

## ***Razvoj storitev V2G v okviru projekta EV4EU: načrtovanje slovenskega demonstracijskega okolja***

Igor Mendek<sup>1</sup>, Anton Kos<sup>2</sup>, Matej Fajgelj<sup>2</sup>, Matjaz Jug<sup>3</sup>, Andreja Smole<sup>4</sup>, Rok Lacko<sup>4</sup>, Matej Zajc<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> – Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, Tržaška 25, 1000 Ljubljana  
[igor.mendek@fe.uni-lj.si](mailto:igor.mendek@fe.uni-lj.si), [matej.zajc@fe.uni-lj.si](mailto:matej.zajc@fe.uni-lj.si)

<sup>2</sup> – Elektro Celje, Vrunčeva ul. 2a, 3000 Celje  
[matej.fajgelj@elektro-celje.si](mailto:matej.fajgelj@elektro-celje.si), [anton.kos@elektro-celje.si](mailto:anton.kos@elektro-celje.si)

<sup>3</sup> – ABB inženiring, d.o.o., Brnčičeva 19G, 1231 Ljubljana - Črnuče  
[matjaz.jug@si.abb.com](mailto:matjaz.jug@si.abb.com)

<sup>4</sup> – Gen-I, d.o.o., Vrbna 17, 8270 Krško  
[rok.lacko@gen-i.si](mailto:rok.lacko@gen-i.si), [andreja.smole@gen-i.si](mailto:andreja.smole@gen-i.si)

**Povzetek** – V juniju 2022 se je pričel projekt Upravljanje električnih vozil za ogljično nevtralnost Evrope (EV4EU). Projekt predlaga strategije upravljanja od spodaj navzgor in na uporabnika osredotočene tehnologije V2X (Vehicle-to-Everything). Strategije upravljanja V2X razvite v okviru projekta EV4EU bodo ustvarile pogoje za množično uporabo EV. Upoštevale bodo, potrebe uporabnikov, vpliv na električna omrežja, vpliv na baterije povezovanje z energetskimi trgi in vpliv na preobrazbo mest. Preizkušene bodo v štirih praktičnih demonstratorjih (Slovenija, Portugalska, Danska in Grčija), kar bo omogočilo evalvacijo predlaganih metod in orodij, opredelitev ustreznih pogojev implementacije in konsolidacijo najbolj obetavnih rešitev in poslovnih modelov. V prvih mesecih projekta je bila opravljena revizija obstoječega stanja na področju e-mobilnosti. Na podlagi teh podatkov so bili izgrajeni modeli za projekcijo števila električnih vozil do leta 2050. Vzporedno s tem so bila pregledana področja zakonodaje, standardov, potreb uporabnikov in poslovnega vidika e-mobilnosti ter tehnologij V2X in V2G. Razviti so bili poslovni modeli in poslovni primeri uporabe, ki temeljijo na V2X tehnologijah. Ti bodo preizkušeni v praktičnih poligonih ter izpopolnjeni z ugotovitvami testiranj.

**Ključne besede:** *Električna vozila, električna mobilnost, V2X, V2G, virtualne elektrarne, poslovni modeli, poslovni primeri uporabe, sistemske storitve.*

## ***Development of V2G services within the EV4EU project: planning of the Slovenian demonstrator***

**Abstract** – In June 2022, the Electric Vehicles Management for carbon neutrality in Europe (EV4EU) project was launched. The project will propose and implement bottom-up and user-centred V2X (Vehicle-to-Everything) management strategies. The V2X management strategies developed within the EV4EU project will set the stage for mass deployment of electric vehicles. They will consider the needs of users, the impact on electricity grids, the impact on batteries, the connection to energy markets and the impact on urban transformation. Strategies will be tested in four demonstrators (Slovenia, Portugal, Denmark, and Greece). This will allow the evaluation of the proposed methodologies and tools, the definition of appropriate implementation conditions and the consolidation of the most promising solutions and business models. In the first months of the project, an inventory of the existing situation in the field of e-mobility was conducted. Based on this data, models were created to predict the number of electric vehicles by 2050. In parallel, legislation, standards, user needs, the business aspect of e-mobility and V2X and V2G technologies were investigated. Business models and business use cases based on V2X technology were developed. They will be tested in practical demonstrators and refined with the test results.

**Keywords:** *Electric vehicles, electric mobility, V2X, V2G, virtual power plant, business models, business use cases, ancillary services.*

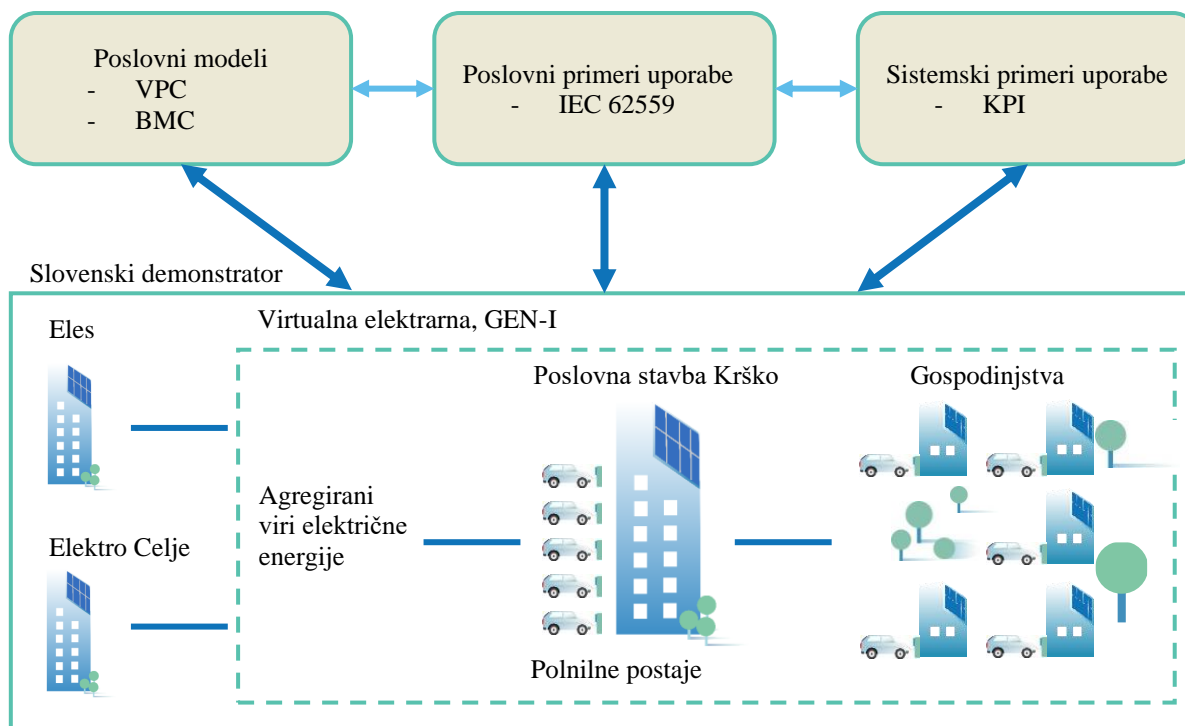
## 1 UVOD

V juniju 2022 se je pričel projekt Upravljanje električnih vozil za ogljično nevtralnost Evrope (EV4EU), v katerem sodelujemo slovenski partnerji. Projekt bo predlagal in izvajal strategije upravljanja od spodaj navzgor in na uporabnika osredotočene tehnologije V2X (Vehicle-to-Everything).

V2X je komunikacija med vozilom in katerim koli subjektom, ki lahko vpliva ali na katerega vpliva vozilo. Področja kjer lahko V2X doprinese so varnost v cestnem prometu, prometna učinkovitost in varčevanje z energijo. Je komunikacijski sistem vozil, ki vključuje druge, bolj specifične vrste komunikacije. Med temi velja posebej izpostaviti V2G (Vehicle-to-Grid) [1]. V2G omogoča vozilom ne le porabo električne energije, temveč tudi oddajanje električne energije v omrežje. Zadovoljevanje povpraševanja po električni energiji v času največjega povpraševanja je veliko dražje kot v drugih obdobjih. Električna iz električnih vozil (EV) je lahko cenejša alternativa. Poleg tega omogoča sodelovanje v sistemskih storitvah, kot je izravnava sistema [2].

V okviru projekta bodo preizkušeni različni pristopi upravljanja V2X. Ocenjena bo njihova izvedljivost in primernost za obstoječe razmere. Vpliv V2X na ravni prenosnega in distribucijskega omrežja bo ocenjen ter predlagane nove storitve, da bi izkoristili prožnost V2X, ublažili vpliv V2X na omrežje ter podprli integracijo V2X z obnovljivimi viri energije (OVE). Razvita bodo orodja in aplikacije za uporabnike EV, ki bodo zagotavljala dragocene informacije o uporabi EV in razpoložljivih energetskih storitvah. Odprta platforma, ki upošteva interoperabilnost, razširljivost, varnost in zahteve glede zasebnosti, bo zagotovila izmenjavo informacij med deležniki in sistemi. Vpliv strategij upravljanja V2X v različnih mestih bo ocenjen s simulacijami, ki upoštevajo različne aspekte, in sicer električno omrežje, omejitve mest (obstoječa parkirna mesta, značilnosti zgradb itd.), vzorce uporabe EV in infrastrukturo upravljanja V2X.

Novo storitve (Green Charging, Sharing Charging in Surge Pricing), novi programi odziva na povpraševanje (Demand Response programs, DR) in pogodbe prožne zmogljivosti (Flexible Capacity Contracts, FCC) bodo razvite s ciljem ustvarjati ugodnosti tudi lastnikom EV in izboljšanju storitev uporabe EV. Predlagan bo regulativni okvir za spodbujanje uvajanja V2X in zagotavljanje varnega in gospodarnega upravljanja električnega omrežja ob velikem prodoru EV. V Sloveniji bodo novo razviti poslovni modeli (business models, BM), na njih razviti poslovni primeri uporabe (business use case, BUC) in sistemski primeri uporabe (system use case, SUC) služili kot vhodni podatki za izvedbo praktičnega testiranja. Na podlagi ugotovitev testiranja bomo sproti nadgrajevali BM, BUC in SUC (Slika 1).



Slika 1: Razvoj poslovnih modelov (BM), poslovnih primerov uporabe (BUC) in sistemskih primerov uporabe za slovenski demonstrator.

## 2 DEFINIRANJE PROBLEMA

V Evropi je prometni sektor odgovoren za 23 % emisij toplogrednih plinov in je v 92 % odvisen od nafte [3]. Od te je kar 84 % uvožene in predstavlja strošek v višini približno 187 milijard evrov na leto [4]. Cestni promet in z njim povezana področja so v fazi prehoda k elektrifikaciji vozil. Dva glavna dejavnika, ki spodbujata to spremembo sta, strogi vladni predpisi o uporabi fosilnih goriv, predvsem iz okoljskih razlogov, in pripravljenost ljudi, da preidejo na bolj trajnostne in okolju prijaznejše načine prevoza. Množična uvedba EV bo pomembno prispevala k doseganju okoljskih ciljev, ki jih je Evropska komisija določila za leto 2050 [5]. Vendar se množična uvedba EV sooča s številnimi izzivi, kot sta zrelost trga, cena, sprejemanje novih tehnologij, infrastruktura in pomanjkanje politik za spodbujanje množične uporabe [6].

Danes glavni proizvajalci avtomobilov ponujajo več modelov vozil z električnimi motorji. Stroški nakupa EV so višji kot pri vozilih z motorjem z notranjim izgorovanjem (ICE), vendar so v večini držav EV cenejša za uporabo kot ICE vozila [7]. V Evropi je bilo leta 2020 registriranih 1,4 milijona EV, kar predstavlja 10 % delež [8]. Trg električnih avtomobilov raste. V Evropi se je prodaja EV leta 2020 v primerjavi z letom 2019 podvojila, vendar je še daleč od pričakovane oziroma začrtane rasti napovedane za naslednja leta.

Sprejemanje s strani uporabnikov je še ena velika ovira za množično uporabo EV. Pomanjkanje zaupanja uporabnikov v tehnologijo EV je lahko posledica varnostnih težav (eksplozija ali pregrevanje baterij), neprijaznosti do okolja (uporaba litija za proizvodnjo baterij, emisije pri proizvodnji električne energije), nezanesljivosti (dvomi o baterijah in njihovi degradaciji), nezrelost tehnologije (v primerjavi s tehnologijo ICE), tesnoba zaradi dosega, čas polnjenja in čustvena navezanost [9].

Infrastruktura predstavlja še en kritičen vidik za množično vpeljavo EV. Pomanjkanje polnilnih postaj, cena opreme, interopeorabilnost med napravami in potreba po nadgradnji obstoječe infrastrukture so ključni dejavniki. Poleg tega ne gre zanemariti vpliva polnilnih postaj na distribucijsko omrežje. Energija, potrebna za polnjenje EV, bo imela pomemben vpliv na delovanje omrežja. Nazadnje je treba upravljanje EV povezati z upravljanjem drugih objektov, zlasti na ravni zgradb in energetskih skupnosti. Ta integracija bo omogočila koordinacijo med EV in lokalnimi OVE, zmanjšala izmenjavo energije med temi subjekti in distribucijskim omrežjem in zmanjšala izgube električne energije. Evropska komisija je sprejela Strategijo za trajnostno in pametno mobilnost [10], ki predvideva nove spodbude za uporabo trajnostnega prometa.

V porastu je tudi uporaba tehnologije V2X, zaradi česar je upravljanje EV še bolj zapleteno in krepi zgoraj omenjene ovire. V2X prinaša izzive kot so, neprilagojenost večine polnilnih postaj na V2X, obraba baterije se lahko poveča, politika in gospodarstvo ne upošteva priložnosti V2X, sistemi za upravljanje z energijo (EMS) bodo morali biti bolj zapleteni in soglašanje uporabnikov s storitvami V2X, če navedemo le nekatere.

Zato je za pospešitev množične uporabe EV in ustvarjanje ugodnih pogojev za V2X potrebno:

- zagotoviti več informacij o tehničnih vidikih in vrednosti EV in V2X,
- olajšati integracijo V2X z EMS v gospodinjstvih/zgradbah in energetskih skupnostih,
- ustvariti tehnične pogoje za hitrejši razvoj infrastrukture V2X,
- ustvarjanje novih storitev in poslovnih modelov, ki spodbujajo uporabo EV,
- urediti regulativni okvir, ki zagotavlja spodbude za uporabo trajnostnih prometnih rešitev vključujejo EV in
- usklajevanje med EV in OVE.

## 3 TRENUTNO STANJE NA PODROČJU ELEKTRIČNIH VOZIL

Svetovna prodaja EV v zadnjih letih raste. Po podatkih [11] je bilo 2021 po vsem svetu prodanih 6,6 milijonov EV, kar predstavlja 8,57 % tržni delež. Kitajska in Evropa vodita na trgu električnih avtomobilov s 85 % deležem svetovne prodaje EV, sledijo pa jima ZDA (12 %) [11].

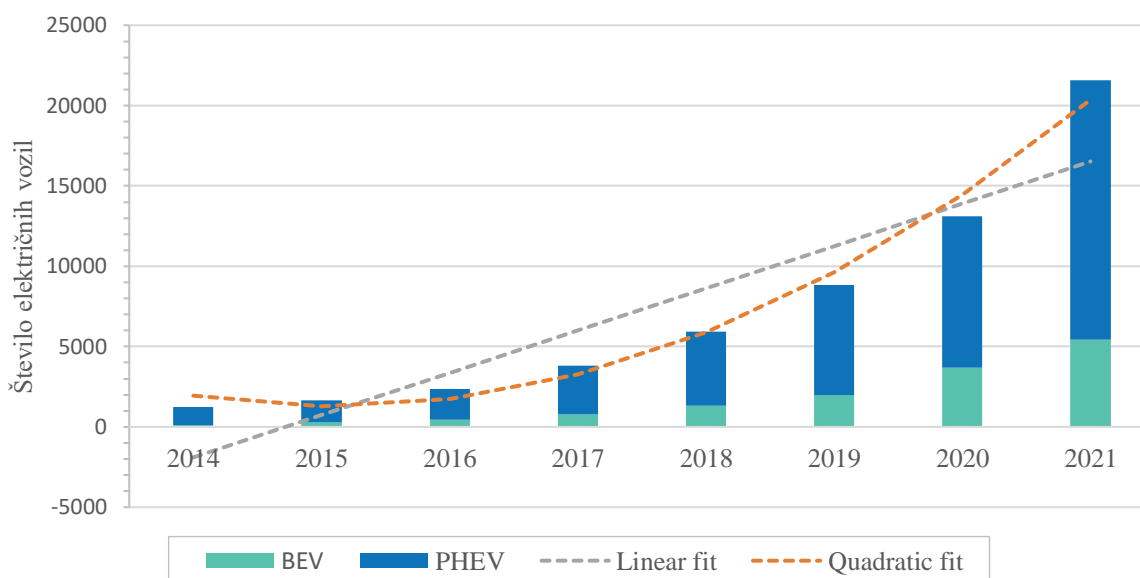
V Evropi je bilo 2021 prodanih 2,29 milijona EV, kar predstavlja 17 % tržni delež in več kot 63 % povečanje v primerjavi s prodajo EV leta 2020 [12].

Kot v vseh regijah Evropske unije tudi v Sloveniji narašča število električnih avtomobilov, tako BEV kot PHEV. Leta 2021 je bilo povečanje števila EV 65 %. To je največje povečanje od leta 2014 [13]. Tabela 1 prikazuje število EV registriranih v Sloveniji do vključno 2021, in odstotno spremembo števila vseh EV.

Tabela 1: Število električnih vozil in število prodanih električnih vozil po letih [13]

Leto	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Število vseh električnih vozil</b>								
BEV	133	288	457	780	1 309	2 001	3 677	5 423
PHEV	1 107	1 363	1 913	3 042	4 617	6 816	9 434	16 151
skupaj	<b>1 240</b>	<b>1 651</b>	<b>2 370</b>	<b>3 822</b>	<b>5 926</b>	<b>8 817</b>	<b>13 111</b>	<b>21 574</b>
<b>Število prodanih električnih vozil</b>								
prva registracija <sup>1</sup>	170	452	780	1 674	2 471	3 467	5 223	11 255
novo vozilo	126	359	582	1 459	2 242	3 156	4 741	9 938
sprememba (%)		<b>33%</b>	<b>44%</b>	<b>61%</b>	<b>55%</b>	<b>49%</b>	<b>49%</b>	<b>65%</b>

Iz tabele je razvidno, da je bilo 2021 povečanje števila vseh EV 65 %, povprečno povečanje prodaje v preteklih letih je 51 %. Toda še bolj zadovoljivo je povečanje števila novih EV. Ta v istem obdobju znaša povprečno 93 %. Podatki iz tabele 1 so prikazani na sliki 2.



Slika 2: Električna vozila v Republiki Sloveniji [13] [14].

Tabela 2 podaja število vseh na novo registriranih avtomobilov. Iz Tabela 2 vidimo, da število prodanih avtomobilov na leto niha, z nekaterimi negativnimi trendi v zadnjih letih. Medtem ko EV beležijo stalno rast prodaje (Tabela 1). Podatki o registraciji avtomobilov za leto 2021, v času pisanja članka, še niso bili na voljo. V [13] zasledimo tudi število vozil na 1000 prebivalcev in povprečna starost avtomobila. Število vozil na prebivalca se je s 442 vozil na 1000 prebivalcev leta 2001 povečalo na 555 vozil na 1000 prebivalcev leta 2020, povprečna starost vozil pa se je povečala s 6,9 na 10,4 leta. To pomeni, da pomemben del prodaje novih vozil ni zamenjava obstoječih, temveč predvsem povečanje skupnega števila vozil.

Tabela 2: Število na novo registriranih avtomobilov in delež električnih vozil [13].

Leto	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
novi avtomobili	54 699	60 976	65 446	73 320	75 071	73 471	53 880
sprememba (%)		4.7%	11.5%	7.3%	12.0%	2.4%	-2.1%
delež električnih avtomobilov (%)		0.31%	0.74%	1.19%	2.28%	3.29%	4.72%
							9.69%

<sup>1</sup> zajema nova in uvožena električna vozila

Iz predstavljene analize je mogoče sklepati, da se vse več ljudi odloča za zamenjavo ICE avtomobilov z EV, saj število prodanih EV vztrajno narašča, skupno število prodanih avtomobilov pa se je v nekaterih zadnjih letih celo zmanjšalo. Toda število ljudi, ki kupujejo ICE avtomobile, je še vedno visoko. Nekateri razlogi, zakaj ljudje ne preidejo na EV, so pomanjkanje polnilnih postaj in nizek domet EV. V Sloveniji je trenutno približno 700 javnih polnilnic [15]. To število je ocenjena, saj v Sloveniji ni centralnega organa, ki bi zbiral tovrstne informacije.

### 3.1. Modeliranje prihodnjih trendov

Okoljski cilji, ki jih je zastavila Evropska unija, so postavljeni z rokom 2050. Dosedanje slovenske projekcije pa so do leta 2030 [16]. Zato smo razvili dva scenarija (pesimističnega in optimističnega) za napoved prihodnjega števila EV do 2050. Pesimistični scenarij uporablja linearno funkcijo za oceno razvoja EV do leta 2050, optimistični scenarij pa uporablja kvadratno funkcijo. Koeficienti funkcij so bili izračunani iz realnih podatkov od 2018 do 2021, to je po sprejetju »Strategija na področju razvoja trga za vzpostavitev ustrezne infrastrukture v zvezi z alternativnimi gorivi v prometnem sektorju v Republiki Sloveniji« (v nadaljevanju strategija) [16]. Projekcije števila EV do leta 2050 so prikazane v tabeli 3 [14].

Tabela 3: Predvidena rast električnih vozil.

Leto	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Projekcija strategije	66 687	201 354				
Pesimistično	40 537	66 156	91 775	117 394	143 013	168 632
Optimistično	80 934	217 993	424 702	701 061	1 047 070	1 462 729

Če analiziramo vrednosti v tabeli 3 za leto 2030, vidimo, da je predvidena rast EV po obstoječi strategiji [16] in optimističnem scenariju primerljiv, medtem ko je pesimistični scenarij precej nižji. Tabela 3 tudi kaže, da število vseh EV leta 2050 po optimističnem scenariju presega število vseh avtomobilov leta 2020 za približno 17 %. Glede na razvoj voznega parka v Sloveniji lahko vrednost EV za leto 2050, določena v optimističnem scenariju, predstavlja celoten vozni park.

Zaključimo lahko, da model optimalnega scenarija pelje k začrtanim ciljem, to je popolna uporaba EV v letu 2050. A za doseganje tega cilja, da bodo prihodnji trendi sledili optimalnemu scenariju, bo potrebno postoriti še ogromno. V nadaljevanju se bomo dotaknili zakonodajnega in poslovnega področja, ki sta samo dve od področij potrebnih novih pristopov, ki bodo za uvajanje EV upoštevale tudi V2X.

## 4 ZAKONODAJA, STRATEGIJE, ZAVEZE

Poglavje kratko poda zakonodajo, ki je trenutno v pripravi, in spremembe, ki jih prinaša na tem področju [17]. V Republiki Sloveniji, Ministrstvo za infrastrukturo (MzI oz. ministrstvo) skladno z 38. členom, Zakona o državni upravi (ZDU-1) opravlja naloge povezane s pripravo strateških dokumentov, strokovnih podlag, predpisov in ukrepov s področja prometne politike (strategija in sklep o državnem programu razvoja prometa), trajnostne mobilnosti in javnega potniškega prometa ter mednarodnih zadev na področju prometa.

Izmed dokumentov, ki so trenutno v nastajanju je potrebno omeniti:

- Zakon o alternativnih gorivih (trenutno v medresorskem usklajevanju),
- do 30. junija 2023 obnoviti Strategijo alternativnih goriv in jo predložiti Vladi RS,
- do 30. junija 2023 mora Slovenija pripraviti osnutek posodobljenega Celovitega državnega energetskega in podnebne načrta Republike Slovenije (NEPN) in ga predložiti Evropski Komisiji.

Izmed predlaganih ukrepov, ki jih zgoraj navedeni dokumenti predlagajo, bi na tem mestu izpostavili:

- pravila za načrtovanje okvira nacionalne politike za razvoj infrastrukture za alternativna goriva v prometu,
- obvezne cilje za vzpostavitev zadostne infrastrukture za alternativna goriva v prometu,
- ukrepe za spodbujanje prehoda na alternativna goriva za cestna vozila, parkirane zrakoplove in plovila ter vire in načine njihovega financiranja,
- ustanovitev in delovanje javne gospodarske službe za vzpostavitev in upravljanje polnilnih parkov s skupno izhodno močjo 300 kW in več,



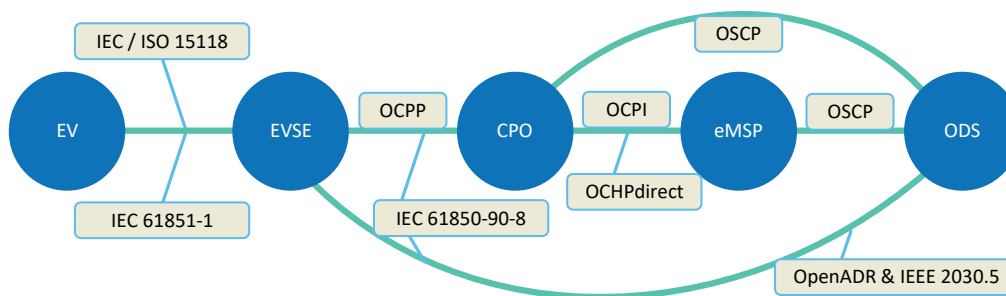
- obveznosti upravljavcev polnilnih in oskrbovalnih mest, tehnične zahteve v zvezi z vzpostavitvijo, obratovanjem in vzdrževanjem infrastrukture za alternativna goriva v prometu ter zahteve v zvezi z obveščanjem uporabnikov,
- postopke registracije infrastrukture za alternativna goriva v prometu in vodenje evidenc.
- ustanovitev in delovanje Centra za spodbujanje prehoda na alternativna goriva v prometu.

Med tem, ko je bila v preteklosti zakonodaja s področja e-mobilnosti osredotočena na EV (subvencionirani nakupi, davčne ugodnosti, omejevanje ICE vozil), pa lahko iz zgoraj navedenih predlogov zaključimo, da se prihajajoča zakonodaja osredotoča na polnilno infrastrukturo.

Kot smo uvodoma navedli je infrastruktura eden od problemov s katerim se soočamo pri elektrifikaciji cestnega prometa. Idealno razmerje med polnilnimi mest in EV je manj kot deset EV na eno polnilno mesto [18]. Razmerje za leto 2020 znaša 19 EV na polnilno postajo. Pri tem moramo imeti v mislih, da je podatek za polnilne postaje ocena. In drugo je podatek za polnilne postaje, idealno razmerje pa govori o polnilnih mestih. Vsekakor pa predstavljeni predlogi vzpodbujajo izgradnjo polnilnih mest, postaj ali parkov da bo število sledilo rast števila EV.

## 5 INFORMACIJSKO KOMUNIKACIJSKA TEHNOLOGIJA

Kot je bilo uvodoma predstavljeno, je ena od ovir interoperabilnost izmenjave informacij, kar bomo naslovili z razvojem odprtokodne platforme. Pred določitvijo funkcionalnosti platforme je bil izveden pregled trenutnih komunikacijskih standardov za izmenjavo podatkov med akterji. Slika 3 ponazarja akterje in podaja najpogosteje uporabljene standarde.



Slika 3: Najpogosteje uporabljeni standardi za komunikacijo med posameznimi akterji. Povzeto po [19].

Področje standardizacije protokolov povezanih z V2X je zelo dinamično. Tako je na primer v Evropi za komunikacijo med polnilnico in upravljalcem polnilnice (CPO) zelo razširjen standard OCPP 1.6, ki ga na trgih zamenjuje standard OCPP 2.0.1. V zaključnih postopkih standardizacije pa je že nadgradnja OCPP 2.1.

Prav tako je na trgu velika konkurenca med obstoječimi standardi. Za primerjavo, na področju komunikacije med EV in polnilnico obstaja veliko standardov, najpogostejša sta CHAdeMO in IEC 61851. Vsi pa imajo še kakšno pomanjkljivost in so zato potrebni nadgradenj. Tako se CHAdeMO srečuje s težavo omejene podpore storitvam, ki jih ponuja EV, ter z interoperabilnostjo napram drugim standardom. To težavo ima tudi prej omenjeni OCPP, tako 1.6 kot 2.0.1. Po drugi strani pa ima standard IEC 61851, težavo da uporablja pri AC polnjenju protokole, ki niso standardizirani [20].

## 6 POSLOVNI MODELI V2X IN PRIMERI UPORABE

Naslednji pomemben aspekt za vzpodbujanje množične uporabe EV je poslovni vidik. Poslovni model (business model, BM) opisuje, kako organizacija ustvarja, zagotavlja in zajema vrednost [21].

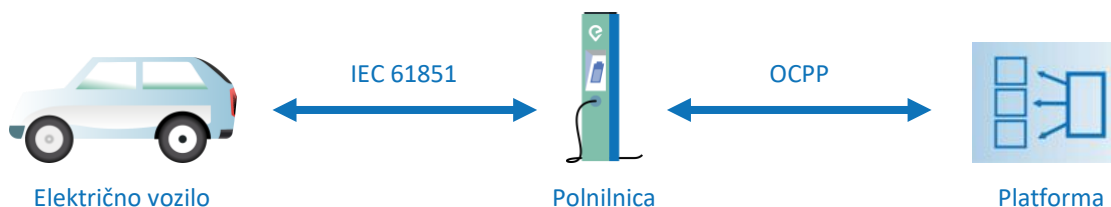
Da bi pospešili uporabo EV in ustvarili ugodne pogoje za V2X, je potrebno razviti nove storitve in BM, ki upoštevajo vse deležnike in hkrati zagotavljajo spodbude za uporabnike EV. Pri razvoju novih BM je potrebno upoštevati V2X tehnologijo. Podskupina V2X, ki razlikuje EV od ICE vozil, je tako imenovana komunikacija med vozilom in omrežjem V2G. V2G uporablja dvosmerno komunikacijo med električnim omrežjem in EV in omogoča dvosmerni pretok električne energije. Vpeljava V2G bi lahko javnim podjetjem in agregatorjem omogočila boljše upravljanje energetskih virov in dodelitev novih vlog lastnikom vozil [22].

Na projektu EV4EU razvijamo nove BM z metodologijo načrtovanja ponudbe vrednosti (Value Proposition, VP) [23]. V prvem koraku smo identificirali ustvarjene dodane vrednosti za sodelujoče akterje, energetske trge in energetske skupnosti. Pri delu smo uporabili kanvas poslovnega modela (business model canvas, BMC) in kanvas ponudbe vrednosti (value proposition canvas, VPC). Identificiranih in razvitih je bilo dvanajst novih poslovnih modelov, ki bodo testirani v projektu [24].

Na podlagi BM so bili ustvarjeni in opisani poslovni primeri uporabe (Business Use Case, BUC) v skladu s standardom IEC 62559-2 [25]. Metodologija zagotavlja razumevanje funkcionalnosti, akterjev in procesov v različnih tehničnih subjektih ali celo različnih organizacijah [26].

## 7 SLOVENSKI DEMONSTRATOR

V okviru slovenskega demonstratorja bomo primarno analizirali vpliv V2X na elektroenergetsko omrežje. Praktični prikaz bo potekal na dveh lokacijah. Prva lokacija je poslovna stavba GEN-I v Krškem, kjer je del opreme, potrebne za praktični prikaz, že integriran. Poslovna stavba v Krškem ima PV sisteme na strehi stavbe z močjo 100 kW. Ta objekt je že del portfelja virtualne elektrarne (VPP), ki jo upravlja GEN-I. Za potrebe projekta bo stavba dodatno opremljena s petimi polnilnimi postajami proizvajalca ABB. Te polnilne postaje podpirajo tehnologijo V2X in imajo 2 polnilni mesti, ki lahko zagotovita do 22 kW in sta avtonomno krmiljeni za zagotavljanje storitev za števecem. Za komunikacijo med EV in polnilnico ter polnilnico in platformo bodo uporabljeni prej navedeni standardi IEC 61851 in OCPP 1.6, kot je prikazano na sliki 4.



Slika 4: Izbrani standardi v slovenskem demonstratorju [27].

Druga testna lokacija je razpršena med obstoječimi odjemalci GEN-I na območju operaterja distribucijskega omrežja (ODS) Elektro Celja. Gre za gospodinjstva, ki se ne nahajajo znotraj iste transformatorske postaje. Tudi ta bodo opremljena s polnilnimi postajami, ki podpirajo V2X tehnologijo. Glavni cilj je analizirati vpliv domačega upravljanja V2X na omrežje in zahtevano zmogljivost ter na portfelj VPP [28] [29].

V praktičnem prikazu bo preizkušeno upravljanje V2X s strani VPP, to je agregatorja GEN -I. Cilj je preizkusiti algoritme, razvite v projektu, in ugotoviti najprimernejše za agregiranje V2X z drugimi viri prožnosti. Ti algoritmi upoštevajo sodelovanje v več storitvah in trgih. Za slovenski prikaz so bili v projektu razviti trije BM, a bosta le dva od njih praktično testirana. In sicer VPP z agregiranimi EV in Storitve prožnosti, ki jih upravlja ODS.

Za boljšo predstavo se na kratko dotaknimo BM VPP z agregiranimi EV. V tem BM, VPP pridobi novo dodano vrednost z integracijo EV preko V2X tehnologije. EV lahko gledamo kot mobilne baterije. Na ta način se lahko omrežna infrastruktura optimizira na drugačni ravni. In omogoča VPP, da ODS ponudi boljše storitve, ki se razlikujejo od storitev drugih udeležencev na trgu. VPP bo V2X ponujal na trgu, oziroma v določenih primerih dal na voljo ODS na podlagi pogodbe. VPP bo tudi pridobil prožnost od uporabnikov EV na podlagi pogodbenega razmerja. Kakšne ugodnosti bi morali imeti uporabniki EV za sodelovanje v storitvah, kakšno je optimalno časovno okno, ali bi moralo biti število zavrnitev omejeno in podobno – vse to so vprašanja, ki jih je mogoče preizkusiti v demonstratorju.

V praktičnem preizkusu bosta testirana tudi dva BUCa [26]:

- Udeležba V2X na trgih električne energije: to storitev upravlja VPP in se uporablja za sodelovanje na trgih prožnosti in električne energije in trgih sistemskih storitev.
- Udeležba V2X v lokalnih trgih prožnosti: to storitev aktivira ODS z namenom reševanja težav v omrežju (zastojev in napetostnih omejitev). Sodelovanje EV vozil pri tej storitvi usklajuje VPP.

V BUC, Udeležba V2X na trgih električne energije, želimo s prožnostjo V2X agregirano z drugimi viri sodelovati na trgih z električno energijo. Ponuditi rešitve za odpravo težave v omrežju, ki nastanejo zaradi nenadnega močnega povečanja proizvodnje ali nenadne visoke obremenitve. Tu bo VPP sodeloval pri ukrepih za regulacijo

frekvence in izravnavo sistema. S sodelovanjem v rezervah za vzdrževanje frekvence (RVF, ang. Frequency Containment Reserve (FCR)) in rezervah za povrnitev frekvence (RPF, ang. Frequency Restoration Reserve (FRR)), ki kompenzirajo nihanja v elektroenergetskem sistemu, da ostane omrežje stabilno in varno. Namen tega dela predstavitev je razumeti prednosti udeležbe V2X za uporabnike na teh trgih in vpliv, ki ga ima lahko množična udeležba V2X na teh trgih.

S ponujenimi storitvami s strani VPP na lokalni ravni, bomo prikazali in ovrednotili prispevek V2X k reševanju problemov v distribucijskem omrežju, kot je upravljanje prezasedenosti omrežja in regulacija napetosti. Cilj testiranja V2X v omrežnih storitvah je oceniti koristi za uporabnike in ODS. Izvedena bo tudi primerjava med V2G in enosmernim pametnim polnjenjem (V1G).

VPP bo združil V2X z drugimi viri, jih upravljal in sodeloval na trgih za reševanje omrežnih težav. Ob tem pa bo imel možnost aktivirati storitve, ki jih ponuja VPP. Aktivacija bo potekala v naprednem sistemu upravljanja distribucije (Advanced Distribution Management System, ADMS) v realnem času. V prvi fazi testiranja bo integrirana in verificirana komunikacija med VPP in ADMS, ki je ključna za aktivacijo storitev. V tej fazi je treba sredstva V2X v ADMS ustrezno modelirati, tako da lahko napredne funkcije uporabljajo podatke V2X. V drugi fazi bo aktivacijo sprožil VPP. V zaključni fazi projekta bo operater ADMS aktiviral storitve, ob upoštevanju tržnih rezultatov in pogojev delovanja distribucijskega sistema.

Za uspešno izvedbo testa in kasneje v realni uporabi razvitih BM in BUC bo pomembna izmenjava informacij med akterji. Ta bo morala vsebovati zadostno količino informacij za pravilne odločitve, ne vsebovati nepotrebnih informacij, ki bi lahko povzročale preobremenitev sistema, predvsem pa mora biti izmenjava pravočasna, to je zakasnitev mora biti minimalna.

Ugotovitve testiranja se bodo upoštevale že med samim testiranjem. Skladno z njimi se bo spreminjalo testno okolje. Prav tako bodo ugotovitve služile za korekcijo testiranih BM in BUC. Tako bodo na koncu testnega obdobja ustvarjeni in ponujeni širši javnosti BM in BUC, ki bodo optimalni za sodelovanje agregiranih EV na trgih oziroma za aktivacijo njihovih storitev s strani ODS.

## 8 ZAKLJUČKI

Projekt EV4EU se je začel v juniju 2022 in je šele v začetni fazi pregleda teoretičnih podlag, kot so poslovni, zakonodajni, tehnični, itd. okvirji delovanja na področju e-mobilnosti in načrtovanju praktične izvedbe demonstratorjev. Kljub temu se je nakazalo, da začrtane cilje za leto 2050 lahko dosežemo, če bomo sledili v projektu razvitem optimističnem scenariju rasti števila EV. Da bomo to dosegali so potrebne spremembe na številnih področjih. V članku smo podali načrtovane zakonodajne spremembe v Republiki Sloveniji in v projektu EV4EU predlagane nove poslovne prakse, tako BM kot BUC.

Predlagani BM in BUC bodo v naslednji fazi projekta EV4EU praktično testirani. Raziskave vključujejo uporabo VPP za agregacijo prožnosti kapacitete baterij EV ter nadgradnjo platforme za vključevanje storitev na trge električne energije. Slovenski demonstrator se osredotoča na testiranje optimalne agregacije EV oziroma V2X v VPP, s ciljem, da VPP izkoristi to novo vrsto prilagodljivosti in z njo sodeluje pri odpravljanju težav omrežja, bodisi s sodelovanjem na trgih ali pa pogodbeno z ODS. Temu primerno so bili skrbno izbrani partnerji slovenskega konzorcija, to so ODS Elektro Celje, na čigar območju bo potekal praktični test, agregator GEN-I, ki upravlja VPP z agregiranimi EV, ABB s polnilnicami, ki omogočajo V2X tehnologijo, ter Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, ki nudi akademsko podporo pri načrtovanju in kasneje analizi praktičnega testa.

Ugotovitve praktičnega testiranja bodo služile kot vir za prilagoditev teoretičnih BM in BUC k realnim stanjem na trgih. Tako bo projekt EV4EU dal nove strategije v poslovnem okolju, ki bodo upoštevale prednosti V2X tehnologije, ki pa ne bodo temeljili zgolj na teoretičnih dognanjih ampak tudi na praktičnih spoznanjih.

## 9 ZAHVALA

Delo financira projekt HE EV4EU v okviru pogodbe 101056765 / Funded by the European Union under grant agreement no. 101056765.

Views and opinions expressed are however those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



## 10 REFERENCE

- [1] M. N. Eisler, „IEEE Spectrum, False starts: The Story of Vehicle-to-Grid Power,“ 11 3 2023. [Elektronski]. Available: <https://spectrum.ieee.org/v2g>. [Poskus dostopa 27 3 2023].
- [2] M. Zajc, „Information communication technologies as enabler of green transition : education and research perspectives,“ v *Telecommunications Forum : (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, 2022.
- [3] International Transport Forum, „How transport CO2 reduction pledges fall short,“ *Policy Briefs*, 2018.
- [4] European Commission, „Europe in Move: Encouraging Clean and Sustainable Mobility,“ 2017.
- [5] European Environment Agency, „Electric vehicles and the energy sector - impacts on Europe's future emissions,“ 2021.
- [6] S. Striani, K. Sevdari, L. Calearo, P. B. Andersen in M. Marinelli, „Barriers and Solutions for EVs integration in the Distribution Grid,“ v *Proceedings of 2021 International Universities Power Engineering Conference*, 2021.
- [7] M. van der Goot, „EV Readiness Index,“ LeasePlan.
- [8] International Energy Agency, „Global EV Outlook 2021: Trends and developments in electric vehicle markets,“ 2021.
- [9] G. Krishna, „Understanding and identifying barriers to electric vehicle adoption through thematic analysis,“ *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Izv. 10, 2021.
- [10] European Commission, „Sustainable and Smart Mobility Strategy,“ 2021.
- [11] International Energy Agency, „Global EV Outlook 2022 Securing supplies for an electric future,“ 2022.
- [12] VIRTAElectric Vehicle Charging Platform, „The Global Electric Vehicle Market Overview in 2022: Statistics & Forecasts,“ 2021. [Elektronski].
- [13] Statistični urad Republike Slovenije, „Cestni transport,“ 2022.
- [14] EV4EU, „D 1.1, Electric Road Mobility Evolution Scenarios,“ 2022. [Elektronski]. Available: <https://ev4eu.eu/resources/>. [Poskus dostopa 27 3 2023].
- [15] Sistemski operater distribucijskega omrežja, „Hitre polnilnice SODO,“ 2022. [Elektronski]. Available: <https://sodo.si/sl/o-omrezju/hitre-polnilnice-sodo>.
- [16] Vlada Republike Slovenije, „Strategija na področju razvoja trga za vzpostavitev ustrezne infrastrukture v zvezi z alternativnimi gorivi v prometnem sektorju v Republiki Sloveniji,“ 2017.
- [17] EV4EU, „D 1.3, Regulatory opportunities and barriers for V2X deployment in Europe,“ 2023. [Elektronski]. Available: <https://ev4eu.eu/resources/>. [Poskus dostopa 27 3 2023].
- [18] Danish Energy Agency, „Promotion of electric vehicles EU incentives & Measures seen in a Danish context,“ 2015.
- [19] „IEC 63110 - Standardising the management of EV (dis-)charging infrastructures,“ [Elektronski]. Available: <https://www.switch-ev.com/blog/iec-63110-standardizing-management-of-ev-charging-infrastructures>.
- [20] EV4EU, „D 10.7, Standardisation activities plan,“ 2023. [Elektronski]. Available: <https://ev4eu.eu/resources/>. [Poskus dostopa 27 3 2023].
- [21] A. Osterwalde, Y. Pigneur, T. Clark in A. Smith, *Business Model Generation*, John Wiley & Sons, 2010.
- [22] G. Zarazua de Rubens, L. Noel, J. Kester in B. K. Sovacool, „The market case for electric mobility: Investigating electric vehicle business models for mass adoption,“ *Energy*, Izv. 194, 2020.
- [23] A. Osterwalder, Y. Pigneur, G. Bernarda, A. Smith in T. Papadacos, *Value Proposition Design: How to Create Products and Services Customers Want*, John Wiley & Sons, 2014.
- [24] EV4EU, „D1.4, Business models centred in the V2X value chain,“ 2023. [Elektronski]. Available: <https://ev4eu.eu/resources/>. [Poskus dostopa 27 3 2023].
- [25] International Electrotechnical Commission, *Use case methodology - Part 2: Definition of the templates for use cases, actor list and requirements list*, 2015.
- [26] EV4EU, „D1.5, V2X Use-cases repository,“ 2023. [Elektronski]. Available: <https://ev4eu.eu/resources/>. [Poskus dostopa 27 3 2023].

- [27] EV4EU, „D 5.2, Standardisation gap analysis for new V2X related Business Models,“ 2023. [Elektronski]. Available: <https://ev4eu.eu/resources/>. [Poskus dostopa 27 3 2023].
- [28] M. Kolenc, P. Nemček, C. Gutsch, N. Suljanović in M. Zajc, „Performance evaluation of a virtual power plant communication system providing ancillary services,“ *Electric power system research*, Izv. 149, p. 46/54, 2017.
- [29] M. Zajc, M. Kolenc in N. Suljanović, „Virtual power plant communication system architecture,“ v *Smart power distribution systems : control, communication, and optimization*, London, Elsevier: Academic Press, 2019, pp. 231-250.
- [30] B. K. Sovacool, J. Kester, L. Noel in G. Zarazua de Rubens, „The demographics of decarbonizing transport: The influence of gender, education, occupation, age, and household size on electric mobility preferences in the Nordic region,“ *Global Environmental Change*, Izv. 52, pp. 86-100, 2018.
- [31] International Energy Agency, „Global supply chains of EV batteries,“ 2021.
- [32] European Automobile Manufacturers' Association, „Electric Vehicles: Tax benefits & Purchase Incentives,“ 2021.
- [33] International Energy Agency, „Global EV Data Explorer,“ 2021.
- [34] Driving Mobility for Europe, „Vehicles in use Europe 2022,“ 2022.
- [35] *Zakon o učinkoviti rabi energije (ZURE, Uradni list RS, št. 158/20)*, 2020.
- [36] A. Afuah, *Business Models: A Strategic Management Approach*, McGraw-Hill Irwin, 2004.