

# Javna rasvjeta u funkciji marketing aktivnosti

---

**Antunović, Dario**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*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:200:394063>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-01**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Sveučilišni studij**

**JAVNA RASVJETA U FUNKCIJI MARKETING  
AKTIVNOSTI**

**Diplomski rad**

**Dario Antunović**

**Osijek, 2021.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit

Osijek, 16.09.2021.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit**

<b>Ime i prezime studenta:</b>	Dario Antunović
<b>Studij, smjer:</b>	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
<b>Mat. br. studenta, godina upisa:</b>	D-1214, 06.10.2019.
<b>OIB studenta:</b>	47067690669
<b>Mentor:</b>	Prof. dr. sc. Dominika Crnjac Milić
<b>Sumentor:</b>	Zorislav Kraus
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	Ivica Čabraja
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	Izv. prof. dr. sc. Zvonimir Klaić
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	Prof. dr. sc. Dominika Crnjac-Milić
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	Ružica Kljajić
<b>Naslov diplomskog rada:</b>	Javna rasvjeta u funkciji marketing aktivnosti
<b>Znanstvena grana rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak diplomskog rada:</b>	Urbane sredine sve više prepoznaju mogućnosti korištenja javne rasvjete za promicanje svog vizualnog identiteta. Isto tako implementiranim marketinškim rješenjima se osigurava financijska samoodrživost javne rasvjete. Zadatak rada je ukazati na mogućnost financijske održivosti javne rasvjete iznajmljivanjem reklamnog prostora putem led displaya. Opisati tehničku izvedbu tih rješenja, izraditi analizu troškova izvedbe te opisati način mogućih financijskih ušteda njihovim korištenjem. Mentorica: Prof.dr.sc. Dominika Crnjac Milić; Sumentori: Zorislav Kraus dipl.ing., viši predavač (FERIT Osijek) i Ivica Čabraja, mag.ing.el. (ET projekt d.o.o. za projektiranje i nadzor) (izrada rada u suradnji s tvrtkom)
<b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
<b>Datum prijedloga ocjene mentora:</b>	16.09.2021.
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, 17.09.2021.

**Ime i prezime studenta:**

Dario Antunović

**Studij:**

Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

D-1214, 06.10.2019.

**Turnitin podudaranje [%]:**

13

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Javna rasvjeta u funkciji marketing aktivnosti**

izrađen pod vodstvom mentora Prof. dr. sc. Dominika Crnjac Milić

i sumentora Zorislav Kraus

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

1. UVOD .....	1
2. JAVNA RASVJETA.....	2
2.1. Upravljanje javnom rasvjetom.....	3
2.2. Javna rasvjeta i pametni grad.....	4
2.3. Pametni stup javne rasvjete .....	6
3. LED ZASLON .....	12
3.1. Vrste dioda.....	15
3.1.1. Dioda s dvostrukom linijskom kapsulacijom .....	16
3.1.2. Dioda za površinsku montažu .....	17
3.1.3. Vandal-otporna dioda .....	18
3.2. Dijelovi LED zaslona .....	18
3.3. Spajanje komponenata LED zaslona .....	23
3.4. Upravljanje i komunikacija LED zaslona.....	27
3.5. Odabir odgovarajućeg LED zaslona.....	33
4. OGLAŠAVANJE I PRORAČUN UŠTEDA .....	36
4.1. Proračun potrošnje LED zaslona .....	39
4.2. Proračun potrošnje električne energije za javnu rasvjetu .....	41
4.3. Proračun cijene oglašavanja .....	42
ZAKLJUČAK .....	44
LITERATURA.....	45
SAŽETAK.....	47
ABSTRACT .....	48
ŽIVOTOPIS .....	49

## 1. UVOD

Zbog sve veće urbanizacije gradova, kako bi se stvorili dobri uvjeti za život, gradovi teže razvitku i poboljšanju svojih usluga radi sigurnosti građana. Javna rasvjeta predstavlja idealnu energetska mrežu sa stalnim pristupom energiji, jer se rasprostire preko cijelih gradova. Ona predstavlja najbolji način za implementaciju novih tehnoloških rješenja i jedan je od glavnih dijelova koncepta pametnog grada. Javna rasvjeta je odgovorna za 19 % globalne potrošnje električne energije i čini 30 % - 50 % računa za energiju tipičnog grada. Drugačijom regulacijom (smanjenjem intenziteta) javne rasvjete može se uštedjeti i do 50 % energije, a sustavom daljinskog upravljanja i nadzora (pametno upravljanje) moguće je značajno smanjiti troškove održavanja. S druge strane, zamjena starih svjetiljki novim LED (*engl. Light Emitting Diode*), dioda koja emitira svjetlost, svjetiljkama i prilagodba rasvjetnih tijela također može osigurati značajne uštede. Jedna od tehnologija koju je moguće implementirati na stup javne rasvjete je i LED zaslon, koji predstavlja odličnu mogućnost informiranja građana. Zbog ograničenih resursa gradova i velike potrošnje električne energije na rasvjetu, LED zasloni mogu pomoći pri podmirivanju troškova na način da se koriste u svrhe marketinga. Moguće je ostvariti čak i samo održivost javne rasvjete.

Zadatak ovog rada je ukazati na mogućnost financijske održivosti javne rasvjete iznajmljivanjem reklamnog prostora putem LED zaslona. U ovom diplomskom radu razrađeni su pojmovi vezani za koncept pametnog grada, pametne javne rasvjete, LED zaslon i njegovu implementaciju na stup javne rasvjete kao i proračuni ušteda implementacijom LED zaslona i korištenjem zaslona u svrhe oglašavanja. U drugom poglavlju objašnjeni su pojmovi vezani za javnu rasvjetu, koncept pametnog grada, pametne javne rasvjete kao i potrošnju električne energije koja odlazi na javnu rasvjetu. Objašnjene su faze razvoja javne rasvjete koje predstavljaju uvjet za daljnji razvoj javne rasvjete i pametnih stupova. Osim LED zaslona, postoje i drugi načini smanjenja troškova javne rasvjete kao što su zamjena starih svjetiljki s LED svjetiljkama, regulacija svjetiljki, ugradnja senzora pokreta za uključivanje svjetala kada prolaze pješaci ili automobili. U trećem poglavlju objašnjeni su pojmovi vezani za LED zaslone, njegove pojedine dijelove, načine spajanja, komunikacije, upravljanja i odabir odgovarajućeg LED zaslona. U četvrtom poglavlju pojašnjena je uporaba LED zaslona u svrhu oglašavanja, kao i proračuni potrošnje električne energije zaslona, javne rasvjete i minimalne potrebne cijene oglašavanja kako bi implementacija zaslona na stup javne rasvjete bila isplativa i kako bi javna rasvjeta bila financijski održiva.

## 2. JAVNA RASVJETA

Prema zakonu o komunalnom gospodarstvu, javna rasvjeta se definira kao građevine i uređaji za rasvjetljavanje nerazvrstanih cesta, javnih prometnih površina, javnih parkirališta, javnih zelenih površina te drugih javnih površina na kojima nije dopušten promet motornim vozilima, javnih cesta koje prolaze kroz naselje školskog, zdravstvenog i drugog društvenog značaja u vlasništvu jedinice lokalne samouprave [1]. Pod pojmom održavanja javne rasvjete podrazumijeva se upravljanje, održavanje objekata i uređaja javne rasvjete, uključivo podmirivanje troškova električne energije za rasvjetljavanje javnih površina, javnih cesta koje prolaze kroz naselje i nerazvrstanih cesta. Primarna funkcija javne rasvjete je osiguravanje prometa ljudi i vozila noću, a sekundarna isticanje ambijentalnosti prostora izvedene na način da ne ugrožava sigurnost prometa i ne uzrokuje svjetlosno onečišćenje. Prema podacima Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost na javnu rasvjetu otpada oko 3% ukupne potrošnje energije u Republici Hrvatskoj [4].

Prema [2], javna rasvjeta je odgovorna za 19 % globalne potrošnje električne energije i čini 30 % - 50 % računa za energiju tipičnog grada. Samo Europa godišnje plati preko 10 milijardi eura za energiju javne rasvjete. Prema odjelu UN-a za ekonomska i socijalna pitanja (UN DESA), 68 % ukupne svjetske populacije živjet će u gradovima do 2050. To vrši ogroman pritisak na ograničene gradske resurse [3]. Postavlja se pitanje kako mogu gradovi stvoriti sigurniji prostor za postojeće i buduće građane, a istovremeno postati energetske učinkoviti i održavati okoliš čistim i sposobnim za život. Pametnom uličnom rasvjetom (stupovima) gradovi mogu uštedjeti energiju, smanjiti (CO<sub>2</sub>) emisije, ograničiti svjetlosno zagađenje, smanjiti troškove rada, održavanja i mnogo više [2]. Javna rasvjeta predstavlja odličan primjer pametne energetske mreže koja se rasprostire preko cijelog grada. To je živčani sustav grada na koji se spajaju milijune uličnih svjetiljki širom svijeta sa stalnim pristupom energiji. Stoga, rasvjetni stup predstavlja odlično mjesto za postavljanje novih tehnologija i inovativnih rješenja koji će poboljšati uvjete života ljudi. Javna rasvjeta obično je u vlasništvu lokalnih jedinica i njeno održavanje odnosno unaprjeđivanje financira se i lokalnog proračuna. Drugaćijom regulacijom (smanjenjem intenziteta) javne rasvjete može se uštedjeti i do 50 % energije, a sustavom daljinskog upravljanja i nadzora (pametno upravljanje) značajno smanjiti troškove održavanja [4]. S druge strane, zamjena svjetiljki i prilagodba rasvjetnih tijela također može osigurati značajne uštede. Dok se navedenim načinima smanjuje potrošnja energije za javnu rasvjetu, implementiranjem LED zaslona na stup javne rasvjete, troškovi za energiju i održavanje javne rasvjete mogli bi se financirati iz marketinških aktivnosti koje bi omogućavali LED zaslone.

Osnovne preporuke za učinkovitu javnu rasvjetu i dinamičke uštede su korištenje energetski učinkovitih izvora svjetla i korištenje energetski učinkovitih svjetiljki. Prema CEKOM-u (Centar kompetencija za pametne gradove), za razliku od žarulje sa žarnom niti kojoj od ukupno utrošene energije 95 % odlazi na toplinu, a svega 5 % se pretvori u svjetlo, razvojem LED svjetiljki, započinje i potpuno novo poglavlje razvoja svjetiljki [4]. Različite svjetlosne karakteristike dobivaju se pomoću malih optičkih leća koje se postavljaju direktno na LED izvore, čime se gotovo u potpunosti eliminiraju gubici unutar svjetiljke. Elektroničku pogonsku napravu (driver), moguće je jednostavno programirati, što omogućuje točno određivanje potrebne snage svjetiljke bez suvišnih gubitaka [4]. Uz to, elektroničke komponente i LED izvori omogućuju i upravljanje svjetiljkama u realnom vremenu, čime se dodatno smanjuje potrebna snaga i potrošnja električne energije [4].

## **2.1. Upravljanje javnom rasvjetom**

Prema CEKOM-u, razvoj svjetiljki pratio je i razvoj tehnologije koja se koristi za upravljanje svjetiljkama. Razlog implementacije upravljanja svjetiljkama je smanjenje snage svjetiljki radi ušteda tijekom dijela noći kada je smanjena gustoća prometa [4]. Upravljanje svjetiljkama je vezano i uz obvezu uvođenja svjetlostaja koji proizlazi iz Zakona o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja. Gradovi i općine moraju odrediti vrijeme kada će se noću vanjska rasvjeta gasiti ili smanjiti barem na 50 posto kako bi se utjecalo na efekt svjetlosnog zagađenja [5].

Prvi način upravljanja svjetiljkama bio je smanjenje snage svjetiljke pomoću kontrolnog voda. Idući način upravljanja svjetiljki bio je ugradnja komponente koja sadrži interni sat i tvornički je programirana za rad u štednom načinu rada. Pojavom LED svjetiljki sve se mijenja pa potpuno elektroničke komponente i poluvodički izvori svjetla omogućuju regulaciju svjetlosnog toka u rasponu od 0 do 100 %, a sve se više koristi bežični prijenos upravljačkih signala. Pojavila se mogućnost priključivanja svjetiljke preko interneta, te implementacija različitih senzora unutar svjetiljke koji bi olakšali razvoj pametnog grada. Time je omogućena kontrola svjetlosne emisije bez rasipanja svjetla u okoliš, te uz visoke uštede (od 50 do gotovo 80 %) [4].

Prema CEKOM-u, sustav pametne javne rasvjete je zamišljen kroz pristupnik (*engl. gateway*) jedinicu i kontroler (*engl. router*) jedinicu čime se rješava bežično upravljanje svjetiljkama. Router je namijenjen upravljanju i kontroli rada svjetiljki javne rasvjete, te raznih vrsta senzora, dok je zadatak gateway jedinica bežična komunikacija s centralnim software-om i s router jedinicama. Centralni softver objedinjuje konfiguraciju, nadzor i upravljanje cjelokupnim sustavom pametne mreže za upravljanje javnom rasvjetom. Pomoću informacija o geografskom položaju se dobiva



vizualizacija pozicija pojedinih uređaja. Osim navedenog, omogućen je i uvid u stanje uređaja, te mogućnost slanja naredbi prema pojedinom ili više uređaja ili pak označavanje skupina uređaja i dodjeljivanje unaprijed definiranih programa rada [4]. Slika 2.1. prikazuje način komunikacije i upravljanja javnom rasvjetom kao i ostale mogućnosti koje ovaj način upravljanja nudi. Primjerice, smanjenje svjetline, uključivanje/isključivanje, praćenje stanja rasvjete, upozorenja i kontrola u stvarnom vremenu pomoću softvera [6].



Slika 2.1. Bežično upravljanje rasvjetom [6]

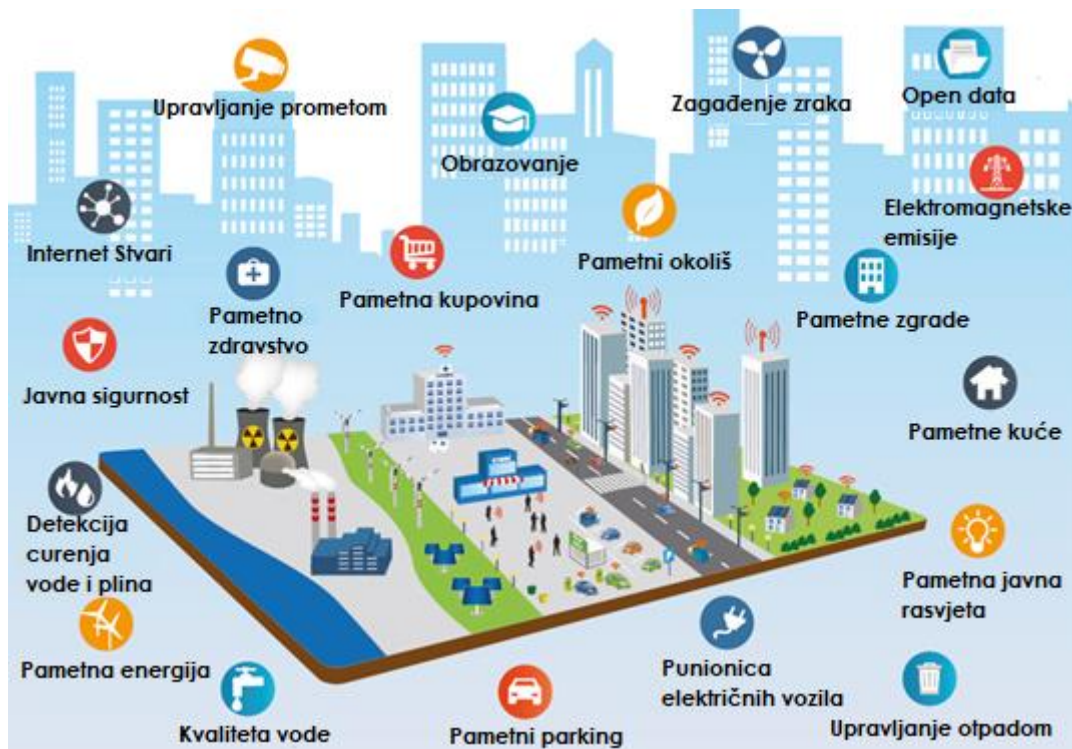
## 2.2. Javna rasvjeta i pametni grad

Pametni gradovi se mogu definirati kao urbana područja koja koriste različite vrste elektroničkih senzora za prikupljanje podataka kako bi se osigurala informacije za upravljanje imovinom i resursima i kako bi se smanjili troškovi i potrošnja energije što stvara čišći okoliš i podiže životni standard stanovnika. Konkretno, pametan grad integrira sve funkcije javnih usluga poput rasvjete, prometa ili proizvodnje energije te na taj način povećava njihovu efikasnost, smanjuje troškove električne energije, ubrzava komunikaciju među spomenutim podsustavima i znatno smanjuje emisije CO<sub>2</sub> [7].

Podaci se mogu skupljati na različite načine – od građana, njihovih uređaja, gradskih uređaja te drugih poslovnih prijemnika. Ti se podaci potom obrađuju i analiziraju te se prati i upravlja prometnim i transportnim sustavima, elektranama, vodoopskrbom, policijom, informacijskim sustavima, školama, knjižnicama, bolnicama te mnogim drugim ustanovama. Temelj pametnih gradova je takozvani Internet stvari (*engl. Internet of Things, IoT*). Internet stvari je sustav

međusobno povezanih uređaja, mehaničkih i digitalnih strojeva s jedinstvenim identifikatorima i njihovom mogućnosti za prijenos podataka kroz mrežu bez potrebe za ljudskom interakcijom. Koncept pametnog grada integrira informacijsku i komunikacijsku tehnologiju (*engl. Information and Communication Technology, ICT*) te razne fizičke uređaje spojene na IoT kako bi optimizirao efikasnost gradskih operacija i usluga. Na taj način bi se ICT koristio kako bi se podigla kvaliteta i interaktivnost gradskih usluga, smanjio trošak i potrošnja resursa te bi se olakšala komunikacija između građana i gradske uprave.

Razvijanjem tehnologija svjetski gradovi sve više implementiraju nove tehnologije i približavaju se konceptu pametnih gradova. Jedan od glavnih dijelova koncepta pametnog grada predstavlja i javna rasvjeta na koju se može priključiti veliki broj senzora i kamera kako bi se pratilo stanje u gradu. Stupovi javne rasvjete mogu se koristiti, osim za rasvjetu, i kao stupovi za internet, praćenje vremena, punionice za električne automobile i ostala električna vozila, mogu imati kamere za sigurnost, mjerenje razine buke, praćenje raspoloživosti parkinga, onečišćenje i kvalitetu zraka, terminal za poziv u pomoć, pa tako i LED zaslonom za izvještavanje o stanju u gradu i marketinške aktivnosti. Na slici 2.2. prikazan je koncept pametnog grada, koji obuhvaća pametnu energiju, parking, javnu rasvjetu, zgrade, okoliš, zdravstvo, kuće, kvalitetu vode, punjenje električnih vozila, upravljanje otpadom, zagađenje zraka itd. [8].



Slika 2.2. Koncept pametnog grada [8]

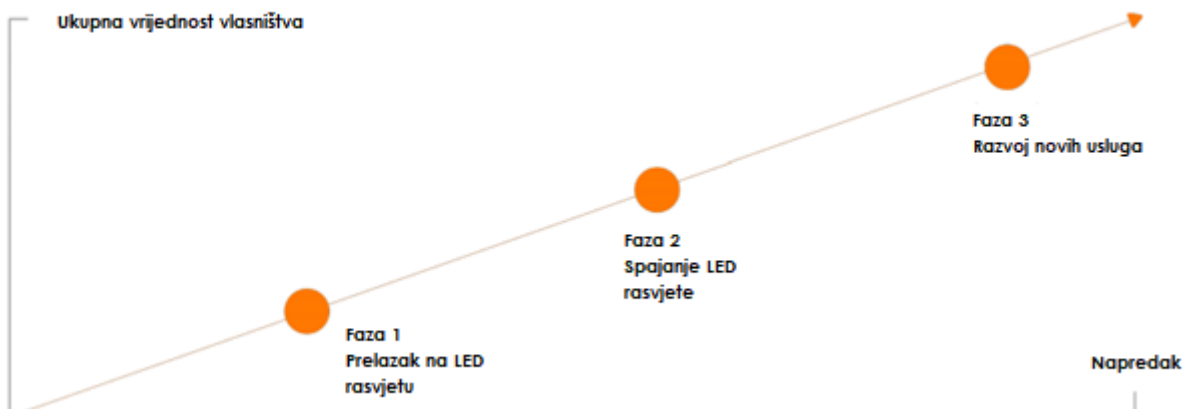
### 2.3. Pametni stup javne rasvjete

Rasvjetni stupovi su sveprisutni u urbanim područjima i većini ruralnih prebivališta. Smješteni uz gotovo svaku cestu i ulicu, podignuti izvori svjetlosti imaju potpunu strukturu i opskrbu električnom energijom [9]. Te značajke čine mrežu ulične rasvjete lako dostupnom, zemljopisno povoljnom platformom za postavljanje IoT uređaja. Osim što omogućuje provedbu sofisticiranih strategija osvjetljenja i donosi daljnje uštede energije, ulična rasvjeta s omogućenim IoT-om stvara okosnicu mreže koja podržava niz aplikacija pametnih gradova.

Pametni svjetlosni stup važan je izvor prikupljanja informacija u budućem polju Interneta stvari i važan dio pametnog grada. Dodavanjem uređaja za prikupljanje podataka poput senzora i kamera, infrastruktura ulične rasvjete koristi se kao platforma za smještaj različitih aplikacija u područjima nadzora okoliša, optimizacije prometa, pametnog parkiranja i javne sigurnosti. Nadalje, infrastruktura ulične rasvjete koristi se za smještaj punionica za električna vozila i kao osnova za javne Wi-Fi i komunikacijske mreže [9].

Dok su stupovi javne rasvjete pružali samo osvjetljenje, moderni (pametni) stupovi mogu poslužiti kao višenamjenski čvorovi pametnih gradova, sposobni nadzirati sve, od kriminala do parkiranja, vremenskih prilika i ostalog. Rasvjetni stup može postati najvrjednija nekretnina u gradu za buduću primjenu pametnih gradskih usluga. Mnogi dijelovi pametne svjetlosne slagalice već su dostupni, uključujući jeftinu LED rasvjetu male snage, više metoda povezivanja, više senzora i programe koji ih podržavaju, međutim, stvarni potencijal infrastrukture pametne rasvjete ostaje relativno podcijenjen. Razvoj stupova javne rasvjete može se podijeliti u 3 faze (Slika 2.3.) [9].

Razvoj infrastrukture pametne javne rasvjete



Slika 2.3. Faze razvoja javne rasvjete [9]

Prva faza predstavlja zamjenu starih žarulja s novim i boljim LED svjetiljkama. Iako je ulična rasvjeta nesumnjivo važna, većina svjetskih cesta još uvijek je osvijetljena tehnologijom iz 1960-te, koja obično troši oko 40% ukupnih gradskih troškova električne energije [9]. Vođeni ciljevima održivosti, novim vladinim standardima i potrebom za smanjenjem troškova, posljednjih godina mnogi su gradovi počeli mijenjati svoje natrijeve ulične svjetiljke energetski učinkovitim svjetlima koje emitiraju diode (LED). U usporedbi s naslijeđenim tehnologijama ulične rasvjete, LED nude duži vijek trajanja, nižu potrošnju energije i smanjene troškove održavanja. Nažalost, samo prelazak na LED rasvjetu nije dovoljan kako bi zadovoljio potrebu gradova za energijom i smanjenjem troškova.

Druga faza predstavlja povezivanje LED svjetiljki i njihovo upravljanje. Sve LED svjetiljke u osnovi su elektronički uređaji koji se mogu povezati sa središnjim upravljačkim sustavima kako bi se upraviteljima omogućilo nadgledanje i reguliranje razine svjetlosti na razne načine. Za povezivanje ovih uređaja s upravljačkim sustavom koriste se različite mreže, uključujući bežične internetske veze, radio frekvenciju, GPRS, 4G, dalekovode i IP. Mrežna povezanost najčešće je niske širine pojasa, što omogućuje da se male količine informacija redovito šalju natrag na poslužitelj za upravljanje. Korištenjem upravljačkog sustava operatori mogu "podesiti" svoja ulična svjetla da se uključuju kad magla ili kiša uzrokuju nisku razinu dnevnog svjetla ili ih obratno prigušiti kad je previše refleksije zbog snijega. LED ulična svjetla mogu se integrirati sa sensorima pokreta za uključivanje svjetala kada prolaze pješaci ili automobili, a osoblje javne sigurnosti može podići razinu osvijetljenja ili imati LED bljeskalice na mjestima gdje su se dogodile nesreće ili hitni slučajevi. Nadzorni sustav može smanjiti troškove održavanja otkrivanjem problema s svjetiljkama i slanjem upozorenja odjelu zaduženom za održavanje [9].

Treća faza predstavlja razvoj novih usluga. Gradovi širom svijeta već usvajaju inteligentne sustave ulične rasvjete. Međutim, oni sada počinju uviđati širi potencijal skromnog rasvjetnog stupa. Tradicionalni rasvjetni stupovi i naprednije instalacije pametne rasvjete mogu djelovati kao platforma pametnog grada, omogućujući niz drugih aplikacija pametnog grada integracijom uređaja za prikupljanje podataka poput senzora i kamera. Infrastruktura osvijetljenja koristi se kao osnova za rješenja na mnogim područjima, međutim, može koristiti i za druga različita rješenja kao što su: nadzor okoliša, optimizacija prometa (upravljanje prometom i parkiranje), javna sigurnost, punjenje električnih vozila, osiguravanje Wi-Fi mreže, pružanje interneta, za digitalnu signalizaciju i javnu komunikaciju [9]. Ulična rasvjeta koristi se kao platforma za ova rješenja iz više razloga:

- Povezani su na napajanje, stoga mogu osigurati električnu energiju za priključene uređaje. Omogućuju i postavljanje osjetljivih uređaja visoko iznad tla, a istovremeno pružaju i ptičji pogled na okolni krajolik. U slučaju instalacija inteligentne ulične rasvjete već postoji određeni stupanj povezanosti koji uređaji za prikupljanje podataka mogu koristiti za komunikaciju.
- Ulice su sveprisutne. One povezuju grad, a svakodnevno ih koriste pješaci, vozači i korisnici javnog prijevoza. Pružaju gustu mrežu infrastrukture na koju se mogu implementirati uređaji za prikupljanje podataka.

Pametni svjetlosni stup IoT-a sastoji se od četiri sloja: percepcijski sloj, mrežni komunikacijski sloj, sloj upravljanja podacima i aplikacijski sloj.

### 1. Percepcijski sloj

Sloj percepcije odnosi se na senzorske uređaje poput kamera i senzora, koji mogu prikupljati podatke svih uređaja u pametnom stupu. Uređaji sloja percepcije koji su uključeni u pametne rasvjetne stupove uključuju: pametna ulična svjetla, sigurnosne kamere, LED zaslone, nadzor okoliša, nadzor razine vode, nadzor parkirnog mjesta i druge srodne senzore.

### 2. Mrežni sloj

Mrežni komunikacijski sloj koristi 5G / 4G mrežu, senzori šalju prikupljene relevantne informacije sloju za upravljanje podacima, a upravljački sloj može slati upute za rad senzorskom sloju. U primjeni pametnih stupova usvojen je način dvosmjernog prijenosa podataka. Istodobno, 5G / 4G, žičana i druga komunikacijska rješenja koriste se za daljinsko upravljanje pametnim stupovima ulične rasvjete u stvarnom vremenu. Može se istodobno podržavati pristup različitim senzorskim uređajima, što je prikladno za objedinjeno prikupljanje podataka i analizu upravljanja.

### 3. Sloj podataka

Iznad mrežnog sloja komunikacije nalazi se sloj podataka. Ovaj sloj analizira i obrađuje sirove podatke dobivene percepcijskim slojem, kao što su temperatura, vlaga, buka i nadzorni video, kako bi pružio snažnu bazu podataka za pametni sustav uličnih rasvjetnih tijela i olakšao sloj primjene.

### 4. Aplikacijski sloj

Funkcije aplikacijskog sloja uključuju nadzor ulične rasvjete, nadzor sigurnosti, nadzor okoliša, objavljivanje informacija, mrežno emitiranje, hitni poziv, LED zaslon, punionice, IP zvučni stupac, alarm s jednim ključem, 5G bazna stanica, upravljanje parkirnim mjestom i druge funkcije.

Postoji jako puno funkcija koje se mogu implementirati na stup javne rasvjete, kao što je vidljivo na slici 2.4, a neke od njih su:

- Komunikacijska infrastruktura

Sustav koristi bežični WiFi, 5G/4G i druge IoT tehnologije za ostvarivanje daljinskog upravljanja osvjetljenjem pojedinačne svjetiljke, prigušivanja, detekcije i ostalih funkcija upravljanja i kontrole svake pametne svjetiljke. Bežične pristupne točke mogu se postaviti na stupove ulične rasvjete kako bi se poboljšala širokopolasna povezanost i podržale 5G mreže.

- Automatsko upravljanje uličnom rasvjetom

Nije potrebno ručno podešavanje. Pametni stup za ulično svjetlo može automatski prilagoditi svjetlinu žarulje prema protoku ljudi, prometu i prirodnom svjetlu. Istodobno, može automatski prebaciti na određeni način rada.

- Monitoring okoliša

Senzori okoline prate promjene u kvaliteti zraka, atmosferskim uvjetima, vremenskim uvjetima i temperaturi. Ovi uređaji koriste komunikacijsku opremu uličnih svjetala za slanje podataka na IoT platformu i izdavanje upozorenja o lošim vremenskim uvjetima kako bi upozorili ljude na abnormalne klime ili potencijalne opasnosti poput brzih tornada ili šumskih požara.

- Punionica električnih vozila

Punionice instalirane na pametnim stupovima za ulično osvjetljenje u stanicama i stambenim naseljima su isplativa rješenja. Nema potrebe za ponovnom izgradnjom punionica i ne zauzima gradsko građevinsko zemljište.

- Prikupljanje podataka o gradu

Pametni svjetlosni stup može se povezati s drugim obližnjim uređajima Interneta stvari, kao što su video nadzor, nadzor sigurnosti, nadzor smeća, nadgledanje tla itd., kako bi se postiglo jedinstveno inteligentno upravljanje ostalim uređajima kako bi se olakšalo upravljanje podatcima.

- LED zaslon

Mreža ulične rasvjete može se koristiti kao javna informativna mreža ugrađivanjem digitalnih panoa i zvučnika za upozoravanje i oglašavanje. LED zaslon opremljen pametnim svjetlosnim stupom može realizirati prikaz informacija, tako da se informacije mogu pravovremeno prikazivati. LED ekranom kao i s uličnom rasvjetom moguće je upravljati na daljinu.

- Upravljanje prometom

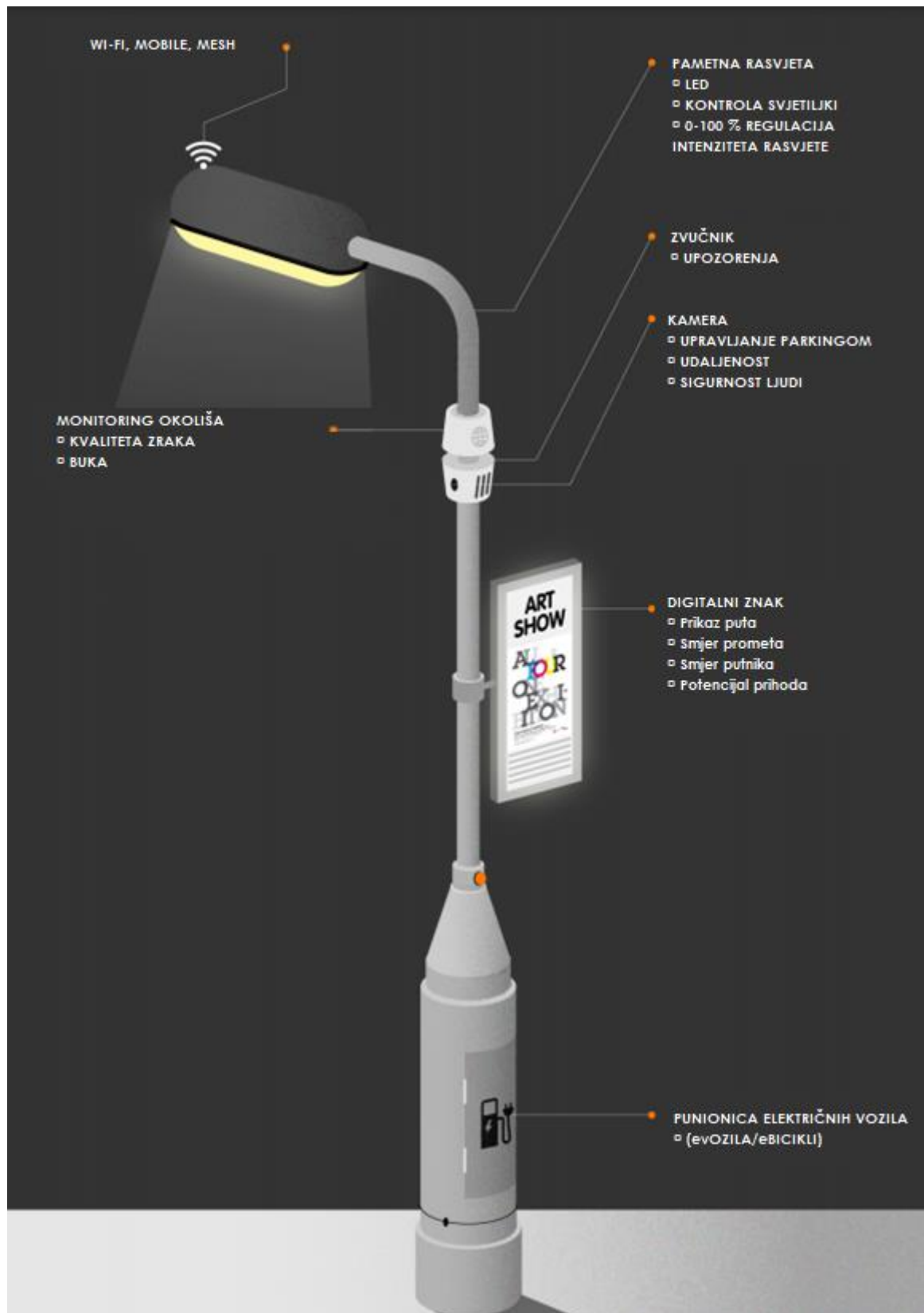
Pametni sustavi kontrole prometa koriste prometnu analitiku prikupljenu od brojača prometa i klasifikatora kako bi optimizirali protok prometa, vozila i pješaka. Dinamična interakcija između detektora prometa i semafora omogućuje prilagođavanje prometne rasvjete razinama zagušenja, vremenskim uvjetima, nesrećama ili drugim događajima koji mogu utjecati na protok prometa.

- Upravljanje parkingom

Senzori slobodnih mjesta za parkiranje postavljeni na stupovima ulične rasvjete prate zauzetost parkirnih mjesta i obavještavaju kontrolni centar, koji zatim vozilo može usmjeriti na ne zauzeto mjesto. Ova se tehnologija također može koristiti za nadzor vozila zbog kršenja pravila parkiranja i naplatu računa vozačima za duljinu vremena parkiranja.

- Odvratanje od kriminala

Ulična svjetla opremljena IP kamerama i snimačima zvuka omogućuju sigurnosnim vlastima da snimaju, pregledavaju i nadgledaju aktivnosti u područjima sklonima nesrećama i u naseljima s visokim kriminalom.



Slika 2.4. Pametni stup javne rasvjete [9]



### 3. LED ZASLON

LED je kratica koja označava svjetlosnu diodu, diodu koja emitira svjetlost. Unutar svake diode nalazi se poluvodič koji reagira na kontinuirani izvor napona stvarajući svjetlost, taj je postupak poznat pod nazivom elektroluminiscencija. Poznato je i pod nazivom „hladna svjetlost“, jer se, za razliku od staromodnih žarulja sa žarnom niti, svjetlost ne proizvodi zagrijavanjem metalne niti. Mogu se stvoriti različite vrste LED-a, ovisno o tehnologiji proizvodnje i montaže sklopova. To je jedan od energetski najučinkovitijih načina proizvodnje svjetlosti.

Rad LED-a koji emitira svjetlost temelji se na aktiviranju anorganskog poluvodiča zbog električne struje. Ovisno o spoju koji se koristi za poluvodič, mogu se postići različite vrste svjetlosnih emisija i boja. LED se sastoji od čvrstih materijala bez pokretnih dijelova i često je oblikovan u prozirnu plastiku. To osigurava visoku trajnost. Kad je LED uključen, emitira gotovo nula topline. To smanjuje problem hlađenja elektroničkih dijelova. Prva uspješna komercijalna upotreba tehnologija zasnovanih na LED-ima započela je s infracrvenim diodama koje se obično koriste u daljinskim upravljačima svih vrsta uređaja. Međutim, tehnologija zasnovana na LED-u trenutno je raširena u nekoliko industrija.

Uspjeh i prihvaćanje LED rasvjetnih sustava posljedica je dugog vijeka trajanja i male potrošnje energije. Napredak u LED tehnologiji doveo je do stvaranja LED zaslona velikih dimenzija koji se koriste za oglašavanje i kao informativne ploče. Zbog mnogih prednosti u odnosu na tradicionalne sustave, LED zasloni postali atraktivni za potrošače i privlačni za javnost jer sve češće ova tehnologija koristi na ulicama.

LED zaslon je tehnologija zaslona koja koristi ploču LED kao izvor svjetlosti. Trenutno veliki broj elektroničkih uređaja koriste LED zaslon kao zaslon i kao medij interakcije između korisnika i sustava. Suvremeni elektronički uređaji poput mobilnih telefona, televizora, tableta, računalnih monitora, ekrana prijenosnih računala itd., koriste LED zaslon za prikaz njihovog sadržaja. Najveća prednost LED zaslona je njegova učinkovita i niskoenergetska potrošnja. LED zaslon sastoji se od određenog broja LED ploča koje se, pak, sastoje od nekoliko dioda. LED imaju brojne prednosti u odnosu na druge izvore svjetlosti. Osim što su energetski učinkovite, daju više sjaja i veći intenzitet svjetlosti.

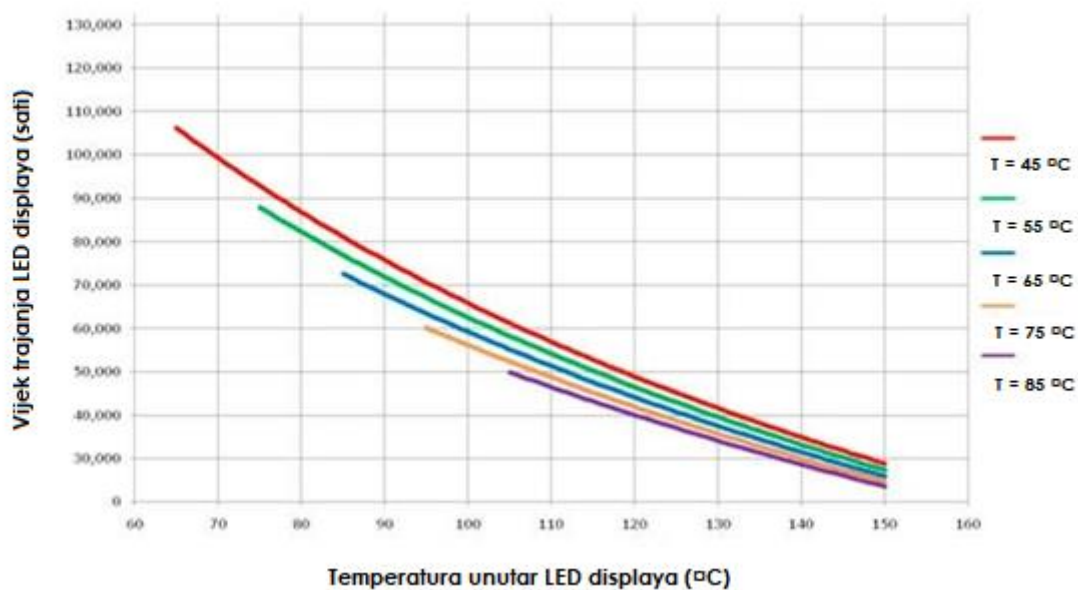
Snaga koju diode u LED zaslonu koriste ovisi o vrsti zaslona, svjetlini i upotrebi. Primjerice, potrošnja energije unutarnjeg zaslona razlikovat će se od vanjskog digitalnog znaka koji se mora vidjeti na izravnoj sunčevoj svjetlosti. Slike moraju biti bistre, ali svjetlost zaslona ne smije zasljepljivati. Vanjski LED zaslon mora biti puno svjetliji na dnevnom svjetlu nego kad padne

mrak. Ono što se prikazuje također ima utjecaja. LED zaslon prikazuje sliku uključivanjem i podešavanjem svjetline dioda u boji. Potpuno bijela slika s crnim tekstom zahtijevat će stoga mnogo više osvijetljenih dioda - i daleko više snage - od bijelog teksta na crnoj pozadini.

Kao i svaki proizvod koji stvara svjetlost, i LED pate od trošenja što se više koriste. Iako je njegovo trošenje progresivno i manje evidentno od ostalih konvencionalnih rasvjetnih sustava, trošenje će uvijek biti prisutno, i zbog toga treba paziti prilikom zakazivanja održavanja, popravka ili prilikom odlučivanja o zamjeni LED ploča ili modula. Drugi izvor trošenja koji treba imati na umu je pogonska struja. Veća struja uzrokuje da se svjetlosna učinkovitost znatno poveća, ali po cijenu njihovog životnog vijeka. Drugim riječima, veća struja skraćuje životni vijek proizvoda. Stoga je za optimizaciju vijeka trajanja LED sustava važno pažljivo upravljati svjetlinom i ne povećavati električnu struju preko preporučenih vrijednosti kako bi se dobio veći stupanj svjetline. Značajan faktor koji utječe na životni vijek LED sustava je radna temperatura LED-a. Što je temperatura viša, to je veće trošenje i manji će biti životni vijek trajanja LED-a. Zbog toga je važno da elektronika LED sustava bude optimizirana i dobro dizajnirana, kako bi se osiguralo da LED radi u optimalnim uvjetima. Programiranje LED s parametrima koji su zahtjevniji od preporučenog raspona svjetline povećat će joj temperaturu i smanjiti životni vijek.

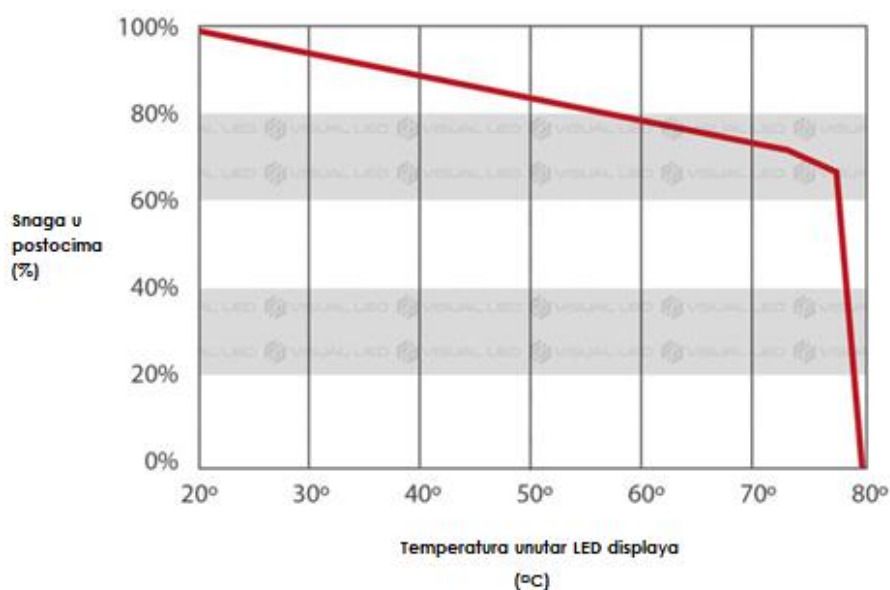
Teško je reći bilo što konkretno o životnom vijeku LED zaslona, jer mnogi čimbenici dolaze u obzir. Međutim, uz pravilno održavanje, zaslon zasigurno može trajati i više od deset godina, otprilike između 80 000 do oko 120 000 sati ovisno o materijalima i proizvođačima [10]. Kao i na sve vrste elektronike, na životni vijek također utječe svakodnevna uporaba i okoliš oko zaslona. Svjetlosne slike i visoka razina svjetline na zaslonu se više troše od tamnijih slika i niske razine osvijetljenja. Čimbenici poput vlage i sadržaja soli u zraku također mogu doći u obzir.

Tijekom životnog vijeka LED zaslona, izlaz svjetlosti od dioda će se smanjivati. O tome koliko ovisi o vrsti i generaciji dioda. Mnogi LED zasloni nikada ne koriste svoj puni intenzitet svjetlosti, pa će smanjenje rijetko predstavljati problem. Na slici 3.1. prikazan je graf ovisnosti životnog vijeka LED zaslona o temperaturi.



Slika 3.1. Graf ovisnosti životnog vijeka LED zaslona o temperaturi [10]

Potrošnja električne energije LED zaslona određena je pomoću nekoliko tehničkih značajki zaslona kao što su: svjetlina LED, veličina zaslona i broj dioda koje sadrži. Iako je potrošnja relativno na razini četvornih metara, sve će logično ovisiti o broju četvornih metara koje ima oglasni zaslon. Što je veća radna svjetlina LED zaslona, veća je i njegova potrošnja. Najveća svjetlina je potrebna kako bi zaslon imao dobru čitljivost u satima pune sunčeve svjetlosti. U ostalim vremenskim terminima može se znatno smanjiti svjetlina zaslona, a pritom zadržati savršenu čitljivost [10]. Slika 3.2. prikazuje ovisnost snage o temperaturi LED zaslona.



Slika 3.2. Graf ovisnosti snage LED zaslona o temperaturi [10]

Postoji nekoliko načina za učinkovito upravljanje potrošnjom energije zaslona:

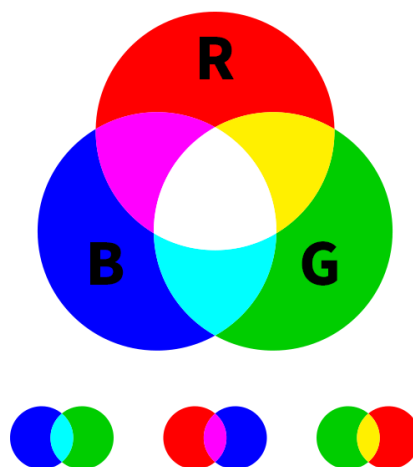
Kroz softversku aplikaciju može se upravljati vremenom uključivanja i isključivanja, može se programirati uvjete osvjetljenja zaslona prema dobu dana.

Svjetlosni senzori su fotoosjetljivi uređaji koji mjere svjetlinu okruženja zaslona. Na taj se način podešavanje svjetline zaslona može u potpunosti automatizirati. Ovi senzori omogućuju postavljanje krivulja ponašanja i pragova svjetline, nudeći tako potpunu kontrolu nad svjetlinom zaslona.

Dodavanje sustava rasporeda uključivanja i isključivanja na električnu ploču vrlo je korisno, jer se mogu isključivati softverskim putem, onemogućiti se reprodukcija sadržaja, ali zaslon i dalje ostaje uključen u svojevrsnom stanju čekanja. To se preporučuje za zaslone veće od 4 m<sup>2</sup>, jer potrošnja za manje veličine ne nadoknađuje uloženo ulaganje [10].

### 3.1. Vrste dioda

LED zaslon sastoji se od mnogih blisko raspoređenih dioda. Promjenom svjetline svake diode zajedno oblikuju sliku na zaslonu. Da bi se stvorila svijetla slika, koriste se principi aditivnog miješanja boja, pri čemu se nove boje stvaraju miješanjem svjetlosti u različitim bojama. (Slika 3.3.) LED zaslon sastoji se od crvene, zelene i plave LED montirane u fiksnom uzorku. Ove tri boje kombiniraju se i tvore piksel. Prilagođavanjem intenziteta dioda mogu se stvoriti ostale boje. Kada se LED zaslon gleda s određene udaljenosti, niz piksela u boji vidi se kao slika. RGB je kratica za crvenu, zelenu i plavu boju. Shema boja iskorištava činjenicu da se sve vidljive boje mogu miješati iz ove tri osnovne boje. Koristi se na gotovo svim vrstama zaslona, uključujući LED zaslone.



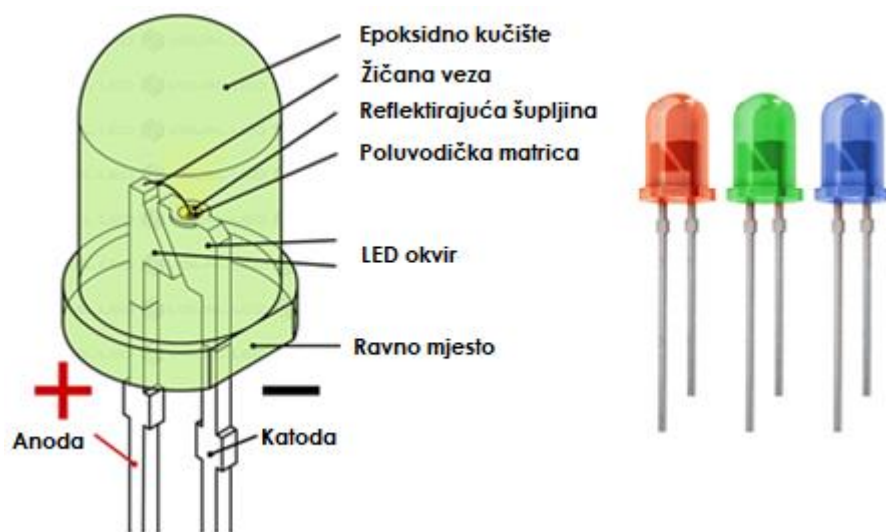
Slika 3.3. Prikaz aditivnog miješanja boja - shema boja [11]

### 3.1.1. Dioda s dvostrukom linijskom kapsulacijom

DIP LED (*engl. Dual In-Line Package Light Emitting Diode*) bila je preferirana opcija na zaslonima za oglašavanje do nedavno zbog njihove velike otpornosti na vanjske utjecaje i veliku sjajnost. Trenutno se ova vrsta LED tehnologije koristi samo za vrlo specifične projekte koji zahtijevaju visok stupanj otpornosti na udarce. Zbog manje proizvodnje u usporedbi s ostalim LED tehnologijama, to je skuplja opcija. Međutim, njegove performanse i izvanredna trajnost i dalje ga čine konkurentnom opcijom na tržištu.

DIP LED imaju cilindrični oblik s kuglicom na vrhu, što poboljšava projekciju svjetlosti. Unutrašnjost sadrži jednu ćeliju s poluvodičkim kristalom koji zrači svjetlost kontinuiranim protokom električne energije. Imajući jednobojnu ćeliju, DIP LED mogu proizvesti samo jednu boju. Zbog toga se zaslon s DIP vodičem kombinira u tri DIP piksela, a svaki može emitirati određenu boju (crvenu, zelenu i plavu). Također, DIP LED integrira se na modulima zavarivanjem izravno na pločicu pomoću dva pina, pa je zbog toga ova vrsta spoja otpornija od ostalih sustava, poput dioda za površinsku montažu.

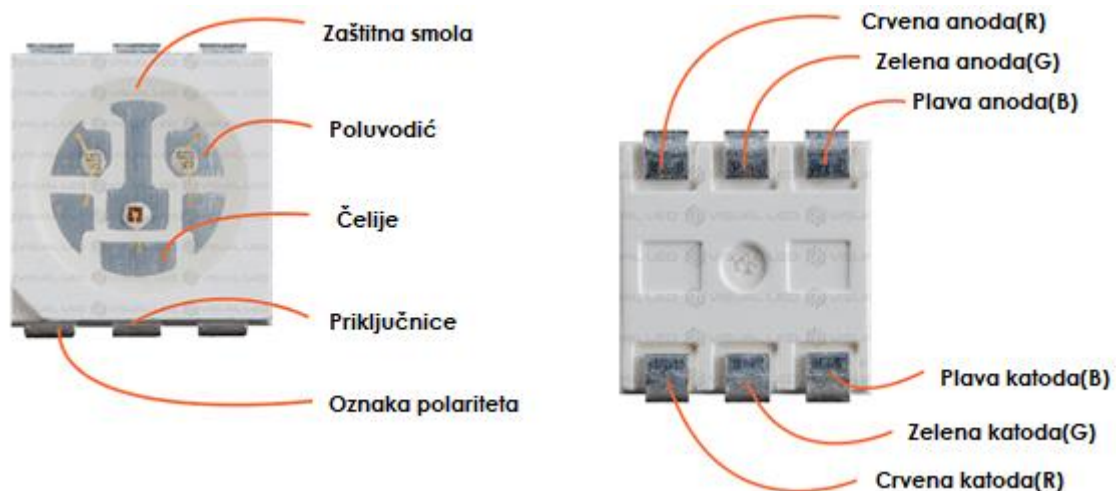
Tržište LED zaslona zahtijeva veće rezolucije zaslona i veći kut gledanja, što se može postići samo upotrebom SMD s manjim pikselima. Međutim, LED zasloni s tehnologijom DIP i dalje su izvrstan proizvod, pogodan za zaslone koji će se gledati na velikim udaljenostima, zahvaljujući svojoj svjetlini s velikom trajnošću i otpornošću. Slika 3.4. prikazuje DIP LED i njegove dijelove – epoksidno kućište, anodu, katodu, žičanu vezu, reflektirajuću šupljinu, poluvodičku matricu, LED okvir, Ravno mjesto.



Slika 3.4. Dioda s DIP kapsulacijom [10]

### 3.1.2. Dioda za površinsku montažu

SMD (*engl. Surface-Mounted Diode*) znači dioda koja je montirana na površinu pločice. To su elektroničke komponente koje se postavljaju površinski izravno na tiskanu pločicu - a ne kao prethodno lemljenjem metalnog pina na donjoj strani pločice. U tehnologiji LED zaslona, SMD zaslon je LED zaslon na kojem su crvene, zelene i plave diode smještene u malu plastičnu kapsulu koja je površinski montirana na tiskane ploče zaslona. Kad se diode kapsuliraju na ovaj način, one zauzimaju puno manje prostora, što omogućuje proizvodnju zaslona s manjim razmakom između dioda i većom razlučivošću. Sastavljanje na pločici vrši se polarizacijskim postupkom na prednjoj strani LED modula. Važno je da se ovaj postupak provodi s visokokvalitetnom opremom kako bi se izbjegli budući problemi poput labavih ili nefunkcionalnih dioda. Na slici 3.5. prikazani su dijelovi SMD – anode i katode za crvenu, plavu i zelenu, zaštitna smola, ćelija, svjetlosni poluvodič, priključnice, oznaka polariteta.



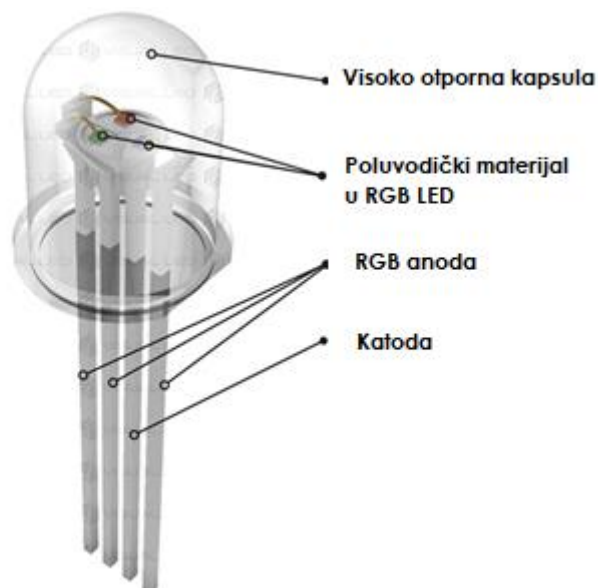
Slika 3.5. SMD [10]

SMD su pravokutnog oblika i sastoje se od tri ćelije. Te ćelije sadrže luminiscentni element (poluvodički kristal) koji stvara svjetlost kad kroz njega prolazi struja. Da bi se zaštitile SMD ćelije, smola se koristi za potpuno pokrivanje gornjeg dijela. Ovisno o broju ćelija u SMD-u, on će imati određeni broj kontakata za zavarivanje. Za jednobojne diode jedna je od njih uvijek anoda (+), a druga će biti katoda (-). U slučaju SMD RGB LED-a obično ima katodni kontakt i anodu za svaki luminiscentni element. Ovisno o njihovoj veličini, vrste LED-a klasificiraju se s četveroznamenkastim brojem: prve 2 znamenke za duljinu i sljedeće 2 za visinu LED-a u desetinkama milimetra (npr., 5050 led je 5x5 mm). SMD LED su trenutno najčešće korištene vrste LED-a na tržištu jer je zbog velikog broja proizvođača značajno smanjena cijena [10]. Razvoj i kontinuirane inovacije u luminiscentnom dijelu poluvodičkih kristala osiguravaju da ove diode iz

godine u godinu nude veću osvijetljenost uz istu potrošnju energije. SMD LED najčešće kombinira crvenu, zelenu i plavu (RGB) u jednom paketu. To omogućuje manje piksele s dobrim kutovima gledanja. Iako se SMD LED-i koriste i za unutarnje i za vanjske zaslone, oni su obično manje otporni i tamniji od DIP-ova.

### 3.1.3. Vandal-otporna dioda

Vandal-otporna dioda razvijena je kao način za poboljšanje DIP LED kombiniranjem trajnosti ove tehnologije s malim područjem piksela i visokom razlučivošću SMD LED, objedinjujući najbolje iz oba svijeta u jednom proizvodu. Ove diode imaju kapsulu cilindričnog oblika koja završava kuglom, slično onima na konvencionalnim DIP LED-ima. Međutim, unutrašnjost je ono što ih čini jedinstvenima, engljer imaju tri integrirane kapsulacije umjesto tradicionalne pojedinačne. Na slici 3.6. može se vidjeti da svaka kapsula sadrži jedan od tri poluvodička kristala koji proizvode crvenu, zelenu ili plavu svjetlost. Slično kao i SMD LED, vandal-otporne LED mogu prikazivati bilo koju od tri boje omogućujući veću fleksibilnost [10].



3.6. Vandal-otporna dioda [10]

## 3.2. Dijelovi LED zaslona

LED zasloni su modularni uređaji s nekoliko komponenata, što je vidljivo na slici 3.7.:

- Ormarići - temeljni modularni dio zaslona. Većina divovskih LED ekrana obično je podijeljena u niz ormarića koji tvore cijeli zaslon kad se spoje. LED ormari olakšavaju proizvodnju i transport zaslona.
- Strukturna šasija - u okviru se nalaze ostali dijelovi ormarića. Može se proizvesti od različitih materijala u skladu s tehničkim zahtjevima instalacije.

- LED moduli - elektronički moduli koji se sastoje od elektroničke ploče s diodama i vanjskog plastičnog ili metalnog okvira.
- Izvori napajanja - komad koji transformira i regulira napon električne mreže za napajanje ostalih elektroničkih komponenata u zaslonu.
- Podatkovna kartica – prima podatke koje će svaki zaslon prikazati i distribuira ih svim modulima ormarića.
- Podatkovni krug - skup ožičenja koji se koristi za povezivanje podatkovnih kartica s LED modulima i međusobno povezivanje ormara.
- Strujni krug - skup ožičenja koji se koristi za povezivanje izvora napajanja s ostalim elektroničkim komponentama ormara i za povezivanje svih ormara s električnom mrežom.



Slika 3.7. Dijelovi LED zaslona [10]

Napajanja unutar LED zaslona reguliraju električnu struju koja napaja zaslon. Oni transformiraju standardni napon od 110-230 V u odgovarajuću razinu napona i snage za rad zaslona. U svakom okviru ili ormariću nalazi se nekoliko izvora napajanja koji primaju i emitiraju električnu struju kroz njihove priključne terminale. Elektronika LED ploča je osjetljiva, pa je potrebno koristiti posebna napajanja kako bi svi njezini dijelovi bili zaštićeni i trajali dugi niz godina. Napajanja se biraju prema izlaznoj snazi. Napajanje LED zaslona mora udovoljavati nizu zahtjeva [10]:

- 5 V DC stabilizirani izlaz
- 110-230 V AC ulaz
- 5V DC izlazi podijeljeni u dva ili tri izlaza.
- Ukupna snaga između 200-450 W
- Izlazna struja između 40-60 A
- CE certifikati o proizvodnji

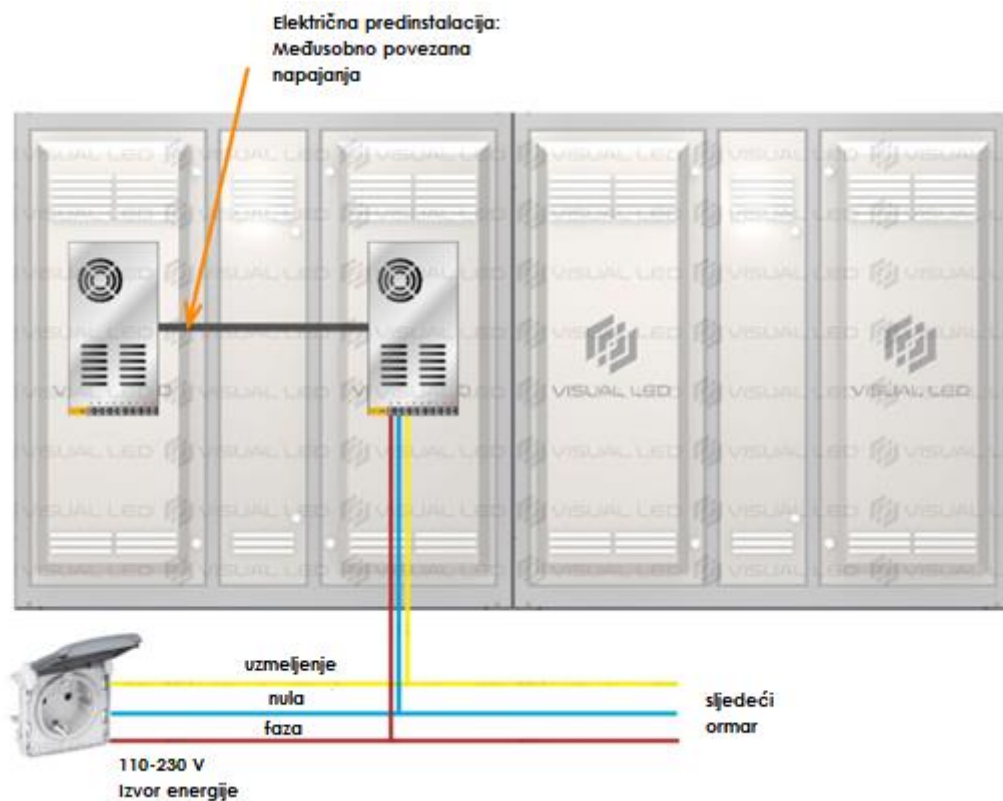




Slika 3.8. Terminali za napajanje [10]

TERMINALI ZA NAPAJANJE: L (vod) - fazna stezaljka ili vod izmjenične struje na 230 V – 110 V, N (neutralno) - neutralni priključak izmjenične struje na 230 V – 110 V, uzemljenje, V- - izlaz istosmjerne struje (negativni pol), V+ - istosmjerni izlaz (pozitivni pol) (Slika 3.8.).

Svaki okvir LED zaslona ima unaprijed instalirano ožičenje koje povezuje napajanja. Dakle, na mrežu se mora povezati samo jedno napajanje iz svakog ormarića, a napajat će se i ostatak. Odabire se lako dostupno napajanje u svakom okviru i spoje se terminali L, N i uzemljenje ožičenjem instalacije. Preporučena je uporaba, kad god je to moguće, određene električne ploče za zaslon i grupiranje do 4 okvira za svako napajanje. Slika 3.9. prikazuje povezivanje dva napajanja.



Slika 3.9. Shema povezivanja dva napajanja [10]

Izlaz napajanja obično je niži od nazivnog jer gubici u snazi nastaju zbog različitih čimbenika, poput fluktuacije ulaznog napona, harmonika na mreži, temperature okoliša, radnog opterećenja itd. Energetska učinkovitost je maksimalna snaga koju napajanje može proizvesti i predstavljena je s postotkom. Napajanja tijekom rada imaju "gubitke" i iz tehničkih razloga ne daju punu snagu.

Napajanja emitiraju toplinu uzrokovanu njezinim komponentama tijekom njihova rada. Najveći problem bilo kojeg elektroničkog uređaja predstavljaju visoke temperature pa se zbog toga ugrađuju rashladni sustavi. S jedne strane, ako je opskrba slabo napajana, vanjski zrak može održavati unutrašnjost hladnom, te opskrbe imaju ono što nazivamo pasivnim rasipanjem i obično se koriste u zatvorenim zaslonima ili trgovinama. Opskrbe s velikim napajanjem koriste ventilatore koji se uključuju kad temperatura napajanja prijeđe prag, odmah hladeći njihove komponente. Ova vrsta napajanja koristi se na vanjskim zaslonima ili zaslonima velike svjetline. Elektroničke komponente LED zaslona prilično su osjetljive, pa je upotreba kvalitetnih napajanja najvažnija, jer ne samo da pretvaraju električnu energiju, već je i filtriraju i stabiliziraju. Kvalitetnim zalihama postizemo veću trajnost i izbjegavamo probleme s radom.



Slika 3.10. Kartica za slanje podataka [10]

Kartica koja šalje podatke je tipična komponenta u sinkronim sustavima. Ova je kartica odgovorna za pretvorbu ulaznog video signala (HDMI/DVI) u format koji zaslon može interpretirati. U većini slučajeva izlazi s ovih kartica na LED zaslon su putem uobičajenog mrežnog kabela CAT6/7. Ova vrsta kartice za slanje integrira središnji FPGA (*engl. Field Programmable Gate Array*) kontroler, programiran s programskim jezicima VHDL. FPGA izvodi pretvorbu digitalnih video podataka i dijeli ih na milijune malih dijelova kako bi ih mogli interpretirati prijemne kartice instalirane na LED zaslonu [10]. Do sada je uvijek bilo potrebno koristiti kartice za slanje u sinkronim LED zaslonima budući da su zasloni izrađeni od LED-a ili pojedinačnih piksela, postaje neophodno koristiti elektroniku i određeni komunikacijski sustav kako bi se primili podaci za njihovo obavljanje funkcija. Zbog toga je potrebno koristiti element "prevoditelj" koji obavlja ovaj posao. Trenutno, zbog snage računalne opreme, neki proizvođači ne koriste ovu karticu i koriste samo računalo za izvršavanje ovog zadatka u stvarnom vremenu, izbjegavajući tako upotrebu dodatnog elementa za izvršenje ove pretvorbe. Kartice za slanje obično se klasificiraju prema kapacitetu razlučivosti koji su sposobni za obradu. Pa tako postoje kartice koje mogu postići maksimalne

izlazne razlučivosti 1024 x 768 i veće s kapacitetima do 4K. Potrebno je prilagoditi razlučivost LED zaslona kapacitetu svake kartice koja šalje podatke [10]. Osim mogućnosti razlučivosti koju mogu ponuditi, mogu obavljati i druge pomoćne funkcije kao što su optimizacija svjetline LED zaslona, mjerenje temperature prostora, otkrivanje pogrešaka na LED zaslonu itd.



Slika 3.11. Kartica za prijem podataka [10]

Te kartice distribuiraju primljene informacije o slici i videozapisu i šalju ih svim diodama i pikselima koji čine zaslon kako bi stvorili cjelovitu sliku ili videozapis. Sav se taj postupak obavlja u stvarnom vremenu, pa je to postupak koji zahtijeva brze prijenose i koordinaciju između svih komponenata zaslona i kartice za slanje. Kartica je izravno povezana s modulima ili LED pločama, pa se mora nalaziti unutar LED zaslona. Prijemna kartica ima nekoliko izlaza podataka koji, prema mogućnosti obrade, šalju informacije određenom broju modula ili led ploča. Prijemne kartice imaju ograničeni kapacitet za obradu podataka. Ovisno o kapacitetu, cijena prijemne kartice varirat će [10]. Pored toga, moguće je integrirati pomoćne elemente u ove kartice, kao što su unutarnji temperaturni senzor, uključivanje i isključivanje ventilatora, prekidač za uključivanje/isključivanje napajanja, kalibracija boja na LED zaslonima, otkrivanje dima, upozorenje na neovlašteni pristup LED zaslonu itd.

Uređaji za reprodukciju sadržaja za LED zaslone ili LED uređaji za reprodukciju su sustavi koji reproduciraju i pohranjuju video i slikovne sadržaje za LED zaslone. Pomoću njih mogu se stvoriti popisi za reprodukciju koji će se reproducirati na zaslonu. Uređaj može biti hardver (asinkroni sustavi) ili softver za reprodukciju (sinkroni sustavi).

Ovi uređaji za reprodukciju imaju nekoliko zajedničkih funkcija:

- Učitavanje videozapisa i slika
- Zakazivanje videozapisa prema kalendaru

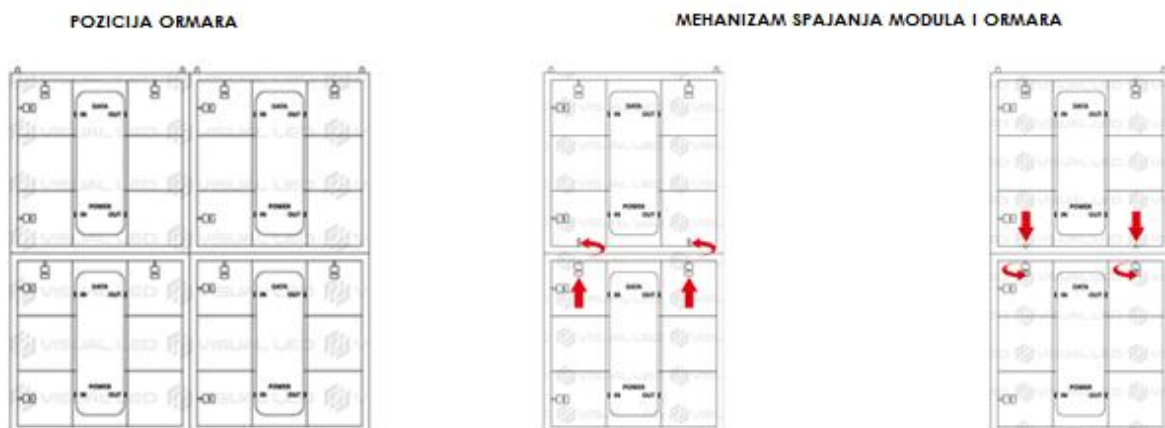
- Zakazivanje svjetline zaslona

Na tržištu postoji širok izbor sustava za reprodukciju sadržaja za LED zaslone. Svaki od njih ima skup funkcija i ograničenja, a postoje čak i modeli koji kombiniraju različite vrste značajki, uključujući različite priključke za povezivanje za video izvore, unutarnju memoriju, pristup i kontrolu putem mreža, između ostalog. Najčešći uređaji za reprodukciju sadržaja: PC softver za reprodukciju, asinkroni hardverski uređaj, sinkroni hardverski uređaj i sustav za skaliranje video procesora.

Video procesor za LED zaslone je uređaj koji pretvara ulazni video signal (DVB-T, videokamere, računalo itd.) u razlučivost divovskog LED zaslona. Ovim se osigurava da videozapisi i slike reproducirani na LED zaslonu u potpunosti ispunjavaju cijelu sliku i nisu deformirani ili imaju crne trake na krajevima. Zaslone za LED oglašavanje imaju različite razlučivosti, jer se radi o proizvodima prilagođenih veličina. Ako se zaslone koriste isključivo u reklamne svrhe, nije potrebno koristiti video procesor, jer softver za oglašavanje ovu funkciju već izvršava automatski. Ali ako želimo povezati vanjske video izvore kao što su DTT ili satelitski TV signali, video kamere, tada je poželjno imati video procesor koji može izvršiti ovu konverziju skaliranja [10].

### 3.3. Spajanje komponenata LED zaslona

Pozicioniranje i montaža LED zaslona relativno je lagana i izvodi se u kratkom vremenu zahvaljujući laganim okvirima i mehanizmima brzog spajanja. Okviri se postavljaju jedan do drugog. Na gornjoj i bočnoj strani okvira nalaze se mehanizmi za brzo spajanje koji se lako zaključavaju i čine jake spojeve između okvira, što omogućava vodoravno i okomito spajanje okvira. Slika 3.12. prikazuje načine spajanja okvira i mehanizam [10].



Slika 3.12. Mehanizam spajanja LED zaslona [10]

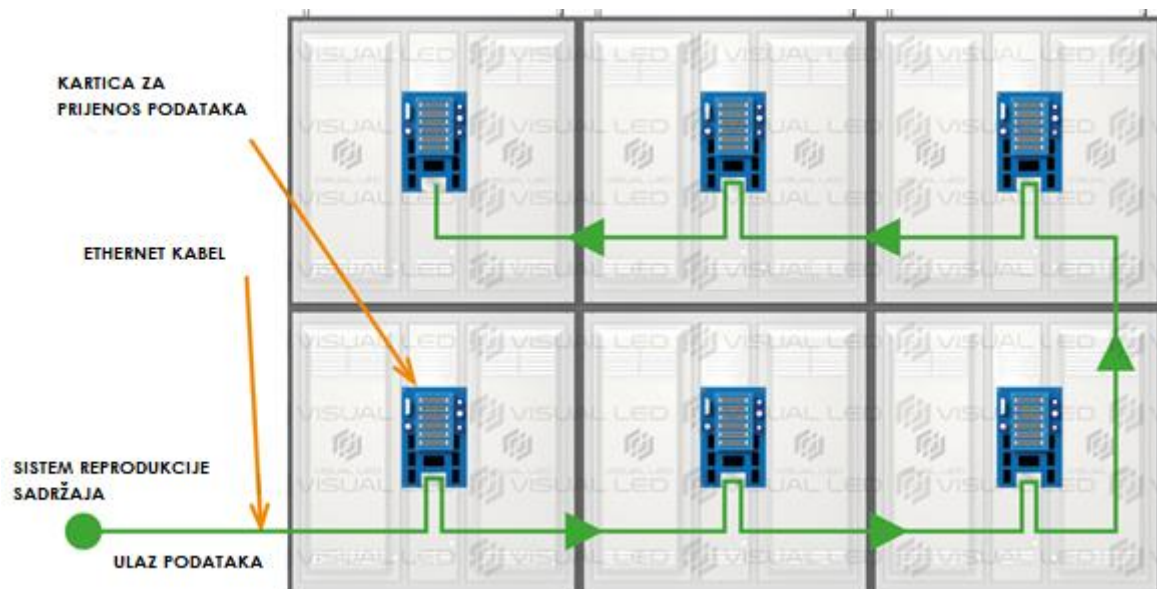
Spajanje komponenata LED zaslona dijeli se na dva dijela: spajanje signala (podatkovni krug) i spajanje napajanja LED zaslona. Na slici 3.13. vidljiv je dijagram koji prikazuje spajanje LED modula.



Slika 3.13. Dijagram ožičenja LED zaslona [12]

Podatkovno ožičenje ili podatkovni krug skup je sustava koji prenose video signal na zaslone. Kompletni podatkovni krug sadrži sljedeće elemente: sustav reprodukcije, vanjska mrežna kabelska veza između uređaja za reprodukciju i jedne od podatkovnih kartica na LED zaslonu, serijska veza mrežnog kabela između svih podatkovnih kartica na svim ormarićima LED zaslona, unutarnje veze ravnih kabela između podatkovne kartice svakog ormara i njegovih LED modula.

Prilikom instaliranja LED zaslona, podatkovno ožičenje dovršava se međusobnim povezivanjem ormarića. U ovoj vrsti instalacije pristupa se unutrašnjosti svakog ormarića i povezuje podatkovne kartice (obično iza središnjih vrata kabine) provlačenjem podatkovnih kablova kroz rupu za ožičenje na sljedeći ormar praveći cik-cak uzorak. Nakon što je red završen, on se prosljeđuje u gornji ormar i ožičenje se nastavlja sve dok zaslon nije završen (Slika 3.14.) [10].

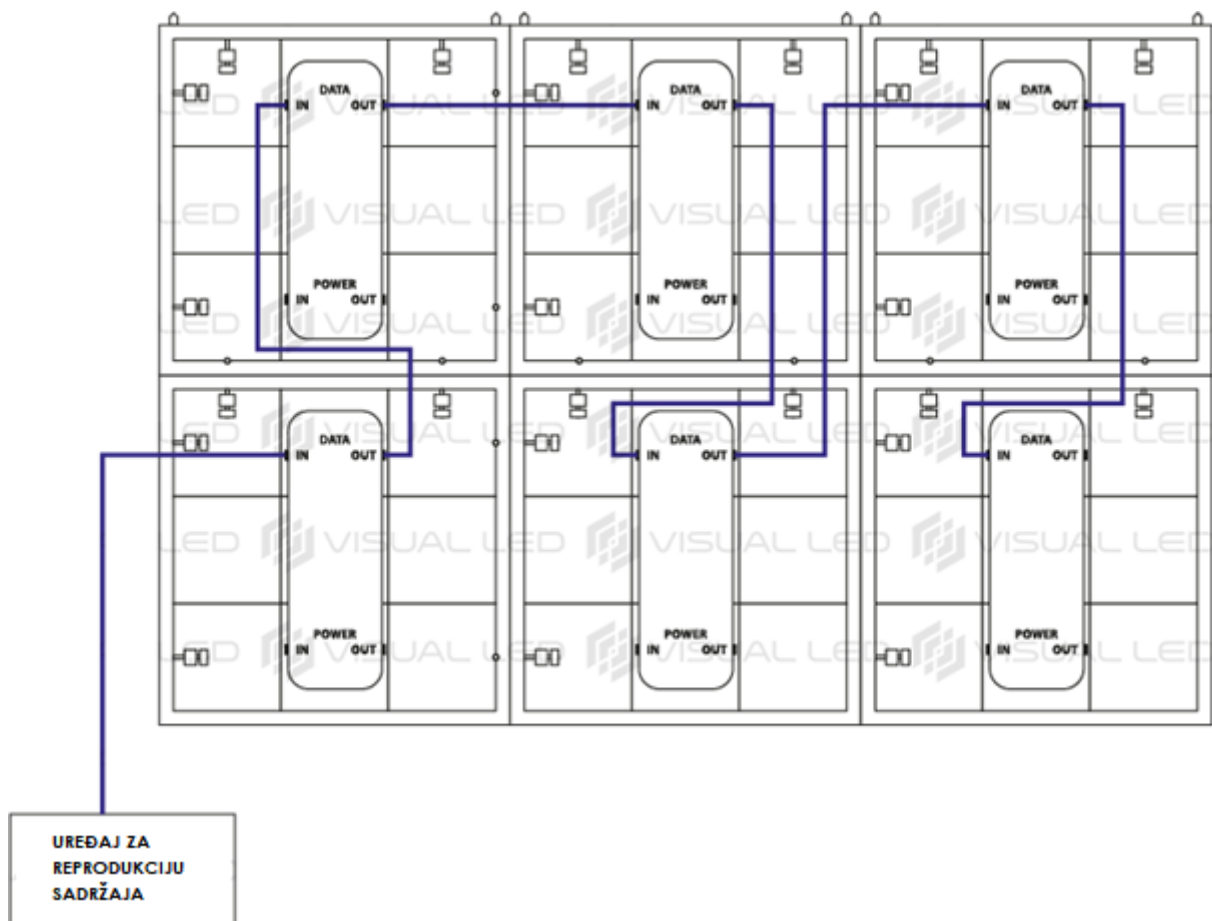


Slika 3.14. Dijagram podatkovnog kruga [10]

Postoje različite metode za prolazak podatkovnih kabela, ovisno o vrsti ormara, a najčešći su:

- Rupe za kabele - obično se nalaze na bočnim stranama zaslona, stvarajući put za ožičenje između dva ormara. Na taj se način ožičenje potpuno skriva od pogleda. Ti se sustavi obično koriste u fiksnim instalacijskim zaslonima.
- Vanjski priključci za povezivanje - neki ormarići imaju priključke za ulaz i izlaz podataka. Ovaj serijski sustav povezuje sve ormare zaslona vanjskim kabelima. Ti se sustavi obično koriste na zaslonima za mobilnu instalaciju.

Ožičenje podataka mora slijediti cik-cak poredak prema stupcima okvira. Uvijek se kreće od donjeg lijevog okvira i povezati sustav za reprodukciju na priključak DATA IN. Spaja se DATA OUT priključak na DATA IN priključak gornjeg okvira dok stupac ne bude dovršen. Iz gornjeg okvira stupca spaja se na okvir do njega da bi se ovaj put nastavilo silaznim redoslijedom. Nakon toga spajaju se sve podatkovne veze na LED zaslonu, što je vidljivo na slici 3.15.



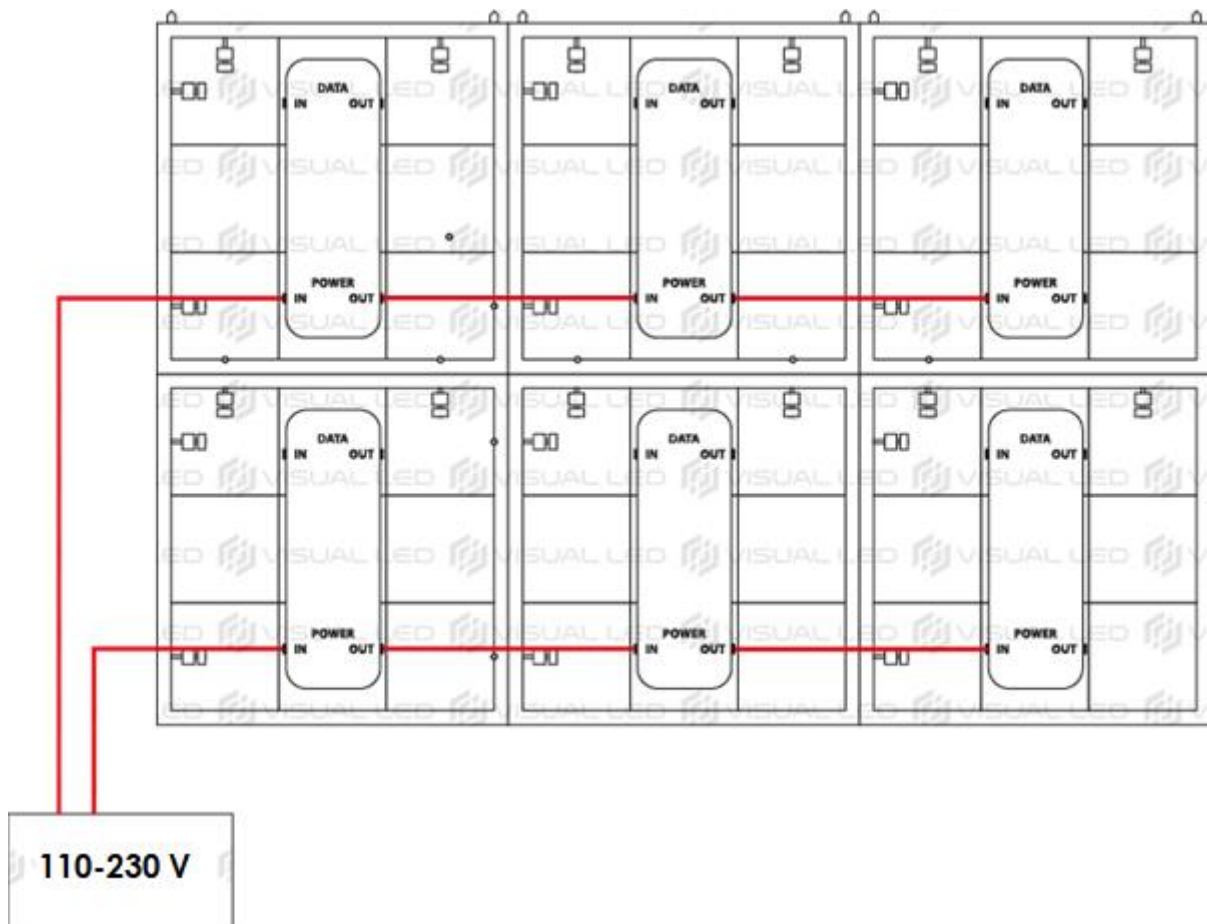
Slika 3.15. Dijagram podatkovnog kruga – priključci [10]

Krug napajanja napaja električnom energijom sve unutarnje dijelove zaslona. U krugu napajanja s LED zaslonom nalaze se sljedeće komponente:



- Utičnica za električnu mrežu - za zaslone velikih površina električna razvodna ploča za upravljanje napajanjem.
- Kabeli za napajanje - opskrbljuju električnom energijom jedan ili više ormarića.
- Napajanje - unutar svakog ormarića nalazi se nekoliko izvora napajanja koji transformiraju električnu struju u razinu napona i jačine struje potrebne za rad zaslona.
- Unutarnje ožičenje - međusobno povezuje izvore napajanja s ostalim elektroničkim komponentama ormarića.

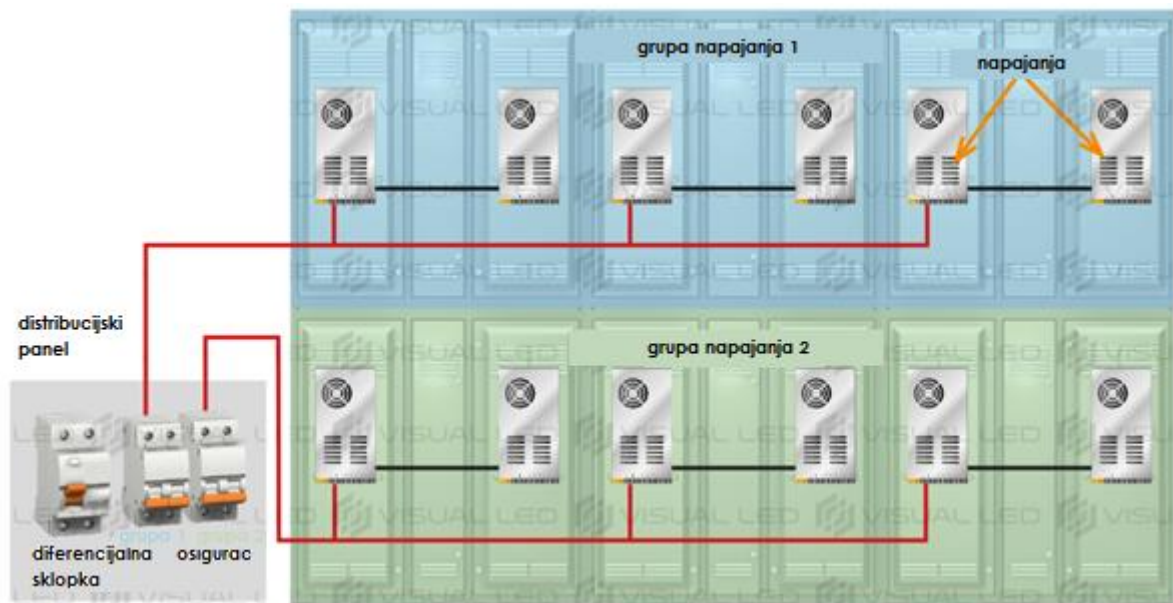
Ožičenje napajanja jednostavno je izvesti zahvaljujući profesionalnim priključcima integriranim u zaslon. Na dijagramu slike 3.16. vidljivo je kako se zaslon napaja po skupinama okvira. Spaja se iz utičnice na priključak POWER IN prvog okvira i nastavlja od priključka POWER OUT do priključka POWER IN sljedeće kabine.



Slika 3.16. Dijagram povezivanja napajanja - priključci [10]

Svi ormarići LED zaslona imaju unaprijed instalirane krugove napajanja kako bi se olakšala instalacija. To uključuje: međusobnu vezu između izvora napajanja, vezu s njihovim LED modulima, kao i internu podatkovnu karticu. Najčešći tip spajanja ožičenja LED zaslona s

mrežom, na način da se napajaju napajanja svakog ormarića tako što će se priključiti na glavni vod. Produže se kabeli s električne ploče u unutrašnjost ormarića pomoću bočnih rupa. Mora se izračunati potrošnja energije zaslona iz tehničkog lista (potrošnja po kvadratnom metru) i odrediti osigurač i diferencijalne sklopke slijedeći sliku 3.17.



Slika 3.17. Dijagram povezivanja grupe napajanja [10]

Za električnu ploču zaslona potrebno je nekoliko osigurača. Količina osigurača odredit će se veličinom zaslona i brojem ormarića. Općenito se koristi jedna utičnica za struju za svaku skupinu od 2 do 3 kabine kako je prikazano na dijagramu. Nije preporučljivo povezati više od 3 kabine na isti osigurač jer to povećava rizik od preopterećenja [10].

### 3.4. Upravljanje i komunikacija LED zaslona

Razvojem LED tehnologije, svjetlina LED elektroničkog zaslona također se povećala, a veličina je sve manja i manja. Međutim, povećanje svjetline LED-a i gustoće piksela donijelo je nove i veće zahtjeve za upravljanje LED zaslonom. Što se tiče općeg unutarnjeg LED zaslona, opća metoda upravljanja sada prihvaća način rangiranja i pod kontrole, koji se obično naziva načinom skeniranja LED zaslona (*engl. LED Display Scanning Mode*). Trenutno način rada LED zaslona elektroničkog zaslona ima dvije vrste statičkog skeniranja i dinamičkog skeniranja, a statičko skeniranje podijeljeno je na statičku stvarnu sliku i statičko virtualno, dinamičko skeniranje također je podijeljeno na dinamičku stvarnu sliku i dinamičko virtualno. [13]

Na LED elektroničkom zaslonu omjer broja osvijetljenih redaka istovremeno i broja redaka na cijelom području naziva se načinom skeniranja. Skeniranje se također dijeli na 1/2 skeniranje, 1/4



skeniranje, 1/8 skeniranje, 1/16 skeniranje i druge metode skeniranja. To znači da je način prikaza zaslona drugačiji, a zatim je postavka kartice koja prima također drugačija. Ako se prijemna kartica izvorno koristi na LED zaslonu s 1/4 skeniranja, a sada se koristi na statičnom zaslonu, LED na zaslonu bit će jedna linija koja osvjetljava svakih pet redaka. Općenito se može postaviti kartica koja prima, a glavne komponente kao što su kartica koja šalje, zaslon LED zaslona i računalo mogu se povezati s odgovarajućim softverom za podešavanje.

Metode skeniranja LED elektroničkog zaslona:

- 1) Dinamično skeniranje: Dinamičko skeniranje je kontrola "točke do stupca" od izlaza upravljačkog programa prema pikselu. Za dinamičko skeniranje potreban je upravljački krug, cijena je niža od statičkog, ali učinak zaslona je slab, a gubitak svjetline velik.
- 2) Statičko skeniranje: Statičko skeniranje je kontrola "od točke do točke" od izlaza upravljačkog softvera do piksela, statičko skeniranje ne zahtijeva upravljački sklop, cijena je veća od dinamičkog skeniranja, ali postoje mnoge prednosti, efekt zaslona je dobar, stabilnost, gubitak svjetline manji itd.

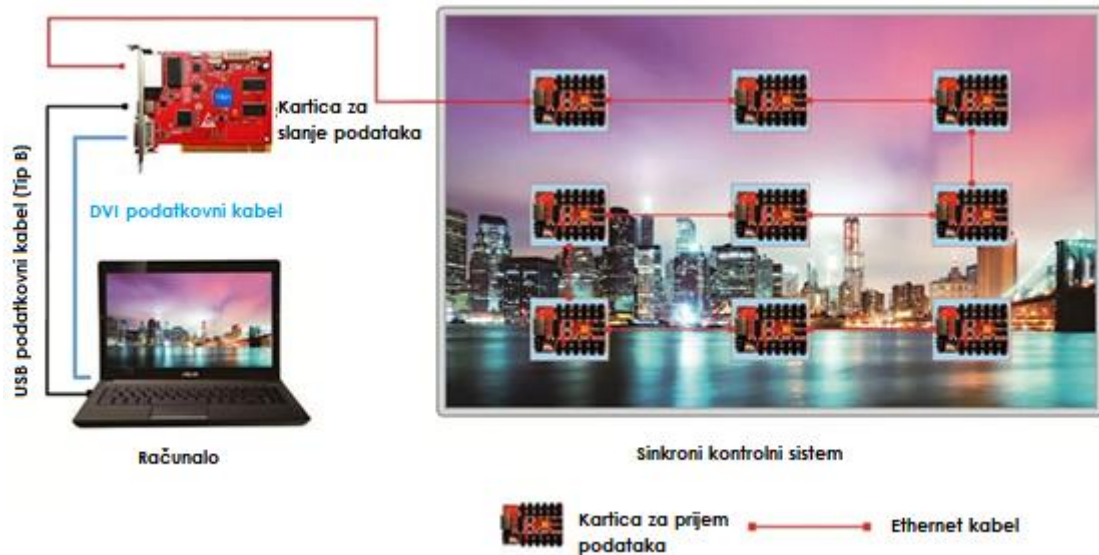
1/4 načina skeniranja LED elektroničkog zaslona radi tako da se svaki red napajanja V1-V4 uključi za 1/4 prema kontrolnom zahtjevu u jednom okviru slike. To ima prednost u učinkovitijoj upotrebi karakteristika zaslona LED-a i smanjenju hardverskih troškova. Nedostatak je što u jednom okviru slike svaki red LED-a može prikazati samo 1/4 vremena.

Prema klasifikaciji metoda skeniranja LED elektroničkog zaslona:

1. Način skeniranja unutarnjeg LED elektroničkog zaslona u boji: P2 i P2.5 su konstantne struje 1/32, P3 i P4, P5, P6 su konstantne struje 1/16, P10 su konstantne struje 1/8 skeniranja.
2. Način skeniranja vanjskog LED elektroničkog zaslona u boji: P10 i P6 su konstantna struja 1/2 i 1/4 skeniranja, P10 i P6 su konstantna struja 1/8 skeniranja.
3. Jednobojni i dvobojni LED elektronički prikaz način skeniranja uglavnom je konstantna struja 1/4 skeniranja [13]

Kontrolni sustav LED zaslona je sustav koji kontrolira i prikazuje videozapise, animacije, slike, tekstove i drugo, na LED zaslonu. Postoje tri vrste upravljačkih sustava, sinkronizirani sustavi, asinkroni upravljački sustavi i dvostruki upravljački sustavi koji su kombinacija sinkroniziranih i asinkronih sustava.

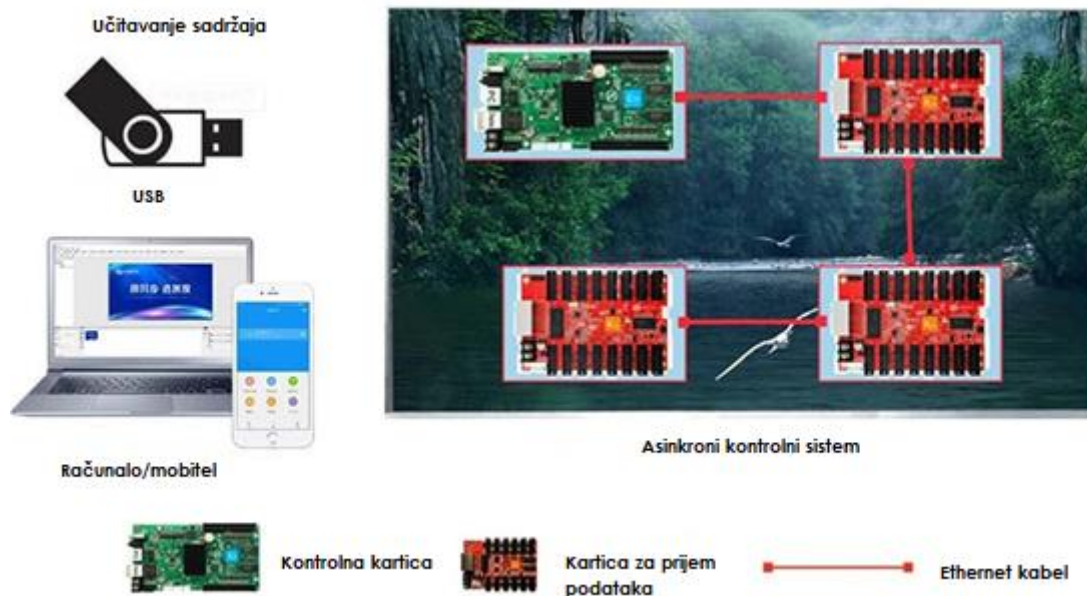
Sinkronom upravljanju potreban je računalni sustav za prikazivanje reklamnih medija na LED zaslonu. Ova vrsta kontrolne kartice prikladna je za primjenu kod koje se treba vrlo često mijenjati medij zaslona ili na njoj mora biti prikazano puno medija (poput ogromnih vanjskih televizora ili ogromnih panoa). Postoje različite sinkrone upravljačke kartice s mrežnim, Wi-Fi ili GPRS opcijama.



Slika 3.18. Sinkronizirani sustav upravljanja [14]

Sinkrono upravljanje znači da će ekran LED zaslona prikazivati ono što prikazuje računalo. Sinkronizirani sustav sastoji se od kartice za slanje podataka, kartice za prijem i odgovarajućeg upravljačkog softvera koji će biti instaliran na računalu (Slika 3.18.). Odnosno, potrebno je računalo koje stalno radi sa ekranom LED zaslona, kad računalo ne radi, zaslon LED zaslona također će prestati raditi. Radi tako da preslikava sliku s monitora računala u stvarnom vremenu brzinom ažuriranja od najmanje 60 sličica u sekundi. Obično može prikazati višedimenzionalni prikaz u boji, koji može postići učinak multimedijjskog oglašavanja.

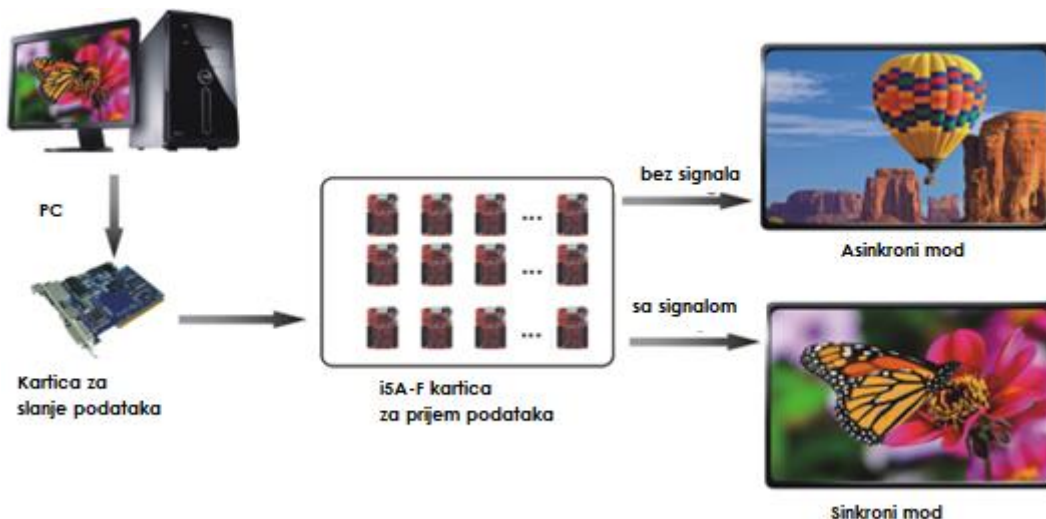
Za razliku od sinkronih upravljačkih kartica, asinkronim upravljačkim karticama nije potrebno nijedno računalo da ih kontrolira. Svi mediji za oglašavanje spremaju se u internu memoriju, a zatim se upravlja kontrolnom karticom prema programiranom rasporedu. Ova vrsta kontrolne kartice prikladna je za sve aplikacije koje ne trebaju svakodnevno ažuriranje i dostupna je s opcijama USB, kabel, Wi-Fi ili GPRS.



Slika 3.19. Asinkroni sustav upravljanja [14]

U usporedbi sa sinkroniziranim sustavom upravljanja, asinkroni sustav upravljanja je upravo suprotan. Ne treba računalo za stalni rad s zaslonima jer kartica za slanje ima ugrađenu memorijsku funkciju. Karakterizira ga jednostavan rad, niska cijena i širok spektar upotrebe. Najveća je značajka da se sadržajem zaslona može upravljati prema području, a sadržaj nije sinkroniziran s računalnim monitorom. Obično se stavlja u ormarić i program se može poslati na karticu za slanje s računalom putem ethernet kabela, 3G, WiFi, SD kartice ili USB-a. Asinkroni načini upravljanja uglavnom se koriste kod vanjskih LED zaslona koji će biti instaliran na nekim mjestima gdje nema upravljačke sobe za postavljanje računala [14]

U većini stvarnih aplikacija, kupci se nadaju da LED zaslon ne samo da ima dobar prikazni efekt i fleksibilnost koju ima zaslon sa sinkronim upravljačkim sustavom, već i jednostavan rad kao i LED asinkroni upravljački zaslon. Razvijena je i5A-F LED kartica, dual-mode kontrolna kartica koja podržava sinkroni i asinkroni sustav upravljanja i oba načina rada i može se nesmetano slobodno prebaciti između ta dva načina rada [15]. Ova nova tehnologija LED kontrolnog sustava široko se koristi u oglašavanju, sportskim događanjima, robnim markama, poduzećima, hotelima, pozornicama, klubovima, demonstracijama, izložbenim salonima itd.



Slika 3.20. Dvostruki način kontrole LED zaslona [15]

Komunikacija s LED zaslonom predstavlja jedan od glavnih uvjeta prilikom odabira odgovarajućeg zaslona. Postoje razne vrste komunikacija s LED zaslonima a to su USB, Wi-Fi, Internet, GPRS.

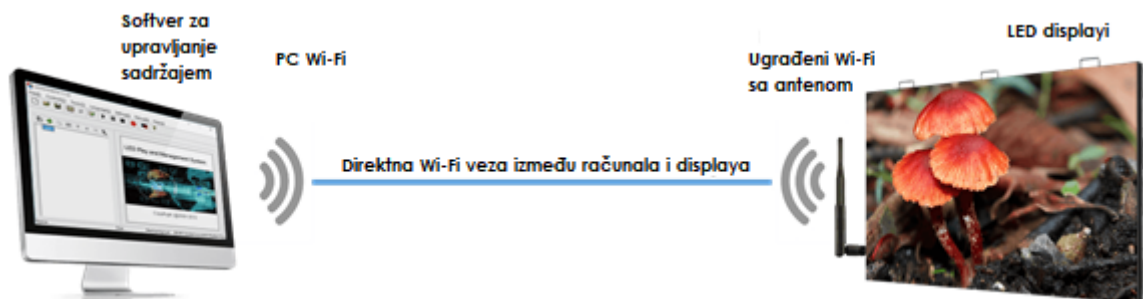
USB komunikacija najosnovnija je vrsta komunikacije. Ovom metodom softver izvozi novu poruku i dizajn, kao i nove postavke na USB pogon. Zatim se USB priključuje na USB priključak znaka za prijenos podataka. Nakon automatskog prijenosa novih podataka, USB pogon se može odvojiti.



Slika 3.21. USB komunikacija [16]

Prednosti ovakve vrste komuniciranja su manji troškovi, pouzdaniji, jednostavniji način popravka i održavanja, stoga ne postoje složeni dijelovi u više koraka između računala i LED znaka. Može se koristiti kao rezervna komunikacija u slučaju bilo kakve neispravnosti s drugim komunikacijskim metodama. Nedostatak ovakve komunikacije je da mora postojati pristup USB priključku s LED znakom.

Wi-Fi komunikacija standardna je opcija za komunikaciju LED znakovima jer je jeftina i ne ograničava mjesto znaka i mjesto softvera za upravljanje sadržajem. Ovom metodom softver za upravljanje sadržajem izravno komunicira s internim Wi-Fi modulom LED znaka [16].



Slika 3.22. Wi-Fi komunikacija [16]

Wi-Fi komunikacija je najbolja kada je LED zaslon instaliran izvan pristupa u krugu od 100 metara ili ako se želi vrlo često ažurirati LED zaslon. Jeftin je, fleksibilan i ne trebaju mu dodatni komunikacijski uređaji. Nedostatak je taj da je ograničena do 100 m na otvorenom prostoru [16].

Internet komunikacija najbolja je za upravljanje jednim ili više elektroničkih znakova iz daljine. U ovoj metodi, softver za upravljanje komunicira s LED zaslonom putem internetske veze. Na stražnjoj strani, softver za upravljanje sadržajem šalje novi dizajn ili postavke na server korištenjem bilo koje vrste internetske veze. Na strani znaka, znak može preuzeti podatke iz oblaka (*engl. cloud*), koristeći drugu internetsku vezu, te ažurirati postavke i informacije. Stoga ne postoji ograničenje udaljenosti između upravljačkog računala i znaka.



Slika 3.23. Internet komunikacija [16]

Prednost ove komunikacije je ta da se može kontrolirati jedan ili više LED zaslona s bilo kojeg računala s instaliranim softverom i povezanim na Internet. Nije ograničena na udaljenost i može koristiti sigurni TCP/IP. Nedostatak kod ove vrste komunikacije predstavlja Internet konekcija



koju treba osigurati na mjestu znaka. Internet veza na mjestu znaka možda će trebati instalaciju modema (ADSL ili 4G) ili kabliranje.

GPRS komunikacija (mobilni podaci) najbolja je za kontrolu vanjskih ili mobilnih elektroničkih znakova s velike udaljenosti. Za ovu vrstu komunikacije koriste se određene kontrolne kartice s opcijom podatkovne SIM kartice. Na stražnjoj strani, softver za upravljanje sadržajem šalje novi dizajn ili postavke korištenjem bilo koje vrste internetske veze. Na strani znaka, znak preuzima novi dizajn iz oblaka (cloud) pomoću mobilnih podataka SIM kartice (GPRS/3G/4G) i ažurira postavke i informacije.

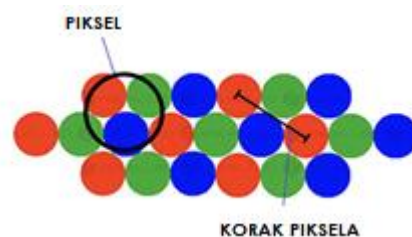


Slika 3.24. GPRS komunikacija [16]

Prednost ove komunikacije je da može kontrolirati jedan ili više LED zaslona s bilo kojeg računala s instaliranim softverom i povezanim na Internet. LED zasloni mogu biti mobilni ili fiksni. Nije ograničena na udaljenost i ne treba podatkovno kabliranje na mjestu znaka. Nedostatak predstavlja potrebnu mjesečnu naknadu za vezu [16].

### 3.5. Odabir odgovarajućeg LED zaslona

Korak piksela (*engl. pixel pitch*) središnja je udaljenost susjednih piksela mjenjenih u milimetrima, tj. razmak između piksela LED zaslona. (Slika 3.25.) Korak piksela određuje razlučivost, najmanju udaljenost gledanja i najbolju udaljenost gledanja LED zaslona. Manji korak piksela znači da postoji manji prazan prostor između piksela i veći je broj piksela, što rezultira većom razlučivošću i boljom kvalitetom slike [11].



Slika 3.25. Korak piksela [11]

Dakle, ako se na zaslonu treba prikazati slike ili video zapise visoke rezolucije, potreban je LED zaslon s malim korakom piksela. Slika 3.26. prikazuje usporedbu različitih koraka piksela na kvalitetu slike [17].



Slika 3.26. Usporedba kvalitete slike [17]

Udaljenost gledanja na led ekranu definira se kao ispravna udaljenost tako da oči generiraju jasnu i definiranu viziju onoga što se reproducira. Minimalna udaljenost gledanja je udaljenost na kojoj možete gledati slike i video zapise s prihvatljivom razinom pikselacije. Za odabir optimalnog koraka piksela treba uzeti u obzir dva čimbenika, udaljenost gledanja i potrebnu razlučivost slike. Manji koraci piksela stalno su bolji i pružaju bolju kvalitetu slike, ali to više košta. Najbolja udaljenost gledanja piksela je udaljenost za koju oči više neće moći vidjeti razmak između piksela ako se poveća udaljenost. Prema izvoru [17], za normalni unutarnji LED znak s podrškom za slike i video, P6 LED moduli (korak 6 mm) su standardna razlučivost. Međutim, u nekim se slučajevima preporučuju P4 LED moduli visoke razlučivosti ili vrlo male udaljenosti gledanja (korak 4 mm). Za vanjsku primjenu uglavnom se koriste P8 ili P10 (8 mm i 10 mm piksela) za kratku udaljenost i P16 moduli (16 mm koraka) za daleku udaljenost gledanja. Za bolju procjenu koraka piksela koristi se tablica 3.1.

Tablica 3.1. Udaljenost gledanja za različite korake piksela.

LED Moduli	Korak piksela	Minimalna udaljenost gledanja	Najbolja udaljenost gledanja
P4	4 mm	4 m	8 m
P6	6 mm	6 m	12 m
P8	8 mm	8 m	16 m
P10	10 mm	10 m	20 m

Indeks IP (*engl. Ingress Protection*) za LED zaslone ukazuje na stupanj zaštite zaslona od okolišnih utjecaja. Ovaj stupanj zaštite govori nam na koje se vanjske ili unutarnje lokacije može postaviti LED zaslon.

Tablica 3.2. IP indeks – stupanj zaštite zaslona [18].

1. BROJ : ZAŠTITA OD KRUTIH TVARI	2. BROJ: ZAŠTITA OD TEKUĆINA
0: Bez zaštite	0: Bez zaštite
1: Neprobojan za čvrsta tijela veća od 50 mm (veliki alati, ruke ...)	1: Npropustan za potpuno vertikalne kapi u spremniku i kondenzatoru.
2: Neprobojan za čvrsta tijela veća od 12,5 mm (prsti, alati ...)	2: Npropustan za padove pod kutom od 15 stupnjeva od okomite osi.
3: Neprobojan za čvrsta tijela veća od 2,5 mm	3: Npropusno za kišne kapi pod kutom od 60 stupnjeva od okomite osi.
4: Neprobojan za čvrsta tijela veća od 1 mm	4: Npropustan za vodu iz svih smjerova
5: Ograničena zaštita od prašine	5: Npropusno za projiciranu vodu iz bilo kojeg smjera bez utjecaja na upotrebu uređaja.
6: Potpuna zaštita od prašine	6: Npropustan za vodu pod visokim pritiskom iz bilo kojeg smjera, bez utjecaja na upotrebu uređaja.
	7: Zaštićeno od kratkih perioda uranjanja u vodu
	8: Zaštićeno od dugih perioda uranjanja u vodu

Kao što se može vidjeti iz tablice 3.2. IP standard temelji se na kombinaciji od 2 znamenke. Prva ukazuje na zaštitu od krutih tvari, poput prašine, dok drugi govori o stupnju zaštite od tekućina. Prema [18], stupnjevi zaštite koji su prikladni za vanjsku ugradnju su IP65 i IP54. S druge strane, IP67 i viši stupnjevi zaštite ne preporučuju se za kontinuiranu upotrebu u zonama s visokom toplinom, jer bi im, budući da su potpuno vodootporni, bili potrebni integrirani rashladni sustavi.



#### 4. OGLAŠAVANJE I PRORAČUN UŠTEDA

Oglašavanje predstavlja plaćeni, masovni oblik komunikacije specifičnih sadržaja s ciljem informiranja, podsjećanja i poticanja potencijalnog kupca na akciju u odnosu na određenu ideju, proizvod ili uslugu. Oglašavanje je jedna vrsta komunikacije kojoj je svrha informiranje, obavještavanje potencijalnih kupaca o proizvodima ili uslugama. Reklame kao način oglašavanja sadrže činjenice, informacije i uvjerljive poruke o onome što reklamiraju. Danas se za oglašavanje većinom koriste masovni mediji, kao što su: televizija, radio, časopisi, novine, internet, plakati, pa čak i videoigre. Razne reklame mogu se naći i na prijevoznim sredstvima (tramvajima, autobusima, automobilima, kamionima itd.), autobusnim i tramvajskim stanicama itd. Oglašivački materijal se stavlja gdje ga svi ljudi mogu lako uočiti. Dionici u upravljanju oglašavanjem su organizacije i poslovni subjekti koji investiraju, oglašivačke agencije – kreativni dio, organizacije koje se bave produkcijom – video, fotografija, zvuk i oglašivački mediji.

Tradicionalni marketing podrazumijeva bilo koju vrstu promocije, oglašavanja ili kampanje koja se obavlja korištenjem starijih metoda oglašavanja. Tradicionalni kanali oglašavanja predstavljaju provjeren način informiranja potrošača o proizvodima i uslugama, a u njih se ubrajaju: TV i radio oglašavanja, tiskani mediji (dnevne novine, magazin), tiskani materijal (brošure, letci, katalozi), preporuke (marketing od usta do usta, takozvani „Word of Mouth Marketing“), billboardi (panoi) i plakati, sajmovi i prezentacije.

Tradicionalni načini oglašavanja su do sada pokazali veliki uspjeh. Ono što je sigurno je da pojedini načini tradicionalnog oglašavanja polako izumiru sa sve bržim razvojem tehnologija.

Tiskani mediji se na neki način gase s obzirom da su ljudi danas 24/7 online na internetu te sve više čitaju online tekstove, dok tiskana izdanja manje koriste. Međutim, tradicionalni načini oglašavanja neće izumrijeti sve dok postoji dobra selekcija i identifikacija ciljne grupe i njenih potreba. To je ujedno i najvažniji segment marketinga.

Ne treba zaboraviti da iako pojedini kanali tradicionalnog oglašavanja gube na značaju, određeni načini su i dalje i te kako aktualni kao što su na primjer billboardi koji krase sve dijelove gradova.

Oglašivači se pojavom interneta sve više okreću modernom načinu informiranja građana kao vidu oglašavanja koje nesumnjivo donosi zaradu, a u isto vrijeme i štedi novac koji je potreban za ulaganje u samo oglašavanje. Moderni način oglašavanja danas je veoma popularan, jer je potrebno i neophodno prilagoditi se novonastalim situacijama i trendovima koji preplavljaju tržište. Moderni načini oglašavanja podrazumijevaju digitalni marketing u koji spadaju: web stranice, E-mail marketing, društvene mreže (Facebook, Instagram, Twitter), internet oglasi (*engl.*

*banner ads*), razni blogovi, LED reklamni panoi, online video sadržaji, plaćanje po kliku (*engl. Pay Per Click - PPC*), mobilni marketing (SMS, MMS) itd. Moderni (digitalni) marketing ima brojne prednosti, moderni način oglašavanja iziskuje manje troškove od tradicionalnog, ali je također lakše i jednostavnije pratiti efekte koje moderno oglašavanje ostvaruje na tržištu. Kako je lakše pratiti efekte, tako je i jednostavnije doprijeti do većeg publike nego što to može bilo koji tradicionalni način oglašavanja.

Billboard je najčešća vrsta reklamnog panoa. Osmišljen je za postavljanje jednostavnog papirnato plakata kojim se učinkovito prenosi reklamna poruka. Optimalnu primjenu nalazi kod reklamnih kampanja kojima se oglašavaju novi proizvodi ili se želi pospješiti prepoznatljivost proizvoda općenito. Uspjeh ovog reklamnog medija sadržan je u njegovoj jednostavnosti i rasprostranjenosti. Osnova ovakve vrste oglašavanja je činjenica da je publika koja se sreće s vanjskom vrstom oglašavanja uglavnom mobilna. Bez obzira voze li se u svom automobilu, javnom prijevozu ili pak hodaju za vrijeme obavljanja svakodnevnih aktivnosti. Na taj način vanjsko oglašavanje omogućava da reklama stigne i do onih koji ne gledaju televiziju, ne slušaju radio, ne čitaju dnevne novine ili specijalizirane časopise, ali su ipak u kretanju. Spontano zapažanje oglasne poruke velika je prednost vanjskog oglasa. Poruka na ekranu vidljiva je s većih udaljenosti i u kretanju, oglasi su neopterećeni detaljima, te su usmjereni na bit i srž poruke. Postavlja se uz gradske prometnice, otvorene ceste, na graničnim prijelazima te ostalim frekventnim mjestima. Billboard reklamni pano može biti osvijetljeni i neosvijetljeni. Rasvjeta billboarda utječe na bolje opažanje plakata te kvalitativno pridonosi isticanju reklamne poruke.

Danas se oglašavanje može ostvariti na bezbroj načina. Osim uobičajenog oglašavanja putem novina, televizije ili interneta, veoma popularno postaje oglašavanje na led displejima, koje koriste ne samo velike tvrtke nego i manji privatni poslodavci. LED zaslone mogu poslužiti za niz različitih namjena. No, kada je riječ o oglašavanju, oni mogu daleko više „iskočiti“ od tradicionalnih načina reklamiranja te brzo privući pažnju prolaznika. Svjetleća LED reklama koja mijenja boje (slike), više privlači pažnju i ostaje u sjećanju, za razliku od bilo koje druge tradicionalne reklame koju možda slučajno vidite u novinama. Kada se pravilno upotrebljavaju, LED zaslone iznimno su korisni za gotovo sve vrste poslovanja.

Prednosti oglašavanja na LED zaslonima:

- Glavna prednost LED zaslona je prenošenje i isticanje poslovnih poruka te širenje baze potencijalnih klijenata. Teško je osigurati bilo kakav poslovni rast i uspjeh, ako baza kupaca ostaje ista.

- Uz zaslone visoke razlučivosti, svijetle boje i široki raspon mogućnosti, reklame na LED zaslonima veoma lako su uočljive, „upadaju u oči“ te ostavljaju duži učinak od tradicionalnih papirnatih plakata. Osim toga, riječ je o pokretnim reklamnim porukama koje su daleko više privlačnije od uobičajenih statičnih reklama.
- Jednostavnost objavljivanja i ažuriranja sadržaja očituje se tako što zaslone za oglašavanje LED svjetlima izgledaju poput računala. Uz pomoć jednostavnih postavka brzo i u bilo kojem trenutku možete postaviti sadržaj reklame. Jedna od najvećih prednosti oglašavanja na LED zaslonima odnosi se na mogućnost brzog i učinkovitog ažuriranja sadržaja koji se prikazuje.
- Postupak izmjene sadržaja nije ograničen nikakvim vanjskim uvjetima niti dodatnim materijalima ili troškovima. Promjene se lako i jednostavno mogu obaviti uz pomoć korištenja računala preko kojeg se reklama objavljuje.
- LED zaslone idealni su za bilo koju vrstu događanja, od festivala i sajмова do oglašavanja tvrtki i njihovih proizvoda. Osim toga, važno je napomenuti da je na jednom mediju moguće reklamirati više od jednog oglašivača, što pridonosi još nižoj sveukupnoj cijeni ovakvog načina reklamiranja.
- Niski troškovi održavanja očituju se tako što LED zaslone ne zahtijevaju veliku brigu oko njihova održavanja jer su otporni na oštećenja i vanjske uvjete. S druge strane, tradicionalni plakati zahtijevaju stalno osvjetljenje i neprekidno održavanje. Kada se usporede ova dva načina oglašavanja, lako je uočiti da je LED tehnologija bolji izbor za oglašavanje.
- LED zaslone savršeni su za personalizaciju poruke. Na sve konkurentnijem tržištu nezamjenjiv je aspekt nuđenja oglašavanja što je moguće bliže potrebama i preferencijama potencijalnih kupaca. Korištenjem vanjskih LED zaslona, za razliku od statičnih reklamnih panoa, može se odabrati kada i gdje pokrenuti određene informacije i oglase, ovisno o komercijalnom cilju na koji je marka usmjerena.
- LED panoi dizajnirani su da izdrže nepovoljne vremenske uvjete, što doprinosi produljenju vijeka trajanja, a time i povratu ulaganja.
- Ova vrsta oglašavanja čini da se potrošača emocionalno poveže s porukom. To povećava i jača znanje o marki (brendiranje), što dugoročno prelazi u veći prestiž i veće prodajne mogućnosti [19].

#### 4.1. Proračun potrošnje LED zaslona

Jedna od najvažnijih stvari koju treba razmotriti prije kupnje LED zaslona je potrošnja energije i stalni troškovi električne energije. Kako bi znali kolika je potrošnja električne energije LED znakova, moramo znati potrošnju električne energije svakog piksela i broj piksela u LED znaku [20]. U teoriji, LED pikseli rade na 5 V i propuštaju 20 mA struje. Stoga će snaga svakog piksela biti:

$$P_p = U_p \cdot I_p \quad (4-1)$$

$$P_p = 5V \cdot 20mA = 0,1 [W]$$

Znajući upotrebu svakog pojedinog piksela, lako je izračunati ukupnu potrošnju LED znaka. Za primjer se uzima vanjski LED znak u boji P10 (10 mm piksela). Udaljenost između piksela iznosi 10 mm, tako da je na jednom kvadratnom metru  $100 \times 100 = 10\,000$  piksela, a svaki je piksel izrađen od tri (crveni, zeleni i plavi) piksela. Dakle, imamo 30.000 piksela po kvadratnom metru. Prema tome maksimalnu snagu zaslona računamo prema formuli:

$$P_l = n_p \cdot P_p \quad (4-2)$$

$$P_l = 30000 \frac{\text{piksel}}{m^2} \cdot 0,1 \frac{W}{\text{piksel}} = 3000 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

Vanjski LED znakovi normalno rade na metodi skeniranja LED zaslona (*engl. LED Display Scanning Mode*). To znači da jedan od četiri piksela istovremeno prima struju s visokofrekventnim osvježavanjem. Dakle, potrošnja energije bila bi:

$$P_{led} = \frac{P_l}{4} \quad (4-3)$$

$$P_{led} = \frac{3000}{4} = 750 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

gdje je:

$P_{led}$  - maksimalna potrošnja energije LED zaslona pri maksimalnoj svjetlini [ $W/m^2$ ].

Za primjer izračuna uzima se LED zaslon  $2 \times 1$  m, ako radi 24 sata dnevno i 7 dana u tjednu, s maksimalnom potrošnjom od  $750 W/m^2$ :

$$P_{max} = A_{vel} \cdot P_{potr} \cdot h \cdot d \quad (4-4)$$

$$P_{max} = 2m^2 \cdot 750 \frac{W}{m^2} \cdot 8760 \frac{\text{sati}}{\text{god}} = 13140 \left[ \frac{kWh}{\text{god}} \right]$$

Drugi primjer predstavlja izračun potrošnje električne energije za prosječnu potrošnju LED zaslona koja za ovakve LED zaslone iznosi oko 400 W/m<sup>2</sup>:

$$P_{average} = A_{vel} \cdot P_{potr,a} \cdot h \cdot d \quad (4-5)$$

$$P_{average} = 2m^2 \cdot 400 \frac{W}{m^2} \cdot 8760h = 7008 \left[ \frac{kWh}{god} \right]$$

Postoje LED zaslone koji štede energiju s novom tehnologijom koja koristi niži napon od 2,8 V za LED piksele umjesto 5 V, što rezultira gotovo 50 % manjom potrošnjom energije. Ovisno o cijenama električne energije i ukupnoj veličini elektroničke reklame može se izračunati ušteda korištenjem LED zaslona koji štedi energiju.

Za primjer izračuna će se uzeti LED zaslon 2 x 1 m, ako radi 24 sata dnevno i 7 dana u tjednu, s prosječnom svjetlinom i potrošnjom od 200 W/m<sup>2</sup>:

$$P_{štedni} = A_{vel} \cdot P_{potr,š} \cdot h \cdot d \quad (4-6)$$

$$P_{štedni} = 2m^2 \cdot 200 \frac{W}{m^2} \cdot 8760sati = 3504 \left[ \frac{kWh}{god} \right]$$

No, moraju se uzeti u obzir dodatni troškovi korištenja ove tehnologije koji su oko 20 % skuplji od tradicionalne tehnologije s 5 V LED svjetiljki, pa tako za male veličine zaslona ne vidi se velika ušteda, dok je značajna ušteda vidljiva korištenjem ove tehnologije kod velikih zaslona.

Uzme li se cijena HEP-a (Hrvatska elektroprivreda) za tarifni model Žuti (tarifa za javnu rasvjetu), jer bi se LED zaslon trebao spajati na javnu rasvjetu, cijena za električnu energiju iznositi će 0,8303 kn/kWh + 14,70 kn/mjesečno po mjernom mjestu (brojilu) [21].

Prema tome može se izračunati cijena potrošnje LED zaslona za slučaj kada je prosječna potrošnja energije zaslona 400 W/m<sup>2</sup>, dnevno radno vrijeme 24 sata, cijena struje po kW iznosi 0,8303 kuna za veličinu zaslona 2 m<sup>2</sup>.

$$C_{led} = P_{average} \cdot c_j \quad (4-7)$$

$$C_{led} = 7008 \cdot 0,8303 = 5818,75 \left[ \frac{kn}{god} \right]$$

gdje je:

$C_{led}$  - cijena potrošnje električne energije LED zaslona [kn/god];

$c_j$  - cijena struje za javnu rasvjetu [kn].

Potrošnju električne energije za n zaslona dobije se množenjem n zaslona s potrošnjom električne energije pojedinog zaslona. Cijenu potrošnje električne energije LED zaslona dobijemo na isti način:

$$P_{led,n} = P_{average} \cdot n = \left[ \frac{kWh}{god} \right] \quad (4-8)$$

gdje je:

$P_{led,n}$  – potrošnja električne energije n LED zaslona [kWh/god];

$n$  – broj/količina LED zaslona.

$$C_{led,n} = C_{led} \cdot n = \left[ \frac{kn}{god} \right] \quad (4-9)$$

gdje je:

$C_{led,n}$  – cijena potrošnje električne energije n LED zaslona [kn/god];

$n$  – broj/količina LED zaslona.

Istraživanjem tržišta LED zaslona, dobiveni su podaci da se cijena LED zaslona za vanjsku uporabu veličine 2 m<sup>2</sup>, uključujući i softver i montažu, kreću se otprilike oko 18.000-24.000 kn, što ovisi o pojedinim karakteristikama i dijelovima LED zaslona. Za primjer proračuna uzima se cijena od 20.000 kn za LED zaslon i montažu. Životni vijek LED zaslona je 80.000-120.000 sati, što je otprilike 10 godina. Ukoliko se podijeli kupnja i ugradnja LED zaslona, radi izračuna na bazi jedne godine, dobije se da zaslon i ugradnja godišnje koštaju 2.000 kn/god.

$$C_{led,u} = \frac{C_{disp}}{Tv} = \frac{20.000}{10} = 2000 \left[ \frac{kn}{god} \right]$$

## 4.2. Proračun potrošnje električne energije za javnu rasvjetu

Maksimalna instalirana snaga rasvjetnih tijela računa se prema formuli:

$$P_{inst} = \sum_{i=0}^n P_i \cdot n_i = [kW] \quad (4-10)$$

gdje je:

$P_{inst}$  - maksimalna instalirana snaga rasvjetnih tijela [kW];

$P_i$  – maksimalna snaga svjetiljke [kW];

$n_i$  – broj instaliranih rasvjetnih tijela [kom].

Godišnja potrošnja električne energije za javnu rasvjetu računa se prema formuli:

$$W = P_{inst} \cdot t = [kWh] , \quad (4-11)$$

gdje je:

$W$  – potrošnja električne energije [kWh];

$t$  – radni sati javne rasvjete u periodu od jedne godine [h].

Godišnji troškovi za električnu energiju računaju se prema formuli:

$$C_k = P_{inst} \cdot t \cdot c_j = [kn] , \quad (4-12)$$

gdje je:

$C_k$  – godišnji troškovi za električnu energiju [kn];

$c_j$  – cijena električne energije [kn/kWh].

Uzme li se za primjer da na jednom mjernom mjestu ima otprilike 100 LED svjetiljki snage 50 W, prema formuli 4-10 dobije se iznos od 5 kW za maksimalnu instaliranu snagu na jednom mjernom mjestu. Nadalje, uzme li se vrijeme rada rasvjete 12 sati dnevno kroz jednu godinu, prema formuli 4-11, dobije se da je potrošnja javne rasvjete na jednom mjernom mjestu godišnje 21.900 kWh/god.

Sada se, prema formuli 4-12, mogu izračunati godišnji troškovi za električnu energiju. Cijena za električnu energiju za rasvjetu iznosi 0,8303 kn/kWh + 176,4 kn/godišnje po mjernom mjestu (brojilu). Prema tome godišnji troškovi rasvjete za jedno mjerno mjesto iznose 18.359,97 kn/god.

$$C_{god,tr} = C_{led} + c_{mm} \quad (4-13)$$

$$C_{god,tr} = (21900 \cdot 0,8303) + 176,4 = 18.359,97 \text{ kn}$$

### 4.3. Proračun cijene oglašavanja

Kako bi se izračunale minimalne cijene oglašavanja radi samoodrživosti javne rasvjete, potrebno je zbrojiti potrošnju zaslona i javne rasvjete. Troškovima javne rasvjete, koji iznose 18.359,97 kn/god za jedno mjerno mjesto uz aproksimativan broj svjetiljki, dodaju se troškovi zaslona, ugradnje i potrošnje na godišnjoj bazi koja iznosi 5.818,75 kn/god za električnu energiju i 2.000 kn/god za zaslon i ugradnju što iznosi 7.818,75 kn/god.

$$C_{potr,uk} = C_{led} + C_{led,u} + C_{god,tr} \quad (4-14)$$

$$C_{potr} = 5818,75 + 2000 + 18359,97 = 26178,72 \text{ kn}$$

Ukupno na zaslon i rasvjetu za jedno mjerno mjesto potrebno je izdvojiti 26.178,72 kn/god. Prema tome cijena oglašavanja trebala biti oko 27.000 kn/god kako bi javna rasvjeta bila financijski samoodrživa. Minimalna potrebna cijena za mjesečnu reklamu iznosila bi 2.250 kn/mj.

Razni iznajmljivači reklamnog prostora imaju različite tarife i mogućnosti iznajmljivanja u svojim ponudama, kao na primjer iznajmljivanje 24 sata dnevno, mjesečno, godišnje, ili pak iznajmljivanje reklamnog prostora u sekundama (5, 10, 20 sekundi) dnevno, mjesečno, godišnje. Istraživanjem tržišta oglašavanja putem LED billboarda, veličina i do 60 m<sup>2</sup>, dolazi se do podatka da se za 12 mjeseci oglašavanja cijene kreću oko 20.000-40.000 kn za 20 sekundi trajanja reklame, dok za trajanje reklame od 24 sata dnevno, kod nekih iznajmljivača, kroz cijelu godinu cijene se kreću oko 250.000 kn, pa bi tako cijena oglašavanja za LED zaslon iznosila otprilike 10 % cijene oglašavanja na velikim LED billboardima. Ove cijene su podložne promjenama i variraju s obzirom na mjesto gdje se reklame nalaze, koliki je dnevni promet ljudi na mjestu gdje se reklama nalazi te samim time i kolika je potražnja za pojedinom pozicijom postavljanja reklame.



## ZAKLJUČAK

Javna rasvjeta predstavlja odličan primjer pametne energetske mreže koja se rasprostire preko cijelog grada. To je živčani sustav grada na koji se spaja milijune uličnih svjetiljki širom svijeta sa stalnim pristupom energiji. Ona predstavlja najbolji način za implementaciju novih tehnoloških rješenja i jedan je od glavnih dijelova koncepta pametnog grada. Mnogi dijelovi pametne javne rasvjete već su dostupni, uključujući jeftinu LED rasvjetu male snage, više metoda povezivanja, više senzora i programe koji ih podržavaju. Međutim, stvarni potencijal infrastrukture pametne rasvjete ostaje relativno podcijenjen. Trenutno, javna rasvjeta se nalazi u fazi gdje stare žarulje zamjenjuju s novim i boljim LED svjetiljkama, i gdje se LED svjetiljke povezuju i njima se upravlja. Sljedeća faza bi trebala biti implementiranje senzora i zaslona na stup radi iskorištenja punog potencijala stupa javne rasvjete. Gradovi širom svijeta počinju uviđati širi potencijal rasvjetnog stupa. Jedna od funkcija koja se može implementirati na stup su i LED zaslone. Uspjeh i prihvaćanje LED sustava posljedica je dugog vijeka trajanja, male potrošnje energije i raznih načina upravljanja.

Javna rasvjeta je odgovorna za veliki dio potrošnje električne energije gradova. Kako bi se smanjili troškovi gradova za energiju moguće je implementirati marketinška rješenja na stup javne rasvjete, čime se omogućava financijska održivost javne rasvjete. LED zaslone su postali cjenovno prihvatljivi i kao takvi predstavljaju budućnost informiranja ljudi, bilo kroz oglašavanje ili kroz funkcije informiranja ljudi o stanju u gradovima/selima. Iznajmljivanje LED zaslona donosi veliku zaradu, ovisno na kojem mjestu se nalazi i koliki je promet ljudi, pa tako gradovi s obzirom na rasprostranjenost stupova javne rasvjete trebaju prepoznati njihov veliki potencijal vezano za korištenje u marketinške svrhe. Spajanjem zaslona na mrežu javne rasvjete moguće je pokriti troškove energije za javnu rasvjetu, ali potrebno je analizirati utjecaj zaslona na mrežu javne rasvjete, kao i na statiku stupova javne rasvjete.

## LITERATURA

- [1] Zakon o komunalnom gospodarstvu, NN 68/18, 110/18, 32/20, dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/319/Zakon-o-komunalnom-gospodarstvu> [2.6.2021.]
- [2] Smart Street Lighting for Smart(er) Cities, dostupno na: <https://tvilight.com/wp-content/uploads/2021/04/Brochure-Intelligent-Smart-City-Lighting-Control-Sensor-CMS-Light-Management-EN.pdf> [19.7.2021.]
- [3] 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN, dostupno na: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> [2.6.2021.]
- [4] Pametna javna rasvjeta – štedljivo i eco-friendly rješenje, dostupno na: <https://smart-ri.hr/pametna-javna-rasvjeta-stedljivo-i-eco-friendly-rjesenje/> [2.6.2021.]
- [5] Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja, dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/496/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-svjetlosnog-one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enja> [19.7.2021.]
- [6] Everything you need to know about smart street lighting, dostupno na: <https://intelilight.eu/smart-street-lighting/> [3.6.2021.]
- [7] Budućnost pametnih gradova, dostupno na: <https://www.ictbusiness.info/poslovna-rjesenja/buducnost-pametnih-gradova.phtml> [3.6.2021.]
- [8] SMART CITY: ENERGY CHALLENGES FACING SUSTAINABLE CITIES, dostupno na: <https://www.ifpenergiesnouvelles.com/article/smart-city-energy-challenges-facing-sustainable-cities> [3.6.2021.]
- [9] Hannah Griffiths, THE FUTURE OF STREET LIGHTING The potential for new service development, dostupno na: <https://iotuk.org.uk/wp-content/uploads/2017/04/The-Future-of-Street-Lighting.pdf> [4.6.2021.]
- [10] LED SCREEN'S TECHNICAL GLOSSARY, dostupno na: <https://visualled.com/en/technical-glossary-for-led-screens/> [17.6.2021.]
- [11] LED DISPLAY FACTS, dostupno na: <https://expromo.eu/en/led-display-facts/> [19.7.2021.]

- [12] How to Make LED Display by Novastar LED Control System ?, dostupno na: <https://www.linsnled.com/diy-led-display-novastar.html> [7.6.2021.]
- [13] LED Display Scanning Mode and Basic Working Principle, dostupno na: <https://www.linkedin.com/pulse/led-display-scanning-mode-basic-working-principle-shenzhen-meiyad> [7.6.2021.]
- [14] What Is The Difference Between Synchronous And Asynchronous?, dostupno na: <https://www.onezaslongroup.com/what-is-the-difference-between-synchronous-and-asynchronous/> [7.6.2021.]
- [15] Colorlight Dual Mode Backup LED Control System Solution, dostupno na: <https://www.colorlight-led.com/new/colorlight-dual-mode-backup-led-control-system-solution.html> [7.6.2021.]
- [16] LED Sign Communication Methods, dostupno na: <https://ledsignsolution.com.au/led-signs-basics/led-sign-communication-methods> [17.6.2021.]
- [17] LED Pixel Pitch and Resolution, dostupno na: <https://ledsignsolution.com.au/led-signs-basics/led-pixel-pitch-resolution> [7.6.2021.]
- [18] IP PROTECTION, dostupno na: <https://visualled.com/en/glossary/ip-protection/> [19.7.2021.]
- [19] WHAT ARE THE ADVANTAGES OF ADVERTISING LED BILLBOARDS?, dostupno na: <https://visualled.com/en/led-screens/what-are-the-advantages-of-advertising-led-billboards/> [15.6.2021.]
- [20] LED Sign Power Consumption, dostupno na: <https://ledsignsolution.com.au/led-signs-basics/led-sign-power-consumption-electricity-cost> [15.6.2021.]
- [21] Tarifne stavke (cijene), dostupno na: <https://www.hep.hr/elektra/poduzetnistvo/tarifne-stavke-cijene-1578/1578> [19.7.2021.]

## **SAŽETAK**

Cilj ovog rada je ukazati na mogućnost financijske održivosti javne rasvjete iznajmljivanjem reklamnog prostora putem LED zaslona koji se postavlja na stup javne rasvjete. Kroz rad je opisana javna rasvjeta i njen razvoj, kao i pametni stup javne rasvjete i njegovi dijelovi. Nadalje, opisani su LED zasloni, njihove komponente, načini komunikacije te odabir odgovarajućeg LED zaslona za vanjsku uporabu. Izrađeni su proračuni za troškove potrošnje električne energije za zaslon i javnu rasvjetu za jedno mjerno mjesto, kao i minimalna cijena oglašavanja.

Ključne riječi: LED zaslon, LED, pametni grad, pametna javna rasvjeta.

## **ABSTRACT**

Title: Public lighting in the function of marketing activity

The aim of this paper is to point out the possibility of financial sustainability of public lighting by renting advertising space through an LED screen that is placed on the poles of public lighting. The paper describes public lighting and its development, as well as the smart pole of public lighting and its parts. Furthermore, LED screens, their components, methods of communication and selection of a suitable LED screen for outdoor use are described. Calculations were made for the costs of electricity consumption for display and public lighting for one metering point, as well as the minimum price of advertising.

Keywords: LED display, LED, Smart City, Smart public lighting.

## **ŽIVOTOPIS**

Dario Antunović rođen je 18. travnja 1996. godine u Vinkovcima. Završio je Osnovnu školu Stjepana Antolovića u Privlaci. Nakon toga upisuje Ekonomsku i trgovačku školu Ivana Domca u Vinkovcima, smjer Ekonomist koju završava 2015. godine. Iste godine upisuje preddiplomski stručni studij elektrotehnike, smjer Automatika, na Elektrotehničkom fakultetu Osijek. Upisani preddiplomski stručni studij elektrotehnike završava 2018. godine. Iste godine upisuje Razlikovne obveze koje završava 2019. godine. Nakon toga upisuje diplomski studij elektrotehnike, smjer Održiva elektroenergetika na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.