

# GAŠENJE POŽARA ELEKTRIČNIH ROMOBILA

---

**Matošević, Domagoj**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:613688>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-22**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Domagoj Matošević

# **GAŠENJE POŽARA ELEKTRIČNIH ROMOBILA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Domagoj Matošević

# **Extinguishing fires of electric scooters**

Final paper

Karlovac, 2022.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Domagoj Matošević

# **GAŠENJE POŽARA ELEKTRIČNIH ROMOBILA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Snježana Kirin, prof. v. š.

Karlovac, 2022.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2022.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Domagoj Matošević

Matični broj: 0415618026

Naslov: Gašenje požara električnih romobila

Opis zadatka:

- Općenito o električnim romobilima
- Greške i rizici u proizvodnji električnih romobila
- Izvori opasnosti od požara električnih romobila
- Taktike i postupak gašenja požara električnih romobila
- Suvremena sredstva za gašenje požara električnih romobila
- Analiza intervencije gašenja požara električnog romobila

Zadatak zadan:  
02/2022

Rok predaje rada: 09/22

Predviđeni datum obrane: 06/22

Mentor:  
dr. sc. Snježana Kirin, prof. v. š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Jakšić Lidija, mag.ing.cheming

## **PREDGOVOR**

Prvotno bih se htio zahvaliti svojoj mentorici dr. sc. Snježani Kirin.

Zahvaljujem se svojoj komentorici Manuely Žakuli struč. spec. ing. sec.

Potom se želim zahvaliti Veleučilištu u Karlovcu koje mi je omogućilo stjecanje znanja i iskustva koja su mi potrebna u mome budućem zanimanju.

Nadalje, želio bih se zahvaliti svojim roditeljima koji su mi financijski pomogli da studiram u Karlovcu.

Zahvaljujem se svojim prijateljima i curi koji su me motivirali.

## SAŽETAK

Električni romobil se sve više koristi u današnje vrijeme zbog jeftinog transporta i zbog njegove pristupačne cijene. Električni romobil se sastoji od elektromotora, baterije, žica, metalne instrukcije i kontrolera za određivanje brzine te adaptera. Analizirana je proizvodnja električnog romobila koja zahtjeva preciznost, kontrolu i razinu mjerenja. Opisivane su faze proizvodnje električnog romobila te greške koje dovode do samozapaljenja. Naveden je način sastavljanja same konstrukcije električnog romobila, mjerenje napona baterije, mjerenje elektromotora, montaža i na kraju testiranje električnog romobila. Istraživat će se kako može doći do zapaljenja električnog romobila, taktika gašenja, postupke gašenja, sredstva kojima se gase električni romobili i osobna zaštitna oprema vatrogasaca.

**Ključne riječi:** električni romobil, elektromotor, baterija, požar, postupci gašenja, taktike gašenja

## ABSTRACT

The electric scooter is increasingly used nowadays because of its cheap transportation and because of its affordable price. The electric scooter consists of an electric motor, a battery, wires, metal instructions and a speed controller and an adapter. The production of an electric scooter hat requires precision, control and various measurements. The stages of electric scooter production and errors that lead to self-ignition are described. The method of assembling the construction of the electric scooter, measuring the battery voltage, measuring the electric motor, assembling and finally testing the electric scooter is stated. It will be investigated how the ignition of an electric scooter can occur, extinguishing tactics, extinguishing procedures, means of extinguishing electric scooters and personal protective equipment of firefighters will occur.

**Keywords:** electricscooter, electric motor, battery, fire, extinguishing procedures, extinguishing tactics

## **SADRŽAJ**

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ.....	IV
1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	2
2. ELEKTRIČNI ROMOBIL.....	3
2.1. Rad električnog romobila.....	5
2.2. Dijelovi električnog romobila.....	7
2.3. Elektronika električnog romobila.....	9
3. IZVORI ZAPALJENJA ELEKTRIČNOG ROMOBILA.....	11
3.1. Eksplozija i samozapaljenje baterije na električnom romobilu.....	11
3.2. Neispravni elektromotor.....	12
3.3. Problemi kod elektronike.....	13
3.4. Problemi kod punjenja i punjača.....	14
4. ZAKONSKA REGULATIVA ZAŠTITE OD POŽARA.....	16
4.1. Opasnosti pri intervencijama.....	17
4.1.1. Rizik od električnog udara.....	17
4.1.2. Toksični rizik.....	18



4.1.3. Toplinski rizik .....	18
4.2. Postupci gašenja požara električnih romobila .....	18
4.3. Taktika gašenja požara električnog romobila .....	21
4.4. Sredstva za gašenje .....	23
4.4.1. Voda .....	23
4.4.2. F-500 .....	23
4.4.3. CO <sub>2</sub> (Ugljikov dioksid).....	24
4.4.4. Suhi prah .....	25
4.4.5. Firesorb.....	25
4.5. Osobna zaštitna oprema vatrogasaca .....	25
5. ANALIZA INTERVENCIJE: POŽAR ELEKTRIČNOG ROMOBILA U NOVOM ZAGREBU .....	31
5.1. Uzbunjivanje i upućivanje vatrogasnih snaga na mjesto intervencije .....	31
5.2. Dolazak na mjesto intervencije i taktički nastupi vatrogasnih postaja .....	31
5.3. Račišćavanje požarišta i povratak u vatrogasne postaje.....	32
6. ZAKLJUČAK.....	34
7. LITERATURA .....	35
8. PRILOZI.....	37
8.1. Popis slika .....	37
8.2. Popis tablica.....	37
8.3. Popis grafikona .....	37
8.4. Popis shematskih prikaza.....	38

# 1. UVOD

Povijest električnih romobila počela se razvijati čak od 1895. kada je Ogden Bolton Junior sastavio patent tako što je ugradio električni motor na dio kotača. Baterija je postavljena ispod vodoravne cijevi okvira. Na tome biciklu nije bilo mjenjača pa je isti imao vrlo visok okretni moment i nizak vijek trajanja baterije. Također, nije bilo pedala na tome biciklu. Sve je to sastavljao u svom uredu u Sjedinjenim Američkim Državama. Hosea W. Libbey je osmislio bolju verziju bicikla na struju, gdje je sav mehanizam stavio ispod sjedala i na ramu bicikla. Međutim, niti on nije imao pedala, što je stvaralo probleme nakon potrošene električne energije. Godine 1915. je izumljen Autoped kojeg je proizvela Autoped Company iz Sjedinjenih Američkih Država. Njegova popularnost se sve više i više širila. Zatim dolazi GO-PED 1986 koji ima motor na zadnjem kotaču i motor je išao na benzin. Godine 1996. prvi električni skuter je napravila kompanija Peugeot koji je izgledao kao standardni skuter, s dometom od 40 kilometara i brzinom od 50 km/h. To je bio prvi uspješni skuter koji je izašao na tržište. Prvi električni romobil s punim ovjesom izumila je 2001. godine kompanija GO-PED HOVEBOARD. Današnji električni romobili više se razvijaju i konkurencija je postala sve jača na tržištu. Korištenje električnih romobila povećava se jer su jeftini, praktični i ne zagađuju okoliš. Materijali koji su potrebni za izradu jednog električnog romobila su: metalna konstrukcija, žice, baterija, gume, lanac, zupčanici, elektromotor, razni kontroleri i programiranje kompjutera za električni skuter. Na tržište dopijevaju električni romobili koji nisu prošli testiranja i zbog toga nastaju velike štete. Nadalje, opisani su načini gašenja i sprječavanja samozapaljenja električnih romobila, nabrojene opasnosti od požara, opisane taktike gašenja požara te postupci gašenja požara [1].

## 1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog završnog rada je istraživanje konteksta požara na električnom romobilu. Pritom se proučila teorijska podloga teme, nakon čega su se istražili aplikativni primjeri.

Cilj ovog završnog rada je proučiti taktiku i postupke gašenja požara električnog romobila, upozoriti na sve moguće opasnosti i rizike koji pritom mogu nastati te upoznati se s korištenjem modernih sredstava za gašenje požara električnog romobila.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

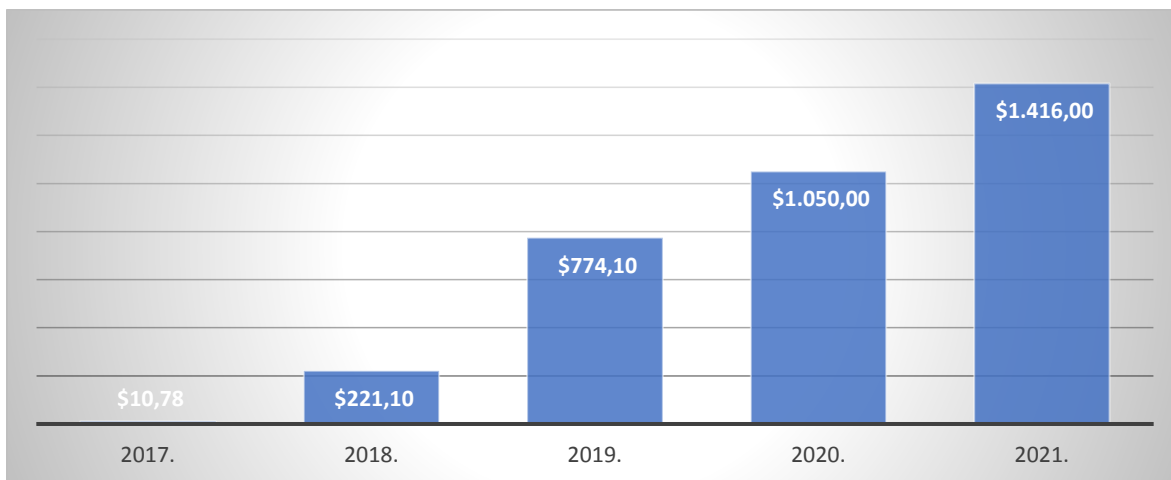
Istraživanje o temi rada provedeno je korištenjem stručne literature, nastavnog materijala za vrijeme studiranja, literature vatrogasnih postrojbi te informacija prikupljenih s internetskih stranica vezanih uz temu vatrogastva i gašenja požara. Popis čitave literature korištene pri izradi ovog rada sastavni je dio rada te se nalazi na 35.stranici.

Metode koje su korištene u radu su: induktivna i deduktivna metoda istraživanja, metoda analize dostupne literature, metoda sinteze, metoda komparacija te metode deskriptivne statistike.

## 2. ELEKTRIČNI ROMOBIL

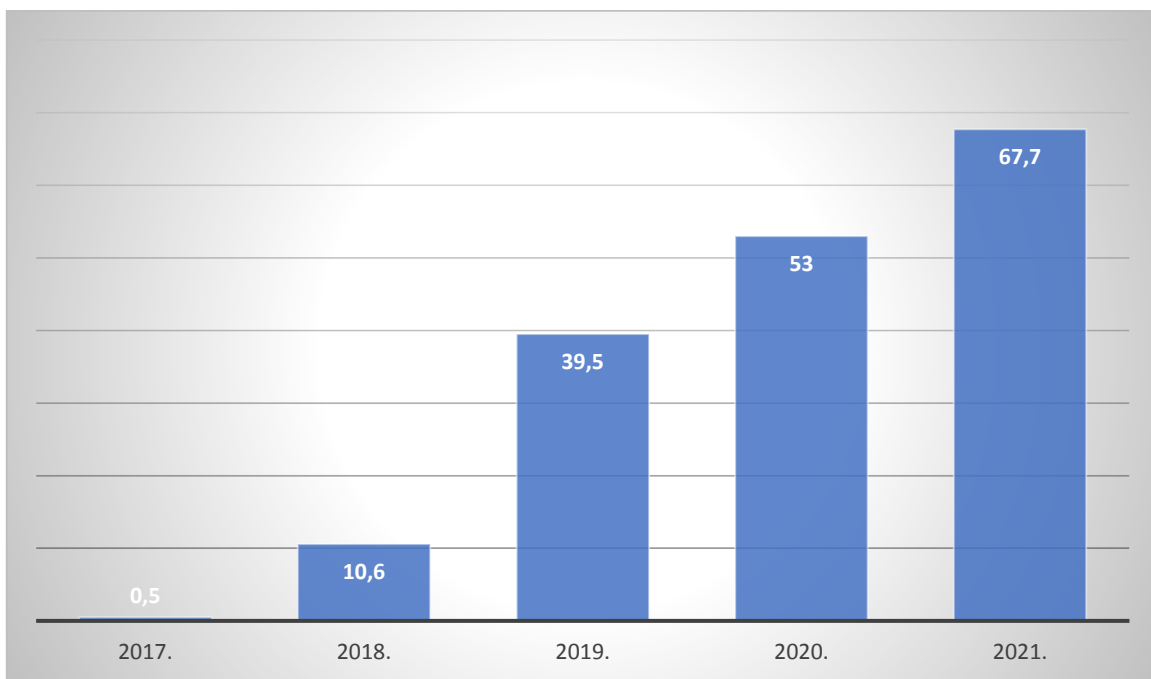
Kao što samo ime kaže, električni romobil je vozilo koje radi na struju iz električne baterije. Potražnja električnih romobila i bicikala sve se više povećava zbog cijene goriva koja raste. Primjeri električnog romobila koji ima mogućnost odabira 3 brzine su Eco, Normal i Sport. Električni romobil se može povezati i s mobilnim uređajem preko Bluetooth-a. Kapacitet baterije je od 5100 mAh, raspon električnog romobila je 20 kilometara uz brzinu od 25 km/h, nosivost je 100 kg, i otporan je na prašinu i vodu. Više je nego jasno kako tržište električnih romobila brzo raste u svakom kutku svijeta. Na temelju istraživanja objavljenog na Statisti, očekuje se da će tržišta električnih skutera u SAD-u i Europi dosegnuti 12 milijardi dolara, dok se na kineskom tržištu očekuje do 6 milijardi dolara. Najveći proizvođač električnih romobila je Kina [2].

Tržište najma električnih romobila je u porastu. To tržište funkcionira na način da kupci otvore račun kod davatelja usluga iznajmljivanja električnih romobila, nakon čega mogu putem aplikacije za pametni telefon rezervirati vozilo. Na sljedećem grafikonu prikazan je prihod od najma električnih romobila.



Grafikon 1. Prihodi od najma električnih romobila u svijetu od 2017. do 2021. godine (u milijunima američkih dolara) (Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com))

Na grafikonu 1. vidljivo je da je tržište iznajmljivanja električnih romobila u porastu. 2017. godine prihodi od iznajmljivanja električnih romobila iznosili su 10,78 milijuna američkih dolara, dok su 2021. godine iznosili 1.416,00 milijuna američkih dolara. Bitno je naglasiti kako u ovoj statistici nisu uključeni višednevni najmi električnih romobila, kao niti iznajmljivanje s određenim popustima (primjerice, besplatne minute za korisnike s dugoročnim pretplatama). Sukladno rastu prihoda na tržištu iznajmljivanja električnih romobila, raste i broj korisnika koji koriste te usluge, što je prikazano na sljedećem grafikonu.



Grafikon 2. Broj osoba koji koriste usluge iznajmljivanja električnih romobila u svijetu od 2017. do 2021. godine (u milijunima korisnika) (Izvor: [www.statista.com](http://www.statista.com))

Iz ovako prikazanog grafikona 2. vidljivo je da je 2017. godine broj korisnika koji su koristili usluge iznajmljivanja električnih romobila iznosio 500.0000, dok je 2021. godine taj broj iznosio 67,7 milijuna. To je jako veliki porast. Zaključuje se da je tržište iznajmljivanja električnih romobila sve popularnije, posebice među mladim ljudima. Ono

što pozitivno pridonosi ovom tržištu su niske cijene i brojna mogućnost parkiranja električnih romobila.

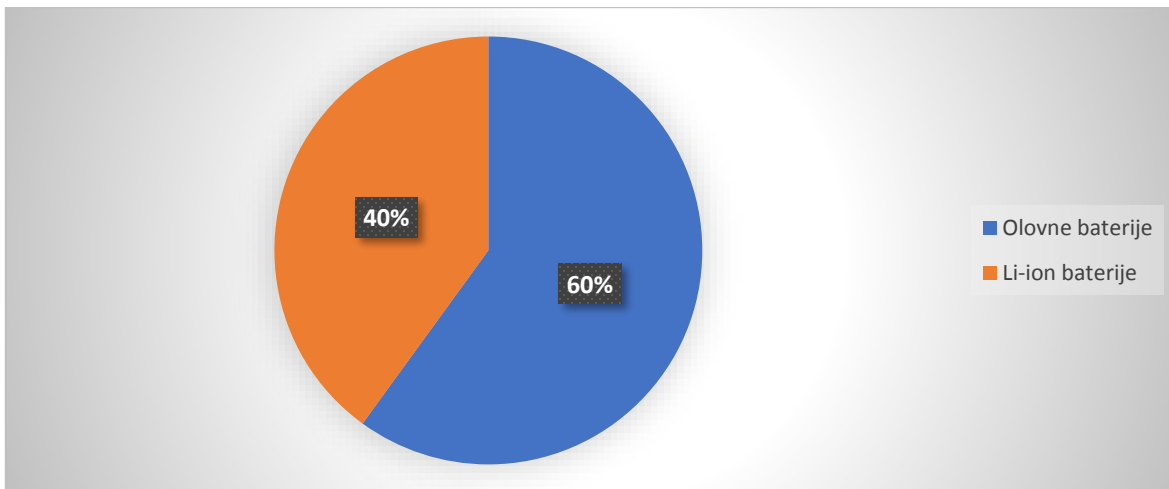
## **2.1. Rad električnog romobila**

Električni romobili sastoje se od motora i baterije koji su međusobno povezani. Baterija se puni uključivanjem u električnu utičnicu. Nakon što se adekvatno napuni, koristi se za generiranje snage kretanja i guranje skutera naprijed. Za kontrolu brzine i kočnica, vozač može koristiti prekidače koji se nalaze na ručki vozila. Ovdje se radi o osnovnim konstrukcijama električnih romobila. Za razliku od plinskih skutera, koji imaju kompliciran dizajn i potrebno gorivo za funkcioniranje, električni romobili su relativno jednostavni u dizajnu i samo se napajaju električnim punjenjem. Kada se pritisne gas, on šalje signal bateriji da pusti snagu. Baterija šalje snagu motoru kroz žice u kontroler brzine te motori tada proizvode kretanje kotača i pokreću električni romobil. Putem rekuperacije, odnosno kinetičke energije elektromotor koči i time stvara energiju koja se zatim vraća u bateriju [3].

Električni motor ili motor je stroj koji pretvara električnu energiju u mehanički rad. Postoje dvije vrste elektromotora: istosmjerni motor, koji se koristi za istosmjernu struju, i izmjenični motor, koji se koristi za izmjeničnu struju. Najčešći su rotacijski strojevi, koji rade okretanjem rotora dok stvaraju zakretni moment. Postoje i linearni motori koji generiraju sile koje uzrokuju ubrzanje i linearno gibanje mase, stroja ili predmeta tijekom obavljanja mehaničkog rada. U upotrebi su mnoge vrste i izvedbe elektromotora, a danas pogonski strojevi imaju najširu primjenu elektro motora u gotovo svim područjima, posebice u industriji i transportu [4]. Pogonski dio romobila je takozvani motor bez četkica, točnije DC motor bez četkica. Istosmjerna struja se pretvara u izmjeničnu struju za pogon motora. Ova izmjenična struja nema klasični sinusni valni oblik, ali je dvosmjerna struja i nije ograničena valnim oblikom. BLDC (Brushless DC Electric Motor) motori češće se susreće u električnim vozilima zbog njihove visoke učinkovitosti. BLDC je elektromotor

koji se napaja naponom istosmjerne struje, a ne sadrži četkice. Električni romobili obično imaju motore sa stvarnim razinama snage oko 250W čak i do 500W, dok neki mogu biti čak i snažniji. Najvažnije razlike u vezi s motorom električnog romobila su: razina snage, motori s glavčinom naspram motora s lančanim pogonom, motori s glavčinom sa zupčanikom i bez zupčanika, brušeni i istosmjerni motori bez četkica [4].

Baterija je "spremnik goriva" električnog romobila. Pohranjuje energiju koju troše DC motor, svjetla, kontroler i drugi pribor. Većina električnih romobila imat će neku vrstu baterije na bazi litij-iona zbog njihove izvrsne gustoće energije i dugovječnosti. Također, većina električnih romobila za djecu i drugi jeftini modeli sadrže olovne baterije. U romobilu je baterija napravljena od pojedinačnih ćelija i elektronike koji se naziva sustav upravljanja baterijom i osigurava siguran rad. Veće baterije imaju veći kapacitet, mjereno u vat satima i omogućit će električnom romobilu da putuje dalje. Međutim, oni povećavaju veličinu i težinu skutera, što ga čini teže prenosivim. Osim toga, baterije su jedna od najskupljih komponenti skutera i ukupni troškovi se povećavaju sukladno tome [5]. Li-ion baterije imaju izvrsnu gustoću energije, količinu pohranjene energije prema njihovoj fizičkoj težini. Također imaju izvrsnu dugovječnost, što znači da se mogu iznova prazniti i puniti, a pritom zadržati svoj kapacitet skladištenja. Takve se baterije koriste u skupljim električnim romobilima [5]. Olovne baterije nalaze se u automobilima i nekim većim električnim vozilima, poput kolica za golf. Ima ih i u nekim električnim skuterima i velikim poljoprivrednim strojevima. Prednost olovnih baterija je što su jeftine. Međutim, one imaju vrlo nisku gustoću energije, što znači da su teške u usporedbi s količinom energije koju pohranjuju [5]. Na sljedećem grafikonu prikazano je koliki udio na globalnom tržištu električnih romobila ima svaka od navedenih baterija.



Grafikon 3. Udio na globalnom tržištu električnih romobila, prema tipu baterije, u 2020. godini (Izvor: [www.fortunebusinessinsights.com](http://www.fortunebusinessinsights.com) )

Na grafikonu 3. prikazano je da udio olovnih baterija na globalnom tržištu električnih romobila u 2020. godini iznosi 60%, dok udio Li-ion baterija iznosi 40%. Dakle, zaključuje se da olovne baterije dominiraju tržištem. Za usporedbu, Li-ion baterije imaju oko 10 puta veću gustoću energije u usporedbi s olovno-kiselinskim baterijama. Zbog toga su električni romobili koji sadrže olovnu bateriju jeftiniji, i to su većinom električni romobili za djecu. S vremenom se sve više gubi na skladištenju energije i baterija postaje sve slabija te gubi izdržljivost [5].

## 2.2. Dijelovi električnog romobila

Uz električni motor i bateriju, glavni dijelovi električnog romobila su konstrukcija, volan, kontroler, elektronika, žice, mehanizam kočnice, zaslon i gume. Pri sastavljanju konstrukcije bitno je da ista bude čvrsta, stabilna i praktična, kako bi se mogla staviti baterija, elektromotor i žice koje povezuju bateriju s kontrolerima. Veličina elektromotora i



veličina baterije bitne su za određivanje snage i izdržljivosti električnog romobila [6]. Na sljedećoj slici prikazani su ostali dijelovi električnog romobila.



Slika 1. Dijelovi električnog romobila (izvor: [www.technostore.hr](http://www.technostore.hr))

Na slici 1. prikazano je da se volan sastoji od kontrolera za ubrzavanje, led svjetla, indikatora baterije i mjesta za punjenje te kočnice. Na donjem dijelu električnog romobila, s prednje strane kod kotača se nalazi elektromotor, ispod podloge za stajanje nalazi se baterija, a kod zadnjeg kotača disk kočnica.

Pri samoj izradi konstrukcije električnog romobila uzima se proračun konstrukcije, odnosno profili i cijevi raznih dimenzija. Projektiranje 3-D modela električnog romobila te sama

izrada konstrukcije mora biti od čvrstog materijala kao što je čelik, ležajevi spojke te su jako bitni varovi između spojeva koji moraju imati čvrstoću. Što je masa električnog romobila veća, električni romobil je izdržljiviji i kvalitetniji. Kod konstrukcije je važno da se što više iskoristi prostor pri stavljanju baterije i elektromotora u konstrukciju kako bi se spriječile moguće vibracije i ulazak prašine te zaštitilo od udaraca. Potrebna je preciznost, strpljenje i puno vremena za izradu kvalitetne konstrukcije električnog romobila [7].

Brzina električnog romobila se može podešavati preko takozvane poluge gasa (kontrolera). Elektronička kontrola brzine je elektronički krug koji se koristi za promjenu brzine elektromotora, njegove rute te za rad kao dinamička kočnica. Oni se često koriste na radio-upravljanim modelima koji imaju električni pogon, a promjena koja se najčešće koristi za motore bez četkica osigurava elektronički proizveden trofazni izvor energije niskog napona za motor [8].

### **2.3. Elektronika električnog romobila**

Svako vozilo ili bilo koji električni uređaj općenito treba elektroničke komponente za obavljanje funkcija. One se dijele na aktivne (isporučuju energiju) i pasivne (primaju energiju) komponente. U električnim vozilima sustav elektroničke komponente je puno složeniji. Sustav u električnom romobilu ima bezbroj zadataka od kojih su neki: mjerenje, napon, mjerenje struje, snage i temperature motora, kontrola električnog romobila, modifikacija kontrole ubrzanja (pređeni kilometri, kada je najviše utrošeno energije za pokretanje, stanje baterije, koliko je energije uštedeno, koji put još može proći, predviđanje koliko je vremena potrebno za prelazak određenog puta i slično) [9]. Na sljedećoj slici prikazana je elektronika električnog romobila Rolla.



Slika 2. Električni romobil Rolla (Izvor: <https://iddi-future.com/nasaprica/> )

Na slici 2. vidljiva je elektronika električnog romobila Rolla. To je prvi hrvatski električni romobil kojega je osmislila tvrtka „Iddi“ koju čini tim od osam mladih stručnjaka. Maksimalna brzina navedenog romobila je 25 km/h. Na temelju ove slike zaključuje se kako je elektronika električnog romobila vrlo komplicirana te je stoga od izuzetne važnosti da na njoj rade pravi stručnjaci.

### **3. IZVORI ZAPALJENJA ELEKTRIČNOG ROMOBILA**

Najčešći izvori zapaljenja kod električnog romobila su električne baterije, elektromotor, elektronika i punjač. Za izvor zapaljenja potrebne su tri stvari, a to su: kisik, goriva tvar i toplina [10].

#### **3.1. Eksplozija i samozapaljenje baterije na električnom romobilu**

Baterija sadržava u sebi puno energije, no ako ta energija nije dobro usmjerena može uzrokovati zapaljenje, pa čak i eksploziju. Međutim, postoji mnogo toga što ulazi u stvaranje bilo koje pojedinačne litij-ionske ćelije. Tako čak i mala pogreška u određenom trenutku u tom procesu može dovesti do velikih problema tijekom životnog ciklusa baterije. Energija se u bateriji oslobađa zato što je elektrolit unutar baterije organsko otapalo koje je zapaljivo. Dakle, ako se baterija ne može ispuhati, onda se stvara pritisak dok elektrolit gori i zatim eksplodira. Tisuće baterija se proizvedu na sat, ako ne i stotine tisuća. U tom procesu masovne proizvodnje, ako nešto pođe po zlu, teško dolazi do primjećivanja same greške, s obzirom da one mogu biti i male. Primjerice, neadekvatno izrađeni varovi mogu dovesti do zapaljenja baterije. Ako nije dobar var gdje se spajaju baterije razvija se otpor. Otpor razvija toplinu, toplina stvara vatru, a vatri je potreban kisik za gorenje. Problem može nastati i kod strojeva i kod same proizvodnje. Na primjer, kada se razni komadići metala koji se nalaze u samom stroju sastrugnu tijekom proizvodnje ili tijekom sastavljanja samog stroja, to može dovesti do toga da ti razni komadići metala padaju u ćeliju. Nadalje, to uzrokuje kratki spoj između anode i katode koji je generirao toplinu te dolazi do posljedica. Svaka baterija ima zajedničku anodu, katodu i separator. Dakle, ako se dogodi eksplozija, to je samo zbog ove tri komponente. Ako se separator pokvari u trenutku kada anoda i katoda dođu u kontakt, dolazi do kratkog spoja što dalje vodi do eksplozije. Postoje dva razloga zbog kojih se separatori baterija oštećuju, a to su električna nestabilnost i vanjski udari koji mogu oštetiti tanki separator. Električna nestabilnost nastaje kada je baterija napunjena ili ispražnjena više od nazivnog kapaciteta. Vanjski udari možda neće odmah uzrokovati potencijalno oštećenje baterije. Međutim, nakon određenog vremena ili

će eksplodirati ili uzrokovati ozbiljnu štetu. Osnovni uzrok je kvar litij-ionskih (Li-ion) baterija visoke gustoće koji se često koriste u proizvodnji električnog romobila. Ovaj proces kvara, poznat kao “*Termalrunaway*“, detaljno je dokumentiran u primijenjenim znanstvenim časopisima. Važno je napomenuti kako oslobađanje fluor-vodika iz neispravnih litij-ionskih baterija može uzrokovati opekotine na koži [10].

### **3.2. Neispravni elektromotor**

Znakovi neispravnog elektromotora uglavnom su vrlo jasna, ali ipak ih može biti teško prepoznati. Bez obzira na ozbiljnost simptoma, najsigurnije pozvati stručnjaka za popravak električnih motora. Greške elektromotora mogu nastati i u proizvodnji i tijekom samog korištenja. Nekoliko znakova da električni motor ne radi su: nepravilno sastavljanje elektromotora, korištenje nekvalitetnih i nepropisanih materijala, loša izolacija i nedovoljno podmazivanje koji predstavlja jedan od uzroka smanjenja performansi elektromotora.

Loša izolacija je uzrok nakupljanja prašine, vlage i ulazak vode. Kada je vlaga u pitanju može doći do korozije, a samim time i do kratkog spoja. Kod podmazivanja nastaje problem jer se koriste maziva koja nisu propisana za elektromotor. Kada performanse postanu osjetno lošije, postoji velika šansa da je električni motor u kvaru i da će morati na popravak. Gubitak snage kod elektromotora nastaje kada dođe do kratkog spoja ili električnog preopterećenja što može uzrokovati da se električni motor iznenada isključi. Takvi problemi mogu spržiti električni sustav elektromotora. Na sljedećoj slici prikazan je oštećeni elektromotor.



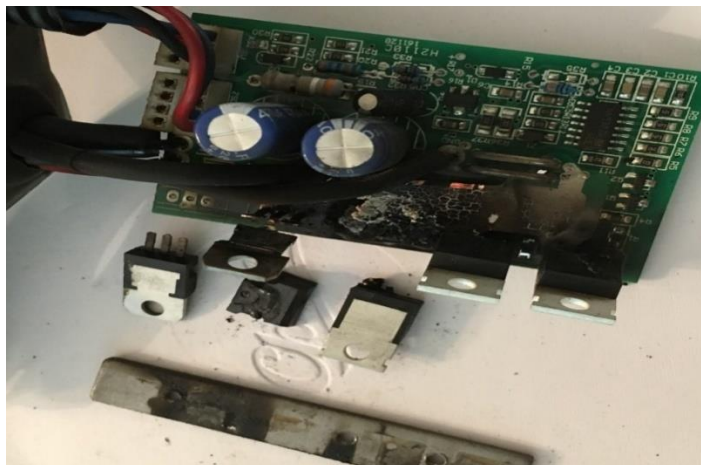
Slika 3. Oštećeni elektromotor (Izvor: [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com) )

Pregrijavanje elektromotora uzrokuje slab protok zraka koji je posljedica nedovoljnog hlađenja motora. Neispravne baterije i neispravni kontroleri mogu uzrokovati stvaranje prekomjerne struje. To su razlozi zbog kojih bi se električni motor mogao pregrijati, što će postati očito kada se motor počne dimiti. Isto tako, vibracije koje se stvaraju mogu naštetiti električnom motoru. U slučaju da se električni motor počne pretjerano tresti ili vibrirati, potrebno ga je isključiti i pozvati stručnjaka za popravak da ga pregleda. Uzroci vibracija su loši ležajevi koji kroz određeni period uzrokuju sve veće vibracije. Vijci koji se koriste u izradi elektromotora, isto tako, uz male vibracije popuštaju te dolazi do kvarova na elektromotoru [11].

### 3.3. Problemi kod elektronike

Elektronika ima jako važnu ulogu u samom sastavljanju električnog romobila. Greške se događaju čak i u proizvodnji jer većinu potrebnih operacija obavlja zaposlenik. Zaposlenik dobiva samu konstrukciju te mora spajati ostale dijelove na romobilu. Veće proizvodnje koriste pokretne trake tako da svaki zaposlenik ima jedan posao. Zbog velikih količina proizvodnje uvijek može nastati greška, a da je radnici nisu primijetili. Također, uglavnom se koriste materijali lošije kvalitete za izradu elektroničkih komponenti. Međutim, problemi kod elektronike mogu nastati i kod samog korištenja električnog romobila. Vibracije koje su uzrokovane korištenjem električnog romobila tijekom vožnje uzrokuju odvijanje vijaka, odvajanje električne ploče od kućišta te odvajanje žica gdje se spajaju. Elektroniku

električnog romobila mogu oštetiti i razni udarci. Na sljedećoj slici moguće je vidjeti kako izgleda neispravan regulator brzine.



Slika 4. Neispravan regulator brzine (Izvor: <https://support.electricscooterparts.com/> )

Vlaga je, također, veliki problem ako dospije unutar električnog romobila. Ona uzrokuje hrđu na električnim komponentama. Korisnici često sami prouzroče probleme zbog želje za nadogradnjom električnog romobila pronalazeći razne netočne informacije i neispravne uređaje kako bi ubrzali i nadogradili električne romobile. Korisnici pokušavaju čak i sami popravljati te nadograđivati romobil s nepravilnim alatima, što može uzrokovati oštećenja i spaljivanja regulatora ploča te ostalih dijelova. Svaki električni romobil sadrži blokade koje korisnici romobila često skidaju, ne znajući da će im upravo to u budućnosti stvarati velike probleme kod elektronike [12].

### **3.4. Problemi kod punjenja i punjača**

Pogrešan punjač može dovesti do prekomjernog punjenja. Na primjer, kada korisnik električnog romobila smatra kako proces punjenja baterije predugo traje (pet ili šest sati), on odlučuje kupiti brži punjač. Pritom je bitno naglasiti da je korištenje nepropisanog punjača izrazito opasno jer dovodi do toga da kontrolni sustav netočno određuje napon ćelije. Prekomjerno punjenje može uzrokovati nakupljanje naslaga litij metala u materijalu

anode, koje se nakupljaju u metalne figure. Ove naslage mogu nastaviti rasti sve dok ne prodru u separator, što dovodi do unutarnjeg kratkog spoja. To zauzvrat pokreće toplinske reakcije koje uzrokuju eksploziju baterije ili zapaljenje obližnjih materijala. Koristeći isti punjač za konstanto punjenje može osloboditi puno topline te može doći do kratkog spoja. Pri pretvaranju izmjenične struje u istosmjernu struju, normalni punjač baterije može prenijeti oko 70% električne struje, dok se ostalih 30% pretvara u toplinsku energiju. To je ono što uzrokuje zagrijavanje punjača baterije dok se puni električni romobil [13]. Na sljedećoj slici prikazan je uređaj za mjerenje temperature punjača.



Slika 5. Mjerenje temperature punjača (Izvor: [www.reddit.com](http://www.reddit.com) )

Na slici 5. prikazano je digitalno mjerenje temperature punjača pomoću termometra. Termometar ima ekran na kojemu pišu sve potrebne informacije za određivanje temperature. Ukoliko je ta temperatura prevelika, znači da se punjač zagrijava.



#### **4. ZAKONSKA REGULATIVA ZAŠTITE OD POŽARA**

U Hrvatskoj još nema nekih posebnih zakonskih odredbi u pogledu električnih romobila i bicikala. Međutim, trenutno se raspravlja o mogućnosti uvođenja takvih odredbi. Za početak, Zakonom o sigurnosti prometa na cestama [NN 42/20] propisat će se kakvo mora biti ponašanje vozača električnih romobila. Naime, električni romobil postat će pješačko sredstvo, a njegovi vozači morat će nositi kacige (Zakon o zaštiti od požara, 2010).

Što se tiče zakonskih odredbi o zaštiti od požara električnih romobila i bicikala, trenutno se primjenjuje Zakon o zaštiti od požara [NN 92/10]. Navedeni Zakon sastoji se od sljedećih odredaba: Opće odredbe, Prava, Dužnosti i odgovornosti u zaštiti od požara, Planovi i dokumenti zaštite od požara, Upoznavanje i osposobljavanje za zaštitu od požara, Preventivno postupanje, Obavješćivanje i gašenje početnih požara, Organizacija i ustroj zaštite od požara, Zaštita od požara u sustavu zaštite okoliša, Prostorno uređenje i gradnja, Zaštita od požara u uporabi građevina i prostora, Nadzor, Unapređenje zaštite od požara, Financiranje, Kaznene odredbe te Prijelazne i završne odredbe. U cilju zaštite od požara je poduzimanje organizacijskih, tehničkih i drugih mjera i radnji kojima se požari sprječavaju, a to su: otklanjanje opasnosti od nastanka požara, rano otkrivanje, obavješćivanje te sprječavanje širenja i učinkovito gašenje požara, sigurno spašavanje ljudi i životinja ugroženih požarom, utvrđivanje uzorka nastanka požara te otklanjanje njegovih posljedica (Zakon o zaštiti od požara, 2010).

Dakle, odredbe koje u Republici Hrvatskoj općenito vrijede za zaštitu od požara trenutno se odnose i na zaštitu od požara električnih romobila i bicikala. To pitanje bi se trebalo konkretnije urediti, s obzirom da sve više raste broj slučajeva gdje je došlo do zapaljenja električnih romobila i bicikala.

## 4.1. Opasnosti pri intervencijama

Vatrogasci se susreću s raznim opasnostima kod gašenja požara električnog romobila. Vatrogasci se još uvijek upoznaju i educiraju o gašenju požara električnog romobila jer je to za njih novo iskustvo te svoja znanja i vještine s vremenom moraju razvijati i usavršiti. Prilikom požara glavnu opasnost predstavlja električna baterija u romobilu. Opasnosti koje nastajusu rizik od strujnog udara, toksični i toplinski rizik te eksplozije baterije koja može izazvati znatne posljedice za vatrogasca [14].

### 4.1.1. Rizik od električnog udara

Električna struja može stvoriti teške opekline na tijelu. Električni šok može uzrokovati: srčani zastoj, opekline tkiva i organa, grčeve mišića, ozbiljne posljedice za živčani sustav i druge neočekivane posljedice. Udar električne struje nastaje uključivanjem tijela u strujni krug. Opasnosti od strujnog udara su: utičnica koja ima 220 V izmjenične struje, punjač i baterija. Većina baterija u električnim romobilima ima ili 24 V, 36 V ili 48 V, iako mogu biti čak 96 V ili 120 V. Utjecaj struje na ljudsko tijelo 1 mA ne uzrokuje nikakve posljedice, 16 mA predstavlja maksimalnu struju koju prosječan čovjek može podnijeti bez težih posljedica, dok 20 mA dovodi do paralize organa dišnog sustava. 100 mA može uzrokovati padanje u nesvijest, poremećaj ritma rada srca, dok 2A uzrokuje zastoj srca i oštećenje unutarnjih organa [14].

Tablica 1. Utjecaj struje na ljudsko tijelo (Vlastita izrada)

STRUJA (mA)	UTJECAJ ELEKTRIČNE STRUJE NA LJUDSKO TIJELO
0-1	Nema utjecaja na ljudsko tijelo
1-15	Dolazi do grčenja mišića ruku i prstiju
15-30	Rast krvnog tlaka, otežano disanje, veliki bolovi i kontrakcija mišića
30-50	Nesvjestica, rast krvnog tlaka i gušenje
50-500	Nesvjestica, mogućnost brze smrti i srčana fibrilacija
500	Zastoj srca i smrt

U tablici 1. prikazano je kako električna struja može utjecati na ljudsko tijelo. Naime, električna struja od 0 do 1 mA nema nikakvih posljedica. Električna struja od 1 do 50 može uzrokovati ozbiljnije probleme, dok električna struja od 50 do 500 uzrokuje čak i smrt.

#### 4.1.2. Toksični rizik

Kada se baterija na električnom romobilu jako zagrije i posljedično zapali, ona počinje otpuštati korozivne i otrovne plinove te pare. Jako štetni plinovi i pare su fluor-vodik(HF), klorovodik (HCL), vodik (H) i cijanovodik (HCN). Posljednja dva mogu uzrokovati čak i eksplozije. Kada se toksični plinovi koji su nastali zapaljenjem baterije ispuste, dolazi do zagađenja tla, zraka i vode. Kada nastane takav požar obavezno je korištenje osobne zaštitne opreme kod vatrogasaca i uređaja za zaštitu dišnih organa [15].

#### 4.1.3. Toplinski rizik

Rizik od topline nastaje kada se električna baterija zapali što uzorkuje brzo širenje topline. Kućište od baterije sagorijeva te postoji rizik od širenja sitnih zapaljivih komada koji predstavljaju veliku opasnost za vatrogasce. Elektrotermalna opekлина nastaje kada kroz ljudsko tijelo prolazi struja [14].

### **4.2. Postupci gašenja požara električnih romobila**

U današnje vrijeme kvarovi i požari električnih romobila za vatrogasce predstavljaju veliku opasnost jer u vrlo kratkom vremenu dolazi do zapaljenja, pa čak i do eksplozije. Dovoljno je čak 30 sekundi da bi se razvio požar i velika količina dima. Vrijeme predstavlja najveći izazov vatrogascima u slučajevima požara električnih romobila. Naime, odaziv vatrogasaca bi trebao biti što kraći. U Hrvatskoj imamo par primjera intervencije vatrogasaca koji su se susreli sa gašenjem električnog romobila. Vatrogasci se koriste raznim metodama kako bi olakšali samo gašenje požara. Isto tako, koriste alate koji im pomažu, kao što su termo vizijske kamere te koriste modernu tehnologiju i sredstava za gašenje. Najveći problem kod samog gašenja su baterije koje su zatvorene, a kojima vatrogasci nemaju pristup kako bi ih mogli ohladiti. Napuhavanjem baterije koja je zatvorena može doći i do same eksplozije.

Vatrogasci se sve više educiraju o gašenju električnim romobila, pa čak i razmjenjuju informacije s vatrogascima drugih zemalja. Suradnja proizvođača i vatrogasaca je poželjna na način da proizvođači ponude vatrogascima električne romobile kako bi vatrogasci obavljali vježbe gašenja i tako se sve više educirali i stjecali iskustvo te kasnije primjenjivali svoje znanje. Vatrogasci su imali vježbe za gašenje električnog automobila s vatrogascima iz Francuske koja se održala u Splitu. Međutim, nisu imali ni jednu vježbu o gašenju električnog romobila, što bi se u budućnosti trebalo promijeniti. Educiranje vatrogasaca i provođenje vježbi gašenja električnih romobila ima jako veliku ulogu jer se sve više događaju požari električnih romobila. Vlasnici romobila trebali bi biti educirani kako ugasiti požar kada dođe do njega te obavijestiti vatrogasce o kakvom modelu se radi. Električni romobil manje je zahtjevan za gašenje od električnog automobila [16].

Požari na baterijama električnih romobila mogu se pojaviti na samoj bateriji ili se proširiti s ostatka romobila. Električne baterije mogu imati različite karakteristike gorenja i mogu različito reagirati kada su izložene toplini. Korištenje vode za gašenje požara na električnim romobilima ne predstavlja opasnost za vatrogasce. Ako je požarom zahvaćena baterija postoji mogućnost da se ponovo zapali nakon gašenja i hlađenja, stoga je potrebna stalna kontrola vatrogasaca te korištenje termo kamere koju rabe vatrogasci. Zapaljenje električne baterije praćeno je zvukovima puhanja, potom ispuhivanjem bijelog dima, iskrenjem te konstantnim plamenom. Do ponovnog zapaljenja baterije električnog romobila može doći u rasponu od nekoliko sati do 24 sata nakon gašenja. Većina električnih baterija kod električnog romobila nalaze se u izoliranom kućištu te je nekada nemoguće izravno doprijeti sa sredstvom za gašenje. Iz tog razloga potrebna je veća količina vode [17].

Hlađenje je potrebno nastaviti i kada više nema vidljivog plamena kako bi se baterije pravilno ohladile te kako bi se spriječilo ponovno zapaljenje baterija. Potrebno je predvidjeti duže gašenje i opskrbu s vodom. Poklopac kućišta električne baterije zabranjeno je otvarati ili uklanjati zbog mogućih ozljeda uslijed visokog napona. Svi oni koji se nalaze u krugu od 15 metara od zapaljenog vozila moraju koristiti osobnu zaštitnu odjeću i obuću te aparate za zaštitu dišnih organa. Tijekom gorenja baterije ispuštaju toksičan plin, stoga je

potrebno osigurati dovoljan broj aparata za zaštitu dišnih organa. Isto tako potrebno je koristiti standardnu opremu koja se nalazi u vatrogasnim vozilima. Pri samom gašenju požara vatrogasci se susreću s poteškoćama kao što je veličina baterije. Za njih je vrlo važno da su upoznati s lokacijom baterije. U slučaju da se baterija ne zapali ili se samo dimi, bateriju ne gasimo vodom već ju gasimo sa sredstvima za gašenje električnih baterija uz veliku opreznost. Najveći problem je nedostatak otvora na kućištu baterija koji onemogućuje da vatrogasci direktno dopru sa sredstvom za gašenje do baterije koja je obuhvaćena plamenom. Električni romobil, koji sadrži oštećenu ili spaljenu bateriju, potrebno je udaljiti od drugih vozila ili zapaljivih sredstava kako bi smanjili rizik od novih posljedica [17]. Postupak gašenja požara na električnom romobilu vidljiv je na shematskom prikazu 1.

1. Obratiti pozornost na razne zvukove koje stvara električni romobil.
2. Javiti vatrogasnoj centrali o kojem se modelu električnog romobila radi, isključiti ili prekinuti dovod električne energije.
3. Udaljiti električni romobil od zapaljivih materijala i ljudi kada iz njega krene ispuhivanje bijelog dima.
4. Usmjeravati toksični dim i početi gasiti požar električnog romobila sa sigurnosne udaljenosti sredstvima za gašenje.
5. Polako se približavati s raspršenim mlazom i hladiti električni romobil.
6. Koristiti termo kameru tijekom gašenja da se vidi je li u potpunosti ohlađena baterija
7. Paziti da ne bi došlo do ponovnog zapaljenja baterije.
8. Električni romobil koji je ugašen staviti na sigurno mjesto.

Shematski prikaz 1. Postupci gašenja požara na električnom romobilu (Vlastita izrada)

Na shematskom prikazu 1. moguće je vidjeti koji su to postupci gašenja požara na električnom romobilu. Naime, potrebno je pažljivo pratiti navedene korake kako bi se sa maksimalnom sigurnošću svih prisutnih požar ugasio.

### **4.3. Taktika gašenja požara električnog romobila**

Vatrogasna taktika obuhvaća metode i načine kako raspoloživim i postojećim sredstvima što prije, djelotvornije i najsigurnije ugaziti neki požar ili spasiti neku ugroženu osobu. Postoje dvije vrste taktika koje se koriste prilikom gašenja požara. Ofenzivni napad preporuča se kada vatra nije zahvatila električne baterije, dok se defenzivni napad preporuča kada je požarom zahvaćena električna baterija. Voditelj intervencije po dolasku vrši izviđanje te prikuplja podatke kao što su marka i tip romobila i obavještava vatrogasni operativni centar koji mu šalje povratne informacije o vozilu. Vatrogasac dobiva informacije gdje se nalazi električna baterija, sigurna mjesta gdje se može prekinuti visokonaponski kabel te ako je potrebno sigurna mjesta za rezanje konstrukcije. Ako je električni romobil priključen na stanicu za punjenje, potrebno je pronaći izvor napajanja i isključiti ga iz struje. Prvu stvar koju moraju napraviti je prekinuti izvor struje te kada se ustanovilo da je izvor napajanja isključen, vatrogasci mogu krenuti s gašenjem požara. Kada požar s električnog romobila pređe na stanicu za punjenje, vatrogasci su u nemogućnosti isključenja izvora napajanja, pa je potrebno isključiti kompletnu struju koja pokriva to područje, u suradnji s Hrvatskom elektroprivredom. Potrebno je imati na umu kako ovakva intervencija može trajati ovisno o veličini baterije na električnom romobilu iz razloga što kod većine električnih romobila ne postoji izravan pristup električnoj bateriji. Prilikom gašenja potrebno je osigurati dovoljnu količinu vode te osigurati uređaje za zaštitu dišnih organa. Potrebno je poduzeti odgovarajuće mjere kako bi se zaštitile ostale interventne službe i civili koji se nalaze nizbrdo ili niz vjetar od zapaljenog električnog romobila. U situaciji kada gori električni romobil te ispušta otrovne plinove i pare, preporuka je upotrijebiti ventilator koji kombinira zrak i maglu te na taj način usmjerava otrovni dim. Tijekom trajanja intervencije vrši se konstantna kontrola temperature putem

termo kamere. Vatrogasci moraju odrediti dovoljan broj vatrogasnih cijevi za gašenje kako bi pristupili zapaljenom električnom romobilu. Prva grupa vatrogasca gase s punim mlazom vode te vrše aktivno gašenje požara dok druga grupa vatrogasaca postepeno raspršuje mlaz vode i na taj način hlade zapaljive električne baterije [18].



Slika 6. Termo kamera (Izvor: <https://tehprojekt.com/> )

Na slici 6. prikazana je termo kamera koja se koristi za mjerenje temperature zapaljenih stvari. Također, njome se može vidjeti kolika je temperatura unutar kućišta. Na sljedećoj slici prikazan je vatrogasni ventilator.



Slika 7. Ventilator za usmjeravanje dima (<https://luveti.hr> )

Na slici 7. je prikazan vatrogasni ventilator „ROSENBAUES FANERGY“. On omogućuje brzu evakuaciju dima, što dovodi do boljeg i bržeg pristupa, bolje vidljivosti i brže snižavanje temperature. S ovim ventilatorom povećavaju se šanse za spas ljudi koji se nalaze u nekoj zgradi u trenutku kada je ona cijela ispunjena dimom.

#### **4.4. Sredstva za gašenje**

Vatrogasci od sredstava za gašenje požara najviše koriste vodu, prah i pjenu. Nova sredstva za gašenje imaju bolja svojstva od vode, pjene i praha, a to su sredstva poput Firesorb i F-500. Od ostalih sredstava za gašenje električnog romobila još postoje ugljični dioksid, suhi prah i vodena magla [19].

##### **4.4.1. Voda**

U vatrogastvu se voda primjenjuje kao sredstvo s ohlađujućim učinkom. Puni mlaz vode karakterizira najveći domet i preciznost usmjerenog mlaza te jaku udarnu snagu. Iskoristivost punog mlaza je tek 8-10%, što znači da će 8 - 10% primijenjene vode ispariti, dok će ostatak natapati prostor u kojemu se takav mlaz koristi. Raspršeni mlaz se koristi kada se može prići bliže mjestu požara. Raspršeni mlaz ima kraći domet od punog mlaza, ali zato ima veću iskoristivost od punog mlaza. Raspršeni mlaz ima iskoristivost od 20-25%te manji utrošak vode za kontroliranje požara. Također, voda u bazenima koristi se za uranjanje električnih baterija [19]. Za gašenje požara najčešće se upotrebljava voda jer je podobna za borbu protiv mnogih vrsta požara. Također, voda je više manje svugdje dostupna.

##### **4.4.2. F-500**

Idealno višenamjensko sredstvo za gašenje požara klase A, B i F naziva se F-500. To je jedino sredstvo koje dokazano gasi litij-ionske baterije, bez ponovnog paljenja. Nije korozivan, netoksičan je, siguran te potpuno biorazgradiv. Stoga je to aditiv koji se dodaje vodi. Djeluje na način da naglo smanji toplinu, prekida lančane reakcije slobodnih radikala



(slobodni radikali su ne izgorjeli plinovi koji se oslobađaju tijekom izgaranja, a koji pojačavaju vatru) i neutralizira gorenje. Ono pri gašenju požara smanjuje isparavanje i poboljšava vidljivost što pomaže vatrogascima kod pregledanosti [20]. F-500 se pokazalo kao najbolje sredstvo za gašenje li-ion baterija. S obzirom da se baterije i nakon gašenja mogu ponovno zapaliti, ovaj uređaj bi se trebao koristiti za njihovo gašenje. Na sljedećoj slici prikazano je sredstvo F-500.



Slika 8. Sredstvo za gašenje požara F-500 (Izvor: <http://hct-world.com/> )

Kako je prikazano na slici 8., sredstvo za gašenje požara F-500 nalazi se u boci koja je crnom cijevi spojena na raspršivač. Boca je crvene boje te su na njoj prikazane informacije o samom sredstvu i upozorenja o mogućim opasnostima.

#### 4.4.3. CO<sub>2</sub> (Ugljikov dioksid)

Aparati za gašenje CO<sub>2</sub> uglavnom se koriste za suzbijanje od požara električnih instalacija te su glavni tip aparata za gašenje požara. Aparati za gašenje CO<sub>2</sub> guše požare istiskujući kisik koji je potreban za izgaranje požara. Najčešće se koriste u ručnim prijenosnim aparatima te djeluje na način da hladi tijekom gašenja. Nije prikladan za korištenje u unutarnjim prostorijama jer na sebe veže kisik, a tako onda ugrožava osobe koje se nalaze u toj prostoriji

#### 4.4.4. Suhi prah

Aparat za gašenje požara suhim prahom može se koristiti u velikom broju situacija. Upotreba standardnog aparata za gašenje požara suhim prahom koristi se kod požara klase A,B i C te kod električnih požara. Suhi prah djeluje ugušujuće, rashlađujuće i izolirajuće što je dobro kod gašenja električnih baterija [19]. Dakle, uz sredstvo F-500, suhi prah je najbolji izbor za gašenje požara kod električnih baterija.

#### 4.4.5. Firesorb

Sredstvo, odnosno aditiv koji se miješa s vodom te nanosi na zapaljivu površinu stvarajući ljepljivi gel debljine oko deset centimetara naziva se Firesorb. Zbog svojih kemijsko-fizikalnih svojstava, brzina isparavanja vode se značajno smanjila čak i pri visokim temperaturama. Može se koristiti za različite vrste požara. Firesorb sredstva za gašenje su dobra jer adekvatno hlade, smanjuju brzinu isparavanja, prekidaju dovod kisika te sprječavaju isparavanje zapaljivih plinova i čađe. Bilo bi dobro da se koristi konstantno kod gašenja električnih romobila jer sprječava samozapaljenje baterije [21].

### **4.5. Osobna zaštitna oprema vatrogasaca**

Svaki vatrogasac mora nositi osobnu zaštitnu opremu pri intervencijama u kojima se susreće s opasnostima kako bi čuvao svoju sigurnost i svoje zdravlje. Svrha osobne zaštitne opreme je da zaštiti vatrogasca od slučajnog ili neočekivanog izlaganja opasnostima. Prema Pravilniku o tehničkim zahtjevima za zaštitnu i drugu osobnu opremu koju pripadnici vatrogasnih pristojbi koriste prilikom vatrogasne intervencije [NN31/2011], članku 3. u osobnu zaštitnu opremu pripadnika vatrogasnih postrojbi spadaju: zaštitna odjeća i obuća za vatrogasce, zaštitne rukavice, zaštitna vatrogasna kaciga, maska za cijelo lice te odijela za zaštitu od visokih temperatura i opasnih stvari.

Zaštitna odjeća i obuća za vatrogasce se izrađuje od materijala otpornog na vlagu, vodu, temperaturu, toplinu i mehanička oštećenja. Pogodna je za nošenje u uvjetima koji se stvaraju pri požaru bilo ljeti ili zimi [22].

Zaštitne hlače i jakna su napravljene tako da imaju zaštitni sloj izrađen od negorive, netopive i savitljive tkanine. Materijal je djelomično nepropustan za vodu. Izolacijski sloj zaštitnih hlača i jakne izrađen je od mješavine vune, pamuka i sintetičkih vlakana. Štiti vatrogasce od topline koja se prenosi dodirom principom zračnog jastuka. Vatrogasni kombinezon ima dva osnovna sloja, a prvenstveno se koristi za gašenje požara na otvorenom prostoru [22].



Slika 9. Zaštitna jakna za vatrogasce (Vlastita izrada)

Na slici 9. prikazana je zaštitna jakna za vatrogasce. Ona je crne boje, a po sebi ima žute pruge kako bi bili uočljivi u mraku. Na sljedećoj slici prikazane su zaštitne hlače za vatrogasce.



Slika 10. Zaštitne hlače za vatrogasce (Vlastita izrada)

Na slici 10. prikazane su zaštitne hlače za vatrogasce. One su, isto kao i zaštitna jakna, crne boje te po sebi imaju žute pruge.

Zaštitne čizme su čizme koje imaju ojačan đon s čeličnim kapticama radi što kvalitetnije zaštite vatrogasca. Izrađene su od visoko kvalitetne i vatrootporne goveđe kože, debljine 2,3-2,5 mm. Na sljedećoj slici prikazano je kako one izgledaju.



Slika 11. Zaštitne čizme za vatrogasce (Izvor: <https://vatro-protekt.hr> )

Zaštitne čizme za vatrogasce sastoje se od: podstave koja je Sympatex vodonepropusna membrana, Potplat NRB (nitrile-butadiene) gume koji je otporan na mineralna ulja, masti, tekuća goriva, aromatska otapala, biljna ulja i razrijeđene kiseline te lužine [22]. Također su crne boje, a sa stane imaju žutu prugu.

Zaštitne rukavice moraju zaštititi ruke vatrogasca tijekom njegova rada u opasnim uvjetima, što uključuje gašenje požara, spašavanje i pretraživanje. Rukavice trebaju omogućiti nesmetano obavljanje radnog zadatka uz dobar osjet i spretnost prstiju. Na rukavicama postoje simboli koji upozoravaju na vrste rizika od kojih rukavice štite [22]. Na sljedećoj slici prikazane su vatrogasne rukavice.



Slika 12. Zaštitne rukavice za vatrogasce (Vlastita izrada)

Na slici 12. prikazane su zaštitne rukavice koje su crne i žute boje. Vidljivo je da su deblje i imaju gumu kod kraja dlanova kako bi zaštitile ruke vatrogasaca. Na sljedećoj slici prikazana je vatrogasna kaciga.



Slika 13. Zaštitna vatrogasna kaciga (Vlastita izrada)

Vatrogasna kaciga namijenjena je da štiti glavu vatrogasca od mehaničkih ozljeda koje nastaju prilikom pada ili udarca nekog predmeta. Također štite od toplinskog isijavanja i plamena, niskih temperatura i električne struje. Dijelovi kacige su: školjka kacige koja štiti glavu, vizir koji štiti područje očiju, uložak koji drži kacigu na glavi te remen koji služi za učvršćivanje kacige na glavu vatrogasca [22]. Na sljedećoj slici prikazana je maska.



Slika 14. Maska za cijelo lice (Vlastita izrada)

Maska mora biti priljubljena uz lice te prekriti nos, oči i bradu. Mora štiti vatrogasca od temperature i raznih plinova. Maska se također koristi kod gašenja električnih baterija kako bi se vatrogasci zaštitili od toksičnih plinova. Postoje i polu maske koje prekrivaju samo nos, bradu i usta. Četvrt maske prekrivaju samo usta i nos [22].

Ukoliko se vatrogasna intervencija ne može obaviti s postojećom osobnom vatrogasnom opremom, koristi se dodatna (skupna) osobna oprema. Vrste odijela za zaštitu su: odijela za zaštitu od toplinskog isijavanja, odijela za zaštitu od agresivnih tekućina i kemikalija te odijela za zaštitu od kontaminacije [22]. Na sljedećoj slici prikazano je odijelo za zaštitu od visokih temperatura i opasnih tvari.



Slika 15. Odijelo za zaštitu od visokih temperatura i opasnih tvari (Izvor: [www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com) )

Na slici 15. prikazano je odijelo za zaštitu od visokih temperatura i opasnih tvari. Izrađeno je od materijala koji ne može izgoriti, kako bi zaštitila vatrogasce u vrlo opasnim uvjetima. Nošenje zaštitne opreme za vatrogasce je obavezno jer na taj način štite svoj život i svoje zdravlje.

## **5. ANALIZA INTERVENCIJE: POŽAR ELEKTRIČNOG ROMOBILA U NOVOM ZAGREBU**

Dana 25.4.2022.godine u kasnim popodnevnim satovima izbio je požar u Zagrebu kod novozaagrebačkog naselja Lanište u stanu na prvom katu. [23] U 18:08 sati vatrogasni operativni centar Javne vatrogasne postrojbe Grada Zagreba od vlasnika stana u kojem se nalazio električni romobil primio je dojavu o navedenom događaju. Dojava o eksploziji na prvom katu zgrade bile su zaprimljene i od stanara zgrade u kojoj je izbio požar električnog romobila [23].

### **5.1. Uzbunjivanje i upućivanje vatrogasnih snaga na mjesto intervencije**

Temeljem primljenih dojava, operativni dežurni u 18:09 sati daje uzbunu za vatrogasnu postrojbu Novi Zagreb na čijem je operativnom području požar nastao. Iz vatrogasne postrojbe Novi Zagreb na intervenciju se upućuju tri vatrogasna vozila s 14 vatrogasaca: navalno vozilo, auto-ljestva i vozilo za gašenje požara vodom i pjenom [23].

### **5.2. Dolazak na mjesto intervencije i taktički nastupi vatrogasnih postaja**

Vrlo brzo nakon izlaska na mjesto intervencije u 18:15 sati dolazi VP Novi Zagreb. Brojna stanja odjeljenja vozila na intervenciji su: odjeljenje navalnog vozila; voditelj smjene, voditelj odjeljenja, navalna grupa, vodna grupa i vatrogasac vozač, odjeljenje auto-ljestve; vatrogasac vozač, vatrogasac, odjeljenje autocisterne; vatrogasac vozač, vatrogasac. Dolaskom na mjesto intervencije voditelj smjene vatrogasne postrojbe Novi Zagreb trenutnim vanjskim izviđanjem uočava: da je u stanu došlo do eksplozije zbog popucalog stakla na ulici, zgrada u kojoj je došlo do požara ima 6 katova, da se požar električnog romobila nalazi na prvome katu te da iz stana kroz popucala stakla prijeti horizontalno i vertikalno širenje požara na susjedne stanove zgrade. Zbog takvog zatečenog stanja voditelj smjene na temelju trenutnog izviđanja izvršava procjenu, zatim donosi odluku kako će se



pristupiti i gasiti požar. Zbog gustog dima koji se nalazio u stanu vatrogasci su izolacijskim aparatima sa stakleničkim zrakom izvršili pregled unutar stana. Unutarnjim izviđanjem ustanovljeno je kako se u stanu širi velika količina gustog dima. U 18:17 sati počinju gasiti električni romobil s CO<sub>2</sub> aparatom te su započeli s odimnjavanjem stana i pregledom stana. Vatrogasci su ugasili električni romobil, zatim su ga iznijeli iz zgrade te dodatno hladili vodom [23].

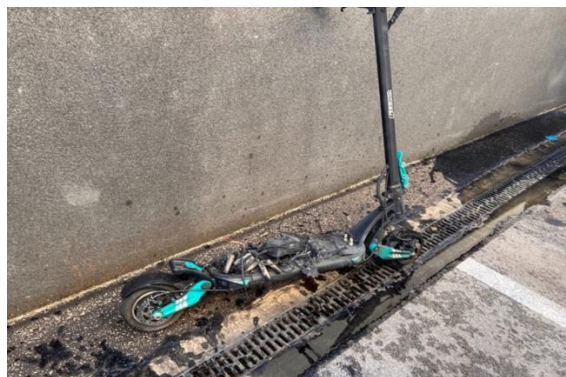
### 5.3. Raščišćavanje požarišta i povratak u vatrogasne postaje

U 19:00 h zapovjednik smjene poziva operativni centar i izvješćuje kako je požar električnog romobila ugašen te da se radilo o požaru električnog romobila u kojem je izgoreno postolje baterije, ali i sama baterija. Opožareno je 6m<sup>2</sup> od ukupno 50m<sup>2</sup> površine stana. Šteta stana odnosit će se na dim i toplinu požara koji je nastao. Nijedna osoba nije bila ozlijeđena [23].



Slika 16. Zapaljeni električni romobil u Laništu (Izvor: JVP – Zagreb)

Na slici 16. vidljiv je zapaljeni električni romobil u Laništu. Također, vidljive su posljedice tog zapaljenja, poput popucalih stakla od eksplozije na prozorima i vratima.



Slika 17. Zapaljeni električni romobil u Laništu (2) (Izvor: JVP – Zagreb)

Na slici 17. prikazan je zapaljeni električni romobil u Laništu kojeg su vatrogasci iznijeli van zgrade i hladili. Takav postupak vatrogasaca sukladan je onome prethodno opisanome. Dakle, vatrogasci su pravilno postupili i spriječili nastanak daljnje štete.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu objašnjene su: taktika i gašenje požara električnog romobila, upozoreno je na sve moguće opasnosti i rizike koji mogu nastati kao posljedica samozapaljenja električnog romobila te korištenje modernih sredstava za gašenje požara električnog romobila. Električna vozila su vozila budućnosti. Požari na električnim vozilima danas su još vrlo rijetki, a mogu biti izuzetno zahtjevni i opasni. Najčešći uzrok zapaljenja električnih romobila je neispravnost baterije koja se pregrijava ili dolazi do kratkog spoja. Zaključuje se da vatrogasci nisu dovoljno upoznati s požarima električnih romobila te prilikom intervencije nisu točno upućeni što moraju raditi. Također, nema konkretne zakonske regulative koja uređuje pitanje električnih romobila općenito, a pogotovo koja se odnosi konkretno na požar električnog romobila ili električnog vozila uopće. U budućnosti bi to trebalo promijeniti. Naime, preporuka je provođenje određenih vježbi i edukacija za gašenje požara električnih romobila, kako bi vatrogasci točno znali što i kako činiti u određenoj situaciji. Ljudi bi se, također, trebali više educirati o korištenju električnih romobila, kako ne bi pravili greške koje mogu biti vrlo opasne. Osim toga, preporuka je i da se na električnim romobilima i njihovim punjačima ugrade razni senzori koji bi upozoravali vlasnika električnog romobila kada dolazi do pregrijavanja i drugih grešaka.

## 7. LITERATURA

- [1] »TAUR: The History of Electric Scooters,« 2020.  
<https://medium.com/lotus-fruit/the-history-of-the-first-electric-scooter-5c00e0053468>., pristupljeno 20.4.2022
- [2] M. Trajkovski, »escooternerds,« 2020.  
<https://escooternerds.com/electric-scooter-statistics-data-trends-markets/>., pristupljeno 20.4.2022
- [3] EGS-TEAM, »electric scooter guide,« 2021.  
<https://electric-scooter.guide/guides/definitive-guide-electric-scooters/>. pristupljeno 20.4.2022
- [4] Tudić, *Elektrotehnika, ppt.*
- [5] Justin, »Technical Guide: Electric Scooter Batteries,« 2022.:  
<https://electric-scooter.guide/guides/electric-scooter-batteries/>. pristupljeno 21.4.2022
- [6] Technostore, »Električni romobil lenovo electric scooter m2, black,« 2022. <https://technostore.hr/shop/sport-i-razonoda/elektricni-romobili>., pristupljeno 21.4.2022
- [7] J. Partridge, »All Type Of Electric Scooter All About Electric Scooter,« 2019.  
[https://www.academia.edu/31110565/All\\_Type\\_Of\\_Electric\\_Scooter\\_All\\_About\\_Electric\\_Scooter](https://www.academia.edu/31110565/All_Type_Of_Electric_Scooter_All_About_Electric_Scooter). , pristupljeno 22.4.2022
- [8] T. Editor, »Electronic Speed Controllers,« 2021.:  
<https://www.unmannedsystemstechnology.com/expo/electronic-speed-controllers-esc/>. pristupljeno 22.4.2022
- [9] Trajkovski, »What are electric scooters made of?,« 2020.  
<https://escooternerds.com/what-are-electric-scooters-made-of/>. pristupljeno 22.4.2022
- [10] M. Gojak, *Izvor požarne opasnosti i taktika gašenja požara stana ppt*, Karlovac, 2021.
- [11] Acorn-Industi, »5 Causes of Motor Failure and How to Prevent Them,« 2022.  
<https://www.acorn-ind.co.uk/insight/five-causes-of-motor-failure/>. pristupljeno 23.4.2022
- [12] H. Darani, »Electric scooter fires – common causes of fire & battery FAILURE,« 2019.  
<https://scooter.guide/electric-scooter-fires-common-causes/>. , pristupljeno 23.4.2022
- [13] Trajkovski, »How to Charge an Electric Scooter,« 2022.  
<https://escooternerds.com/how-to-charge-electric-scooter/>. pristupljeno 24.4.2022
- [14] S. . Š. G. Marjanović, *Vatrogasna taktika i taktičke vježbe*, 1997.
- [15] J. Žunić, *Toksikologija*, Karlovac, 2021.
- [16] Javna vatrogasna postrojba Grada Splita, 2022.

- [17] NFPA, » Electric vehicle fires are a threat. be ready to respond safely,« 2022.  
<https://www.nfpa.org/EV>. pristupljeno 25.4.2022
- [18] D. Kekić, *Vatrogasna taktika gašenja požara stana*, Karlovac, 2022.
- [19] Šmejkal, *Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara*, Zagreb, 1991.
- [20] Ltd, Fire Control Technologies (UK), »Lithium-Ion Fire Extinguishers for Batteries,« 2022.  
<https://f500-fct.co.uk/lithium-ion-fire-extinguishers/>. pristupljeno 27.4.2022
- [21] S. Galla, B. Stefanicky i A. Majlingova, »Experimental comparison of the fire extinguishing properties of the firesorb® gel and water,« 2008.  
<https://www.sgem.org/index.php/elibrary?view=publication&task=show&id=3941>. , pristupljeno 1.5.2022
- [22] Hrvatski zavod za zaštitu zdravlja i sigurnost na radu, 2019. <http://www.hzzzsr.hr/wp-content/uploads/2019/04/Registar-PB-2018.pdf>. pristupljeno 5.5.2022
- [23] JVP-Zagreb, *Intervencije*, Zagreb, 2022.
- [24] T. V, *Elektrotehnika, ppt, ..*

## **8. PRILOZI**

### **8.1. Popis slika**

Slika 1. Dijelovi električnog romobila .....	8
Slika 2. Električni romobil Rolla .....	10
Slika 3. Oštećeni elektromotor .....	13
Slika 4. Neispravni regulator brzine .....	14
Slika 5. Mjerenje temperature punjača .....	15
Slika 6. Termo kamera .....	22
Slika 7. Ventilator za usmjeravanje dima.....	22
Slika 8. Sredstvo za gašenje požara F-500 .....	24
Slika 9. Zaštitna jakna za vatrogasce.....	26
Slika 10. Zaštitne hlače za vatrogasce.....	27
Slika 11. Zaštitne čizme za vatrogasce.....	27
Slika 12. Zaštitne rukavice za vatrogasce.....	28
Slika 13. Zaštitna vatrogasna kaciga .....	29
Slika 14. Maska za cijelo lice .....	29
Slika 15. Odijelo za zaštitu od visokih temperatura i opasnih tvari .....	30
Slika 16. Zapaljeni električni romobil u Laništu .....	32
Slika 17. Zapaljeni električni romobil u Laništu(2) .....	33

### **8.2. Popis tablica**

Tablica 1. Utjecaj struje na ljudsko tijelo (Vlastita izrada) .....	17
---	----

### **8.3. Popis grafikona**

Grafikon 1. Prihodi od najma električnih romobila u svijetu od 2017. do 2021. godine (u milijunima američkih dolara) .....	3
--	---

Grafikon 2. Broj osoba koji koriste usluge iznajmljivanja električnih romobila u svijetu od 2017. do 2021. godine (u milijunima korisnika) .....	4
Grafikon 3. Udio na globalnom tržištu električnih romobila, prema tipu baterije, u 2020. godini .....	7

#### **8.4. Popis shematskih prikaza**

Shematski prikaz 1. Postupci gašenja požara na električnom romobilu (Vlastita izrada)....	20
---	----