

## Analiza svetlosnog zagađenja u Istraživačkoj stanici Petnica

---

*U ovom radu su predstavljeni rezultati analize svetlosnog zagađenja u kampusu Istraživačke stanice Petnica (ISP). Predložena je i najpogodnija pozicija za noćna posmatranja, a identifikovani su i veštački izvori svetlosti koji najviše doprinose svetlosnom zagađenju. Analiza svetlosnog zagađenja urađena je na osnovu merenja osvetljenosti noćnog neba na različitim tačkama širom kampusa pomoću instrumenta Sky Quality Meter. Rezultat je predstavljen u vidu šeme kampusa ISP sa izofotama dobijenim interpolacijom na osnovu merenja, a najpogodnije mesto za noćna astronomska posmatranja je istočno od stare škole u dvorištu ISP.*

---

### Uvod

Pod svetlosnim zagađenjem podrazumeva se svaka nepotrebna i nekorisna emisija svetlosti u prostor izvan zone koju je potrebno osvetliti, a koja može ometati život u ekosistemima, uticati na zdravlje i smetati radu astronomskih opservatorija. Do svetlosnog zagađenja, kao posledice čovekovog delovanja, dolazi zbog upotrebe neekoloških i uglavnom nepravilno postavljenih rasvetnih tela.

Svetlosno zagađenje smanjuje kontrast na noćnom nebu i astronomske opservatorije imaju problem pri detekciji i snimanju manje sjajnih objekata. Istraživanja svetlosnog zagađenja uglavnom se vrše za teritorije ne manje od jednog regiona ili grada.

Istraživačka stanica Petnica (ISP) (44°15' N, 19°56' E), imajući razvijen program astronomije, je ustanova koja ima potrebu za astronomskim noćnim posmatranjima, koja se odvijaju u njenom dvorištu

iz opservatorije, pomoću prenosivog teleskopa ili samim očima posmatrača. S obzirom da ISP nije prioritetno astronomska ustanova, već se u njoj realizuje mnoštvo sadržaja vezanih za druge oblasti, ona je i kompleks koji mora biti osvetljen noću (unutra i spolja) radi bezbednosti i olakšanog rada ljudi koji u njoj borave, pa se sa rasvetnih tela značajan deo svetlosti emituje u noćno nebo ili direktno u posmatrača.

Cilj ovog istraživanja je da se uradi analiza svetlosnog zagađenja u kampusu ISP kako bi se odredila najpogodnija pozicija za noćna posmatranja i identifikovali veštački izvori svetlosti koji najviše doprinose svetlosnom zagađenju na teritoriji ISP.

### Metod

Analiza svetlosnog zagađenja ISP rađena je na osnovu merenja osvetljenosti noćnog neba na različitim lokacijama u kampusu (slika 1). Pri popisivanju svetlosnih izvora u kampusu u obzir su uzeti samo spoljni izvori, jer je uticaj unutrašnjih procesenjen kao zanemariv zbog toga što ne zrače direktno u nebo. Nakon popisa relevantnih rasvetnih tela u ISP, realizovano je merenje osvetljenosti noćnog neba.

Korišćen je instrument *Sqy Quality Meter* (SQM), specijalizovani fotometar za kvantitativno određivanje uslova noćnih posmatranja. Fotometar je najosetljiviji na izvore u vidnom polju od 100 prostornih stepeni, dok mu osetljivost izvan pomenutog vidnog polja naglo opada, pa je stoga u merenjima zanemarena (slika 2)

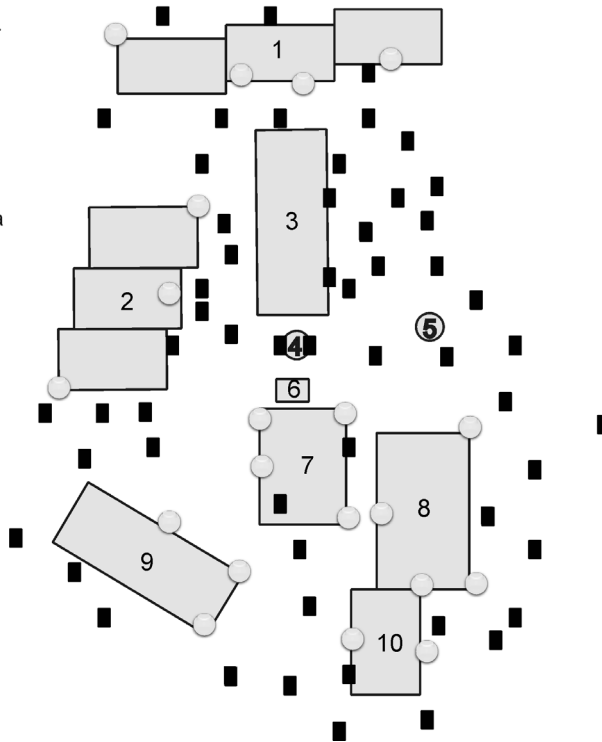
SQM pokazuje osetljivost na talasne dužine većinom vizuelnog dela spektra i to u opsegu 320-700 nm, dok mu je maksimum osjetljivosti na talasnoj dužini oko 550 nm, što su karakteristike slične ljudskom oku. SQM, nakon merenja, rezultate prikazuje u jedinici magnituda po kvadratnom

---

*Slobodan Milovanović (1989), Valjevo, Somborska 33, učenik 4. razreda Valjevske gimnazije*

*MENTOR:*  
*Nikola Božić, Istraživačka stanica Petnica*

1. spavaonica
  2. nastavni centar
  3. stara škola
  4. pećurka
  5. opservatorija
  6. trafo stanica
  7. stari stacionar
  8. menza
  9. laboratorija
  10. upravna zgrada
- – rasveta



Slika 1.  
Raspored mernih tačaka sa naznačenim izvorima veštačke svetlosti (spoljne rasvete)

Figure 1.  
Distribution of places from which the measurements were taken with indicated positions of the artificial light sources

lučnom sekundu ( $\text{magn./arcsec}^2$ ) sa greškom za posmatranje noćnog neba od  $0.07 \text{ magn./arcsec}^2$ . U ovom radu su izlazne vrednosti merenja korišćene za predstavljanje relativnih razlika zagađenosti noćnog neba na različitim pozicijama u ISP (Cinzano 2005).

Pomoću GPS (*Global Positioning System*) uređaja Garmin nüvi 200W izmerene su koordinate posmatračkih mesta sa granicom apsolutne greške od  $0.002'$ , što približno iznosi 4 m. Apsolutna greška uređaja je određena eksperimentalno, posmatrajući zavisnost koordinata koje instrument pokazuje od položaja posmatrača i zaokružena je na najveće odstupanje.

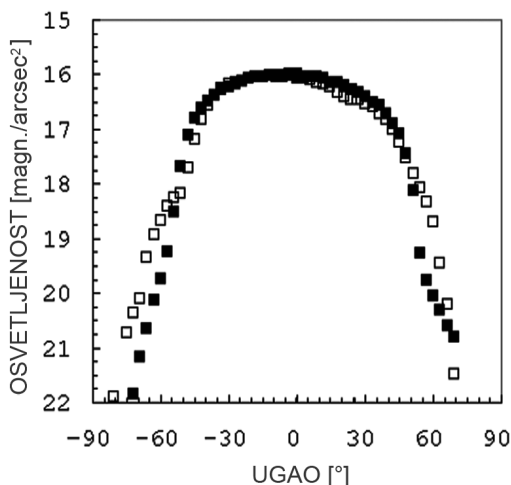
Merenja osvetljenosti noćnog neba izvedena su u avgustu (probno merenje) i oktobru (glavno merenje) 2008. godine, vedrim noćima, u vreme dok je Mesec ispod horizonta, sa potpuno uključenom spoljnom rasvetom kampusa ISP.

Prethodno su, radi testiranja i unapređenja metoda, urađena probna merenja. U tu svrhu mapa ISP bila je izdvojena na mrežu pravougaonika formata  $6 \times 6$ , a fotometrija noćnog neba je vršena sa svake površine (gde je to bilo moguće) koju je označavao jedan pravougaonik sa mape. Mana ovog merenja je

što je fotometrija urađena za mali broj pozicija. Problem je i nemogućnost biranja pozicija koje su pogodnije za merenje i fakta da sa nekih mesta koje određuje mreža na mapi, nije moguće izvesti merenje usled direktnog svetlosnog zračenja ili objekata koji ulaze u vidno polje instrumenta.

Glavno merenje je izvršeno u približno istim uslovima kao i probno. Fotometrija je urađena približno za svakih  $50 \text{ m}^2$  kampusa, izuzevši mesta na kojima su objekti (zgrade, drveće) i mesta na kojima ne postoji vidno polje od bar 100 prostornih stepeni u blizini zenita, usled objekata koji se nalaze u tom vidnom polju (grane drveća, delovi krovova zgrada). Na svakoj poziciji merenja, fotometar je postavljen na visinu od oko 2 m od tla, usmeren u zenit i urađena su po tri fotometrijska merenja, a koordinate posmatračkog mesta određene su uz pomoć GPS uređaja.

Nakon posmatranja, rezultati su pomoću softvera (OriginPro 8) na osnovu linearne interpolacije, metodom triangulacije, predstavljeni u vidu šeme sa izofotama, čije su dve koordinate geografska dužina i širina, a treća luminoznost na datoj poziciji, izmerena fotometrom.



Slika 2.

Zavisnost izlazne vrednosti senzora SQM-a od ugla za svetlosni izvor talasne dužine 550 nm. Crne tačke su vrednosti dobijene pri horizontalnoj orijentaciji instrumenta, a bele – vertikalnoj. (Preuzeto iz: Cinzano 2005)

Figure 2.

Angular response of the SQM output value for the light source of 550 nm wavelength. Black dots present results of testing the SQM in horizontal orientation and white dots present testing results in vertical orientation of the SQM. (From Cinzano 2005)

## Rezultati

Broj veštačkih izvora svetlosti (rasvetnih tela) u ISP, koji se nalaze izvan objekata kampusa je 20. Njihov raspored je predstavljen na slici 1.

Broj pozicija sa kojih je vršeno merenje je 56 (slika 1). Na slici se mogu uočiti površine sa kojih nije mereno, a na kojima nema objekata. Na tim mestima merenje nije vršeno usled direktnog izvora svetlosti ili nekog drugog objekta u vidnom polju.

Slika 3 predstavlja model svetlosnog zagađenja u ISP, dobijen na osnovu fotometrijskih merenja interpolacijom u vidu izofota. Na modelu se mogu jasno primetiti 3 centra zagađenosti (predstavljeni belom bojom) i jedna površina iznad koje je noćno nebo najmanje zagađeno (predstavljena crnom bojom). Ta površina je ujedno i najpogodnija pozicija za astronomska noćna posmatranja.

Sa slike 3 može se primetiti da se svetlosno zagađena oblast kod objekta 7 (stari stacionar) nalazi na površini na kojoj je gustina rasvetnih tela veća nego na ostalim mestima. Takođe se primećuje isto i za zagađenu oblast u blizini objekta 10 (upravna zgrada).

S obzirom da se maksimum svetlosnog zagađenja kod objekta 7 nalazi preko tog objekta može se zaključiti da je merenje u toj oblasti urađeno korektno zbog toga što je maksimum približno na istom rastojanju od obližnjih rasvetnih tela i na mestu sa kog nije vršeno neposredno merenje. U slučaju da je neki od izvora svetlosti ušao u vidno polje fotometra, kao što je verovatno da se desilo na maksimumu svetlosnog zagađenja u blizini objekta 1 (spavaonica), maksimum bi bio pomećen primetno ka mestu sa kog je merenje neposredno vršeno.

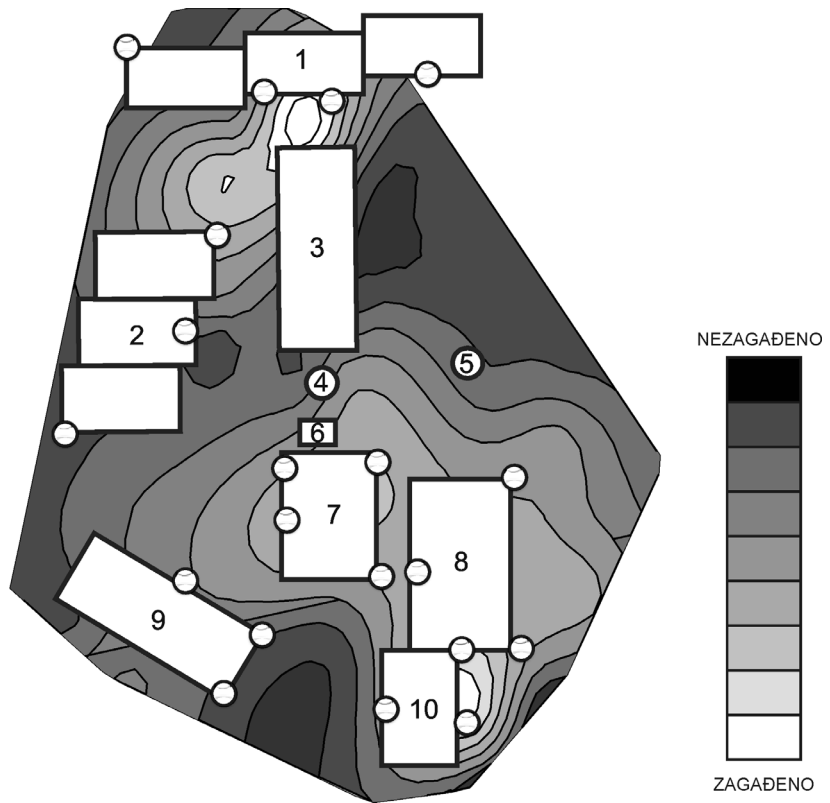
## Diskusija i zaključak

Metod koji je korišćen u ovom radu za analizu svetlosnog zagađenja u ISP pokazao se kao pouzdan za određivanje najpogodnijeg mesta za noćna astronomska posmatranja. Naime, mesto istočno od Stare škole i ranije je korišćeno za posmatranja i snimanja meteora, vizuelno identifikovano od strane posmatrača kao najpogodnije. Takođe da bi se uslovi za posmatranja poboljšali, potrebno je u blizini identifikovanih maksimuma zagađenja zameniti postojeća rasvetna tela ekološkom rasvetom ili ih bar privremeno isključiti za vreme noćnih posmatranja.

Važno je spomenuti da izvori svetlosti u kampusu ISP nisu jedini izvori svetlosnog zagađenja, već postoji i uticaj obližnjeg grada (Valjevo), kao i rasvete obližnje fabrike (Vujić Voda), koja se direktno vidi iz ISP, a značajan uticaj ostavljaju i manje ili više konstantni atmosferski faktori. Stoga bi bilo korisno istim metodom uraditi merenje kada je sva rasveta kampusa ISP isključena, kako bi se jasno uočio efekat ostalih izvora svetlosnog zagađenja.

Istraživanje bi takođe moglo da se proširi, tako što bi se sa područja identifikovanog kao najpogodnijeg za noćna posmatranja, napravio model svetlosnog zagađenja neba posmatranog sa te pozicije (Flanders 2006) kako bi se jasno primetilo iz kog pravca svetlosno zagađenje najviše potiče.

1. spavaonica
  2. nastavni centar
  3. stara škola
  4. pećurka
  5. opservatorija
  6. trafo stanica
  7. stari stacionar
  8. menza
  9. laboratorija
  10. upravna zgrada
- – rasveta



Slika 3. Model svetlosnog zagađenja ISP

Figure 3. Light pollution model of the Petnica Science Center

**Zahvalnost.** Zahvaljujem se gospodinu Koradu Korleviću i Višnjanskoj opservatoriji, koji su obezbedili instrument SQM za fotometriju noćnog neba, časlavu Maksimoviću koji je dozvolio korišćenje svog GPS aparata za vreme posmatranja i Milici Milić koja je asistirala i pomogla da se merenje izvrši u najkraćem vremenskom intervalu, kako bi se izbegao uticaj svitanja na rezultate posmatranja.

## Literatura

Cinzano P. 2005. *Night Sky Photometry with Sky Quality Meter*. Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso. Dostupno na (25. 10. 2008): [http://www.inquinamento\\_Hlt212561751\\_Hlt212561752\\_Hlt212696905oBM\\_1\\_BM\\_2\\_BM\\_3\\_luminoso.it.Hlt212783537\\_Hlt212783538/BM\\_4\\_BM\\_5\\_download\\_Hlt212553291Hlt212553292dBM\\_6\\_BM\\_7/\\_sqmreport.pdf](http://www.inquinamento_Hlt212561751_Hlt212561752_Hlt212696905oBM_1_BM_2_BM_3_luminoso.it.Hlt212783537_Hlt212783538/BM_4_BM_5_download_Hlt212553291Hlt212553292dBM_6_BM_7/_sqmreport.pdf)

Flanders T. 2006. Measuring Skyglow with Digital Cameras. *Sky & Telescope*, **111** (2): 99.

---

*Slobodan Milovanović*

## Light Pollution Analyses in Petnica Science Center

The goal of this research is to analyze light pollution in Petnica Science Center (PSC) campus, so the best location for the sky observing at night and artificial light sources in the campus responsible for

light-polluting the night sky can be determined. Light pollution analyses are accomplished by measuring luminosity of the night sky from different locations of PSC campus using the Sky Quality Meter instrument. The result is presented as a scheme of PSC campus with overlaid isophotes, which are attained by the interpolation of the measurement results. The result demonstrates that the best position for night sky observing is eastern from the Old School in PSC campus. The result also shows that there are 3 maximums of the light pollution. 