

Na osnovu ovoga troškovi rekonstrukcije iznose:

- | | |
|---|----------|
| 1. Rekonstrukcija podstanica: (<i>tabela 1</i>) | |
| 2. Rekonstrukcija Kotla: | 7500 € |
| 3. Nabavka novog Kotla 3,5 MW: | 60 000 € |

Što ukupno iznosi: $1 + 2 + 3 =$
 $372\ 000 + 7500 + 60\ 000 = 439\ 500$ €

Zaključak

Na osnovu analize rada sistema daljinskog grejanja u Petrovcu konstatovan je niz nedostataka, što ima za posledicu nedovoljno grejanje pojedinih potrošača, tj. nisku energetsku efikasnost sistema DG.

U cilju sanacije postojećeg stanja predlaže se rekonstrukcija postojećih podstanica, tj. sistema DG tako da se umesto sadašnjeg direktnog koristi indirektni sistem grejanja, koji je danas najviše u upotrebi u zemljama EU. Sa ovom rekonstrukcijom ostvarila bi se bolja regulacija sistema DG, a samim tim i poboljšala energetska efikasnost. Pored toga, ovaj sistem omogućava nesmetano proširenje toplovodne mreže i priključenje novih potrošača, što sa postojećim direktnim sistemom nije moguće.

Predračunska vrednost ove rekonstrukcije, koja obuhvata 40 podstanica indirektnog tipa, kao i rekonstrukciju jednog postojećeg i nabavku jednog novog kotla kapaciteta 3,5MW iznosi oko 440 000 €.

Kada je reč o povećanju ukupne energetske efikasnosti sistema DG važno je istaći da je od primarne važnosti da pored efikasnog sistema DG i objekti koji se greju imaju odgovarajuću termoizolaciju. Samo na ovaj način, tj. poboljšanjem ukupne efikasnosti celokupnog sistema grejanja, počev od toplane pa sve do krajnjeg potrošača, moguće.

Dušan Gordić, Milun Babić, Dubravka Jelić, Davor Končalović

Mašinski Fakultet Kragujevac, Kragujevac

UDC: 621.316.17 : 629.3.08].003.1

Uštede električne energije u sistemima rasvete industrijskog osvetljenja

Rezime

Danas industrijska postrojenja predstavljaju značajne potrošače električne energije. Iako se najveći deo električne energije koristi za obavljanje industrijskih procesa, značajan deo troškova električne energije vezan je i za sisteme rasvete industrijskog osvetljenja. Pažljivim izborom odgovarajućih sijalica i prateće opreme koja ide uz njih, i uz dodatne mere predložene u ovom radu, potrošnja električne energije koja se koristi za osvetljenje se može smanjiti za 40% - 65%. U ovom radu su prikazani načini uštede energije, programi za održavanje, kontrolu i inspekciju sistema rasvete u sistemima rasvete industrijskog osvetljenja i analizirana je efikasnost sistema osvetljenja fabrike „Zastava automobili“.

Ključne reči: energetska efikasnost, industrijsko osvetljenje.

Energy savings in an industrial lighting system

Key words: energy efficiency, industrial lighting.

Uvod

U današnjoj ekonomiji, okrenutoj tržištu sa sve jačom konkurenjom, svi se bore da pređu na tehnologije ili primenjuju mere koje će rezultirati smanjenjem troškova i pozitivnim uticajem na životnu sredinu. Jedan od pokretačkih procesa za uspostavljanje kontrole nad tokovima energije u nekom objektu je naravno smanjenje energetskih troškova.

S obzirom da svi objekti koriste veštačko osvetljenje mogućnosti za uštede u sistemu osvetljenja su veoma česte a period povraćaja početne investicije relativno malo. Ono što sisteme rasvete čini pogodnim za energetsko bilansiranje je što se uvođenjem modifikacija smanjuju energetski i finansijski troškovi ali se sa druge strane, zahvaljujući napretku u izradi komponenata sistema rasvete, u mnogome povećavaju osvetljenost radnog prostora i produktivnost zaposlenih. Još jedna prednost uvođenja izmena je ta što one najčešće ne izazivaju skoro nikakve probleme pri izvođenju odnosno montiranju. Kada je reč o komercijalnim objektima ovakve

izmene su dodatno opravdane s obzirom da je kod njih udeo sistema rasvete u računu za električnu energiju od 30% pa i do 70%. Kod industrijskih objekata taj procenat je nešto manji i iznosi od 5% do 25% ali je takođe opravdana mera uštede energije i novca a naročito ako se ima u vidu jednostavnost unošenja izmena [1].

Ukoliko se mere uštede u sistemima rasvete postave kao početna tačka u energetskoj reviziji, one mogu da privuku pažnju i učešće poslodavca, odnosno menadžmenta, pošto svako ima mišljenje o nivou osvetljenja prostorije. Izmene u sistemu rasvete mogu da predstavljaju „win-win“ situaciju za vlasnike i zaposlene pošto bolja osvetljenost radnog prostora utiče na poboljšanje radnog moralu, bezbednost i produktivnost pri čemu će troškovi biti značajno smanjeni.

Industrijsko osvetljenje

Da bi prikazali stvarnu ocenu sistema električnog osvetljenja, energetski revizori moraju da sakupe sledeće podatke: kakva je potreba za osvetljenjem odnosno namena objekta,

Tabela 1 Preporučene vrednosti osvetljenja u fabrikama i kancelarijama

Osvetljenost (lux)	Objekat	Osvetljenost (lux)	Objekat
<i>Fabrike</i>		<i>Kancelarije</i>	
20-75	požarna stepeništa, skladišta	75-100	požarna stepeništa
75-150	ulazni/izlazni prolazi	100-200	stepeništa
150-300	linije za pakovanje	200-750	kongresne sale
300-750	proizvodnja	750-1500	opšti poslovi
750-1500	kontrola	1500-2000	ertanje, daktilografska služba
1500-3000	sklapanje elektronike, ertanje		

Tabela 2 Pregled efikasnosti osnovnih tipova sijalica

Svetlosni izvori	Svetlosna efikasnost (lm/W)	Vek trajanja sijalice (h)
Sijalice sa užarenim vlaknom	8-16	1000
Tungsten halogene sijalice	12-26	2000-4000
Fluorescentne sijalice	45-100	4000-15000
Sijalice sa živinom parom	36-60	6000-8000
Sijalice sa halogenim metalima	70-98	5600-6500
Natrijumove sijalice pod visokim pritiskom	65-140	10000-15000
Natrijumove sijalice pod niskim pritiskom	100-198	12000-20000

časovi/dani kada se osvetljenje zahteva, nivo osvetljenja, tipove električnih sijalica, starost električnih sijalica, starost električne instalacije, okolni radni uslovi (na primer, izlaganje prašini, temperatura vazduha, itd.), karakteristike površina prostorija, vrste balasta, stanje ostalih komponenti sistema rasvete (difuzori, lampe, prekidači, itd.) i mogućnost zamene sijalica. Nakon prikupljanja ovih podataka sledeći korak je analiza postojećeg sistema rasvete i predlaganje mera u cilju njegove optimizacije i povećanja energetske efikasnosti.

Da bi se ovo prikupljanje podataka sistematsivo predložena su sledeća tri koraka u racionalnom gazdovanju svetlosnom energijom [2]:

- odrediti neophodnu količinu i kvalitet osvetljenja da bi ispunili potrebnu vidljivost,
- povećati efikasnost svetlosnih izvora i
- optimizovati kontrolu osvetljenja.

Pri projektovanju odnosno unošenju izmena u sistemima rasvete treba voditi računa o: (1) potreboj količini svetlosti koja zavisi od jačine svetlosnog izvora i osvetljenosti površine i (2) kvalitetu svetlosti, koji se ogleda u boji svetlosti, odsutnosti ili prisutnosti refleksije koja gledanje čine nejasnjim, ravnomernoj raspodeli svetla i količinom blještanja svetlosnog izvora u okviru njegovog uticaja.

Određivanje potrebne količine svetlosti za određeni proces je prvi korak pri

modifikaciji osvetljenja. Često se on previdi zato što menadžeri zaduženi za pitanja energije pokušavaju da imitiraju osvetljenje postojećih sistema, iako je ono prekomerno. Godinama sistemi rasvete su projektovani sa uverenjem da nijedan prostor ne može biti prekomerno osvetljen. Međutim ako je na primer, osvetljenje okolnog prostora prekomerno (1500 lux) ljudsko oko će se prilagoditi tome i prihvati ga kao normalno, ali kada radnik želi da se fokusira na neki predmet zahtevaće dopunsko osvetljenja (2000 lux). Između 1972. i 1987. godine, nivoi osvetljenosti su smanjeni za 15% u bolnicama, 17% u školama, 21% u kancelarijama, 34% u prodavnicama [1]. Rekonstrukcijom sistema rasvete ostvaruju se značajne uštade, a ujedno se dobija i odgovarajući nivo osvetljenja (tabela 1) kao i mogućnost poboljšanja kvaliteta osvetljenja jer prekomerno osvetljenje nije samo rasipanje energije, već smanjuje i vizuelnu udobnost okruženja i snižava produktivnost zaposlenog.

Razgovori sa menadžerima i radnicima pomažu energetskim revizorima da procene kad treba izvršiti zamenu električnih sijalica i kako održavati sisteme električnog osvetljenja, odrediti probleme koji se javljaju pri električnom osvetljenju, utvrditi odgovarajuće nivo osvetljenja koji najviše odgovaraju zaposlenima, odrediti kada je to osvetljenje potrebno i izračunati moguće uštade u ceni. Prvo

pitanje koje se postavlja je – Da li ste zadovoljni sa vašim osvetljenjem? Glavne modifikacije kao što su zamena električnih sijalica i promena boje osvetljenja (kvaliteta osvetljenja) utiču na svakog u radnom okruženju, tako da mišljenja svih učesnika treba uzeti u obzir.

Povećanje efikasnosti svetlosnog izvora sistema rasvete podrazumeva zamenu sijalica, balasta i svetiljki, odnosno dobijanje više lumena po vatru (tabela 2). Na primer, povećanje efikasnosti se postiže postavljanjem T8 fluorescentne cevi sa elektronskim balastom, umesto T12 fluo cevi sa magnetnim balastom. Drugo poboljšanje koje bi povećalo efikasnost svetlosnog izvora, bilo bi poboljšanje efikasnosti svetiljke ugradnjom reflektora i efikasnijih sočiva. Ova poboljšanja povećaće odnos lm/W, zato što se uz pomoć reflektora i boljih sočiva dobija veća osvetljenost, dok potrošnja ostaje približno konstantna.

Radno osvetljenje podrazumeva sistem rasvete koji će obezbediti odgovarajuće osvetljenje za svaki radni proces. Poboljšanje radnog osvetljenje obuhvata poboljšanje efikasnosti osvetljenja u radnom prostoru zamenom ili premeštanjem ranije spomenutih komponenti sistema rasvete. Obično, ovo rezultira smanjenjem osvetljenja celog prostora, dok se održava ili povećava nivo osvetljenja na konkretnom delu prostora gde se radni proces odvija.

Treći korak u racionalnom gazdovanju svetlosnom energijom je optimizacija kontrole sistemima rasvete. Kao što je navedeno, povećanjem efikasnosti sistema rasvete može se uštedeti izvesna količina električne energije tj. smanjiti njena potrošnja za vreme funkcionsanja sistema. Međutim, sofisticirane upravljačke jedinice mogu isključiti ceo ili deo sistema rasvete kad on nije potreban i na taj način ostvariti velike uštade energije. Institut za istraživanja električne energije (EPRI) je izneo podatke da su prosečne kancelarije zauzete samo 60% do 75% vremena iako su svetla uključena najčešće puno radno vreme [4]. Svetlosne upravljačke jedinice sadrže prekidače, satne mehanizme, senzore (pokazivače) prisutnosti i druge uređaje uz pomoć kojih se regulišu sistemi rasvete.

Analiza stanja u fabrič „Zastava automobili“

Poštujuci predloženu metodologiju, izvršena je inspekcija sistema rasvete i merenje osvetljennosti luksmetrom (slika 1) u sektoru Termičke obrade (TERKO) fabrike „Zastava automobili“.

Slika 1 Merenje osvetljenosti na radnom mestu u pogonu TERKO



Slika 2 Luksmeter model EA30



Luksmeter kojim je izvršeno merenje je Extech Instruments Easy View Digital Light Meter model EA30 (*slika 2*). Model EA30 ima opseg merenja od 40 lux do 400 klux.

Posete energetskih revizora fabrici i razgovori sa zaposlenima pokazali su sledeće:

- korisnici su nezadovoljni nivoom osvetljenja

Slika 3 Korišćenje dnevnog svetla kroz svetlarnike u sektoru TERKO



- dnevno osvetljenje se koristi upotrebom svetlarnika na tavanici i visoko na zidovima (*slika 3*)

- za električno osvetljenje koriste se živine (HID) sijalice i fluo cevi (*slika 4*)

- kontrola i održavanje sistema rasvete je na niskom nivou

- regulacija sistema rasvete ne postoji Brojna istraživanja u oblasti osvetljenja pokazala su da veštačko kao i prirodno osvetljenje imaju veliki

uticaj na ljudski organizam i mentalno stanje ispitanika. Neosporno je da je raspoloženje bolje kod visokih vrednosti osvetljenosti, a zaposleni su aktivniji, osetljiviji na spoljne uticaje i pažljiviji u poslu, nego u uslovima lošeg osvetljenja kao što je slučaj u sektoru Termičke obrade (TERKO). Na osnovu prikupljenih podataka (*tabela 3*), razgovora sa zaposlenima ali i merenjima koja su obavljena (*slika 4*) može da se izvede zaključak da je radno osvetljenje neadekvatno i nedovoljno.

Što se tiče dnevnog osvetljenja i upotrebe svetlarnika treba ukazati na sledeće činjenice:

- dnevna svetlost ima bolji odnos svetlosti i proizvedene toplote od bilo koje sijalice;
- pravilna upotreba svetlarnika može da zadovolji potrebe osvetljenja a da ne utiče na povećanje potrošnje energije

za grejanje zimi, odnosno hlađenje leti.

Svetlost na otvorenom po vedom i sunčanom danu iznosi oko 60000 lux. Ako uzmemos da je potreba za osvetljenjem industrijskih prostorija oko 500 lux i ako uračunamo gubitke svetlosti zbog refleksije i difuzije oko 40% svetlosti koja prođe kroz svetlarnike dospe u prostoriju, što znači da je dovoljno da oko 2% tavanice bude u svetlarnicima. Ako se uračunaju i svi ostali faktori kao što su: ugao sunčevog zračenja, prljavi svetlarnici, oblačni dani, itd dobija se da je dovoljno da između 10% i 15% tavanice bude u svetlarnicima.

Ono što je uočeno u Zastavi su primeri lošeg održavanja svetlarnika (*slika 6*) kao i potreba korišćenja difuzora zbog bolje raspodele svetlosti (*slika 7*). Glavna uloga difuzora je da ukloni lokalizovana svetla polja na pojedinim mestima jer korisnici uključuju električno osvetljenje da bi to kompenzovali (*slika 8*).

Kada je u pitanju električno osvetljenje zastupljene su dve vrste sijalica: fluo cevi i živine sijalice visokog pritiska duž cele hale (*slika 4*) i fluo cevi kao dopunsko osvetljenje u delovima hale gde se odvija pregled i montaža (*slika 9*), odnosno gde je pojačana potreba za osvetljenjem. Takođe, na pojedinim radnim mašinama se nalaze takozvane „brodske lampe“ (*slika 10*).

Dva najčešća razloga zašto se električna energija prekomerno troši su: ukupni prekomerni nivo osvetljenja i neuspeli pokušaj da se pronađe odgovarajući oblik rasvete u određenim uslovima. Ovaj drugi razlog prekomerne potrošnje

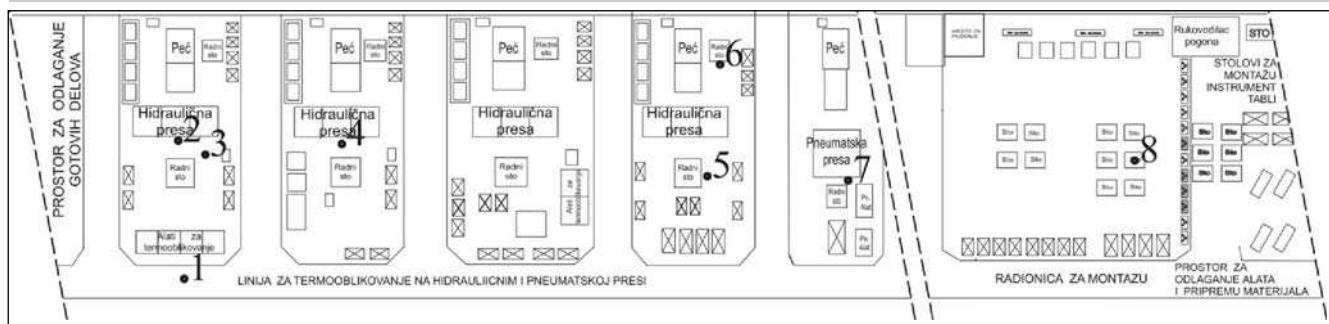
Tabela 3 Vrste i snage instaliranih svetlosnih izvora u Termičkoj obradi

Tip sijalice	Snaga sijalice (W)	Broj instaliranih sijalica
Fluo cev	40	611
Fluo cev	65	12
Živa visokog pritiska	400	35

Slika 4 Prikaz živinih sijalica i fluo cevi u sistemu rasvete sektora TERKO



Slika 5 Šematski prikaz mernih mesta u pogonu TERKO



Slika 6 Primer lošeg održavanja – oštećen svetlarnik



Slika 7 Pojava lokalizovanih svetlih polja



Tabela 4 Opis mernih mesta u Termičkoj obradi

Merno mesto	Osvetljenost (lux)	Opis mernog mesta	Opis osvetljenja
1	417	prolaz za transport neposredno uz unutrašnji zid hale	deo hale direktno dnevnom svetlošću kroz svetlarnike
2	296	radno mesto 1 – hidraulična presa	radna mašina sa isključenim dopunskim osvetljenjem
3	223	neposredno u blizini radnog mesta 1	
4	358	radno mesto 2 – hidraulična presa	radna mašina sa uključenim dopunskim osvetljenjem (brodskla lampa)
5	586	radno mesto 3 – radni sto za montažu	radno mesto je direktno obasjano dnevnom svetlošću
6	316	radno mesto 4	osvetljeno živinom sijalicom i nedovoljnom dnevnom svetlošću
7	194	radno mesto 5	fluo cev je osnovno osvetljenje, postavljena previsoko
8	977	radno mesto 6 – radni sto za kontrolu	dodatno osvetljen fluo cevima

struje je slučaj sa kojim smo se mi susreli. Ono što je uočeno analizom rezultata merenja datih u tabeli 4 je nedovoljna i neravnomerma raspodela osvetljenosti u celoj hali. Posebno je bitno istaći da su radna mesta nedovoljno i neravnomerno osvetljena.

Fluo cevi su najrasprostranjениji izvor svetlosti s obzirom da se 70 % celokupnog veštačkog osvetljenja na

svetu postiže pomoću njih. Za to je pre svega zaslužan njihov dug radni vek od oko 12000 sati i njihova velika ekonomičnost. Glavna problem sa fluo cevima koje se koriste kao osnovno osvetljenje u pogonu TERKO je taj što su postavljene previsoko.

Živine sijalice imaju nižu efikasnost u odnosu na ostale tipove sijalica na pražnjenje, i u mnogim industrijskim

postrojenjima izlaze iz upotrebe. One obezbeđuju snage od 40 W do 1000 W, a tipična efikasnost ovih sijalica je od 30 lm/W do 63 lm/W [5].

Pažljivim izborom odgovarajućih HID sijalica i prateće opreme koja ide uz njih može se smanjiti potrošnja električne energije za 40% - 65%. Modifikacija sistema rasvete sa sijalicama na pražnjenje velike efikasnosti je ekonomičnija u slučajevima gde može da se zamene živine sijalice metalhalogenim ili natrijumskim sijalicama.

Za svaki tip i svaku veličinu sijalica na pražnjenje potreban je različit balast. Zamena živinih sijalica natrijumskim sijalicama visokog pritiska i metalhalogenim sijalicama je veoma skupa. Da bi se ovo rešilo, razvijeni su neki modeli metalhalogenih i natrijumskih sijalica, koji mogu zameniti živine sijalice bez promene balasta. Ove sijalice imaju veću efikasnost od živinih sijalica, ali ne i od standardnih metalhalogenih i natrijumskih sijalica visokog pritiska. Generalno, ova zamena nije ekonomična ako se zasniva samo na uštedi električne energije jer se zamjenom živinih sijalica novim HID sijalicama, u stvari uglavnom ostvaruje veći svetlosni izlaz za istu ulaznu snagu a ređe se zamena radi tako da nova sijalica bude manje ulazne snage, pa je maksimalna ušteda od 5% do 20% od

Slika 8 Upotreba veštačkog osvetljenja da bi se kompenzovala pojava lokalizovanih svetlih polja kroz svetlarnike



Slika 10 „Brodska lampa“ koja se koristi kao dodatno osvetljenje na samoj radnoj mašini



Slika 11 Primer lošeg održavanja fluo cevi u Termičkoj obradi



Slika 9 Prikaz radnog mesta u TERK-u na kome se fluo cevi koriste kao dopunsko osvetljenje



električne energije koja se koristi za osvetljenje [1].

U novijim slučajevima, zamena sijalica na pražnjenje fluo cevima može rezultovati većom efikasnošću nego upotreba sijalica na pražnjenje poboljšanog kvaliteta.

Sledeće situacije često favorizuju osvetljenje fluo cevima, koje istovremeno proizvode i dovoljnu uštedu električne energije:

- *Prostor, ili delovi prostora koji se neredovno koriste.* Sijalicama na pražnjenje treba više vremena za zagrevanje u hladnjim prostorijama, ili prilikom restartovanja kada su vruće, što znači da nisu predviđene za česte prekide u radu.

- *Kvalitet osvetljenja je važan.* Iako se sijalice na pražnjenje sve više približavaju fluo cevima što se tiče kvaliteta osvetljenja, fluo cevi su i dalje

znatno efikasnije i imaju bolji kvalitet osvetljenja.

- *Sijalice na pražnjenje daju preveliki svetlosni izlaz kada treba da ostvare efikasniju distribuciju svetlosti.* Sijalice na pražnjenje osvetljavaju veće prostorije. Jedna HID sijalica odgovarajuće snage osvetljava prostor od približno 20 m^2 dok fluo sijalica efikasno osvetljava prostor od približno 1 m^2 .

Efikasnost sistema rasvete zavisi od pravilnog izbora svetlosnih izvora, balasta (prigušnica) i svetiljki, ali i od načina održavanja tog sistema.

Održavanje sistema električnog osvetljenja obuhvata i čišćenje i povremenu zamenu sijalica i balasta (slika 11).

Učinak sočiva, difuzora, i reflektora kao i svetlarnika zavisi od okolnih faktora kao što su nagomilana prljavština, oksidacija, vandalizam i degradacija usled izloženosti ultraljubičastom svetlosnom zračenju. Sijalice, instalacije, reflektori, sočiva i difuzori skupljaju prašinu i insekte. Skupljanje prasine na uređajima za osvetljenje i na površinama koje su u njihovoј blizini smanjuju iskorišćenje osvetljenja za oko 40% i povećava proizvodnju toplove [3]. Povremeno čišćenje svetlosnih instalacija ima za rezultat njihovo očuvanje i ravnomerniju raspodelu nivoa osvetljenja.

Opadanje vrednosti svetlosnog fluksa električne sijalice javlja se zbog toga,

energija

što se sa starenjem njene sposobnosti smanjuju. Na primer, ako se sistem rasvete sa fluorescentnim sijalicama uključuje i isključuje svakog minuta, sijalica i balast neće raditi dugo. Gubitak svetlosti, izazvan opadanjem vrednosti jačine svetlosnog fluksa sijalice može se povratiti zamenom sijalice.

Još jedna od mera koja se predlaže je bojenje u belo zidova i tavanica. Ovo je mera koja sama po sebi ne donosi uštedu energije ali ako se smanji snaga postojećih električnih izvora ili se neki potpuno isključe onda ova mera može da donesi i od 30% do 50% uštede električne struje koja se koristi za osvetljenje. Mada, treba napomenuti da učinak ove mere mnogo zavisi od toga kakve su bile boje površine ranije. S obzirom da su se ranije industrijski objekti svrstavali u objekte koji se lako i brzo prljaju nisu se koristile svetle boje za zidove i tavanice, pa je to slučaj i u hali koja je bila predmet razmatranja. Savremene tendencije su da se krećenje u belo uvede u program redovnog održavanja u cilju sto bolje iskorišćenosti svetlosnih izvora, pa se preporučuju i svetli podovi od novih materijala pogodnih za redovno i lako čišćenje.

Zaključak

Nakon razmatranja dobijenih rezultata merenja i nezadovoljstva korisnika kvalitetom osvetljenja a s obzirom na veličinu objekta naša preporuka je zamena živih sijalica metalhalogenim odnosno natrijumskim sijalicama na pražnjenje. Što se tiče fluo cevi preporuka je spuštanje fluo cevi sa tavanice, bolje održavanje i planska zamena sijalica.

S obzirom na ranije pobrojane i predložene mere, u okviru redovnog održavanja, predlažemo redovno čišćenje svetlosnih instalacija, bojenje zidova i tavanice u belo i njihovo redovno održavanje i čišćenje.

Posebno se preporučuje postavljanje upravljačkih jedinice koje sadrže prekidače, satne mehanizme, senzore (pokazivače) prisutnosti i druge uređaje uz pomoć kojih se regulišu sistemi rasvete.

Industrial Engineering and Management Oklahoma State University, THE FAIRMONT PRESS, INC. Libum, Georgia, MARCEL DEKKER, INC. New York and Basel, 2005.

[3] Wood Damon, *Lighting Upgrades, A Guide for Facility Managers*, THE FAIRMONT PRESS, INC. Libum, Georgia, MARCEL DEKKER, INC. New York and Basel, 2004.

[4] Gutes Licht (FGL)
Fördergemeinschaft, *Information on Lighting Applications, Lighting with Artificial Light*

[5] Thumann Albert, *Plant Engineers and Managers Guide to Energy Conservation*, THE FAIRMONT PRESS, INC. Libum, Georgia, MARCEL DEKKER, INC. New York and Basel, 2002.

Literatura

[1] Wulfinghoff R. Donald, *Energy Efficiency Manual*, ENERGY INSTITUTE PRESS Wheaton, Maryland U.S.A., 1999.

[2] Turner C. Wayne, *Energy Management Handbook*, School of