

# ENERGETSKI PREGLED RASVJETE PREDAVAONICA 101-111 SVEUČILIŠNOG ODJELA ZA STRUČNE STUDIJE

---

**Bogdanović, Josip**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split / Sveučilište u Splitu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:228:522313>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University Department of Professional Studies](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**  
Specijalistički diplomski stručni studij Elektrotehnika

**JOSIP BOGDANOVIĆ**

**ZAVRŠNI RAD**

**ENERGETSKI PREGLED**  
**RASVJETE PREDAVAONICA 101 - 111**  
**SVEUČILIŠNOG ODJELA ZA STRUČNE STUDIJE**

Split, listopad 2019.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**  
Specijalistički diplomski stručni studij Elektrotehnika

**Predmet:** Električna rasvjeta

**ZAVRŠNI RAD**

**Kandidat:** Josip Bogdanović

**Naslov rada:** Energetski pregled rasvjete predavaonica 101 - 111  
Sveučilišnog odjela za stručne studije

**Mentor :** Višnja Troskot, dipl. ing.

Split, listopad 2019.

# SADRŽAJ

SAŽETAK.....	1
1. UVOD .....	2
2. PROJEKTIRANJE UNUTARNJE RASVJETE.....	3
2.1. Svjetlotehničke veličine i jedinice .....	4
2.1.1. Svjetlosni tok izvora svjetlosti .....	4
2.1.2. Jakost svjetlosti .....	4
2.1.3. Osvjetljenje (iluminacija).....	5
2.1.4. Sjajnost (luminacija) .....	5
2.1.5. Veze osnovnih svjetlotehničkih veličina.....	6
2.2. Projektiranje unutarnje rasvjete .....	6
2.3. Rasvjeta u obrazovnim ustanovama.....	8
2.3.1. Rasvjeta predavaonica i učionica .....	8
2.3.2. Rasvjeta amfiteatra.....	13
3. ENERGETSKI PREGLED RASVJETE PREDAVAONICA .....	15
3.1. Predavaonica 101.....	17
3.1.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 101 .....	18
3.1.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 101 .....	20
3.2. Predavaonica 102.....	21
3.2.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 102.....	22
3.2.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 102 .....	23
3.3. Predavaonica 103.....	24
3.3.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 103.....	24
3.3.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 103 .....	26
3.4. Predavaonica 104.....	27
3.4.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 104.....	28

3.4.2.	Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 104 .....	29
3.5.	Predavaonica 105 .....	30
3.5.1.	Proračun postojećeg stanja predavaonice 105 .....	31
3.5.2.	Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 105 .....	32
3.6.	Predavaonica 106 .....	33
3.6.1.	Proračun postojećeg stanja predavaonice 106 .....	34
3.6.2.	Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 106 .....	35
3.7.	Predavaonica 107 .....	36
3.7.1.	Proračun postojećeg stanja predavaonice 107 .....	37
3.7.2.	Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 107 .....	38
3.8.	Predavaonica 108 .....	39
3.8.1.	Proračun postojećeg stanja predavaonice 108 .....	40
3.8.2.	Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 108 .....	41
3.9.	Predavaonica 109 .....	42
3.9.1.	Proračun postojećeg stanja predavaonice 109 .....	43
3.9.2.	Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 109 .....	44
3.10.	Predavaonica 110 .....	45
3.10.1.	Proračun postojećeg stanja predavaonice 110 .....	46
3.10.2.	Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 110 .....	47
3.11.	Predavaonica 111 .....	48
3.11.1.	Proračun postojećeg stanja predavaonice 111 .....	49
3.11.2.	Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 111 .....	50
4.	PRORAČUN UŠTEDA .....	52
5.	ZAKLJUČAK .....	56
	LITERATURA .....	57
	POPIS SLIKA .....	58
	POPIS TABLICA .....	60

## **SAŽETAK**

### **ENERGETSKI PREGLED RASVJETE PREDAVAONICA 101 - 111 SVEUČILIŠNOG ODJELA ZA STRUČNE STUDIJE**

Svrha ovog rada je u programskom paketu "Relux" prikazati trenutno stanje osvjetljenosti predavaonica zgrade fakulteta te zamjenu trenutnih rasvjetnih tijela. Prijedlog zamjene postojeće rasvjete je LED rasvjeta, radi postizanja bolje osvjetljenosti i uštede električne energije.

Cijeli postupak rada je praćen slikama, tablicama i rezultatima proračuna.

**Ključne riječi:** unutarnja rasvjeta, Relux, LED rasvjeta.

## **SUMMARY**

### **ENERGY LIGHTNING AUDIT OF FACULTY CLASSROOMS 101 – 111 OF UNIVERSITY DEPARTMENT OF PROFESSIONAL STUDIES**

The purpose of this paper is to present the current state of illumination of the faculty classrooms in Relux software package and the replacement of the current lighting fixtures. The suggestion of replacing the existing lighting is LED lighting, for better illumination and energy savings.

**Keywords:** indoor lighting, Relux, LED lighting.

## 1. UVOD

U radu je obrađen energetska pregled unutarnje rasvjete zgrade fakulteta "Kopilica I."

Zgrada fakulteta "Kopilica I." se sastoji iz prizemlja, podruma i prvog kata. Energetski pregled je urađen samo za predavaonice klasičnog tipa koje se nalaze u prizemlju, u ovom radu nije obrađen amfiteatar, knjižnica i pomoćne prostorije, niti učionice na prvom katu, koje su s kosim krovom, niti laboratoriji u prizemlju.

Objašnjene su osnovne svjetlotehničke veličine, radi lakšeg razumijevanja dobivenih rezultata simulacija i proračuna. U osnovne svjetlotehničke veličine spadaju svjetlosni tok, jakost svjetla, osvjetljenje ili iluminacija, sjajnost ili luminancija. Svaka veličina opisana je zasebno, a objašnjena je i veza među njima.

Nadalje, prikazano je postojeće stanje osvjetljenosti predavaonica, a zatim i prijedlog zamjene postojeće rasvjete LED rasvjetom. Razlog zamjene jest poboljšanje osvjetljenosti predavaonica, kao i ušteda električne energije. Obrađene su redom predavaonice od broja 101 do 111. Za svaku od učionica je prikazano postojeće stanje unutarnje rasvjete, a zatim i zamjena LED rasvjetom.

Simulacije i proračuni unutarnje rasvjete predavaonica su urađeni u programskom paketu "Relux".

## 2. PROJEKTIRANJE UNUTARNJE RASVJETE

Unutarnja rasvjeta se dijeli na opću i pojedinačnu. Opća rasvjeta ima zadatak što ravnomjernije osvijetliti unutarnju površinu, dok pojedinačna rasvjeta osvjetljava točno određeno mjesto prostorije, npr. radni stol. Navedene rasvjete su zadovoljavajuće ako ispunjavaju određene kriterije. Kod pojedinačne unutarnje rasvjete se ti kriteriji lakše zadovolje, jer se slabijim svjetlosnim izvorom može postići velika jakost rasvjete, uz ipak zadovoljavajuću ravnomjernost rasvjete. Zbog prednosti pojedinačne rasvjete prema općoj, prijašnjih godina se više pozornosti posvećivalo pojedinačnoj rasveti, gdje god je priroda obavljanja posla to omogućavala. Opća se rasvjeta gotovo nikako nije koristila, a služila je samo za orijentaciju. [1]

Međutim, današnja iskustva ukazuju na to da je pojedinačna rasvjeta bila skuplje rješenje od opće. Ako se uzimaju u obzir samo investicijski troškovi, pojedinačna rasvjeta je u konačnici jeftinija nego opća rasvjeta jednake jakosti. Poželjno je da rasvjeta bude jeftina, ali je od osnovne važnosti da ona bude u skladu sa zahtjevima ispravne rasvjete.

Neovisno o vrsti posla i radnog mjesta, ljudsko oko ne može dugo vremena biti fokusirano samo na radnu plohu. Vremenom ga treba odvratiti od radne plohe, kako bi se odmorilo i ponovno steklo sposobnost razabiranja predmeta. Ako je okolni prostor slabije osvijetljen, oko se na to stanje pokušava prilagoditi širenjem zjenice. Prilikom vraćanja pogleda natrag na radnu plohu, oko se mora prilagoditi skupljanjem zjenica. Takva izmjenična prilagođavanja ljudskog oka negativno utječu na njegovo stanje, što rezultira padom radnog efekta. Ovo se izbjegava tako da se smanji razlika u intenzitetu opće i pojedinačne rasvjete, to jest da se cijela prostorija osvijetli ravnomjerno i dovoljno jako, kako bi se mogli obavljati poslovi koji iziskuju veliku točnost i preciznost (tvornica satova, obrada dijamanata). [1]

Postupno napuštanje pojedinačne rasvjete je opravdano jer se radne osobe time štite od opasno jakih svjetlosnih kontrasta. Međutim, postojali su i drugi razlozi za napuštanje takve rasvjete: armature pojedinačne rasvjete i instalacijski priključni vodovi su često smetali pri radu, trebalo ih je postaviti tako da ne izazivaju bliještanje, itd.

Uspoređujući sadašnju i prijašnju rasvjetu, uočava se velika razlika osvijetljenja radnih prostorija. Prije se koristio princip - slaba opća i jaka pojedinačna rasvjeta, dok se danas koristi toliko jaka opća rasvjeta da pojedinačna rasvjeta postaje nepotrebna. Ovaj princip se koristi u prostorijama administrativnih i konstrukcijskih poslova, kao i u industrijskim prostorima. [1]



Važno je spomenuti da opća rasvjeta mora biti toliko jaka odgovarajući opisu posla i da ne izaziva štetne sjene i kontraste. [1]

## **2.1. Svjetlotehničke veličine i jedinice**

Osnovne svjetlotehničke veličine su: svjetlosni tok, jakost svjetlosti, osvjetljenje (iluminacija), te sjajnost (luminancija).

### **2.1.1. Svjetlosni tok izvora svjetlosti**

Pod svjetlosnim tokom izvora svjetlosti podrazumijeva se ona količina svjetlosne energije što je promatrani izvor isijava u okolni prostor u jednoj sekundi. Jedinica za svjetlosni tok je lumen [lm]. Lumen je izvedena jedinica SI sustava, te je definiran kao svjetlosni tok točkastog izvora svjetlosti koji u prostorni kut od jednog steradiana [sr] zrači jakošću svjetlosti od jedne kandele [cd]. [1]

$$\Phi = I \times \Omega \quad (1)$$

### **2.1.2. Jakost svjetlosti**

Jakost svjetlosti  $I$  je svjetlosni tok koji emitira izvor po prostornom kutu  $\Omega$ . Jedinica za jakost svjetlosti je kandela [cd]. Ilustracija jakosti svjetla je prikazana na slici 1.



Slika 1. Ilustracija jakosti svjetla [1]

### 2.1.3. Osvjetljenje (iluminacija)

Osvjetljenje  $E$  je mjera za svjetlosni tok koji upada na plohu površine  $S$ . Jedinica za osvjetljenje je luks [lx]. Luks je definiran kao osvjetljenje jednog metra kvadratnog na koji pada ravnomjerno raspoređen svjetlosni tok od jednog lumena. Luks je isključivo računaska jedinica koju ljudsko oko ne primjećuje. Na slici 2. je prikazana ilustracija osvjetljenja. [1]

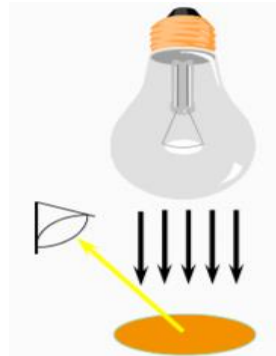


Slika 2. Ilustracija osvjetljenja [1]

### 2.1.4. Sjajnost (luminacija)

Sjajnost  $L$  je svjetlosni tok kojeg emitira određena površina, a kojeg zapaža ljudsko oko. To je pojam koji opisuje sjajnost osvijetljene površine kako je vidi ljudsko oko. Jedinica za sjajnost je kandela po metru kvadratnom [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ], a za izvore svjetlosti je često prikladnija jedinica [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]. [1]

Sjajnost je jedina fotometrijska veličina koju ljudsko oko može vidjeti. Ilustracija sjajnosti je prikazana na slici 3.



Slika 3. Ilustracija sjajnosti [1]

### 2.1.5. Veze osnovnih svjetlotehničkih veličina

U tablici 1. su prikazane veze između osnovnih svjetlotehničkih veličina.

Tablica 1. Veze osnovnih svjetlotehničkih veličina

Veličina	Oznaka	Formula	Mjerna jedinica
Svjetlosni tok	$\Phi$	$\Phi = I \cdot \Omega$	lumen [lm]
Jakost svjetla	$I$	$I = \Phi / \Omega$	kandela [cd]
Osvjetljenje	$E$	$E = \Phi / S$	luks [lx]
Sjajnost	$L$	$L = I / S$	kandela po metru kvadratnom [cd/m <sup>2</sup> ]

### 2.2. Projektiranje unutarnje rasvjete

Da bi pravilna unutarnja rasvjeta bila zadovoljavajuća, prilikom projektiranja mora se voditi računa o sljedećim parametrima:

- vrsta struje i napona (ovaj je podatak potreban zbog odabira svjetlosnih izvora i utvrđivanja njihovog svjetlosnog toka),
- dimenzije prostorije, tj. dužina, širina i visina (iz nacрта),
- namjena prostorije, odnosno koja se vrsta rada u njoj obavlja,
- boja stropa i zidova,
- smještaj radnih mjesta,
- veličina i položaj prozora,
- prisutnost prašine, dima ili plinova (eventualno zapaljivih ili eksplozivnih, kako bi se odabralo prikladne armature).

Na temelju ovih podataka, izrađuje se proračun i projekt, i to tako da se odabere:

- vrsta svjetlosnih izvora (žarulje, fluorescentne cijevi, LED, itd.),
- vrsta rasvjete (direktna, indirektna, itd.),
- vrsta armatura (najprikladnijeg oblika i konstrukcije),
- srednja jakost rasvjete.

Nakon toga se izračuna sljedeće:

1. korisna visina rasvjete,
2. međusobni razmak armatura,
3. broj armatura i njihov raspored po prostoriji,
4. korisnost rasvjete,
5. ukupni potrebni svjetlosni tok,
6. svjetlosni tok pojedinih svjetlosnih izvora.

Ako su tijekom izrade proračuna i projekta pravilno korišteni koraci, uzimajući u obzir principe ispravne rasvjete, izvedena rasvjeta će biti zadovoljavajuća u svakom pogledu. [1]

Pri projektiranju bilo kakvih postrojenja, strojeva, građevina, pa tako i rasvjete, potrebna je izrada nacрта iz kojeg se vidi točan raspored, položaj, broj i vrsta rasvjetnih tijela. Takav je nacrt potreban iz više razloga:

- vlastita orijentacija kod drugih projekata,
- dokument koji povezuje projektanta i investitora; taj dokument pruža investitoru, odnosno komisiji, točan uvid u projekt prije samog izvođenja čime je omogućeno pravovremeno ispravljanje eventualnih grešaka,

- u isti nacrt se kasnije ucrtavaju vodovi električne instalacije na temelju ucrtanih rasvjetnih tijela, odnosno armatura.

## **2.3. Rasvjeta u obrazovnim ustanovama**

### **2.3.1. Rasvjeta predavaonica i učionica**

Rasvjeta u obrazovnim ustanovama, kao što su škole, fakulteti i knjižnice, ubraja se u najvažnija područja umjetne rasvjete. Potrebno je da se omoguće najpovoljniji radni uvjeti mladim ljudima, kako bi se njihove oči, a time i psihološko stanje tijela, što manje naprezale i trošile u vrijeme njihovog razvoja. Zbog toga se tom problemu uvijek treba pristupiti s maksimalnom ozbiljnošću i ne smije se svjesno dopustiti odstupanje od tehničkih propisa i zahtjeva pravilne rasvjete u korist financijskih razloga. Posljedice takvog neodgovornog stava mogu biti puno opsežnije, ne samo za pojedinca nego i za cijelu zajednicu. [1]

Učenik ili student koji godinama sjedi u nepravilno osvjetljenim prostorijama, posebno u popodnevnoj smjeni, ne mora to nužno osjetiti na svojim očima, ali on svakako neće pratiti predavanja i tumačenja onim istim interesom kakvim bi pratio uslijed pravilne, kvalitetne rasvjete. To se u konačnici odražava na kvaliteti i kvantiteti usvojenog znanja. Pri tome se ne smije zaboraviti da u velikom postotku rasvjeta prostorija u kojima učenici borave i uče, kad nisu u školama, nije pravilna i zadovoljavajuća.

U školskim razredima i fakultetskim predavaonicama je od najveće važnosti dovoljno jaka rasvjeta. U predavaonicama, gdje se umjetna rasvjeta koristi uglavnom u hladnijim mjesecima, i to u jutarnjim satima na početku nastave, a poslijepodne za vrijeme zadnjih sati, postavljaju se manji zahtjevi nego u ustanovama gdje se stalno nastava odvija pri umjetnoj rasvjeti.

Zato je u dnevnim školama i fakultetskim predavaonicama dovoljna umjetna rasvijetljenost radnih površina od 150 do 250 lx, a u školama gdje je nastava uglavnom pod umjetnom rasvjetom, preporučuje se rasvijetljenost od 250 do 500 lx. [1]

Kako bi se učenici i studenti osjećali ugodno u učionicama i predavaonicama, prostorije moraju biti svijetle i ugodne. Strop i gornji dio zidova moraju biti bijeli, a donji dio zidova može biti i u drugima bojama, ali pretežito svijetlim (svijetložuta, svijetlozelena, i sl.). Tim zahtjevima mora odgovarati i rasvjeta, pa zbog toga ovdje dolaze u obzir armature koje glavni dio toka

šalju i u gornji dio prostorije. U takvom slučaju su i sjene blage, pa ne smetaju studentima pri radu i učenju. Uglavnom se koriste armature za jednoličnu i indirektnu rasvjetu.

Jednolična rasvjeta je ekonomičnija, ali ima dva velika nedostatka.

- može uzrokovati refleksno bliještanje od bijelog papira,
- uzrokuje refleksno bliještanje od mokre školske ploče, kao i od zidnih slika i mapa.

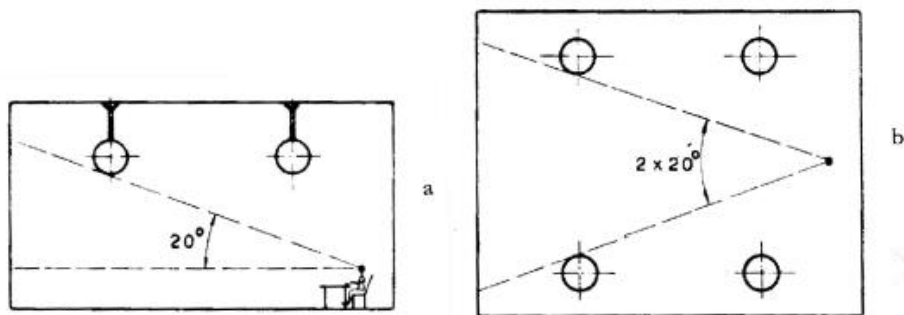
Indirektna je rasvjeta uglavnom skuplja, ali kod nje nema nabrojanih nedostataka. [1]

Refleksno bliještanje od mokre ploče može se ublažiti u određenoj mjeri postavljanjem armatura što bliže stropu.

Visoko postavljanje armatura ima još jednu prednost koja je važna za ispravnost rasvjete. Armature treba postaviti tako da budu van vidnog polja studenta ili barem što manje unutar njega, zbog sljedećih razloga:

- armature mogu odvratiti pozornost studenta od radnji na ploči,
- bliještanje može uzrokovati oštećenja vida,
- ako se radi o jednoličnoj rasvjeti, duljim promatranjem armatura se oko brže umori.

Tim neželjenim situacijama su izloženi studenti u zadnjim klupama, što se vidi na slici 4.



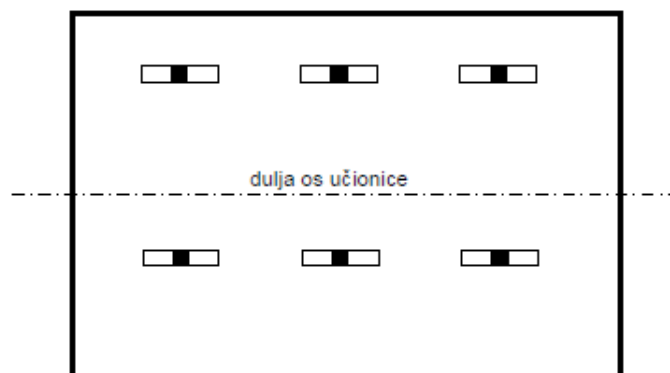
Slika 4. Pravilan razmještaj rasvjetne armature [1]

Kako bi se to izbjeglo, armature moraju biti postavljene dovoljno visoko, tako da i armatura koja se nalazi najdalje od promatrača leži izvan vertikalnog vidnog kuta od  $20^\circ$  (slika 4.a). Također, armature se moraju nalaziti i izvan vodoravnog vidnog kuta od  $2 \times 20^\circ$ , što prikazuje

slika 4.b. Ako su ispunjena ova dva uvjeta, armature neće odvrćati pažnju studenta niti će uzrokovati refleksno bliještanje od ploče.[1]

U današnjim niskim predavaonicama ovi uvjeti se mogu ispuniti tako da se armature pričvrste direktno u strop, što je slučaj u predavaonicama fakultetske zgrade "Kopilica I.". Tu je instalirano najbolje rješenje fluorescentne cijevi, zbog svog malog sjaja. U predavaonicama relativno velike duljine, ne može se na ovaj način izvesti pravilan razmještaj armature. Jedino prihvatljivo rješenje u tom slučaju je upotreba rastera protiv bliještanja.

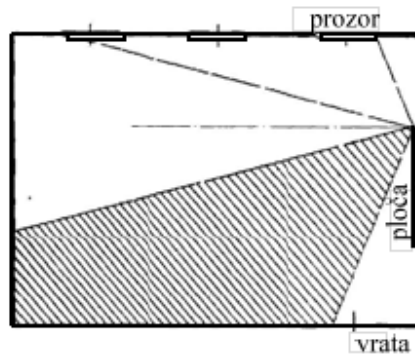
Kao što dnevna svjetlost ima kut upada s lijeve strane, tako i umjetna rasvjeta mora imati isti smjer, koliko je to najviše moguće postići. Kako bi se to postiglo, postavljaju se armature asimetrično, na dulju os učionice, i to tako da se postave bliže prozorima, što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Asimetrično postavljanje armatura s fluorescentnim cijevima u učionici [1]

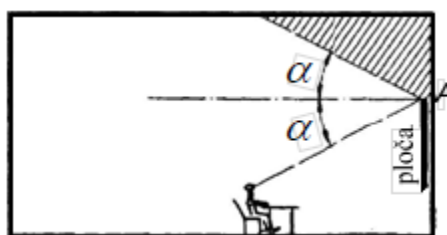
Prilikom postavljanja žarulja, uz prozore se mogu postaviti armature za jednoličnu rasvjetu, a dalje od prozora armature za uglavnom indirektnu rasvjetu. Tada je umjetna rasvjeta po smjeru i kutu upada sličnija dnevnoj. Naime, u blizini prozora je više usmjerena, a u ostalom dijelu učionice je više raspršena.[1]

Pri projektiranju, veliku pozornost treba posvetiti rasvjeti ploče u predavaonicama. Poznato je da dnevna svjetlost uzrokuje bliještanje, zbog kojega studenti smješteni dalje od prozora otežano raspoznaju tematiku na ploči. U izrazito nepovoljnom položaju su studenti smješteni u prvim redovima. To je i prikazano na slici 6.



Slika 6. Refleksno bliještanje dnevne svjetlosti

Ako se radi o umjetnoj rasvjeti, slična je situacija, ali ipak malo povoljnija. Negativne posljedice bliještanja se uklanjaju montiranjem posebne rasvjete ploče. Dodatna rasvjeta također mora biti dobro projektirana da ona sama ne bi prouzročila bliještanje. Najprije je potrebno precizno odrediti onaj prostor iznad ploče unutar kojeg se postavljaju dodatne armature. Taj se prostor određuje na način da se od oka studenta koji sjedi u prvom redu povuče pravac do gornjeg ruba ploče (točka A), koji zatvara s horizontalom kroz točku A kut  $\alpha$ . Ako se isti kut  $\alpha$  nanese od horizontale prema stropu, šrafirani prostor predstavlja područje unutar kojeg se moraju postaviti dodatne armature za rasvjetu ploče. Određivanje ispravnog položaja armatura iznad ploče je prikazano na slici 7.

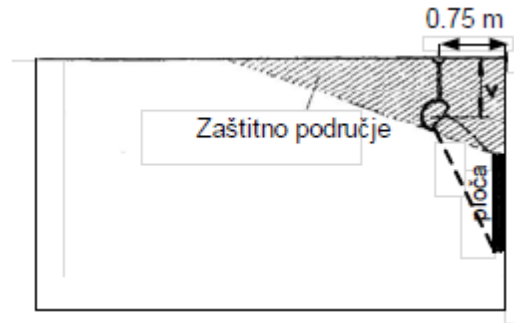


Slika 7. Određivanje položaja dodatnih armatura za rasvjetu školske ploče

Za dodatnu rasvjetu ploče mogu se koristiti ili žarulje ili fluorescentne cijevi, ovisno o tome kakvi su svjetlosni izvori korišteni za opću rasvjetu prostorije. Kako bi se ostvario isti karakter osvjetljenosti, koriste se isti svjetlosni izvori za rasvjetu ploče kao i izvori kojima je osvijetljen ostali dio prostorije. Ako se koriste žarulje, uzmu se metalni reflektori za direktnu duboku

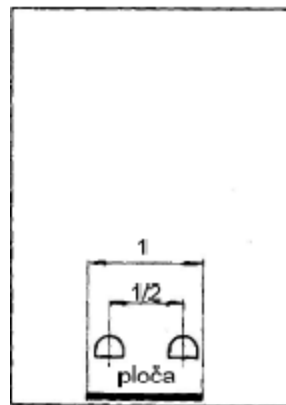


rasvjetu. Postave se tako da od zida na kojem se nalazi ploča budu udaljeni vodoravno od oko 0,75 do oko 1 m te da se nađu unutar zaštićenog područja, što prikazuje slika 8. [1]



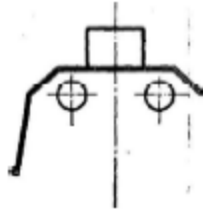
Slika 8. Ispravan položaj armatura [1]

Snaga žarulje po jednoj armaturi je najčešće 100 do 200 W. S obzirom na širinu ploče, uzimaju se po dvije armature odmaknute jedna od druge za polovicu širine ploče, kao što se vidi na slici 9.



Slika 9. Dvije armature razmaknute za polovinu širine ploče

Kad se koriste fluorescentne cijevi, najčešće se uzima po jedna cijev od 40 W na svakih 1,5 m širine ploče, i to u armaturi s reflektorima. Reflektori mogu biti izvedeni kao viseći, što je prikazano na slici 11. [1]



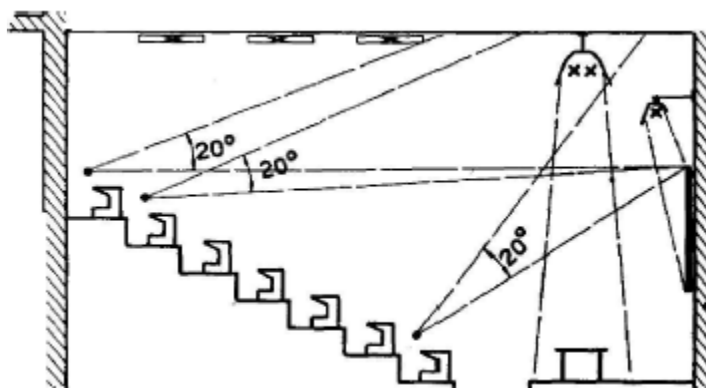
Slika 10. Armatura s fluorescentnim cijevima za rasvjetu ploče

Danas se općenito za rasvjetu škola, fakulteta koristi uglavnom fluorescentna rasvjeta. Glavne prednosti pred žaruljama su:

- boja svjetlosti se uskladi s dnevnom svjetlošću,
- puno veće iskorištenje energije,
- lakši smještaj izvan vidnog polja učenika.

### 2.3.2. Rasvjeta amfiteatra

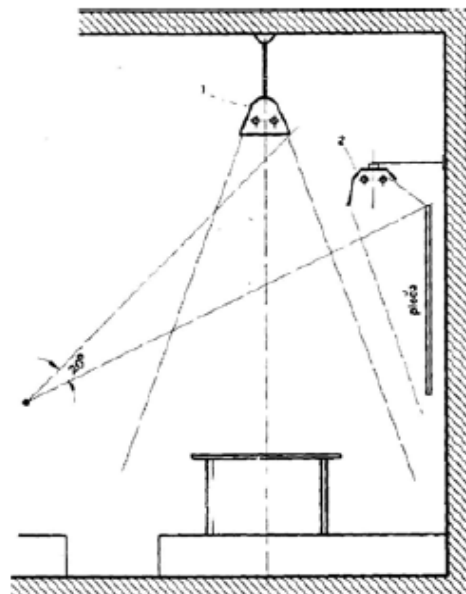
Za rasvjetu velikih amfiteatralnih predavaonica koje služe za predavanja u prisustvu jako velikog broja studenata postavljaju se uglavnom slični zahtjevi kao kad se radi o rasvjeti predavaonica. Ovdje je dodatno potreba jaka dodatna rasvjeta, bilo demonstracijskog stola, bilo katedre, od 500-1000 lx. Na slici 11 je prikazan bokocrt amfiteatra.



Slika 11. Bokocrt amfiteatra [1]

Projektiranje rasvjete amfiteatra je mnogo složenije nego kad se radi o predavaonicama zbog promatrača koji se ne nalaze u istoj ravnini, što se lijepo može vidjeti na slici 11. Studenti koji se nalaze u posljednjim redovima su izloženi većoj opasnosti od bliještanja, pogotovo dok promatraju gornji dio ploče. Zbog toga armature treba postaviti što je moguće više, a najbolje ih je ugraditi u strop i pripaziti da njihova svjetleća površina ima što manji sjaj. Zato treba koristiti fluorescentne cijevi, a stropni otvor zatvoriti opal-staklom ili perspeksom.[1]

Za rasvjetu katedre najčešće se koriste armature za izravnu duboku rasvjetu s dvije fluorescentne cijevi. Najniži dozvoljeni položaj armature je određen vidnim poljem studenta u prvoj klupi, što lijepo prikazuje slika 12. Za rasvjetu ploče je potrebno nekoliko armatura s po dvije fluorescentne cijevi, ovisno o samoj širini ploče.



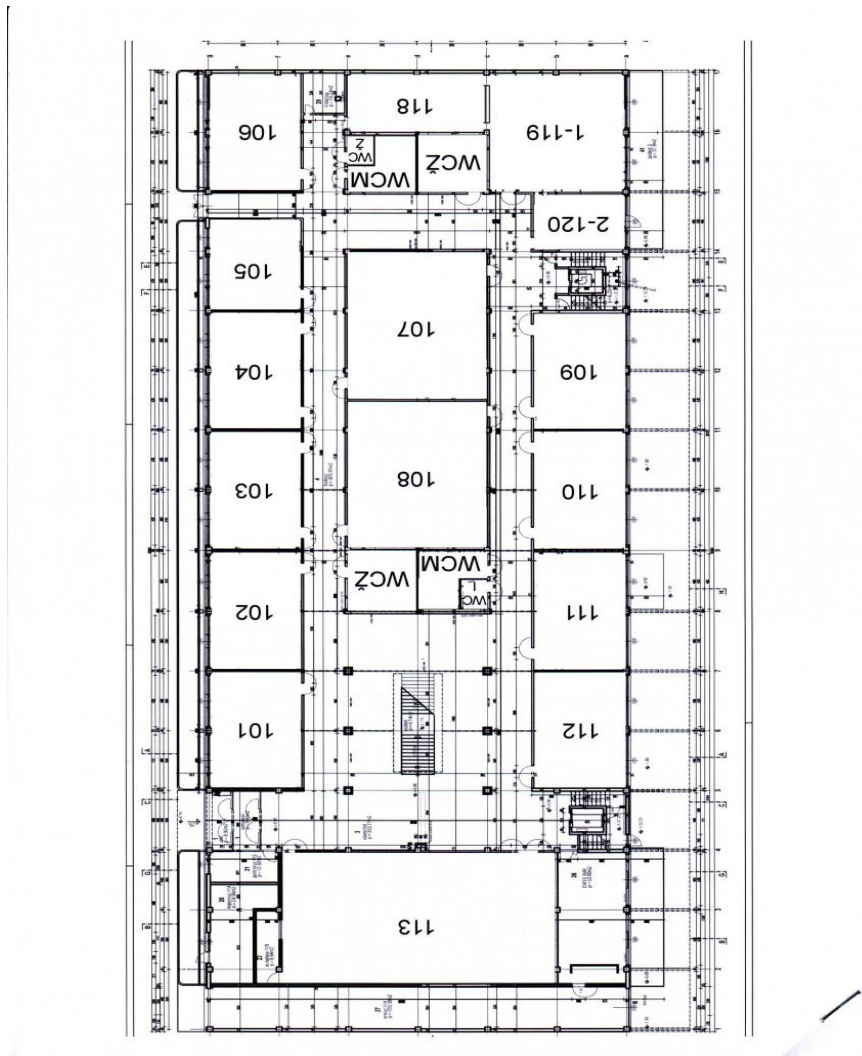
Slika 12. Rasvjeta katedre [1]

Na slici 12 oznakom 1 naznačena je armatura za rasvjetu katedre, a oznakom 2 armatura za rasvjetu ploče.

### 3. ENERGETSKI PREGLED RASVJETE PREDAVAONICA

Zgrada sveučilišnog odjela "Kopilica I." je izgrađena od prizemlja, podruma i jednog kata. U radu je prikazan energetski pregled predavaonica prizemlja, zbog toga što su predavaonice na katu građene kao nisko potkrovlje, što će biti tema nekog drugog rada.

Na slici 13. je prikazan tlocrt prizemlja zgrade sveučilišnog odjela.



Slika 13. Tlocrt prizemlja zgrade sveučilišnog odjela [3]

Zajedničko svim predavaonicama su svjetiljke za rasvjetu. Postoje dvije vrste svjetiljki u svim predavaonicama. Jedna vrsta je za rasvjetu ploče, a druga vrsta za rasvjetljenje studentskih

klupa, tj. svjetiljke opće rasvjete. Svjetiljke za rasvjetu ploče su marke "Philips", snage 30 W. U tablici 2. su prikazani osnovni podaci o svjetiljci.

Tablica 2. Specifikacije svjetiljke za rasvjetu ploče

Ime svjetiljke	TMS022 1xTL-D30W HF
Snaga svjetiljke	30 W
Radni napon	220 V
Kod svjetiljke	TL-D [ MASTER TL-D]
Duljina	1225 mm
Težina	1 kg

Svjetiljke za osvjetljenje studentskih klupa, to jest opću rasvjetu, također su marke "Philips", postavljene su u strop kao cjelina od četiri fluorescentne cijevi, pojedinačne snage 14 W. U tablici 3. su prikazani osnovni podaci o svjetiljci.

Tablica 3. Specifikacija svjetiljke za opću rasvjetu

Ime svjetiljke	TCS165 4XTL5-14W/840 HF C6 PIP
Snaga svjetiljke	14 W
Radni napon	220 V
Kod svjetiljke	TL5 [ TL5]
Duljina	1225 mm
Težina	3 kg

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki s boljim, ekonomičnijim i energetski prihvatljivijim svjetiljkama jesu LED svjetiljke. Također su odabrane dvije vrste, jedna za rasvjetu ploče te jedna za opću rasvjetu.

LED viseće svjetiljke za rasvjetu ploče su marke "Philips", također snage 30 W. U tablici 4. su prikazani osnovni podaci svjetiljke.

Tablica 4. Specifikacije LED svjetiljke za rasvjetu ploče

Ime svjetiljke	SP480P LED35S/840 PSD ACC-MLO SM2
Snaga svjetiljke	30 W
Radni napon	220 V
Kod svjetiljke	LED35S [LED module, system flux 3500 lm]
Duljina	1340 mm
Težina	4,5 kg

LED svjetiljke za opću rasvjetu su također marke "Philips", snage su 67 W. U tablici 5. su prikazani osnovni tehnički podaci o svjetiljci.

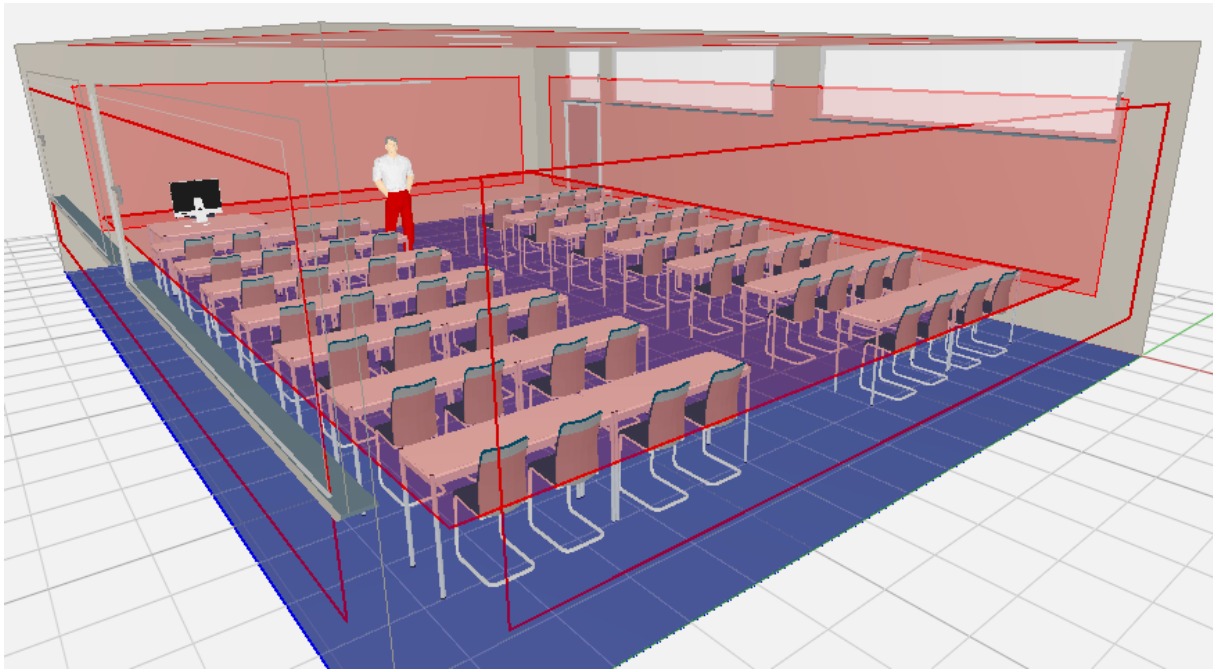
Tablica 5. Specifikacije LED svjetiljke za opću rasvjetu

Ime svjetiljke	SM505S LED90S/840 PSD-VLC WB WH
Snaga svjetiljke	67 W
Radni napon	220 V
Kod svjetiljke	DALI
Duljina	575 mm
Težina	2,2 kg

Odabrane LED svjetiljke su najbolje na tržištu, dimabilne, odnosno podesive jakosti svjetla, kvalitetnog kućišta, koje je uključeno u cijenu, izvrsnih svih svjetlotehničkih karakteristika, čime se htjelo ponuditi najkvalitetnije projektno rješenje za studente Sveučilišta, a cijena je stavljena u drugi plan.

### 3.1. Predavaonica 101

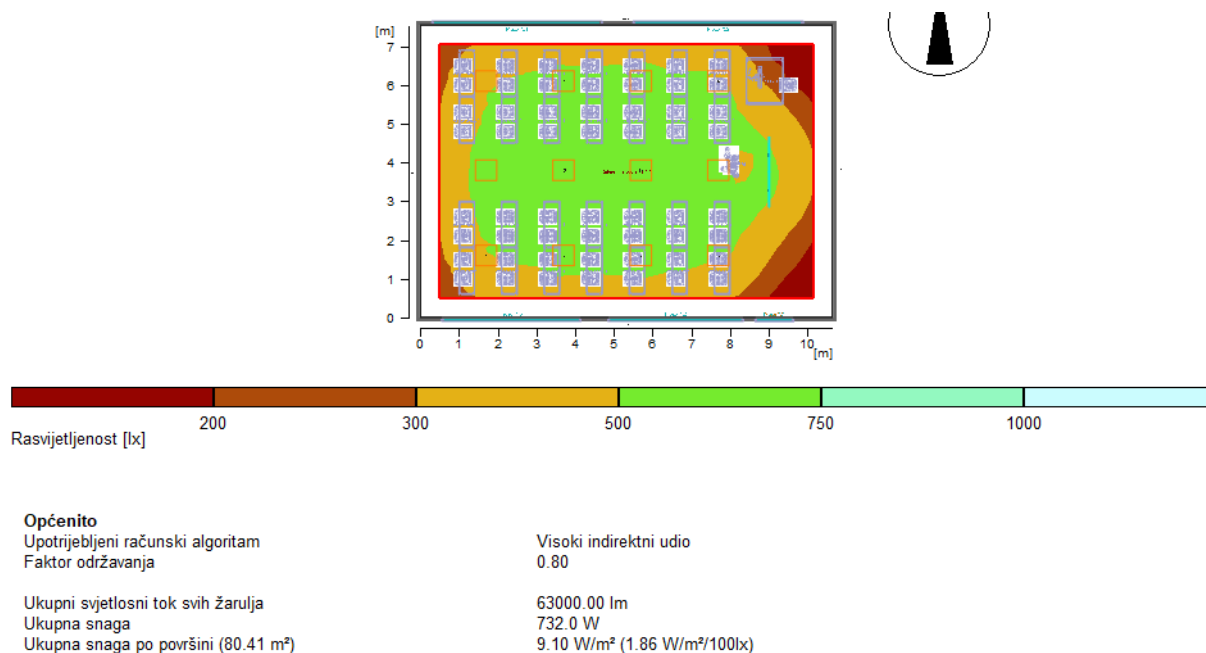
Predavaonica 101 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta, lijevo od glavnog ulaza. Duljina predavaonice iznosi 9,65 m, širina iznosi 6,55 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 14. je prikazan 3D prikaz predavaonice 101, nacrtan u programskom paketu "Relux".



Slika 14. 3D prikaz predavaonice 101

### 3.1.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 101

U predavaonici 101 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 15. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 101.



Slika 15. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 101

Rasvjetljenost veće površine predavaonice 101 iznosi oko 500 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 200 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 488 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 6.

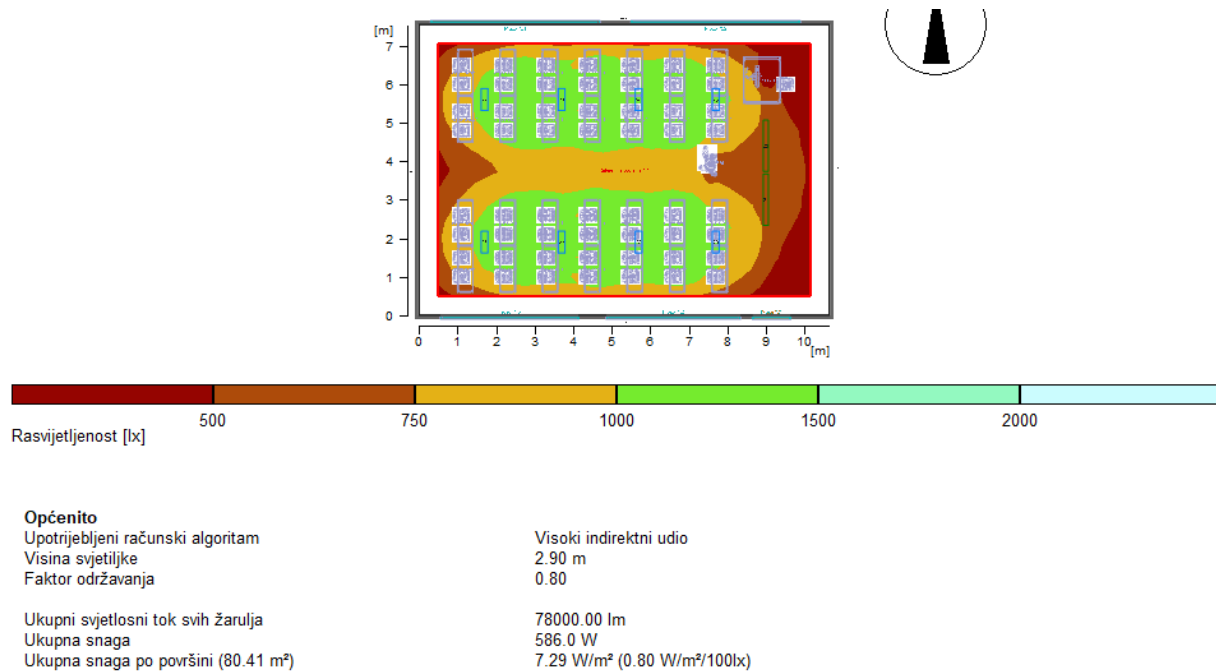
Tablica 6. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 101

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	63 000 lm
Ukupna snaga	732 W
Ukupna snaga po površini	9,1 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	488 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	141 lx



### 3.1.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 101

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 16.



Slika 16. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 101

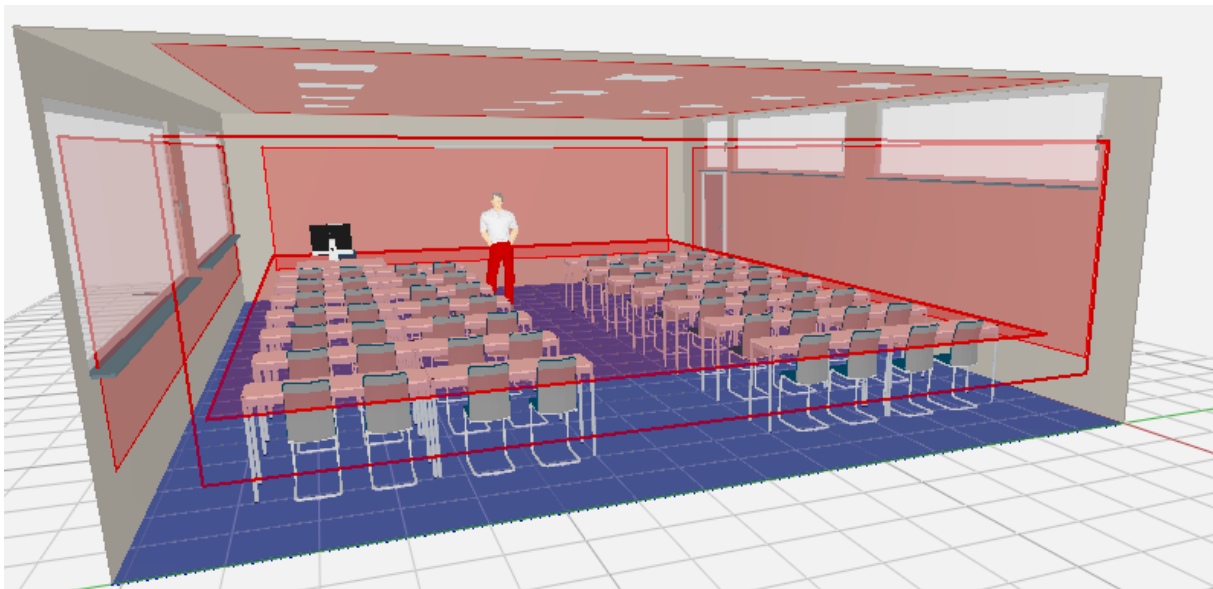
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 101 iznosi oko 900 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 500 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 914 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice dva puta veća nego rasvjetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 7.

Tablica 7. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 101

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	78 000 lm
Ukupna snaga	586 W
Ukupna snaga po površini	7,29 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	914 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	240 lx

### 3.2. Predavaonica 102

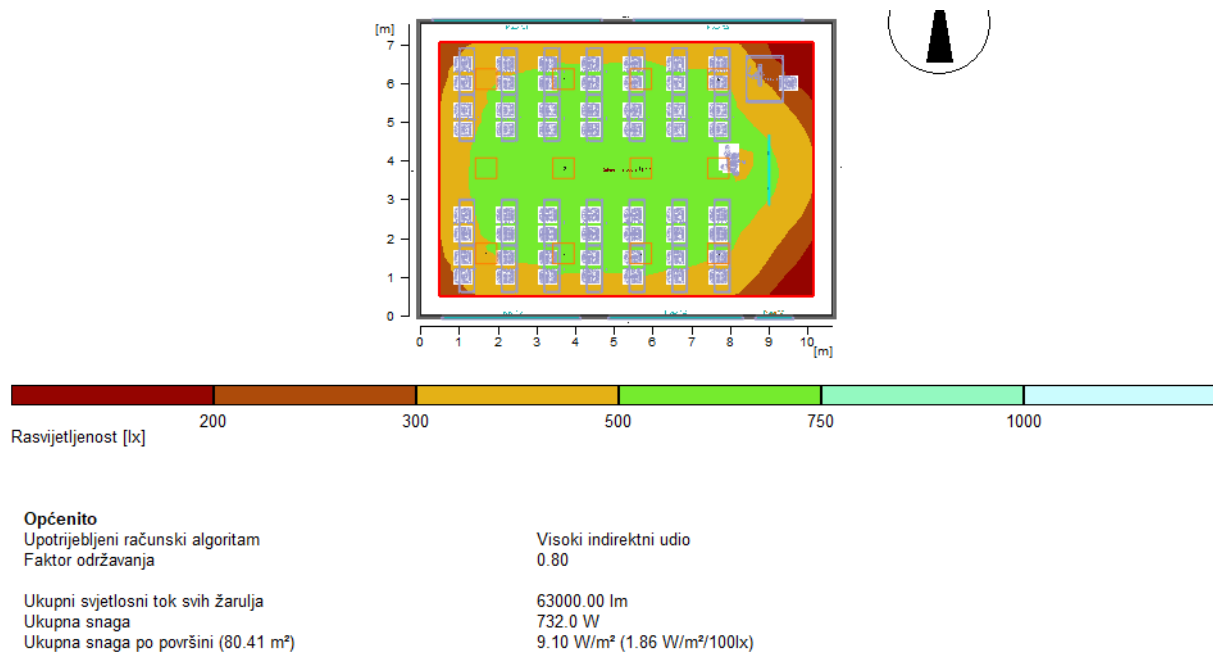
Predavaonica 102 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta, lijevo od glavnog ulaza. Duljina predavaonice iznosi 9,65 m, širina iznosi 6,55 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 17. je prikazan 3D prikaz predavaonice 102, nacrtan u programskom paketu "Relux".



Slika 17. 3D prikaz predavaonice 102

### 3.2.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 102

U predavaonici 102 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 18. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 102.



Slika 18. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 102

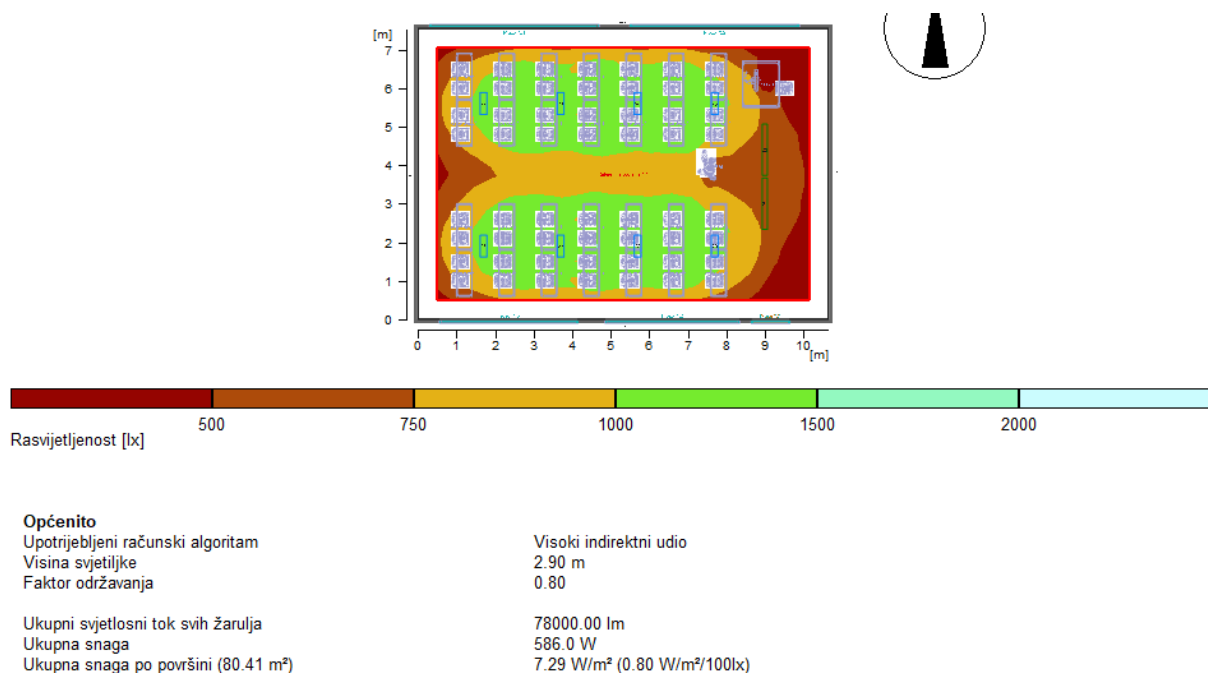
Rasvjetljenost većeg dijela predavaonice 102 iznosi oko 500 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 200 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 488 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 8.

Tablica 8. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 102

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	63 000 lm
Ukupna snaga	732 W
Ukupna snaga po površini	9,1 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	488 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	141lx

### 3.2.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 102

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 19.



Slika 19. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 102

Rasvjetljenost veće površine predavaonice 102 iznosi oko 900 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 500 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 914 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice dva puta veća nego rasvjetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 9.

Tablica 9. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 102

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	78 000 lm
Ukupna snaga	586 W
Ukupna snaga po površini	7,29 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	914 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	240 lx

### 3.3. Predavaonica 103

Predavaonica 103 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta, lijevo od glavnog ulaza. Duljina predavaonice iznosi 9,65 m, širina iznosi 6,55 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 19. je prikazan 3D prikaz predavaonice 101, nacrtan u programskom paketu "Relux".

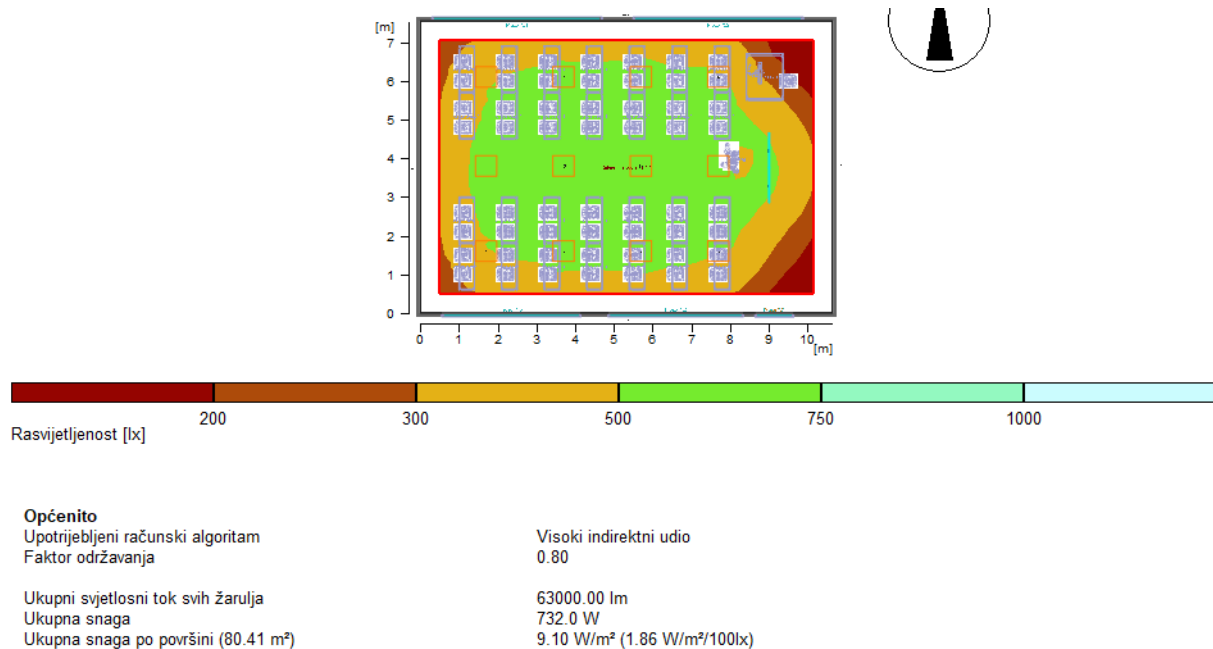


Slika 20. 3D prikaz predavaonice 103

#### 3.3.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 103

U predavaonici 103 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips",

snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 21. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 103.



Slika 21. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 103

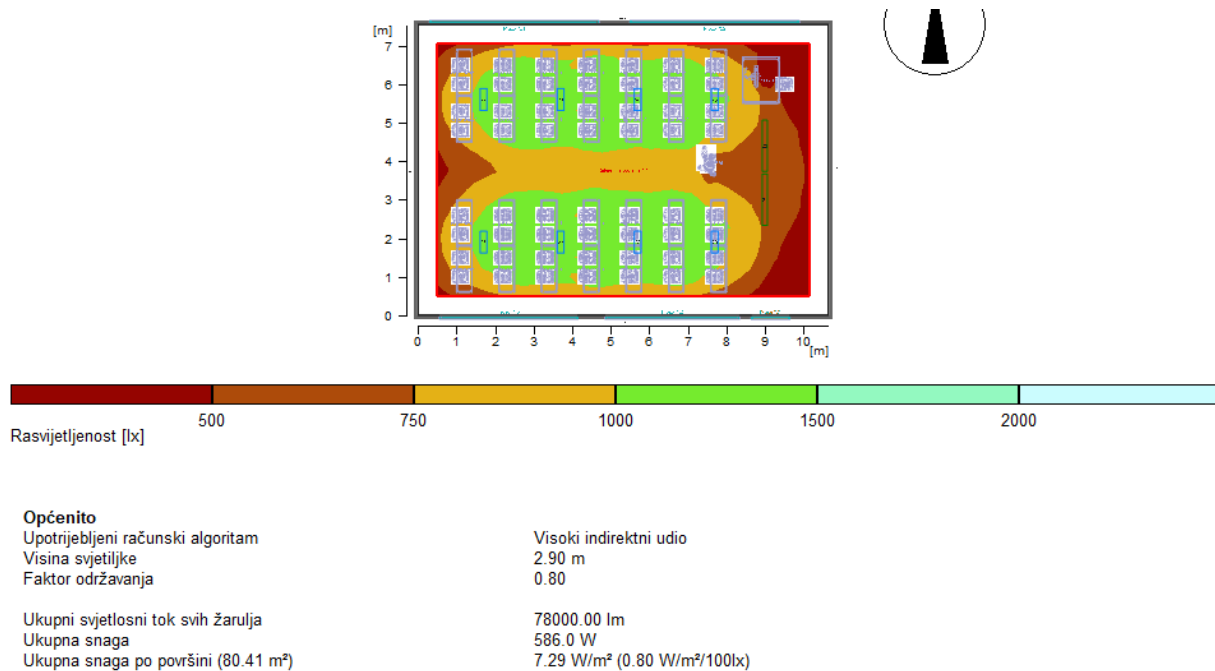
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 103 iznosi oko 500 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 200 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 488 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 10.

Tablica 10. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 103

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	63 000 lm
Ukupna snaga	732 W
Ukupna snaga po površini	9,1 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	488 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	141 lx

### 3.3.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 103

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 22.



Slika 22. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 103

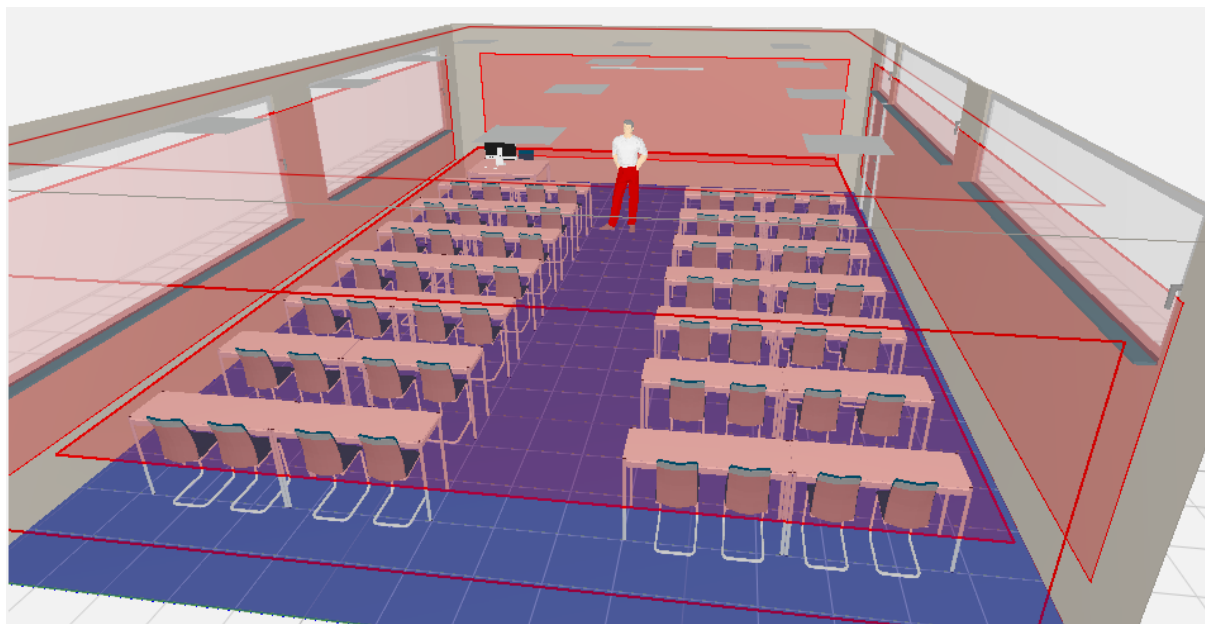
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 103 iznosi oko 900 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 500 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 914 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice dva puta veća nego rasvjetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 11.

Tablica 11. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 103

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	78 000 lm
Ukupna snaga	586 W
Ukupna snaga po površini	7,29 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	914 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	240 lx

### 3.4. Predavaonica 104

Predavaonica 104 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta, lijevo od glavnog ulaza. Duljina predavaonice iznosi 9,65 m, širina iznosi 6,55 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 23. je prikazan 3D prikaz predavaonice 104, nacrtan u programskom paketu "Relux".

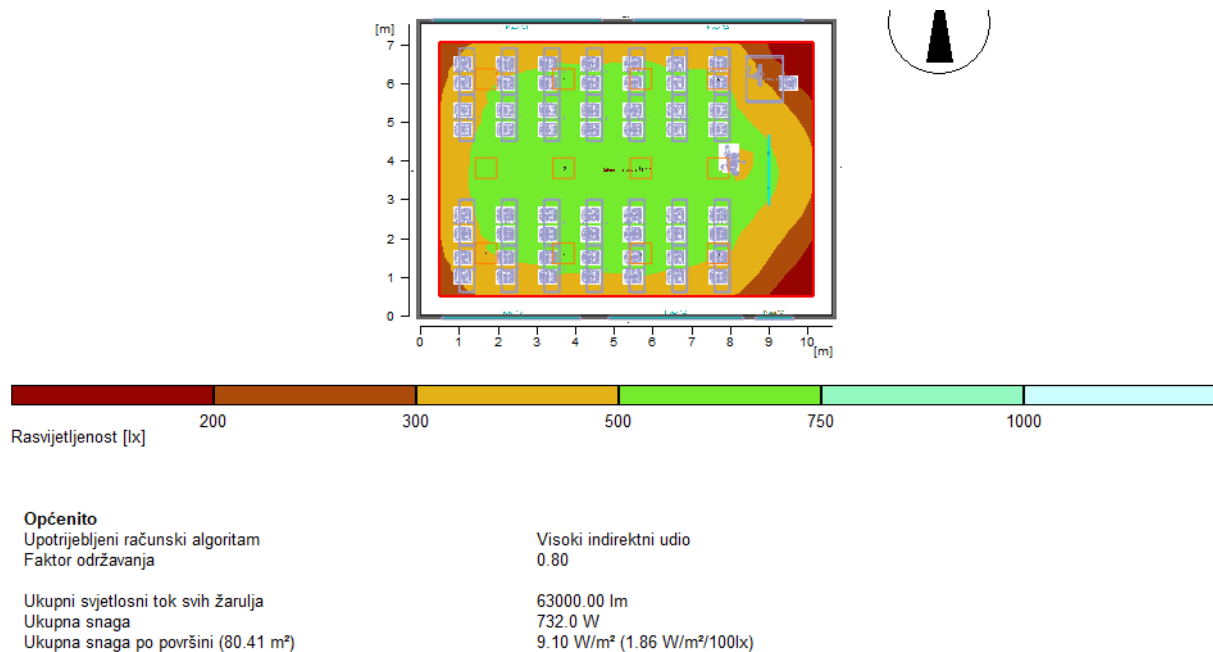


Slika 23. 3D prikaz predavaonice 104



### 3.4.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 104

U predavaonici 104 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 24. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 104.



Slika 24. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 104

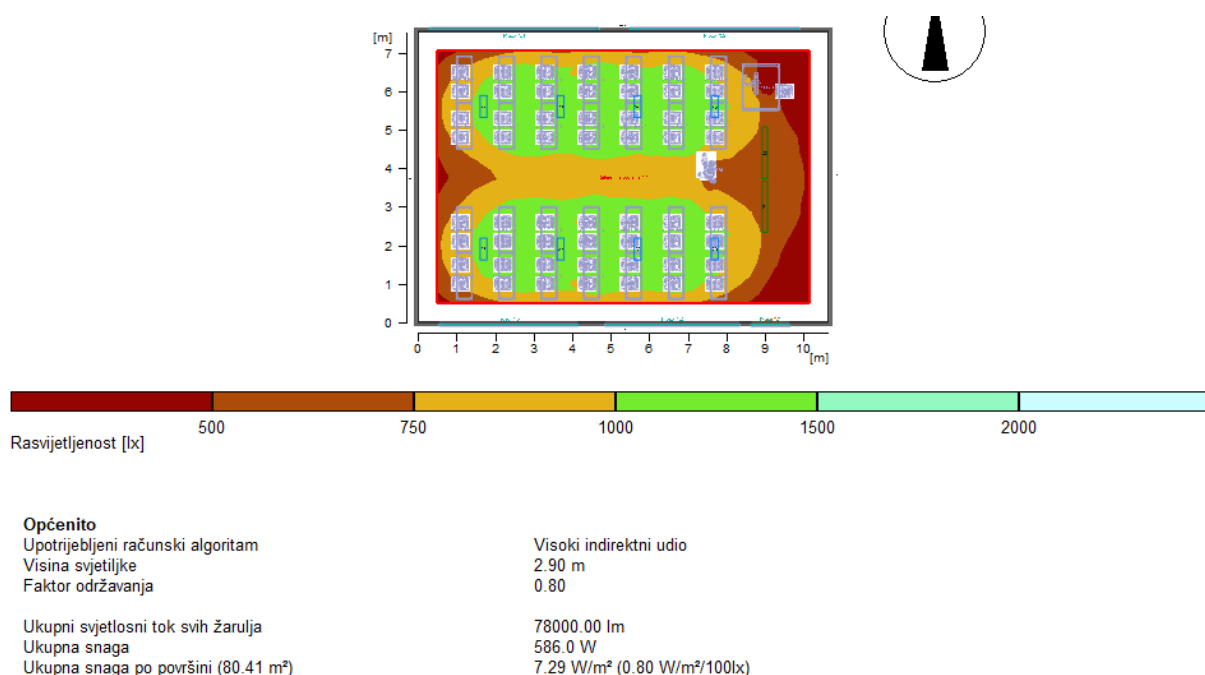
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 104 iznosi oko 500 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 200 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 488 lx što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 12.

Tablica 12. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 104

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	63 000 lm
Ukupna snaga	732 W
Ukupna snaga po površini	9,1 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjtljenje [ $E_{avg}$ ]	488 lx
Minimalno osvjtljenje [ $E_{min}$ ]	141 lx

### 3.4.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 104

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 25.



Slika 25. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 104

Rasvijetljenost veće površine predavaonice 104 iznosi oko 900 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 500 lx. Prosječno osvjtljenje predavaonice iznosi 914 lx, što znači da

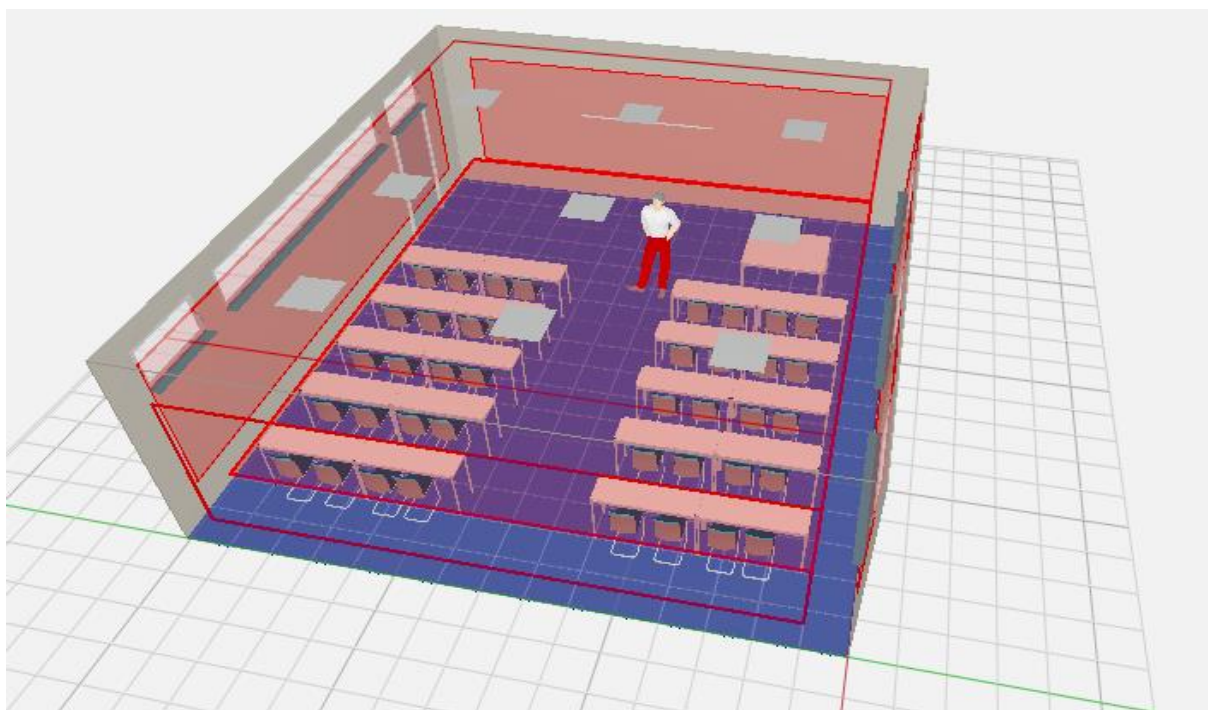
je rasvijetljenost predavaonice dva puta veća nego rasvijetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 13.

Tablica 13. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 104

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	78 000 lm
Ukupna snaga	586 W
Ukupna snaga po površini	7,29 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	914 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	240 lx

### 3.5. Predavaonica 105

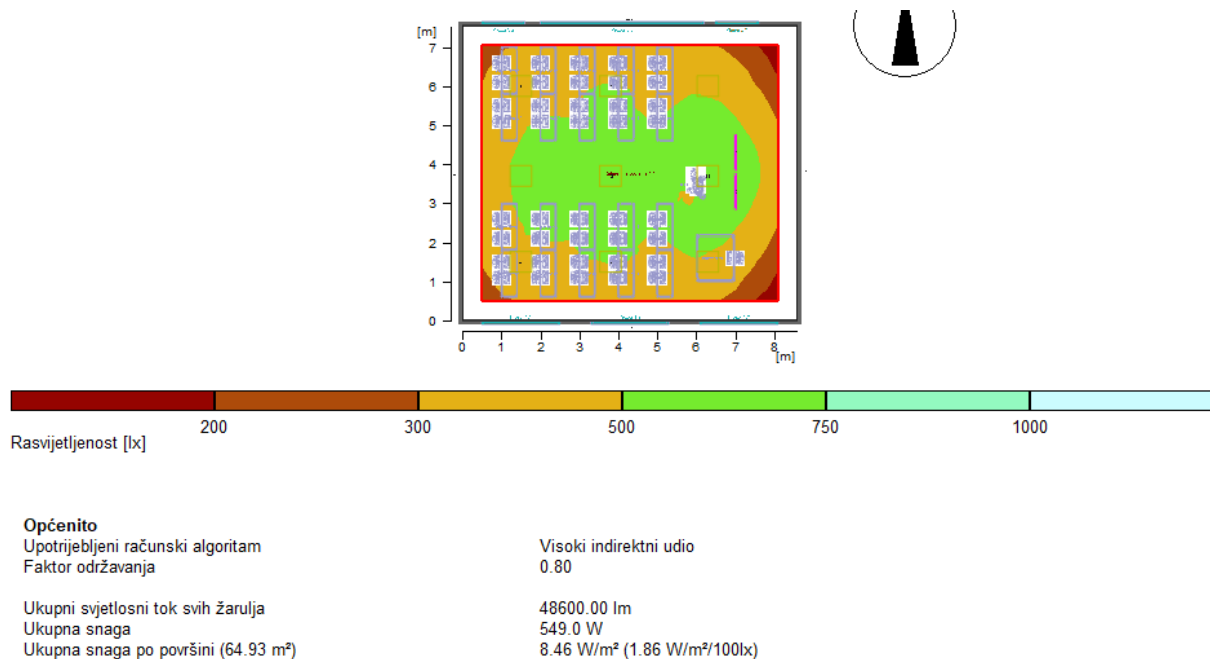
Predavaonica 105 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta, lijevo od glavnog ulaza. Duljina predavaonice iznosi 7,65 m, širina iznosi 6,55 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 26. je prikazan 3D prikaz predavaonice 105, nacrtan u programu "Relux".



Slika 26. 3D prikaz predavaonice 105

### 3.5.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 105

U predavaonici 105 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 15. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 105.



Slika 27. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 105

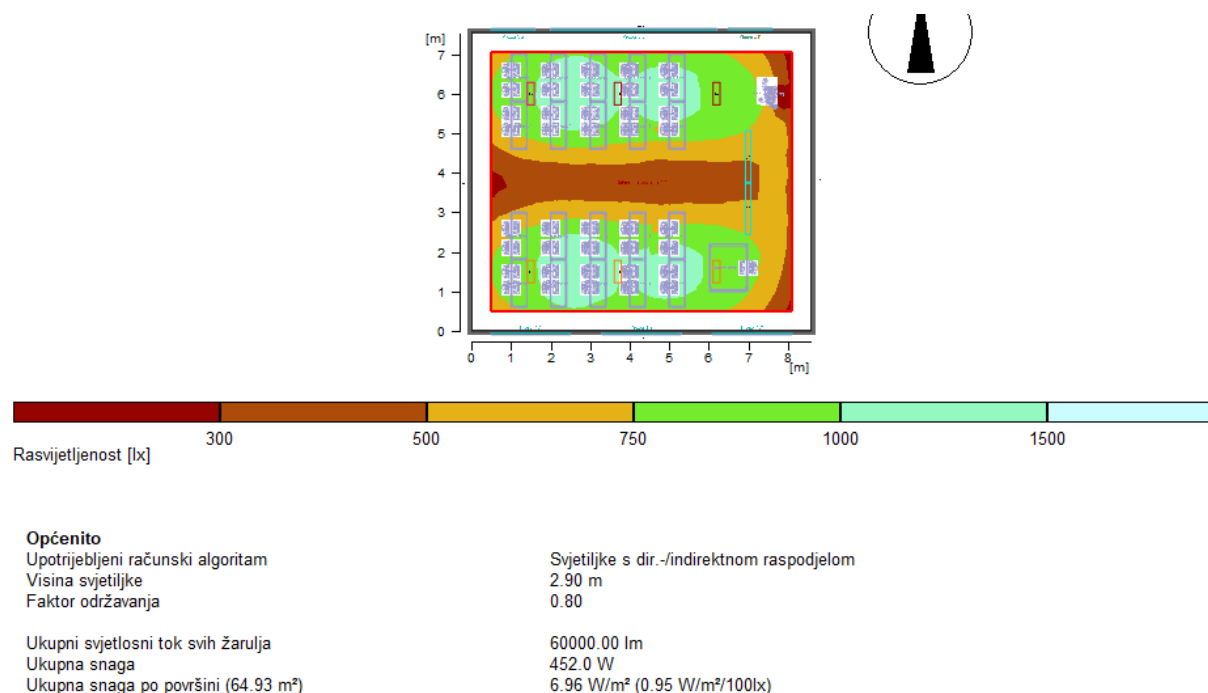
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 105 iznosi oko 500 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 300 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 454 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 14.

Tablica 14. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 105

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	48 600 lm
Ukupna snaga	549 W
Ukupna snaga po površini	8,46 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	454 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	213 lx

### 3.5.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 105

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 28.



Slika 28. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 105

Rasvjetljenost veće površine predavaonice 105 iznosi oko 900 lx, bliže sredini nešto manje, a u kutovima manje od 600 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 737 lx, što znači da je

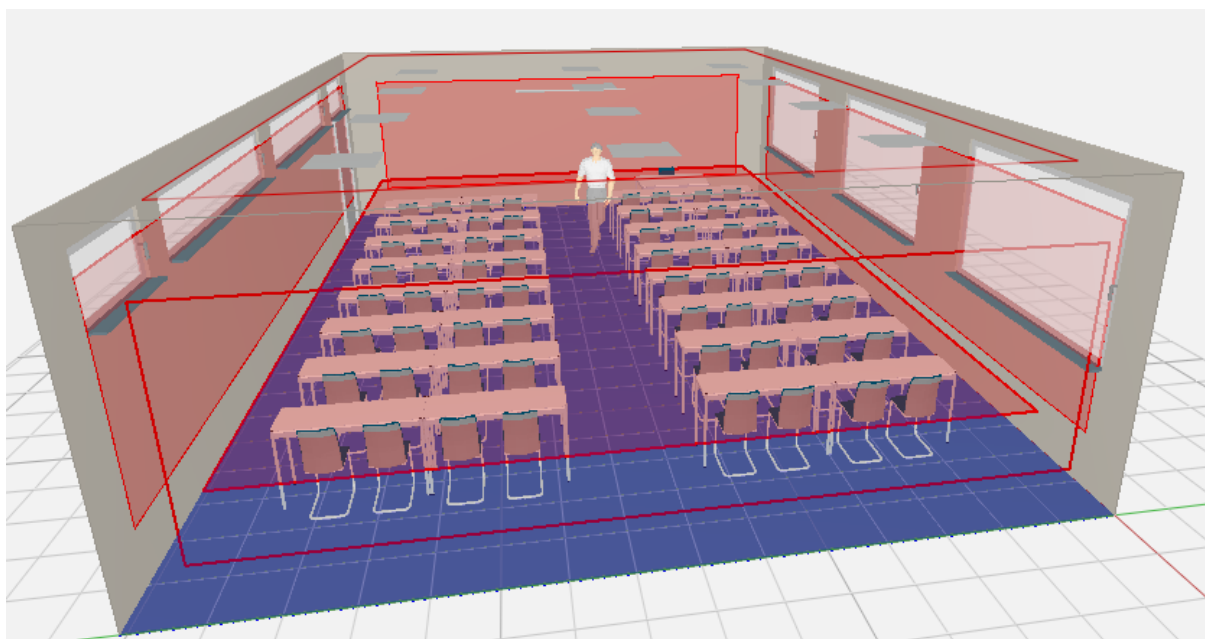
rasvjetljenost predavaonice oko dva puta veća nego rasvjetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 15.

Tablica 15. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 105

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	60 000 lm
Ukupna snaga	452 W
Ukupna snaga po površini	6,96 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	737 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	336 lx

### 3.6. Predavaonica 106

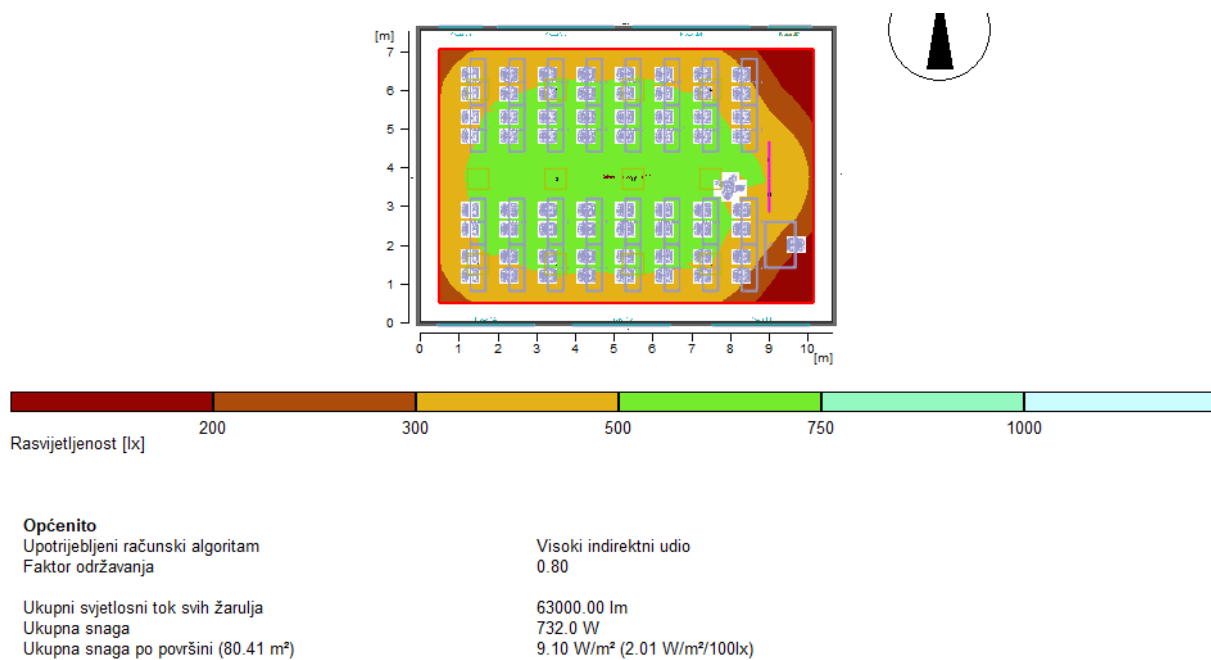
Predavaonica 106 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta, lijevo od glavnog ulaza. Duljina predavaonice iznosi 9,65 m, širina iznosi 6,55 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 29. je prikazan 3D prikaz predavaonice 101, nacrtan u programskom paketu "Relux".



Slika 29. 3D prikaz predavaonice 106

### 3.6.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 106

U predavaonici 106 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 30. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 106.



Slika 30. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 106

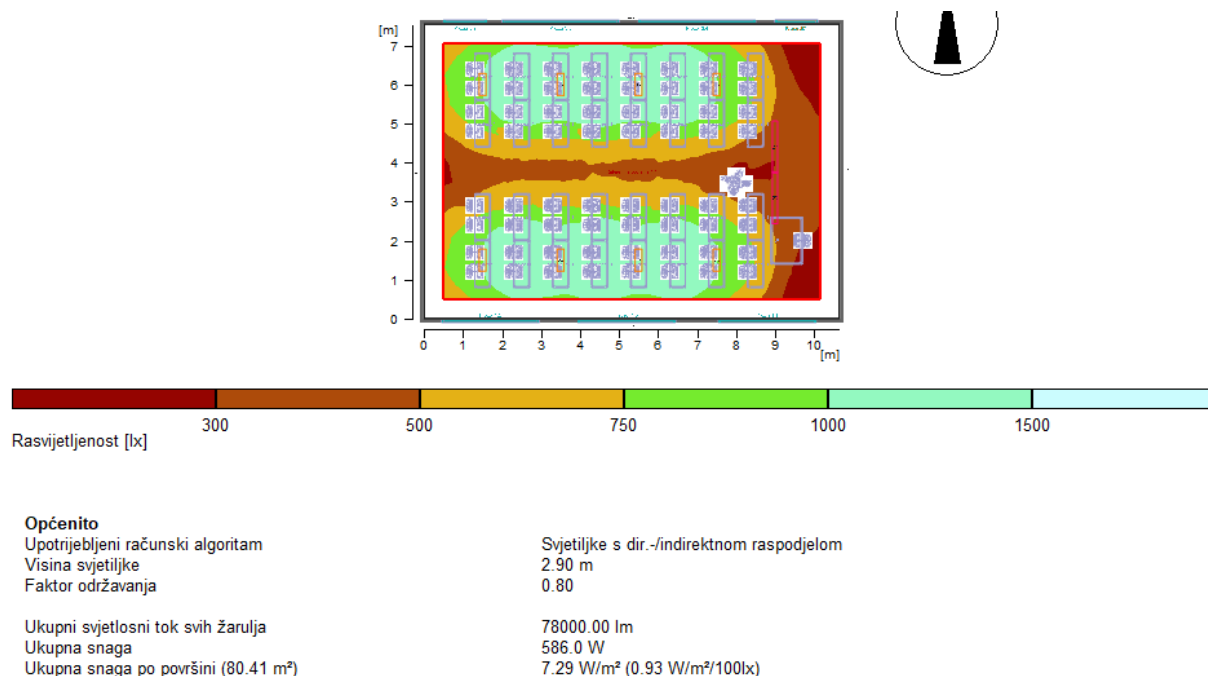
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 106 iznosi oko 600 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 300 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 488 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 16.

Tablica 16. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 106

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	63 000 lm
Ukupna snaga	732 W
Ukupna snaga po površini	9,1 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	452 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	133 lx

### 3.6.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 106

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 31.



Slika 31. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 106



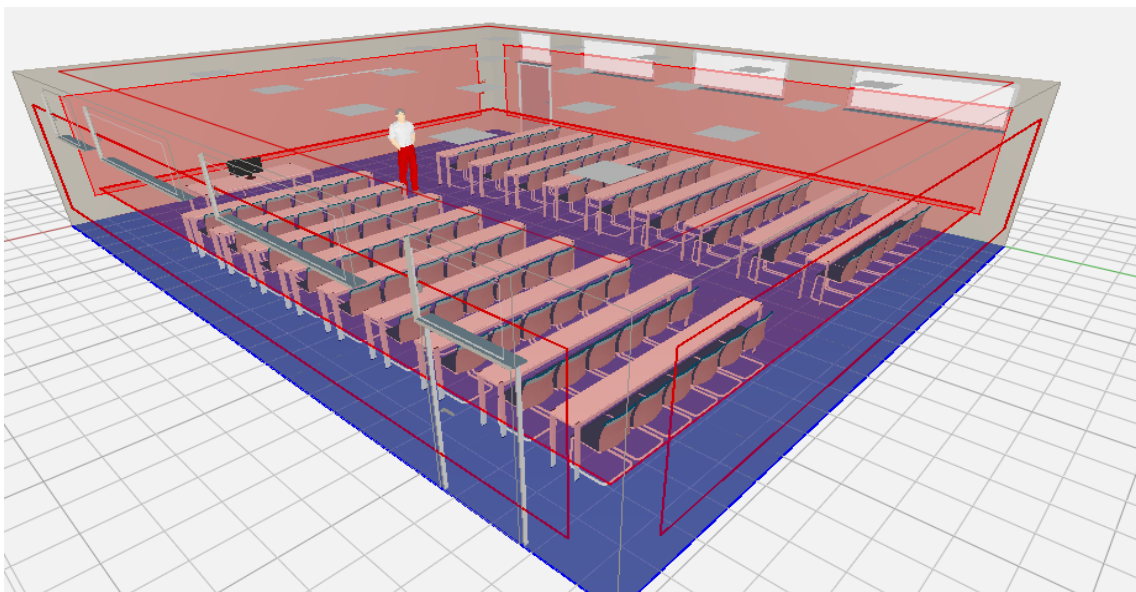
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 106 iznosi oko 900 lx, bliže zidovima i sredini nešto manje, a u kutovima manje od 500 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 783 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice skoro dva puta veća nego rasvjetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 17.

Tablica 17. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 106

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	78 000 lm
Ukupna snaga	586 W
Ukupna snaga po površini	7,29 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	783 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	204 lx

### 3.7. Predavaonica 107

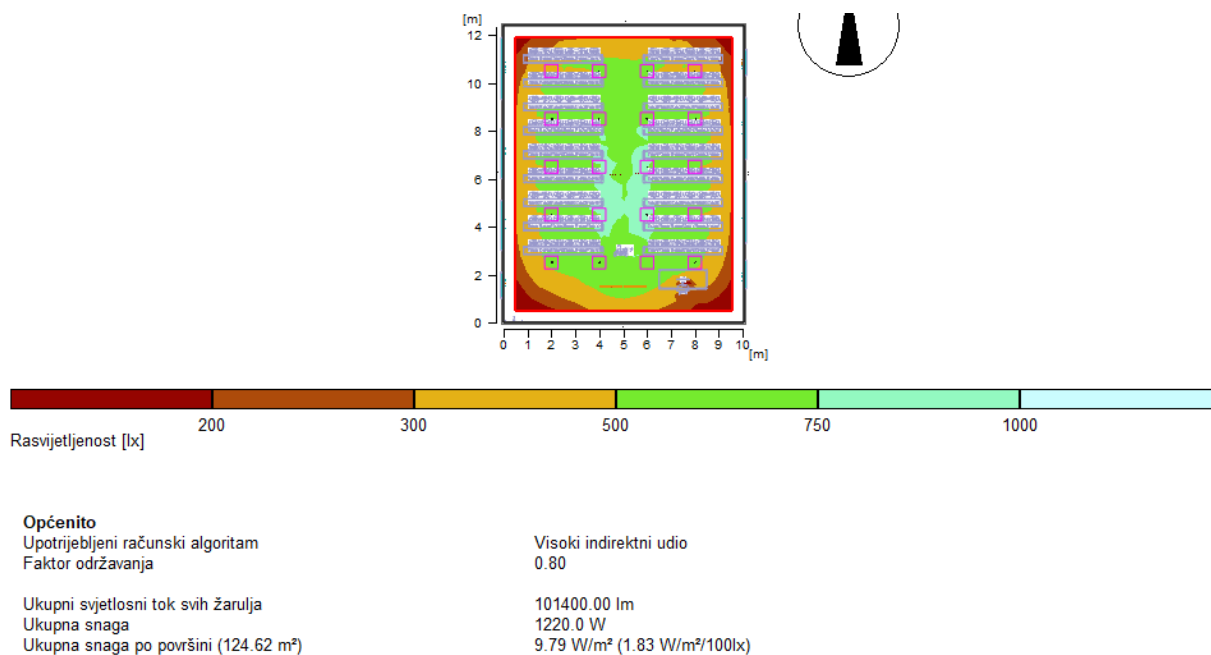
Predavaonica 107 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta, lijevo po sredini od glavnog ulaza. Duljina predavaonice iznosi 12,4 m, širina iznosi 10,1 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 32. je prikazan 3D prikaz predavaonice 107, nacrtan u programskom paketu "Relux".



Slika 32. 3D prikaz predavaonice 107

### 3.7.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 107

U predavaonici 107 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 33. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 107.



Slika 33. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 107

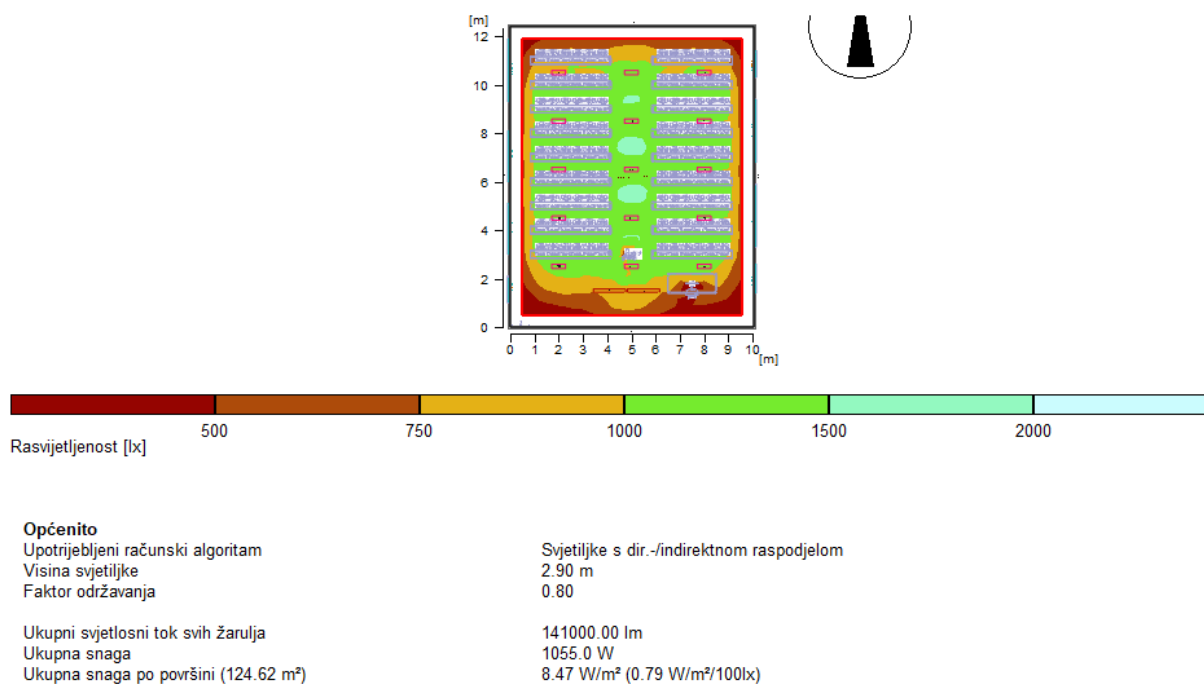
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 107 iznosi oko 700 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 300 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 536 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 18.

Tablica 18. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 107

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	101 400 lm
Ukupna snaga	1220 W
Ukupna snaga po površini	9,79 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	536 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	189 lx

### 3.7.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 107

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 34.



Slika 34. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 107

Rasvjetljenost veće površine predavaonice 107 iznosi oko 1100 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 600 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 1070 lx, što znači da

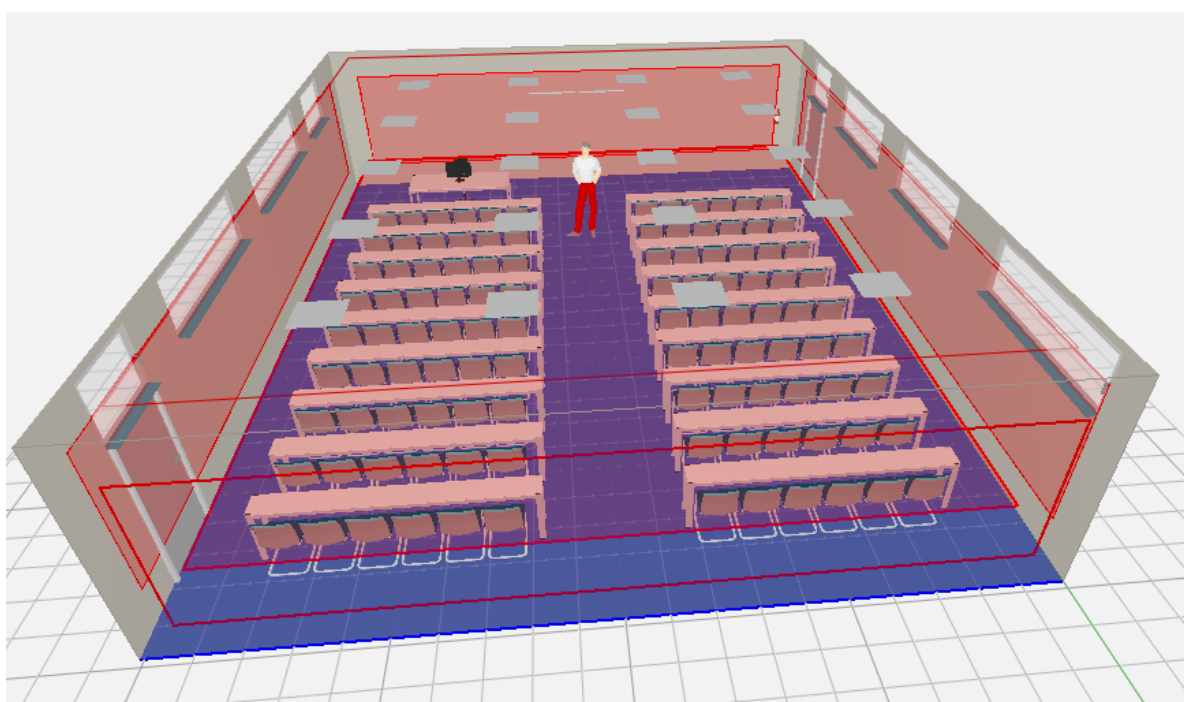
je rasvijetljenost predavaonice dva puta veća nego rasvijetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 19.

Tablica 19. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 107

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	141 000 lm
Ukupna snaga	1055 W
Ukupna snaga po površini	8,47 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	1070 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	428 lx

### 3.8. Predavaonica 108

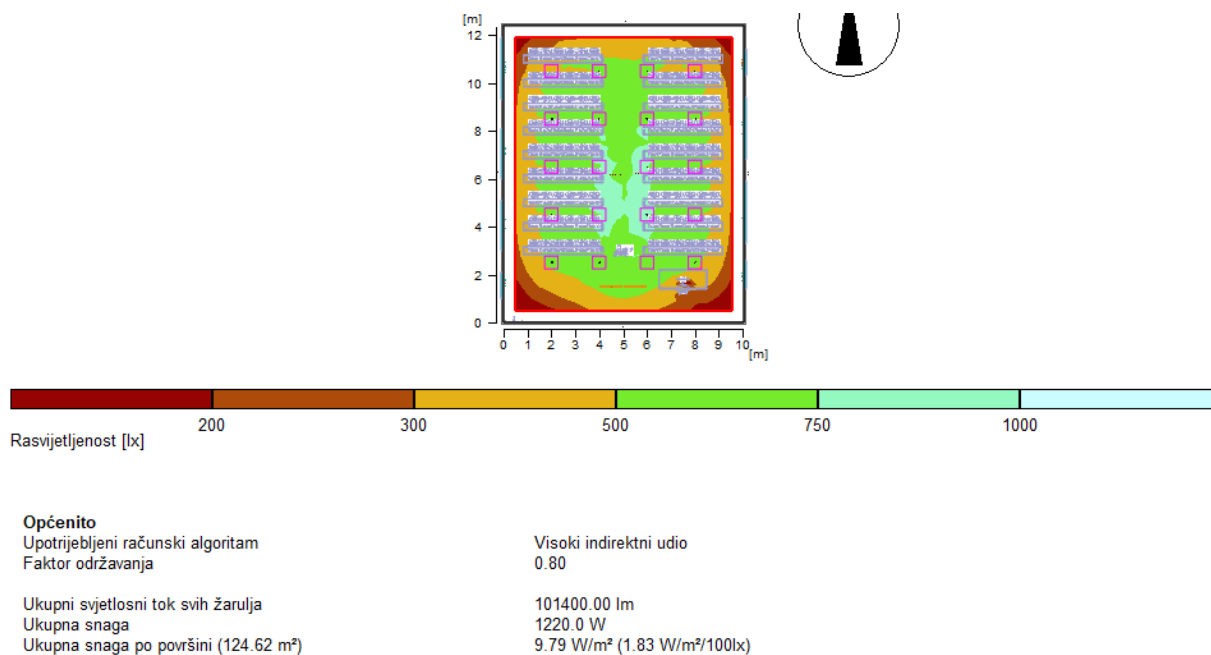
Predavaonica 108 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta, lijevo po sredini od glavnog ulaza. Duljina predavaonice iznosi 12,4 m, širina iznosi 10,1 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 35. je prikazan 3D prikaz predavaonice 108, nacrtan u programskom paketu "Relux".



Slika 35. 3D prikaz predavaonice 108

### 3.8.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 108

U predavaonici 108 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 36. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 108.



Slika 36. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 108

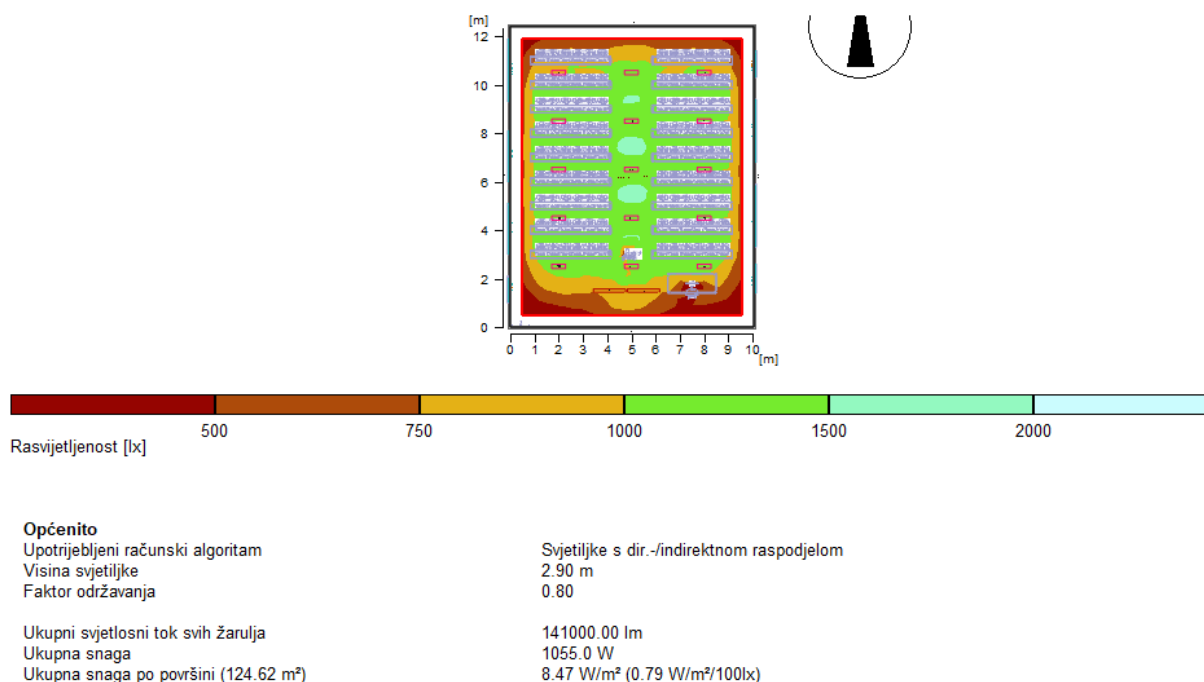
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 108 iznosi oko 700 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 300 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 536 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 20.

Tablica 20. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 108

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	101 400 lm
Ukupna snaga	1220 W
Ukupna snaga po površini	9,79 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	536 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	189 lx

### 3.8.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 108

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 37.



Slika 37. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 108

Rasvjetljenost veće površine predavaonice 108 iznosi oko 1100 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 600 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 1070 lx, što znači da

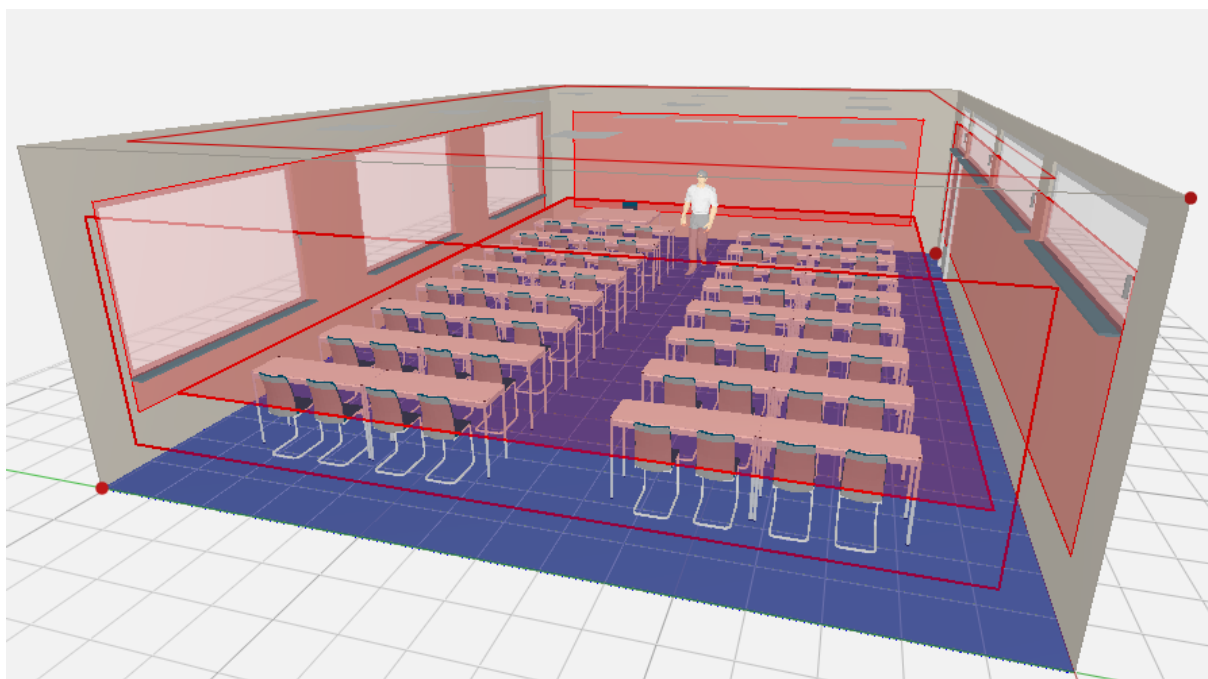
je rasvijetljenost predavaonice dva puta veća nego rasvijetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 21.

Tablica 21. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 108

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	141 000 lm
Ukupna snaga	1055 W
Ukupna snaga po površini	8,47 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvijetljenje [ $E_{avg}$ ]	1070 lx
Minimalno osvijetljenje [ $E_{min}$ ]	428 lx

### 3.9. Predavaonica 109

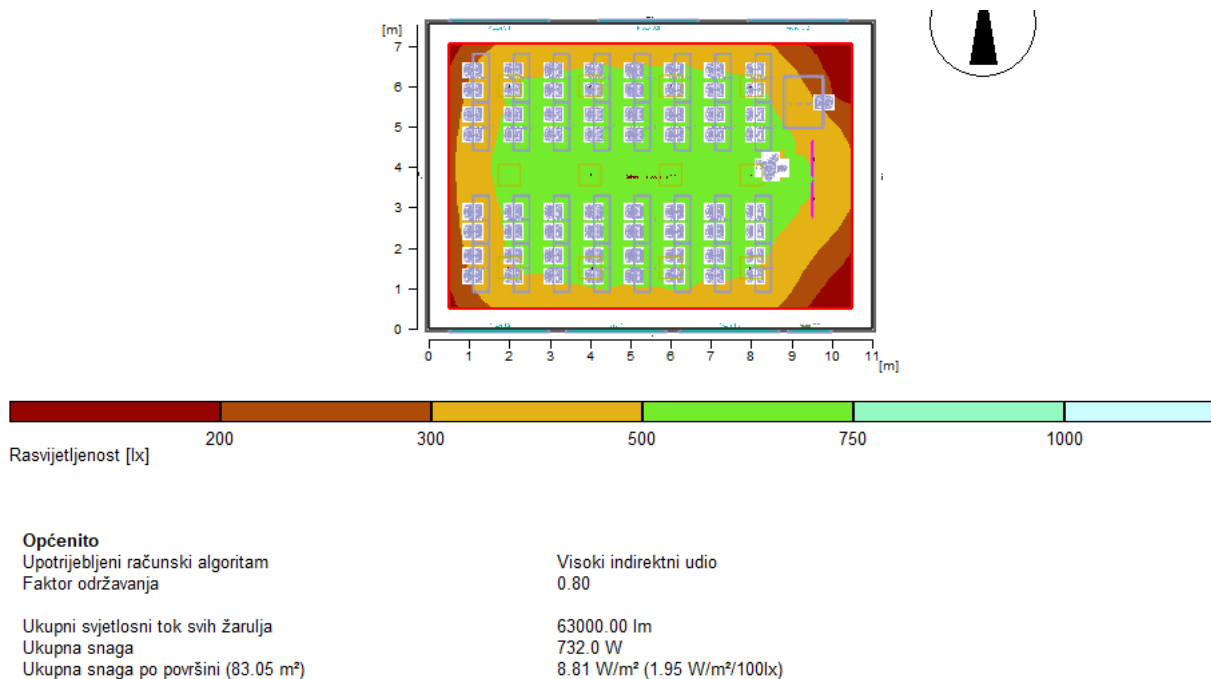
Predavaonica 109 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta. Duljina predavaonice iznosi 10 m, širina iznosi 6,55 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 38. je prikazan 3D prikaz predavaonice 109, nacrtan u programskom paketu "Relux".



Slika 38. 3D prikaz predavaonice 109

### 3.9.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 109

U predavaonici 109 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 39. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 109.



Slika 39. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 109

Rasvjetljenost veće površine predavaonice 109 iznosi oko 700 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 300 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 452 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 22.

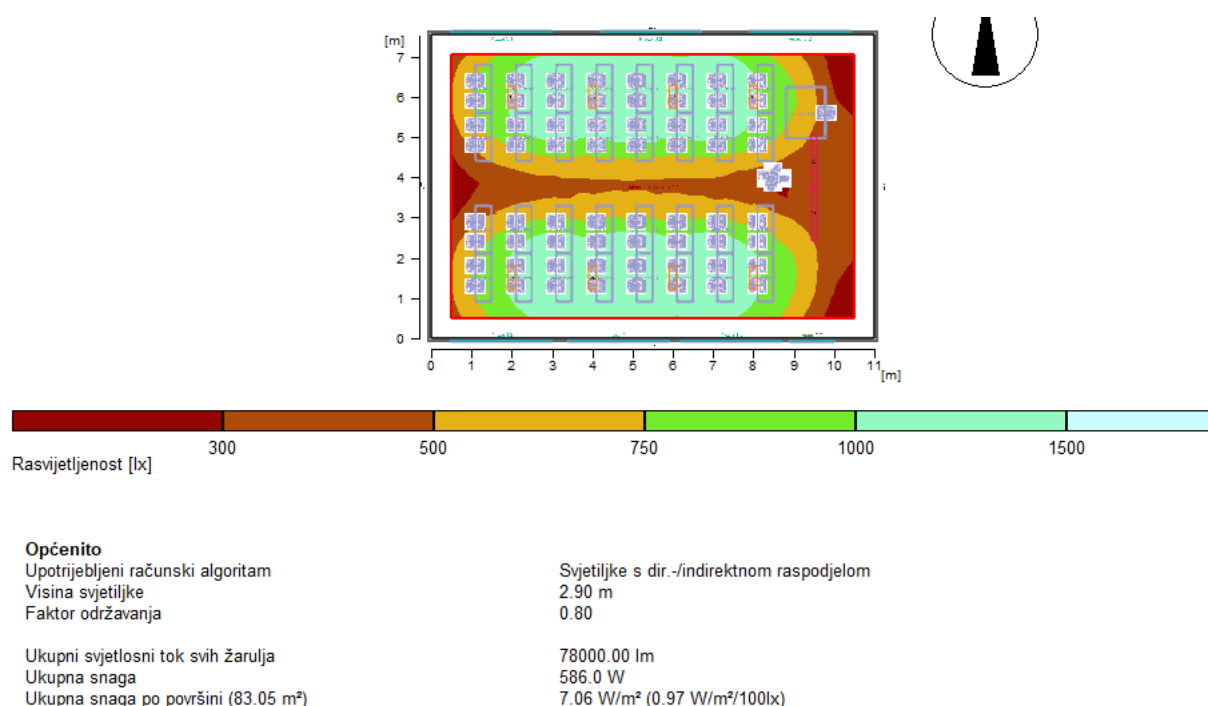


Tablica 22. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 109

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	63 000 lm
Ukupna snaga	732 W
Ukupna snaga po površini	8,81 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	452 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	156 lx

### 3.9.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 109

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 40.



Slika 40. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 109

Rasvjetljenost veće površine predavaonice 109 iznosi oko 900 lx, bliže sredini predavaonice nešto manje, a u kutovima manje od 500 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 728 lx,

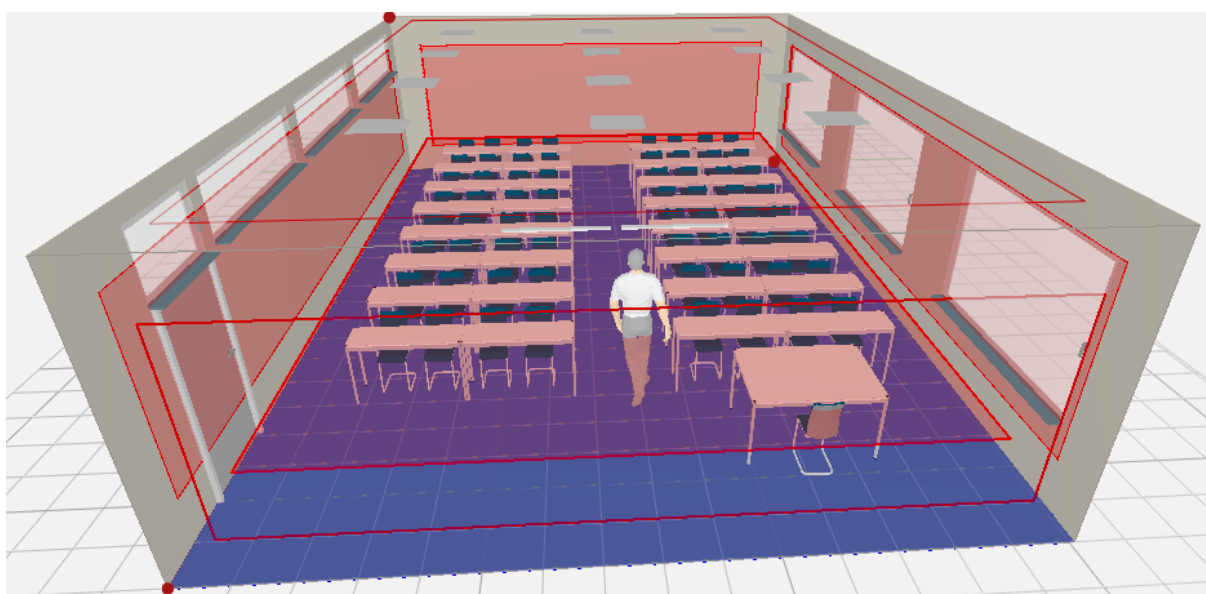
što znači da je rasvijetljenost predavaonice skoro dva puta veća nego rasvijetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 23.

Tablica 23. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 109

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	78 000 lm
Ukupna snaga	586 W
Ukupna snaga po površini	7,06 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	728 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	242 lx

### 3.10. Predavaonica 110

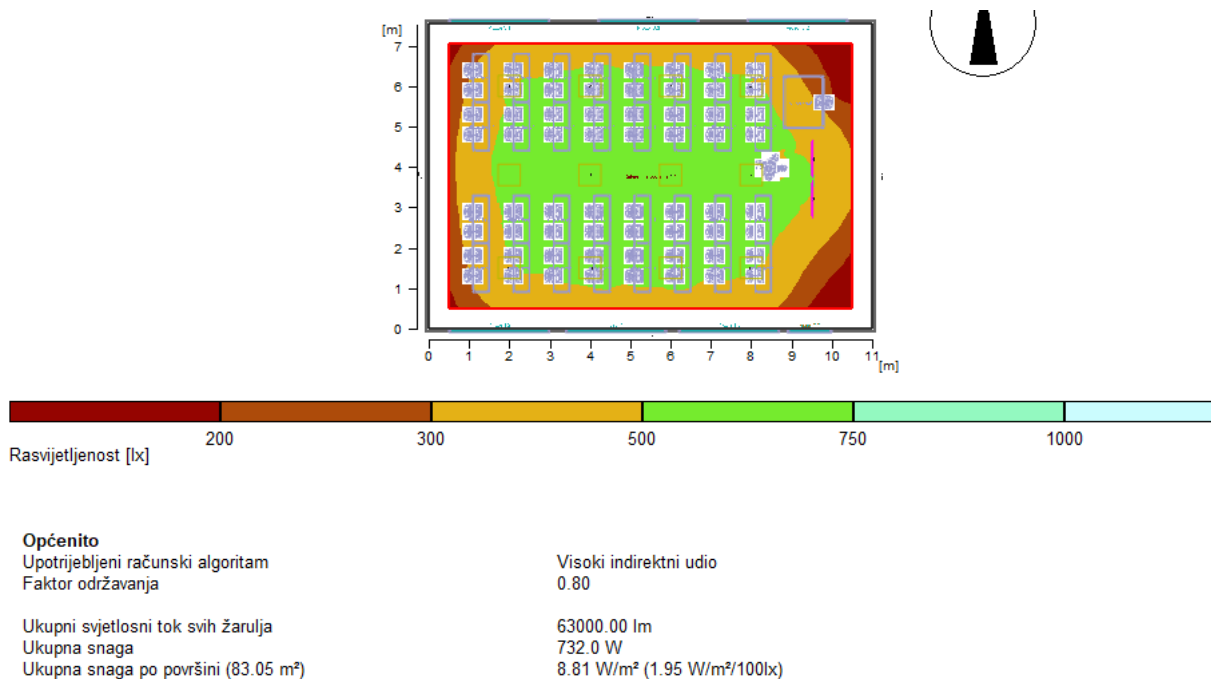
Predavaonica 110 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta. Duljina predavaonice iznosi 10 m, širina iznosi 6,55 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 41. je prikazan 3D prikaz predavaonice 110, nacrtan u programskom paketu "Relux".



Slika 41. 3D prikaz predavaonice 110

### 3.10.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 110

U predavaonici 110 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 42. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 110.



Slika 42. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 110

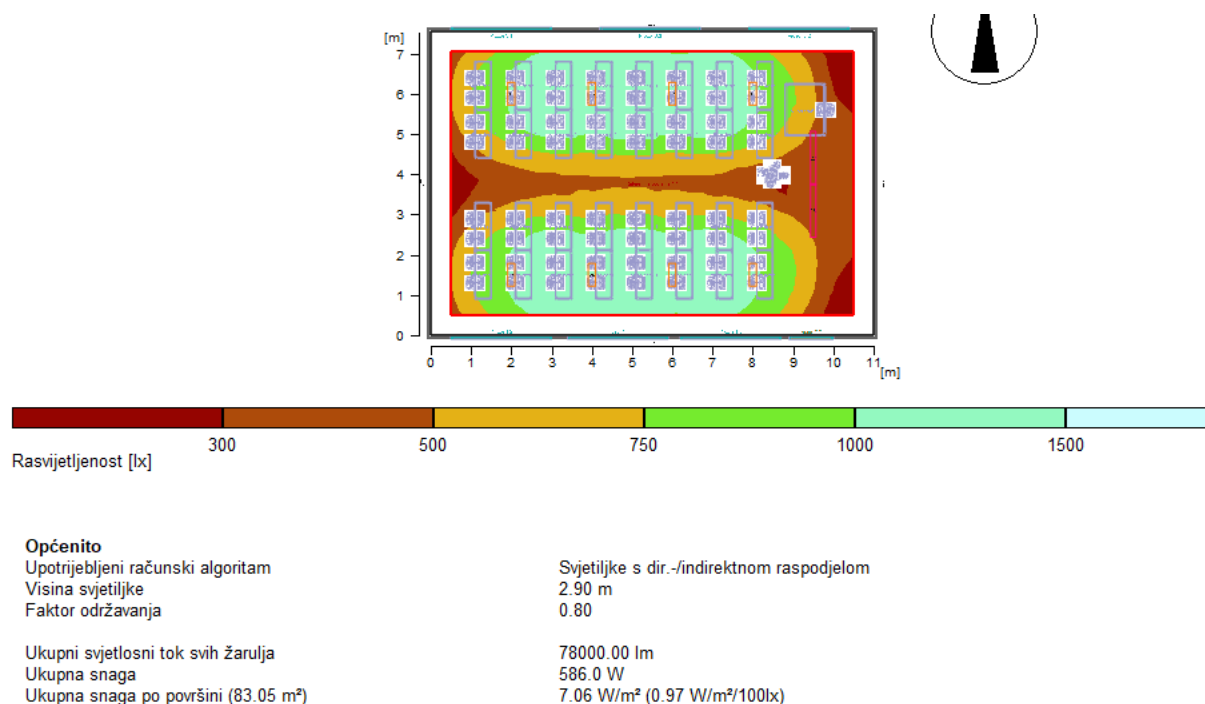
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 110 iznosi oko 700 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 300 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 452 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 24.

Tablica 24. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 110

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	63 000 lm
Ukupna snaga	732 W
Ukupna snaga po površini	8,81 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	452 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	156 lx

### 3.10.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 110

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 43.



Slika 43. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 110

Rasvjetljenost veće površine predavaonice 110 iznosi oko 900 lx, bliže sredini predavaonice nešto manje, a u kutovima manje od 500 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 728 lx,

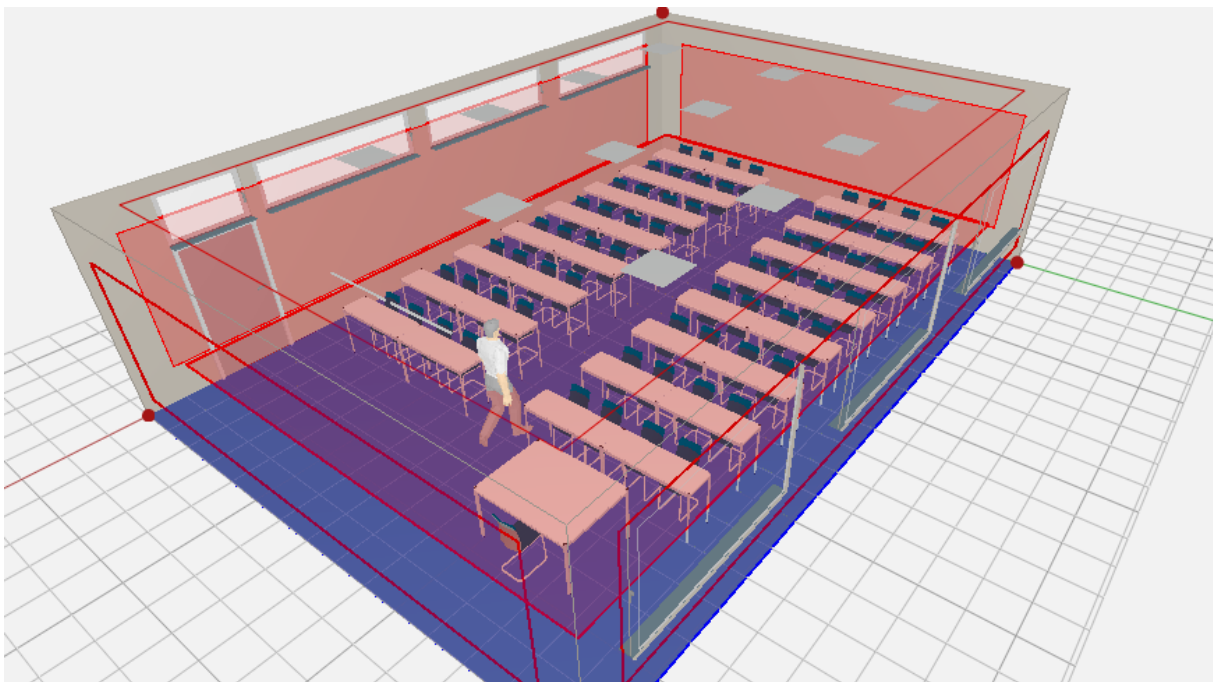
što znači da je rasvijetljenost predavaonice skoro dva puta veća nego rasvijetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 25.

Tablica 25. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 110

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	78 000 lm
Ukupna snaga	586 W
Ukupna snaga po površini	7,06 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	728 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	242 lx

### 3.11. Predavaonica 111

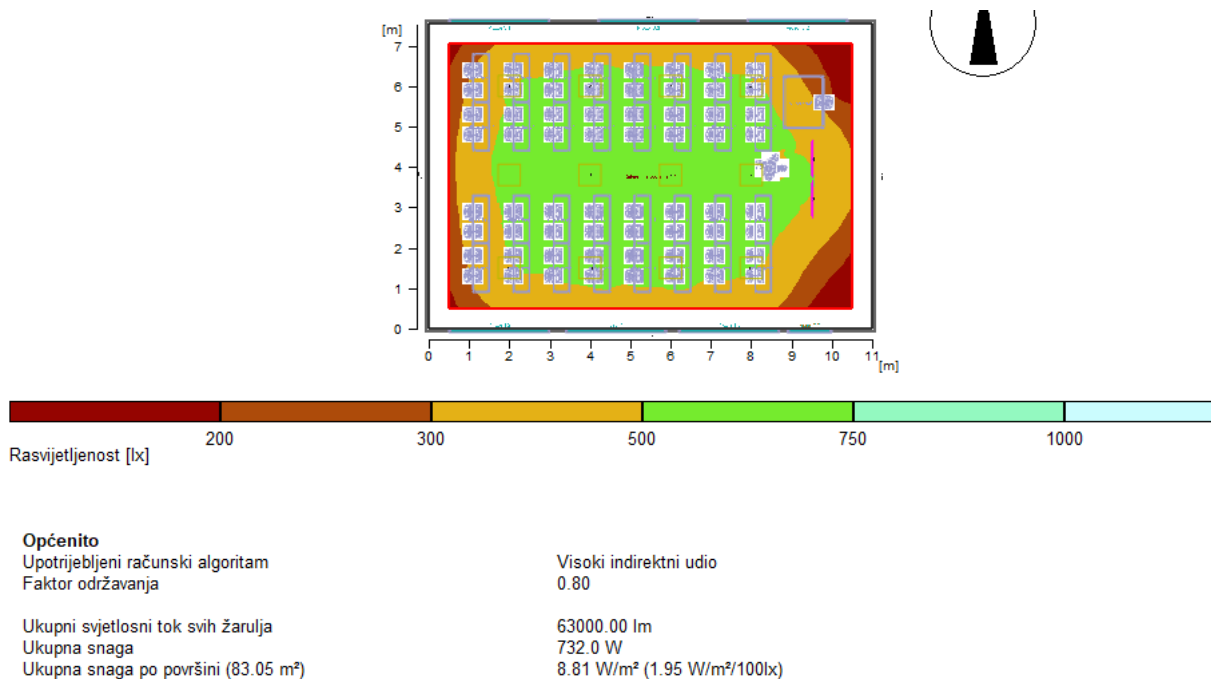
Predavaonica 111 se nalazi u prizemlju zgrade fakulteta. Duljina predavaonice iznosi 10 m, širina iznosi 6,55 m, a visina stropa iznosi 2,9 m. Na slici 44. je prikazan 3D prikaz predavaonice 111, nacrtan u programskom paketu "Relux".



Slika 44. 3D prikaz predavaonice 11

### 3.11.1. Proračun postojećeg stanja predavaonice 111

U predavaonici 111 se nalaze dvije vrste svjetiljki. Jedna vrsta služi za osvjetljenje ploče, a druga vrsta za opću rasvjetu. Iznad ploče se nalaze dvije fluorescentne cijevi marke "Philips", snage 30 W. Svjetiljke opće rasvjete su ugrađene u strop, također marke "Philips", pojedinačne snage 14 W, a ukupne 56 W. Na slici 45. su prikazani rezultati proračuna postojećeg stanja osvjetljenosti predavaonice 111.



Slika 45. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 111

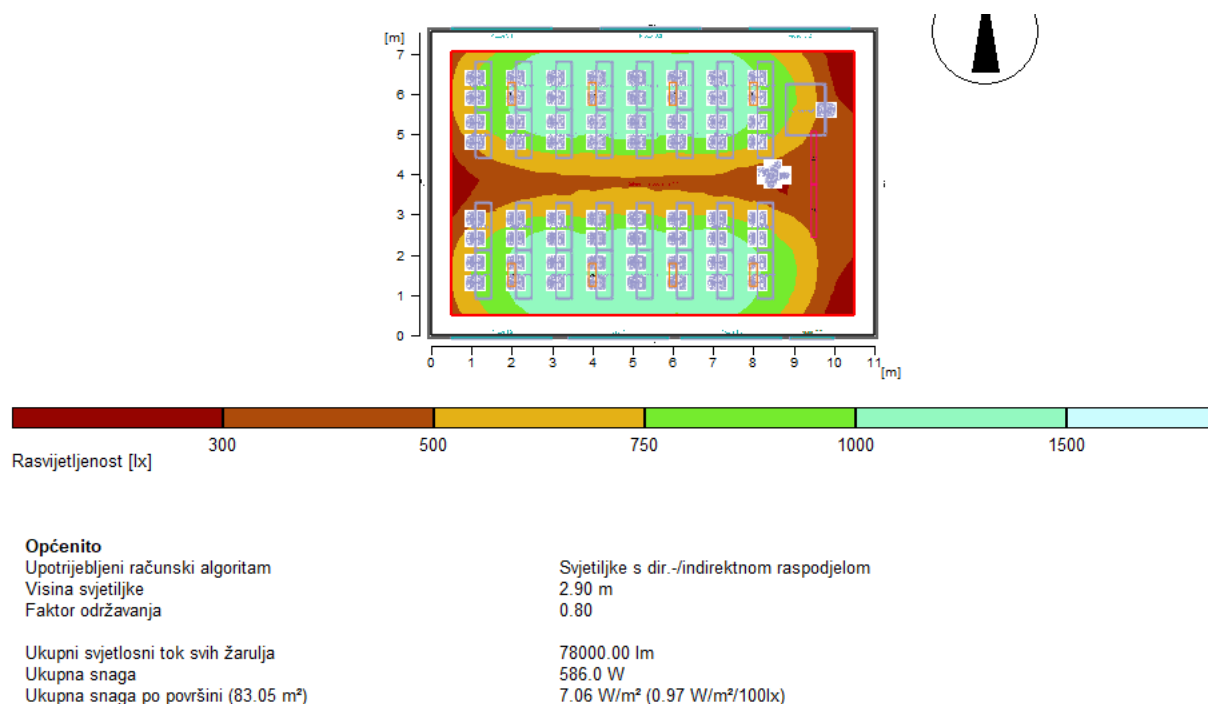
Rasvjetljenost veće površine predavaonice 111 iznosi oko 700 lx, bliže zidovima nešto manje, a u kutovima manje od 300 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 452 lx, što znači da je rasvjetljenost predavaonice zadovoljavajuća. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 26.

Tablica 26. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 111

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	63 000 lm
Ukupna snaga	732 W
Ukupna snaga po površini	8,81 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	452 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	156 lx

### 3.11.2. Prijedlog novo projektiranog stanja predavaonice 111

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki je LED rasvjeta. Korištene svjetiljke za rasvjetu su prethodno opisane. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja su prikazani na slici 46.



Slika 46. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 111

Rasvjetljenost veće površine predavaonice 111 iznosi oko 900 lx, bliže sredini predavaonice nešto manje, a u kutovima manje od 500 lx. Prosječno osvjetljenje predavaonice iznosi 728 lx,

što znači da je rasvijetljenost predavaonice skoro dva puta veća nego rasvijetljenost postojećeg stanja. Rezultati proračuna su prikazani u tablici 27.

Tablica 27. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 111

Faktor održavanja	0,8
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	78 000 lm
Ukupna snaga	586 W
Ukupna snaga po površini	7,06 W/m <sup>2</sup>
Prosječno osvjetljenje [ $E_{avg}$ ]	728 lx
Minimalno osvjetljenje [ $E_{min}$ ]	242 lx



#### 4. PRORAČUN UŠTEDA

Prijedlog zamjene fluorescentnih svjetiljki LED rasvjetom je prihvatljiv iz više razloga. Bolja rasvijetljenost predavaonica, energetske prihvatljivije svjetiljke, manja potrošnja električne energije i mogućnost podešavanja željene rasvijetljenosti (dimabilnost) glavni su razlozi prijedloga zamjene fluorescentnih svjetiljki LED svjetiljkama. Odabrane LED svjetiljke, s obzirom da su jedne od najboljih na tržištu, mnogo su skuplje od fluorescentnih. Njihove prednosti su dugotrajnost, manja potrošnja električne energije i povećanje kvalitete radnih uvjeta u učionicama.

Kao što je već navedeno, koriste se dvije vrste LED svjetiljki: svjetiljke za opću rasvjetu te svjetiljke za rasvjetu ploče. U tablici 28. je prikazan ukupan broj potrebnih LED svjetiljki za zamjenu.

Tablica 28. Broj potrebnih LED svjetiljki

Predavaonica	Broj potrebnih svjetiljki	
	Opća rasvjeta	Rasvjeta ploče
101	8	2
102	8	2
103	8	2
104	8	2
105	6	2
106	8	2
107	15	2
108	15	2
109	8	2
110	8	2
111	8	2
Ukupno:	100	22

Iz tablice 28. je vidljivo da je ukupni potreban broj LED svjetiljki za zamjenu 122. Svjetiljki za opću rasvjetu potrebno je 100 komada, a za direktnu rasvjetu ploče 22 komada. Pronađene cijene pojedinih LED svjetiljki, kao i sveukupna cijena zamjene su prikazani u tablici 29.

Tablica 29. Cijena potrebnih LED svjetiljki

Vrsta svjetiljke	Broj komada	Cijena	Ukupno
Philips SM505S LED90S/840 PSD	100	130 €	13 000 €
Philips SP480P LED35S/840 PSD	22	45 €	990 €
<b>UKUPNO:</b>	122		13 990 €

Što se tiče uštede električne energije, iz rezultata proračuna postojećeg i novo projektiranog stanja, vidljivo je da uštede električne energije po predavaonici iznose do 25%. Novo projektirane predavaonice bi imale oko 1600 W manju instaliranu snagu. Instalirana snaga po predavaonicama je prikazana u tablici 30.

Tablica 30. Instalirana snaga predavaonica

Predavaonica	Instalirana snaga	
	Postojeće stanje [W]	Novo projektirano stanje [W]
101	732	586
102	732	586
103	732	586
104	732	586
105	549	452
106	732	586
107	1225	1050
108	1225	1050
109	732	586
110	732	586
111	732	586
Ukupno:	8855	7240
Razlika:	<b>1615 [W]</b>	

Prema kalendaru nastavne aktivnosti, fakultetska ustanova je otvorena kroz 43 radna tjedna (9 tjedana traju godišnji odmori), to jest 215 radnih dana. Od toga, prema nekoj gruboj procjeni, predavaonice rijetko koriste rasvjetu prije 16h i poslije 21h, osim predavaonica 107 i 108 koje uopće nemaju dnevno svjetlo. Procijenjeno je kako svaka predavaonica koristi rasvjetu otprilike 5 sati dnevno. To znači da više od 44 275 Wh električne energije dnevno fakultet troši na rasvjetu ovih predavaonica. Potrošnja električne energije na godišnjoj razini prikazana je jednadžbom (2).

$$X = 44\,275 * 215 = 9\,519\,125 \text{ [Wh]} = 9\,519 \text{ [kWh]} \quad (2)$$

Zamjenom postojeće rasvjete LED rasvjetom, godišnje bi se trošilo manje električne energije, što je prikazano jednadžbom (3).

$$Y = 36\,200 * 215 = 7\,783\,000 \text{ [Wh]} = 7\,783 \text{ [kWh]} \quad (3)$$

Iz gornjih jednadžbi je vidljivo da bi se godišnje trošilo oko 1 736 125 [Wh] manje električne energije za rasvjetu predavaonica. Kako je zajamčeni životni vijek LED svjetiljki oko 10 godina (zbog korištenja istih najmanje 5h dnevno), jednostavno se dolazi do izračuna uštede električne energije kroz isti period.

$$Z = 10 g * 1 736 125 = 17 361 250 [Wh] = 17 361 [kWh] \quad (4)$$

Dakle, za vremenski period od 10 godina, koristeći LED rasvjetu, fakultet bi uštedio oko 17,4 [MWh] električne energije. Upoznati cijenom električne energije (80 lipa po kWh) zaključuje se da zamjena LED svjetiljkama nije financijski isplativa u ovom trenutku, s obzirom da bi ostvarena ušteda u navedenom periodu bila oko 14 000 kn, odnosno preko 40 000 kn, ako bi se svjetiljke koristile na nivou trenutne rasvijetljenosti.

Trebalo bi pričekati pad cijene LED svjetiljki, financijski poticaj, ili sredstva iz EU fondova prije ulaganja u odabranu najbolju tehnologiju. Naime, trenutna osvjetljenost predavaonica ne zadovoljava nove standarde od 500 lx na radnim površinama pa je nužno ili ići u zamjenu postojećih svjetiljki ili povećati broj postojećih svjetiljki, odnosno približno ih udvostručiti.

## 5. ZAKLJUČAK

Postupni prelazak na LED tehnologiju je obuhvatio mnoge grane industrije i kućanstava. Ušteda električne energije, energetski učinkovitiji proizvodi, veća dugotrajnost proizvoda, natjerali su potrošače na kupnju i korištenje LED tehnologije. Zamjenom starih fluorescentnih svjetiljki u zgradi fakulteta, dobila bi se 60% bolja osvijetljenost predavaonica, troškovi zamjene i održavanja bi bili smanjeni te bi se ostvarila velika ušteda električne energije kroz određeni vremenski period.

Što se tiče isplativosti, projekt je trenutno financijski neisplativ zbog jako visokih cijena odabranih LED svjetiljki. U projektu su korištene trenutno najkvalitetnije i najskuplje LED svjetiljke na tržištu, no svjetiljke su dimabilne, što ostavlja prostor za dodatnu mogućnost uštede električne energije. Podešavanjem jakosti rasvjete, tj. smanjenjem snaga pojedinih svjetiljki, može se uštedjeti još i više električne energije od prethodno izračunate uštede, koja podrazumijeva ostvarenih cca 900 lx visini radnih površina, odnosno stolova. Primjerice, rasvijetljenost unutrašnjosti predavaonica od 600 lx na visini radnih površina bila bi porast od 50% u odnosu na postojeće stanje, a pritom bi zadovoljila najstrože svjetlotehničke kriterije.

Općenito, LED tehnologija je tehnologija budućnosti koja će se sve više koristiti idućih godina i postupni prelazak na LED tehnologiju svakako slijedi kroz bližu budućnost.

## LITERATURA

[1] Krčum P., Električna rasvjeta - skripta, Split, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za stručne studije Split, 2013.

[2] <https://www.lighting.philips.com/main/home> (6.9.2019.)

[3] <https://www.oss.unist.hr/odjel/kazalo-učionica> (24.9.2019.)

## POPIS SLIKA

Slika 1. Ilustracija jakosti svjetla.....	5
Slika 2. Ilustracija osvijetljenja .....	5
Slika 3. Ilustracija sjajnosti .....	6
Slika 4. Pravilan razmještaj rasvjetne armature .....	9
Slika 5. Asimetrično postavljanje armatura s fluorescentnim cijevima u učionici .....	10
Slika 6. Refleksno bliještanje dnevne svjetlosti .....	11
Slika 7. Određivanje položaja dodatnih armatura za rasvjetu školske ploče .....	11
Slika 8. Ispravan položaj armatura .....	12
Slika 9. Dvije armature razmaknute za polovinu širine ploče.....	12
Slika 10. Armatura s fluorescentnim cijevima za rasvjetu ploče .....	13
Slika 11. Bokocrt amfiteatra.....	13
Slika 12. Rasvjeta katedre .....	14
Slika 13. Tlocrt prizemlja zgrade sveučilišnog odjela .....	15
Slika 14. 3D prikaz predavaonice 101.....	18
Slika 15. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 101.....	19
Slika 16. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 101 .....	20
Slika 17. 3D prikaz predavaonice 102.....	21
Slika 18. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 102.....	22
Slika 19. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 102 .....	23
Slika 20. 3D prikaz predavaonice 103.....	24
Slika 21. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 103.....	25
Slika 22. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 101 .....	26
Slika 23. 3D prikaz predavaonice 104.....	27
Slika 24. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 103.....	28
Slika 25. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 101 .....	29
Slika 26. 3D prikaz predavaonice 105.....	30
Slika 27. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 105.....	31
Slika 28. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 105 .....	32
Slika 29. 3D prikaz predavaonice 106.....	33
Slika 30. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 106.....	34
Slika 31. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 106 .....	35

Slika 32. 3D prikaz predavaonice 107.....	36
Slika 33. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 107.....	37
Slika 34. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 107 .....	38
Slika 35. 3D prikaz predavaonice 108.....	39
Slika 36. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 108.....	40
Slika 37. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 101 .....	41
Slika 38. 3D prikaz predavaonice 109.....	42
Slika 39. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 109.....	43
Slika 40. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 109 .....	44
Slika 41. 3D prikaz predavaonice 110.....	45
Slika 42. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 110.....	46
Slika 43. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 110 .....	47
Slika 44. 3D prikaz predavaonice 111.....	48
Slika 45. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 111.....	49
Slika 46. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 111 .....	50



## POPIS TABLICA

Tablica 1. Veze osnovnih svjetlotehničkih veličina .....	6
Tablica 2. Specifikacije svjetiljke za rasvjetu ploče.....	16
Tablica 3. Specifikacija svjetiljke za opću rasvjetu .....	16
Tablica 4. Specifikacije LED svjetiljke za rasvjetu ploče.....	17
Tablica 5. Specifikacije LED svjetiljke za opću rasvjetu.....	17
Tablica 6. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 101 .....	19
Tablica 7. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 101 .....	21
Tablica 8. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 102.....	23
Tablica 9. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 102 .....	24
Tablica 10. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 103 .....	25
Tablica 11. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 101 .....	27
Tablica 12. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 104.....	29
Tablica 13. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 104 .....	30
Tablica 14. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 105.....	32
Tablica 15. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 105 .....	33
Tablica 16. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 106.....	35
Tablica 17. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 106 .....	36
Tablica 18. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 107.....	38
Tablica 19. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 107 .....	39
Tablica 20. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 108.....	41
Tablica 21. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 108 .....	42
Tablica 22. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 109.....	44
Tablica 23. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 109 .....	45
Tablica 24. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 110.....	47
Tablica 25. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 110 .....	48
Tablica 26. Rezultati proračuna postojećeg stanja predavaonice 111 .....	50
Tablica 27. Rezultati proračuna novo projektiranog stanja predavaonice 111 .....	51
Tablica 28. Broj potrebnih LED svjetiljki.....	52
Tablica 29. Cijena potrebnih LED svjetiljki .....	53
Tablica 30. Potrošnja električne energije po predavaonicama.....	54