljnu dužinu navoja (40-50 mm) da nam omogući barem 10-tak minuta neprekinutog praćenja. Vijak na gornjoj slici odrezan je od duge šipke s navojem M6 koju je moguće nabaviti u gotovo svakoj željezari. Na jedan kraj vijka učvrstimo kotačić (u ovom slučaju plastični čep od stare bočice) čiji obod podijelimo na 6 dijelova. Kako ćemo astrograf s vijkom




**ZVJEZDARNICA**

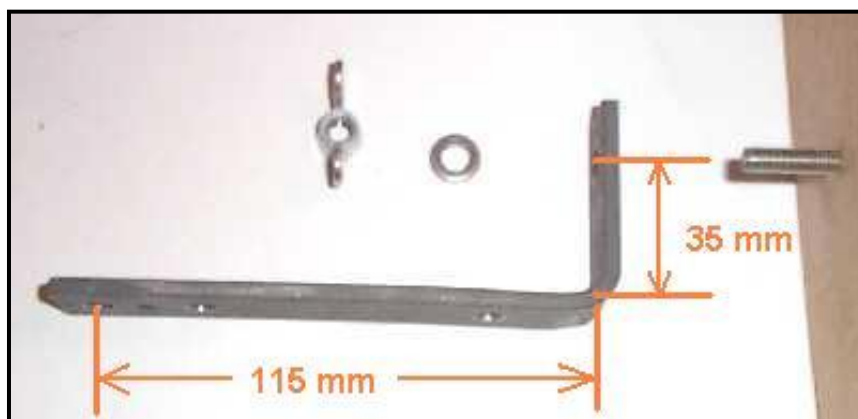
nešto važno događa se u svemiru

 | [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |

koristiti pod tamno-crvenim svjetlom noću, podjelu izradimo debelim crnim crtama, npr. vodootpornim flomasterom. Početnu podjelu učinimo još debljom kako bi nas kod praćenja podsjetila da brojimo pune okrete vijka (=vrijeme praćenja u minutama). Čep je čvrsto ukliješten između dvije matice sa podložnim pločicama kako kod okretanja ne bi proklizavao. Vrh vijka koji gura daščicu astrografa turpijom je zaobljen da oštri rubovi ne bi zapinjali i nekontrolirano podizali daščicu.



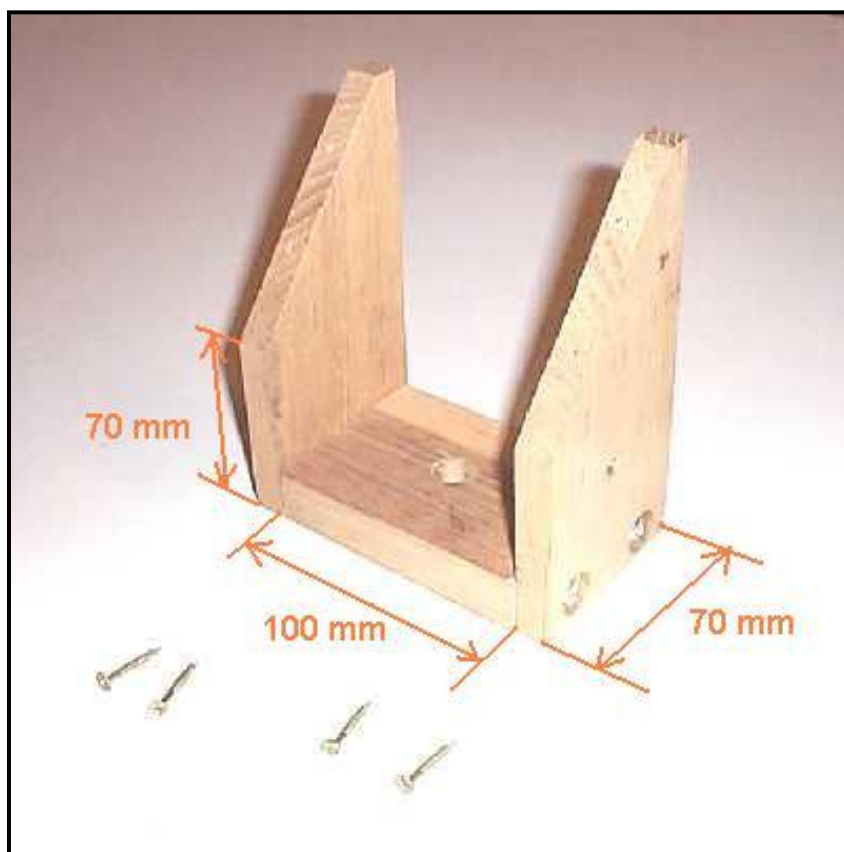
Kod montiranja šarki moramo paziti na to da se dašćice mogu potpuno zatvoriti. Kod astrografa s vijkom na slici korišteni su vijci M4 sa upuštenom glavom koji taman ulaze u rupice na šarkama, koje su prethodno bile zakošene ručnom bušilicom. Dašćice jednu prema drugoj pritišće mala gumica stavljena preko njih u blizini vijka za praćenje.



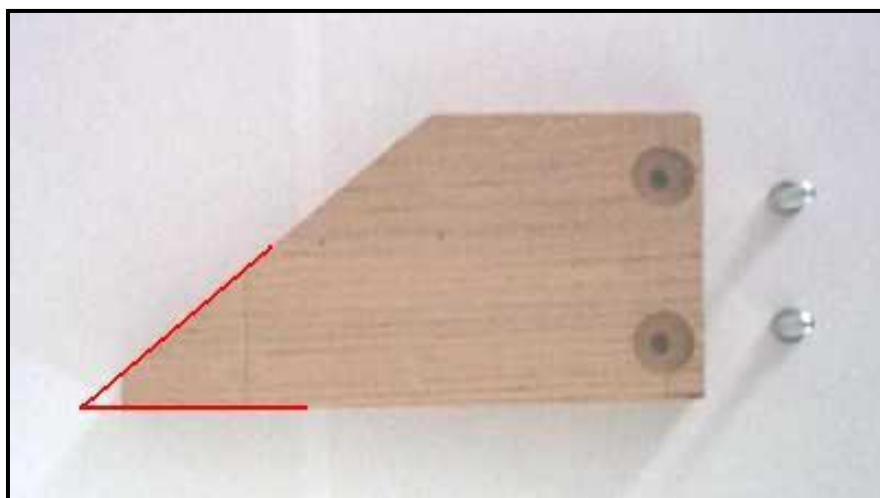
Nosač fotoaparata izrađen je od komada plosnatog željeza presjeka 4x20 mm (može poslužiti i aluminijska ili mjedena metalna traka, minimalne debljine 4-5 mm i širine 20 mm) i dužine 170 mm. Oko 10 mm od krajeva nosača prvo izbušimo rupe promjera 6,5 do 7 mm (promjer standardnog vijka za učvršćivanje fotoaparata je 6,3 mm), a nakon toga nosač u škripcu savinemo pod pravim kutom tako da su obje rupe udaljene od mjesta savijanja barem za 35 odn. 115 mm. Nosač na daščicu astrografa pričvrstimo krilnom maticom i vijkom kojeg smo već prije provukli kroz gornju daščicu astrografa. Provjerimo da li na nosač možemo pričvrstiti fotoaparat i okretati ga u svim



smjerovima oko oba vijka a da nigdje ne zapinje. Gore dane minimalne udaljenosti rupa od mjesta savijanja nosača do sada su bile dovoljne za sve 35 mm fotoaparate koje smo na ovom praćenju isprobali. No, dođe li ipak kod vašeg fotoaparata do zapinjanja, morat ćete izraditi nešto veći nosač, prilagođen njemu.



Ostaje nam još da izradimo podnožje astrografa koje drži mehanizam astrografa pod kutom jednakim zemljopisnoj širini prema vodoravnoj ravnini, što nam omogućava da ga vrlo jednostavno usmjerimo prema nebeskom polu. Dimenzije nosača dane su na gornjoj slici, a sam nosač izrađen je od komadića drvenih dasčica. Dvije bočne dasčice debele su oko 15 mm, a donja dasčica oko 20 mm. Na donjoj dasčici u sredini izbušimo rupu za vijak kojim ćemo astrograf s vijkom pričvrstiti za tronožac ili neku drugu čvrstu podlogu.



Bočne dašćice na svojoj gornjoj strani odrezane su pod kutom jednakim zemljopisnoj širini mjesta sa kojeg ćemo snimati (crveno na slici). Tu možemo pogriješiti 0,5 do 1 stupanj bez većih posljedica po kvalitetu praćenja, a zalomi li nam se veća pogreška možemo je kod usmjeravanja prema nebeskom polu ispraviti naginjanjem cijelog astrografa ili podlaganjem kartončića pod dašćicu astrografa prije nego što vijke koje ih drže na nosaču čvrsto privijemo. Naravno, kut možemo popraviti i turpijom, što je doduše zahtijeva nešto više truda i vremena, ali na kraju daje bolji izgled cijelom astrografu. Obje bočne dašćice sa po dva vijka za lim učvršćene su na donju dašćicu nosača. Pri tome su rupe za vijke sa vanjske strane proširene tako da glave vijaka ulaze u njih i ne vire izvan dašćica. Na isti način kasnije se na kosinu držača montira mehanizam za praćenje. Prednost ovakve rastavljive konstrukcije je da bočne dašćice lako možemo zamijeniti dašćicama s drugim kutom, što će nam trebati putujemo li daleko na sjever ili jug. Zbog mojih čestih putovanja na sjever Njemačke, moj astrograf s vijkom ima već tri kompleta dašćica sa različitim kutovima...



Mehanizam za praćenje vijcima je učvršćen na kutni nosač, kako je prikazano na gornjoj slici. I ovdje su vijci upušteni u donju dašćicu mehanizma za praćenje, kako njihove glave ne bi udarale u gornju dašćicu, kad se ona potpuno prikloni donjoj.

**ZVJEZDARNICA**  
nešto važno događa se u svemiru

| [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |



Sad nam još samo ostaje da naš astrograf montiramo na čvrstu podlogu ili stalak, usmjerimo u nebeski pol i napravimo našu prvu fotografiju s njime...

#### - Snimanje







Astrograf montiramo na tronožac ili neku drugu prikladnu podlogu. Prvo okretanjem oko vijka koji drži astrograf na tronošcu i namještanjem prednje noge tronošca usmjerimo os šarki što bolje možemo prema Sjevernjači. Kod toga možemo jednostavno okom ciljati uz rub šarki. Ne vidimo li s našeg mjesta Sjevernjaču, možemo se poslužiti i kompasom (pri tome mora naravno nagib astrografa točno odgovarati zemljopisnoj širini, što možemo postići tako da gornju plohu tronošca uz pomoć libele dovedemo u vodoravnu ravninu), ali pripazimo da u blizini nema većih komada željeza (ograda balkona, armirani betonski zid i sl.). Astrograf pri tome okrenemo tako da vijak gura daščicu u smjeru rotacije nebeskog svoda, a ne obratno (osim ako ne želimo dobiti ekstra duge crte zvijezda!).

Samo praćenje rotacije nebeskog svoda zahtijeva malo spretnosti. Obično jednom rukom okrećemo vijak za praćenje, a u drugoj držimo baterijsku svjetiljku (prigušeno crveno svjetlo!) koje osvjetljava vijak i sat koji moramo nekako zgodno postaviti u blizinu vijka. Astrograf na slici ima za tu svrhu dodanu malu drvenu policu na kojoj sat može stajati (ručni sat zakopčamo oko nje!). Fotoaparat pri tome aktiviramo žičanim okidačem (ekspoziciju stavimo na B). Žičani okidač mora imati vijak za blokiranje kako ga ne bismo morali stalno držati pritisnutim. Okidač aktiviramo kad sekundna kazaljka dođe na punu minutu, blokiramo ga vijkom i odmah polagano počnemo okretati vijak za praćenje. Kotačić na vijku za praćenje ima 6 podjela po 10 sekundi (1 okret=1 minuta!). Koristimo li normalan ili širokokutni objektiv, dovoljno je da svakih 10 sekundi kotačić zakrenemo za jednu podjelu. Kad na ovaj način uvježbano praćenje i dobijemo prve dobre slike, možemo kotačić svakih 5 sekundi okretati za po pola podjele. Na kraju osvjetljavanja jednostavno otpustimo vijak žičanog okidača.

I ne zaboravimo: svaka vještina traži vježbu, pa tako i rad sa ovim astrografom. Počnimo dakle kratkim ekspozicijama (1-2 minute) i 50 mm objektivom, a kad nam skoro sve slike postanu toliko dobre da se greške u praćenju više ne primijete, možemo se okušati i na dužim vremenima osvjetljavanja i većim žarišnim daljinama. Uzmite ipak u obzir da ovaj astrograf ne može zamijeniti pravu ekvatorijalnu montažu pa se ne ljutite ako s teleobjektivima ne možete dobiti dobro praćene slike.

Ako i nakon više pokušaja ne uspijete dobiti dobro praćene slike provjerite slijedeće:

1. razmak osi vijka i šarki je točan (229 mm)
2. upotrijebili smo ispravan vijak (M6)
3. vijak prolazi okomito kroz donju daščicu (greška od par stupnjeva je zanemariva)
4. os šarki zaista je usmjerena u Sjevernjaču
5. vijak za praćenje gura gornju daščicu u smjeru rotacije nebeskog svoda (od istoka prema zapadu) a ne obratno
6. kod okidanja fotoaprata ne smijemo zatresti cijelu montažu!
7. da li je nosač fotoaparata dovoljno čvrst?
8. da li je cijeli mehanizam dovoljno čvrsto montiran, tj. da kod samog praćenja slučajno ne pomičemo tronožac ili podlogu mehanizma.
9. nije li slučajno sam fotoaparat neispravan, odn. jesmo li oštrinu postavili na beskonačno, a zaslon otvorili do kraja?

**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru

### - Dodatna oprema



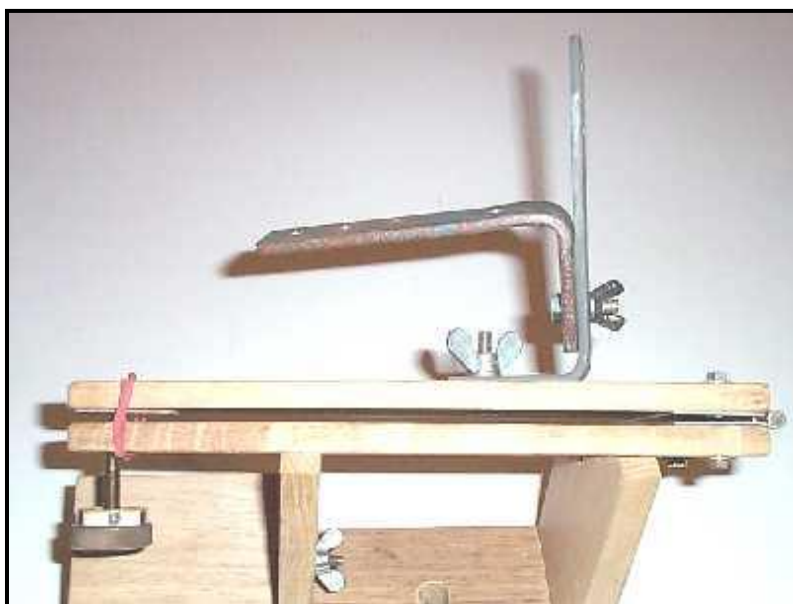
Da bi nam sat kojime kontroliramo brzinu praćenja bio u blizini vijka, možemo ispod vijka za praćenje montirati malenu drvenu policu na kojoj će sat sigurno stajati. Kod praćenja bit će tako sat uvijek na vidiku zajedno sa vijkom za praćenje.



Sama polica vrlo je jednostavno konstruirana. Radi se o komadiću dašice velike oko 7x8 cm. U sredinu jedne stranice direktno je uvijen vijak M4 bez glave koji prolazi kroz rupu na nosaču astrografa i sa druge strane je uhvaćen krilnom maticom tako da slobodno možemo podesiti nagib police onako kako nam najviše odgovara. Na donjem dijelu police sa dva čavlića učvršćena je mala letvica koja zadržava sat da ne sklizne sa police. Koristimo li ručni sat s remenom, jednostavno ga zakopčamo oko ove police, pa nam letvica nije ni potrebna.

**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru



Astrograf je tako konstruiran da duža stranica slike uvijek stoji u smjeru deklinacije, a kraća u smjeru rektascenzije (razmislite zašto!). Želimo li fotoaparatus okrenuti za 90 stupnjeva, moramo montaži dodati još jedan nosač, po izgledu jednak onom koji smo već izradili. Njega montiramo na prvi nosač tako da fotoaparatus sad stoji na njemu. Ovaj drugi nosač omogućava nam da fotoaparatus postavimo i tako da duža stranica slike stoji u smjeru rektascenzije, no po cijenu veće nestabilnosti cijelog uređaja. Drugo moguće rješenje je da umjesto jednostavnog nosača fotoaparatusa upotrijebimo glavu fotostativa ili posebni kuglasti nosač fotoaparatusa koji možemo kupiti u dućanima foto-opreme.

#### - **Slike snimljene astrografom s vijkom**

Slike koje slijede snimljene su ručnim praćenjem opisanim na prethodnim stranicama. One najbolje pokazuju kako se jednostavnim priborom mogu napraviti iznenađujuće dobre slike. Pri tome treba napomenuti da je dobar dio dinamike ovih slika izgubljen pri skeniranju sa izrađenih pozitiva (koristili smo najjeftiniji skener) te pri prikazu na ekran računala. Želite li izgled slika malo popraviti, uzmite veliku varijantu slike (jednostavno kliknite na sličicu), spremite je na disk te nekim programom za obradu slika (npr. freeware IrfanView) popravite kontrast i svjetlinu. Još bolje je slike pretvoriti u negative, kao što to astronomi inače i čine, jer se tada znatno bolje uočavaju najslabije zvijezde i slabe maglice.

**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru

| [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |

	<p>Željko Andreić: Fotografija ljetne Kumove slame iznad južnog obzora snimljena je prije desetak godina sa Rušnjaka u blizini Višnjana. Izuzetno prozirna atmosfera i minimalno svjetlosno zagađenje učinilo je ovu izuzetnu sliku mogućom. U dvadesetak godina bavljenja astrofotografijom i više tisuća snimljenih fotografija, autor nije uspio još jednom napraviti sliku Kumove slame slične kvalitete. Ova slika najbolje pokazuje da je biti na pravom mjestu u pravo vrijeme mnogo važnije od posjedovanja skupe opreme.</p> <p>Objektiv: Flectogon 2,8/20 mm, Film Iford HP5, Vrijeme osvjetljavanja 10 min.</p>
	<p>Doroteja Andreić (12 godina): Zviježde Lire, povećani dio 35 mm fotografije. Snimljeno iz Merenja (selo u blizini Zaprešića).</p> <p>Objektiv Auto-Revuenon 1, 4/55 mm, Film Fomapan 400, Vrijeme osvjetljavanja 2 min.</p>
	<p>Doroteja Andreić (12 godina): Zviježde Lire, povećani dio 35 mm fotografije. Snimljeno iz Merenja (selo u blizini Zaprešića).</p> <p>Objektiv: Revuenon-special 2,8/35 mm, Film Fomapan 400, Vrijeme osvjetljavanja 2 min.</p> <p>Usporedite sjaj zvijezda i kvalitetu slike dobivenu običnim (gore) i širokokutnim objektivom (ova slika).</p>
	<p>Mirko Primorac: - komet C/2001 A2 LINEAR snimljen s 50mm objektivom na Japeticu (14-15.07.2001.) - ekspozicija: 2 min na Fuji Superia 800, blenda 2 (cropano zbog jakog vinjetiranja), skeniran pozitiv i dosta obrađen.</p>
	<p>Zlatko Kovačević: - Komet Hale-Bopp snimljen uz mjesečinu 22.03.1997. u 19:55 UT s objektivom žarišne duljine 135 mm, f/2,8 na kolor film KODAK Gold 400 (400 ASA) s ekspozicijom od 120 sekundi uz praćenje astrografa s vijkom. Autor: Zlatko Kovačević, Virovitica, Croatia, E-mail: <a href="mailto:zlatkovacevic@yahoo.com">zlatkovacevic@yahoo.com</a></p>





## 2. Jednostavna all-sky kamera (A simple all-sky camera)

Željko Andreić



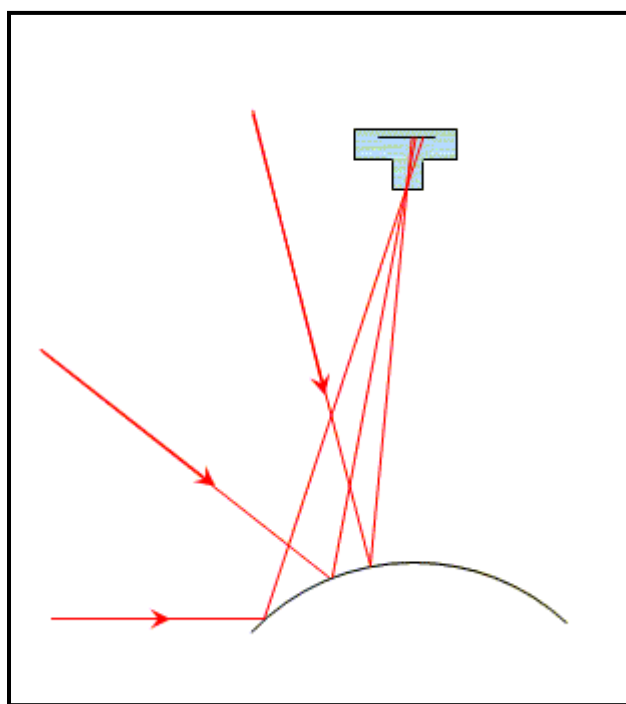
Mliječni put proteže se preko cijelog neba. Slikano sa jedne od rijetkih tamnih lokacija u Hrvatskoj, rta Kamenjak u blizini Pule, čije se svjetlosno zagađenje itekako primijeti u donjem desnom kutu slike.

Malo je tko ravnodušan prema slici Mliječnog puta koji se proteže od obzora do obzora. No, mnogo je manje onih koji su pokušali i sami napraviti takvu sliku. Problem je u objektivu potrebnom za snimanje ogromnog vidnog kuta od oko 180 stupnjeva. Takvi objektivi prilično su skupi i dosta se teško nabavljaju, posebno u zemlji koja je još uvijek okružena vlastitim carinskim zaprekama, pa obične smrtnike svako naručivanje opreme iz inozemstva papreno košta. Fotografi inače takve



objektive nazivaju riblje oko (fish-eye) jer im je prednja leća poprilično ispupčena pa zaista donekle i podsjeća na izbuljeno riblje oko.

Negdje od 20-tih godina prošlog stoljeća u astronomiji su se koristili objektivni koji su umjesto skupe leće imali ispupčeno zrcalo u kojemu se odražavalo cijelo noćno nebo (slično ispupčenim zrcalima koja se danas postavljaju u nepreglednim raskršćima). Prikladno, astronomi su te svoje sprave zvali all-sky kamere jer su na jednoj slici imali cijelu vidljivu nebesku polukuglu. U ta dobra stara vremena takva su se zrcala naravno brusila i polirala i koštala su previše za obične smrtnike. Netko je tada, u jeku automobilske revolucije umjesto skupih staklenih zrcala počeo koristiti ukrasne kape automobilskih kotača koje su tada bile kromirane i ulaštene na visoki sjaj. I zanimljivo, u modi su bile baš ispupčene kape približno sfernog oblika. Sve se to nažalost odvijalo u dalekoj Americi, no ako slučajno imate nekog američkog oldtajmera iz tog doba, slobodno se poslužite njegovim kapama za kotače!



Princip rada all-sky kamere sa ispupčenim zrcalom.

U principu se može koristiti i udubljeno zrcalo, ali je onda vidno polje ograničeno na oko 175 stupnjeva jer suprotni rub udubljenog zrcala reže zrake koje dolaze od obzora (kod udubljenog zrcala zrake prelaze preko ruba zrcala i prema kameri se odbijaju na njegovoj suprotnoj strani!). Kod ispupčenog zrcala ovog ograničenja nema (pogledajte sliku u kuglici za bor, u njoj se vidi skoro 360 stupnjeva!). Kod takve kamere ispupčeno zrcalo stoji na vodoravnoj podlozi okrenuto prema nebu, a kamera se nalazi iznad njega i slika odraz nebeskog svoda u zrcalu. Kod toga se koristi obični objektiv kamere, a udaljenost kamere od zrcala podesi se tako da zrcalo (ili, ako je zrcalo jako zakrivljeno, odraz nebeskog svoda) taman stane u format slike kamere. Dobivena slika je kružnog oblika, a kako kamera gleda prema dolje, zrcaljena je. Slika je u blizini ruba malo



deformirana, no to ne predstavlja neku veću smetnju. I specijalni objektiv također pokazuju slične deformacije slike, pa ovim jednostavnim rješenjem nismo mnogo izgubili. Jedino na što kod ovakve konstrukcije moramo paziti je da objektiv kamere ima dovoljnu dubinsku oštrinu za cijelu sliku nebeskog svoda koja kod ispučenog zrcala nije ravna, već slijedi zakrivljenost zrcala, a nalazi se otprilike u virtualnom žarištu ispučenog zrcala, dakle oko polovice polumjera zakrivljenosti zrcala iza njega.

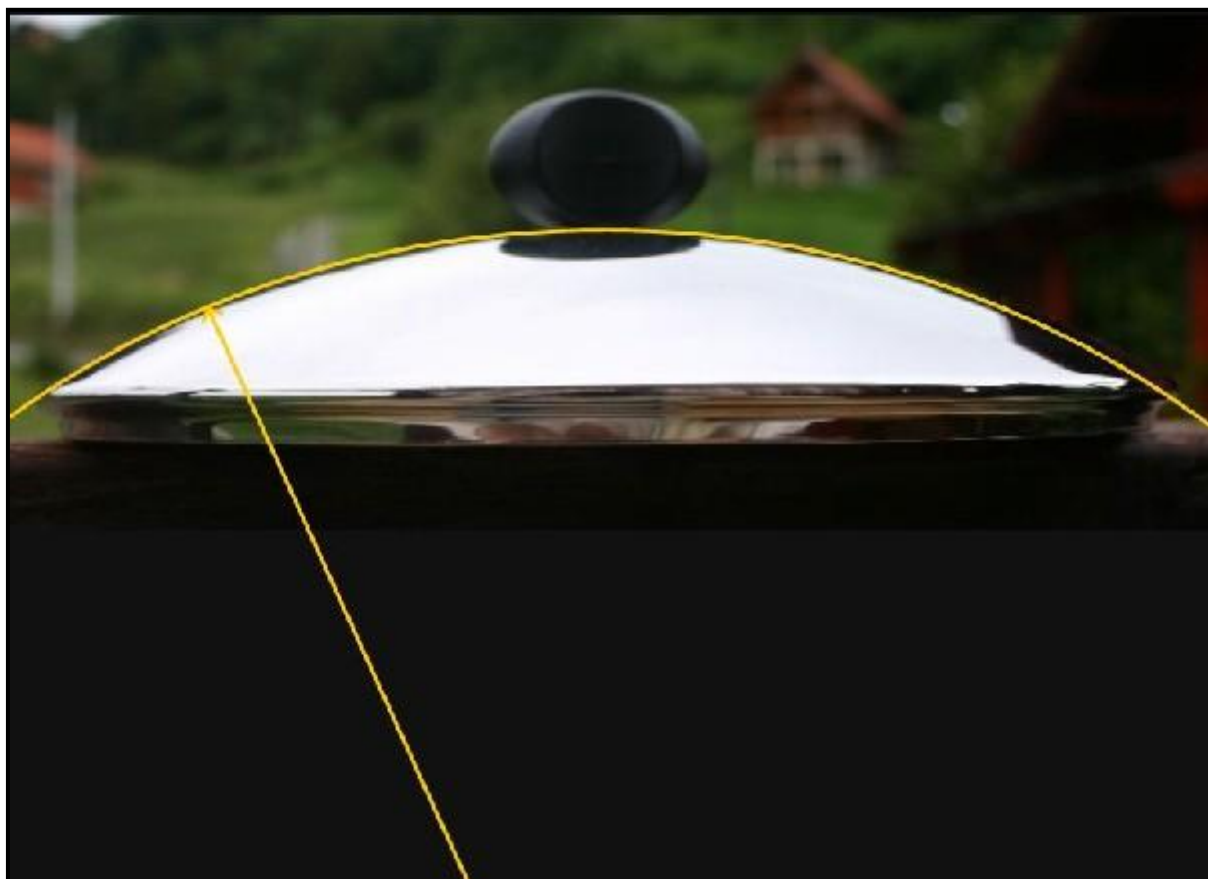
Danas su nažalost ukrasne kape od plastike, nisu baš sjajne, pune su rupa i oblikom totalno neupotrebljive. No, potrošačko društvo pobrinulo se da nam nađe zamjenu: poklopce za lonce od nehrđajućeg čelika. Njih ima najrazličitijih oblika, ali uz malo upornosti lako se nađe oblik koji nam je potreban, a to je oblik ispučene kugle. Ima li takav poklopac ravan rub ili ne, nije uopće bitno.



Na gornjoj slici je primjer jednog dobrog poklopca. No, što znači dobar poklopac? Da bi bio dobar za all-sky kameru, ispučeni dio mora imati kuglasti oblik. Mnogi poklopci ravni su gotovo do ruba, a onda im zakrivljenost naglo raste. Slika u takvim poklopcima previše je deformirana za naše potrebe. Da li oblik poklopca odgovara ili ne lako ustanovimo ako ga pogledamo sa strane. Slijedi li njegov profil otprilike kružnicu, poklopac je dobar. Kod nabavke svakako pažljivo pregledajte cijelu površinu poklopca, jer su oni često puta udareni i deformirani, ili jače izgrebeni. Izaberite onaj najbolji! Promjeri poklopca (ispupčeni dio) između 20 i 30 cm su svi dobri za ovu namjenu.



Trenutno se ovakvi poklopci mogu nabaviti za oko 100 kuna po komadu. Izbjegavajte specijalizirane dućane, ili barem pripazite na cijene u njima!



Ova slika govori mnogo više od samog opisa: gledano sa strane, rub ispupčenog dijela poklopca gotovo idealno slijedi kružnicu. Kružnicu naravno moramo zamisliti, ali bez brige: oko je odlično u prepoznavanju odstupanja od nje. Mala odstupanja i tako ne smetaju, slika je i kod sfernog zrcala prema rubu donekle deformirana, što se nekad uzimalo zdravo za gotovo, a danas se može ukloniti obradom na računalu (npr. IRIS ima nekoliko moćnih funkcija za uklanjanje ovakvih deformacija). Ovo je tek kupljeni poklopac, pa je drška još na njemu. Nju moramo ukloniti, pa zato kod nabavke pripazite da je učvršćena vijkom u sredini poklopca (tu je i tako sjena kamere, pa rupa na tom mjestu ne smeta). Izbjegavajte poklopce s drškom koja je zavarena, posebno ako je zavarena na dva mjesta bliže rubu poklopca. Kod takvog poklopca ćete se ili jako namučiti da dršku otpilite (a i tada će zavarena mjesta ostati na slici) ili će se ona vidjeti blizu sredine slike. Kameru moramo na neki način učvrstiti na odgovarajućoj visini iznad poklopca. Najjednostavnije rješenje je da ju pričvrstimo ispod glave fotografskog tronošca (ako ga imamo), a zrcalo stavimo na pod ispod njega. Za ozbiljniji rad, posebno ako kameru želimo staviti na montažu s praćenjem, bolje je izraditi fiksni nosač, npr. kao ovaj prikazan na donjoj slici:



**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru



Zrcalo se nalazi na ploči od šperploče, promjera malo većeg od samog zrcala. Tri drvene nožice (učvršćene vijcima za drvo s donje strane šperploče) tvore tronožac koji na svojem gornjem rubu ima manji prsten od šperploče koji ga učvršćuje. Stoji li kamera uspravno, možemo fotoaparat jednostavno staviti na taj prsten, no bolje je napraviti držač za koji se kamera može pričvrstiti vijkom za stativ. (Ovdje je držač skriven tijelom kamere, ali se dobro vidi na slijedećoj slici.



Napravljen je od komada kutnog lima koji mi se našao pri ruci). Sve je na kraju obojeno crnom lazurnom za drvo da se smanji refleks svjetla na dijelovima tronošca.



Tronožac s držačem kamere. Na donjoj ploči nalazi se i mala libela za kontrolu horizontalnosti zrcala. Rupa u sredini donje ploče služi za pričvršćivanje cijele sprave na teleskopsku montažu.



Pogled na gornji prsten kamere. Usjek na desnoj strani služi za žičani okidač (konstrukcija je rađena za klasični fotoaparatus) ili žicu daljinskog okidača digitalne kamere.

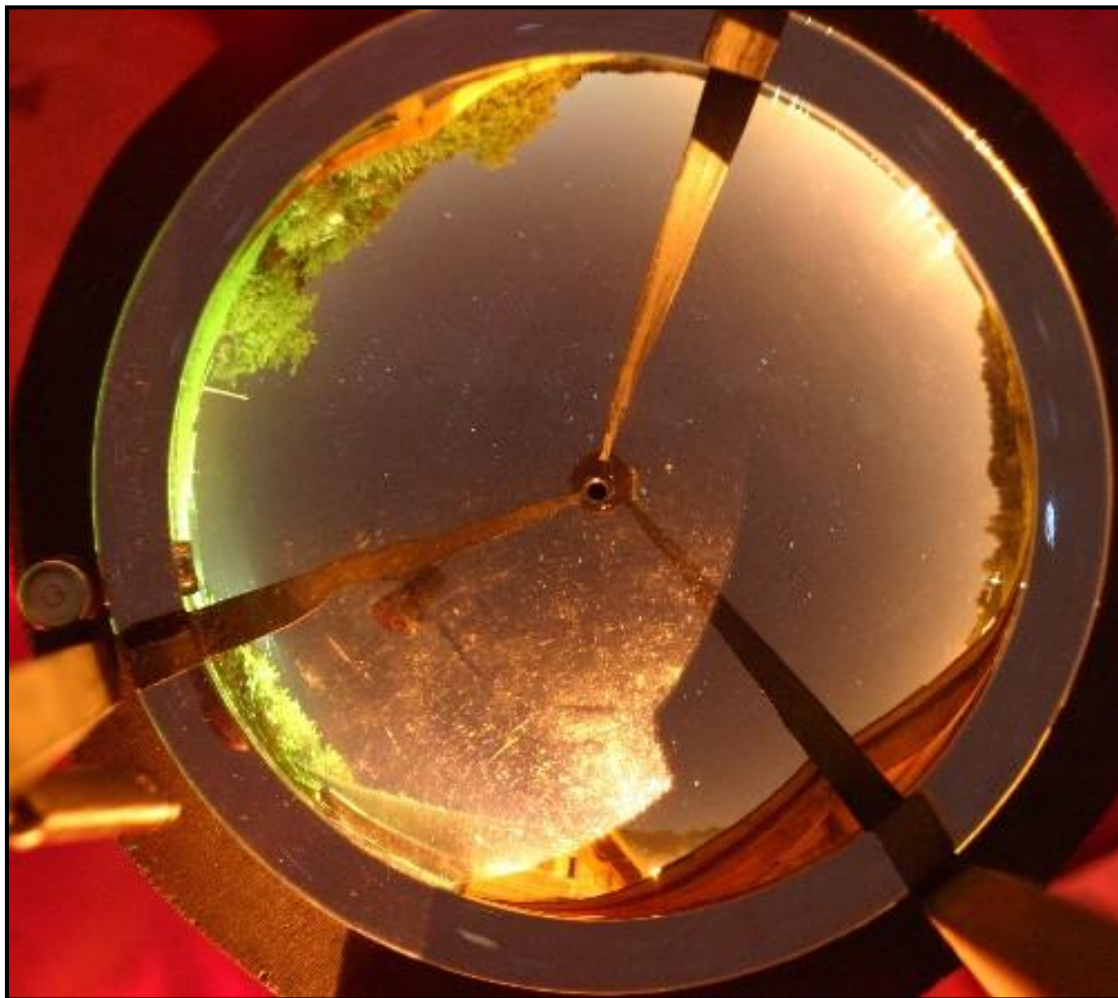
Kako ćemo odrediti potrebnu visinu tronošća? Vrlo jednostavno. Poklopac stavimo na tlo, i odozgo gledamo na njega kroz poklopac tražila fotoaparata. Približavamo se ili udaljavamo od poklopca sve dok nam poklopac ne popuni tražilo. Dobro je ostaviti mali rub oko njega, da zbog netočnosti u izradi i pričvršćivanju kamere ne bismo "odrezali" dio ruba slike. Kad smo zadovoljni namještanjem, izmjerimo udaljenost od kamere do tla (pomoćnik je ovdje i više nego dobrodošao!) i imamo visinu našeg tronošća.

Imamo li digitalnu kameru, možemo odabrati udaljenost (pazite ipak da ne bude manja od oko 50 cm, zbog dubinske oštine potrebne za dobru sliku), a onda potrebnu veličinu slike podesiti zumiranjem. No, kod digitalne kamere moramo oštrinu namjestiti danju (npr. na oblacima) i onda isključiti automatsko izoštravanje (tzv. autofocus) jer će se kamera inače noću zbuniti u nemogućnosti da dobro izoštri sliku!). Iz tog razloga ja i na digitalnoj kameri koristim stari mehanički objektiv od Zenit-a B. Otvor zaslona dosta utječe na konačnu oštrinu slike, a očekujte i





malo astigmatizma ili kome kod sjajnijih objekata uz rub slike. Ja obično koristim zaslon F/4 koji daje vrlo dobre rezultate, iako ni na F/2,8 slika nije previše loša. Najbolje parametre snimanja i tako kod ovakve kamere moram odrediti pokusima. Svakako izbjegavajte direktne reflekske ulične rasvjete i sličnih jakih izvora svjetla jer poklopac ipak nije idealno zrcalo i raspršuje dosta svjetla.



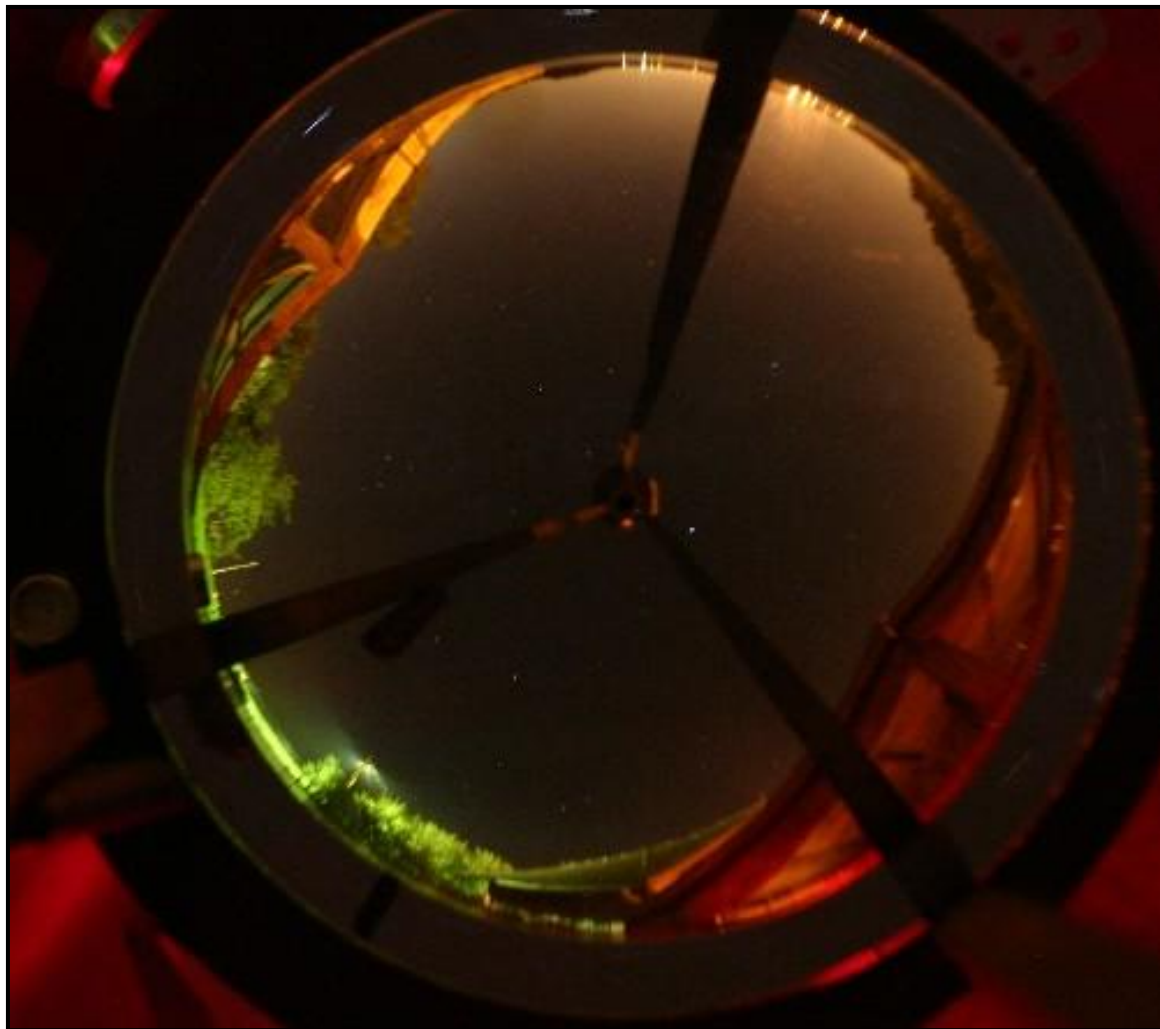
Inače dobra slika pokvarena je refleksom svjetla obližnje ulične lampe na poklopcu kamere u donjem dijelu slike. Slika bi bila mnogo bolja da je zrcalo stavljeno u sjenu.

Stavljanje poklopca u sjenu i nešto kraća ekspozicija daju znatno bolju sliku:



**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru



Na slici neba vidi se naravno i tronožac, a i sama kamera, ali ako ne pretjeramo sa debljinom nožica tronošca, njihova slika zauzima samo mali dio nebeske polukugle.

Trokutasta sjena nosača sa sjenom kamere u njegovom vrhu zaštitni je znak ovakvog tipa all-sky kamere!

I na kraju evo nekoliko podataka o all-sky kameri čije slike ste vidjeli na ovoj stranici: Visina tronošca (od donjeg do gornjeg prstena) je 67 cm, promjer ispupčenog dijela poklopca je 22 cm (radi jednako dobro i sa 24 cm), a najbolju oštrinu daje kad je objektiv kamere namješten na daljinu od 0,82 m. Ako se koristi klasični fotoaparatus, odgovarajući objektiv je 50 mm i zaslon 2,8 ili 4, a za EOS-300D, zbog manjeg čip-a potrebno je uzeti objektiv žarišne daljine 37 mm (ili 35 mm, ovisno o tome koji imate). Zaslon je također F/4, iako se uz manji gubitak oštine može raditi i sa F/2,8. Ako koristite originalni EOS-ov objektiv, namjestite zaslon na F/4, izoštrite sliku danju i prebacite objektiv na ručno izoštravanje (MF).



7.

HMM - PRIPREMA - POZOR - SAD!!!

*Damir Šegon*

Zahvaljujući Damiru Šegon i Marinu Tumpić, i njihovom dopuštenju, ovaj se članak našao u ovome Vodiču jer ima veze sa snimanjem meteora. Vjerojatno nemate takve kamere, no tko zna, jednoga dana...

### **Zagrijavanje...**

Hrvatska meteorska mreža - HMM - je nastala kao plod dugogodišnje tradicije meteorske astronomije u Hrvatskoj. Prva vizualna promatranja u organizaciji Zagrebačke Zvezdarnice odnosno tadašnjeg AAD Zagreb još tamo '70-ih godina prošlog stoljeća potakla su i druge udruge astronoma amatera na promatranja meteora, uglavnom velikih potoka. Početkom '90-ih, Zvezdarnica u Višnjaju postaje dio Europske meteorske mreže (EN) all-sky kamera, ali je taj projekt zbog odnosa uloženog rada i dobivenih rezultata napušten. Razvojem tehnologija CCD kamera, sredinom '90-ih u svijetu počinju sa radom prve amaterske meteorske mreže bazirane na video zapisima. Video zapisi se tada analiziraju sa traka i obrađuju na PC. Korak naprijed napravljen je razvojem video capture kartica, koje su omogućavale direktnu analizu videa na PC, bez potrebe za video rekorderom i trakom.

Početkom novog milenija kamere video nadzora visoke osjetljivosti postale su dostupne i našim (plitkim) džepovima, tako da se sa Zvezdarnici u Puli 2006. godine provode prva, zaista eksperimentalna promatranja meteora putem videa: u noći gotovo punog Mjeseca, uz vlagu od 95% i gradsku rasvjetu na +100% za maksimuma Perzeida snimljena su prva tri meteora. Vrijedno je napomenuti da su članovi ADIP-a i "uživo" pratili video te pripomogli pri detekciji prve trojke. Nakon Orionida, kada je uz poboljšani setup za 8 sati promatranja snimljeno 42 meteora, te pogotovo Geminida (192 meteora u noći 13/14) postalo je jasno da u rukama imamo alat kojim možemo efikasno promatrati meteore i iz centra grada! Tada se pod okriljem Znanstveno edukacijskog centra Višnja formira Hrvatska meteorska mreža - HMM, čime se održava kontinuitet promatranja meteora i daje potpuna nova dimenzija meteorskoj astronomiji u nas.

**ZVJEZDARNICA**  
nešto važno događa se u svemiru



Kamera En-1

**ZVJEZDARNICA**  
nešto važno događa se u svemiru



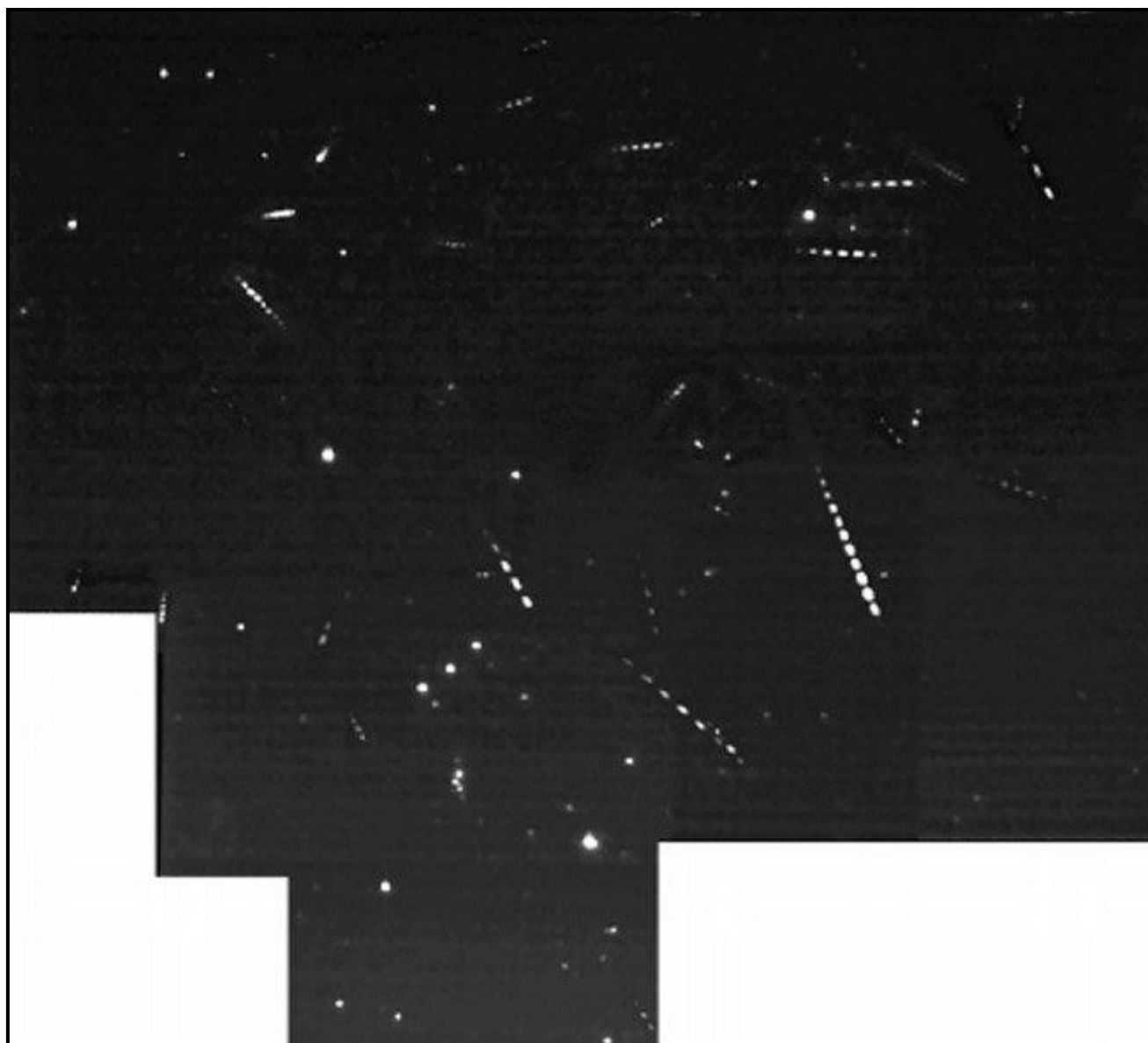
Kamera EN-2



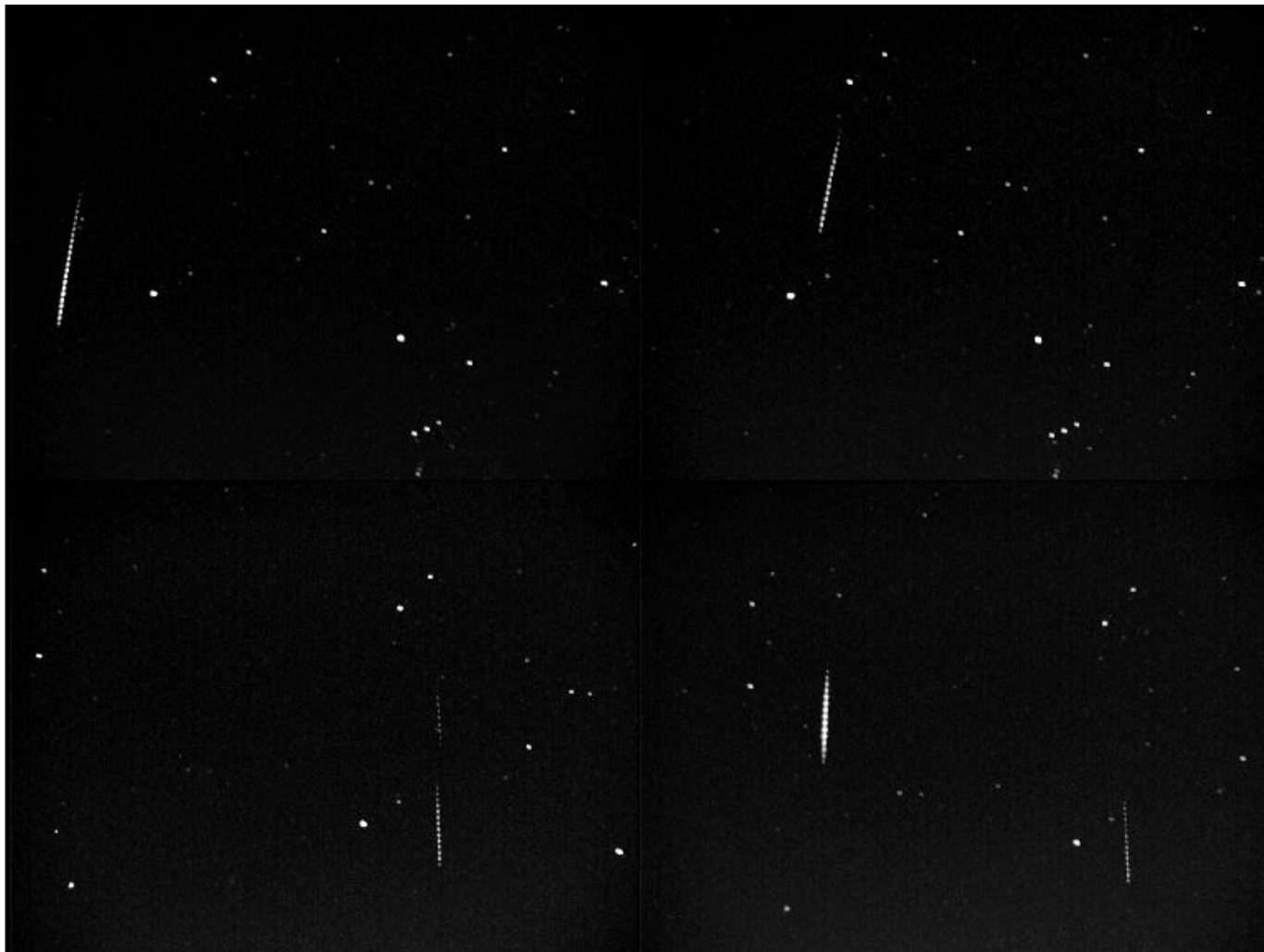
**ZVJEZDARNICA**  
nešto važno događa se u svemiru



| [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |



Orionidi, "stackirano"



Ursidi od maksimuma 21/22.12.2008. godine

## 1. PRIPREMA...

### 1.1. 1004X kamera

HMM je bazirana na 1004X crno-bijelim visokoosjetljivim kamerama video nadzora, osjetljivosti 0.003 luxa pri F/1.2 objektiva. Prvi testovi, provedeni na ADPI-u za Perzeida 2006. provedeni su originalnim objektivom 3.6 mm F/2 uz nemodificiranu kameru. Testovi su pokazali da kamera u real-time (25 fps) registrira zvijezde do 1.5 mag, što nismo smatrali zadovoljavajućim. Stoga je kamera modificirana u smislu fiksnog pojačanja (kameru je modificirao Filip Lolić, bez kojega bi danas stvari sigurno izgledale drugačije) te je primijenjen objektiv 9 mm F/1.4. Uz ovaj setup snimani su Orionidi, granična magnituda zvijezda bila je oko 4 ali je sada vidno polje bilo malo premalo... trebalo je naći pravi objektiv. Izbor je pao na 4 mm F/1.2 objektiv, koji na 1/3" CCD chipu daje vidno polje od 64X48 stupnjeva - što otprilike odgovara korisnom vidnom polju ljudskog oka. Danas



su sve HMM kamere opremljene takvim objektivima, što olakšava kalkulacije preklopa vidnih polja double i multi - station postavki.



Kamera čvora Bjelovar

Kućišta kamera (uglavnom, izuzetak su Mali Lošinj i Pula A) su dome kućišta video nadzornih kamera, popunjena silica-gelom kako bi se smanjila mogućnost kondenzacije vlage, a još je efikasnija varijanta Filipa Lolića sa dodatnom alu-folijom unutar kućišta čime se smanjuje i temperatura u kućištu. Posebnu pažnju pridana je i izboru napajanja kamera, budući da i najmanji "brum" (varijacija napona) napajanja dovodi nepoželjnih smetnji koje direktno utiču na rezultate promatranja.

### 1.2. PC + video capture

Kod prva dva eksperimenta (Perzeidi i Orionidi '06) video je sniman na digitalni video rekorder i naknadno analiziran na PC. Kako bi izbjegli potrebu za DVR-om, testirali smo nekoliko softvera za detekciju meteora. Danas nekako najrazvikaniji (i od strane IMO - International Meteor Organization - gotovo isključivi) softver je MetRec, autor Sirko Molau. Na žalost, iz samo njemu poznatih razloga autor ovaj softver radi isključivo uz Matrox Meteor karticu i DOS operacijski sustav. Kako je nama cijena jedne takve kartice neprihvatljiva, a njena instalacija iziskuje natprosječne informatičke





vještine (i sreće), od MetRec-a smo odustali. Od pred nekoliko godina, u svijetu se (uglavnom Japanu) od strane astronoma amatera (i profesionalaca) koristi UFO, paket za automatsku detekciju i analizu pojava na nebu - uključujući meteore. Za razliku od Metrec-a, ovaj softver radi na Windows platformama - ali zahtjeva značajne hardverske resurse (čitaj: skupi PC), a samo podešavanje parametara sustava predstavlja svojevrсни rebus (ne preporuča se osobama slabih živaca). Pored softvera napisanih namjenski za detekciju meteora, testirali smo i softvere za detekciju pokreta (svodi se gotovo na isto), među njima je najviše obećava HandyAvi - problem je "jedino" što ne daje koordinate detekcija, sprema ogromne avi datoteke...



Kamera HMM mreže - Filip Lolić

### 1.3. SkyPatrol

Naš konačan izbor je freeware SkyPatrol - autor Mark Vornhusen. Softver radi na skoro svim Windows operacijskim sustavima - od Win'98 do XPSP2 (nije testiran na '95 i Visti), radi sa svim standardnim video capture karticama i ne zahtjeva moćan PC: dovoljan je Celeron na 700 MHz, već od 128 MB RAM-a, podešavanje parametara detekcije je jednostavno, instalacije nema (golo kopiranje). Ono što je izuzetno važno, SkyPatrol kreira datoteku sa svim potrebnim informacijama o detektiranom objektu.

### 1.4. Priprema: gotova



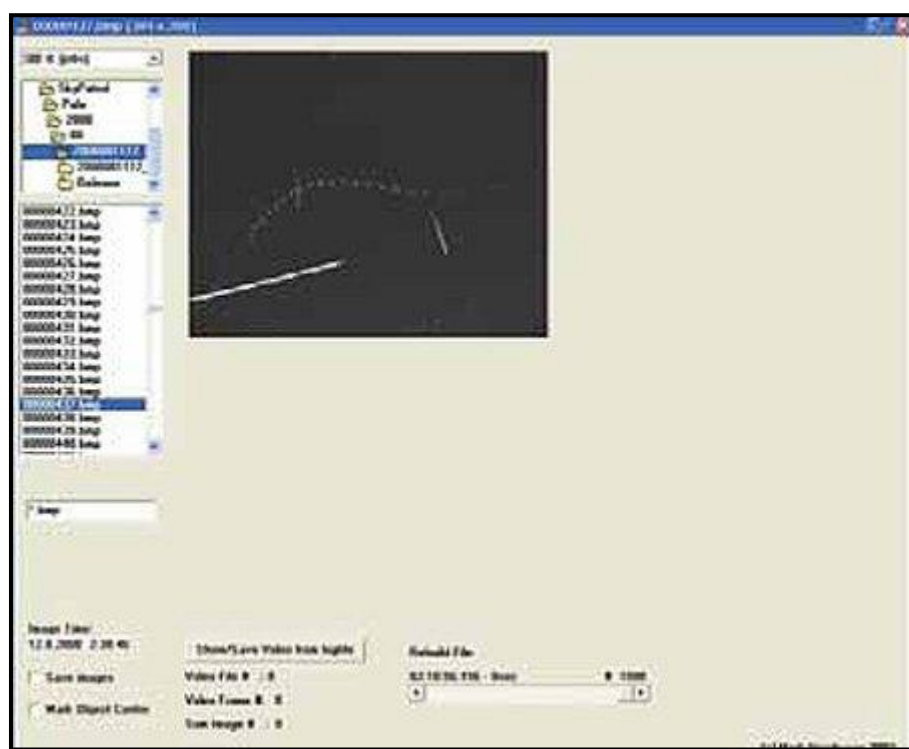


Jeftini (polovni) PC i jeftina (<150kn) video capture kartica u kombinaciji sa jeftinom (1100 kn sa objektivom) kamerom i freeware softverom čine osnovni alat HMM. Uz ukupnu cijenu manju od €300 po stanici, ovakve je sustave bilo moguće instalirati na više lokacija te omogućiti double i multi - station promatranja meteora.

## 2. ...POZOR...

### 2.1. SkyPatrol - pro et contra

SkyPatrol softver, koji smo izabrali za promatranja meteora, nije savršen - teško da će takav softver ikada biti napravljen - i kao takav ima neke mane i nedostatke, ali ima i svojih prednosti pred drugim softverima. Kako bi malo pojasnili problematiku, osvrnut ćemo se na neke od detalja. Prednosti SkyPatrol softvera sadržane su u automatskoj detekciji objekta koji se kreće - bio to meteor ili nešto drugo - te pohranjivanju koordinata/levela detekcije i dijela videa (slijed 80X80 pix). Činjenica da svaka snimka predstavlja sumu 1500 slika (25X60 sec) po načelu "if lighter" (zapisuje se samo najsjašnija pixela od 1500) smanjuje količinu informacija na disku te pruža uvid u uvjete promatranja, za razliku od ostalih softvera (gdje nije moguće procijeniti da li je bilo vedro ili oblačno). Budući da je rezultatna bitmapa puno kvalitetnija od pojedinačnih slika, na njoj su uočljive zvijezde slabijeg sjaja. To je od izuzetnog značaja za kvalitetnu kalibraciju optičke distorzije i astrometrijsku kalibraciju vidnog polja kamere, budući da na raspolaganju imamo veći broj zvijezda.



Obrada podataka u programu SkyPatrol



Nadalje, SkyPatrol Viewer program omogućava pregled i rekonstrukciju pojedinačnih snimaka sliku-po-sliku (dakle kroz 1500 slika u minuti), na koji je način jednostavnije razlučiti što je meteor a što nije. I zadnje ali ne i najmanje važno, moguće je rekonstruirati i video u avi formatu. Osnovnu manu SkyPatrol-a predstavlja gubitak 2(4) sekunde po bitmapi. To znači da u sat vremena imamo snimljeno 58 snimaka (minuta) umjesto 60. Preostali nedostaci su boljke i drugih softvera: propuštanje detekcije u slučaju više istovremenih objekata (do dva istovremeno radi kako treba) te nepreciznost koordinata detekcije u slučajevima jako sjajnih meteora. Nedostatak pak (za razliku od UFO i MetRec-a) predstavlja nepostojanje softvera za analizu promatranja... to smo morali napraviti sami.

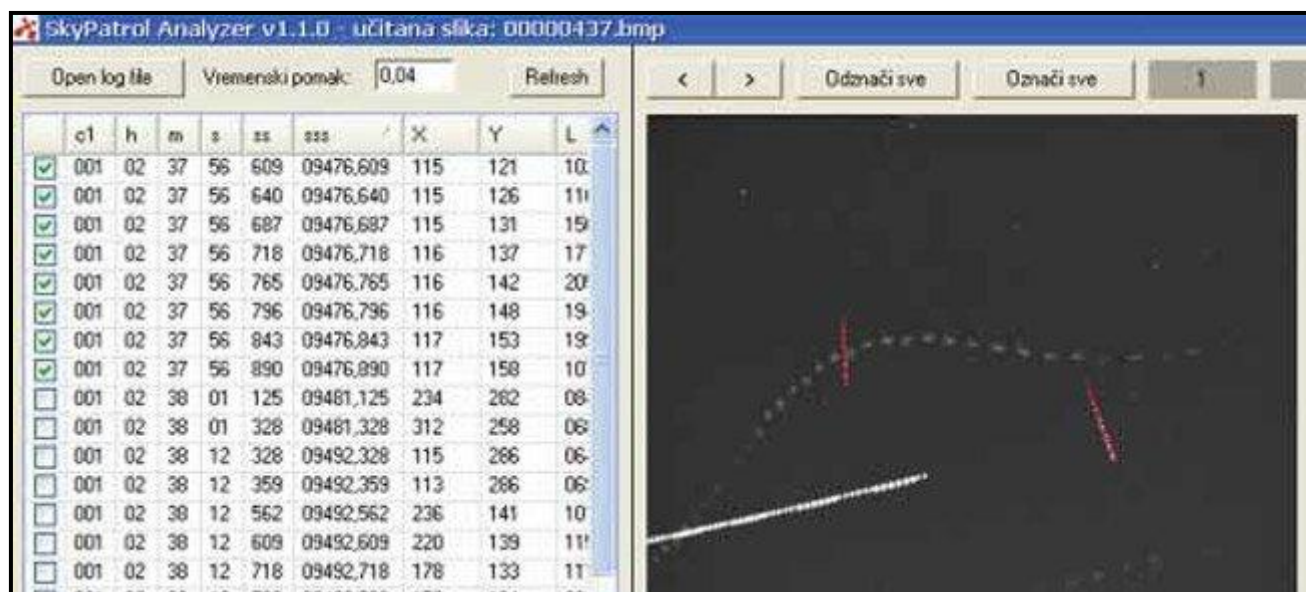
## 2.2. SkyPatrol Analyzer

Zahvaljujući svesrdnoj pomoći Igora Terlevića, koji je isprogramirao SkyPatrol Analyzer, danas imamo program kojim je moguće filtrirati promatranja dobivena SkyPatrol softverom. Da malo pojasnim: nije sve što kamera na snimci zabilježi meteor: to može biti šišmiš ili avion (glavni "onečišćivači"), kukac ili noćna ptica (tu i tamo) a rjeđe i neka iznenađenja (najlonske vrećice, velike ptice od kojih se da lete noću očekuje samo u ranom djetinjstvu - rode...).



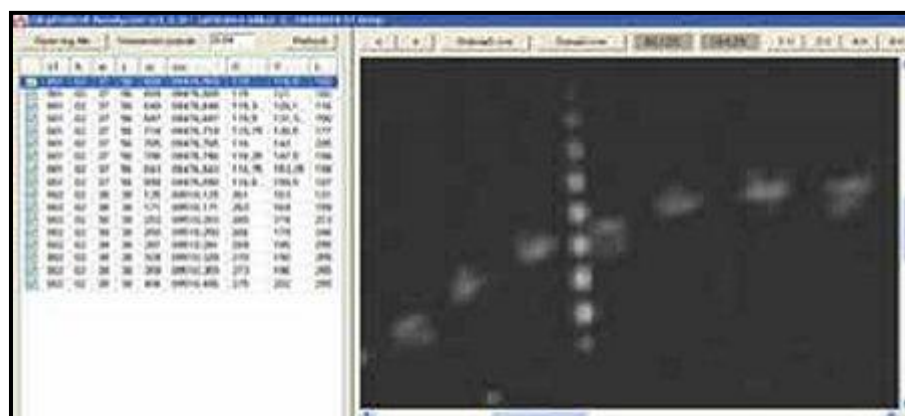
Kaos - avioni, ptice i druga smetala

Iz tog kaosa, koji je u gradskim uvjetima još puno izraženiji, treba izvući detekcije koje predstavljaju meteor. Dakle, potrebno je detekcije iz datoteke koju kreira Sky-Patrol prezentirati na pripadnoj snimci, te na osnovu trenutaka pojavljivanja i u usporedbi sa SkyPatrol Viewerom prepoznati što je a što nije meteor (vjerujte, nije ni izbliza tako komplicirano kao što zvuči). Kada smo izdvojili meteor, ostali su samo tehnički detalji...



Obrada podataka

Među tim detaljima važno je istaći da možemo korigirati koordinate detekcije - naime, kako SkyPatrol koordinate detekcija daje u diskretnim veličinama, rezolucije 1 pix, mi možemo zoomiranjem preciznije (do 1/8 pix) definirati koordinatu detekcije. Rezultat filtriranja SkyPatrol Analyzerom je datoteka sa čistim i preciznim koordinatama detekcije meteora. Kompletan posao filtriranja promatranja ovisi o broju detekcija i uvježbanosti operatera, ali prosječno traje manje od sat vremena. Naravno, Sky-Patrol Analyzer će se konstantno unapređivati kako bi se olakšalo i donekle automatiziralo filtriranje i dalja obrada promatranja.



Obrada podataka, eliminiranje lažnih tragova

### 2.3. PIXY2 - MetMath

Postupak određivanja nebeskih koordinata meteora iz X,Y detekcija provodi se u dva koraka: kalibraciji vidnog polja kamere i transformaciji koordinata. Kalibracija kamere rješava se programskim paketom PIXY2, autor Seeichi Yoshida. PIXY2 softver nije prvenstveno namijenjen



meteorskoj astronomiji već astrometriji i fotometriji, ali je njegova sposobnost rješavanja parametara optičke distorzije vidnog polja kamere kao i astrometrijske kalibracije našla primjenu i u našem slučaju. Sam postupak provodi se izborom snimke sa što više (najmanje 10) jednoliko raspoređenih zvijezda, te unošenjem približnih koordinata centra vidnog polja kamere kao rezultat dobivamo tražene podatke: parametre optičke distorzije (polinom 3. reda), koordinate centra vidnog polja te rotacije (nagiba kamere prema nebeskom ekvatoru).

Velika prednost ovog načina kalibracije je ta da se može provoditi naknadno, a u slučaju da je kamera fiksna (za slučaj HMM - 95%) provodi se samo povremeno (kontrola). Nadalje, moguće je provesti kalibraciju preko cijelog vidnog polja kamere u slučaju ekstremne optičke distorzije vidnog polja (za potrebe neke-eventualno buduće all-sky kamere...). Preciznost kalibracije je velika: uz rezoluciju od tipično 606"/pix, astrometrijska je greška manja od 90" (tipično reda 70"). Pribrojimo li toj greški moguću grešku od 1/8 pix prenesenu iz SkyPatrol Analyzera, možemo konstatirati da je najveća greška promatranja reda 3' ili 0,05 stupnjeva. Nije baš kao UFO softver, koji postiže isti rezultat na gotovo dvostruko većem vidnom polju, ali držimo da je dovoljno precizno za našu opremu. MetMath je pak naš softver, autor autor koji transformira detektirane lokalne X,Y koordinate chipa u sferne nebeske koordinate. Kao izlaz, dobivamo datoteku meteor.hmm u kojoj se nalaze sve informacije potrebne za dalju analizu meteora.

#### **2.4. MetPlot, MetSort, RadPlot, Triang...**

U svrhu detaljne analize i vizualizacije promatranja meteora razvili smo više zasebnih softvera, iznosimo crtice o nekima od njih:

MetPlot - crta meteore sa pripadnim tragovima, uz mogućnost docrtavanja greške

MetSort - sortira meteore prema pretpostavljenom radijantu (koordinatama i geocentričnoj brzini)

StarMet - za vizualnu provjeru kalibracije





Program StarMet

RadPlot - crta točke sjecišta tragova meteora (prividni radijanti)

Triang - računa visine i brzine double-station meteora

Met Rad - računa koordinate radijanta iz sjecišta

## 2.5. ...Pozor... gotov

Istovremeno sa razvojem osnovnih alata za analizu snimaka, krenulo se sa širenjem mreže. Prva kamera nakon ADIP-ove završila je u Šibeniku, potom u Zagrebu, Rijeci... Zahvaljujući Znanstveno edukacijskom centru Višnjan, kamere su stigle i do Osijeka, Bjelovara, Merenja... do Lirida 2007. u funkciji je bilo 6 kamera.

## 3. ...SAD!!!

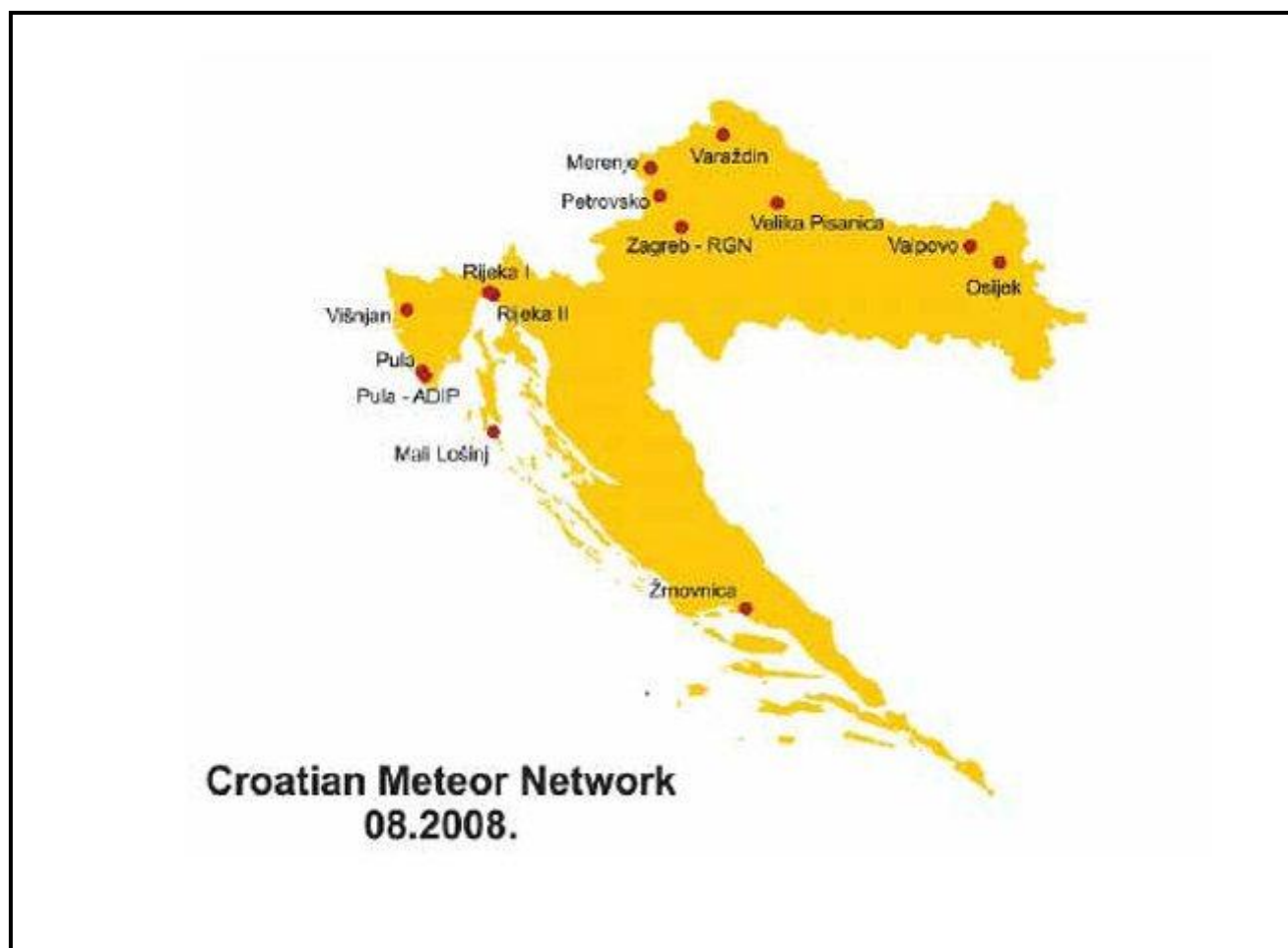
### 3.1. Lokacije kamera

Dok ovo pišem, u Hrvatskoj rutinsko snimanje meteora provodi 14 stanica. Na slikama su prikazane lokacije kamera te pripadna pokrivenost neba na 100 km visine.

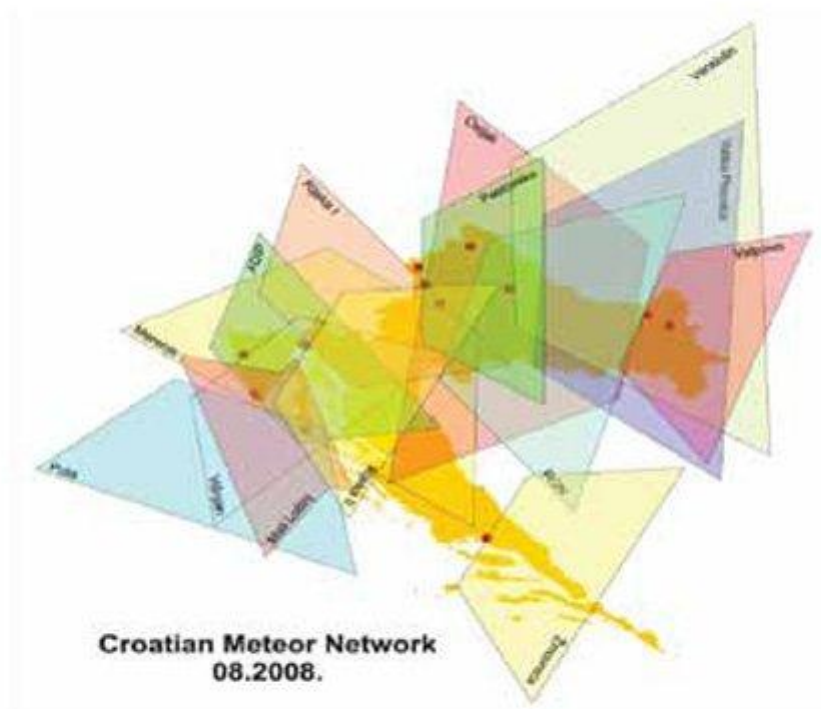


**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru



Lokacije kamera



Preklopi kamera

Iz slika je vidljivo da imamo velik postotak zajedničke pokrivenosti (preklapanja), što omogućava kvalitetan double i multi - station rad. Slijedeći čvorovi će (ovisno o mogućnostima) biti instalirani u smislu kvalitetnijeg kuta preklopa, kao i dopune pokrivenosti atmosfere u južnim krajevima (Dalmacija).

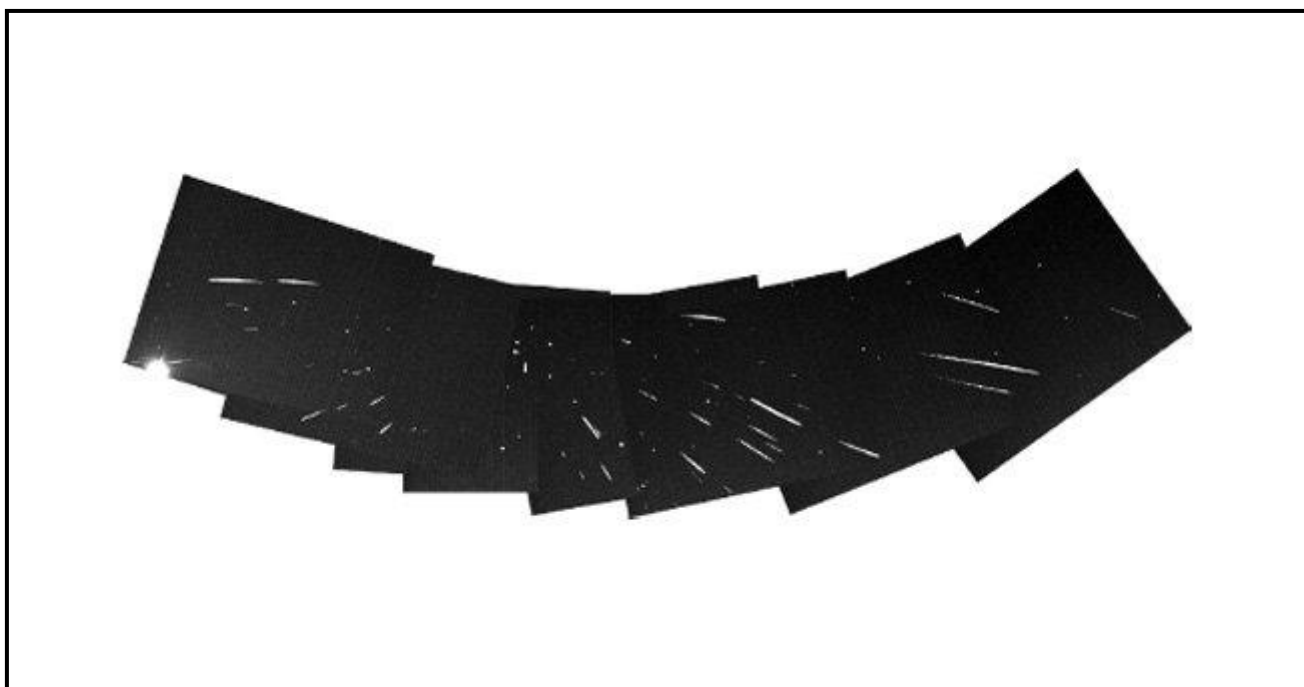
### 3.2. Stackovi

Na slijedećim slikama možete vidjeti kako to izgleda kada se meteori snimljeni u jednoj noći spoje u jednu sliku...

**ZVJEZDARNICA**  
nešto važno događa se u svemiru



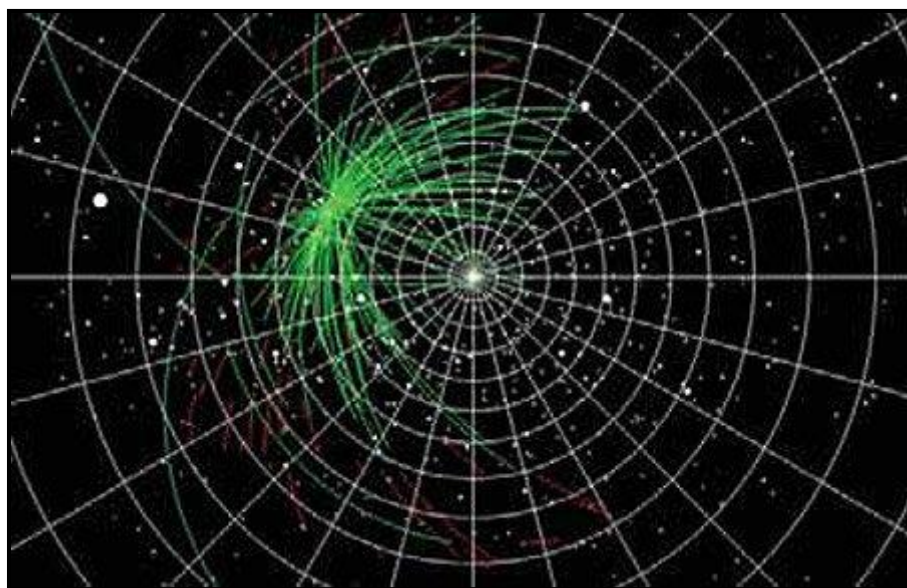
| [www.zvezdarnica.com](http://www.zvezdarnica.com) | [www.zvezdarnica.eu](http://www.zvezdarnica.eu) | AstroForum - forum za astronome | [www.zvezdarnica.com/forum](http://www.zvezdarnica.com/forum) |



Geminidi i Perzeidi "stackirano" (Šegi i Denis)

... a promatranja "zmatematiciraju" i vizualiziraju.

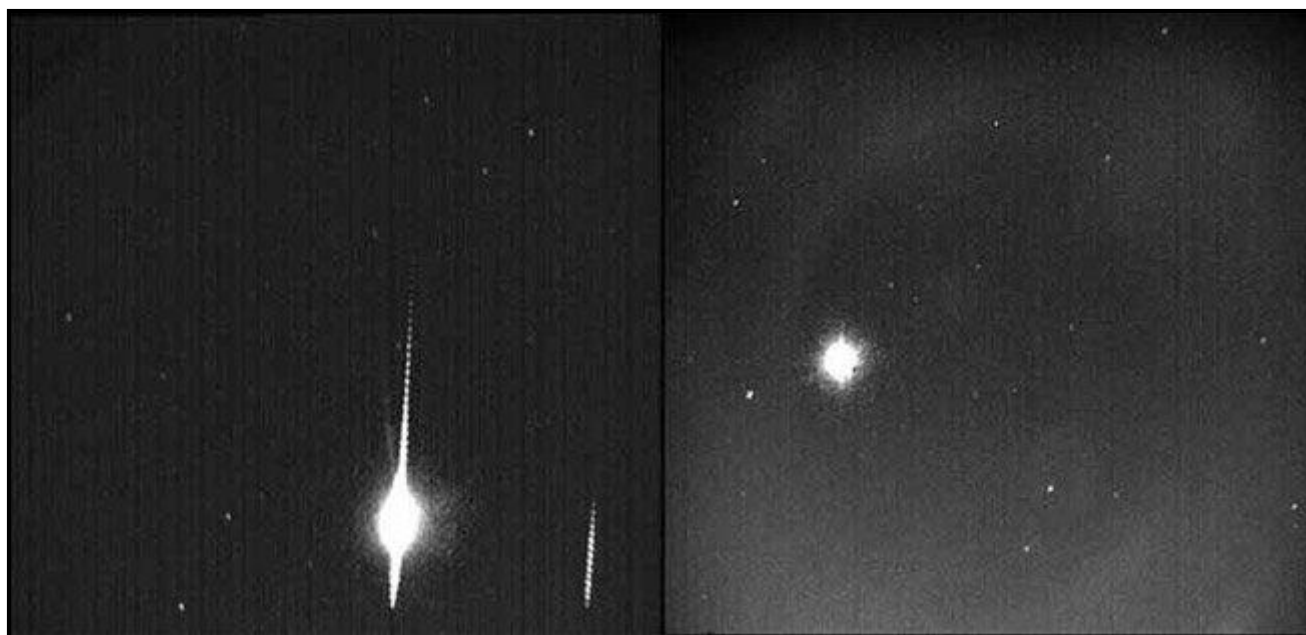




Geminidi 131406

### 3.3. Slučaj "Westin"

Mnogo se medijske prašine podiglo oko bolid iz potoka Lirida, 22/23.04.2007. Meteor (ispostavilo se sjaja -10,7 mag) sagorio je u atmosferi na 75 km visine, ali su naši vrli novinari od toga napravili senzaciju - u stilu, "Pola sekunde od udara u Westin" i sličnih bombi. Taj nas je "slučaj" naučio pameti, tako da od tada informacije o takvim događanjima javnosti prezentiramo sa posebnim oprezom, makar se i nakon toga diglo puno nepotrebne prašine i dezinformacija oko Skradskog mete(o)r(it)a. Interesantno, isti bolid od 22/23.04.2007. snimila je Europska meteorska mreža (EN) all-sky kamera, a na osnovi tih snimaka i snimke HMM Osijek (pokazala se ključnom) određena je i precizna orbita ovog tijela. Tako je "Slučaj Westin" postao prvi slučaj suradnje HMM i IAU komisije 22 te njenim predsjednikom dr. Pavelom Spurnyjem. Ako nekoga interesiraju detalji o tom bolidu, a ne radi u novinsko/izdavačkom poduzeću na mjestu "novinarske Katice za sve", neka se javi HMM.



Meteor - "Slučaj Westin"

### 3.4. ESO - Catch a Star 2007.

Kako Znanstveno edukacijski centar Višnjan ima razvijenu suradnju sa svjetskim studentskim organizacijama, prilikom jednog takvog susreta Bogumilu Giertleru predana je kopija promatranja Geminida iz noći 14/15.12.2006. Na osnovi tih promatranja Bogumil je napravio rad koji je osvojio prvo mjesto na ESO natječaju za mlade znanstvenike (CAS2007-388: Determining the relative radiant of Geminid meteor shower).

### 3.5. ... SAD!!! ... ne, nije gotovo

Ne, nikako nije gotovo, tek je počelo. Pored rutinskih promatranja, razvoja softvera za analizu i objavljivanja rezultata, cilj HMM je i uvođenje zainteresiranih mladih ljudi u svijet meteorske astronomije. Svi zainteresirani za rad pri HMM mogu se javiti na mail [korado@astro.hr](mailto:korado@astro.hr) ili [damirsegon@yahoo.com](mailto:damirsegon@yahoo.com) uz subject HMM - ZAJNTERESIRANI.

### Za kraj

Meteor nije pojava koju je moguće snimati kad god nam se prohtije, tu ne pomažu 5, 50 ili 100 metarski teleskopi... Ono što snimimo ekskluzivno je NAŠE, to nije snimka Mt-Palomara ili Hubble-a. Jedinstveni i neponovljivi komadić koji je sagorio iznad naših glava predstavlja rezultat "rada" našeg kišobrana/detektora\_meteoroida - atmosfere, a crtice među tragovima zvijezda na snimci omogućavaju nam otkrivanje detalja o njemu. U radu HMM sudjeluju mnogi pojedinci i udruge, istaći ću samo nekolicinu: Željko Andreić (HMM RGN, HMM Merenje, HMM Varaždin), Korado Korlević, Maja Crnić (HMM Višnjan), Dario Klarić (HMM Osijek), Ivica Čiković (HMM Rijeka I i II), Dorian Božičević (HMM Mali Lošinj), Denis Štogl, Luka Oskoruš (HMM Rovišće odnedavno Velika Pisanica), Diego Širola (HMM ADIP), Krunoslav Vardijan (HMM Petrovsko), Gaj Tomaš (HMM Valpovo), i nezaobilazni Filip Lolić (HMM Žrnovnica). Neka se ne naljute oni koje sam slučajno ispustio...



## 8. O AUTORIMA...

Nekoliko riječi o timu koji je sudjelovao u izradi ovog Vodiča kroz digitalnu astrofotografiju... Godinama se družimo na AstroForumu i uvijek se susrećemo s istim pitanjima. Kako netko nabavi ili planira novi komad opreme za snimanje, postavlja razna pitanja, a njih nema malo. Zato smo se odlučili izraditi jedan univerzalni dokument koji će odgovoriti na većinu takvih pitanja i pomoći onima koji se žele upustiti u noćna snimanja zvjezdanoga neba. Svatko od dolje navedenih dao je svoj doprinos i rezultat toga je ovo što upravo čitate.

Navedeni su po abecednom redu.

**Željko Andreić** - [vrhunski znanstvenik](#) iz Zagreba, neumorni popularizator astronomije, predavač i veliki poznavatelj samogradnje astronomskih instrumenata, ustupio je svoje tekstove o upotrebi web kamere u astronomiji, izradi astrografa s vijkom i izradi AllSky kamere.

**Boris Gazibara** a.k.a. Boris - vrsni [programer i web dizajner](#) iz Virovitice, odradio je tehnički dio oko opremanja i oblikovanja Vodiča kroz digitalnu astrofotografiju i izradio naslovnicu.

**Zlatko Kovačević** a.k.a. galileo - profesor i stari bard astronomije iz Virovitice, sudjelovao je u usklađivanju jezične terminologije, bez čije pomoći korišteno nazivlje ne bi bilo tako bogato.

**Davor Lacković** a.k.a Davor - veliki zaljubljenik u astronomiju, [majstor karikature](#), iz Zagreba, i aktivni učesnik u diskusijama oko pisanja ovoga Vodiča, učestvovao je u usklađivanju terminologije i forme teksta. Potrudio se zorno prikazati svu težinu izrade ovog Vodiča koju je na sebe preuzeo Danijel :-)

**ZVJEZDARNICA**

nešto važno događa se u svemiru



**Filip Lolić** a.k.a. Filip Lolic - [vrhunski astrofotograf](#) iz Splita, ustupio je svoju [sirovu astrofotografiju Messier 27](#) za potrebe vježbanja obrade.

**Vid Nikolić** a.k.a. Vid - velemaistor astrofotografije iz Zagreba, ustupio je tekstove sa [svojih web stranica](#) o Naprednom snimanju astrofotografija, Obradi u Irisu i Obradi astrofotografije u Photoshopu.

**Dag Šola Oršić** a.k.a. Dag - vrsni [fotograf i umjetnik](#) iz Zagreba, obradio je napredno rektificiranje (usjeveravanje) teleskopa, opisao uređivanje astrofotografije u Photoshopu i sudjelovao u usklađivanju terminologije.

**Matija Pozojević** a.k.a. HrAstro - odličan i [iskusan astrofotograf](#) iz Zagreba obradio je temu o PixInsight LE programu.

**Danijel Reponj** a.k.a. Danijel - glavni urednik [Zvezdarnice](#), iz Virovitice, na sebe je preuzeo izradu ovoga Vodiča kroz digitalnu astrofotografiju, pisanje tekstova, uređivanje, editiranje, usklađivanje,





dosađivanje i moljkanje, prijetnje i podmićivanje, obećavanje... Uglavnom, glavni krivac za sve što ovdje nije dobro napravljeno ;-)

**Damir Šegon** - dugogodišnji [popularizator astronomije iz Pule](#), specijalist za lov meteora i jedan od osnivača Hrvatske meteorske mreže, ustupio je svoj članak o HMM i meteorima pisan izvorno za časopis M111.

**Bojan Štajcar** a.k.a. Bojan - veliki astronomski entuzijast koji djeluje u dalekome Melbourneu, Australija, dao je svoje astrofotografije kometa Boattini za usporedbu i prikaz u dijelu koji opisuje stackiranje, opisao metodu rektificiranja pomoću polarscopea i sudjelovao u usklađivanju terminologije i formi tekstova.

**Marino Tumpić** a.k.a. 2001 i **Marcela Rasonja** - nastavnici, veliki entuzijasti i popularizatori [astronomije iz Vidulina](#), napisali su članak o astrofotografiji u časopisu M111 koji je bio temelj za početak izrade ovoga Vodiča kroz digitalnu astrofotografiju.

**Vedran Vrhovac** a.k.a. Acheron - veliki entuzijast i [vrhunski crtač skica](#) svega onoga što vidi kroz teleskop, iz Novog Čiča, obradio je temu brzinske obrade astrofotografije u Photoshopu.

Naravno, osim navedenih astroforumaša, svoje sugestije i komentare koji su nam bili od velike pomoći dali su i ostali članovi [AstroForuma](#) i tako doprinijeli cijelom projektu.



## 9. KORISNI LINKOVI

- ✓ [Zvezdarnica](#) - Astronomski internetski web portal za popularizaciju astronomije, astronautike i znanosti.
- ✓ [AstroForum](#) - Popularni hrvatski forum za astronome.
- ✓ [Astrofotografija](#) - Rasprave o astrofotografiji i metodama snimanjima, na astronomskom forumu.
- ✓ [Astrofotografija maglice Messier 27 \(M27\)](#) - služi za [praktične vježbe](#) obrade astrofotografija.
- ✓ [RegiStax- Free image processing software](#) - Besplatni program "Registax" za stackiranje astrofotografija.
- ✓ [DeepSkyStacker](#) - Besplatni program "Deep sky stacker" za stackiranje astrofotografija.
- ✓ [IRIS - Astronomical pictures processing software](#) - Besplatni program "Iris" za procesiranje astrofotografija.
- ✓ [Neat Image - best noise reduction for digital cameras and scanners](#) - Program za obradu šuma na fotografijama.
- ✓ [Noise Ninja - The gold standard for image noise reduction](#) - program za reduciranje šuma na fotografijama.
- ✓ [PixInsight - Pleiades Astrophoto](#) - Napredni program za obradu astrofotografija.
- ✓ [PixInsight LE Tutorial - Basic Histograms and Curves Adjustments in PixInsight](#) - Rad s histogramima u PixInsight programu.
- ✓ [Image Aquisition Best Practices - Richard A. Bennion](#) - Malo o samom snimanju astrofotografija i potencijalnim problemima i rješenjima istih.
- ✓ [CCD Drift Method | AstroPhoto Insight](#) - Driftanje ccd/dslr metodom.
- ✓ [How to Drift Align](#) - Review - Driftanje vizualnom metodom.
- ✓ [Digital Processing Techniques](#) - Tutorijali s obradama fotki.
- ✓ [Astrophotography by Robert Gendler](#) - Tehnike snimanja i obrada.



Vodič kroz digitalnu astrofotografiju izdan je u Međunarodnoj godini astronomije 2009.



## 10.

## PRAVNE NAPOMENE

**Licenca**

DJELO (KAKO JE NIŽE DEFINIRANO) PONUĐENO JE POD UVJETIMA OVE CREATIVE COMMONS JAVNE LICENCE ("CCJL" ILI "LICENCA"). DJELO JE ZAŠTIĆENO AUTORSKIM PRAVOM I SRODNIM PRAVIMA TE DRUGIM POZITIVNIM PROPISIMA. SVAKO KORIŠTENJE DJELA KOJE ODSTUPA OD DOPUŠTENOGA POD OVOM LICENCOM JE ZABRANJENO.

KORIŠTENJEM BILO KOJIH OVDJE PONUĐENIH PRAVA NA DJELO PRIHVAĆATE I PRISTAJETE DA STE OBAVEZANI UVJETIMA OVE LICENCE. DAVATELJ LICENCE DAJE VAM OVDJE SADRŽANA PRAVA POLAZEĆI OD TOGA DA PRIHVAĆATE TAKVE UVJETE I ODREDBE.

**1. Definicije**

"Davatelj licence" znači jedna ili više fizičkih ili pravnih osoba koje nude korištenje Djela pod uvjetima ove Licence.

"Djelo" znači originalna intelektualna tvorevina individualnog karaktera koja je zaštićena autorskim pravom i ponuđena pod uvjetima ove Licence. Za svrhe ove licence Djelom se također smatra fonogram, videogram, nakladničko djelo, radiodifuzijsko emitiranje i baza podataka, pod uvjetom da je takva tvorevina predmetom zaštite autorskog prava, srodnih prava ili drugog mjerodavnog prava u Vašem pravnom sustavu.

"Elementi licence" znači najviše attribute licence koju je izabrao Davatelj licence kako stoje u naslovu ove Licence: Imenovanje, Nekomercijalno, Bez prerada.

"Izvorni autor" znači jedna ili više fizičkih osoba koje su stvorile Djelo. Ako Izvorni autor nije poznat, onda je to, u slučaju objavljenog Djela, nakladnik koji je Djelo zakonito izdao ili, u slučaju objavljenog, ali neizdanog Djela, osoba koja je Djelo zakonito objavila. Za svrhe ove licence Izvornim autorom se također smatra jedna ili više fizičkih ili pravnih osoba koje su stvorile predmet srodnog prava: umjetnik izvođač, proizvođač fonograma, filmski producent (proizvođač videograma), organizacija za radiodifuziju, nakladnik i proizvođač baze podataka, pod uvjetom da njihova tvorevina jest predmetom zaštite autorskog prava, srodnih prava ili drugog mjerodavnog prava u Vašem pravnom sustavu.

"Prerada" znači prijevod, prilagodba, glazbena obrada i druga prerada Djela ili Djela i drugih prethodnih djela, koja je originalna intelektualna tvorevina individualnog karaktera. Za svrhe ove Licence djelo koje tvori Zbirku neće se smatrati Preradom. Kako ne bi bilo dvojbe, ako je Djelo glazbena kompozicija ili zvučna snimka, za svrhe ove licence sinkronizacija Djela s pokretnom slikom smatrat će se Preradom.

"Vi" znači fizička ili pravna osoba koja koristi prava u skladu sa sadržajem ove licence i nije prethodno prekršila uvjete ove Licence s obzirom na Djelo ili netko tko je primio izričito dopuštenje od davatelja Licence da koristi prava dana pod ovom Licencom unatoč prethodnom kršenju.

"Zbirka" označava zbirku samostalnih autorskih djela, podataka ili druge građe kao što su enciklopedije, zbornici, antologije, baze podataka i sl., koje prema izboru ili rasporedu sastavnih





elemenata čine vlastite intelektualne tvorevine njihovih autora. Tu se ubrajaju i one zbirke koje su uređene po određenom sustavu ili metodi, čiji su elementi pojedinačno dostupni putem elektroničkih ili drugih sredstava. U Zbirku je Djelo, u svom cjelovitom i neizmijenjenom obliku, sabrano s jednim ili više drugih samostalnih djela. Za svrhe ove Licence djelo koje tvori Zbirku neće se smatrati Prerodom (onako kako je gore definirano).

## 2. Ograničenja autorskog prava.

Ova licence ničime ne umanjuje, ograničava ili onemogućava prava korištenja koja proizlaze iz sadržajnih ograničenja autorskog prava, iscrpljenja prava i drugih ograničenja isključivih prava prema zakonu o autorskom pravu i srodnim pravima te drugim pozitivnim propisima.

## 3. Licencna dopuštenja.

Prema uvjetima i odredbama ove Licence, Davatelj licence Vam ovime ustupa pravo, koje je oslobođeno naknade, neisključivo, prostorno i vremenski (za trajanja autorskog prava, srodnog prava ili drugog mjerodavnog prava) neograničeno, da koristite Djelo kako je niže navedeno:

da reproducirate Djelo, da uključujete Djelo u jedno ili više Zbirki, te da reproducirate Djelo kako je uključeno u Zbirke;

da distribuirate kopije ili fonograme Djela i priopćavate Djelo javnosti, uključujući i Djelo kako je uključeno u Zbirke;

da izvlačite ili ponovno koristite znatne i neznatne dijelove sadržaja Djela kada je Djelo baza podataka.

Navedena prava mogu se koristiti u svim poznatim i budućim medijima i formatima. Navedena prava uključuju pravo da se načine one izmjene koje su tehnički nužne da bi prava moglo koristiti u drugim medijima i formatima. Ako je Davatelj licence nositelj prava proizvođača baze podataka prema nacionalnom zakonu usuglašenim s Direktivom EZ o pravnoj zaštiti baza podataka, Davatelj licence se odriče tog prava. Sva prava koja Davatelj licence nije izričito ustupio ovom Licencom su pridržana.

## 4. Ograničenja.

Prava dana Člankom 3. izričito podliježu sljedećim ograničenjima:

Djelo smijete distribuirati i priopćavati javnosti samo pod uvjetima ove Licence, a kopiju te Licence ili njenu internetsku adresu (Uniform Resource Identifier - URI) morate uključiti u svaku kopiju ili fonogram Djela koji distribuirate ili priopćavate javnosti. Ne smijete ponuditi ili nametnuti bilo kakve uvjete za Djelo koji ograničavaju uvjete ove Licence ili mogućnost primatelja Djela da koristi Licencom dana prava. Ne smijete podlicencirati Djelo. Morate ostaviti netaknuta sva upozorenja koja se odnose na ovu Licencu i upozorenje o jamstvima. Kada distribuirate ili javnosti priopćavate Djelo, ne smijete primijeniti na Djelo tehnološke mjere koje ograničavaju mogućnost onoga tko od Vas prima Djelo da koristi prava koja su tom primatelju dana pod uvjetima ove Licence. Sve se ovo odnosi i na Djelo kada je uključeno u Zbirku, ali to ne iziskuje da osim samog Djela cjelokupna Zbirka podliježe uvjetima ove Licence. Ako stvarate Zbirku, po upozorenju bilo kojeg Davatelja licence morate, na način kako je zatraženo, a u mjeri u kojoj je izvedivo, iz Zbirke ukloniti bilo koju oznaku i priznanje autorstva kakvo je propisano u stavku 4(c).



Ne smijete iskoristiti niti jedno pravo koje Vam je dano u Članku 3. na način koji ima za primarni cilj ili je usmjeren na komercijalno iskorištavanje ili privatnu novčanu naknadu. Razmjena Djela za druga autorskim pravom, srodnim pravima ili drugim mjerodavnim pravom zaštićena djela putem digitalne razmjene datoteka ili na kakav drugi način neće se smatrati da ima za primarni cilj ili da je usmjerena na komercijalno iskorištavanje ili privatnu novčanu naknadu, pod uvjetom da nema plaćanja bilo kakve novčane naknade vezane uz razmjenu autorskim pravom, srodnim pravima ili drugim mjerodavnim pravom zaštićenih djela.

Ako distribuirate ili priopćavate javnosti Djelo, morate - osim ako nije drugačije zatraženo u skladu sa stavkom 4(a) - ostaviti netaknutima sva upozorenja o autorskom pravu za Djelo i, u mjeri u kojoj je primjereno za medije ili sredstva koja koristite, istaknuti: (i) ime Izvornog autora (odnosno, ako je takav slučaj, pseudonim), ako je ime navedeno, i/ili ako Izvorni autor i/ili Davatelj licence u svojoj obavijesti o autorskim pravima, uvjetima usluge ili drugim primjerenim sredstvima odredi da se neka druga stranka ili stranke (npr. institucija pokrovitelj, izdavač, časopis) navode kao stranke u djelu ("Navedene stranke u djelu"), ime te stranke ili stranaka; (ii) naslov Djela, ako je naslov naveden; (iii) internetsku adresu (URI) vezanu uz Djelo - u mjeri u kojoj je to razumno izvedivo i ako postoji, onako kako ju je specificirao autor, osim u slučaju da se ta internetska adresa (URI) ne odnosi na upozorenje o autorskom pravu ili na licencnu informaciju za Djelo. Naznaka kakva je propisana ovim stavkom 4(c) može se navesti na bilo koji način koji je primjeren; međutim, u slučaju Zbirke uz minimalni uvjet da će se takva naznaka, ako je naznačeno autorstvo svih kontributora u Zbirci, pojaviti unutar tih naznaka i na barem podjednako istaknut način kao naznake autorstva drugih kontributora. Kako ne bi bilo dvojbe, naznaku propisanu ovim stavkom možete samo koristiti u svrhu imenovanja autora na prethodno izložen način, a korištenjem prava koja su Vam dana ovom Licencom ne smijete niti implicitno niti eksplicitno tvrditi ili sugerirati da ste povezani s Izvornim autorom, Davateljem licence i/ili Navedenim strankama u djelu, odnosno da oni izravno podržavaju već prema danoj situaciji Vas ili Vaše korištenje Djela, ako prethodno niste dobili zasebno, izričito pismeno dopuštenja Izvornog autora, Davatelja licence i/ili Navedenih stranaka u djelu.

Kako ne bi bilo dvojbe, ograničenja navedena u stavcima 4(a), 4(b) i 4(c) ne primjenjuju se na one dijelove Djela koji potpadaju pod definiciju "Djela" iz ove Licence samo zato jer ispunjavaju kriterije sui generis prava baze podataka prema mjerodavnom nacionalnom zakonu usklađenim s Direktivom EZ o pravnoj zaštiti baza podataka.

Kako ne bi bilo dvojbe:

Pravo na naknadu kojeg se nositelj prema zakonu ne može odreći. Ako zakon ne dopušta odricanje od nekog prava na naknadu (npr, naknada za iznajmljivanje, javnu posudbu, reproduciranje autorskog djela za privatno ili drugo vlastito korištenje), Davatelj licence pridržava pravo da tu naknadu ostvari (bilo da to čini posredstvom udruge za kolektivno ostvarivanje prava ili ne) za svako Vaše, komercijalno ili nekomercijalno, korištenje djela koje Vam je dopušteno ovom Licencom;

Neobavezno pravo na naknadu i kolektivno ostvarivanje prava. Davatelj licence pridržava pravo da ostvaruje neobavezna prava na naknadu (bilo osobno ili, ako je član udruge za kolektivno ostvarivanje prava, posredstvom te udruge) za svako Vaše komercijalno korištenje djela koje Vam je dopušteno ovom Licencom. Nositelj prava odriče se ostvarivanja neobaveznih prava na naknadu (bilo osobno ili, ako je član udruge za kolektivno ostvarivanje prava, posredstvom te udruge) za svako Vaše nekomercijalno korištenje djela koje Vam je dopušteno ovom Licencom.



Ova Licenca ostavlja netaknutima moralna prava, u mjeri u kojoj ih mjerodavni zakon priznaje i ne dopušta odricanje od njih.

## 5. Jamstva

OSIM AKO STRANKE NISU DRUGAČIJE NAPISMENO UGOVORILE ILI JE ODREĐENO MJERODAVNIM PRAVOM, DAVATELJ LICENCE NUDI DJELO "KAKVO JEST", BEZ JAMSTAVA BILO KOJE VRSTE VEZANIH UZ DJELO.

## 6. Ograničenje odgovornosti.

OSIM JAMSTAVA IZ ČLANKA 5., DAVATELJ LICENCE ĆE SNOSITI ODGOVORNOST SAMO ZA ŠTETE UZROKOVANE NAMJERNO ILI IZ KRAJNJE NEPAŽNJE.

## 7. Prestanak važenja

Licenca i prava korištenja koja su njome dana prestat će automatski važiti prekršite li uvjete Licence. Za fizičke i pravne osobe koje su od Vas primile Zbirku pod ovom Licencom Licenca nastavlja važiti, pod uvjetom da se te fizičke ili pravne osobe u potpunosti pridržavaju Licence. Članci 1., 2., 5., 6., 7. i 8. nastavljaju važiti i nakon svakog prestanka važenja ove Licence.

Unutar gore navedenih uvjeta i odredbi ovdje dana Licenca je trajna (za trajanja autorskog prava, srodnog prava ili drugog mjerodavnog prava na Djelo). Unatoč tome, Davatelj licence pridržava pravo da izdaje Djelo pod drugačijim licencnim uvjetima ili da u bilo koje doba prestane distribuirati Djelo - pod uvjetom da takvim izborom ne prestaje važiti ova Licenca (niti druge licence koje su izdane, ili su morale biti izdane, na temelju nje) te da će ova Licenca nastaviti važiti punom snagom ako nije prestala važiti prema prethodnom stavku.

## 8. Završne odredbe

Svaki put kada umnažate, distribuirate ili priopćavate javnosti Djelo ili Zbirku, Davatelj licence primatelju nudi licencu na djelo pod istim uvjetima i odredbama kako je Vama dano pod ovom Licencom.

Ako je bilo koja odredba ove Licence nevažeća neprovediva po mjerodavnom pravu, to neće utjecati na provedivost ostalih uvjeta ove Licence, i to bez daljnjeg djelovanja stranaka ovog ugovora, a takva će se odredba preoblikovati u najmanjoj mogućoj mjeri potrebnoj da postane važeća i provediva.

Neće se smatrati da je bilo dopušteno odstupanje od bilo kojeg uvjeta ili odredbe ove Licence ili da je dan pristanak na bilo kakvo kršenje, ako takvo dopuštenje ili takav pristanak nisu dani u pismenom obliku i potpisani od stranke koja daje takvo dopuštenje ili pristanak.

Licenca čini cjelokupni ugovor između stranaka u pogledu Djela koje je ovdje licencirano. Nema nikakvih daljnjih sporazuma ili usmenih dogovora u pogledu Djela koja nisu ovdje specificirana. Davatelja licence neće obavezivati nikakve dodatne odredbe koje bi se mogle pojaviti u bilo kakvom usmenom dogovoru s Vama. Ova licenca ne može se mijenjati bez zajedničkog ugovora u pisanom obliku između Davatelja licence i Vas.