

# Punjači za električna vozila u rasvjetnim stupovima

---

Krištija, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

*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:200:911392>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-27**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Sveučilišni studij**

**PUNJAČI ZA ELEKTRIČNA VOZILA U RASVJETNIM  
STUPOVIMA**

**Završni rad**

**Tomislav Krištija**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P: Obrazac za ocjenu završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju**

<b>Ime i prezime pristupnika:</b>	Tomislav Krištija
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni prijediplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
<b>Mat. br. pristupnika, god.</b>	4535, 24.07.2018.
<b>JMBAG:</b>	0165077587
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Zvonimir Klaić
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	Punjači za električna vozila u rasvjetnim stupovima
<b>Znanstvena grana završnog rada:</b>	Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)
<b>Zadatak završnog rada:</b>	Opisati razvoj električnih automobila kroz povijest. Opisati vrste punjača za električna vozila, postojeće tehnologije i standarde punjača. Objasniti način rada punjača snage do 22 kW te punjača u stupovima javne rasvjete. Napisati pregled postojećih sustava punjača u stupovima javne rasvjete u Europi.
<b>Datum prijedloga ocjene završnog rada od strane mentora:</b>	18.09.2024.
<b>Prijedlog ocjene završnog rada od strane mentora:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum potvrde ocjene završnog rada od strane Odbora:</b>	19.02.2025.
<b>Ocjena završnog rada nakon obrane:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio sveučilišni prijediplomski studij:</b>	20.02.2025.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O IZVORNOSTI RADA**

Osijek, 20.02.2025.

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Tomislav Krištija
<b>Studij:</b>	Sveučilišni prijediplomski studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	4535, 24.07.2018.
<b>Turnitin podudaranje [%]:</b>	3

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Punjači za električna vozila u rasvjetnim stupovima**

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

i sumentora

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

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

Potpis pristupnika:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Zadatak završnog rada.....	2
<b>2. POVIJESNI RAZVOJ ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA .....</b>	<b>3</b>
2.1. RAZVOJ AUTOMOBILSKE INDUSTRIJE.....	3
2.2. RAZVOJ ELEKTROMOBILNOSTI .....	4
2.3. TVRTKA TESLA MOTORS.....	5
2.4. RIMAC AUTOMOBILI.....	6
<b>3. POVIJEST I RAZVOJ PUNIONICA ZA ELEKTRIČNA VOZILA .....</b>	<b>8</b>
3.1. RAZVOJ STANDARDA ZA PUNJENJE I BRZI NAPREDAK .....	8
3.2. EVOLUCIJA I UNIFIKACIJA STANDARDA .....	14
3.3. NAPREDAK I INOVACIJE .....	15
3.4. VRSTE PUNJAČA .....	16
<b>4. IZMJENIČNI PUNJAČI DO 22 kW .....</b>	<b>21</b>
<b>5. REALIZIRANI PUNJAČI U STUPOVIMA U EU .....</b>	<b>23</b>
5.1. RASPROSTRANJENOST PO GRADOVIMA.....	24
<b>6. PREGLED POSTOJEĆIH SUSTAVA PUNJAČA U RASVJETNIM STUPOVIMA U EUROPI .....</b>	<b>27</b>
6.1. Ubitricity .....	28
6.2. Bender GmbH & Co. KG .....	33
6.3. Schreder .....	36
6.3.1. Integracija s urbanom infrastrukturom .....	37
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>39</b>
<b>8. PREGLED LITERATURE .....</b>	<b>40</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>42</b>

## 1. UVOD

Razvoj elektrifikacije i električnih sustava omogućava nam veći spektar mogućnosti i olakšica, kako u svakodnevnom tako i u poslovnom svijetu. Postupni razvoj električnih uređaja i pomagala doveo je i do razvoja električnih vozila koja postaju sve popularnija kao održiva alternativa vozilima na fosilna goriva. S porastom broja električnih vozila na prometnicama dolazi i do sve veće potrebe i potražnje za kvalitetnom, dostupnom i pouzdanom infrastrukturom za punjenje. Tradicionalne metode punjenja kao što su kućni punjači i javne punionice, iako učinkovite, često su ograničene svojom dostupnošću ili praktičnošću, posebno u urbanim sredinama. Stoga bi neka inovativna rješenja poput integracije punjača za električna vozila u rasvjetne stupove uvelike doprinijela daljnjem poboljšanju i razvoju kompletnog sustava i infrastrukture kao takve. Punjači za električna vozila u rasvjetnim stupovima koriste postojeću gradsku infrastrukturu za pružanje praktičnih i pristupačnih punjenja. Metoda omogućuje brzu i ekonomičnu implementaciju mreže punionica bez potrebe za značajnijim infrastrukturnim radovima ili dodatnim prostorom. Strateški vrlo dobro i razgranato postavljanje rasvjetnih stupova na javnim površinama poput ulica, parkirališta i trgova čine ih idealnim za dvostruku funkciju.

Ovakav pristup razvoju infrastrukture donosi višestruke prednosti. Korištenjem postojećih rasvjetnih stupova snižavaju se troškovi instalacija i održavanja novih punionica. Nadalje, povećava se dostupnost punjenja električnih vozila, posebno u urbanim područjima gdje je parkiranje često ograničeno. U konačnici, ovakav razvoj i način punjenja uvelike bi pomogao gradovima u postizanju ciljeva snižavanja emisija i promicanje održive mobilnosti.

Međutim, implementacija ovakvog sustava također donosi i izazove, uključujući tehničke zahtjeve, sigurnosne aspekte i potrebu za koordinacijom između različitih gradskih odjela i privatnih poduzeća. Uspjeh i kvaliteta razvoja ovakvih projekata zahtijeva pažljivo i proračunato planiranje kao i suradnju svih uključenih strana.

## **1.1. Zadatak završnog rada**

Cilj ovog rada je istražiti razvoj i mogućnosti implementacije punjača za električna vozila u rasvjetnim stupovima proučavajući gradove na području Europe. Analizirat ćemo tehničke aspekte, prednosti i izazove te potencijalne učinke na urbano okruženje i održivu mobilnost. Kroz pregled postojećih inicijativa i projekata, nastojat ćemo pružiti cjelovit uvid u ovu inovativnu tehnologiju koja može značajno doprinijeti budućnosti električne mobilnosti.

## 2. POVIJESNI RAZVOJ ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA

### 2.1. RAZVOJ AUTOMOBILSKE INDUSTRIJE

Krajem 19.stoljeća započinje razvoj automobila i njihovih motora s unutarnjim izgaranjem. Gottlieb Daimler i Carl Benz smatraju se začetnicima automobilske industrije, a Benz Patent Motorwagen[1] iz 1886., smatra se prvim praktičnim benzinskim automobilom. Vozilo je imalo jednocilindrični četverotaktni motor, snage oko 0,75 kW (1KS) te je postizao brzinu do 16km/h. Međutim, proizvodnja je bila spora i nerazvijena sve do pojave Henryja Forda, koji predstavljanjem svog modela, Ford Model T[2] iz 1908. godine započinje masovnu proizvodnju i prodaju zbog pristupačne cijene. Model T je imao razvijeniji četverocilindrični motor snage 15kW(20KS) te je razvijao brzinu sve do 72 km/h. Bio je jednostavan za vožnju i održavanje. Zbog sve veće potražnje za proizvodnjom automobila, 1913. razvijaju se pokretne trake u proizvodnji (Fordova metoda) pomoću kojih dolazi do velike revolucije u automobilskoj industriji- došlo je do snižavanja cijene i povećanja proizvodnje. 1920-e godine pod vodstvom Alfreda P. Sloana, General Motors (GM) uvodi strategiju diversifikacije i modela proizvodnje automobila za svaku potrebu i cjenovni rang. Time je GM postao vodeći proizvođač automobila. Daljnjim razvojem kompletne tehnologije i kompletne industrije sve se više razvijala i autoindustrija koja nudi sve revolucionarnija i zanimljivija rješenja u svijetu automobila.



Slika 2.1. Benz Patent Motorwagen iz 1886. [1]



## 2.2. RAZVOJ ELEKTROMOBILNOSTI

Preteče električnih automobila postojale su i prije nego se počelo s masovnom proizvodnjom automobila s unutarnjim izgaranjem. Slovačko-mađarski svećenik Anyos Jedlik, prema [3], 1827. godine konstruirao prvi grubi, ali održivi električni motor koji se sastojao od statora, rotora i komutatora. Motor je uspio ubaciti u nekakvu preteču automobila, no radilo se o vrlo primitivna verzija. Thomas Parker 1884. godine uspio je izgraditi uspješniji oblik električnog automobila. Automobil su napajale punjive baterije koje je izradila njegova tvrtka Elwell-Parker Ltd. Parker bijaše istaknuti britanski začetnik električnog pogona i kompletne elektrifikacije. Zbog nedovoljne zainteresiranosti te ograničenosti samog proizvoda, ideja o električnom automobilu ne uspijeva ugledati svjetlo dana. Tijekom 20. stoljeća, nekoliko tvrtki i inženjera vraća se na početak ideje o električnom automobilu te provodi daljnje istraživanje. Za početak ideja je bila osmisliti električno vozilo za nekakve manje funkcije koji će se koristiti samo u određenim specijaliziranim područjima kao što su golf tereni, zračne luke i manji gradski dostavni poslovi. Unatoč sve boljem razvoju i sve većom funkcionalnošću električnih vozila, velika većina populacije bila je skeptična i smatrala kako je pogon na struju daleka budućnost. Međutim, električni automobili svoju renesansu doživljavaju već početkom 21. stoljeća zbog sve većeg interesa za smanjenje štetnih emisija stakleničkih plinova koji nastaju kao produkt izgaranja fosilnih goriva u motorima s unutarnjim izgaranjem. Na daljnji napredak i sve veću potražnju veliki utjecaj ima napredak u tehnologiji baterija, posebno litij-ionskih baterija koje omogućavaju povećanje dosega same vožnje kao i poboljšanja performansi samih vozila. Pojavom tvrtke Tesla Motors, koja je postala ključni faktor i revolucionar u električnoj mobilnosti, javnost počinje shvaćati mogućnost i potencijal električnih vozila kao poboljšanu zamjenu za vozila s unutarnjim izgaranjem.



Slika 2.2. Električni automobil Thomasa Parkera, 1884. [3]

### 2.3. TVRTKA TESLA MOTORS

Tvrtku Tesla Motors [4] osnovali su Martin Eberhard i Marc Tarpenning 2003.godine u San Carlosu, Kalifornija s ciljem revolucionarnog utjecaja na automobilsku industriju te idejom proizvodnje električnih vozila visokih performansi. Tvrtka svoj naziv dobiva po izumitelju Nikoli Tesli, zbog njegovog doprinosa u razvoju elektrotehnike. Kao investitor i predsjednik uprave, tvrtki se 2004.godine priključuje Elon Musk koji je na koncu preuzeo veće operativno vodstvo tvrtke te postao njezin lider i vizionar. Prvu veliku proizvodnju tvrtka započinje modelom Tesla Roadster, prvim automobilom s potpunim električnim pogonom predstavljenim 2008.godine. Predstavljanjem Roadster-a tvrtka je postavila standarde proizvodnje električnih vozila te njihovih performansi vezanih uz ubrzanje, maksimalnu brzinu te u konačnici i doseg. Nakon velikog uspjeha tvrtka Tesla Motors nastavlja s razvojem i predstavljanjem svojih novih modela kao što su: Model S, Model X, Model 3 te dr. Tvrtka Tesla smatra se jednim od začetnika u razvoju litij-ionskih baterija za električna vozila te svoja istraživanja i razvoj nastavljaju i dalje kako bi što više poboljšali performanse i trajnost samih baterija. Također, tvrtka je razvila Gigafactory, vlastito postrojenje za proizvodnju baterija, kako bi bila sposobna u svakom trenutku opskrbiti svoja vozila i druge proizvode baterijama. Važno je napomenuti kako tvrtka nije stala samo na tome, nego je proširila svoje područje poslovanja na obnovljive izvore energije i solarne tehnologije. Pomoću tvrtke SolarCity, 2016.godine Tesla postaje jedna od značajnijih tvrtki u industriji solarnih panela i baterijskih sustava za pohranu energije. Osim proizvodnje baterija i kompletne elektrifikacije vozila tvrtka Tesla lider je u razvoju tehnologije autonomne vožnje. Autopilot je razvijen sustav koji omogućava autonomno upravljanje vozilom u određenim uvjetima. Neprestanim radom i željom za usavršavanjem, tvrtka nastoji razviti potpuno autonomnu vožnju u svim uvjetima u potpunosti bez ljudske intervencije. Tesla Motors je postao sinonim za električnu mobilnost i tehnološku inovaciju u automobilskoj industriji.



Slika 2.3. Gigafactory Texas u Austinu [4]

## 2.4. RIMAC AUTOMOBILI

U današnjem svijetu naprednih tehnologija te sve većih inženjerskih poduhvata i razvoja u svijetu elektrifikacije autoindustrije nemoguće je promišljati o toj temi, a da se bar u jednom trenutku ne spomene novi div koji je pomaknuo sve granice, tvrtka Rimac Automobili [5]. Rimac Automobili je hrvatska tvrtka koju je osnova Mate Rimac 2009. godine u Svetoj Nedelji, mjesto pored Zagreba, čija je specijalizacija proizvodnja električnih automobila visokih performansi i kompletnih tehnologija za tu granu industrije.

Mate Rimac svoj put započinje u svojoj garaži gdje odlučuje pokušati raditi nešto novo i sastaviti prvi električni automobil. Za navedeni poduhvat odlučuje uzeti svoj BMW E30 koji će mu poslužiti kao prototip projekta nazvanog „Rimac e-M3“. Nakon nekog vremena i turbulencija uspješnosti projekata, Rimac je proizveo najbrži električni automobil na svijetu u nekoliko kategorija te time svoju tvrtku upisao velikim slovima u svijet autoindustrije. 2011. godine tvrtka radi prvi pravi veliki korak u svom razvoju tako što na Frankfurt Motor Showu lansira proizvod pod nazivom Rimac Concept One, poznatiji kao prvi električni superautomobil na svijetu. Automobil se sastojao od četiri neovisna elektromotora koji u kombinaciji proizvode 1224 konjske snage i postižu ubrzanje od 0 do 100 km/h za svega 2,5 sekundi. Proizvedeno ih je u samo osam primjeraka, što mu dodatno daje na značaju i vrijednosti. Nakon toga tvrtka se odlučila za svoj drugi model s kojim nisu žurili nego su pomno radili na njegovom razvoju sve do 2018. godine kada tvrtka Rimac predstavlja svoj novi model, prvobitno nazvan Rimac C Two, a kasnije preimenovan u Rimac Nevera. Budući da su performanse Rimac Concept One-a već bile zadivljujuće, predstavljanje performansi novog modela ostavio je bez riječi čak i najveće kritičare. Naime, radi se o impresivnih 1914 konjskih snaga, 2340 Nm okretnog momenta te ubrzanjem od 1,81 sekundi i maksimalnoj brzini od 412 km/h. Važno je naglasiti kako Rimac Nevera svoje zavidne rezultate i performanse predstavlja kao vrhunac tehnologije električnih vozila. Konstantnim razvojem i željom za napretkom Rimac Automobili postali su ne samo proizvođači automobila, nego pružatelj vrhunske tehnologije na cjelokupnom razvojnom sustavu elektrifikacije. Tako je tvrtka razvila i proizvodi komponente baterijskih sustava, pogonskih sustava te daju softverska rješenja i za druge proizvođače automobila. Svojom kvalitetom i napretkom tvrtka je stekla povjerenje i uspostavila suradnju s mnogim renomiranim svjetskim proizvođačima automobila. Rimac Automobili privukao je povećani broj svjetskih automobilskih divova koji su prepoznali kvalitetu samog rada i odlučili investirati u tvrtku smatrajući svoj ulog kao kvalitetnu i sigurnu investiciju. Novosklopljena partnerstva ne samo da osiguravaju

financijsku sigurnost i veću stabilnost, nego i omogućavaju novu tehnološku suradnju koja će ubrzati i dodatno poboljšati razvoj novih proizvoda i rješenja.

Tvrtka Rimac Automobili nastavlja s ambicioznim razvojem, konstantnim učenjem i željom za napretkom u budućnosti. Primarni cilj je nastavak rada na razvoju električnih superautomobila te širenje svojih tehnoloških inovacija vezanih uz kompletan razvoj elektrifikacije.



Slika 2.4. Rimac Nevera [5]

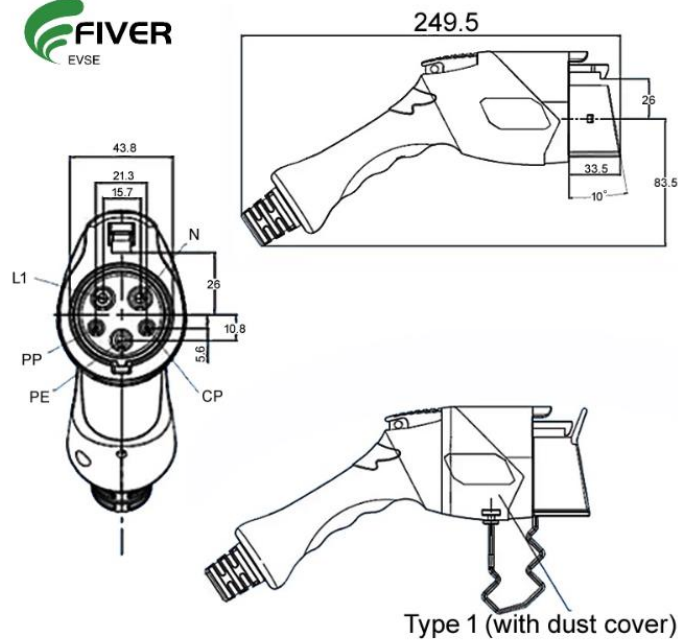
### **3. POVIJEST I RAZVOJ PUNIONICA ZA ELEKTRIČNA VOZILA**

Krajem 20. stoljeća porastom sve veće zabrinutosti veznog uz zagađenje zraka kao i smanjenja zaliha fosilnih goriva ponovo se oživljava interes za električnim vozilima. Početkom 2000-ih, nekoliko tvrtki počinje eksperimentirati s razvojem električnih i hibridnih vozila kao i s načinom na koji osmisliti infrastrukturu punjenja koja bi zadovoljila potrebe električnih vozila te ih zaista učinila funkcionalnima i svrsi shodnim. Sredinom 2000-ih, razvoj litij-ionskih baterija s većim kapacitetom i nižom cijenom povećao je proizvodnju i potražnju električnih vozila. Ovim rastom dolazi do sve veće potrebe za pouzdanom, pristupačnom i stabilnom infrastrukturom punjenja. Tako se prve prave i moderne punionice počinju pojavljivati krajem 2000-ih i početkom 2010-ih. Prve punionice nudile su osnovne, odnosno primitivne oblike i mogućnosti punjenja, brojnost im je bila vrlo mala i ograničena samo na određenim područjima. Uvidjevši probleme i potrebu za razvojem dolazi do inicijative poput programa kojeg pokreću ChargePoint i Tesla Supercharger mreže koje su učinile prve korake prema razvoju šire dostupne infrastrukture kao i kvalitetnije i modernije punjenje.

#### **3.1. RAZVOJ STANDARDA ZA PUNJENJE I BRZI NAPREDAK**

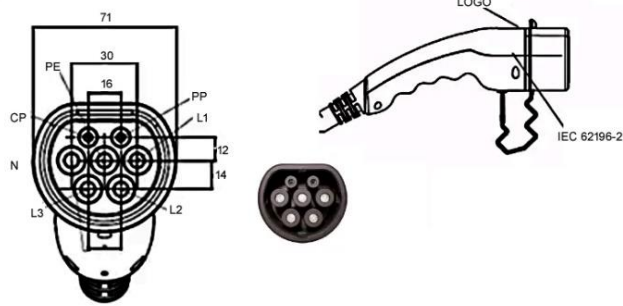
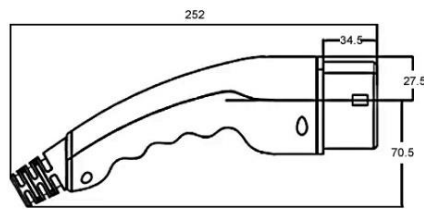
Porastom broja električnih vozila u prometu te razvojem sve većeg broja električnih punionica dolazi do nužne potrebe za razvojem određenih standarda i potrebnih normi kako bi kompletna infrastruktura funkcionirala i bila sigurna za korištenje. Razvoj standarda za punjenje uključuje:

- Type 1 (SAE J1772) [6]
  - Podrijetlo i upotreba: standardiziran u Sjevernoj Americi, SAE J1772 je priključak za punjenje izmjeničnom strujom (AC) i koristi se uglavnom u SAD-u, Kanadi i Japanu
  - Tehničke specifikacije: podržava punjenje do 19,2 kW (240 V, 80 A), a koristi se za kućno i javno punjenje



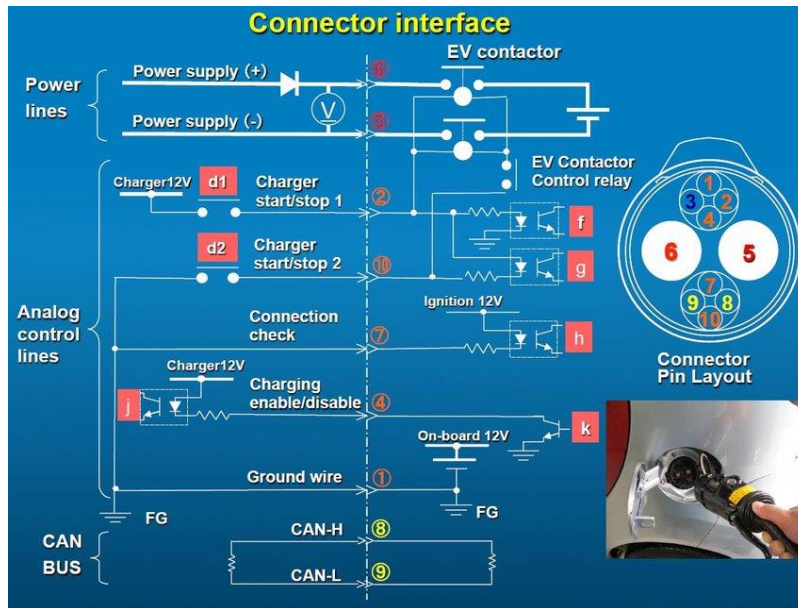
Slika 3.1. Type 1 (SAE J1772) punjač [6]

- Type 2 (Mennekes) [6]
  - Podrijetlo i uporaba: Europski standardi za punjenje izmjeničnom strujom (AC), razvijena od strane Njemačke tvrtke Mennekes, usvojen kao standard od Europske Unije
  - Tehničke specifikacije: punjenje do 43 kW (400 V, 63 A) za trofazno punjenje i do 22 kW za jednofazno punjenje



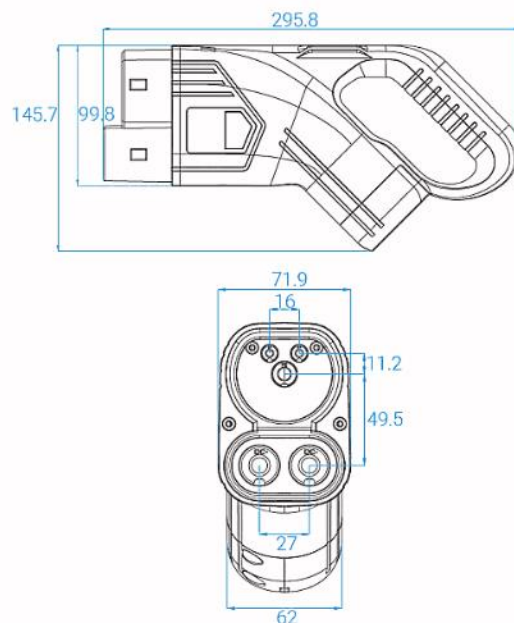
Slika 3.2. Type 2 (Mennekes) punjač [6]

- CHAdeMO [6]
  - Podrijetlo i upotreba: Razvijen u Japanu, CHAdeMO je standard za brzo punjenje istosmjernom strujom (DC)
  - Tehničke specifikacije: brzo punjenje do 62,5 kW (500 V, 125 A) s planom razvoja punjenja do 400 kW



Slika 3.3. CHAdeMO punjač [6]

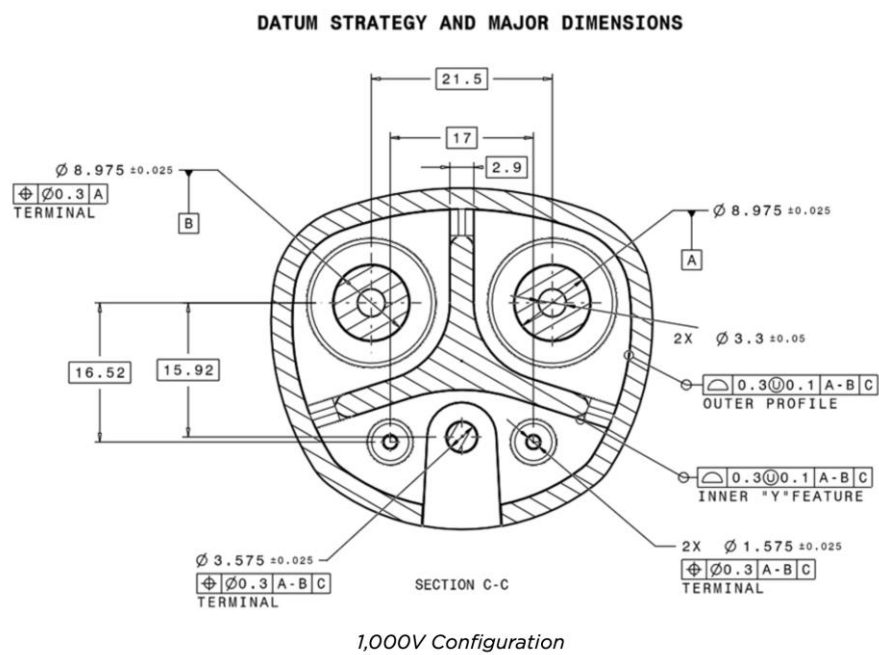
- Combined Charging System (CCS) [6]
  - Podrijetlo i upotreba: globalni standard koji kombinira AC i DC punjenje u jednom priključku, razvijen suradnjom nekoliko proizvođača kao što su BMW, Daimler, Ford, General Motors, Volkswagen i druge
  - Tehničke specifikacije: omogućava AC punjenje do 43 kW i DC punjenje do 350 kW



Slika 3.4. Combined Charging System(CCS) punjač [6]



- Tesla Supercharger [7]
  - Podrijetlo i upotreba: tvrtka Tesla je razvila vlastiti sustav superpunjača za brzo punjenje
  - Tehničke specifikacije: podržavaju DC punjenje do 250 kW



Slika 3.5. Tesla Supercharger [7]

- GB/T [8]

- Podrijetlo i upotreba: razvijen za potrebe Kineskog tržišta od strane njihove vlade
- Tehničke specifikacije: AC punjenje do 43 kW i DC punjenje do 250 kW



Slika 3.6. GB/T punjač [8]

## 3.2. EVOLUCIJA I UNIFIKACIJA STANDARDARDA

S porastom globalnog tržišta i sve većom potražnjom za električnim vozilima, dolazi do potrebe za unifikacijom i kompatibilnošću različitih standarda. Jedan od glavnih ciljeva je osigurati vozačima električnih vozila mogućnost korištenja punionica bez obzira na geografski položaj ili proizvođača vozila. Stoga sami proces unifikacije možemo podijeliti u tri skupine ovisno o vrsti:

- Interoperabilnost
  - Mnogi proizvođači punionica i vozila rade na različitim rješenjima koja bi omogućila interoperabilnost između različitih standarda
  - Primjer su punionice koje podržavaju više standarda kao što su CHAdeMO ili CCS, koje postaju sve češće
- Regulativa
  - Vlade i regulacijska tijela diljem svijeta rade na harmonizaciji standarda kako bi se olakšalo širenje infrastrukture za punjenje
  - Kao primjer možemo uzeti EU, koja potiče uporabu CCS standarda kao jedinstvenog standarda za brzo punjenje
- Tehnološki napredak
  - Razvoj novih tehnologija za punjenje poput ultra-brzih punjača i bežičnog punjenja, potiče daljnji razvoj i unifikaciju standarda
  - Očekuje se da će se razvojem tehnologije omogućiti još brže, sigurnije i učinkovitije punjenje

Razvoj standarda za punjenje električnih vozila odigrao je ključnu ulogu i u samom širenju popularnosti električnih vozila, kao i same ideje o elektrifikaciji kao takve. Standardizacija omogućava stvaranje pouzdane i dostupne infrastrukture koja zadovoljava potrebe korisnika diljem svijeta, čime je podržan prijelaz prema održivoj mobilnosti.

### **3.3. NAPREDAK I INOVACIJE**

Svakodnevnim napretkom i razvojem tehnologije tako se i punionice sve više i kvalitetnije razvijaju. Početne punionice nudile su relativno sporo punjenje, snage od oko 3,7 kW do 7,4 kW, što je prikladno za kućnu upotrebu ili nekakvo dugotrajno parkiranje. Međutim, sve veća potražnja i potreba za razvojem brzih punjača dovela je do razvoja brzih i ultra-brzih punionica koje mogu pružiti snage od 50 kW do 350 kW te omogućiti punjenje vozila u svega nekoliko minuta. Također se integracijom pametne tehnologije u moderne punionice omogućava daljinsko praćenje, upravljanje i optimizaciju punjenja. Aplikacije za pametne telefone omogućavaju korisnicima praćenje statusa punjenja njihovog vozila te plaćanje i rezervaciju samih punionica. Razvojem pametnih mreža dolazi do optimizacije distribucije energije te integracije obnovljivih izvora energije. Vlade i privatne tvrtke diljem svijeta neprestano rade na širenju infrastrukture za punjenje koji će na posljetku dovesti do ostvarenja jednog od najvažnijih ciljeva, a to je smanjenje emisija CO<sub>2</sub>. Daljnji rad i napredak u tom smjeru potreban je kako bi se povećala dostupnost punjenja u urbanim područjima, razvijaju se i inovativna rješenja poput integracije punjača u rasvjetne stupove, punjača ugrađenih u pločnike kao i bežičnih punionica. Ovakva rješenja omogućuju praktično i diskretno punjenje vozila bez potrebe za značajnijim radovima na samo infrastrukturi.

### 3.4. VRSTE PUNJAČA

Punjači[9] za električna vozila dijele se prema različitim kriterijima, a uključuju snagu punjenja, vrstu struje i namjenu. Različiti punjači pružaju različite brzine i metode punjenja, a prilagođeni su prema potrebama korisnika i vozila. Stoga, punjače dijelimo:

- Punjači prema snazi punjenja
  - Punjači niske snage (Level 1)
    - U ovakvim punjačima snaga ne prelazi 3,7 kW (AC), a prosječno vrijeme punjenja je između 8 i 12 sati ovisno o kapacitetu za potpuno punjenje baterije. Ovi punjači najčešće se upotrebljavaju za kućnu upotrebu s običnom kućnom utičnicom (u SAD-u 120 V, a u Europi 230 V). Prednosti ove vrste punjača su niska cijena instalacije i jednostavnost korištenja, a najveći nedostatak je svakako sporo punjenje.
  - Punjači srednje snage (Level 2)
    - Snaga ovih punjača proteže se od 3,7 kW do 22 kW (AC) te im je s porastom snage, vrijeme punjenja manje i iznosi od 3 do 8 sati za potpuno punjenje. Ovakvi punjači koriste se u kućnim, komercijalnim i javnim upotrebama. Prednosti ovih punjača su puno brže punjenje od punjača niske snage te široka dostupnost i rasprostranjenost, a nedostatak bi bio veća cijena nego prethodnih punjača, odnosno punjača niske snage.
  - Brzi punjači (Level 3)
    - Kako i sam naziv kaže radi se o brzim punjačima koji 80% baterije napune za svega 20 - 40 minuta, a snaga tih punjača je između 50 kW i 350 kW (DC). Ovakav tip punjača nalazi se na tehnološki jačim i razvijenijim punionicama koje se najčešće nalaze na nekakvim prometnim čvorištima veće važnosti kao što su autoceste, uz veće trgovačke centre i sl. Najveća prednost ove vrste punjača je naravno brzina punjenja koja je idealna na dulja putovanja, a

nedostatak je visoka cijena i potreba za puno zahtjevnijom infrastrukturom.

- Punjači prema vrsti struje
  - Izmjenična struja (AC)
    - Izmjenična struja najčešće se koristi za kućno i javno punjenje srednje snage. AC struja uključuje Type 1 (SAE J1772) i Type 2 (Mennekes) priključke. Snaga punjača izmjenične struje iznosi od 3,7 kW do 22 kW. Prednost navedenih punjača je široka dostupnost i jednostavnija instalacija, a nedostatak sporije punjenje u usporedbi s DC punjačima.



Slika 3.7. Prikaz AC punjača [10]

- Istosmjerna struja (DC)
  - Istosmjerna struja koristi se za brzo punjenje na javnim mjestima, a priključci koje uključuje su CHAdeMO, CCS i Tesla Supercharger. Istosmjerna struja omogućuje punjače veće snage, a iznosi od 50 kW do 350 kW. Stoga se zaključuje kako je prednost ovih punjača

njihova brzina punjenja, a nedostaci su visoke cijene i potreba za jačom infrastrukturom.



Slika 3.8. Prikaz DC punjača [11]

- Punjači prema namjeni
  - Kućni punjači
    - Kućni punjači dizajnirani su za jednostavnije instalacije, odnosno instalacije u privatnim domovima. Obuhvaćaju Level 1 i Level 2 punjače prema kojima se i određuje njihova snaga i brzina punjenja. Maksimalna snaga ovakvih punjača, odnosno snaga koja se može dobiti iz električne utičnice iznosi oko 3,6 kW, dok kod uređaja za kućnu punjenje snaga iznosi do 22 kW. Ovi tipovi punjača su zbog svoje infrastrukture povoljni i jednostavniji za upotrebu te omogućavaju korisnicima punjenje svojih električnih vozila preko noći, no brzina im je ograničena i relativno spora. Pomoću punjenja na kućnu utičnicu preko noći, napunjenost baterije bit će više nego dovoljna za prosječne dnevne potrebe koje u prosjeku iznose od 100 do 150 km vožnje.

- Javni punjači
  - Javni punjači dostupni su na javnim mjestima kao što su parkirališta, trgovački centri te benzinske postaje. Ova vrsta punjača uključuje Level 2 i Level 3 punjače. Njihov plus zasigurno je strateški odabrana lokacija te brzina punjenja, a kao nedostatak može se navesti njihova potražnja, tj. zbog svojih prednosti su češće zauzeti i zahtijevaju plaćanje ili nekakav oblik pretplate.
  
- Komercijalni punjači
  - Komercijalni punjači odnose se na punjače postavljene na poslovnim lokacijama prema potrebi za zaposlenike ili klijente. Također kao i prethodni punjači, obuhvaćaju Level 2 i Level 3 punjače. Ovakva vrsta punjača zasigurno pruža dodatne pogodnosti kako za zaposlenike tako i za posjetitelje. Modernim pristupom ne samo tehnološkom razvoju nego i dizajnerskom, povećanje atraktivnosti same lokacije je zagarantirana.
  
- Mobilni punjači
  - Budući da je u modernom svijetu potražnja za mobilnim uređajima ogromna zbog fleksibilnosti koju takvi uređaji pružaju, ne čudi da je došlo i do razvoja mobilnih punjača. To su punjači koji su osmišljeni kao prenosivi i sposobni za korištenje bilo gdje, a obuhvaćaju Level 1 i Level 2 punjače. Međutim, jasno je da se radi o punjačima niže snage i sporije brzine punjenja te su ovisni o dostupnosti električnih utičnica.



- Specijalizirani punjači
  - Bežični (Induktivni) punjači
    - Bežični punjači koriste induktivnu tehnologiju za bežično punjenje. Punjači su puno jednostavniji za upotrebu, bez potrebe za kablovima, ali većeg troška same izrade infrastrukture te niže učinkovitosti u usporedbi s kablskim punjačima. Ovaj tip punjača tek je u razvoju te se njegov vrhunac tek očekuje.
  - Punjači u rasvjetnim stupovima
    - Punjači u rasvjetnim stupovima zamišljeni su kao integrirani punjači u već postojeću infrastrukturu rasvjetnih stupova. Omogućavaju uštedu prostora, jednostavne instalacije te korištenje već postojeće električne mreže, no snaga im je ograničena.

Dakle, zbog raznolikog izbora električnih vozila kao i njihove potrebe postoje i različite vrste punjača koji su prilagođeni određenim potrebama korisnika, od kućnog punjenja preko noći sve do brzog usputnog punjenja na putu. Na samom razvoju standarda i tehnologija punjenja neprestano se nastavlja raditi kako bi se povećala dostupnost i učinkovitost punjenja te samim time i podržao rast i razvoj elektrifikacije na globalnoj razini.

## 4. IZMJENIČNI PUNJAČI DO 22 kW

Izmjenični punjači snage do 22 kW, poznatiji kao AC punjači [12], imaju važnu ulogu u punjenju električnih vozila. Njihova posebnost je mogućnost punjenja vozila kod kuće, na poslu ili na javnim mjestima gdje vozila provode dulje vrijeme. Izmjenični punjači snage do 22 kW pružaju sasvim dovoljnu brzinu punjenja za većinu dnevnih potreba korisnika električnih vozila. Takvi punjači razlikuju se prema radnom principu, tipu punjača, snazi, instalacijama i kompatibilnosti i mnogim drugim načinima.

AC punjači, odnosno izmjenični punjači koriste kako im i sami naziv kaže, izmjeničnu struju (AC) iz električne mreže za punjenje električnih vozila. Da bi takav oblik punjenja bio moguć potreban je ugrađeni punjač u automobilu. Glavna funkcija ugrađenog punjača je pretvorba izmjenične struje (AC) iz električne mreže u istosmjernu struju (DC) koju baterija nekog električnog vozila može pohraniti. Svaki taj ugrađeni punjač vozila ima svoje specifikacije, odnosno ograničen kapacitet pretvorbe kojim je određena sama brzina punjenja.

Kompletan proces punjenja je ograničen i postavljen na način da upravljačka elektronika unutar punjača i samog vozila osigurava sigurnost i učinkovitost pri samom procesu punjenja. Ova elektronika nadzire veličine poput napona, struje i temperature. Komunikacija između punjača i vozila odvija se putem signalnih linija koje omogućavaju koordinaciju i optimizaciju procesa punjenja. Proces punjenja odvija se na način da vozač poveže svoje vozilo s punjačem putem priključka za punjenje. Upravljačka elektronika inicira proces autentifikacije i sigurnosne provjere. Nakon uspješnog povezivanja, punjač i vozilo razmjenjuju informacije o kapacitetu baterije, maksimalno dopuštenoj struji punjenja te drugim relevantnim parametrima. Nakon što su vozilo i punjač uskladili sve parametre proces punjenja započinje tako što se isporučuje izmjenična struja (AC) prema vozilu koja se pretvara u istosmjernu (DC) struju i pohranjuje u bateriju. Tijekom procesa punjenja, upravljačka elektronika nadzire proces i osigurava optimalne uvjete punjenja. Struja punjenja se može prilagođavati u stvarnom vremenu kako ne bi došlo do pregrijavanja ili preopterećenja. Kada baterija dosegne puni kapacitet ili unaprijed postavljeni prag, punjač automatski prekida proces punjenja. Vozilo šalje signal punjaču da zaustavi isporuku električne energije. Nakon završnog procesa, vozač može slobodno i sigurno odspojiti kabel za punjenje te je vozilo spremno za upotrebu.

Postoje različiti tipovi izmjeničnih punjača, uključujući stacionarne punjače koji se instaliraju kod kuće ili na poslovnom mjestu te prijenosne punjače koji se mogu koristiti na različitim lokacijama. Kao što je već spomenuti u ranijem tekstu, radi se punjačima Type 1 (SAE J1772) i Type 2 (Mennekes). Snage izmjeničnih punjača mogu biti različite, izražene u kW. Standardni kućni punjači najčešće su snage između 3,7 kW i 7,4 kW, zbog čega pružaju sporije punjenje u usporedbi s DC punjačima. Punjenje vozila može trajati nekoliko sati što nije baš praktično za nekakve užurbane potrebe. Stoga punjači snage do 22 kW omogućavaju brže punjenje u usporedbi s kućnim punjačima niže snage. Ova vrsta punjača često se koristi na radnim mjestima ili na javnim lokacijama gdje vozila mogu provesti nekoliko sati i gdje je brže punjenje poželjno. Takvi punjači mogu biti posebno korisni za vozače koji nemaju mogućnost punjenja kod kuće ili koji putuju na duže udaljenosti. Izmjenični punjači zahtijevaju odgovarajuće električne instalacije koje mogu podržati njihovu snagu. Kompatibilnost između punjača i vozila također je vrlo važna, a sva moderna električna vozila opremljena su priključcima koji podržavaju različite snage punjenja.

Vlasnici električnih vozila sve češće instaliraju moderne kućne punionice koje dolaze s povezanim sustavima koji omogućavaju daljinsko praćenje i upravljanje punjenja putem pametnih telefona ili internetskog preglednika. Ove pametne funkcije omogućavaju sigurno i pouzdano punjenje vozila kod kuće bez rizika od oštećenja sustava ili samog vozila. Kućni punjači pružaju praktično rješenje za punjenje električnih vozila kod kuće, omogućavaju vlasnicima punjenje svojih vozila tijekom noći ili dana ovisno o mogućnostima i potrebama. Ovi punjači pružaju vlasnicima veću autonomiju i neovisnost o javnim punionicama, čineći punjenje jednostavnijim i pogodnijim.

Izmjenični punjači snage do 22 kW pružaju praktično i brzo rješenje za punjenje električnih vozila na mjestima gdje vozila provode duže vrijeme te im je omogućeno višesatno punjenje. Njihova široka dostupnost i kompatibilnost s većinom električnih vozila čine ih važnim dijelom infrastrukture punjenja električnih vozila.

## 5. REALIZIRANI PUNJAČI U STUPOVIMA U EU

Ugradnja punjača u rasvjetne stupove postaje sve popularnija inicijativa u Europi kao odgovor na sve veći broj električnih vozila u prometu te sve veću potrebu za širenjem infrastrukture punjenja.

Sve veći broj gradova širom Europe, prema [13], prepoznali su važnost podrške elektrifikacije radi smanjenja emisija CO<sub>2</sub> te poboljšanja kvalitete zraka i smanjenja buke u urbanim sredinama. Ugradnja punjača za električna vozila u rasvjetne stupove postala je ključna inicijativa koja omogućava korisnicima električnih vozila praktično i pristupačno punjenje na javnim mjestima. Ugradnja punjača u rasvjetne stupove obično zahtijeva dodavanje električnih komponenti u već postojeću infrastrukturu. Ovi punjači koriste postojeće napajanje rasvjetnih stupova za punjenje električnih vozila, čime se smanjuje potreba za dodatnim radovima na električnoj mreži. Punjači u rasvjetnim stupovima obično nude različite razine snage punjenja, ovisno o potrebama grada i tehničkim mogućnostima. Snaga punjenja varira između 3,7 kW i 22 kW, pružajući korisnicima različite mogućnosti brzine punjenja.

Praksa ugradnje punjača u rasvjetne stupove širi se po gradovima diljem Europe. Gradovi kao što su London, Amsterdam, Pariz, Bruxelles, Berlin i mnogi drugi implementiraju ili planiraju implementirati ovu inicijativu kako bi podržali rastući broj električnih vozila i olakšali punjenje na javnim mjestima. Ugradnja punjača u rasvjetne stupove najčešće se povezuje s konceptom pametnih gradova, gdje se koristi tehnologija kako bi se poboljšala kvaliteta života građana i optimizirala upotreba resursa. Pametni sustavi omogućavaju daljinsko upravljanje punjenjem, praćenje potrošnje energije i optimizaciju raspodjele resursa na temelju potrebe i potražnje korisnika.

## 5.1. RASPROSTRANJENOST PO GRADOVIMA

Ugradnja punjača za električna vozila u rasvjetne stupove postala je sve popularnija inicijativa u mnogim gradovima diljem Europe kako bi se olakšalo punjenje električnih vozila na javnim mjestima. U nastavku slijedi pregled nekoliko primjera realiziranih projekata u EU:

- London, Ujedinjeno Kraljevstvo
  - Grad London implementirao je planove za ugradnju punjača za električna vozila u većinu svojih 60 000 javnih rasvjetnih stupova. Primarni cilj ove inicijative je poboljšanje dostupnosti punjenja električnih vozila u cijelom gradu, posebno na parkiralištima i uličnim lokacijama. Na razvoju i realizaciji samog projekta radi britanski proizvođač punjača Ubitricity.[14]



Slika 5.1. Prikaz punjača u rasvjetnom stupu, London, UK [14]

- Amsterdam, Nizozemska
  - Amsterdam je jedan od prvih gradova koji je započeo s integracijom punjača za električna vozila u javne rasvjetne stupove. Kroz projekt „Amsterdam Smart City“ postavljeno je više od 1000 punjača u rasvjetne stupove diljem grada kako bi se podržao i potaknuo daljnji razvoj elektro mobilnosti bez emisija te smanjenje potreba za tradicionalnim benzinskim vozilima.[13]
  
- Pariz, Francuska
  - Francuska prijestolnica također je implementirala program ugradnje punjača za električna vozila u javne rasvjetne stupove kao dio svojih inicijativa za smanjenje emisija štetnih plinova. Pomoću sklopljenih partnerstva s raznim energetske tvrtkama, Pariz je postavio stotine punjača u rasvjetne stupove duž svojih ulica te na parkiralištima i drugim javnim mjestima.[13]
  
- Berlin, Njemačka
  - Glavni grad Njemačke također je pokrenuo projekt ugradnje punjača za električna vozila u rasvjetne stupove kako bi podržao rastući broj električnih vozila u gradu. Ovim punjačima vozačima je omogućen lakši pristup punjenju dok su u pokretu ili parkirani na ulicama grada.[15]
  
- Bruxelles, Belgija
  - Belgija kao i njezine susjedne zemlje, poznata je po svojoj naprednoj politici održive mobilnosti i razvoja kompletne elektrifikacije, također je uvela punjače za električna vozila u rasvjetnim stupovima počevši s glavnim gradom, Bruxellesom. Ova inicijativa je samo jedna od mnogih razvojnih područja koji podržavaju usmjeravanje prema električnoj mobilnosti i smanjenju emisija CO<sub>2</sub> u gradu.[13]

S porastom broja punjača za električna vozila ugrađenih u rasvjetne stupove, ideja se proširila među gradovima diljem Europe kao dio šire inicijative za poticanje električne mobilnosti i smanjenje emisija štetnih plinova. Ovi i slični projekti dokaz su kako se neprestano radi na daljnjem razvoju i poboljšanju elektrifikacije te samim time u konačnici na boljitak svakog građanina.

Pilot projekt o razvoju punjača u rasvjetnim stupovima trebao je započeti 2023. godine u 6 hrvatskih gradova, a ukupno bi trebalo biti postavljeno oko 2000 punjača. Ideja je postaviti punjače u rasvjetne stupove bez većih promjena instalacija koji će se nalaziti na parkiralištima i biti dostupne snage od 2 do 7,2 kW po punjaču.

## **6. PREGLED POSTOJEĆIH SUSTAVA PUNJAČA U RASVJETNIM STUPOVIMA U EUROPI**

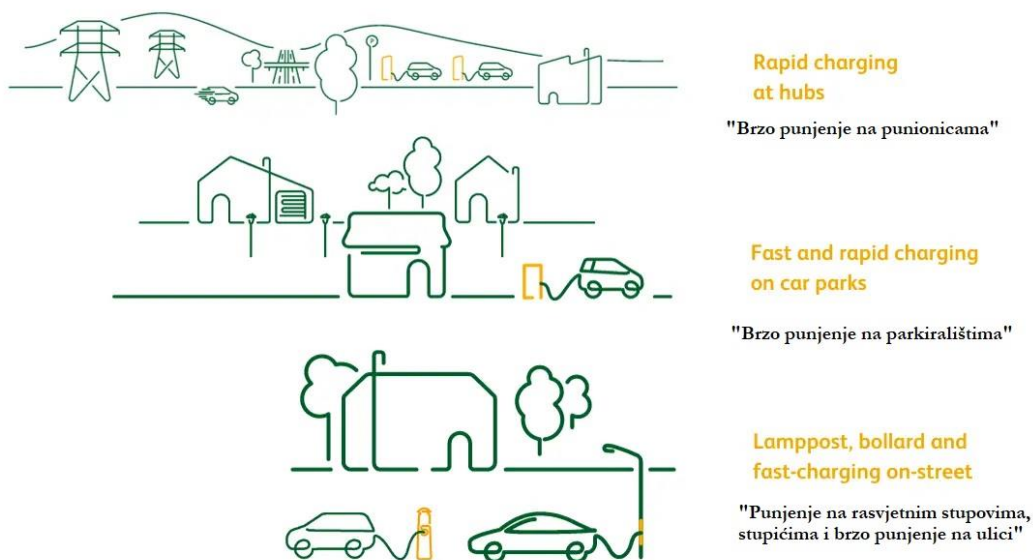
S porastom broja električnih vozila i popularnošću istih porasla je i potreba za kvalitetnijim, pristupačnijim i ekološki prihvatljivijim rješenjima mobilnosti i izgradnje infrastrukture punjača električnih vozila. Kao što je već spomenuto, jedna od najnovijih inovacija u svijetu razvoja infrastrukture za punjenje je integracija punjača u rasvjetne stupove. Razvoj ove tehnologije omogućava praktično i učinkovito rješenje za gradove s ograničenim prostorom i resursima tako što dolazi do proširenja mreže punjača na već postojećom infrastrukturu. U ranijem tekstu govorilo se o implementaciji ove tehnologije u sve većem broju gradova diljem Europe.

Tako su na primjer u Londonu, Siemens i Ubitricity razvili sustav pomoću kojeg su instalirali punjače u rasvjetne stupove čime su stvorili i proširili mrežu pristupnih točaka za punjenje. Ovaj projekt poznatiji je pod imenom „Electric Avenue“ i predstavlja veliki korak u daljnjem razvoju održive urbane mobilnosti. Slijedeći taj primjer sve je više njemačkih gradova koji razvijaju slične sustave koristeći tehnologiju Ubitricity te proširili i učinili boljom i kvalitetnijom svoju mrežu za punjenje električnih vozila bez većih infrastrukturnih zahvata. Iako je ovaj sustav punjenja još uvijek relativno nov i tek na početku razvoja svojih mogućnosti, suočava se s izazovima poput ograničene brzine punjenja, potrebe za nadogradnjom postojeće infrastrukture te redovitog održavanja. Ipak, njegove prednosti, poput ekonomske isplativosti i praktičnosti, čine ga iznimno privlačnim rješenjem za mnoge urbane sredine.



## 6.1. Ubitricity

Prema [14], Ubitricity je najveća mreža za punjenje električnih vozila u Ujedinjenom Kraljevstvu. Osnovani su 2008. godine i od tada su surađivali s više od 30 lokalnih vlasti na postavljanju više od 8000 punionica diljem Ujedinjenog Kraljevstva. Omogućavanjem praktičnog kućnog punjenja na ulici za 8.8 milijuna domova u UK-u koji ne mogu puniti svoj automobil kod kuće, vjeruju da s razvojem svojeg sustava mogu napraviti stvarnu razliku u prijelazu UK-a na električna vozila. U Njemačkoj, Francuskoj i Nizozemskoj vozači električnih vozila također mogu puniti baterije svojih vozila na sve većem broju punionica Ubitricity sustava. Ukupno je postavljeno više od 10 000 javnih punionica. Potaknuti činjenicom da osam milijuna britanskih kućanstava i nešto manje od četvrtine (24%) kućanstava u Engleskoj nema pristup parkiralištu izvan naseljene ulice ili privatni parking gdje bi bilo moguće obaviti punjenje električnog vozila, Ubitricity razvija sustav punjenja pomoću rasvjetnih stupova koji pružaju mogućnost punjenja male snage, niske cijene i u blizini kuće te samim time omogućavaju daljnji razvoj i širenje električnih vozila u prometu.



Slika 6.1. Ubitricity prikaz punionica [14]

Vođen ciljem koji je Ubitricity postavio, uz namjeru povećanja broja električnih vozila i paralelnog razvoja potrebne infrastrukture. Uzimajući u obzir postojeću infrastrukturu razvija se sustav koji je mrežno kompatibilan, jednostavan za korištenje svim vozačima električnih vozila te potpuno u skladu sa standardima UK. Budući da se koristi postojeća infrastruktura, sustav zahtjeva niske investicijske i operativne troškove. Stoga jedan od razvijenih sustava punjenja na stupu javne rasvjete dolazi pod nazivom Chelsea.

- Tehnički podaci punjača:
  - Kapacitet punjača: 5 kW (jednofazni, 25A)
  - Nazivni napon: 230V
  - Način punjenja: Način 3
  - Komunikacijski protokoli: OCPP v1.6 Core + komunikacijski protokol
  - Kućište: prikladno za stupove s unutarnjim promjerom > 110 mm u bazi i > 67 mm u stupu



Slika 6.2. Chelsea punjač u rasvjetnom stupu [14]



# ubitricity EV Chargers for Lampposts "Chelsea" Data Sheet

In-column or satellite bollard, model name: Chelsea 2.2

ubitricity's "Chelsea" is an elegant, low cost, convenient way to convert street lights to public electric vehicle charging points.



## General Information

**How it works** Any EV driver can use a standard Type 2 cable to charge their car at a ubitricity lamppost or bollard charger. Drivers use their smartphone to scan a QR code for contactless Pay As You Go. No app or subscription required. Drivers receive an email VAT receipt for kWh used when the charging process ends. Local Authority receive monthly reports of all transactions and network data.

**Metering** Each "Chelsea" charger measures the electricity used by EV drivers. It works on metered and unmetered networks via ubitricity's Elexon-approved Measured Central Management System. The local authority's energy bills for street lights are not affected.

## Technical Information

**Housing** Dimensions: suitable for poles with an inner diameter of > 110 mm in the base and > 67 mm in the shaft  
Material: polycarbonate (fully recyclable)  
Protection class IP54 / IK10 when installed

**Installation** Integrated into lampposts or satellite bollards

**Protection Technology** Residual direct current detecting device (RDC-DD) >6mA DC integrated  
Upstream components for electrical protection (fuse, RCD Type A) delivered as part of the installation

**Plug Connection** Type-2 IEC 62196-1/2, with interlock

**Charging Capacity** standard max. 5 kW (230 V, single-phase) and configurable to local grid conditions

**Charging Mode** Mode 3 per BS EN IEC 61851-1:2019

**Communication** OCPP v1.6 Communication Protocol, Firmware over the air updates

- Standards and Certification**
- BS EN IEC 61851-1:2019
  - UKCA / CE Marked
  - UK Radio Equipment Regulations 2017 (as amended)
  - UK Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment Regulations 2012 (as amended)
  - EU Radio Equipment Directive 2014/53/EU
  - EU Restriction of Hazardous Substances Directive 2015/863
  - Alternative Fuels Infrastructure Regulations 2017 compliant
  - ELEXON certified BSCP520 Measured Central Management System
  - OZEV On-street Residential Charging Scheme (ORCS) compliant
  - National Cyber Security Centre-certified

DS\_Lamppost\_EV\_Charger\_Chelsea\_2301\_UK

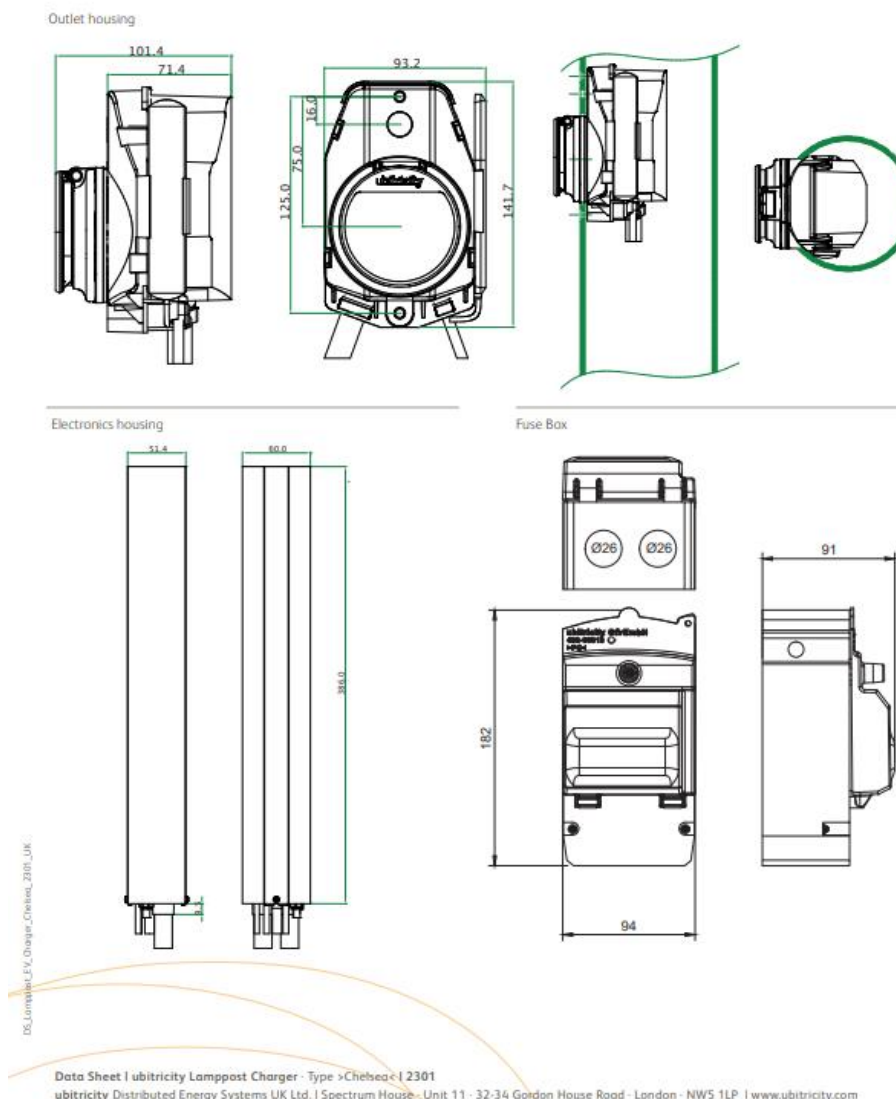
Data Sheet | ubitricity Lamppost Charger - Type >Chelsea< | 2301  
ubitricity Distributed Energy Systems UK Ltd. | Spectrum House - Unit 11 · 32-34 Gordon House Road · London · NW5 1LP | www.ubitricity.com

Slika 6.3 Ubitricity EV punjači za rasvjetne stupove "Chelsea" – Tehnički list [14]

Na slici 7.3. je prikazan tehnički list EV punjača za rasvjetne stupove Chelsea u kojem su prikazani svi glavni podaci vezani za stup. Tako se na prikazu nalaze opći podaci koji govore na koji način rasvjetni stup funkcioniра kao i koji je tip kabela za punjenje te način mjerenja iskorištene električne energije za punjenje električnog vozila. Zatim slijede tehnički podaci poput: dimenzija kućišta te njegovi materijali, način instaliranja, zaštitna tehnologija, kapacitet i način punjenja te način komunikacije. Na kraju tehničkog lista nalazi se popis svih standarda i certifikata koje je Chelsea punjač prošao i zadovoljio.



### Dimensions of ubitricity EV Charger "Chelsea"

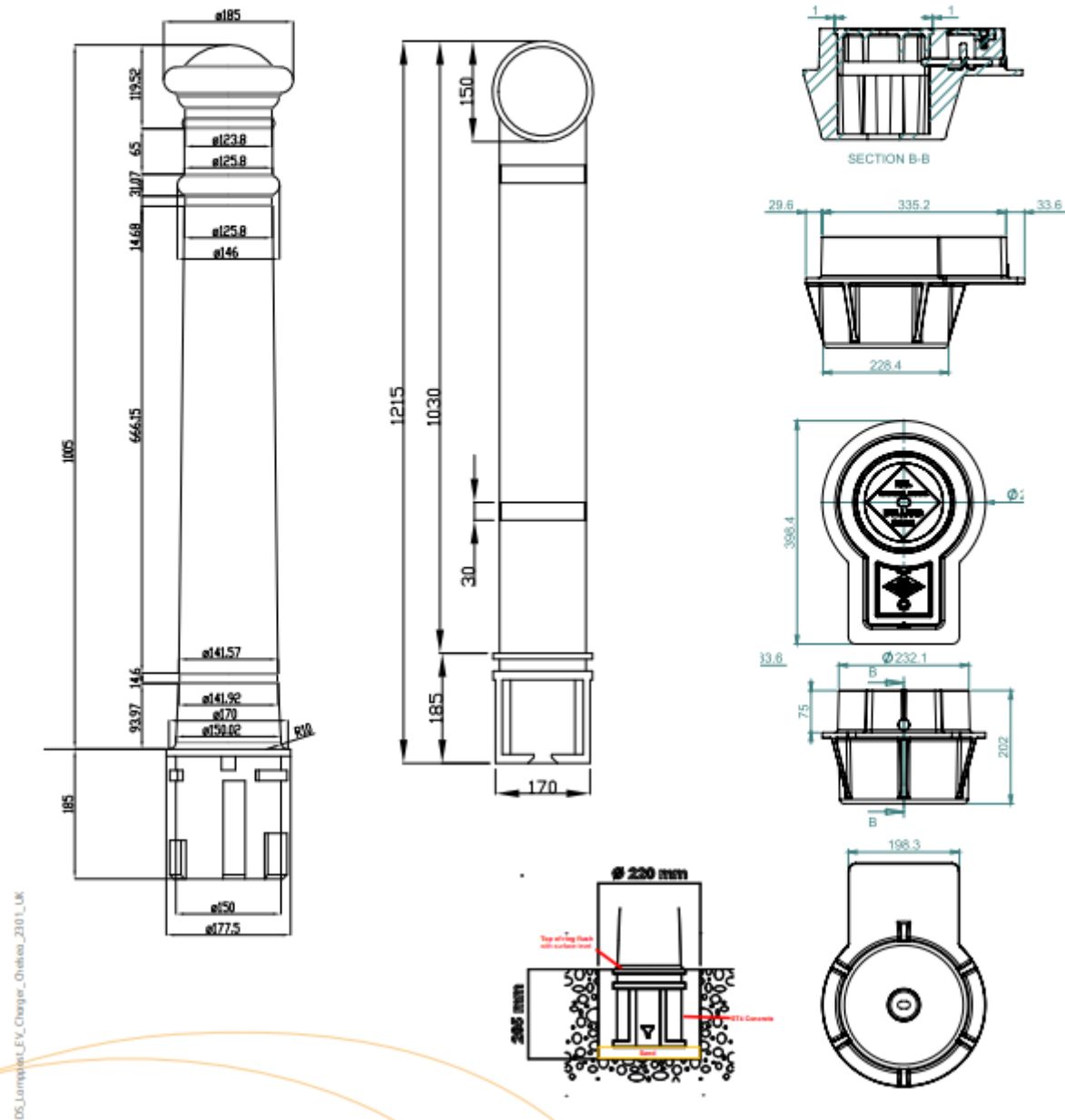


Slika 6.4. Dimenzije Ubitricity EV punjača "Chelsea" [14]

Na slici su prikazane dimenzije vanjskog i elektroničkog kućišta te dimenzije kutije s osiguračima.

## Dimensions of ubitricity EV Charger "Chelsea"

Dimensions NAL Bollards



Data Sheet | ubitricity Lamppost Charger - Type >Chelsea< | 2301

ubitricity Distributed Energy Systems UK Ltd. | Spectrum House - Unit 11 - 32-34 Gordon House Road - London - NW5 1LP | www.ubitricity.com

Slika 6.5. Dimenzije Ubitricity EV punjača "Chelsea" [14]

Na slici se prikazuje dimenzije NAL stupića

## 6.2. Bender GmbH & Co. KG

Bender je jedan od vodećih svjetskih dobavljača rješenja koja električnu infrastrukturu čine pametnom i sigurnijom. Radi se obiteljskom poduzeću sa sjedištem u Grünbergu, Njemačka koje zapošljava više od 1200 ljudi u 15 zemalja svijeta. Više od 20 posto svih zaposlenika radi u istraživanju i razvoju kako bi nastavili nuditi inovativne odgovore na pitanja energetske tehnologije sutrašnjica. U tvrtki smatraju da je energija ključni dio svačijeg svakodnevnog života stoga je sigurna i pouzdana opskrba energijom ključna.

Berlinski start-up i partner tvrtke Bender GmbH & Co. KG, ebee smart technology GmbH, počinje raditi na realizaciji vizije-koristiti već postojeću električnu infrastrukturu za punjenje električnih vozila. Minimalni zahtjevi za ugradnju, prema ebee[15], su minimalni promjer jarbola od 115mm i minimalna debljina stijenke jarbola od oko 5mm. Što se tiče vodova za napajanje električnom energijom smatraju kako bi spojna faza svjetiljke trebala moći podnijeti dodatno opterećenje od najmanje 10A što zadovoljava potrebe minimalne snage punjenja od 2,3 kW. Pod uvjetom da postoji 3-fazni priključak, moguće je povećati ovaj scenarij na 22 kW. U konačnici, da bi projekt uspješno realiziran potrebno je omogućiti parkirati vozilo u neposrednoj blizini rasvjetnog stupa. Nadalje smatraju da od prelaska javne rasvjete na LED tehnologiju, obično postoji dovoljan višak struje u rasvjetnim stupovima. Zbog svog koncepta punionica Berlin također omogućuje postavljanje javne mjerne stanice zajedno s elektroničkim, MID kalibriranim kućnim brojilima i inteligentnom komunikacijom podataka. U slučaju tankih poprečnih presjeka električnih vodova, performanse punjenja mogu biti ograničene inteligentnim regulatorom punjenja. U konačnici, dan-noć problem jednostavno ne nastaje u slučaju distribucije mreže, s obzirom na to da su rasvjetni stupovi spojeni odvojeno na glavni vod, što znači da čak i tijekom dnevnih sati postoji dovoljno električne energije na raspolaganju do točke prijelaza kabela. U slučaju rasvjetne mreže, tj. gdje se paljenje svjetala po cijelim ulicama ne događa do sumraka, postojeće faze se mogu prebaciti na kontinuiranu struju. To znači da se električna energija opskrbljuje punjačima rasvjetnih stupova tijekom dana. Isključivim strujnim krugom između rasvjete i mjesta za punjenje upravlja se valovitom kontrolom ili sučeljem na kontroleru mjesta za punjenje.

Prave prednosti punjenja putem rasvjetnih stupova stvarno dolaze do izražaja na javnim mjestima u gradovima- posebno gdje stanovnici zbog nedostatka privatnih garaža moraju parkirati uz rubnike i na parkirališnim mjestima uz cestu. Ovdje strana kulture mobilnosti punjenja na rasvjetne stupove stvarno dobiva na značaju. S obzirom da većina vozača većinu vremena prelazi

samo kratke udaljenosti, nema potrebe za potpunim punjenjem-potrebno je samo dopunjavanje. Mnoge situacije parkiranja, na primjer na radnom mjestu ili tijekom noći su dugotrajna te vremenski više nego dovoljna za nadopunu baterije. Na kraju se baterije mogu u potpunosti napuniti, budući da čak i punjači rasvjetnih stupova od 3,8 kW daju punjenje po satu koje odgovara otprilike 25 kilometara vožnje.

Budućnost punjenja električnih vozila pomoću rasvjetnih stupova u stalnom je napretku i razvoju. Na primjer, ebee ekskluzivno opskrbljuje pobjednika berlinskog natječaja, Allego, punjačima za rasvjetne stupove. Pilot projekti rasvjetnih stupova temeljeni na ebee Berlinskoj točki punjenja implementirani su u Bottropu, Aachenu, Hannoveru i Kölnu. U studenom 2017., operater električne mreže E.DIS otvorio je svoje prvo berlinsko mjesto za punjenje pomoću rasvjetnih stupova u okrugu Brandenburg Grossbeeren. Do danas su daljnje tri tvrtke ebee-Bender kupci postigli uspjeh u domaćoj i međunarodnoj prodaji vlastitih rješenja za punjenje pomoću rasvjetnih stupova, a svaka se temelji na CC613 kontroleru punjenja.



Slika 6.6. CC613 kontroler punjenja [15]

Svojstva CC613 kontrolera punjenja:

- Integrirano dinamičko upravljanje opterećenjem (DLM)
- Integrirana Powerline komunikacija (PLC) u skladu s ISO 15118
- Integrirani sigurnosni otvarač
- Mogućnost Smart-Grid-a kroz OCPP 1.5 i 1.6 (JSON i SOAP), kao i EEBUS protokol za budućnost
- Integrirano otkrivanje/nadzor istosmjerne struje kvara od 6 mA (patentirano) omogućuje upotrebu RCD tipa A, nije potreban RCD tip B
- Ethernet sučelje i integrirani 4G modem

CC613 je inteligentni kontroler punjenja sljedeće generacije. Baš kao i njegov prethodnik CC612, CC613 je mozak inteligentne stanice za punjenje: komunicira s vozilom i pozadinom, nadzire interni hardver sustava punjenja, korisnička sučelja kao i vezu između stanice za punjenje i vozila. CC613 također ima Powerline komunikaciju (PLC) prema ISO 15118 za implementaciju uključi i napuni, kao i detekciju istosmjerne struje kvara s vanjskim spojenim strujnim transformatorom. Osim toga, bit će dostupna besplatna ažuriranja softvera za proširenje funkcija. Kontroler punjenja ima dodatno razvijeno integrirano upravljanje dinamičkim opterećenjem (DLM), kojim se također može upravljati putem sustava više razine. To omogućuje upravljanje većim infrastrukturama za punjenje ili lokalno putem kontrolera ili putem postojećeg sustava upravljanja zgradom.

U sve većoj mjeri, operateri infrastrukture počinju postajati svjesni potencijala punjenja na uličnim svjetiljkama. Sada se od vozača automobila traži da se u budućnosti inspiriraju motom ebee za punjenje na javnim mjestima:

“Ne vozimo da bismo punili. Punimo dok smo parkirani (pored ulične svjetiljke)”.

Dipl. pol. Peter Wilhelm, ebee smart technology GmbH, Berlin



### 6.3. Schreder

Schreder[13] je globalni lider u vanjskim rasvjetnim rješenjima i poznat je po svojoj stručnosti u konceptu koji nazivaju "Lightability." Ovaj pojam utjelovljuje njihovu misiju da pruže više od same rasvjete, nudeći pametna i povezana rješenja za gradove i zajednice. Osnovan 1907. godine u Belgiji, Schreder je postao pionir u integriranju tehnologija poput Interneta stvari (IoT), prikupljanja podataka i aplikacija za pametne gradove u svoje sustave rasvjete.

Glavna područja stručnosti:

- Pametna rasvjeta i IoT rješenja: Schreder dizajnira sustave rasvjete kojima se može upravljati na daljinu, pružajući energetske učinkovita rješenja koja se prilagođavaju uvjetima u stvarnom vremenu, poput prometa i vremenskih uvjeta. Ovi sustavi smanjuju potrošnju energije i omogućuju gradovima učinkovito upravljanje infrastrukturom rasvjete.
- Održivost i energetska učinkovitost: Schreder naglašava održivost razvijajući LED rasvjetu koja ne samo da smanjuje potrošnju energije, nego i emisiju CO<sub>2</sub>. Njihova su rješenja dizajnirana za dugoročnu izdržljivost i minimalan utjecaj na okoliš.
- Integracija s urbanom infrastrukturom: Schreder je poznat po integraciji drugih tehnologija, poput punionica za električna vozila, Wi-Fi pristupnih točaka i senzora, u sustave ulične rasvjete. Time postaje ključni igrač u razvoju pametnih gradova, gdje je urbana infrastruktura međusobno povezana radi poboljšanja usluga.
- Lightability: Koncept "Lightability" odnosi se na korištenje snage svjetlosti za poboljšanje javnih prostora i kvalitete života. Schreder se fokusira na stvaranje rasvjetnih rješenja koja pružaju više od osvjjetljenja, dodajući vrijednost kroz sigurnost, održivost i povezivost.

Schrederova predanost inovacijama dovela je do brojnih suradnji s gradovima diljem svijeta, transformirajući urbane prostore pomoću najmodernijih tehnologija rasvjete i pomažući im u prijelazu na pametnija i zelenija okruženja.

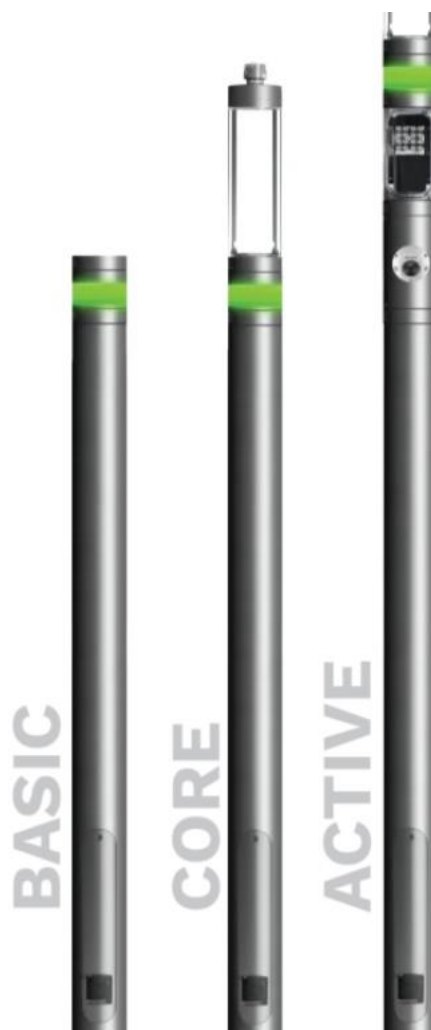
### 6.3.1. Integracija s urbanom infrastrukturom

Električna vozila postaju sve prisutnija i pristupačnija, stoga se nameće pitanje na koji bi se način mogao omogućiti pouzdan, siguran i praktičan način punjenja električnih vozila. Kao rješenje pitanja tvrtka predstavlja svoj rasvjetni stup Shuffle. Rasvjetni stup Shuffle odlično je rješenje za gradove koji žele omogućiti vožnju na električni pogon. Osim što pruža besprijekornu rasvjetu, stup se može opremiti jedinicama kao što su zvučnici, CCTV kamere, ekološki senzori, WiFi pristupne točke ili EV punjači. Shuffle se može opremiti Schröderovim vlastitim sustavom punjenja integriranim u stup (bilo verzija AC 11kW ili 22kW, koja može napuniti automobil do 80% u manje od dva sata) ili se može prilagoditi za integraciju drugih eksternih EV punjača potrebnih kupaca. Za primjer uzimaju portugalsku dolinu Oeiras. Dom inovativnim multinacionalnim i domaćim tvrtkama, nudi izvrsnu kvalitetu života. Uz održivost na čelu razmišljanja planera, usredotočili su se na metode mješovitog prijevoza, poticanje korištenja bicikala i vozila s nultom emisijom. Postavili su 59 rasvjetnih stupova za punjenje u cijeloj regiji, dajući gradu najopsežniju i najmoderniju mrežu za punjenje električnih vozila u zemlji - i pokazujući zajednici da se mogu prebaciti na hibridnu vožnju.



Slika 6.7. SHUFFLE rasvjetni stup u Oeirasu [13]

	SHUFFLE MOBILITY BASIC	SHUFFLE MOBILITY CORE	SHUFFLE MOBILITY ACTIVE
<b>Pole height</b>	4370mm   14.34'	4370mm   14.34'	4370mm   14.34'
<b>Control node</b>	No	Yes	Yes
<b>Module (top)</b>	Blue/green light ring (SHLR2-BL/GR)	360° Lighting (SH36L2)	360° Lighting (SH36L2)
<b>Module 2</b>	-	Green/blue light ring (SHLR2-GR/FK)	Green/blue light ring (SHLR2-GR/FK)
<b>Module 3</b>	-	-	180° Lighting Spot (SH18L)
<b>Module 4</b>	-	-	Camera without extra PC protector (SH18C2-JH)
<b>Integrated in pole</b>	EV charger 11kW (SHPOEV)	EV charger 11kW (SHPOEV)	EV charger 11kW (SHPOEV)



Slika 6.8. Tehnički podaci SHUFFLE rasvjetnog stupa[13]

Slika prikazuje 3 modela Shuffle rasvjetna stupa te njihove osnovne tehničke podatke. Podaci koji su prikazani su: visina stupova, imaju li kontrolni čvor, zatim opremljenost modulima od vrha rasvjetnog stupa prema dnu te na kraju ugrađeni EV punjač u rasvjetni stup snage 11kW.

## 7. ZAKLJUČAK

Integracija punjača za električna vozila u rasvjetne stupove predstavlja inovativno rješenje za ubrzavanje prelaska na električnu mobilnost, posebno u urbanim sredinama. Prednost ove tehnologije je ta što se koristi već postojeća infrastruktura rasvjete što pridonosi smanjenju troškova i kompleksnosti uvođenja novih punionica kako bi se omogućilo gradovima ubrzanije prihvaćanje električnih vozila bez velikih kapitalnih ulaganja. U primjerima koji su navedeni za određene gradove poput Londona, gdje se uspješno koriste ovakvi sustavi, pokazuje se da je integracija punjača u rasvjetne stupove ne samo tehnički izvediva nego i praktična u svakodnevnoj uporabi.

Radom na daljnjem razvoju ovog sustava, osim smanjenja troškova i korištenja postojeće infrastrukture, omogućuje se veća dostupnost punionica na uličnim parkiralištima, što posebno koristi stanovnicima urbanih područja koji nemaju pristup privatnim punionicama. Poboľšanjem samog korisničkog iskustva potiče se šira prihvaćenost električnih vozila. Kao i svaki sustav, tako i ovaj nije savršen i svakako da postoje određeni izazovi, poput ograničenja brzine punjenja ili potrebnih infrastrukturnih nadogradnji, međutim korist od ovoga sustava nadmašuje te nedostatke, osobito kada je u pitanju sam poticaj na održivu mobilnost.

Uvođenjem punjača za električna vozila u rasvjetne stupove, gradovi mogu značajno doprinijeti smanjenju emisija stakleničkih plinova, olakšati prijelaz na obnovljive izvore energije i potaknuti širu prihvaćenost električnih vozila. Ova tehnologija pomaže u smanjenju prepreka za implementaciju infrastrukture za punjenje, otvarajući put prema održivoj i ekološki prihvatljivoj urbanoj mobilnosti.

## 8. PREGLED LITERATURE

- [1] Mercedes-Benz Group, „Company history“, <https://group.mercedes-benz.com/company/tradition/company-history/1885-1886.html>
- [2] Ford Motor Company, „The Model T“, <https://corporate.ford.com/articles/history/the-model-t.html>
- [3] IEEE Xplore (2013), „Looking back to electric cars“, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6487583>
- [4] Tesla, „Tesla“, <https://www.tesla.com/>
- [5] Rimac Automobili, „Rimac Automobili“, <https://www.rimac-automobili.com/>
- [6] Fevevse, „Product“, <https://www.fivevse.com/product.html>
- [7] Electrek, „Tesla supercharger“, <https://electrek.co/2022/11/12/tesla-supercharger-way-more-powerful-than-previously-thought/>
- [8] ChargerMan, „GB/T charging“, <https://chargerman.shop/blogs/blog/decoding-the-gb-t-charging-standard-a-comprehensive-guide>
- [9] Bacancy, „Types of EV Chargers for Personal & Public Use“, <https://bacancysystems.com/blog/types-of-ev-chargers>
- [10] Senku Machinery, „AC charging station“, <https://www.chinaevcharger.com/showroom/32a-22kw-wallbox-charger-type2-ac-3phase-led-lcd-screen-ocpp-ev-charging-station-home-use-ev-wall-chargers.html>
- [11] BTC Power, „DC chargers“, <https://btcpower.com/products/dc-chargers-level-3-split-system/>
- [12] Charger station, „Charger station“, [https://en.wikipedia.org/wiki/Charging\\_station](https://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station)
- [13] Schreder, „EV chargers“, <https://ca.schreder.com/en/blogs/shuffle-ev-chargers-save-carbon-facilitate-green-mobility>

[14] Ubitricity, „Lamppost and bollard charge points for on street charging“, <https://ubitricity.com/en/charging-solutions/ac-lamppost/>

[15] Bender, „The street lamp charger is coming“, <https://www.bender.de/en/know-how/applications/emobility/the-street-lamp-charger-is-coming/>

## SAŽETAK

Konstantnim napretkom i razvitkom električnih vozila dolazi do sve veće potrebe za razvojem infrastrukture punjača i načina punjenja električnih vozila. U radu se spominju počeci autoindustrije te povijesni razvoj i elektrifikacija koja je poznata danas. Nadalje, prikazane su vrste punjača zajedno s njihovim specifikacijama koji se svakodnevno koriste i na čijem se napretku konstantno radi. Opisan je problem urbanih sredina gdje zbog sve većeg broja električnih vozila dolazi do sve veće potrebe za boljim sustavom i većim brojem punionica i punjača. Jedno takvo inovativno rješenje predstavljeno je u obliku punjača za električna vozila integrirano u rasvjetni stup. Sustav punjenja električnih vozila na rasvjetne stupove sa sobom donosi jednu vrstu revolucije u svijetu punjenja zbog jednostavnosti korištenja kao i sposobnosti iskorištavanje i ugradnje na već postojeću infrastrukturu. Sve veći broj gradova Europe radi na razvoju ovog sustava, a za sada su se kao najpoznatiji i najrazvijeniji pokazale tvrtke Ubitricity, Bender GmbH & Co. KG te tvrtka Schreder. Očekuje se daljnji rad i razvoj na sustavu punjenja električnih vozila na rasvjetne stupove te sve bolja i sposobnija rješenja.

Ključne riječi: autoindustrija, električna vozila, mobilnost, punjači, rasvjetni stupovi

## ABSTRACT

With the continuous advancement and development of electric vehicles, there is a growing need for the development of charging infrastructure and methods for charging electric vehicles. The paper mentions the beginnings of the automotive industry and the historical development and electrification as we know it today. Furthermore, it presents the types of chargers along with their specifications, which are used daily and are constantly being improved. The issue of urban areas is described, where, due to the increasing number of electric vehicles, there is a growing need for a better system and more charging stations and chargers. One such innovative solution is presented in the form of electric vehicle chargers integrated into streetlight poles. The electric vehicle charging system using streetlight poles brings a kind of revolution in the charging world due to its simplicity of use and the ability to utilize and install on existing infrastructure. An increasing number of European cities are working on developing this system, and so far, companies such as Ubitricity, Bender GmbH & Co. KG, and Schreder have proven to be the most prominent and advanced. Further work and development on the electric vehicle charging system integrated into streetlight poles are expected, with increasingly better and more capable solutions.

Keywords: automotive industry, electric vehicles, mobility, chargers, street lighting poles