

# Održivost sanitetskog prijevoza i mogućnosti implementacije električnih vozila

## Sustainability of medical transport and the feasibility of electric vehicle implementation

Mario Sambolec<sup>1</sup>, Marija Zver Sambolec<sup>2</sup>

1 Mario Sambolec, mag. med. techn., specijalist u djelatnosti hitne medicine, Žarovnica 154 A, 42 250 Lepoglava

2 Marija Zver Sambolec, student Menadžmenta uredskog poslovanja, Žarovnica 154 A, 42 250 Lepoglava; e-mail: marijazvr@gmail.com; tel. +385 99 575 4844

### Sažetak

**Uvod:** U posljednjih nekoliko godina sve se češće spominje pojam održivosti u svim sektorima, pa tako i u zdravstvu. Sanitetski prijevoz u Republici Hrvatskoj bilježi stalan porast zahtjeva i prijeđenih kilometara, što izravno povećava zagađenje dizelskim motorima. Cilj je ovog rada prikazati kako se principi održivog poslovanja, odnosno uvođenje hibridnih i električnih sanitetskih vozila, mogu primijeniti u praksi tako da sustav i dalje dobro funkcionira, a da pritom smanjuje troškove i opterećenje na okoliš.

**Metode:** U radu je korištena relevantna domaća i strana literatura dostupna u elektroničkom i tiskanom obliku, s naglaskom na znanstvene baze podataka i službene statističke podatke. Svi prikupljeni podaci obrađeni su deskriptivno i sintetizirani su kvalitativnom analizom sadržaja bez primjene statističkih metoda.

**Rezultati:** Logistička analiza eHitne potvrđuje visoko energetske opterećenje u kojem dizelsko gorivo čini 75 % ukupne potrošnje. Transicija na električna vozila odmah je operativno izvediva na predvidljivim rutama poput dijalize i patnažne službe, što dugoročno smanjuje troškove i buku. Glavni izazovi uključuju ograničen domet baterije pod utjecajem medicinske opreme te nedostatak brzih punionica u bolnicama.

**Rasprava:** Uvođenje električnih vozila zahtijeva edukaciju osoblja o eko-vožnji i uklanjanje internih otpora kako bi se postigle optimalne uštede. Dok se uspješni europski i regionalni primjeri koriste kohezijskim fondovima i jasnim strategijama, u Hrvatskoj transformaciju koči nedostatak institucionalnog okvira i smjernica. Ključ rješenja predstavlja uvođenje obveznih „Zelenih planova“ i sustavno praćenje emisija putem sufinanciranja iz EU fondova.

**Zaključak:** Postoje brojne prednosti uvođenja električnih vozila u sanitetski prijevoz te je u Republici Hrvatskoj moguća njihova implementacija uz reorganizaciju transporta, edukaciju kadrova i nadopunu infrastrukture punionica. Zbog prisutnih tehničkih prepreka i zahtjevnosti opreme u hitnoj službi, ispitivanje funkcionalnosti i uvođenje električnih sanitetskih vozila prvenstveno treba započeti u sanitetskom prijevozu, i to na stalnim i predvidljivim rutama, kao što je prijevoz pacijenata na dijalizu.

**Ključne riječi:** sanitetski prijevoz, električna vozila, održivost u sanitetskom prijevozu, ekologija, električna sanitetska vozila

**Kratak naslov:** Sanitetski prijevoz električnim vozilima

### Abstract

**Introduction:** In recent years, the concept of sustainability has been increasingly mentioned in all sectors, including healthcare. Medical transport in the Republic of Croatia is recording a steady increase in requests and mileage, which directly increases environmental pollution caused by diesel engines. This paper aims to demonstrate how the principles of sustainable business, specifically the introduction of hybrid and electric medical vehicles, can be applied in practice in a way that allows the system to continue functioning effectively while reducing costs and environmental impact.

**Methods:** The paper was prepared using relevant domestic and foreign literature available in electronic and printed formats, with an emphasis on scientific databases and operational statistical data. All collected data were processed descriptively and synthesized through qualitative content analysis, without the application of statistical methods.

**Results:** Logistics analysis confirms a high energy burden, with diesel fuel accounting for 75% of total consumption. Transitioning to electric vehicles is immediately feasible on predictable routes such as dialysis and community nursing, lowering long-term costs and noise. Main challenges include limited battery range under the load of medical equipment and a lack of fast chargers at hospitals. Discussion: Implementing electric vehicles requires staff education on eco-driving and overcoming internal resistance to achieve optimal savings. While successful European and regional examples utilize cohesion funds and clear strategies, transition in Croatia is hindered by a lack of institutional frameworks. The solution lies in mandatory “Green Plans” and systemic emission tracking co-funded by EU funds.

**Conclusion:** There are numerous benefits to introducing electric vehicles into medical transport, and their implementation in the Republic of Croatia is feasible with transport reorganization, staff education, and the expansion of charging infrastructure. Due to the existing technical obstacles and the demanding equipment requirements in emergency services, testing the functionality and introducing electric medical vehicles should primarily begin within non-emergency medical transport, specifically for predictable, routine transports along a designated route, such as transporting patients for dialysis.

**Keywords:** medical transport, electric vehicles, sustainability in medical transport, ecology, electric ambulances.

**Short title:** Medical transport by electric vehicles

Primljeno / Received March 28<sup>th</sup> 2026 / 28. ožujka 2026.;

Prihvaćeno / Accepted June 18<sup>th</sup> 2026 / 18. lipnja 2026.;

**Autor za korespondenciju/Corresponding author:** Mario Sambolec, mag. med. techn., specijalist u djelatnosti hitne medicine, Žarovnica 154 A, 42 250 Lepoglava; e-mail: mario.sambolec@gmail.com; tel. +385 99 195 1871

## Uvod

Sanitetski prijevoz jest prijevoz u zdravstvenu ustanovu ili iz nje, odnosno ordinacije ugovornog zdravstvenog radnika, u svrhu pružanja zdravstvenih usluga vozilom posebno opremljenim medicinskom i ostalom opremom za siguran prijevoz bolesnika. Pravo na sanitetski prijevoz ima svaka osoba u Republici Hrvatskoj s obveznim zdravstvenim osiguranjem koja je nepokretna, teško pokretna i kojoj zbog prirode bolesti nije preporučeno samostalno kretanje [1]. U posljednjih nekoliko godina sve se češće spominje pojam održivosti u svim sektorima, pa tako i u zdravstvu. Zdravstveni sektor na globalnoj razini značajno opterećuje okoliš i doprinosi s približno 4,4 % ukupnih svjetskih neto emisija stakleničkih plinova [2]. Unutar tog sustava, usluge sanitetskog i hitnog prijevoza prepoznate su kao izrazito energetski intenzivne djelatnosti. Istraživanja pokazuju da čak oko 75 % ukupne potrošnje energije u tim službama otpada isključivo na pogonsko gorivo vozila [2]. Tradicionalni vozni park, primarno oslonjen na dizelske motore, ne samo da ispušta velike količine ugljičnog dioksida već zbog emisije kancerogenih čestica izravno narušava kvalitetu zraka i javno zdravlje [3]. U tom kontekstu, implementacija električnih vozila otvara nove mogućnosti za tranziciju prema nisko-ugljičnom gospodarstvu. Uvođenje vozila s nultom emisijom, u kombinaciji s naprednim sustavima upravljanja baterijama i alternativnim izvorima energije poput solarnih panela, postavlja se kao ključan korak prema postizanju ekološke i ekonomske održivosti sanitetskog prijevoza.

Cilj je ovog rada analizirati sadašnje stanje održivosti u sektoru sanitetskog prijevoza te istražiti izazove koje donosi implementacija električnih vozila u svakodnevnu praksu.

## Materijali i metode rada

Ovaj je rad izrađen kao stručni rad, a metodološki pristup temelji se na sustavnom pregledu i deskriptivnoj analizi relevantne domaće i strane znanstvene i stručne literature. Cilj primijenjene metodologije bio je osigurati maksimalnu objektivnost, relevantnost i preglednost prikupljenih informacija.

Pretraživanje literature provedeno je u razdoblju od prosinca 2025. godine do svibnja 2026. godine. Obuhvaćeni su izvori dostupni u elektroničkom i tiskanom obliku, s naglaskom na recenzirane znanstvene radove, stručne studije, zakonske akte i službena izvješća. Za prikupljanje izvora korištene su znanstvene i stručne baze podataka: Google Scholar, Hrčak (Portal znanstvenih časopisa Republike Hrvatske) i PubMed; službene i institucionalne web-stranice: Portal eHitna, Ministarstvo zdravstva Republike Hrvatske, Narodne novine, Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) te relevantna izvješća zdravstvenih sustava o održivosti (poput *NHS Green Plans*).

Pretraživanje je izvršeno kombinacijom ključnih riječi na hrvatskom i engleskom jeziku. Korišteni su sljedeći pojmovi: sanitetski prijevoz, hitna medicinska pomoć, održivost, električna vozila, *ambulance service*, *sustainability*, *electric ambulance*, *electric vehicles*.

Kriteriji za uključivanje literature u rad bili su: radovi indeksirani u relevantnim bazama, službena izvješća i zakonski okviri koji izravno obrađuju tehničke, ekonomske ili ekološke aspekte održivosti u zdravstvenom i transportnom sektoru. S obzirom na prirodu rada, svi prikupljeni podaci obrađeni su deskriptivno (kvalitativnom analizom sadržaja), bez primjene naprednih statističkih metoda. Podaci su sintetizirani i strukturirani kroz tematske cjeline koje obuhvaćaju teorijski okvir održivosti, tehničko-ekonomske izazove klasičnih vozila te mogućnosti implementacije električnih vozila u sustav sanitetskog prijevoza.

## Rezultati

Sustavnim pregledom odabrane literature, zakonskih akata i operativnih pokazatelja identificirani su ključni parametri opterećenja sustava sanitetskog prijevoza te stvarni potencijali za implementaciju električnih vozila u zdravstveni sustav [1, 3].

Prvi dio rezultata odnosi se na kvantifikaciju trenutnog energetskog i ekološkog opterećenja koje je zorno ilustrirano podacima iz sustava eHitne Varaždinske županije. U promatranom tromjesečnom razdoblju od rujna do studenog 2025. godine, vozila sanitetskog prijevoza u ovoj teritorijalno manjoj županiji prešla su ukupno 146 297 kilometara. Ovako velika kilometraža popraćena je stalnim petogodišnjim rastom broja zahtjeva za sanitetskim prijevozom za više od 15 %. Analiza energetske potrošnje u ovim službama otkriva da čak 75 % ukupne potrošnje energije otpada isključivo na pogonsko dizelsko gorivo konvencionalnih vozila, što potvrđuje da trenutni model stvara izrazito visok pritisak na okoliš i javno zdravlje kroz emisiju štetnih plinova i čestica [4].

Drugi ključan rezultat istraživanja odnosi se na preciznu identifikaciju zdravstvenih djelatnosti unutar kojih je tranzicija na električni pogon odmah operativno izvediva. Rezultati analize logističkih profila pokazuju da uvođenje električnih vozila ima najveći potencijal uspješnosti na predvidljivim, stalnim i unaprijed strukturiranim rutama. To se prvenstveno odnosi na Transporte kroničnih pacijenata koji redovito odlaze na dijalizu ili specifične dijagnostičko-terapijske postupke jer se poznatom kilometražom uklanja operativna sumnja u dostatnost kapaciteta baterije. Osim klasičnog sanitetskog prijevoza, analiza postojećeg voznog parka pokazuje da je prelazak na električna vozila u potpunosti moguć i unutar djelatnosti patронаžne službe, palijativne skrbi, mobilnih ambulantnih jedinica, njege u kući te laboratorijske logistike koja obuhvaća svakodnevni stacionarni transport uzoraka između zdravstvenih ustanova [1, 3].

Treći segment rezultata obuhvaća sintezu ekonomskih, tehničkih i humanih čimbenika koji prate uvođenje ove tehnologije u zdravstvo. S ekonomske strane, utvrđeno je da električna vozila, unatoč visokim početnim kapitalnim troškovima nabave, dugoročno donose znatno niže operativne troškove zbog jeftinije električne energije i jednostavnijeg održavanja koje isključuje redovite izmjene ulja, filtera ili popravke složenih ispušnih sustava. S tehničke i humane strane, prednosti se vide u nultoj stopi lokalnih emisija stakleničkih plinova, trenutačnom razvijanju maksimalnog

okretnog momenta za glatko ubrzanje te nečujnom radu motora koji stvara tiše i mirnije okruženje za pacijente i medicinsko osoblje. Kao specifična prednost u izvanrednim situacijama ističe se mogućnost korištenja pogonskih baterija kao mobilnih izvora energije za kritično napajanje medicinske i komunikacijske opreme na terenu [2, 3].

Unatoč navedenim prednostima, rezultati analize literature jasno izdvajaju i tri glavne skupine operativnih izazova. Prvi izazov predstavlja skraćeni autonomni domet baterije u usporedbi s dizelskim motorima, što zahtijeva strogo logističko planiranje. Drugi izazov predstavlja visoka potrošnja električne energije medicinske opreme u vozilu, poput defibrilatora, aspiratora i perfuzora, što dodatno opterećuje primarnu bateriju i zahtijeva ugradnju odvojenih sustava upravljanja energijom. Treći, ujedno i najveći izazov, jest akutni nedostatak javne infrastrukture te potreba za ciljanim ulaganjem u mreže brzih punionica unutar sjedišta sanitetskih službi i bolničkih centara kako bi se vozila mogla nesmetano puniti između radnih smjena ili tijekom odmora osoblja [3, 5].

## Rasprava

U kontekstu zelene logistike, uvođenje električnih vozila predstavlja tehnološko rješenje, no sama tehnologija bit će neučinkovita bez odgovarajućeg upravljanja ljudskim resursima i organizacijskim ponašanjem. Jedan od temeljnih preduvjeta za održivost u službama hitne pomoći i sanitetskog prijevoza jest prevladavanje internih otpora osoblja. Trofaznim su istraživanjem identificirane tri različite skupine zaposlenika: proaktivni pojedinci, zatim oni koji imaju pozitivan stav prema održivosti, ali im nedostaju resursi i podrška, te treća skupina koja pruža aktivan otpor promjenama navika. U sustavu sanitetskog prijevoza u Republici Hrvatskoj, ovaj se „ljudski faktor“ izravno očituje na dva načina. Prvo, putem edukacije liječnika koji moraju točno procijeniti i indicirati stvarnu potrebu za sanitetskim prijevozom kako bi se eliminirala nepotrebna putovanja. Drugi način uključuje edukaciju vozačkog osoblja o eko-vožnji i pravilnom upravljanju energetske resursima u vozilu. Bez jasnih smjernica menadžmenta i stvaranja organizacijske kulture „zelenog zdravstva“, nabava električnih vozila neće rezultirati optimalnim uštedama [3]. Sanitetska vozila imaju jedinstven operativni profil koji ih razlikuje od standardne komercijalne logistike. Prema dostupnim podacima u cestovnom prometu Republike Hrvatske dizelsko se gorivo koristi dvostruko više nego benzin, a ukupna potrošnja goriva u prometu zabilježila je znatan porast unutar posljednja tri desetljeća. Budući da su sanitetski vozni parkovi u Hrvatskoj uglavnom dizelski i prosječno stari, oni izravno generiraju visoke lokalne emisije štetnih plinova. Emisije dizelskih čestica narušavaju javno zdravlje i povećavaju stopu morbiditeta, što posljedično povećava potražnju za sanitetskim prijevozom. S tehničke strane, dekarbonizacija ovog sektora zahtijeva prelazak na električna vozila s nultom emisijom [6]. No, u raspravu je potrebno uvesti i tranzicijska rješenja koja se spominju u recentnoj literaturi. Hibridna vozila pokazala su se vrlo uspješnima kod vozila za brzi odziv, dok se za velika sanitetska vozila testiraju alternativna rješenja poput solarnih panela na krovovima i metanolskih

gorivnih ćelija koje služe isključivo za napajanje medicinske opreme bez potrebe za radom glavnog dizelskog motora. S druge strane, analize neuspješnih regionalnih eksperimenata s prilagodbom vozila na biodizel pokazuju da su takvi sustavi zahtijevali dvostruko veće troškove održavanja, što dokazuje da alternativna biogoriva prve generacije nisu financijski i operativno održiva za kritične javne službe. To dodatno usmjerava fokus na potpunu elektrifikaciju i uvođenje baterijskih električnih vozila kao jedinu dugoročno održivu opciju [5]. Najveći operativni izazov za implementaciju električnih vozila u sanitetski prijevoz u Hrvatskoj nije tehnologija, već nedostatak institucionalnog i strateškog okvira. U Republici Hrvatskoj ne postoji zakonska definicija koncepta *Planova održive urbane mobilnosti* (SUMP), ne postoje nacionalne smjernice za njihovu izradu niti su oni povezani s nacionalnim izvorima financiranja. Javna participacija i tehnički kapaciteti za ovakve transformacije unutar domaćeg zdravstvenog i transportnog sustava izrazito su ograničeni. Nasuprot tomu, Republika Slovenija putem kohezijskih fondova i jasne strategije nadležnih ministarstava stvorila je „Nacionalnu platformu za održivu mobilnost“. Gradovi u okruženju implementirali su konkretne mjere: besplatni električni lokalni prijevoz, uvođenje zelenih javnih nabava za gradske vozne parkove i napredne sustave e-karata. U Hrvatskoj se kao izolirani pozitivan primjer ističe program zajedničkog korištenja urbanih električnih vozila u pojedinim jedinicama lokalne samouprave koje teže zonama s nultom emisijom CO<sub>2</sub> [6]. Iz ove komparativne analize proizlazi ključan zaključak za dekarbonizaciju sanitetskog prijevoza u Republici Hrvatskoj: pojedinačne inicijative domova zdravlja ili bolnica ne mogu uspjeti same. Potrebno je uvesti obvezne institucionalne „Zelene planove“ kao standardni alat upravljanja. Ti planovi moraju zakonski obvezati zdravstvene ustanove na sustavno praćenje emisija iz svojih voznih parkova te definirati jasne kvote za nabavu isključivo električnih ili hibridnih sanitetskih vozila, uz osigurano sufinanciranje kroz fondove Europske unije [2, 6, 7].

## Primjeri dobre prakse

Tradicionalna su dizelska vozila učinkovita i brza, ali s rastućom globalnom svjesnošću o klimatskim promjenama i potrebom za smanjenjem zagađenja, industrija hitnih službi doživljava značajnu transformaciju te će s vremenom na scenu stupiti električna sanitetska vozila. Glavni je pokretač ove promjene imperativ smanjenja emisije stakleničkih plinova. Prelaskom na električni pogon, sanitetski će prijevozi postati „zeleni“, doprinoseći pritom čistijem zraku i zdravlju okoliša [4]. Ovakva ekološka prednost neće biti samo dobar marketinško-politički trik nego će postati i dio moderne i odgovorne javne usluge.

U inozemstvu, proizvođači poput Mercedes-Benz-a s modelima eSprinter i eVito već aktivno surađuju s tvrtkama koje se bave preradom vozila hitne pomoći i sanitetskog prijevoza. Ove prilagođene verzije opremljene su potrebnom medicinskom opremom koja zadovoljava stroge europske standarde poput HRN EN 1789 [8].

Primjeri iz Nizozemske i Skandinavije pokazuju da električna sanitetska vozila u gradovima dobro funkcioniraju, dok se u ruralnim dijelovima kombiniraju hibridu i bolje plani-

ranje. Najveći je naglasak na informatičkom sustavu koji prati sve vožnje i automatizirano predlaže rute. Ekološki je učinak značajan – niže emisije, manje trošenje vozila i bolja organizacija smjena [11].

Nekoliko gradova i pružatelja hitnih usluga već je počelo uključivati električne automobile u svoje vozne parkove s pozitivnim rezultatima. Na primjer, londonska vatrogasna postrojba koristi se električnim automobilima za angažman u zajednici i za dužnosti koje nisu hitne, kao što su posjeti i preventivne sigurnosne preglede kućanstava. Upotreba električnih vozila ne samo da je smanjila emisije i onečišćenje bukom već je također stvorila pozitivne povratne informacije lokalne zajednice [12].

U listopadu 2020. godine engleski se zdravstveni sustav prvi na svijetu obvezao na postizanje neto nulte emisije, postavivši cilj potpunog očuvanja okoliša do 2040. godine. Prvo namjenski izgrađeno, potpuno električno vozilo hitne pomoći za odgovor na hitne pozive krenulo je na svoje prvo putovanje iz londonske službe hitne pomoći na Staru godinu 2023. Novo vozilo hitne pomoći smanjuje operativne troškove goriva i održavanja, a ujedno poboljšava kvalitetu zraka za stanovnike Londona kako bi se smanjila prevalencija glavnih bolesti u glavnom gradu. Povratna informacija o korištenju električnih vozila kreće se u pozitivnom smjeru, koliko za pružanje zdravstvene skrbi, toliko i za značajno očuvanje okoliša [9].

Britanska tvrtka BLS (*Blue Light Services*) specijalizirana je za konverziju vozila u hitna i sanitetska vozila uključujući i električne modele temeljene na Renault platformi. U 2025. godini istoimena je tvrtka plasirala i isporučila prvu seriju električnih sanitetskih i hitnih vozila. Najviše se električna vozila koriste u transportu pacijenata koji ne zahtijevaju hitnu skrb. U Hrvatskoj je to zapravo klasičan sanitetski prijevoz. Povratna informacija koju korisnici upućuju tvrtki električnih vozila više je nego zadovoljavajuća i kreće se u pozitivnom smjeru [9].

### Održivost u sanitetskom prijevozu

Prema dostupnim podacima iz sustava eHitne Varaždinske županije, broj zahtjeva za sanitetski prijevoz u posljednjih pet godina bilježi značajan rast za više od 15 %. Statistički podaci za razdoblje od rujna do studenog 2025. godine pokazuju da su vozila sanitetskog prijevoza u Varaždinskoj županiji prešla ukupno 146 297 kilometara [4]. S obzirom na to da je riječ o periodu od samo tri mjeseca i to u teritorijalno manjoj županiji, ovi podaci jasno zrcale golem energetski i ekološki pritisak na razini cijele države. Za precizan izračun ukupnog ugljičnog otiska i zagađenja u prometnom sektoru nužno je sintetizirati podatke svih županija i Grada Zagreba. Budući da su ti trendovi u stalnom porastu, nužno je poduzeti aktivne mjere smanjenja zagađenja zraka ispušnim plinovima dizelskih motora, što se kratkoročno može postići pravilnom optimizacijom ruta. Međutim, operativni problem u praksi predstavlja činjenica da u većini slučajeva upravljanje sanitetskim logističkim zadacima preuzimaju zdravstveni djelatnici koji nemaju formalnu edukaciju iz područja logistike i upravljanja lancem opskrbe. Nedostatak specifičnih logističkih znanja smanjuje kvalitetu raspodjele sanitetskih transporta i odabira optimalnih ruta.

Implementacija digitalnih sustava za planiranje transporta i upravljanje voznim parkom ključan je korak prema eliminaciji praznih vožnji i smanjenju nepotrebne potrošnje resursa [10]. Uvođenjem naprednih algoritama, kronični i stacionarni transporti (poput pacijenata na dijalizu) mogli bi se povjeriti električnim ili hibridnim vozilima. Budući da su rute, udaljenosti i trajanje tih stalnih transporta unaprijed predvidljivi, uklanja se operativna sumnja u dostatnost kapaciteta baterije. Iako je tehnologija električnih vozila dokazano visoke kvalitete, njihov je autonomni domet i dalje znatno manji u usporedbi s tradicionalnim motorima s unutarnjim izgaranjem, što zahtijeva strogo strukturirano logističko planiranje.

Električni pogon nudi nultu emisiju stakleničkih plinova na mjestu uporabe, smanjenje razine buke te niske operativne troškove održavanja. S tehničke strane, električni motori razvijaju maksimalni okretni moment trenutačno, što omogućuje glatko ubrzanje i visoku odzivnost vozila. U izvanrednim situacijama i prirodnim katastrofama, baterije električnih vozila mogu poslužiti kao mobilni izvori energije za kritično napajanje stacionarne medicinske i komunikacijske opreme na terenu [10]. Unatoč prednostima, stvarna implementacija nailazi na znatne prepreke: visoku kapitalnu cijenu nabave, nedostatak javne infrastrukture punionica te nužnost planiranja ciklusa punjenja između radnih smjena. Rješenje ovog problema zahtijeva ciljano ulaganje u infrastrukturu brzih punionica unutar sjedišta sanitetskih službi te uvođenje obveznih punionica u sklopu bolničkih centara. Sanitetska vozila, uz pogon, troše znatne količine energije za rad kritičnih medicinskih aparata (defibrilatori, aspiratori, perfuzori) i održavanje mikroklima, što izravno opterećuje primarnu bateriju vozila i zahtijeva ugradnju naprednih, odvojenih sustava upravljanja energijom.

Na europskom tržištu proizvođači već nude potpuno električna sanitetska vozila, no njihova konstrukcija mora zadovoljiti stroge zakonske okvire, uključujući i ranije europske smjernice za homologaciju vozila poput Smjernice Vijeća Europe 70/156/EEZ za vozila posebne namjene [8]. Baterijski sustav električnog saniteta mora posjedovati dovoljan kapacitet da izdrži i nepredviđena produljenja rute te vršna opterećenja medicinske opreme, bez rizika od pražnjenja tijekom transporta pacijenta. Elektrifikacija voznog parka stoga zahtijeva istodobno ulaganje u ljudske potencijale – tehničko osoblje mora proći specijalizirane edukacije za održavanje visokonaponskih sustava, a opskrbeni lanac mora jamčiti brzu dostupnost specifičnih zamjenskih dijelova kako bi se smanjilo vrijeme izvan pogona.

Europska unija kroz svoju Strategiju za održivu i pametnu mobilnost te popratne pakete urbanog transporta obvezuje sve javne i zdravstvene službe na postupnu dekarbonizaciju transportnih aktivnosti. Za ostvarenje tih ciljeva na raspolaganju su namjenski europski fondovi i programi potpora (kao što su *LIFE*, *ELENA* i *JESSICA*) koji nude sufinanciranje tranzicije voznih parkova bez izravnog opterećenja lokalnih proračuna [7]. Međutim, u Republici Hrvatskoj izražen je problem niske razine iskoristivosti ovih sredstava, primarno zbog nedostatka tehničkih kapaciteta na lokalnim razinama i neusklađenosti administrativnih procedura [4]. Na nacionalnoj razini, zakonski okvir i smjernice Ministarstva zdravstva i Hrvatskog zavoda za hitnu medicinu

strogo definiraju standarde medicinske opreme i tehničke karakteristike vozila, no unutar njih sve se češće integriraju zahtjevi za troškovnom i procesnom optimizacijom transporta. Iako pojedine zdravstvene ustanove već samostalno provode interne analize potrošnje, za sustavni iskorak prema održivosti nužno je provesti sveobuhvatnu studiju opravdanosti te analizu troškova i dobiti. Takva bi analiza precizno definirala omjere operativne isplativosti i ekološke dobiti te postavila jasan hodogram za sustavnu implementaciju električnih i hibridnih vozila u svakodnevni rad javnog zdravstva.

### Prednosti i izazovi

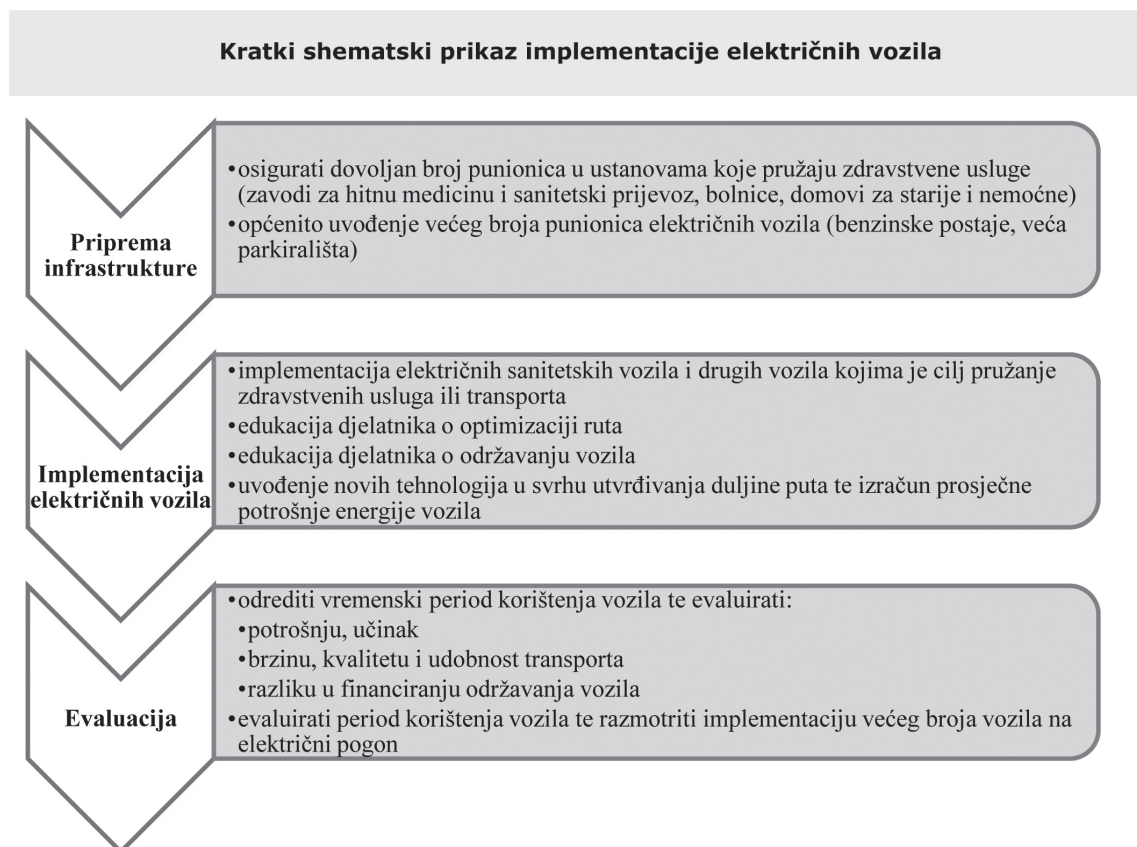
Prednosti električnih sanitetskih vozila ne završavaju s ekologijom. Iako je početni trošak nabave sanitetskog vozila često velik i premašuje cijenu dizelskih, dugoročna je ekonomska računica jasna. Električna vozila imaju znatno niže operativne troškove. Održavanje bi trebalo biti jeftinije jer nema potrebe za redovitim izmjenama ulja, filtara ili popravcima složenih ispušnih sustava, dok je cijena električne energije, u većini slučajeva, znatno niža od cijene dizela. Tiša vožnja, bez trzaja prilikom mijenjanja brzina, često je zanemarena prednost električnih vozila čiji motori rade gotovo nečujno, što stvara mirnije okruženje i za pacijente i za medicinsko osoblje tijekom transporta.

Uz brojne prednosti, valja istaknuti i izazove kad je riječ o električnim sanitetskim vozilima. Najvažniji segment u transportu i korištenju sanitetskih vozila jest domet. Električna bi vozila trebala imati najveći mogući domet, gotovo

jednak dizelskim motorima. Svako vozilo, bilo sanitetsko ili hitne službe, mora biti spremno za intervenciju u bilo kojem trenutku, a „prazna baterija“ u ovom slučaju nije opcija. Standardizirani dometi modernih električnih kombija sve su veći, ali osiguravanje dovoljnog kapaciteta za cjelodnevne smjene, uz stalno uključenu medicinsku opremu koja troši puno energije, ostaje prioritet i izazov. Rješenje može biti jednostavno, odnosno komplicirano u trenutnoj situaciji. Potreban je razvoj veće infrastrukture za punjenje, dostupnost brzih punionica te svaka garaža, odnosno sjedište sanitetskih prijevoza trebala bi imati dovoljan broj punionica da se vozila pune kad nisu u službi, pa čak i za vrijeme odmora. Stanice za brzo punjenje trebale bi biti na ključnim lokacijama s oznakom samo za sanitetska vozila i to u bolničkim centrima, dispečerskim centrima i domovima zdravlja, kao i u stanicama hitne pomoći odnosno sanitetskog prijevoza.

### Zaključak

Provedena analiza održivosti sanitetskog prijevoza jasno ukazuje na to da je zadržavanje postojećeg modela transporta, primarno oslonjenog na zastarjela vozila s dizelskim motorima, dugoročno ekološki i ekonomski neodrživo. Kontinuirani rast zahtjeva za sanitetskim prijevozom, koji je zorno ilustriran porastom većim od 15 % u sustavu eHitne Varaždinske županije te prijedjenih više od 146 000 kilometara u samo tri mjeseca na razini jedne teritorijalno manje županije, stvara golem pritisak na zdravstveni sustav i okoliš. Kad se ti operativni podaci stave u širi nacionalni kon-



**SLIKA 1.** Kratki shematski prikaz implementacije električnih sanitetskih vozila, autor: M. S.

tekst, u kojem potrošnja dizelskog goriva u cestovnom prometu dramatično raste i dominira nad benzinom, postaje jasno da sektor saniteta izravno doprinosi narušavanju javnog zdravlja putem emisije štetnih plinova. Zbog toga se optimizacija ruta i uvođenje novih tehnologija više ne mogu promatrati kao opcija, već kao nužna operativna strategija. Implementacija hibridnih i potpuno električnih vozila nudi konkretan odgovor na ove izazove, a njihova primjena u sanitetskom prijevozu ima izrazito visok potencijal uspješnosti, ponajprije na predvidljivim i ponavljajućim rutama kao što su kronični transporti pacijenata na dijalizu ili terapije. Uvođenje ovakvih vozila donosi nultu stopu lokalne emisije stakleničkih plinova, smanjenje zagađenja bukom u urbanim sredinama te dokazano niže operativne troškove održavanja u usporedbi s tradicionalnim motorima. Unatoč tim prednostima, stvarna dekarbonizacija voznog parka u Republici Hrvatskoj suočava se s ozbiljnim tehničkim i infrastrukturnim barijerama. Visoki kapitalni troškovi nabave, akutni nedostatak mreže brzih punionica unutar sjedišta saniteta i bolničkih centara te specifični tehnološki izazovi vezani za kapacitet baterija, koje osim pogona moraju neprekidno napajati zahtjevnu medicinsku opremu i održava-

ti stroge mikroklimatske uvjete, zahtijevaju sustavno planiranje i postupnu tranziciju. Konačno, uspjeh ovog procesa ne ovisi isključivo o nabavi vozila, nego o sveobuhvatnoj transformaciji upravljanja ljudskim potencijalima i regulatornog okvira. Tehnološka rješenja moraju biti praćena formalnom edukacijom zdravstvenog osoblja o logističkom planiranju, osposobljavanjem vozača za eko-vožnju kako bi se eliminirao štetan rad motora u praznom hodu te edukacijom tehničkog osoblja za održavanje visokonaponskih sustava i osiguranjem homologacije u skladu sa Smjernicama Vijeća Europe 70/156/EEZ. Kako bi se prevladao trenutačni institucionalni vakuum u Hrvatskoj, nužno je po uzoru na dobru europsku praksu uvesti obvezne institucionalne „Zelene planove“ te maksimalno iskoristiti dostupne fondove Europske unije, čime bi se osigurala financijska održivost i uspješno realizirao prijelaz prema ekološki odgovornom zdravstvenom sustavu.

**Authors declare no conflict of interest.**

**Nema sukoba interesa.**

## Literatura / References

- [1] Hrvatski zavod za hitnu medicinu. Izvješće o radu sanitetskog prijevoza u Republici Hrvatskoj za 2022. godinu. Zagreb: HZHM; 2023.
- [2] Health Care Without Harm. Health care's climate footprint: How the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action. Reston: HCWH Global Report; 2019.
- [3] Allum P. Investigating opportunities for sustainability behaviours within Paramedic and Ambulance Service practice (doktorska disertacija). Plymouth: University of Plymouth; 2023. Dostupno na: University of Plymouth PEARL Repository.
- [4] eHitna Varaždinska županija. Informacijski sustav hitne medicine i sanitetskog prijevoza: Izvješćaj o tromjesečnoj operativnoj kilometraži i zahtjevima za razdoblje rujan – studeni 2025. Varaždin: Zavod za hitnu medicinu Varaždinske županije, 2026.
- [5] Nawaz A, et al. Strategic integration of electric vehicles in emergency medical services: A simulation-based feasibility study. *Journal of Cleaner Production*. 2021; 290: 125810.
- [6] Gajski I, Topolšek D, Cvahte Ojsteršek T, Sternad M. Evaluating Sustainable Urban Mobility Plans and Low-Emission Zones in Transit Regions. *Promet – Traffic & Transportation*. 2020; 32 (3): 341–352.
- [7] European Commission. Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future. Brussels: European Commission; 2020. Report No.: COM (2020) 789 final.
- [8] Hrvatski zavod za hitnu medicinu. Standard vozila i vanjskog izgleda vozila za obavljanje djelatnosti izvanbolničke hitne medicine. Narodne novine, izdanje NN 12/2025.
- [9] Blue Light Services (BLS). Electric Vehicle Conversions for Non-Emergency Patient Transport Systems. London: BLS Procurement Journal; 2025. Dostupno na: Blue Light Services Official.
- [10] Pei Huang, Abadi Kidanemariam, Lars-Henrik Bjornsson. Transforming electric vehicles into mobile power sources: technical performance evaluation of the electric vehicle based virtual electricity network (EVEN) solution for improving the power supply resilience, *Sustainable Cities and Society*. 2025, 106477, ISSN 2210-6707. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106477>
- [11] Dieleman, Nanne A. and Jagtenberg, Caroline. Electric ambulances: will the need for charging affect response times? 2024. Dostupno na SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4874479> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4874479>
- [12] London Fire Brigade. (2025). Electric Vehicle Charging Infrastructure: Phases 1, 2 and 3 (Report No. LFC-25-070z). Greater London Authority.