

M. Žakula, S. Kirin*

ISTRAŽIVANJE POSTUPAKA GAŠENJA POŽARA NA ELEKTRIČNIM VOZILIMA

UDK 614.841:621.337.1
PRIMLJENO: 15.11.2022.
PRIHVAĆENO: 5.5.2023.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



SAŽETAK: Gašenje požara električnog vozila predstavlja veliki problem s obzirom da se u njemu uglavnom nalazi litij-ionska baterija za koju još nije utvrđena i razrađena taktika gašenja. U radu je metodom anketnog upitnika zatvorenog tipa provedeno istraživanje o poznavanju taktika gašenja električnog vozila. Anketni upitnik sastoji se od 19 pitanja, pri čemu su obuhvaćena opća pitanja te pitanja koja se odnose na svojstva i funkcije baterija u električnim vozilima, postupci i sredstva za gašenje požara. Analizom dobivenih rezultata utvrđeno je da vatrogasci imaju premalo znanja o gašenju požara na električnom vozilu te su im potrebne edukacije o gašenju požara na električnom vozilu. Prema mišljenju ispitanika, najbolji oblik suradnje je suradnja s proizvođačima električnih vozila.

Ključne riječi: baterija, električno vozilo, vatrogasci, stručna usavršavanja, anketni upitnik

UVOD

Tales iz Mileta otkrio je 600. pne. da se električni naboj može stvoriti trljanjem krzna o staklo (*GlobalData, 2020.*). Godine 1740. objavljen je izum Leyden Jara za pohranu električnog naboja. U 1800. godini Alessandro Volta izumio je *Vol-tansku hrpu* koja se sastoji od izmjeničnih diskova od bakra i cinka odvojenih s krpom koja je natopljena slanom vodom. Godine 1834. Michael Faraday prikazuje kretanje iona kroz tekuće i čvrste elektrolite. U 1859. godini, Gaston Plante izumio je punjivu olovnu bateriju. Walther Nernst razvija Nernstovu svjetiljku koja zagrijava keramičku šipku do te mjere da postaje žarna (1897. godina). U 1902. godini Thomas Edison razvija bateriju željezo-nikal.

Vjerujući da će električna energija pokrenuti rad vozila budućnosti, u 1889. godini, Thomas

Alva Edison započeo je svoju misiju stvaranjem ionske glazirane i jake baterije za komercijalna vozila.

Kineski proizvođač BYD plasirao je na tržište svoje prvo i najpoznatije plug-in hibridno vozilo F3DM 2008. godine (*Sreenivasarao, 2017.*).

U skladu s napatkom američkog predsjednika Obame, Odjel za energiju objavio je natječaj, „EV Everywhere Grand Challenge“ (2012.) Time je okupio najbolje znanstvenike, inženjere i poslovne ljude kako bi stvorili daleko pogodnije električno vozilo.

UVOĐENJE STANDARDA U PODRUČJU VOZILA NA ALTERNATIVNI POGON

ISO 17840-1, Road vehicles — Information for first and second responders — Part 1: Rescue sheet for passenger cars and light commercial vehicles je međunarodni standard koji omogućuje prvom i drugom odzivniku brz i jednostavan pristup in-

*Manuela Žakula, mag. ing. sec. (manuela.zakula@vuka.hr), dr. sc. Snježana Kirin, (snjezana.kirin@vuka.hr), Veleučilište u Karlovcu, Trg J. J. Strossmayera 9, 47000 Karlovac, Hrvatska.

formaciji kako bi proveli svoju dužnost spašavanja života u slučaju prometne nesreće ili vatre.

ISO 17840 uključuje vodič za rad službe hitne pomoći i vatrogasca s ciljem pružanja nužnih i korisnih informacija o vozilu koje je sudjelovalo u prometnoj nesreći (*Anderson, 2022.*). Vodič može biti printan na papiru ili izdan u elektroničkom obliku. Cilj vodiča je brza identifikacija izvora energije i skrivenih opasnosti na vozilu. ISO 17840 standard podržava tim te može dati smjernice za spašavanje što većeg broja putnika iz vozila na što brži i sigurniji način. Timu za spašavanje pruža informacije o požaru, submerziji i curenju tekućine iz vozila (*Anderson, 2022.*).

Glede preporuke ISO 17840 standarda navodi se da među proizvođačima vozila koji su se držali preporuka ISO 17840 su Honda, Hyundai, Mitsubishi i Volkswagen. Osim toga, još desetak proizvođača spremno je za usklađivanje s ISO 17840 standardom, a to su: BMW, Ford, General Motors, KIA, Nissan, Subaru, Tesla i Toyota (*Anderson, 2022.*).

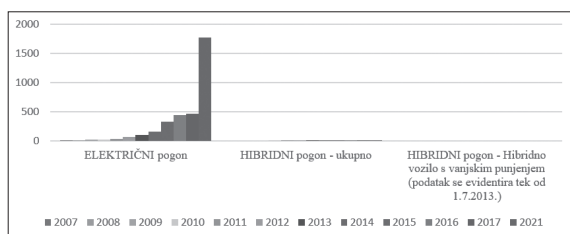
GAŠENJE POŽARA NA ELEKTRIČNOM VOZILU

Gašenju požara na električnom vozilu treba pristupiti veoma studiozno. Kada se dogodi požar kod električnog vozila, često se kao primarni razlog navodi baterija kao uzročnik nastanka požara. Ipak, postoje drugi čimbenici koji mogu dovesti do požara na električnom vozilu, na primjer, prekid sustava napajanja, preopterećenje kabela (*Huang, Nakamura, 2020.*), paljenje od drugih zapaljivih materijala i podmetanje požara (*Home Office, 2019.*). Požari u električnim vozilima relativno su novi i često složeni i oni se mogu podijeliti u nekoliko kategorija: zapali se dok miruje (često se naziva spontanom ili samozapaljenjem). To može biti povezano s ekstremnim vremenskim uvjetima, npr. niske/visoke temperature ili visoka vlažnost. Druga mogućnost je da se električno vozilo zapali tijekom punjenja. Ovaj kvar može biti povezan s kvarom LIB-a zbog prekomjernog punjenja, ali je češće povezan s neispravnim ili nesigurnim stanicama za punjenje i/ili kabelima. Treća mogućnost je EV-a oštećen zbog prometne nesreće ili drugih oštećenja (*Sun et al., 2020.*).

U usporedbi s vozilima pogonjenim motorom s unutarnjim izgaranjem, električna vozila koriste "visokonaponske" (ova terminologija koristi se u ovom navodu, iako se visoki napon drugačije definira u drugim industrijskim sektorima) baterije (poznate kao „sustavi za pohranu energije s mogućnošću punjenja“ ili "RESS" (engl. *Rechargeable Energy Storage System*) za pohranu energije koje automobil zatim opskrbljuju strujom kada je to potrebno za njegovo pokretanje. Naponi prisutni u suvremenim električnim automobilima znatno su veći (trenutno i više od 650 V struje DC) od onih koji se upotrebljavaju u drugim vozilima (12/24 V – DC) te u slučaju da su suhi uvjeti, slučajni kontakt s dijelovima koji su pod naponom iznad 120 V DC može biti opasan pa i smrtonosan (*Šipuš, 2018.*).

Veličina baterije električnog vozila veća je od one za plug-in hibridno električno vozilo ili hibridno električno vozilo. Primjerice, Nissan Leaf ima kapacitet baterije od 24 kWh (*Nissan SAD, 2010.*). Litij-ionske baterije za kompaktne EV-ove upotrijebit će 1.800 do 2.000 kWh (*Castelvecchi, 2021.*). Potrebno je raditi na tome da se smanji cijena baterija za električno vozilo jer to povećava kupnju električnih vozila (*Ziegler, Trancik, 2021.*). Glede baterije zebra, radi se i o sodij nikal-klorid bateriji koja se koristi za vozila u urbanoj okolini. Zebra ćelije nude značajno produljeno trajanje ciklusa baterije ≈3500 ciklusa na natpisnoj pločici (7-8 puta više od olovno-kiselih baterija), nude rad bez održavanja ali s utjecajem temperature okoline (*O'Sullivan et al., 2006.*). Litijeve baterije, preciznije litij-željezo-fosfatne baterije (engl. lithium iron phosphate battery, LiFePO₄, LFP) su trenutno sigurnosno i komercijalno glavni izbor baterija s litijevom tehnologijom. Uobičajeno im je pakiranje po 4 ćelije u jednom kućištu. Nazivni napon ćelije je 3,2 V pa baterija sa 4 ćelije ima nazivni napon od 12,8 V. Postoje izvedbe i s većim brojem ćelija u istom kućištu, primjerice 8 ćelija s nazivnim naponom baterije 25,6 V. To su baterije koje dopuštaju duboka pražnjenja kroz veliki broj ciklusa (do 20 % kapaciteta više od 2500 ciklusa) uz velike struje pražnjenja (maksimalna ustaljena struja pražnjenja je 1 C, tj. 100 Ah baterija se smije dugotrajno prazniti sa 100 A) i punjenja (maksimalna ustaljena struja punjenja je 0,5 C, tj. 100 Ah baterija smije se trajno puniti s 50 A); (*Zdenković, 2021.*).

Na temelju podataka koje je objavio Centar za vozila Hrvatske (CVH), došlo je do iznimnog porasta kupnje električnih vozila u Hrvatskoj i to najviše na hibridni pogon (CVH, 2022.). U 2007. godini kupljeno je samo 6 vozila na električni pogon. U 2021. godini, zabilježena je kupnja 1.771 vozila na električni pogon, dok je iste godine kupljeno samo jedno auto na hibridni pogon, ali nije kupljeno niti jedno hibridno vozilo s vanjskim punjenjem (podatak se evidentira tek od 1.7.2013.).



Slika 1. Broj električnih vozila u Hrvatskoj od 2007. do 2021. godine

Figure 1. Number of electric vehicles in Croatia from 2007 to 2021

Unutar svakog električnog vozila nalazi se baterija kao na primjer, litij ionska baterija čije gašenje predstavlja veoma ozbiljan problem vatrogascima. Kada dođe do požara u električnom vozilu, ključno pitanje je: „U kakvom je stanju baterija?“. Tada postupci za gašenje požara ovise o znanju vatrogasaca u dosad stečenim postupcima. Međutim, u slučaju požara na bateriji još nisu do kraja razjašnjene sve mogućnosti gašenja, osim ostaviti vozilo da samo izgori. Hrvatska vatrogasna zajednica (HVZ) još nema definiran taktički pristup u gašenju baterije na električnom vozilu i isti je preuzela od vatrogasaca iz SAD-a. Američki taktički pristup gašenju požara na električnom vozilu podrazumijeva ofanzivni i defanzivni pristup.

Prema Zakonu o vatrogastvu obrazovanje za vatrogasnu djelatnost temelji se na načelu cjeloživotnog obrazovanja. U čl. 11. Zakona o vatrogastvu, stjecanje kvalifikacija uključuje usavršavanje na HKO: strukovno specijalističko usavršavanje uz najmanje dvije godine vrednovanog radnog iskustva (Zakon o vatrogastvu 2020.-2022.). Stoga, zakonska regulativa Zakon o vatrogastvu 2020.-2022.) podržava učenje i stjecanje novih znanja, a to će posebno biti znanja o gašenju požara na električnim vozilima.

Prepoznat je problem te je stoga osmišljena i provedena anketa među pripadnicima vatrogasnih postrojbi. U nastavku slijedi metodološka pojašnjenja provedenog istraživanja.

METODOLOGIJA ISPITIVANJA

Ispitanici

U ispitivanju je sudjelovalo 150 vatrogasaca koji obavljaju poslove u javnoj vatrogasnoj postrojbi (JVP) i dobrovoljnom vatrogasnom društvu (DVD). U ispitivanju su sudjelovali JVP Karlovačka županija, VZ Zagrebačka županija, JVP Šibensko-kninska županija, JVP Međimurska županija, JVP Ličko-senjska županija, JVP Splitsko-dalmatinska županija, JVP Varaždinska županija, JVP Krapinsko-zagorska županija, JVP Sisačko-moslavačka, JVP Koprivničko-križevačka, JVP Bjelovarsko-bilogorska županija, JVP Primorsko-goranska županija, Virovitičko-podravska, JVP Požeško-slavonska, JVP Brodsko-posavska, JVP Zadarska, JVP Osječko-baranjska, JVP Istarska županija, JVP Dubrovačko-Neretvanska županija te JVP grad Zagreb.

Instrument za prikupljanje podataka

Anketni upitnik je pismeno prikupljanje podataka o stajalištima i mišljenjima na reprezentativnom uzorku anketiranih. Putem anketnog upitnika može se doći do podataka o stajalištima vatrogasaca o gašenju požara na električnom vozilu. Anketnim upitnikom obuhvaćena su sociodemografska pitanja (spol, dob, radni staž i stručna sprema (67 anketiranih), zatim pitanja o stručnim usavršavanjima (broj stručnih usavršavanja, tema stručnih usavršavanja) i pitanja o učestalosti intervencija u gašenju požara općenito kao i gašenju požara na električnom vozilu. Također, putem anketnog upitnika došlo se do podataka o razini zadovoljstva vatrogasaca radnim mjestom.

Postupak

Upitnik je podijeljen anketiranima online, koji su ga samostalno ispunili. Pri tome, poštovala se anonimnost i dobrovoljnost tijekom provedbe upitnika za dobrobit anketiranih (Zelenika, 2016.). Pitanja su bila kratka, jednostavna, ra-

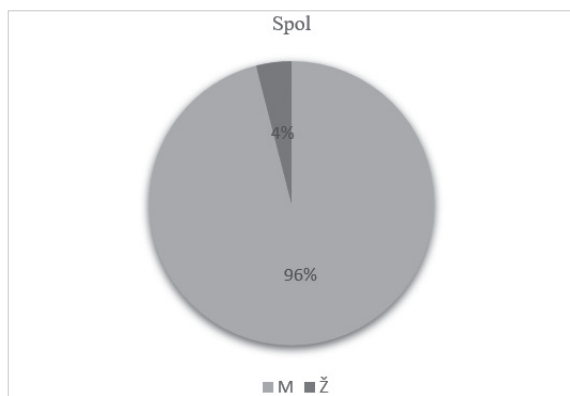
zumljiva i imaju mogućnost višestrukog odabira odgovora na postavljeno pitanje u anketi. Cilj ispitivanja je utvrditi razinu znanja pripadnika vatrogasnih postrojbi o gašenju požara na električnom vozilu. Metoda istraživanja je deskriptivna statistika. Anketni upitnik proveden je krajem svibnja i početkom lipnja 2022. godine. Struktura anketnih pitanja je:

- Sociodemografski podaci ispitanika
- Poznavanje svojstva i funkcije baterije u električnom vozilu
- Poznavanje postupaka i sredstva za gašenje požara na baterijama u električnim vozilima
- Poboljšanja u postupcima gašenja požara.

Podaci prikupljeni unutar istraživanja obrađeni su pomoću programa Microsoft Excel.

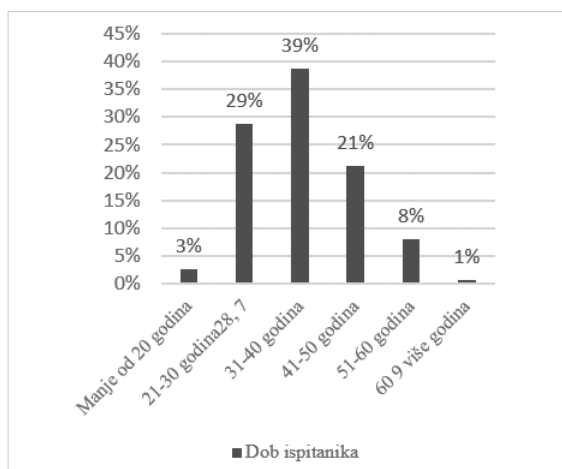
REZULTATI

Rezultati istraživanja među pripadnicima vatrogasnih postrojbi, koje je obuhvatilo gotovo sve županije u Hrvatskoj, izuzev Vukovarsko-srijemske županije, pokazali su da je iznimno visok postotak anketiranih osoba muškog spola (slika 2) te da najveći broj anketiranih pripada srednjoj dobnoj skupini od 31. do 40. godine života 39 %. Najmanje je zastupljena dob od 60 godina i više. Druga po redu najviše zastupljena dob anketiranih je 21-30 godina; 28,7 %, treća dobna skupina te dobna skupina od 41 do 50 godina 21,3 % (slika 3).



Slika 2. Rezultati anketiranih s obzirom na spol

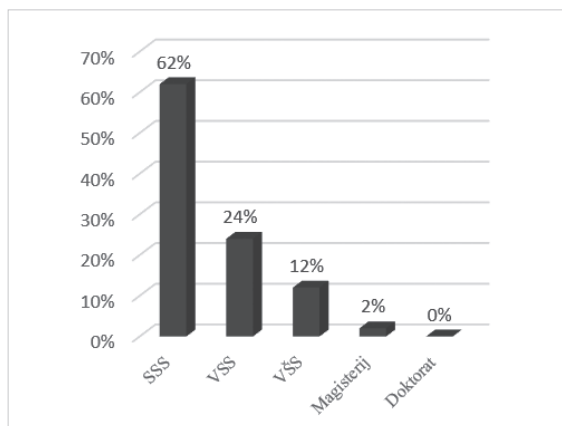
Figure 2. The results of the respondents with regard to gender



Slika 3. Rezultati anketiranih s obzirom na dob

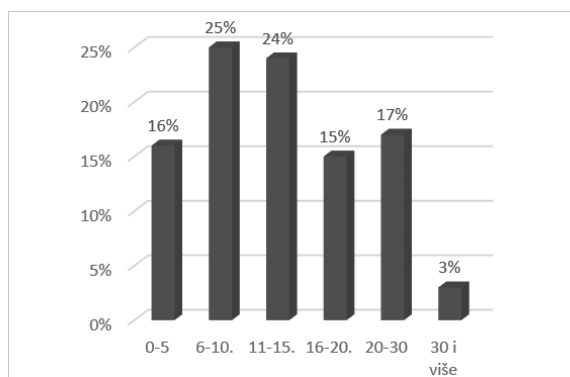
Figure 3. Results of the respondents with regard to age

Glede stupnja obrazovanja anketiranih (N=150), najveći broj anketiranih (63 %) ima završeno opće srednjoškolsko obrazovanje (SSS); dok je anketiranih s prediplomskim sveučilišnim studijem (VŠS) 24 %, nadalje, anketiranih s diplomskim sveučilišnim studijem (VSS) 12 %, a anketiranih s poslijediplomskim specijalističkim studijem je 2 %. Nema anketiranih sa završenim poslijediplomskim sveučilišnim studijem (slika 4). Izračunati podaci o duljini radnog staža (slika 5) upućuju da 24,7 % anketiranih ima između prosječnih 20 godina staža. Ovo je iznimno važan podatak jer indicira da je riječ o iskusnim vatrogascima koji imaju bogato radno iskustvo, što je u području rada sigurnosti i zaštite od velike važnosti.



Slika 4. Raspodjela stupnja obrazovanja ispitanika

Figure 4. Distribution of respondents' level of education

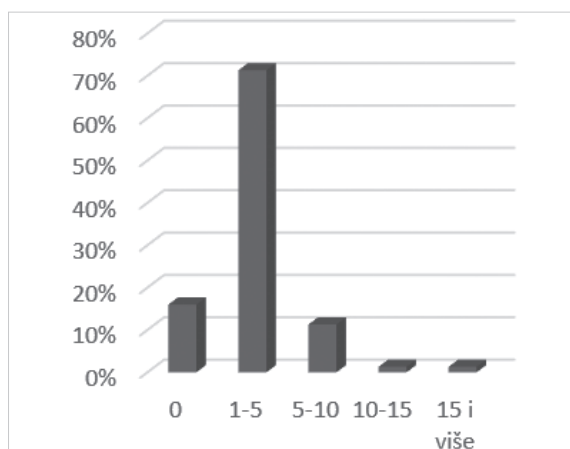


Slika 5. Raspodjela ispitanika s obzirom na duljinu radnog staža

Figure 5. Distribution of respondents with regard to length of service

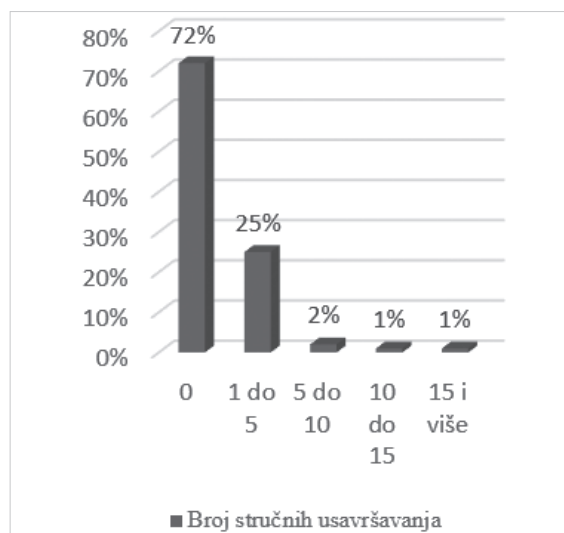
Prikupljeni podaci o broju stručnih usavršavanja koji se odnose na širok raspon tema za vatrogasca, unutar jedne postrojbe, kroz jednu radnu godinu (slika 6) pokazali su da se organizira iznimno mali broj stručnih usavršavanja za što se izjasnilo 71 % anketiranih.

Prikupljeni podaci o broju stručnog usavršavanja na temu baterija u električnom vozilu (slika 7) pokazali su iznimno loš prosjek polaznosti stručnih usavršavanja. Čak 72 % anketiranih navelo je da uopće nisu imali edukacije o baterijama u električnom vozilu, dok je 24 % anketiranih navelo da je imalo od jednog do pet stručnih usavršavanja s temom baterija u električnom vozilu.



Slika 6. Broj stručnih usavršavanja (edukacija) unutar postrojbe u proteklih 12 mjeseci

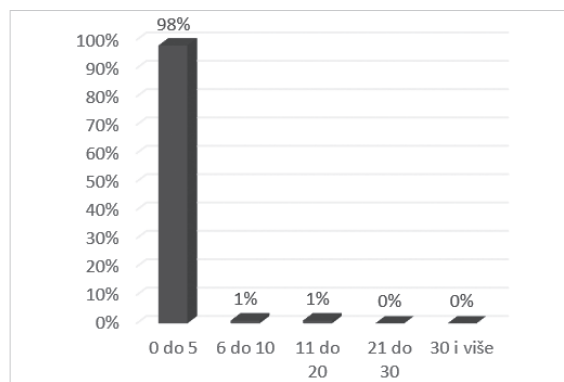
Figure 6. Number of professional training (education) within the unit in the past 12 months



Slika 7. Broj stručnih usavršavanja povezanih s intervencijama na električnim vozilima

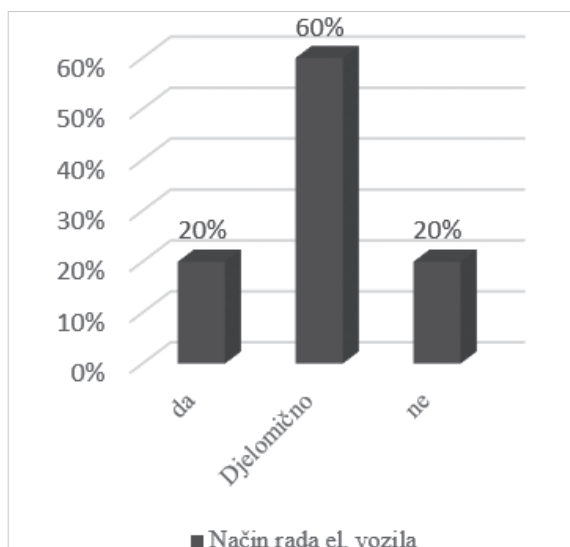
Figure 7. Number of professional training related to interventions on electric vehicles

Prikupljeni podaci istraživanja (slika 7) ukazuju na činjenicu da je 98 % anketiranih od jedan do pet puta bilo na intervenciji za gašenje požara na električnim vozilima, u zadnjih godinu dana; dok je 1,3 % ispitanika bilo šest do deset puta na intervencijama gašenje požara u električnom vozilu; i na kraju, 0,7 % anketiranih bilo je u prosjeku na 15 intervencija tijekom godine. Kod pitanja poznavanja svojstava rada električnih vozila (slika 9) najveći broj anketiranih; 60 % izjasnilo se da djelomično poznaje funkcioniranje, pokretanje i gašenje električnog vozila, dok 20 % anketiranih poznaje električna vozila, a 20 % anketiranih uopće ne poznaje rad električnih vozila.



Slika 8. Raspodjela vatrogasnih intervencija/gašenja požara baterija električnih vozila

Figure 8. Distribution of fire interventions / extinguishing electric vehicle battery fires



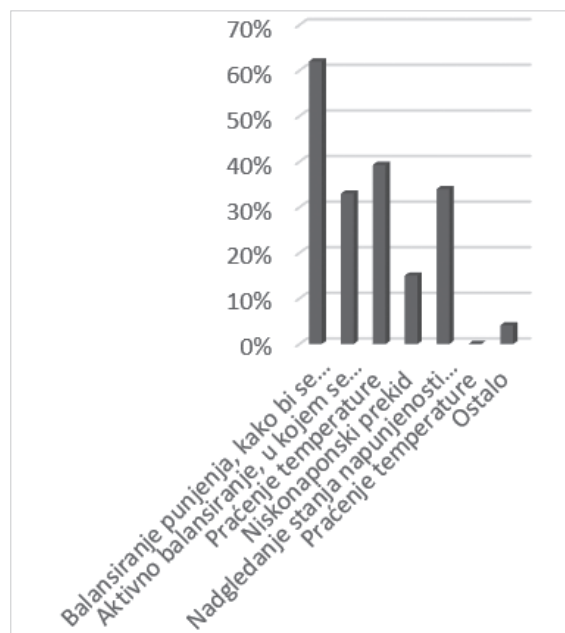
Slika 9. Raspodjela odgovora na pitanje o poznavanju načina rada električnog vozila

Figure 9. The distribution answers the question about knowing how to operate an electric vehicle

Na temelju rezultata o vrstama baterija u električnom vozilu (slika 10), uočeno je iznimno slabo znanje vatrogasaca o vrstama baterija u električnom vozilu.

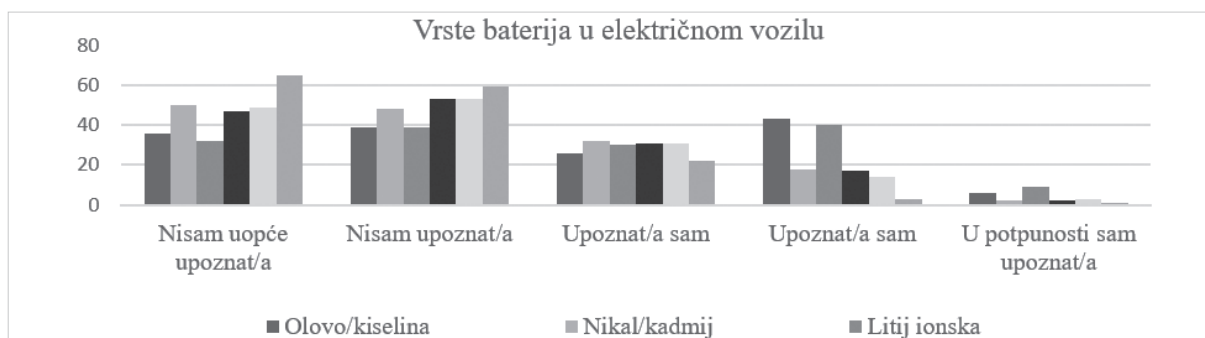
Na temelju podataka (slika 10), 62 % anketiranih vjeruje za to da je funkcija baterije balansiranje punjenja, kako bi se osiguralo da sve ćelije dovrše punjenje u isto vrijeme, dok 39,3 % (67 anketiranih) smatra da je funkcija baterije praćenje temperature u električnom vozilu. Zanimljivo je da 15,3 % anketiranih smatra da je funkcija baterije niskonaponski prekid, a to je nešto o čemu

treba voditi računa prilikom požara na električnom vozilu. Anketiranih 48,7 % navelo je da je najveći rizik pri gašenju požara na bateriji rizik od strujnog udara. Istovremeno, 32,7 % anketiranih navelo je za drugi ključni rizik toksični rizik, treće mjesto zauzima toplinski rizik za koji se izjasnilo 15,3 % anketiranih; 2,7 % anketiranih smatra da je u pitanju mehanički rizik, a 7 % anketiranih dalo je odgovor: „Ne znam“ (slika 11).



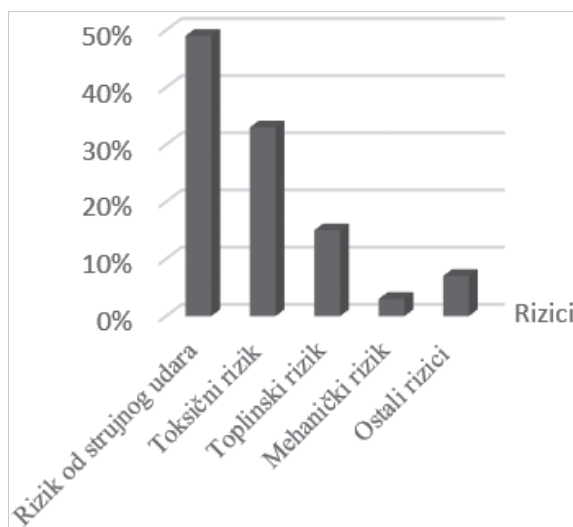
Slika 11. Rezultati anketiranih o poznavanju rada baterija na električnom vozilu

Figure 11. The results of those surveyed on the knowledge of the operation of batteries on an electric vehicle



Slika 10. Rezultati anketiranih o poznavanju vrsta baterija u električnom vozilu

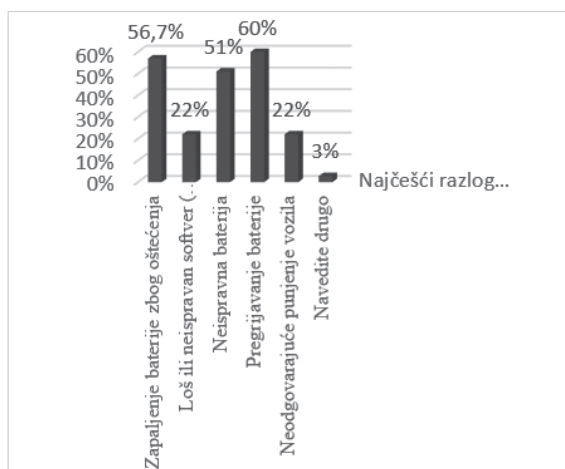
Figure 10. The results of those surveyed about the knowledge of the types of batteries in an electric vehicle



Slika 12. Raspodjela odgovora na pitanje o poznavanju rizika ozljeda od baterija iz EV

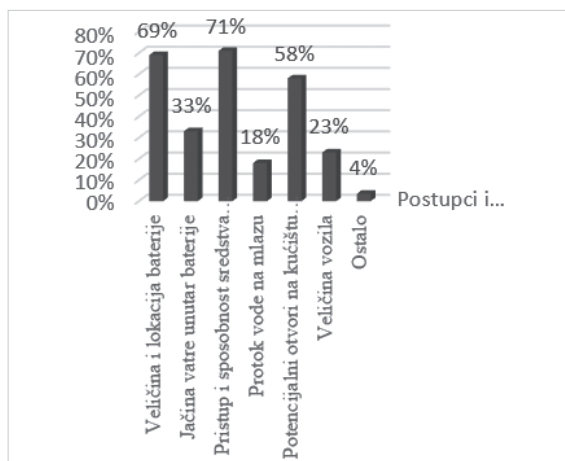
Figure 12. The distribution answers the question about the knowledge of the risk of injury from EV batteries

Glede rezultata istraživanja o mišljenju vatrogasaca zašto dolazi do požara baterije u električnom vozilu, 60 % anketiranih smatra da je najčešći uzrok pregrijavanje baterije, dok 0,7 % anketiranih smatra da je riječ o kratkom spoju. Istovremeno, 56,7 % anketiranih smatra da je uzrok požara zapaljenje baterije zbog oštećenja (slika 13). Prema mišljenju 70,7 % anketiranih, najvažniji čimbenik o kojem ovisi uspješnost gašenja požara je pristup i sposobnost primjene odgovarajućih sredstava za gašenje požara baterija. Drugi najvažniji čimbenik je veličina i lokacija baterije. Treći najvažniji čimbenik o kojem ovisi gašenje baterije na električnom vozilu jesu vrsta otvora na kućištu baterija koji omogućuju unos sredstava za gašenje za što se izjasnilo 58 % anketiranih (slika 14).



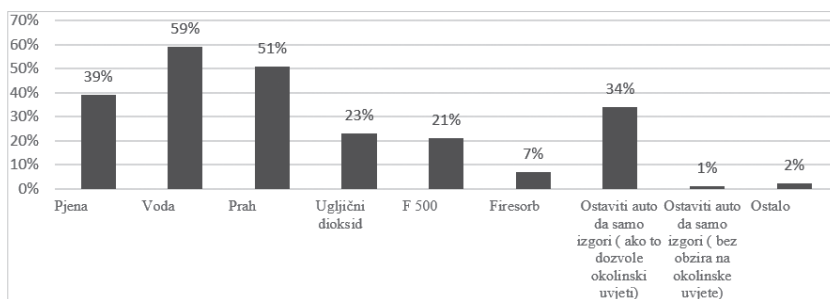
Slika 13. Stavovi ispitanika o najčešćim uzrocima požara na električnim vozilima

Figure 13. Respondents' views on the most common causes of fires on electric vehicles



Slika 14. Stavovi ispitanika o bitnim čimbenicima za gašenje požara na EV

Figure 14. Respondents' views on essential factors for extinguishing fires on EVs



Slika 15. Rezultati anketiranih o vrsti sredstava za gašenje električnih vozila

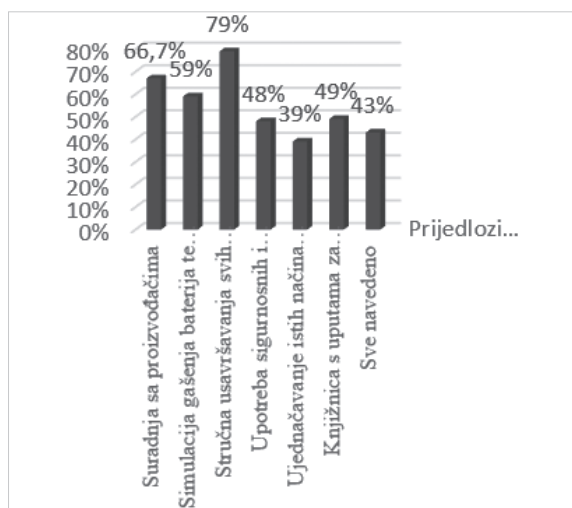
Figure 15. The results of those surveyed about the type of means for extinguishing electric vehicles

Dok su 59 % anketiranih upoznati s tim da je voda ključno sredstvo za gašenje požara, 51 % anketiranih smatra da je to prah (slika 15). Zatim, 39 % anketiranih smatra da je glavno sredstvo za gašenje požara pjena, dok je na trećem mjestu ugljični dioksid 23 % i zadnja opcija je ostaviti auto da samo izgori.

O pitanju prijedloga vatrogasca o načinima educiranja na temu električna vozila ponuđeno je više pitanja: suradnja s proizvođačima, simulacija gašenja baterija te snimanje istog, stručna usavršavanja svih vatrogasaca o gašenju baterije u električnom vozilu, upotreba sigurnosnih i zaštitnih elemenata, ujednačavanje istih načina označavanja u postupcima gašenja, knjižica s uputama za postupak gašenja požara u digi-

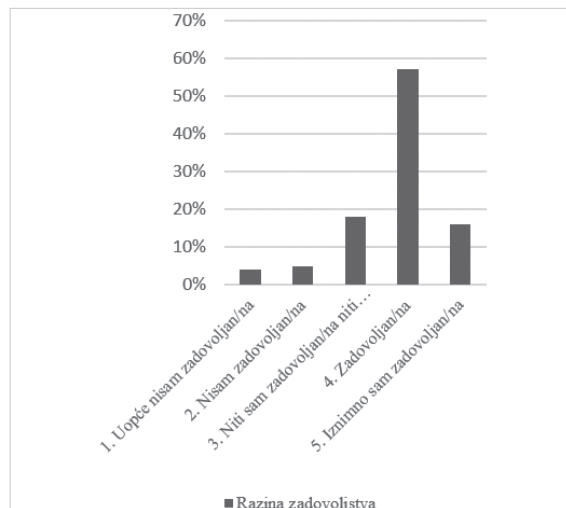
talnom formatu. Prema izračunatom rezultatu istraživanja, visok postotak anketiranih 66,7 % predlaže educiranja vatrogasca kroz suradnju s proizvođačima električnih vozila koji su direktno upoznati s radom električnih vozila (slika 16).

Prikupljeni podaci o zadovoljstvu anketiranih o radnim uvjetima na radnom mjestu pokazali su da je 57 % anketiranih zadovoljno radnim uvjetima (slika 17). Preostali dio 67 anketiranih (16 %), navodi da je iznimno zadovoljno radnim uvjetima, 4 % nije zadovoljno, a 5 % uopće nije zadovoljno radnim uvjetima. Izračunati podaci jasno ukazuju da su radni uvjeti vatrogasaca zadovoljavajući, ali uvijek treba razmišljati o mogućnostima poboljšanja istih.



Slika 16. Raspodjela stavova ispitanika o potrebnim načinima edukacije o električnim vozilima

Figure 16. Distribution of respondents' views on the necessary methods of education about electric vehicles



Slika 17. Stavovi ispitanika s obzirom na zadovoljstvo radnim uvjetima

Figure 17. Respondents' attitudes regarding satisfaction with working conditions

RASPRAVA

Na temelju provedenog anketiranja i analize prikupljenih rezultata vidljivo je da se vatrogasci žele dodatno educirati o gašenju požara na električnim vozilima.

Rezultati istraživanja o stručnim usavršavanjima pokazuju lošiji rezultat povezan s edukacijama o gašenju požara na električnim vozilima, a vatrogasci općenito smatraju da nemaju dovoljno edukacija o gašenju požara. Također, rezultati istraživanja o vrstama baterija u električnom vozilu ukazuju na potrebu za boljim upoznavanjem te slabije znanje novih vrsta baterija u električnom vozilu.

Vatrogasci smatraju da je najčešći uzrok požara pregrijavanje baterije i oštećenje dok iznimno mali postotak smatra da je riječ o kratkom spoju. Isto tako, vatrogasci smatraju da je funkcija BMS balansiranje punjenja, kako bi se osiguralo da sve ćelije dovrše punjenje u isto vrijeme. Na temelju svojeg znanja i iskustva, vatrogasci su ocijenili da je najveći rizik od požara na električnom vozilu strujni udar, dok desetak posto ispitanika nije bilo sigurno u odgovor na to pitanje.

Stoga, nužno je povećati i pojačati broj edukacija za vatrogasce o pitanju električnih vozila. Na službenim stranicama Hrvatske vatrogasne zajednice objavljena su stručna usavršavanja (pod rubrikom „Stručni skupovi i savjetovanja“) te navode osnovna stručna usavršavanja u jednoj kalendarskoj godini (HVZ, 2022.). U skladu s dobivenim rezultatima, vatrogasci su isključivo upoznati s baterijom olovo/kiselina i djelomično upoznati s nikal/kadmij baterijom. Očito je da tehnologija u razvoju električnih vozila napreduje vrlo brzo. Kako bi vatrogasci imali mogućnosti praćenja edukativnih trendova povezano s vrstama baterija koje se nalaze u električnom vozilu, nužne su nove edukacije na temu gašenja požara na električnom vozilu. U organizaciju edukacija mogu se uključiti sveučilišta i veleučilišta koja su iznimno zainteresirana za temu gašenja požara na električnim vozilima.

Dodatno, podaci o porastu broja intervencija za gašenje požara na električnom vozilu također su dodatni motivator za osnaživanje vatrogasaca s novim znanjima o gašenju požara na električnom vozilu.

Jedan od načina educiranja o bateriji na električnom vozilu je prema mišljenju vatrogasaca suradnja s proizvođačima električnih vozila u Hrvatskoj i šire.

Visok postotak vatrogasaca izjasnio se da je zadovoljno radnim uvjetima. Zasigurno, razina zadovoljstva radnim uvjetima bila bi još veća i ako bi se vatrogascima omogućile dodatne edukacije uz stjecanje novih znanja i vještina o gašenju požara na električnom vozilu.

ZAKLJUČAK

Svako električno vozilo ima ugrađenu bateriju, a vrsta baterije ovisi o vrsti vozila. Baterija u električnom vozilu ima niz kemijskih elemenata i stoga predstavlja iznimnu opasnost pri nastanku požara. Prometna nesreća i samozapaljenje baterije su dva najočekivanija scenarija pri požaru baterije u električnom vozilu. Uobičajeno, pri dojavu da je došlo do zapaljenja električnog vozila poduzima se ofanzivan i defanzivan pristup u gašenju požara. Treba sve više raditi na razvijanju odgovarajućeg pristupa jer postoje indicije da će do 2030. godine biti sve manje vozila s unutarnjim izgaranjem, a sve više električnih vozila. Među stručnim i znanstvenim krugovima sve više se prepoznaje i diskutira o pitanjima po kojim protokolima ili postupcima treba djelovati tijekom nastanka požara. Isto tako, istraživanje iz ovog rada nastoji pridonjeti kvaliteti diskusije o protokolima i postupcima, prvenstveno iz razloga jer su ispitanici pokazali slabo znanje o baterijama i vodu smatraju sredstvom za gašenje. Jedan od postupaka u gašenju požara na bateriji jest samo ostaviti vozilo da izgori. Rezultati istraživanja ukazali su na značajan manjak edukacija za vatrogasce na temu gašenja požara na električnom vozilu i istovremeno povećanje broja intervencija na požarima električnih vozila (podaci HVZ). Vatrogasci smatraju da je jedan od najboljih načina učenja i stjecanja znanja i vještina o gašenju požara na električnim vozilima direktna suradnja s proizvođačima električnih vozila. Vatrogasci su veoma zadovoljni svojim radnim mjestom te se uvođenjem dobrih i kvalitetnih edukacija o gašenju požara na električnim vozilima može dodatno povećati njihovo zadovoljstvo. Zasigurno, osnaženi i ohrabreni vatrogasci odradit će svoje zadaće kvalitetno i veoma profesionalno.

PRILOG**Tablica 1. Anketni upitnik****Table 1. The survey questionnaire**

1. Spol	a) muški	b) ženski
2. Dob Manje od 20 godina 21-30 godina 31-40 godina 41-50 51-60 60 i više	3. Stupanj obrazovanja SSS VSS VŠŠ Magisterij	
4. Županija iz koje dolazite (navedite)	5. Radno mjesto (navedite)	
6. Duljina radnog staža 0-5 6-10 11-15 16-20 20-30 30 i više	7. Broj stručnih usavršavanja unutar Vaše postrojbe u jednoj radnoj godini 0 1-5 5-10 10-15 15 i više	
8. Broj stručnih usavršavanja unutar Vaše postrojbe u jednoj radnoj godini, o baterijama na električnim vozilima te gašenjima požara na bateriji 0 1-5 5-10 10-15 15 i više	9. Učestalost intervencija u gašenju požara u zadnjih šest mjeseci (kuća, vozila, zgrade i ostalo) 0-5 6-10 11-20 21-30 30 i više intervencija	
10. Zadovoljstvo radnim uvjetima na Vašem radnom mjestu 1. Uopće nisam zadovoljan/na 2. Nisam zadovoljan/na 3. Niti sam zadovoljan/na niti nezadovoljan/na 4. Zadovoljan/na 5. Iznimno sam zadovoljan/na	11. Upoznati ste s funkcioniranjem pokretanja, vožnje i gašenja električnih vozila 1. Da 2. Djelomično 3. Ne	
12. Imali ste priliku gasiti požar na električnim vozilima		
1. da 2. ne		

SVOJSTVA I FUNKCIJE BATERIJE U ELEKTRIČNOM VOZILU

Koju vrstu baterija poznajete te ste imali doticaj u radu? (Olovo Kiselina; Nikal Kadmij, Litij Ionska, Nikal Metal Hidrid, Litij Polimer i novo - ZEBRA baterije)
Nisam uopće upoznat/a niti s jednom od navedenih vrsta baterija
Nisam upoznat/a niti s jednom od navedenih vrsta
Niti poznajem niti ne poznajem navedene vrste baterija
Upoznat/a sam s navedenim vrstama
U potpunosti sam upoznat/a s navedenim vrstama baterija
Dotatno, navedite vrstu baterije koju poznajete

Označite najbitnije funkcije BMS-a
Balansiranje punjenja, kako bi se osiguralo da svi baterijski članci dovrše punjenje u isto vrijeme
Aktivno balansiranje, u kojem se energija prenosi s „jačih“ članka na slabije
Praćenje temperature
Niskonaponski prekid
Nadgledanje stanja napunjenosti (SOC) svih akumulatorskih ćelija
Praćenje temperature

Prema Vašem stupnju znanja i mišljenju, najčešći razlog nastanka požara u električnim vozilima je
Zapaljenje baterije zbog oštećenja
Loš ili neispravan softver (prejako punjenje baterije)
Neispravna baterija
Pregrijavanje baterije
Neodgovarajuće punjenje vozila
Navedite drugo

POSTUPCI I SREDSTVA ZA GAŠENJE POŽARA NA BATERIJAMA U EL. VOZILIMA

Molim Vas da zaokružite čimbenike o kojima ovisi gašenje požara električnih vozila
Veličina i lokacija baterije
Jačina vatre unutar baterije
Pristup i sposobnost sredstva za gašenje koji se primjenjuje za gašenje baterija
Protok vode na mlazu
Potencijalni otvori na kućištu baterija koji omogućuju unos sredstava za gašenje
Veličina vozila
Protok vode na mlazu
Ostalo

Molim Vas da zaokružite rizike pri gašenju požara električnog vozila
Rizik od strujnog udara
Toksični rizik
Toplinski rizik
Mehanički rizik
Ostali rizici

Molim Vas da zaokružite sredstvo za gašenje požara na električnim vozilima (mogućnost odabira više odgovora)
Pjena
Voda
Prah
Ugljični dioksid
F 500
Firesorb
Ostaviti auto da sam izgori (ako to dopuste okolinski uvjeti)
Ostaviti auto da sam izgori (bez obzira na okolinske uvjete)
Ostalo, navedite što _____

POBOLJŠANJA U POSTUPCIMA GAŠENJA POŽARA

Molim Vas da zaokružite čimbenike koji značajno pridonose boljoj edukaciji vatrogasaca o gašenju baterija u električnim vozilima
Suradnja s proizvođačima
Simulacija gašenja baterija te snimanje istog
Stručna usavršavanja svih vatrogasaca o gašenju baterije u električnom vozilu
Upotreba sigurnosnih i zaštitnih elemenata
Ujednačavanje istih načina označavanja u postupcima gašenja
Knjižnica s uputama za postupak gašenja požara u digitalnom formatu

LITERATURA

Anderson, L.: ISO 17840: Standardized Emergency Response Guides Save Time And Lives. *The Big Red Guide*. 2022. Dostupno na: <https://www.thebigredguide.com/insights/iso-17840-standardized-emergency-response-guides.1677560063.html>, Pristupljeno: 20.10.2022.

CSA Groups: ISO 17840-3:2019 - Road vehicles -- Information for first and second responders -- Part 3: Emergency response guide template. 2023. Dostupno na: https://www.csagroup.org/store/product/iso_067353/. Pristupljeno: 20.10.2022.

Castelvecchi, D.: Electric cars and batteries: how will the world produce enough, *Nature*, 596, 2021., 7872, 336-339.

Centar za vozila Hrvatske. *Statistika*. 2022. Dostupno na: <https://www.cvh.hr/gradani/tehnicki-pregled/statistika/> Pristupljeno: 20.10.2022.

HVZ: Izvješća. 2022. Dostupno na : <https://hvz.gov.hr/vijesti/8?page=1&tag=-1&tip=63>, pristupljeno: 20.10.2022.

HVZ: *Stručna usavršavanja*. 2022. Dostupno na: <https://hvz.gov.hr/osposobljavanje/1917>

GlobalData: 2022. *Batteries – Thematic Research*. <https://www.globaldata.com/store/report/batteries-theme-analysis/>. Pristupljeno: 20.10.2022.

Huang, X., Nakamura, Y.: A Review of Fundamental Combustion Phenomena in Wire Fires, *Fire Technology*, 56, 2020., 315–360. Doi:10.1007/s10694-019-00918-5

O'Sullivan, T. M., Bingham, C. M., Clark, R. E.: Zebra battery technologies for all electric smart car *SPEEDAM*, 2006., IEEE Xplore

NHTSA: *Battery Safety Initiative*. 2022. Dostupno na: <https://www.nhtsa.gov/battery-safety-initiative>. Pristupljeno: 2.11.2022.

NISSAN Vehicles: 2022. <https://www.nissanusa.com/> Pristupljeno: 30.3.2023

Sun, P., Bisschop, R., Niu, H., Huang, X.: A Review of Battery Fires in Electric Vehicles, *Fire Technology*, 56, 2020., Invited Review

Šipuš, M.: Gašenje požara električnih automobila, *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, 8, 2018., 1-2, 45-57.

The Home Office, Road vehicle fires dataset, August 2019, UK 2019. Dostupno na: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/fire-statistics-incident-level-datasets>. Pristupljeno: 20.10.2022.

Zakon o vatrogastvu, N.N., br. 125/19., 114/22.

Zelenika, R.: *Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela*, IQ Plus d.o.o, Kastav, 2016.

Zdenković: *LFP baterije – što treba znati prije nego ih krenete koristiti (1. dio)*. Korak.hr. 2021. Dostupno na: <https://korak.com.hr/lfp-baterije-sto- treba-znati-prije-nego-ih-krenete-koristiti-1-dio/> Pristupljeno: 20.10.2022.

Ziegler, M., Trancik, J.: Re-examining rates of lithium-ion battery technology improvement and cost decline, *Energy & Environmental Science*, 14, 2021., 4, 1635-1651.

STUDY OF FIRE EXTINGUISHING METHODS ON ELECTRIC VEHICLES

SUMMARY: Fire extinguishing in the case of electric vehicles constitutes a considerable problem due to the lithium-ion battery built into such vehicles for which no suitable strategy of fire extinguishing has yet been developed. Using a closed-type questionnaire, a study was conducted to determine the level of knowledge on how to extinguish a fire on an electric vehicle. The questionnaire constituted 19 questions, from general to those on the properties and functions of the battery in electric vehicles, as well as questions on the procedures and means for fire extinguishing. The results have shown that firefighters have only a limited knowledge of how to deal with a fire on electric vehicles, meaning that special training is needed on these matters. Guided by the opinions of the subjects in the study, the best form of co-operation is directly with the manufacturers of electric vehicles.

Key words: *battery, electric vehicle, firefighters, training, questionnaire*

Original scientific paper

Received: 2022-11-15

Accepted: 2023-05-05