

Št. prispevka: PTX - XX

EV4EU – Upravljanje električnih vozil za ogljično nevtralnost Evrope

Tim Marentič¹, Anton Kos², Andreja Smole³ in Matej Zajc^{1*}¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, Slovenija² Elektro Celje d.d., Celje, Slovenija³ GEN-I d.o.o., Ljubljana, Slovenija

* Kontaktna oseba:

Ime Priimek: prof. dr. Matej Zajc

Institucija/podjetje: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

E-pošta: matej.zajc@fe.uni-lj.si

KLJUČNE BESEDE:

eMobilnost, V2X, V2G, električna vozila, storitve prožnosti, demonstrator, EV4EU

1 UVOD

Elektrifikacija mobilnosti je eden ključnih stebrov zelenega energetskega prehoda, ki bo Evropski uniji omogočil doseganje ogljične nevtralnosti do leta 2050. Poleg uvajanja obnovljivih virov energije spodbuja tudi množično vključevanje električnih vozil (EV), kar prinaša nove izzive za elektroenergetski sistem. Eden izmed teh je povečevanje obremenitev omrežja, kar lahko povzroči njegovo nestabilnost in s tem tudi vse večjo potrebo po dodatni prožnosti za zagotavljanje stabilnega delovanja na lokalni in nacionalni ravni. Tehnologija dvosmernega polnjenja V2G (ang. Vehicle-to-Grid) oziroma širše V2X (ang. Vehicle-to-Everything) lahko EV spremeni iz bremena v vir prožnosti, katerega agregator prek virtualne elektrarne (VPP) agregira in ponudi v storitvah prožnosti za distribucijska in prenosna omrežja ter na trgih električne energije. Prehod od koncepta k množični uporabi zahteva celovito potrditev tehnologij, poslovnih modelov in storitev prožnosti v realnih operativnih razmerah, kar je tudi ključna naloga demonstracijskih projektov.

2 PROJEKT EV4EU IN SLOVENSKI DEMONSTRATOR

Naštete izzive naslavlja projekt Obzorje Evropa EV4EU¹ (ev4eu.eu), katerega cilj je razviti strategije upravljanja električnih vozil od spodaj navzgor in oblikovati na uporabnika osredotočene V2X rešitve, ki omogočajo množično uvajanje EV. V okviru projekta partnerji razvijamo, preizkušamo in demonstriramo orodja, metodologije, storitve in tehnološke rešitve, ki zajemajo različne vidike, kot so vpliv na baterije EV, vključevanje v energetske trge in zagotavljanje sistemskih storitev. Rešitve na nivoju EV4EU se testirajo na štirih demonstracijskih lokacijah – na Danskem, v Grčiji, na Portugalskem in v Sloveniji. V okviru projekta EV4EU smo aktivni tudi v okviru združenja 2Zero, grozda projektov V2X Cluster in EU iniciative BRIDGE [1-3].

¹ This research work was funded by European Union's Horizon Europe R&I programme under grant agreement no. 101056765. Views and opinions expressed in this document are however those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them. This work also was funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) under UIDB/50021/2020. Matej Zajc is partially founded by ARIS P2-0246.

Znotraj slovenskega demonstratorja razvijamo celovito rešitev vzpostavitve lokalnega trga prožnosti z razvojem inovativnih storitev V2X. Eno izmed orodij, ki je nastalo v okviru slovenskega demonstratorja, je simulacijsko orodje V2GFlex, ki ocenjuje potencial prožnosti agregiranih V2G EV in njihovo zmožnost sodelovanja v izbrani lokalni storitvi prožnosti. Ta podaja simulacijske rezultate o številu uspešnih aktivacij, količini aktivirane prožnosti in omejitve polnilne infrastrukture pri različnih deležih EV v prometu mimo izbrane lokacije [4-5].

Demonstracije potekajo na treh lokacijah – Krško, Ljubljana in Velenje. V Velenju smo uporabili baterijski hranilnik električne energije (BHEE) za emulacijo V2X infrastrukture, kateri je agregiran v VPP. Ker se z vidika VPP agregirana flota EV in stacionarna BHEE obnašata zelo podobno, smo na podlagi statističnih podatkov o mobilnosti, zgodovinskih obremenitev omrežja in tržnih podatkov razvili devet reprezentativnih profilov EV za tri primere uporabe (službena vozila, vozní park podjetja in domače polnjenje), prilagojenih različnim storitvam prožnosti. Izvedenih je bilo 50+ aktivacij VPP na BHEE, ki smo jih podrobno analizirali. Kot na primer aktivacije za zagotavljanje lokalnih storitev prožnosti, sekundarne (aFRR) in terciarne (mFRR) regulacije frekvence. Omenjeni pristop omogoča kvantifikacijo potenciala in vpliva V2G pod realnimi razmerami v distribucijskem omrežju [6].

V Ljubljani smo testirali prototipne V2X polnilnice (ABB Terra Nova 11C, skladne z ISO 15118-20) z različnimi modeli električnih vozil z namenom ocenjevanja združljivosti z V2X tehnologijo. Testiranja kažejo izrazite razlike med proizvajalci: pri nekaterih vozilih komunikacije ni bilo mogoče vzpostaviti, druga so izkazovala nestabilen zagon seje ali le delno odzivnost na ukaze, le manjši nabor pa je omogočal ponovljivo in stabilno V1G/V2G testiranje. Pridobljeni vpogledi potrjujejo, da interoperabilnost na področju EV-polnilnica trenutno predstavlja eno glavnih praktičnih omejitev množičnega uvajanja V2X [7].

Osrednji demonstrator v Krškem – vključno z VPP in lokalno trgovalno platformo FlexIS [8], povezano z nacionalnim podatkovnim vozliščem EVT in sistemom ADMS Elektra Celje – omogoča testiranje ponudbe in aktivacije lokalne prožnosti iz električnih vozil, s ciljem ocenitve vpliva V2X tehnologije na omrežje, energetske trge in storitve prožnosti. To hkrati omogoča tudi vrednotenje poslovnih primerov uporabe. Skupno je bilo na slovenskih V2X-lokacijah izvedenih več kot 320 testov, pri čemer tehnični in operativni kazalniki dosegajo ali presegajo ciljne vrednosti, medtem ko ekonomski kazalniki potrjujejo, da je za smiselni tržni učinek potreben prehod iz pilotnega okolja v masovno rabo [9]. Med ključnimi vpogledi slovenskega demonstratorja izpostavljamo, da je za smiselno in zanesljivo sodelovanje EV v storitvah prožnosti potrebna njihova agregacija v VPP, saj posamezno vozilo s tega vidika predstavlja premajhen in preveč negotov vir. Lokalni trgi prožnosti imajo potencial za V2X storitve, kot je na primer upravljanje prezasedenosti, hitrost njihovega uvajanja pa v veliki meri opredeljuje regulatorna pripravljenost – vzpostavitev lokalnega trga prožnosti [10].

Projekt EV4EU se zaključuje maja 2026, pri čemer so bile vse predvidene naloge v okviru slovenskega demonstratorja uspešno izvedene.

3 REFERENCE

- [1] ZAJC, Matej. *User-centric charging solutions : parallel session on 7th European Conference on the Results from Road Transport Research (RTR Conference 2024)*, 5-7 February 2024, Brussels.
- [2] MORAIS, Hugo, ZAJC, Matej. *Electric vehicles management for carbon neutrality in Europe : presentation at Theme (5) Vehicle-Grid Interaction webinar – Optimizing EV Infrastructure: Insights from the EV4EU Project, organised by Swedish Electromobility Centre, online*, 25. 11. 2025.
- [3] GOMES, Pedro, ZAJC, Matej. *The V2X Cluster: presentation at EGVIafor2Zero General Assembly meeting, Munich, Germany*, 23 October 2025.
- [4] T. Maretič, D. Golubović, A. Kos, A. Smole in M. Zajc, „Sodelovanje električnih vozil v lokalnih storitvah prožnosti: ocena potenciala prožnosti za izbrani primer uporabe tehnologij V2X,“ V: *Referati in predstavitve 17. konference slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED : Portorož, 19.-21. maj 2025. Ljubljana: Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED. 2025*

- [5] ZAJC, Matej, MARENTIČ, Tim. *EV4EU - Electric Vehicles Management for carbon neutrality in Europe : presentation at Workshop on Digital Twins for the Energy Transition, Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia, 3. 12. 2025*
- [6] T. Marentič, D. Golubović, A. Kos, A. Smole, H. Morais in M. Zajc, „*Demonstrating Electric Vehicle Flexibility via Stationary BESS Aggregated into a Virtual Power Plant*,“ *SSRN pre-print*, 2025.
- [7] A. Smole, et.al., „*Deliverable D7.3 Slovenian use cases demonstration, monitoring and evaluation report*,“ *Electric Vehicles Management for carbon neutrality in Europe (EV4EU) Horizon Europe funded project, grant agreement 101056765*, 2026.
- [8] SULJANOVIĆ, Nermin, PODBELŠEK, Igor, KOS, Anton, MARUŠA, Leon, ZAJC, Matej, SMOLE, Andreja. Sistematična izraba prožnosti električnih vozil v podporo potrebam elektrodistribucijskih podjetij. V: *Referati in predstavitve 17. konference slovenskih elektroenergetikov CIGRE-CIRED : Portorož, 19.-21. maj 2025*. Ljubljana: Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED. 2025
- [9] A. Smole, et. al, „*Deliverable D7.4 Lessons learned in Slovenian Demonstrator and Services Marketability report*,“ *Electric Vehicles Management for carbon neutrality in Europe (EV4EU) Horizon Europe funded project, grant agreement 101056765*, 2026.
- [10] C. P. Guzman, et. al., „*Deliverable D10.8 Roadmap for the solutions enabling the mass deployment of EVs*,“ *Electric Vehicles Management for carbon neutrality in Europe (EV4EU) Horizon Europe funded project, grant agreement 101056765*, 2026.