

# Primjena pametnih instalacija u javnim zgradama

---

Mesić, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:127030>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-28**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH  
TEHNOLOGIJA OSIJEK**

**Sveučilišni studij**

**Primjena pametnih instalacija u javnim zgradama**

**Završni rad**

**Josip Mesić**

**Osijek, 2019.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 16.09.2019.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Josip Mesić
<b>Studij, smjer:</b>	Prediplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	4147b, 26.09.2018.
<b>OIB studenta:</b>	68832012639
<b>Mentor:</b>	Izv. prof. dr.sc. Zvonimir Klaić
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Primjena pametnih instalacija u javnim zgradama
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Predložena ocjena završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	16.09.2019.
<b>Datum potvrde ocjene Odbora:</b>	25.09.2019.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:



**FERIT**

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

## IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 02.10.2019.

Ime i prezime studenta:

Josip Mesić

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Mat. br. studenta, godina upisa:

4147b, 26.09.2018.

Ephorus podudaranje [%]:

8

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Primjena pametnih instalacija u javnim zgradama**

izrađen pod vodstvom mentora Izv. prof. dr.sc. Zvonimir Klaić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1. Zadatak završnog rada</b> .....	1
<b>2. ELEKTRIČNE INSTALACIJE</b> .....	2
<b>3. PAMETNE INSTALACIJE</b> .....	3
<b>3.1. Povijest pametnih instalacija</b> .....	3
<b>3.2. Što su pametne instalacije?</b> .....	4
<b>3.3. Komunikacija</b> .....	6
<b>3.4. Topologija</b> .....	7
<b>3.5. Telegram</b> .....	9
<b>3.6. Busni uređaji</b> .....	10
<b>3.7. Instalacije</b> .....	11
<b>4. RASVJETA</b> .....	13
<b>4.1. Svjetlost</b> .....	13
<b>4.2. Umjetna rasvjeta</b> .....	14
<b>4.3. Energetska učinkovitost rasvjete</b> .....	17
<b>4.4. Brojčani pokazatelj energije rasvjete – LENI</b> .....	18
<b>5. PRIMJENA PAMETNIH INSTALACIJA NA PRIMJERU JEDNOG KATA JAVNE ZGRADE</b> .....	21
<b>5.1. Opis projekta</b> .....	21
<b>5.2. Projektiranje pametnih instalacija u programu ETS5</b> .....	21
<b>5.3. Prikaz prostora</b> .....	25
<b>5.4. Proračun rasvjete</b> .....	28
<b>5.4.1. Prvi scenarij</b> .....	35
<b>5.4.2. Drugi scenarij</b> .....	35
<b>5.4.3. Treći scenarij</b> .....	36
<b>5.4.4. Četvrti scenarij</b> .....	37
<b>5.4.5. Peti scenarij</b> .....	37
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	39
<b>7. LITERATURA</b> .....	40
<b>8. SAŽETAK</b> .....	41
<b>9. ŽIVOTOPIS</b> .....	42

# 1. UVOD

U ovom radu obrađivat će se izrada i primjena pametnih instalacija na primjeru jednog kata javne zgrade. Naglasak će biti na energetskej učinkovitosti primjenom pametnih instalacija. Kako u javnim zgradama postoji velika potreba za rasvjetom postoji i puno prostora za unaprjeđenje u području rasvjete s gledišta energetske učinkovitosti. Kroz proračun, prikazat će se razina potrošnje s regulacijom rasvjete i bez nje, pri čemu ne dolazi do narušavanja prostornog ugođaja za krajnjeg korisnika.

Rad se sastoji od teorijske podloge vezane uz električne instalacije, nastanak i razvoj pametnih instalacija i opisa važnijih tema vezanih uz način rada pametnih instalacija. Zatim slijedi pregled vezan uz rasvjetu i energetskej učinkovitost rasvjete te se konačno u zadnjem poglavlju opisuje povezivanje pametnih instalacija s rasvjetom u svrhu povećavanja energetske učinkovitosti zgrade, što je prikazano kroz proračun LENI pokazatelja i izradu projekta u ETS5 programu.

## 1.1. Zadatak završnog rada

Ovim radom želi se kroz prikaz nekoliko scenarija upravljanja rasvjetom pokazati moguće uštede primjenom pametnih instalacija. Nakon pregleda svih scenarija, zadnji i ujedno najbolji scenarij s pogleda energetske učinkovitosti bit će projektiran u ETS5 programu.

## 2. ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Električna instalacija je skup svih vodova, uređaja i opreme niskog napona međusobno spojenih u funkcionalnu cjelinu, s ciljem opskrbljivanja potrošača električnom energijom. U kućanstvima, električna instalacija koristi se uglavnom za napajanje rasvjete i priključak kućanskih aparata. Električni vodovi mogu se postavljati u zidove, podove ili stropove, ispod žbuke ili iznad nje te u posebne cijevi ili kanale. Ovisno o načinu postavljanja voda razlikuju se njegove izvedbe. Instalacije možemo podijeliti na elektroenergetske, gromobranske, telekomunikacijske i signalne. Elektroenergetske instalacije izvode se u svrhu napajanja trošila električnom energijom. Gromobranske instalacije izvode se radi zaštite ljudi, opreme i objekata od atmosferskog pražnjenja. Telekomunikacijske instalacije koriste se za prijenos podataka i komunikaciju. Signalne instalacije služe za vatrodojavne sustave, protuprovalne sustave te razne druge dojavne sustave.

Razvod instalacije postaje složen i skup za projektiranje, postavljanje i održavanje, kada je riječ o većim objektima. Također, u slučaju bilo kakve izmjene funkcionalnosti instalacije potrebno je djelomično ili potpuno izmijeniti postojeću instalaciju, što kao posljedicu dovodi do povećanja troškova i nemogućnosti korištenja objekta za vrijeme izvođenja radova. Kako bi se to izbjeglo osmišljene su pametne instalacije.

### **3. PAMETNE INSTALACIJE**

#### **3.1. Povijest pametnih instalacija**

Prema [1], 1990. godine, 15 poznatih europskih proizvođača električne opreme osnovalo je EIBA (*European Installation Bus Association*) s ciljem stvaranja električnih instalacija povezanih busnim (sabirničkim) uređajima prikladnim za budućnost. Prvi medij za prijenos podataka bila je upletena parica (TP1), koja se još uvijek često koristi. Članovi EIBA-a, 1991. godine dogovorili su se oko korištenja istog standarda te je tako nastao EIB standard. Prva verzija ETS (*Engineering Tool Software*) softvera potrebnog za konfiguriranje EIB uređaja i instalacija, predstavljena je 1993. godine. Kako je postojala potreba da se pametne instalacije uvedu u postojeće instalacije, 1996. godine predstavljen je novi način komunikacije preko postojeće instalacije (*Power Line*), bez potrebe za dodatnim građevinskim radovima. Danas poznata Konnex organizacija (KNX) nastala je 1997. godine udruživanjem tadašnjih europskih organizacija s područja pametnih instalacija (Batibus, EHS i EIB). Novonastala Konnex organizacija koristi KNX standard baziran na EIB standardu. Nakon dužeg perioda istraživanja i unaprjeđivanja, KNX radio frekvencija (KNX RF) postaje dio KNX standarda te se sada uređaji mogu upravljati bežično. Četvrti prijenosni medij – KNX IP koji omogućuje najveću razinu komunikacijskog sustava zgrada, predstavljen je 2007. godine. Trenutno je KNX najistaknutiji sustav upravljanja stambenih i poslovnih objekata.

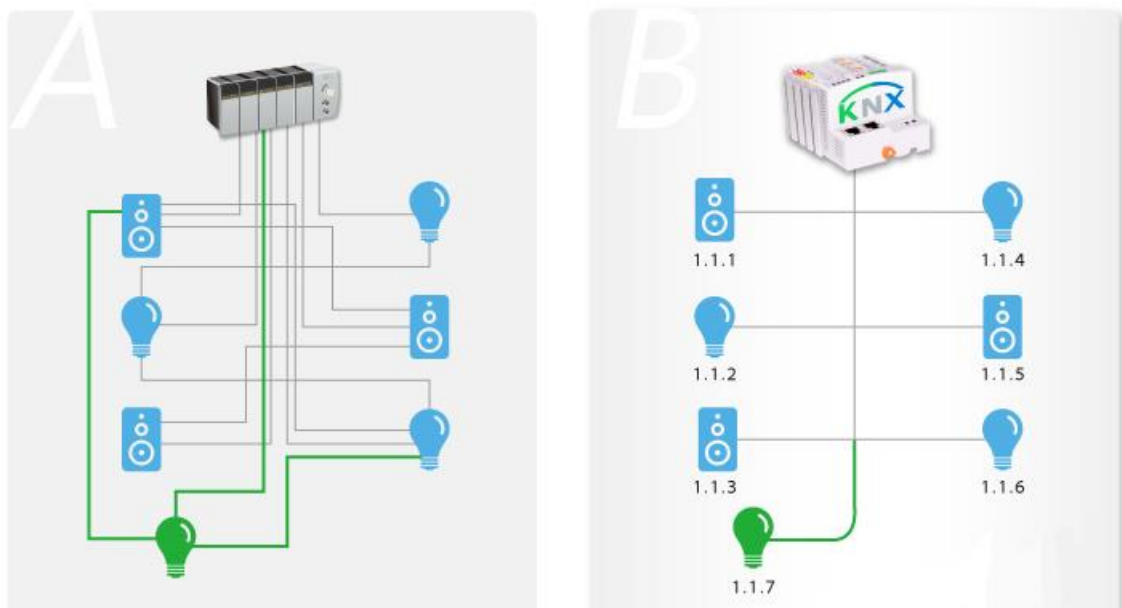


### 3.2. Što su pametne instalacije?

Pojam pametne instalacije (*eng. Smart Installation*) odnosi se na sustav upravljana električnim uređajima međusobno povezanih preko zajedničke sabirnice (*eng. bus*). Tako međusobno povezani uređaji mogu se kontrolirati s bilo kojeg mjesta u instalaciji te međusobno komunicirati.

KNX, ranije poznat kao EIB, komunikacijski je sustav za upravljanje zgradom koji koristi informacijsku tehnologiju za povezivanje uređaja kao što su senzori, aktuatori, kontroleri, upravljački terminali i monitori. KNX tehnologija dizajnirana je za uporabu u električnim instalacijama za implementaciju automatiziranih funkcija i procesa u zgradi. [2]

U svrhu komunikacije, najčešće se koristi upletena parica (TP1) koja se vodi paralelno s niskonaponskim (230V) kabelom. TP1 kabel povezuje busne uređaje, a uz to ih i opskrbljuje energijom. Na ovaj način dolazi se do uštede na kablovima i do 60%, povećava se broj mogućih funkcija te se poboljšava transparentnost instalacije. Kod KNX instalacija nema potrebe za centralnom upravljačkom jedinicom jer svaki busni uređaj ima ugrađen mikro kontroler. Zbog samog dizajna tehnologije, instalacija je lako prilagodljiva naknadnim zahtjevima korisnika. Na sljedećem prikazu vidljiva je usporedba klasičnih i pametnih instalacija, gdje se jasno vidi jednostavnost pametnih instalacija naspram klasičnih.

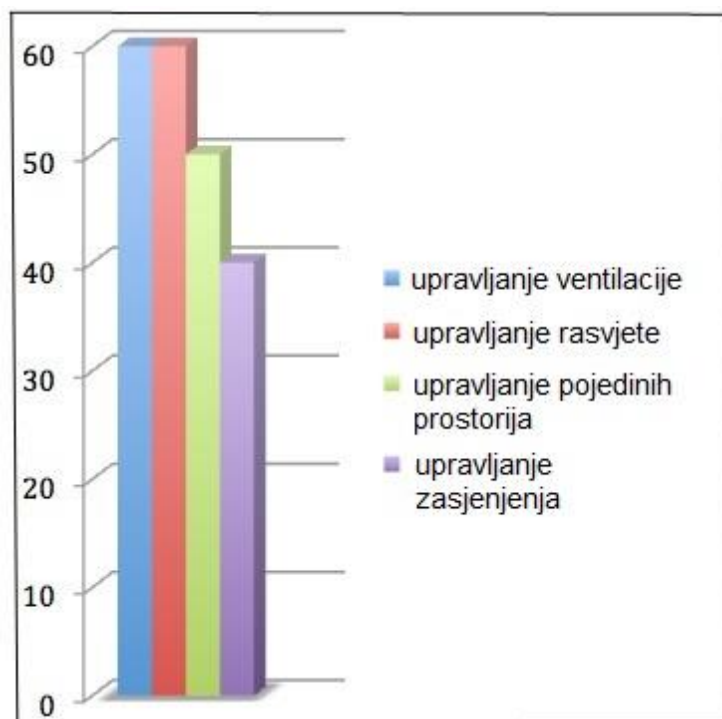


Slika 3.1. Usporedba klasičnih (lijevo) i pametnih (desno) instalacija [4]

KNX može se upotrebljavati za upravljanje grijanjem, rasvjetom, klimatizacijom, sigurnosnim sustavom, daljinsku kontrolu, upravljanje i održavanje te mnoge druge primjene. Uređaji različitih proizvođača i različitih funkcija koji zadovoljavaju KNX/EIB standard mogu se međusobno spajati bez ikakvih problema. Izrađivati i održavati KNX instalacije može svaki obučeni elektroinstalater pomoću ETS alata koji se instalira na osobno računalo te za čije korištenje nije potrebno imati programske vještine.

Prednosti pametnih instalacija:

- Povećana sigurnost instalacije
- Ekonomično gospodarenje energijom tijekom korištenja zgrade
- Jednostavna prilagodba električne instalacije promjenjivim zahtjevima korisnika
- Viši stupanj udobnosti
- Instalacija budućnosti
- Širok izbor komponenti različitih proizvođača
- Raširena servisna mreža kvalificiranih poduzetnika / projektanata / integratora sustava



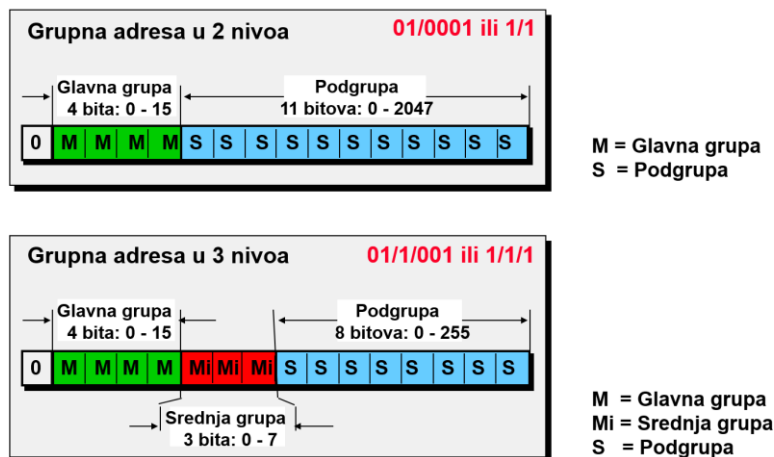
Slika 3.2. Prikaz mogućih ušteda u postocima korištenjem pametnih instalacija [12]

### 3.3. Komunikacija

Komunikacija u pametnim instalacijama može se odvijati preko različitih medija među kojima je najistaknutija upletena parica (KNX TP). Od ostalih medija, također, moguće je koristiti postojeću niskonaponsku (230V) mrežu (KNX PL), radio-frekventni prijenos (KNX RF) i prijenos preko IP povezivanja (KNX IP). Ovisno o odabranoj tehnologiji komunikacije mora se paziti na izbor busnih uređaja jer za svaku vrstu komunikacije postoje drugačiji protokoli i način spajanja. Ipak, u istoj instalaciji moguće je koristiti različite tehnologije uz korištenje prilagodnih medijskih spojnika, pri čemu telegrame konvertira prevodilački uređaj, a medij koji određeni uređaj koristi vidljiv je na njegovom logu.

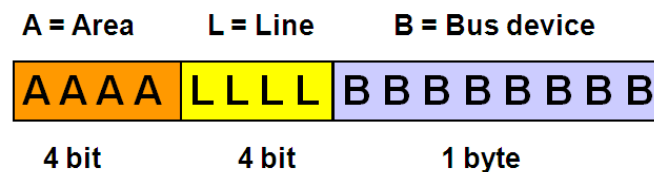
Komunikacija kod KNX instalacija odvija se na način da jedan uređaj (senzor) pošalje telegram koji sadrži grupnu adresu, korisnu informaciju i dodatne informacije. Svi senzori i aktuatori koji su priključeni na instalaciju primaju i analiziraju telegram, ali samo će uređaji koji imaju istu grupnu adresu iščitati korisnu informaciju i postupiti u skladu s njom te poslati potvrđni telegram.

Grupne adrese imaju logičko značenje u KNX mreži. Kako bi se grupne adrese mogle koristiti moraju postojati barem dva grupna objekta, jedan za slanje, a drugi za primanje telegrama. Jedan aktuator može istovremeno imati više grupnih adresa (npr. lokalno gašenje svjetla i gašenje svjetla na cijelom katu), dok senzori mogu poslati samo jednu grupnu adresu po telegramu. Duljina grupne adrese je 16 bita, a može biti strukturirana u dva ili tri nivoa kao što je prikazano na slici.



Slika 3.3. Izgled grupne adrese ovisno o broju nivoa [3]

Svaki uređaj unutar instalacije ima jedinstvenu fizičku adresu koja služi za identifikaciju uređaja u KNX instalaciji. Fizička adresa bitno se razlikuje od grupne adrese, a dodjeljuje se tako da se na uređaju pritisne taster za programiranje i učitava adresa. Fizička adresa KNX uređaja definirana je kao 16-bitna informacija, podijeljena u tri dijela kao što je prikazano na sljedećoj slici. Bitno je naglasiti da fizička adresa nema značaje tijekom rada instalacije, ali može se koristiti za dijagnozu, uklanjanje grešaka i daljnje modificiranje instalacije.



Slika 3.4. Izgled fizičke adrese [3]

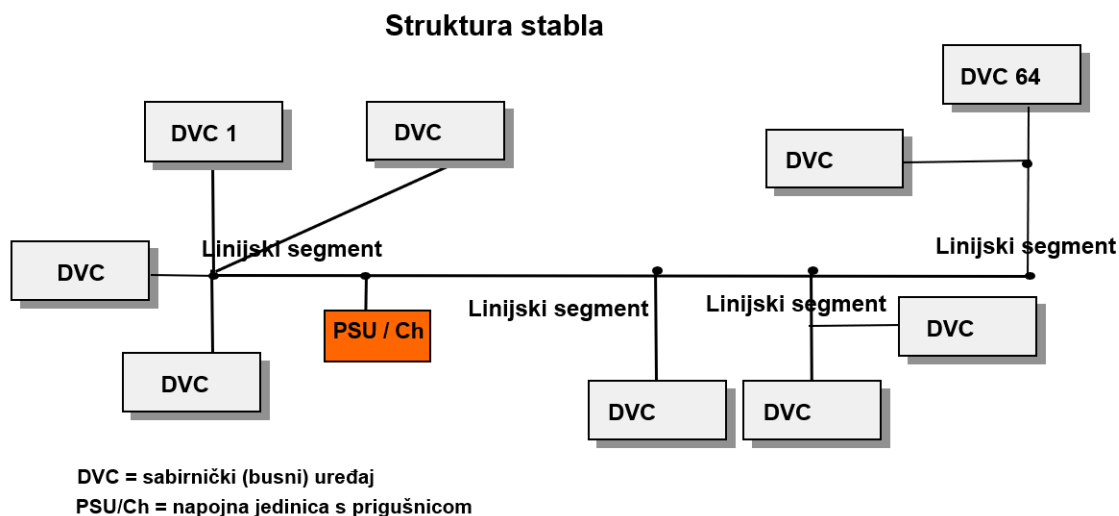
Prvi dio (A) duljine 4 bita predstavlja područje, drugi dio (L) duljine 4 bita predstavlja liniju, dok treći dio (B) duljine 16 bita predstavlja busni uređaj.

Prema tome možemo imati sljedeće:

- Najviše 15 područja na kičmenoj liniji
- Najviše 15 linija u svakom području
- Najviše 256 uređaja u svakoj liniji

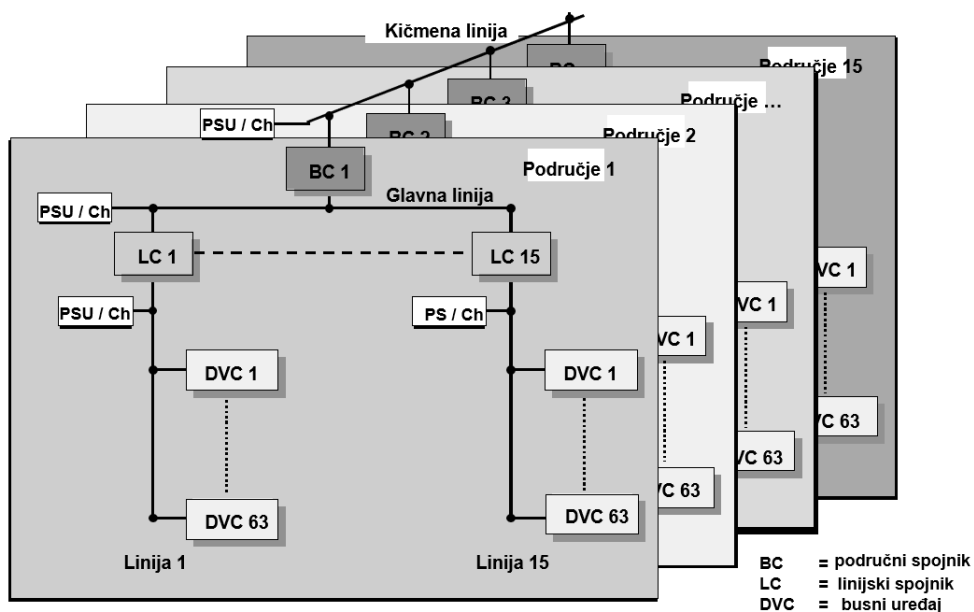
### 3.4. Topologija

Topologija općenito predstavlja način na koji je sustav uređen. Dakle, ona opisuje strukturu sustava na način da pokazuje kako su uređaji međusobno povezani. Topologija KNX sustava bazirana je na topologiji stabla. Područja, odnosno linije su galvanski odvojene jedna od drugih posredstvom spojnika (koplera). Prema tome, svaka linija, odnosno segment linije mora imati vlastito napajanje. Nakon što se podese parametri, u spojnik se učitavaju filter-tablice. Filter-tablica služi kako bi propustila grupne adrese koje su u njoj sadržane, a blokira sve ostale. Na taj način, osigurava se neovisnost svake linije te se smanjuje nepotreban tok informacija kroz mrežu.



Slika 3.5. Topologija KNX mreže u obliku stabla [3]

Linijski segmenti, linije i područja međusobno su spojeni preko linijskih pojačala, linijskih spojnika i područnih spojnika. Linijsko pojačalo (LR) služi za proširenje linije linijskim segmentom s maksimalno 64 busnih uređaja. Linijski spojnik (LC) povezuje glavnu liniju sa sekundarnom linijom. Područni spojnik (BC) povezuje kičmenu liniju s glavnom linijom. Linijska pojačala propuštaju sve telegrame, dok linijski i područni spojnici propuštaju samo preko linijske telegrame.



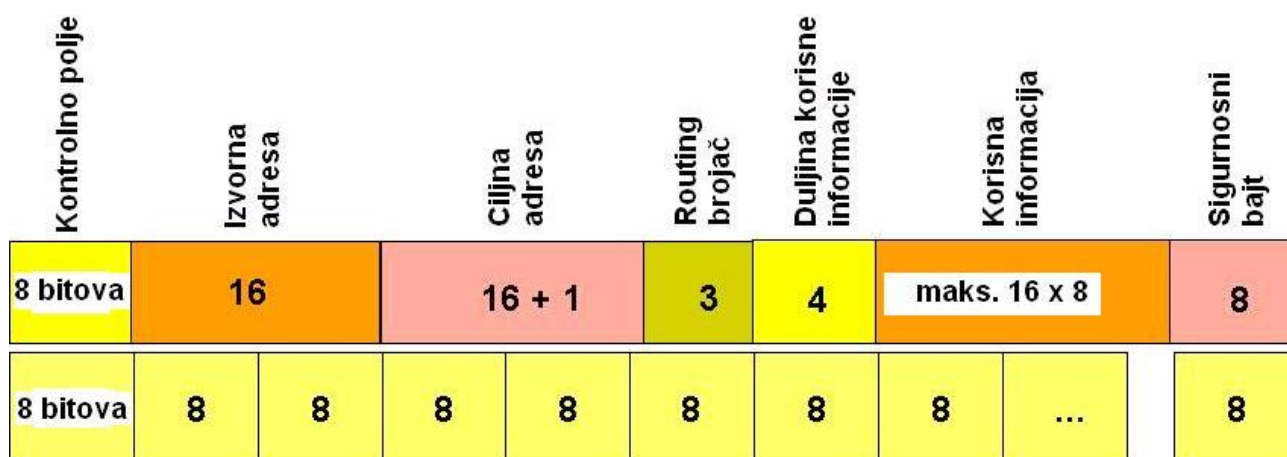
Slika 3.6. Više spojenih područja KNX instalacije [3]

### 3.5. Telegram

Telegram može poslati bilo koji busni uređaj kada se na njemu dogodi neki događaj. Trajanje samog telegrama je između 20 i 40 ms što ovisi o duljini korisne informacije, a slanje započinje nakon što je bus slobodan najmanje 5,2 ms, što odgovara duljini od 50 bita. Telegram sadrži grupnu adresu, korisne podatke i dodatne informacije. Trajanje telegrama kao i njegova struktura vidljivi su na sljedećim slikama.



Slika 3.7. Trajanje telegrama [5]



Slika 3.8. Struktura telegrama [5]

### 3.6. Busni uređaji

Busni ili sabirnički uređaji su svi uređaji koje možemo pronaći u KNX instalaciji, kao na primjer različiti senzori, aktuatori, kontroleri, napojne jedinice, sabirnica, dodirni ekrani i mnogi drugi uređaji. Svaki specijalizirani proizvođač na tržištu nudi na desetke različitih vrsta KNX uređaja što dovodi do brojke od nekoliko tisuća busnih uređaja koji su nam na raspolaganju. Upravo zbog toga možemo lako pronaći uređaje koji će zadovoljiti sve naše potrebe.

KNX proizvodi mogu se podijeliti u četiri glavne skupine [2]:

- sistemske komponente kao što su napojne jedinice, spojnici, pojačala
- senzori kao što su tipkala, detektori pokreta, dimni senzori
- aktuatori kao što su sklopke, aktuatori za dimanje, podesivi ventili
- ostali uređaji kao što su logičke komponente i kontrolni paneli

Između svih dostupnih busnih uređaja, najviše se koriste napojne jedinice sa ugrađenom prigušnicom, 6-struki aktuatori i 4-struki tast senzori.

Napojna jedinica s ugrađenom prigušnicom se koristi u svim KNX sustavima jer bez nje busni uređaji ne mogu funkcionirati. Prigušnica se ugrađuje kako ne bi došlo do ometanja signala, jer ona predstavlja malu reaktanciju za istosmjerni napon, a kako su podaci izmjenični napon, za njih predstavlja veliku reaktanciju te oni ne prolaze. Napon napojne jedinice je 29V, a najveća dopuštena udaljenost između napojne jedinice i uređaja je 350 m.



Slika 3.9. Napojna jedinica [6]

Tast senzori su u principu tipkala spojena na aplikacijski modul, koja su početno postavljena u srednji položaj. Pritiskom gornjeg ili donjeg tipkala, zatvara se krug i šalje impuls aplikacijskom modulu gdje elektronika registrira položaj tipkala. Na primjer, dodirivanje tipkala jednom predstavlja paljenje ili gašenje svjetla, dok držanje tipkala predstavlja dimanje (promjenu intenziteta rasvijetljenosti). Aplikacijski modul zatim prenosi informacije busnom spojniku koji te podatke kodira i šalje na bus.

Aktuatori zapravo predstavljaju sklopke koje sklapaju kada dobiju grupnu adresu unesenu u njih. Kada busni spojnik primi telegrame iz busa, on ih dekodira i šalje aplikacijskom modulu. Aktuator ima samo dva položaja, a to su uključen ili isključen.

Kako bi cijela instalacija ispravno radila i kako bi uređaji bili međusobno povezani, potrebno je da svaki element instalacije sadrži sljedeće dijelove:

- **busni spojnik** (BCU – *Bus Coupling Unit*) čija je zadaća da međusobno poveže busne uređaje te on služi kao komunikacijski modul
- **aplikacijski modul** (AM – *Application Module*) služi za izvršavanje naredbi kao što je preklapanje kontakata, vrlo je jednostavan i sastoji se od nekoliko komponenata
- **aplikacijski program** (AP – *Application Program*) zajedno sa svojim parametrima određuje funkcionalnost KNX uređaja. Kako uređaji imaju više mogućih primjena, korisnik sam preko aplikacijskog programa određuje koju funkciju će uređaj izvršavati (npr. isto tipkalo se može koristiti za paljenje/gašenje te za dimanje).

### 3.7. Instalacije

Kako će se i gdje uređaji instalirati ovisi o samom objektu, zbog čega postoje različite izvedbe instalacija. Postoje uređaji montirani ispod žbuke (FM), nadžbukni (SM), ugrađeni (BI) i montirani na šinu (RM). Uređaji, koji se montiraju ispod žbuke, nalaze se u standardnim razvodnim kutijama u zidu. Nadžbukni uređaji su namijenjeni za montažu na površinu zida, ugrađeni se montiraju u kabelske kanale, šuplje podove i spuštene stropove, dok se uređaji montirani na šini ugrađuju u upravljačke ormare na DIN šinu.



U slučaju da se uređaji montiraju ispod žbuke, nema razvodnog ormara KNX instalacije u prostoriji, manja je složenost i veća fleksibilnost instalacije. U slučaju kada se uređaji montiraju na šinu akuatori su lako dostupni, potrebno je manje busnog kabela, ali je zato potrebno više 230V-tnog kabela.

U KNX mrežama napajanje se vrši sigurnosnim malim naponom (SELV) zbog čega se ta mreža ne smije uzemljiti. U KNX TP1 mreži se koristi standardni zeleni kabel koji na sebi nosi KNX logo, prikazan na sljedećoj slici. Jedino takav kabel može garantirati maksimalnu duljinu linije, maksimalnu udaljenost između busnih uređaja i maksimalan broj busnih uređaja u liniji.

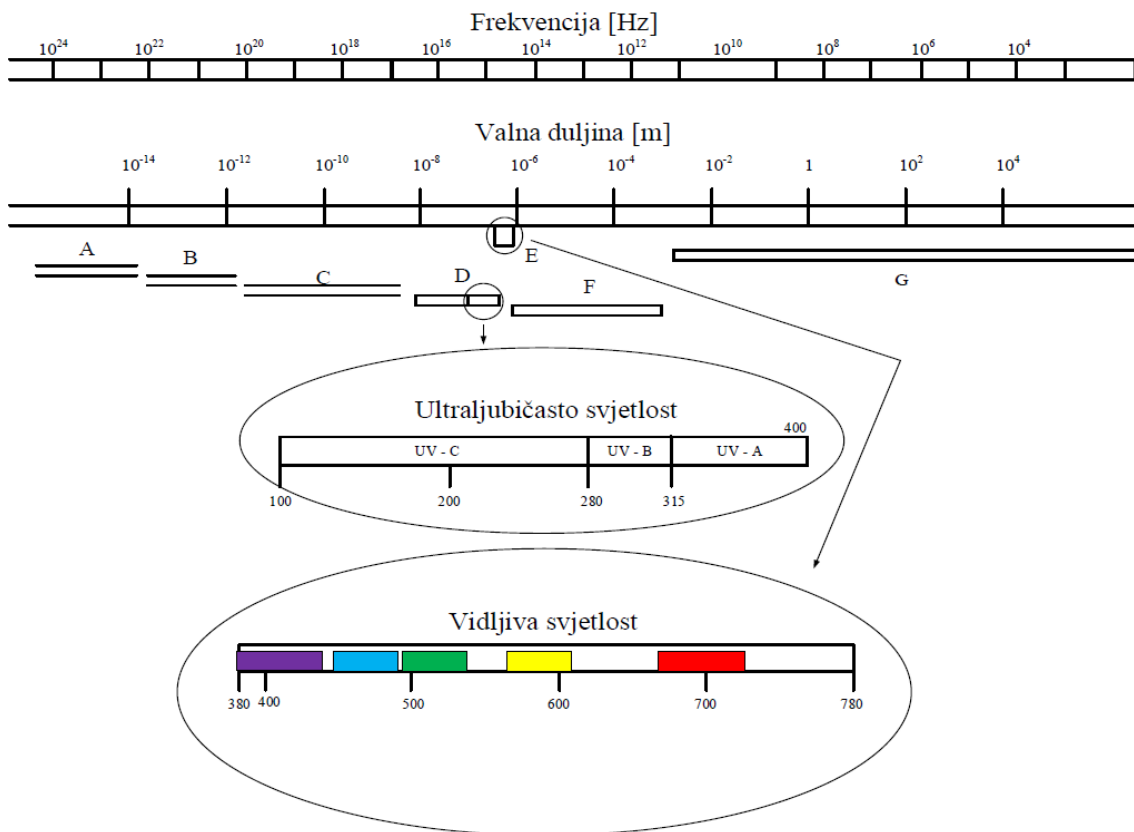


Slika 3.10. Standardni zeleni KNX kabel [8]

## 4. RASVJETA

### 4.1. Svjetlost

Prema [7], svjetlost je transverzalni elektromagnetski val koji je vidljiv ljudskom oku. Valna priroda svjetlosti prvi puta je ilustrirana kroz eksperimente difrakcije i interferencije. Kao i svi elektromagnetski valovi, svjetlost može putovati kroz vakuum. Transverzalna priroda svjetlosti može se pokazati kroz polarizaciju. Svjetlo može biti stvoreno na dva načina: isijavanjem (emisija svjetlosti iz vrućeg tijela) ili luminiscencijom (emisija svjetla kada pobuđeni elektroni padaju u nižu energetska razinu). Ovisno o valnoj duljini (frekvenciji) svjetla, možemo razlikovati boje, što je vidljivo na sljedećoj slici. Ako je svjetlo monokromatsko, ono je opisano samo jednom frekvencijom, a ako je polikromatsko onda se opisuje s više različitih frekvencija.



Slika 4.1. Ovisnost boje svjetlosti o valnoj duljini i frekvenciji [10]

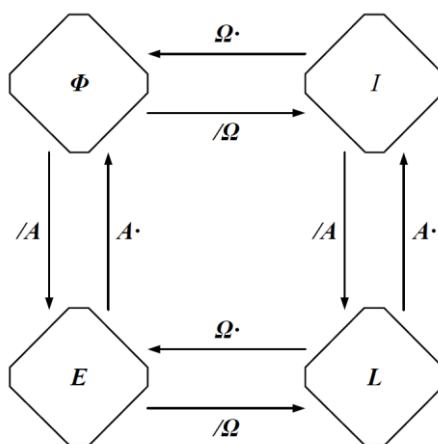
## 4.2. Umjetna rasvjeta

U početku čovječanstva postojala su samo dva izvora svjetlosti, a to su sunčeva svjetlost kao prirodan izvor i plamen kao prvi umjetni izvor svjetlosti. Vatra se dugo kroz povijest koristila kao jedini umjetni izvor svjetla, a mnogi je i danas koriste. Prve električne žarulje su također koristile svjetlo koje nastaje zagrijavanjem materijala, a danas su poznate kao žarulje sa žarnom niti. Modificirana verzija žarnih žarulja je halogena žarulja kod koje se žarna nit nalazi u mješavini plinova što produljuje radni vijek same žarulje i povećava njezinu učinkovitost, a i boja svjetla je sličnija prirodnoj sunčevoj svjetlosti. Nakon razvoja žarnih žarulja dolazi do otkrića fluorescentnih žarulja, koje emitiraju svjetlo kada je fosfor, koji se nalazi na unutarnjoj stijenci cijevi, uzbuđen UV svjetlom, koje nastaje zbog živinih para i plemenitih plinova koji se nalaze unutra. Za sam rad potrebne su im predspojne naprave. Kako su fluorescentne žarulje učinkovite i jeftine, razvijene su fluokompaktne (štedne) žarulje koje su u principu jednake fluorescentnim, ali imaju kompaktan oblik te su predspojne naprave ugrađene u njihovo tijelo. Osim prethodno spomenutih, za unutarnje primjene se još koriste i LED žarulje, koje su najnovije i energetski najučinkovitije rješenje. Bazirane su na poluvodičkoj tehnologiji, a za generiranje svjetla koriste elektroluminiscenciju.



Slika 4.2. Razne vrste i oblici žarulja [9]

Osnovne svjetlotehničke veličine su: jakost svjetlosti, svjetlosni tok, rasvijetljenost te sjajnost ili luminancija. Jakost svjetlosti ( $I$ ) definira se kao snaga zračenja koju izvor svjetlosti emitira u određenom smjeru u prostoru, a mjerna jedinica je kandela (cd). Svjetlosni tok ( $\Phi$ ) definira se kao ukupan iznos svjetlosti (zračenja) koje emitira izvor svjetla, a mjerna jedinica je lumen (lm). Rasvijetljenost ( $E$ ) je svjetlotehnička veličina koja se definira kao omjer količine svjetlosnog toka koji pada na određenu površinu i te iste površine, a mjerna jedinica je luks (lx). Posljednja svjetlotehnička jedinica je sjajnost ili luminancija ( $L$ ), a predstavlja efekt sjajnosti rasvijetljene površine kako je vidi ljudsko oko. Mjerna jedinica je kandela po metru kvadratnom ili nit (nt). [10]



Slika 4.3. Međusobni odnosi svjetlotehničkih veličina [10]

Fizikalne veličine sa slike su sljedeće:

- $\Phi$  – svjetlosni tok (lm)
- $I$  – jakost svjetlosti (cd)
- $E$  – rasvijetljenost (lx)
- $L$  – luminancija (cd/m<sup>2</sup>)
- $A$  – površina (m<sup>2</sup>)
- $\Omega$  – prostorni kut (sr)

Vizualni parametri ovise o rasvjetljenosti tako da su parametri bolji što je razina rasvjetljenosti veća. Ta je ovisnost izražena do razine od 1 000 lx, dok je iznad te razine gotovo zanemariva. Također, ako se radi o jako visokim iznosima rasvjetljenosti svojstva se značajno smanjuju. Za normalno obavljanje poslova dovoljno je najmanje 200 lx, dok je u ekstremnim slučajevima kao što je operacijska sala potrebno i do 20 000 lx. Iz toga se da zaključiti da razina rasvjetljenosti prvenstveno ovisi o namjeni prostora. Neki primjeri potrebne razine rasvjetljenost dani su na sljedećoj slici.

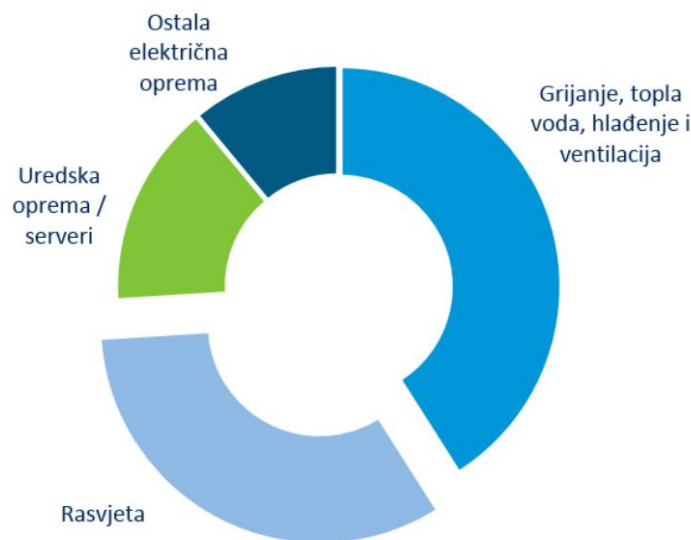
Namjena	Iznos rasvjetljenosti $E_m$ (lx)	$UGR_L$	Uzvrat boje $R$	Napomene
Učionice	300	19	80	Rasvjeta treba imati mogućnost kontrole
Učionice za večernju nastavu i obrazovanje odraslih	500	19	80	Rasvjeta treba imati mogućnost kontrole
Predavaonice	500	19	80	Rasvjeta treba imati mogućnost kontrole
Ploče	500	19	80	Spriječiti zrcalnu refleksiju
Demonstracijske ploče	500	19	80	U predavaonicama 750 lx
Učionice za umjetnost	500	19	80	
Učionice za umjetnost u školama za umjetnost	750	19	80	Temperatura boje $T_{cp} \geq 5000$ K
Učionice za tehničko crtanje	750	16	80	
Učionice za ručni rad	500	19	80	
Nastavne radionice	500	19	80	
Učionice glazbene kulture	300	19	80	
Računalne učionice	300	19	80	*
Pripremne učionice i radionice	500	22	80	
Ulazni holovi	200	22	80	
Prolazna područja, hodnici	100	25	80	
Stubišta	150	25	80	
Zajedničke prostorije i holovi	200	22	80	
Učiteljske sobe	300	19	80	
Knjižnice: prostorije s knjigama	200	19	80	
Knjižnice: prostorije za čitanje	500	19	80	
Sportske dvorane i bazeni	300	22	80	
Školske kantine	200	22	80	
Kuhinja	500	22	80	

Slika 4.4. Potrebna razina rasvjetljenosti u obrazovnoj ustanovi [10]

### 4.3. Energetska učinkovitost rasvjete

Prva mjera za energetska učinkovitost rasvjete je usklađivanje projekta zgrade sa suvremenim arhitektonskim rješenjima kako bi se optimalno iskoristio dnevno svjetlo u unutarnjim prostorima zgrade. To uključuje optimalne izvedbe vertikalnih i krovnih otvora kako bi se omogućio sustav što boljeg upravljanja prodora dnevnog svjetla unutar same zgrade, uzimajući u obzir negativne efekte kao što su pregrijavanje prostorija i neugodno bliještanje.

Druga mjera je primjena sustava za upravljanje rasvjetom putem jednog sustava (npr. KNX) i s jednog mjesta, koji obuhvaća upravljanje prema dostupnom dnevnom svjetlu, korištenju prostora i prema starenju rasvjetne instalacije kako bi se tokom vremena održala projektirana razina rasvijetljenosti prostora. Ovdje se trebaju uskladiti želje korisnika prostora s energetske potrebama određenim preko LENI pokazatelja, koji je detaljnije opisan u nastavku. LENI predstavlja numerički pokazatelj učinkovitosti rasvjete, a što je on manji to je veća energetska učinkovitost rasvjete. Prema Međunarodnoj agenciji za energiju (IEA), 18 – 19 % električne energije koristi se za rasvjetu, a najveći potrošači su stambeno-poslovne zgrade. Samim time ovdje se otvara velik prostor za uštedu energije, a time i redukciju CO<sub>2</sub> emisije. Prema direktivi 2006/32/EU, za uštedu energije u slučaju rasvjete predlažu se nove efikasnije svjetiljke u kombinaciji sa senzorima pokreta kao i digitalni nadzorni sustavi.



Slika 4.5. Potrošnja električne energije po trošilima [11]

Kada se rasvjeta tek počela primjenjivati nije bila bitna njezina kvaliteta nego samo funkcionalnost, ali kako je vrijeme prolazilo, uvidjelo se kako postoji mogućnost za unaprjeđenjem kvalitete rasvjete difuzijom svjetla, uklanjanjem bliještanja kao i kreiranjem estetski prihvatljivijih rješenja. Uz to, kvaliteta rasvjete može se povećati i njezinom regulacijom, što posljedično dovodi do mogućnosti promjene scena ovisno o želji ili potrebi. Također, uz regulaciju svjetla može se bolje iskoristiti dnevna svjetlost, što je još jedan oblik uštede energije.

#### 4.4. Brojčani pokazatelj energije rasvjete – LENI

Kao što je prethodno spomenuto, LENI (*eng. Lighting Energy Numeric Indicator*) predstavlja numerički pokazatelj energije rasvjete, odnosno koliko energije je potrebno da se osvijetli 1 m<sup>2</sup> prostora za vrijeme jedne godine. Pri tome, u obzir se ne uzima energija potrebna za vanjsku rasvjetu. Ovaj izračun se vrši prema normi EN 15193.

$$\text{LENI} = \frac{W}{A} \quad \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2, \text{god}} \right] \quad (4-1)$$

gdje je:

W – ukupna godišnja energija potrebna za osvijetljenje prostora

A – ukupna površina prostora za koji se računa LENI

Za određivanje energije utrošene na rasvjetu mogu se koristiti dvije metode, a to su proračun i odvojeno mjerenje energije. Mjerenje se provodi zasebnim brojilom utroška električne energije u strujnom krugu rasvjete, što je točnija metoda jer daje točan iznos utrošene energije. Kod proračuna postoje dvije metode: brza i složena. Brza metoda daje veće LENI vrijednosti od složene metode, a uzima u obzir godišnju utrošenu energiju za potrebe funkcije i svrhe rasvjete te parazitne električne energije.

Za proračun brzom metodom koristi se relacija 4-2.

$$W = W_L + W_P \quad [\text{kWh/godišnje}] \quad (4-2)$$

gdje je :

$W$  – ukupna godišnja električna energija potrebna za rasvjetu [kWh/godišnje]

$W_L$  – godišnji iznos električne energije potrebne za rasvjetu zgrade [kWh/godišnje]

$W_P$  – parazitna električna energija [kWh/godišnje]

S druge strane, složena metoda daje točniju procjenu potrebne energije za rasvjetu u različitim razdobljima (dan, mjesec, godina). Ova metoda može se koristiti za bilo koju lokaciju i razdoblje, pri čemu podrazumijeva potpunu procjenu koeficijenata ovisno o boravku i dnevnom svjetlu.

U ovoj metodi, za promatrano vremensko razdoblje  $t$ , koriste se sljedeće relacije:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \quad [\text{kWh}] \quad (4-3)$$

$$W_{L,t} = \sum [P_n \cdot F_C \cdot (t_D \cdot F_O \cdot F_D + t_N \cdot F_O)] / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (4-4)$$

$$W_{P,t} = \sum [(P_{pc} \cdot [t_y - (t_D + t_N)] + P_{em} \cdot t_{em})] / 1000 \quad [\text{kWh}] \quad (4-5)$$

gdje je:

$P_n$  – instalirana snaga u određenoj prostoriji [W]

$F_C$  – koeficijent konstantnosti rasvjete

$t_D$  – vrijeme upotrebe pri dnevnom svjetlu [h]

$F_O$  – koeficijent ovisnosti o boravku

$F_D$  – koeficijent ovisnosti o dnevnom svjetlu

$t_N$  – vrijeme upotrebe bez dnevnog svjetla [h]



$P_{pc}$  – instalirana parazitska snaga [W]

$t_y$  – broj sati godišnje (8760 h) [h]

$P_{em}$  – instalirana snaga punjenja sigurnosne rasvjete [W]

$t_{em}$  – vrijeme punjenja sigurnosne rasvjete [h]

## 5. PRIMJENA PAMETNIH INSTALACIJA NA PRIMJERU JEDNOG KATA JAVNE ZGRADE

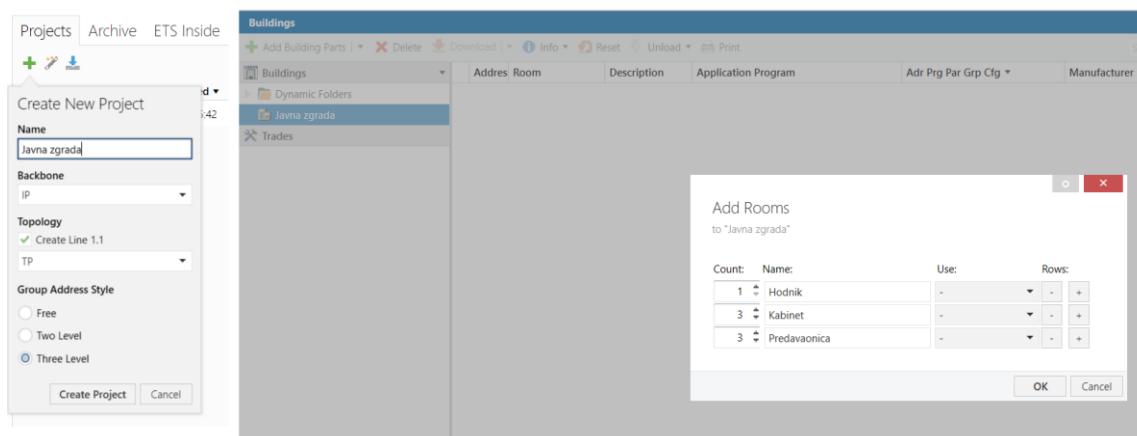
### 5.1. Opis projekta

Kao praktični dio ovog rada izrađena je primjena pametnih instalacija na primjeru jednog kata javne zgrade. Sam rad uključuje izradu tlocrta u programu AutoCAD, dodavanje interijera, rasvjetnih tijela te simulaciju rasvjete u programu Relux, proračun LENI pokazatelja za nekoliko scenarija i, konačno, projektiranje pametnih instalacija u programu ETS5. Naglasak je stavljen na energetske učinkovitosti rasvjete primjenom pametnih instalacija, što je prikazano promjenom LENI pokazatelja kroz nekoliko scenarija upravljanja rasvjetom. Na taj način, može se značajno smanjiti potrošnja energije.

### 5.2. Projektiranje pametnih instalacija u programu ETS5

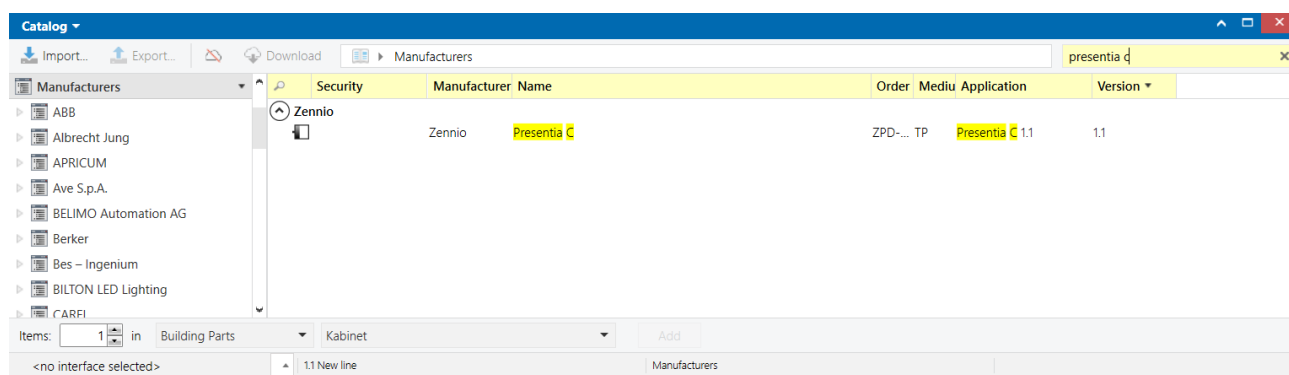
U ovom dijelu rada prikazan je rad u programu ETS5, koji uključuje kreiranje prostorija, dodavanje elemenata KNX instalacije u pojedine prostorije i međusobno logičko povezivanje odabranih elemenata instalacije. Kao primjer je prikazano samo kako se izvode pametne instalacije za hodnik, a za sve ostale prostorije se izvodi na isti način uz eventualnu izmjenu elemenata instalacije zbog veće/manje instalirane snage, broja kanala na aktuatorima i slično.

Prvi korak je kreiranje projekta i dodavanje prostorija, a to se vrši na način kako je prikazano na slici 5.1.



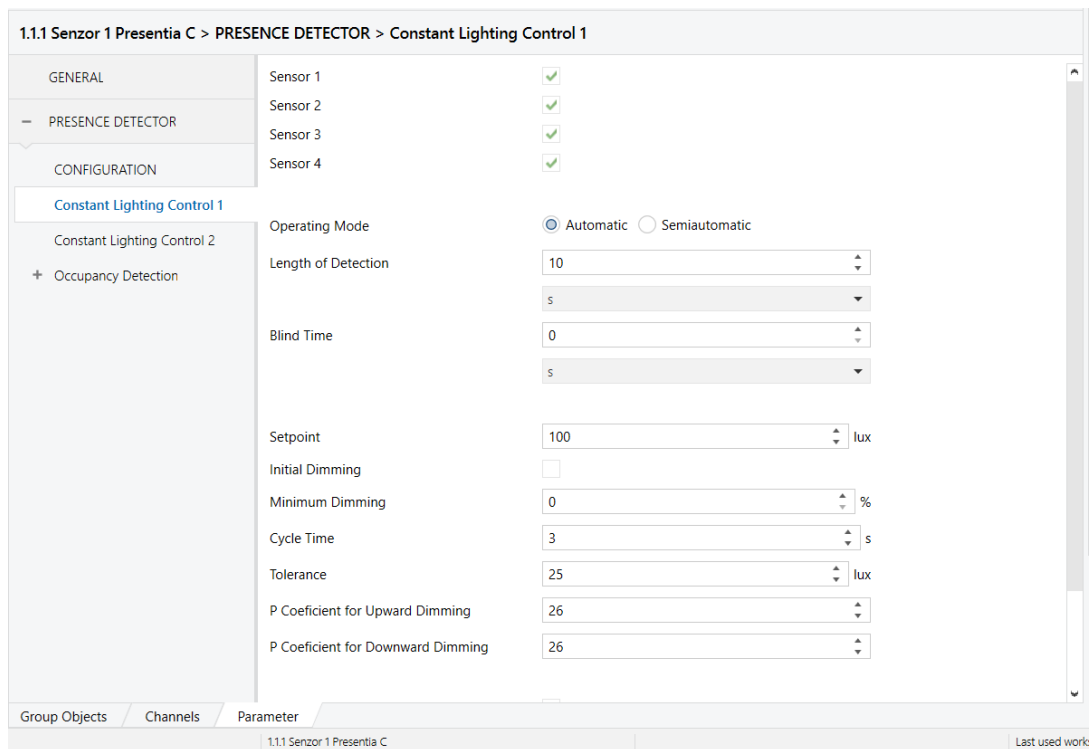
Slika 5.1. Kreiranje projekta i dodavanje prostorija

Nakon dodavanja prostorija dodaju se uređaji u pojedine prostorije. Od uređaja će se koristiti tipkalo, senzor pokreta s ugrađenim senzorom razine rasvijetljenosti, aktuator za rasvjetu i aktuator za rolete. Uređaji se dodaju na sljedeći način: desni klik na prostoriju – „Add“ – „Devices“ nakon čega se otvara prozor za odabir uređaja. Uređaji se mogu pretraživati prema funkciji ili oznaci uređaja. Potrebni uređaji pronađeni su na stranicama proizvođača te prema imenu dodani u projekt. Primjer pretraživanja i dodavanja uređaja za senzor prisutnosti i razine rasvijetljenja nalazi se na sljedećoj slici. Dodavanje se vrši dvostrukim klikom na uređaj.



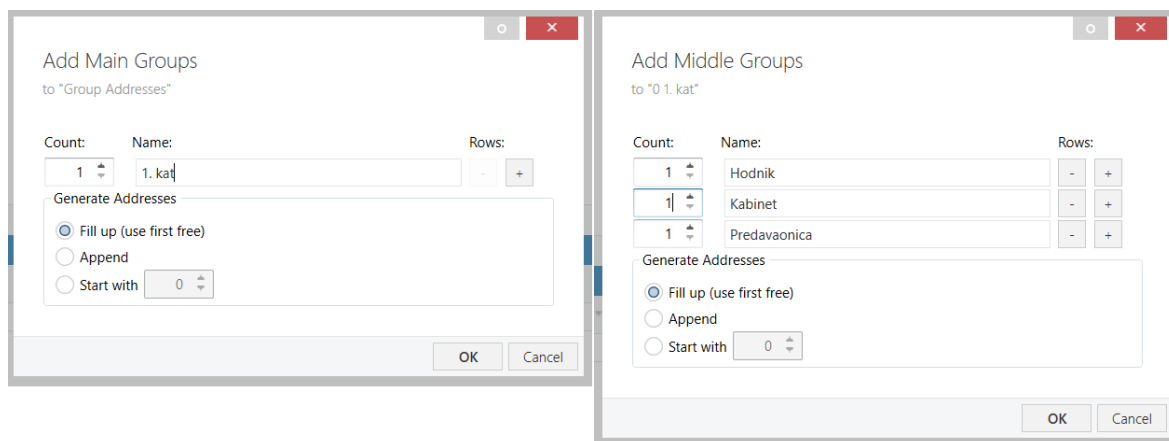
Slika 5.2. Dodavanje uređaja u projekt

Uređaje je nakon dodavanja potrebno parametrirati kako bi ispravno radili. Isti uređaj može imati više funkcija, stoga je ispravno postavljanje parametara izrazito bitno. Parametriranje se izvodi na način da dvokliknemo na uređaj i u donjem lijevom kutu odaberemo „Parameter“. Na sljedećem prikazu su vidljivi parametri za senzor Presentia C.



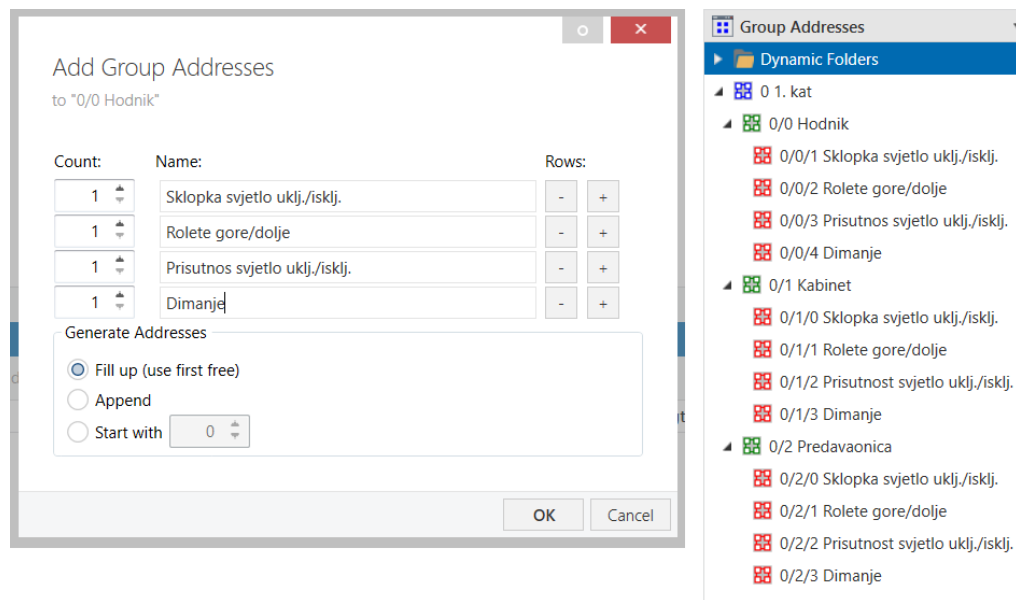
Slika 5.3. Parametri senzora Presentia C

Kada su uređaji dodani, slijedi dodavanje glavnih i srednjih grupa na način da se klikne na „Add Main Groups“ i „Add Middle Groups“ kako je prikazano na slici 5.4. Kao glavna grupa odabrana je prvi kat, a kao srednja grupa pojedine prostorije unutar kojih će biti dodane grupne adrese.



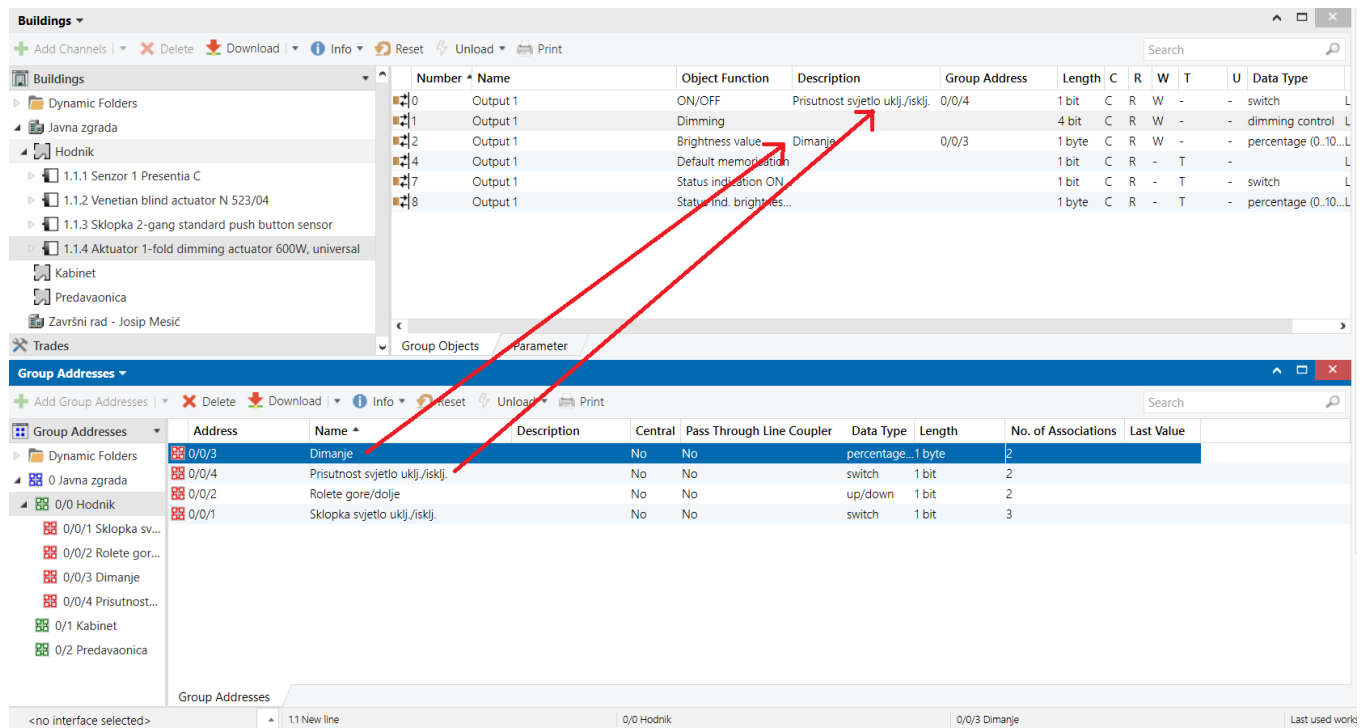
Slika 5.4. Dodavanje glavnih i srednjih grupa

Nakon što su glavna i srednja grupa dodane slijedi kreiranje grupnih adresa. Grupne adrese bit će kreirane unutar svake prostorije zasebno. Na slici 5.5. prikazano je kreiranje grupnih adresa.



Slika 5.5. Dodavanje i pregled grupnih adresa

Kao zadnji korak ostaje međusobno logičko povezivanje elemenata instalacije preko grupnih adresa koje su objašnjene u poglavlju 3.3. Povezivanje uređaja vrlo je jednostavno, a vrši se na način da se svaki uređaj, koji sudjeluje u izvršenju određene grupne adrese, međusobno poveže preko iste grupne adrese. Svaku grupnu adresu potrebno je povezati sa sensorima i s izvršnim članovima. Dodavanje se vrši „drag & drop“ metodom. Primjer dodjeljivanja grupne adrese uređajima prikazan je na sljedećoj slici.



Slika 5.6. Dodavanje grupnih adresa uređajima

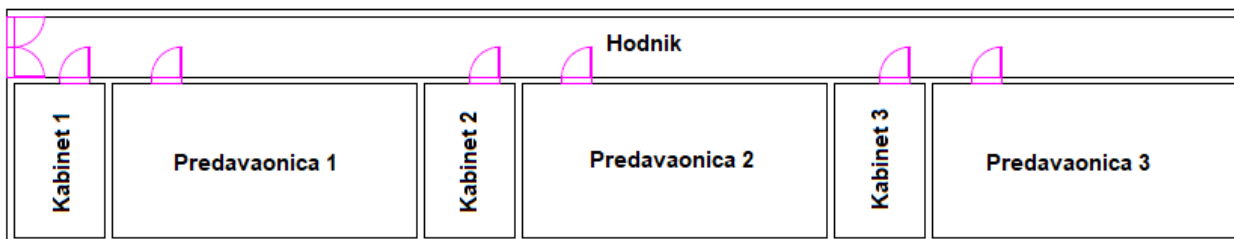
Dodavanjem grupnih adresa uređajima, postupak projektiranja pametnih instalacija u programu ETS5 je završen. Slijedi učitavanje projekta u uređaje i ispitivanje ispravnosti rada.

### 5.3. Prikaz prostora

Tlocrt prostora nalazi se na slici 5.7., a sastoji se od hodnika, 3 kabineta i 3 predavaonice. Svaki kabinet predviđen je za dvije osobe, dok su predavaonice predviđene za 20 osoba.

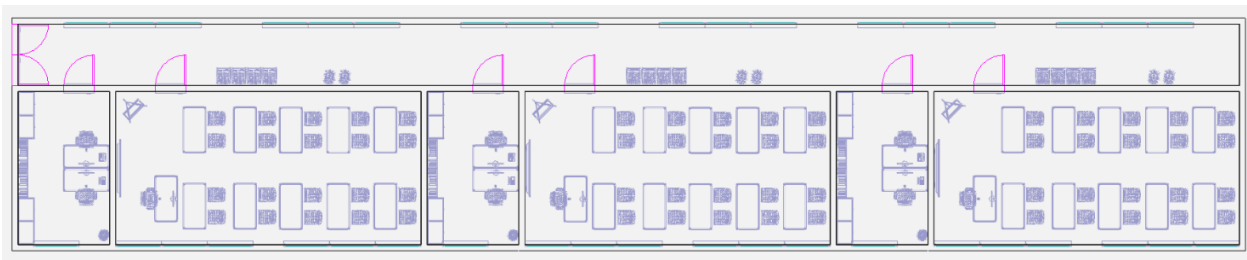
Dimenzije su sljedeće:

- Hodnik: 2 m × 40 m
- Kabineti: 3 m × 5 m
- Predavaonice: 5 m × 10 m



Slika 5.7. Tlocrt prostora

Nakon izrade tlocrta u AutoCAD-u, slijedi ubacivanje .dwg datoteke u Relux i raspoređivanje interijera unutar prostora. Tlocrt s rasporedom interijera vidljiv je na slici 5.8., a raspored interijera u 3D prikazu vidljiv je na slici 5.9. i 5.10.



Slika 5.8. Tlocrt s rasporedom interijera



Slika 5.9. 3D prikaz prostora



Slika 5.10. 3D prikaz kabineta i predavaonice



## 5.4. Proračun rasvjete

Za proračun rasvjete korišten je program Relux. Nakon dodavanja nacrtu prostora i interijera, izabiru se rasvjetna tijela iz velike baze u kojoj su dostupni različiti proizvođači i modeli te, na osnovu informacija o izabranom rasvjetnom tijelu, program izračunava sve potrebne podatke.

Za ovaj proračun izabrana su sljedeća rasvjetna tijela:

- Hodnik:

Proizvođač: Eaton (Cooper)

Tipska oznaka: MS6314ZT+MXM26318/

Naziv svjetiljke: EATON – MODUSPEC

Žarulje: 3 x T16 TRIPH 14 W / 1200 lm

Količina : 8 komada

- Kabineti:

Proizvođač: Eaton (Cooper)

Tipska oznaka: MS2RL228Z/

Naziv svjetiljke: EATON - MODUSEAL 2

Žarulje: 2 x T16 TRIPH 28 W / 2600 lm

Količina: 2 komada

- Predavaonice:

Proizvođač: Eaton (Cooper)

Tipska oznaka: MSPS314Z/

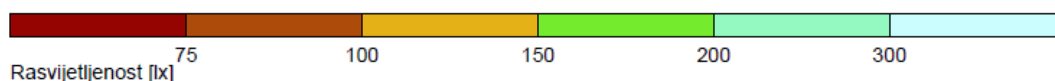
Naziv svjetiljke: EATON - MODUSPEC T5

Žarulje: 3x T16 TRIPH 14 W / 1200 lm

Količina: 8 komada

Kako su svi kabineti i predavaonice identične, proračun se provodi samo za jednu od njih jer su rezultati isti.

Na slikama 5.11. – 5.16. prikazan je proračun rasvjetljenosti po pojedinim prostorijama. Prvo je prikazana situacija kada nije uzeto u obzir dnevno svjetlo, a zatim kad je uzet u obzir utjecaj dnevnog svjetla.



**Općenito**

Upotrijebljeni računski algoritam	Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom
Visina svjetiljke	2.80 m
Faktor održavanja	0.80
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	28800.00 lm
Ukupna snaga	376.0 W
Ukupna snaga po površini (80.00 m <sup>2</sup> )	4.70 W/m <sup>2</sup> (2.73 W/m <sup>2</sup> /100lx)

**Površina izračuna 1**

Eavg	172 lx
Emin	100 lx
Emin/Em (Uo)	0.58
Emin/Emaks (Ud)	0.37
UGR (1.3H 25.0H)	<=16.3
Pozicija	0.75 m

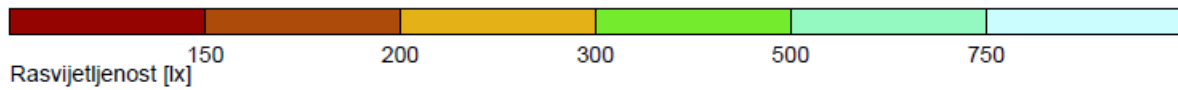
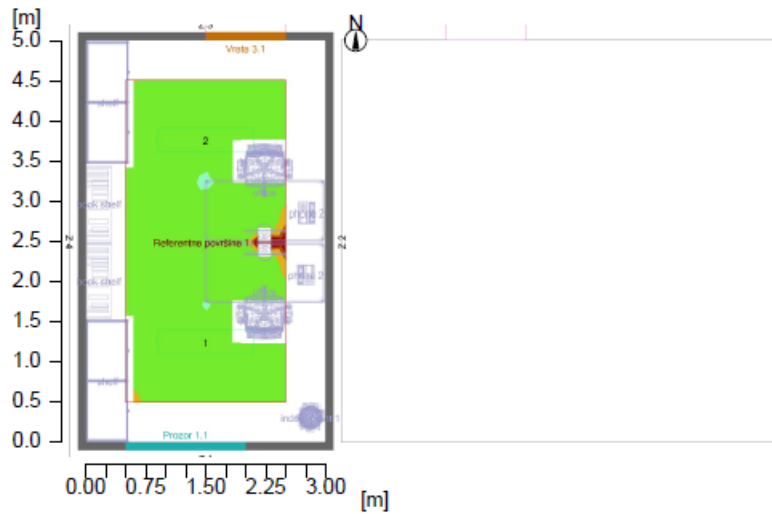
**Referentna površina 1.1**

Horizontalno	
Eavg	172 lx
Emin	100 lx
Emin/Em (Uo)	0.58
Emin/Emaks (Ud)	0.37
UGR (1.3H 25.0H)	<=16.3
Pozicija	0.75 m

**Glavne površine**

	Eavg	Uo
Mp 1.5 (Strop)	44.9 lx	0.68
Mp 1.1 (Zid)	52.5 lx	0.61
Mp 1.2 (Zid)	86.9 lx	0.02
Mp 1.3 (Zid)	59.9 lx	0.65
Mp 1.4 (Zid)	97.1 lx	0.32

Slika 5.11. Proračun rasvjetljenosti hodnika



#### Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam

Svjetiljke s dir./indirektnom raspodjelom

Visina svjetiljke

2.80 m

Faktor održavanja

0.80

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja

10400.00 lm

Ukupna snaga

116.0 W

Ukupna snaga po površini (15.00 m<sup>2</sup>)

7.73 W/m<sup>2</sup> (1.94 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Površina izračuna 1

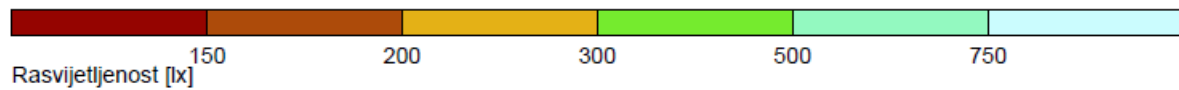
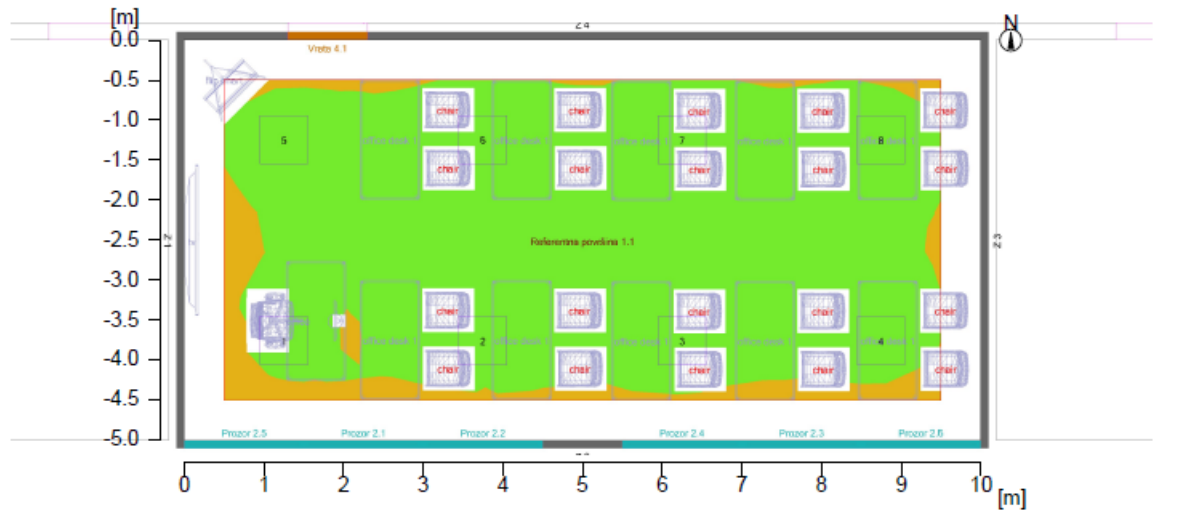
#### Referentna površina 1.1

	Horizontalno
Eavg	399 lx
Emin	297 lx
Emin/Em (Uo)	0.74
Emin/Emaks (Ud)	0.63
UGR (1.9H 3.1H)	<=18.3
Pozicija	0.75 m

#### Glavne površine

	Eavg	Uo
Mp 1.5 (Strop)	118 lx	0.82
Mp 1.1 (Zid)	192 lx	0.61
Mp 1.2 (Zid)	189 lx	0.20
Mp 1.3 (Zid)	192 lx	0.60
Mp 1.4 (Zid)	100 lx	---

Slika 5.12. Proračun rasvjetljenosti kabineta



#### Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam  
 Visina svjetiljke  
 Faktor održavanja

Svjetiljke s dir./indirektnom raspodjelom  
 2.80 m  
 0.80

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja  
 Ukupna snaga  
 Ukupna snaga po površini (50.00 m<sup>2</sup>)

28800.00 lm  
 376.0 W  
 7.52 W/m<sup>2</sup> (2.23 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Površina izračuna 1

Eavg  
 Emin  
 Emin/Em (Uo)  
 Emin/Emaks (Ud)  
 UGR (6.3H 3.1H)  
 Pozicija

#### Referentna površina 1.1

Horizontalno  
 338 lx  
 248 lx  
 0.73  
 0.63  
 <=16.6  
 0.75 m

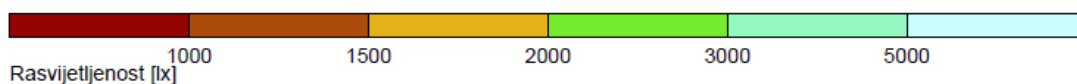
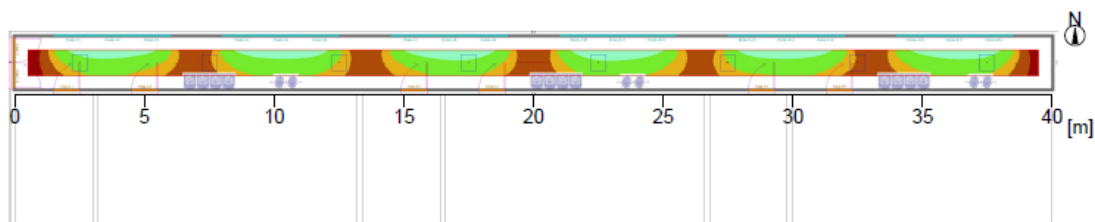
#### Glavne površine

Mp 1.5 (Strop)  
 Mp 1.1 (Zid)  
 Mp 1.2 (Zid)  
 Mp 1.3 (Zid)  
 Mp 1.4 (Zid)

Eavg  
 Uo  
 115 lx  
 0.74  
 115 lx  
 0.04  
 187 lx  
 0.52  
 159 lx  
 0.59  
 183 lx  
 0.52

Slika 5.13. Proračun rasvjetljenosti predavaonice

Proračun rasvijetljenosti po prostorijama, za slučaj kada se uzme utjecaj dnevnog svjetla, prikazan je na slikama 5.14. – 5.16.



**Općenito**

Upotrijebljeni računski algoritam	Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom
Visina svjetiljke	2.80 m
Faktor održavanja	0.80
Ukupni svjetlosni tok svih žarulja	28800.00 lm
Ukupna snaga	376.0 W
Ukupna snaga po površini (80.00 m <sup>2</sup> )	4.70 W/m <sup>2</sup> (0.23 W/m <sup>2</sup> /100lx)

**Površina izračuna 1**

Eavg	2080 lx
Emin	634 lx
Emin/Em (Uo)	0.30
Emin/Emaks (Ud)	0.19
UGR (1.3H 25.0H)	<=16.3
Pozicija	0.75 m

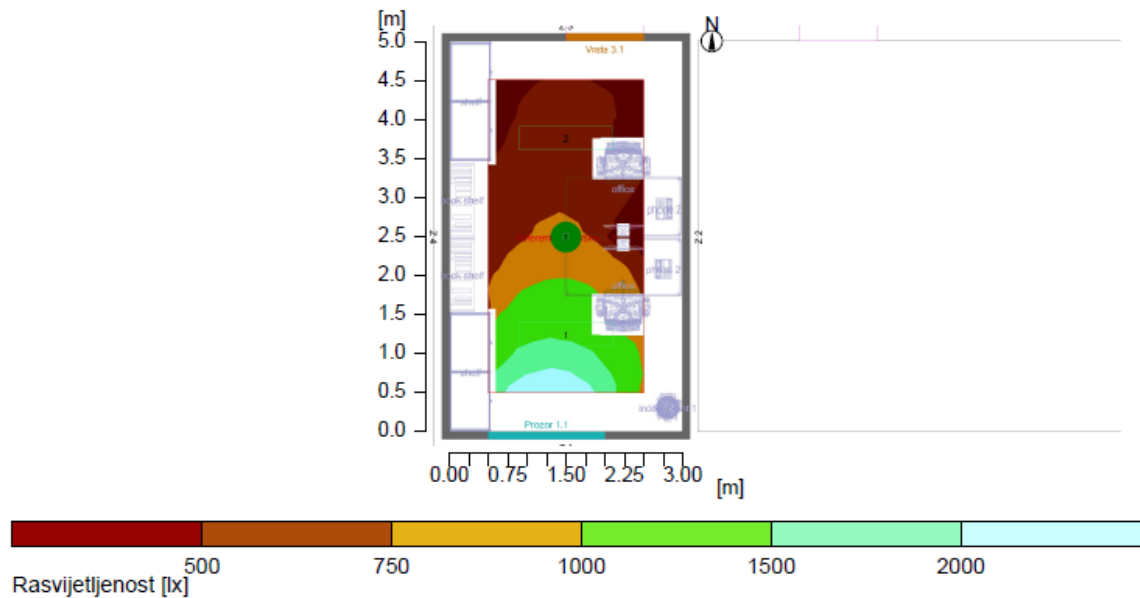
**Referentna površina 1.1**

Horizontalno	
Eavg	2080 lx
Emin	634 lx
Emin/Em (Uo)	0.30
Emin/Emaks (Ud)	0.19
UGR (1.3H 25.0H)	<=16.3
Pozicija	0.75 m

**Glavne površine**

	Eavg	Uo
Mp 1.5 (Strop)	1010 lx	0.32
Mp 1.1 (Zid)	590 lx	0.76
Mp 1.2 (Zid)	1210 lx	0.05
Mp 1.3 (Zid)	664 lx	0.80
Mp 1.4 (Zid)	703 lx	0.47

Slika 5.14. Proračun rasvijetljenosti hodnika kada se uzme u obzir dnevno svjetlo



#### Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam

Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom

Visina svjetiljke

2.80 m

Faktor održavanja

0.80

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja

10400.00 lm

Ukupna snaga

116.0 W

Ukupna snaga po površini (15.00 m<sup>2</sup>)

7.73 W/m<sup>2</sup> (0.90 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Površina izračuna 1

#### Referentna površina 1.1

Eavg

Horizontalno  
858 lx

Emin

385 lx

Emin/Em (Uo)

0.45

Emin/Emaks (Ud)

0.18

UGR (1.9H 3.1H)

<=18.3

Pozicija

0.75 m

#### Glavne površine

Mp 1.5 (Strop)

Eavg

421 lx

Uo

0.38

Mp 1.1 (Zid)

392 lx

0.77

Mp 1.2 (Zid)

421 lx

0.13

Mp 1.3 (Zid)

333 lx

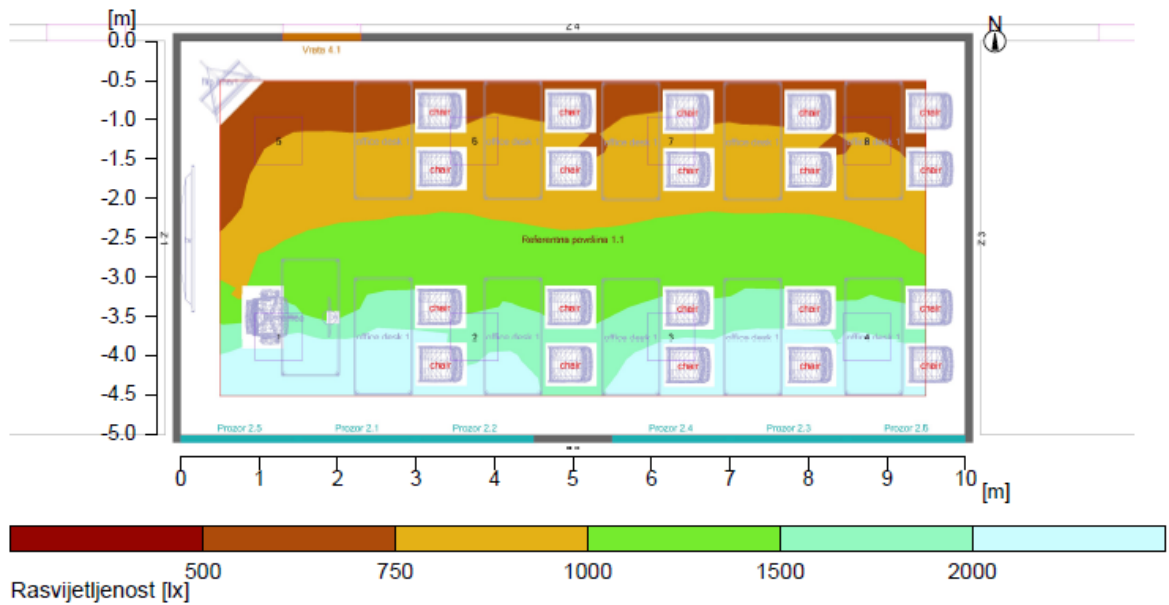
0.64

Mp 1.4 (Zid)

237 lx

---

Slika 5.15. Proračun rasvjetljenosti kabineta kada se uzme u obzir dnevno svjetlo



#### Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam

Visina svjetiljke

Faktor održavanja

Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom

2.80 m

0.80

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja

Ukupna snaga

Ukupna snaga po površini (50.00 m<sup>2</sup>)

28800.00 lm

376.0 W

7.52 W/m<sup>2</sup> (0.62 W/m<sup>2</sup>/100lx)

#### Površina izračuna 1

Eavg

Emin

Emin/Em (Uo)

Emin/Emaks (Ud)

UGR (6.3H 3.1H)

Pozicija

#### Referentna površina 1.1

Horizontalno

1220 lx

578 lx

0.47

0.21

<=16.6

0.75 m

#### Glavne površine

Mp 1.5 (Strop)

Mp 1.1 (Zid)

Mp 1.2 (Zid)

Mp 1.3 (Zid)

Mp 1.4 (Zid)

Eavg

655 lx

603 lx

601 lx

730 lx

626 lx

Uo

0.45

0.01

0.63

0.37

0.50

Slika 5.16. Proračun rasvjetljenosti predavaonice kada se uzme u obzir dnevno svjetlo

### 5.4.1. Prvi scenarij

U prvom scenariju dan je proračun rasvjete kada ne postoji regulacija rasvijetljenosti ovisno o dnevnom svjetlu, nije uzeto u obzir dnevno svjetlo, kao ni detekcija prisutnosti. Rasvjeta u prostoriji kontrolira se ručno. To je najlošiji scenarij jer se ne iskorištava dostupno dnevno svjetlo, a postoji mogućnost da rasvjeta ostane upaljena kada nema nikoga u prostoriji. U sljedećoj tablici dan je proračun utrošene energije u ovom slučaju te iznosi LENI pokazatelja. Izračuni u svim scenarijima rađeni su prema relacijama (4-1) do (4-5).

Prostor	Kol.	A (m <sup>2</sup> )	A <sub>UK</sub> (m <sup>2</sup> )	W <sub>C</sub>	P <sub>N</sub> (W)	F <sub>C</sub>	F <sub>A</sub>	F <sub>OC</sub>	F <sub>O</sub>	F <sub>D</sub>	W (kWh/god)	LENI
Predavaonica	3	50	150	0	3*376	1	0.4	1	0.7	1	2256	15.04
Kabinet	3	15	45	0	3*116	1	0.3	1	0.8	1	696	15.47
Hodnik	1	80	80	0	376	1	0.4	1	0.8	1	752	9.4
Ukupno			275								3704	13.47

Tablica 5.1. Proračun LENI pokazatelja za prvi scenarij

### 5.4.2. Drugi scenarij

U ovom scenariju uzeto je u obzir dnevno svjetlo, ali i dalje bez detekcije prisutnosti i regulacije rasvijetljenosti što znači da, iako postoji dovoljno dnevnog svjetla, također postoji mogućnost da bespotrebno bude upaljena i umjetna rasvjeta.

Ovdje je vidljivo koliko zapravo imamo dnevnog svjetla na raspolaganju i samim time koliko prostora za uštedu na rasvjeti postoji, pogotovo kada se radi o javnim zgradama koje zahtijevaju rasvjetu uglavnom po danu. Kako je vidljivo na slikama 5.8. – 5.10., u nekim područjima zgrade čak je i prevelika osvjetljenost, što dovodi do neugodnog bliještanja koje će se rješavati u sljedećim scenarijima.



Prostor	Kol.	A (m <sup>2</sup> )	A <sub>UK</sub> (m <sup>2</sup> )	W <sub>C</sub>	P <sub>N</sub> (W)	F <sub>C</sub>	F <sub>A</sub>	F <sub>OC</sub>	F <sub>O</sub>	F <sub>D</sub>	W (kWh/god)	LENI
Predavaonica	3	50	150	0	3*376	1	0.5	1	0.8	0.85	1707.5	11.38
Kabinet	3	15	45	0	3*116	1	0.3	1	0.8	0.85	602.04	13.38
Hodnik	1	80	80	0	376	1	0.4	1	0.8	0.9	684.32	8.55
<b>Ukupno</b>			275								2993.86	10.887

Tablica 5.2. Proračun LENI pokazatelja za drugi scenarij

U ovom slučaju nije došlo do značajnog smanjenja LENI vrijednosti jer i dalje ne postoji regulacija rasvjete.

### 5.4.3. Treći scenarij

U ovom scenariju se samo smanjuje F<sub>O</sub> i F<sub>OC</sub> jer su ubačeni detektori prisutnosti. U odnosu na prethodne prikaze, razlika je u tome što su postavljeni detektori prisutnosti pa će se rasvjeta automatski ugasiti u slučaju da nikoga nema u prostoriji, što smanjuje LENI vrijednosti i dovodi do uštede. Jedino područje gdje se povećava potrošnja energije je potreba za napajanjem senzora.

Prostor	Kol.	A (m <sup>2</sup> )	A <sub>UK</sub> (m <sup>2</sup> )	W <sub>C</sub>	P <sub>N</sub> (W)	F <sub>C</sub>	F <sub>A</sub>	F <sub>OC</sub>	F <sub>O</sub>	F <sub>D</sub>	W (kWh/god)	LENI
Predavaonica	3	50	150	5	3*376	1	0.5	0.8	0.5	0.85	1224.65	8.16
Kabinet	3	15	45	5	3*116	1	0.3	0.8	0.6	0.85	456.56	10.15
Hodnik	1	80	80	5	376	1	0.4	0.8	0.6	0.9	518.24	6.48
<b>Ukupno</b>			275								2199.45	7.99

Tablica 5.3. Proračun LENI pokazatelja za treći scenarij

#### 5.4.4. Četvrti scenarij

U ovom scenariju je osim detektora prisutnosti korišteno i upravljanje rasvjetljenosti prema prodoru dnevnog svjetla. Time je osigurana dodatna ušteda energije jer svjetiljke neće nepotrebno svijetliti punim intenzitetom, već samo onoliko koliko je potrebno da se ostvari potrebna razina rasvjetljenosti.

Prostor	Kol.	A (m <sup>2</sup> )	A <sub>UK</sub> (m <sup>2</sup> )	W <sub>C</sub>	P <sub>N</sub> (W)	F <sub>C</sub>	F <sub>A</sub>	F <sub>OC</sub>	F <sub>O</sub>	F <sub>D</sub>	W (kWh/god)	LENI
Predavaonica	3	50	150	5	3*376	1	0.5	0.8	0.5	0.62	932.78	6.22
Kabinet	3	15	45	5	3*116	1	0.3	0.8	0.6	0.62	348.48	7.74
Hodnik	1	80	80	5	376	1	0.4	0.8	0.6	0.72	426.87	5.34
<b>Ukupno</b>			275								1708.13	6.21

Tablica 5.4. Proračun LENI pokazatelja za četvrti scenarij

#### 5.4.5. Peti scenarij

Ovo je scenarij u kojem je primijenjena potpuna kontrola rasvjete, od kontrole prisutnosti, upravljanja svjetlosti prema prodoru dnevnog svjetla do upravljanja konstantne rasvjetljenosti. Ovo je ujedno i najbolji scenarij u pogledu energetske učinkovitosti i udobnosti boravka u prostoru, ali i najkompliciraniji za izvedbu.

Prostor	Kol.	A (m <sup>2</sup> )	A <sub>UK</sub> (m <sup>2</sup> )	W <sub>C</sub>	P <sub>N</sub> (W)	F <sub>C</sub>	F <sub>A</sub>	F <sub>OC</sub>	F <sub>O</sub>	F <sub>D</sub>	W (kWh/god)	LENI
Predavaonica	3	50	150	5	3*376	0.9	0.5	0.8	0.5	0.62	840.01	5.6
Kabinet	3	15	45	5	3*116	0.9	0.3	0.8	0.6	0.62	314.13	6.98
Hodnik	1	80	80	5	376	0.9	0.4	0.8	0.6	0.72	384.68	4.81
<b>Ukupno</b>			275								1538.82	5.59

Tablica 5.5. Proračun LENI pokazatelja za peti scenarij

Uzevši u obzir LENI pokazatelje došlo je do značajnog smanjenja potrošnje električne energije, pri čemu za krajnjeg korisnika prostorije praktički nije došlo do promjene (kvaliteta rasvjete nije smanjena). Brojčano, u prvom slučaju LENI pokazatelji iznosili su 13.47 kWh/(m<sup>2</sup>, god), a u zadnjem slučaju 5.59 kWh/(m<sup>2</sup>, god), što znači da se potrošnja smanjila za 58.5%. Ovdje jasno vidimo da se primjena pametnih instalacija u javnim zgradama višestruko isplati.

## 6. ZAKLJUČAK

Pojavom potrebe za povećanje energetske učinkovitosti zgrada došlo je do shvaćanja koliki potencijal ima dnevno svjetlo u uštedi energije, a samim time i u povećanju energetske učinkovitosti. Kako bi se to ostvarilo, a i olakšao sam život ljudima, primjenjuju se pametne instalacije. Pomoću njih, moguće je automatski upravljati električnom instalacijom, kao i uređajima koji se u njoj nalaze. Ovakav sustav upravljanja idealan je za velike javne zgrade, kao što je u ovom radu obrađeno. Takav sustav pruža decentralizirano upravljanje cijelom zgradom. U ovom primjeru prikazano je samo upravljanje rasvjetom iako je moguće upravljati i drugim elementima, kao što su: grijanje, sigurnosni sustavi i slično. Cilj samog rada bio je dati pregled mogućih ušteda na rasvjeti primjenom pametnih instalacija, što je dokazano proračunima LENI pokazatelja. Iz proračuna je vidljivo da je moguće dosegnuti do 58,5% smanjenja troškova energije za rasvjetu primjenom pametnih instalacija. Nadalje, prikazano je programiranje pametne instalacije pomoću programa ETS5. Iako ovakva vrsta instalacija ima velike prednosti, postoje i neke negativne strane, kao što su znatno veća cijena uređaja u instalaciji i potreba za kvalificiranim osobljem za projektiranje, održavanje i izvođenje instalacije. Iako je samo izvođenje spomenutih instalacija skuplje, one su dugoročno isplative u velikim javnim zgradama jer se ostvaruju značajne uštede energije, komfor u zgradama se povećava.

## 7. LITERATURA

- [1] [https://www.knxuk.org/images/pdf/A\\_History\\_of\\_KNX.pdf](https://www.knxuk.org/images/pdf/A_History_of_KNX.pdf) pristup: 20.6.2019.
- [2] H. Merz; T. Hansemann; C. Hübner: Building Automation: Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet, Springer
- [3] [http://knx.com.ua/attachments/article/132/KNX-basic\\_course\\_full.pdf](http://knx.com.ua/attachments/article/132/KNX-basic_course_full.pdf) pristup: 23.06.2019.
- [4] <https://www.colterlec.com.au/news/post/weintek-forging-building-intelligence-with-knx-net-ip/> pristup: 25.6.2019.
- [5] [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/282093452017636/AI\\_10\\_KNX.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/282093452017636/AI_10_KNX.pdf) pristup: 3.9.2019.
- [6] <http://en.elektrotools.de/Product/Power-supply-for-bus-system-5WG11251AB22> pristup: 28.6.2019.
- [7] <https://physics.info/light/>, pristup: 30.6.2019.
- [8] <https://www.fscables.com/products/knx-cable.html> pristup: 30.6.2019
- [9] <http://www.aurasteril.com/rasvjeta-proizvodi-zarulje.html>, pristup: 30.6.2019.
- [10] M. Stojkov; D. Šljivac; D. Topić; K. Trupinić; T. Alinjak; S. Arsoški; Z. Klaić; D. Kozak; Energetski učinkovita rasvjeta, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek 2016.
- [11] <https://hr.start2act.eu/online-energy-saving-platform/knowledge-base/4/save-on-lighting/sme/manager> pristup: 3.9.2019.
- [12] <http://knxtoday.com/2012/12/322/knx-provides-comprehensive-control-for-energy-efficiency.html> pristup: 3.9.2019.

## 8. SAŽETAK

U ovom radu, nakon uvida u teorijsku podlogu vezanu uz pametne instalacije, rasvjetu i energetske učinkovitosti rasvjete, odrađena je primjena pametnih instalacija u svrhu povećanja energetske učinkovitosti zgrade regulacijom rasvijetljenosti. Glavni problem ovog rada odnosi se na smanjenje utroška električne energije, a da se pri tome ne smanji ugođaj u prostoriji. To je prikazano proračunom LENI pokazatelja kroz više scenarija polaganim ubacivanjem sve višeg stupnja automatizacije korištenjem pametnih instalacija. Korištenjem pametnih instalacija povećava se trošak izvođenja radova, ali dugoročno gledano, dolazi do velikih ušteda primjenom ovog sustava. Također, za razliku od klasičnih električnih instalacija, ovdje je bilo potrebno napraviti kompletan projekt u programu ETS5 u kojem se svi uređaji međusobno funkcionalno i logički povezuju. Proračunom je pokazano da primjena ovog sustava uvelike doprinosi smanjenju potrošnje električne energije, a samim time i povećanju energetske učinkovitosti zgrade.

Ključne riječi: pametne instalacije, rasvjeta, energetska učinkovitost, KNX

## ABSTRACT

In this work, after insight into the theoretical background regarding smart installations, lighting and energy efficiency of lighting, the application of smart installation was carried out in order to increase the energy efficiency of the building by lighting regulation. The main problem of this paper refers to the reduction of power consumption, while maintaining current ambience of the room. This is shown by calculating the LENI indicator through multiple scenarios by slowly adding higher degree of automation using smart installation. The use of smart installations, increases the cost of installations, but in the long term, it saves a lot of money. Unlike the traditional electrical installations, in this work was necessary to make a complete project in the ETS5 program, in which all devices are functionally and logically linked. The calculation showed that the application of this system greatly contributes to the reduction of electricity consumption and, consequently, to the energetic efficiency of the building.

Keywords: smart installations, lighting, energy efficiency, KNX

## 9. ŽIVOTOPIS

Josip Mesić rođen je 18.11.1997. godine u Požegi. Završio je osnovnu školu u Pleternici nakon čega upisuje Tehničku školu u Požegi, smjer elektrotehnika. Završetkom srednjoškolskog obrazovanja odlučuje se za Preddiplomski studij elektrotehnike, izborni blok elektroenergetika. Uspješan je student te je ove godine sudjelovao na studentskom natjecanju STEM Games u kategoriji znanje u Inženjerskoj areni. U slobodno vrijeme se bavi fotografiranjem.