



Interreg
CENTRAL EUROPE



European Union
European Regional
Development Fund

EfficienCE



TRANSNACIONALNI PRIROČNIK ZA UPORABO ENERGETSKO UČINKOVITIH TEHNOLOGIJ V JAVNI INFRASTRUKTURI POTNIŠKEGA PROMETA

(2) Večnamenska raba infrastrukture javnega
prevoza

ZALOŽNIŠKI PODATKI

Projektna številka:

CE1537 EfficienCE - Energijska učinkovitost za infrastrukturo javnega prevoza v Srednji Evropi.

Financira:

Interreg Central Europe (<http://interreg-central.eu/Content.Node/home.html>)

Naslov publikacije:

D.T2.3.2 Transnacionalni priročniki za uporabo energijsko učinkovitih tehnologij v infrastrukturi javnega prevoza

Urednik:

Konzorcij EfficienCE

Avtorji:

Mitja Klemenčič, Marijan Španer, Matej Moharić, Vlasta Rodošek (Univerza v Mariboru)

Postavitev in oblikovanje:

Levent Saran (Rupprecht Consult GmbH)

Datum:

Junij 2022

O projektu EfficienCE

EfficienCE je bil sodelovalni projekt, financiran iz programa Interreg CENTRAL EUROPE, namenjen zmanjšanju ogljičnega odtisa v regiji. Večina srednjeevropskih mest ima obsežne sisteme javnega prevoza, ki lahko služijo kot osnova za storitve nizkoogljične mobilnosti. Več kot 63 % dnevnih migrantov v regiji uporablja javni prevoz. Ukrepi za povečanje energijske učinkovitosti in deleža obnovljivih virov v infrastrukturi javnega prevoza lahko torej zelo močno vplivajo na zmanjšanje CO₂.

To je bilo mogoče doseči s podporo lokalnih organov, vodstva in upravljavcev javnega prevoza z razvojem strategij načrtovanja in akcijskih načrtov, z uvajanjem pilotnih ukrepov, razvojem orodij in izvedbo usposabljanj za načrtovanje in upravljanje nizkoogljične infrastrukture ter s prenosom znanja in najboljših praks o energijsko učinkovitih ukrepih po regijah Srednje Evrope.

Dvanajst partnerjev, vključno s sedmimi organi/izvajalci javnega prevoza iz sedmih držav je tri leta sodelovalo z namenom izkoristiti neizkoriščene potencialne v tem sektorju in prispevati k ciljem EU iz „bele knjige“, da se emisije iz prometa do leta 2050 zmanjšajo za 60 odstotkov in da se do leta 2030 prepolovi uporaba avtomobilov na konvencionalna goriva.

Povzetek	5
1. Večnamenska raba infrastrukture javnega prevoza	6
1.1 Povzetek ustreznih tehnologij	6
1.1.1 Tehnologija A - Multimodalna raba infrastrukture javnega prevoza	7
1.1.2 Tehnologija B - Večfunkcijska raba infrastrukture javnega prevoza	10
1.1.3 Tehnologija C - Inovativno polnjenje med vožnjo za javni prevoz	14
1.2 Večnamenska raba infrastrukture javnega prevoza po svetu	17
2. Primer uporabe Maribor - Prilagoditev postaje vzpenjače v večnamensko infrastrukturo javnega prevoza	23
3. Sklepi	27
Reference	28

Povzetek



Fotografija mesta Leipzig

Sistemi prevoza se zaradi vse večje urbanizacije soočajo z izzivi. Starajoča se infrastruktura prevoza težko izpolnjuje današnje zahteve, medtem ko so se osebne izbire mestnega prevoza razvile tako, da pretekle politike prevoza, usmerjene v avtomobile, niso več ustrezne.

Ta priročnik predstavlja osnovo za večnamensko rabo infrastrukture javnega prevoza za mesta, kjer infrastruktura javnega prevoza ni prednostna naloga načrtovanja, in za mesta z razvito kulturo načrtovanja infrastrukture javnega prevoza.

Večnamenska raba infrastrukture javnega prevoza združuje energetske, mobilnostne in logistične vidike, da bi z različnimi tehnologijami zmanjšali emisije CO₂ in povečali energijsko učinkovitost delovanja prevoza.

Energijsko učinkovite večnamenske tehnologije v infrastrukturi javnega prevoza so na splošno strukturirane v rešitve za multimodalno rabo, večfunkcijsko uporabo in inovativne pristope k tehnologijam polnjenja med vožnjo, ki so v fazi razvoja.

Vsaka od teh tehnologij ima več prednosti in koristi. Te so lahko tehnične, finančne ali varnostne narave.

Vendar ima vsaka od predstavljenih tehnologij tudi tehnične in regulativne ovire, npr. pomanjkanje tehničnih standardov, združljivost med različnimi proizvajalci, varnostne omejitve, nizka energijska učinkovitost, dodatni stroški, standardizacija infrastrukture in sistemov.

Pregled trenutnih praks, povezanih z različnimi rešitvami za multimodalno uporabo infrastrukture javnega prevoza, in študija primera iz pilotnega projekta EfficienCE predstavljata nove delujoče tehnologije z njihovimi prednostmi, izkušnjami in možnostmi prenosa.

1. Večnamenska raba infrastrukture javnega prevoza

Elektromobilnost postaja vse pomembnejša tema za javni prevoz v mestih. Električna energija je vir energije za pogon različnih električnih vozil.

Glavna razlika med tehnologijami za uporabo večnamenske infrastrukture javnega prevoza je, da se uporabljajo glede na:

- Modalitete, za katere je večnamenska raba ustrezna (na podlagi obstoječe infrastrukture javnega prevoza), in
- funkcionalnost prenosa energije med virom energije, infrastrukturo javnega prevoza in električnimi vozili javnega prevoza.

1.1 Povzetek ustreznih tehnologij

Razvrstitev večnamenskih tehnologij v infrastrukturi javnega prevoza temelji na obstoječi multimodalni in večfunkcijski uporabi infrastrukture javnega prevoza.

Tehnologija A - Multimodalna uporaba obstoječe infrastrukture javnega prevoza, kot so podzemna železnica, tramvaj, železnica ali vzpenjača, kjer poteka dodatno polnjenje za: električne avtobuse, (hibridne) trolejbusse in druge električne modele (električne avtomobile, kolesa in dostave).

Tehnologija B - Večfunkcijska uporaba infrastrukture javnega prevoza, uporaba obstoječe infrastrukture javnega prevoza za učinkovitejšo rabo regenerirane zavorne energije, dvosmernega polnjenja (pametno omrežje) in lokalno proizvedene energije iz OVE (fotonapetostne naprave, veter).

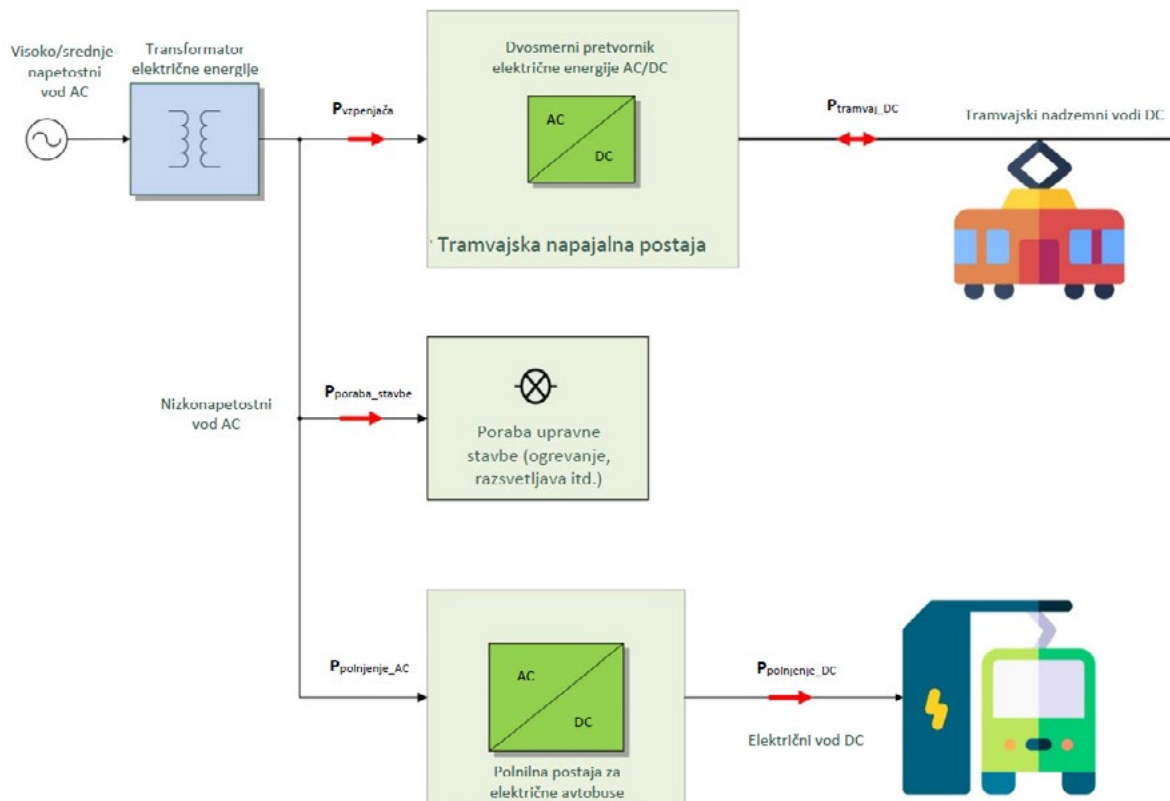
Tehnologija C - Inovativno cestno multimodalno in večfunkcijsko polnjenje med vožnjo (IMC): Induktivno talno polnjenje, konduktivno površinsko polnjenje na avtocestah in konduktivno talno polnjenje.

1.1.1 Tehnologija A - Multimodalna raba infrastrukture javnega prevoza

Tehnologija A se nanaša na koncept polnjenja različnih električnih vozil iz obstoječega omrežja javnega prevoza, kot so podzemna železnica, tramvaj, železnica ali vzpenjača.

Rešitev 1 - Električna energija iz obstoječih omrežij javnega prevoza za napajanje polnilnih mest električnih avtobusov

Tehnologija se nanaša na koncept polnjenja električnih avtobusov z energijo iz obstoječih omrežij javnega prevoza, kot so omrežja podzemne železnice, tramvaja, trolejbusa, železnice ali vzpenjače.



Slika 1: Priključitev polnilnih postaj za električna vozila na obstoječo infrastrukturo javnega prevoza

Pričakovane koristi:

Glavna prednost tega tehnološkega koncepta je podpirati hitro, učinkovito in stroškovno učinkovito elektrifikacijo javnega avtobusnega prevoza z zagotavljanjem infrastrukturne osnove.

Z integracijo robustne infrastrukture (omrežja) tramvaja/podzemne železnice v elektrifikacijo voznega parka električnih avtobusov je mogoče pospešiti elektrifikacijo voznega parka električnih avtobusov. Omrežje tramvaja/podzemne železnice je izvedljiva alternativa javnemu elektrodistribucijskemu omrežju, saj za oskrbo električnih avtobusov z električno energijo niso potrebne dodatne transformatorske postaje.

Glavne tehnične prednosti so na naslednjih področjih:

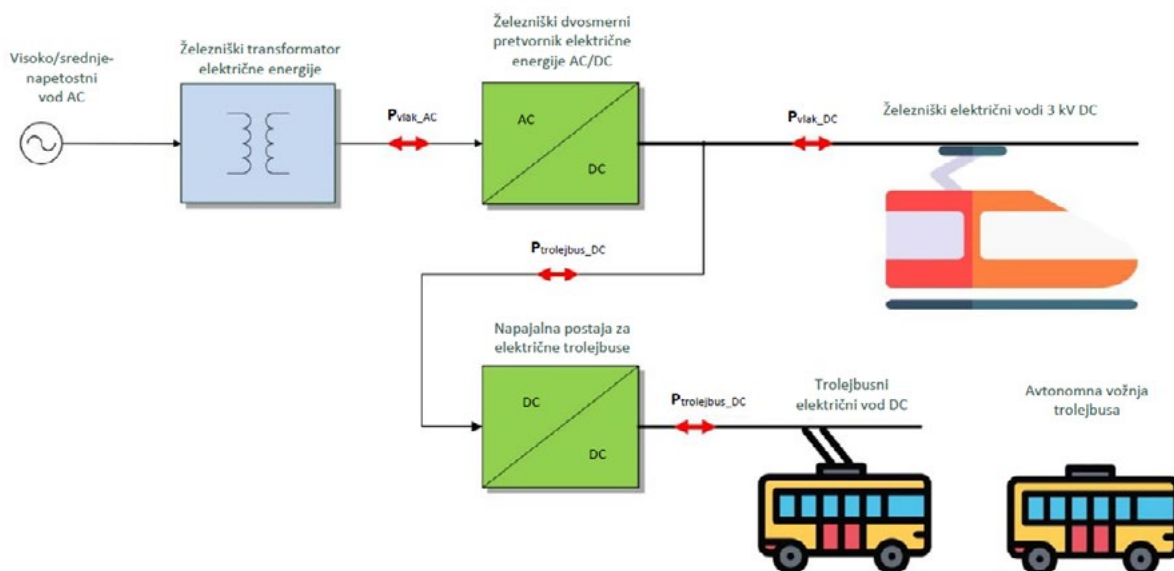
- Odgovornost, kar zadeva lokacijo in čas, zanesljivost v primeru prekinitve napajanja,
- Učinkovita in uravnotežena porazdelitev električne energije

Glavna finančna prednost je:

- Znižanje nabavne cene energije (količino si delita podzemna železnica/tramvaj in električni avtobusi).

Rešitev 2 - Električna energija iz obstoječega omrežja javnega prevoza (tramvaj ali podzemna železnica) za napajanje električnih vozil, hibridnih trolejbusov

Povezave med obstoječim omrežjem železnice, tramvaja ali podzemne železnice s trolejbusnim omrežjem bi lahko nadgradili tako, da bi trolejbus opremili z dodatno pogonsko baterijo, ki bi omogočala delovanje pod nadzemnimi vodi in brez povezave z nadzemnimi vodi (avtonomno). Glavni cilj tega sklopa je razširiti mestne in regionalne linije električnih avtobusov ter tako nadomestiti sedanje linije dizelskih avtobusov brez potrebe po gradnji dodatne nadzemne infrastrukture. Za znižanje stroškov izvedbe bi lahko (hibridno) trolejbusno omrežje združili z železniškim sistemom.



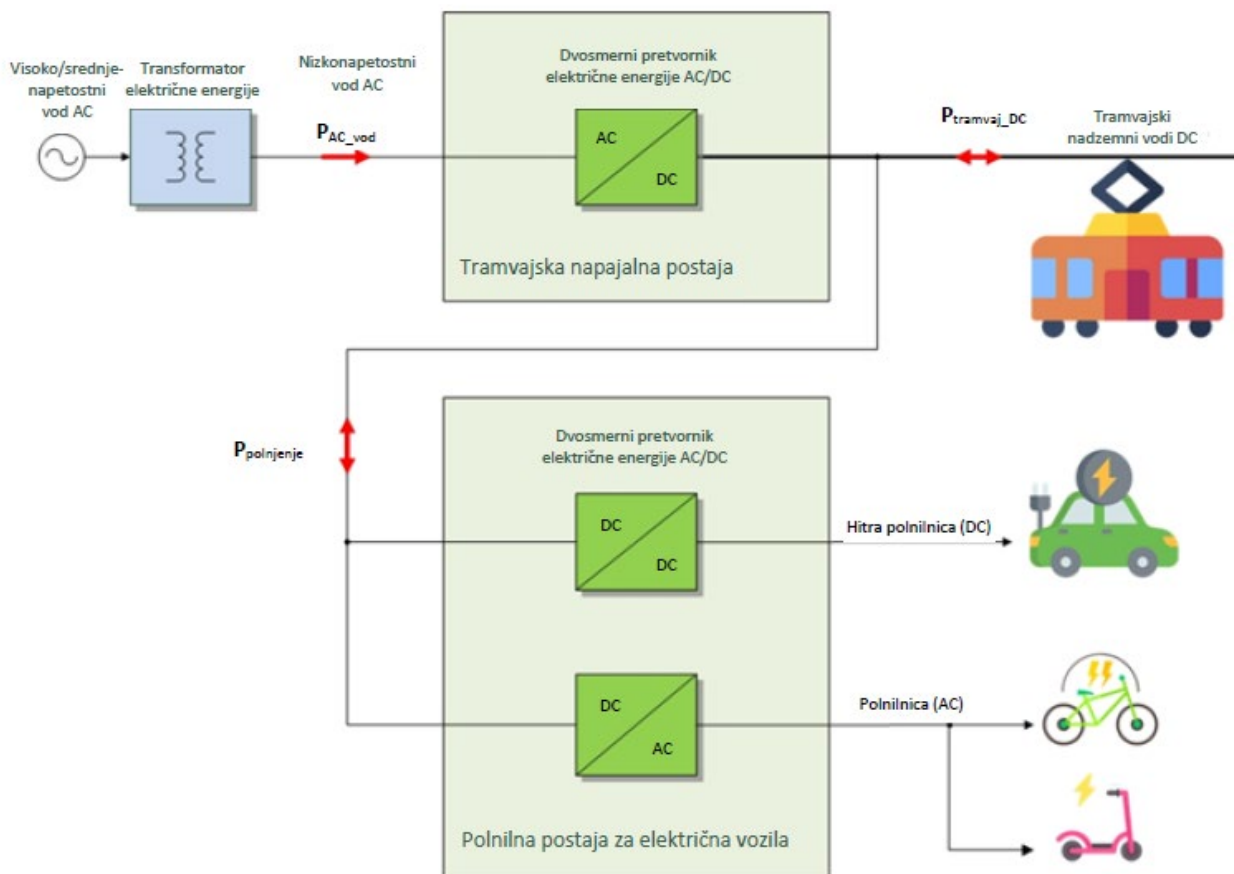
Slika 2: Povezava trolejbusov, ki se polnijo med vožnjo, z železniškim sistemom

Pričakovane koristi:

Tehnologija hibridnih trolejbusov je dovolj razvita in komercialno dostopna za uporabo. Poleg tega so električna vozila z vidika razpoložljivosti, učinkovitosti in zanesljivosti enaka ali boljša od dizelskih vozil, hkrati pa zahtevajo manj vzdrževanja. Ugotovljene so bile manjše pomanjkljivosti pri upravljanju, dimenzioniranju in združljivosti litij-ionskih baterij v starejših vozilih, vendar jih bo mogoče kmalu odpraviti z razvojem baterijske tehnologije.

Rešitev 3 - Električna energija iz obstoječega omrežja javnega prevoza (tramvaj ali podzemna železnica) za napajanje multimodalnega vozlišča za polnjenje

Gre za tehnološki koncept, ki omogoča večnamensko uporabo električnih omrežij javnega prevoza (podzemna železnica, tramvaj ali trolejbus) za napajanje drugih vrst električnih vozil, na primer gospodarskih vozil, osebnih avtomobilov in taksijev. Električna vozila, obravnavana v tej rešitvi, se razlikujejo glede na primer uporabe in vključujejo električne avtomobile, kolesa in dostavna vozila.



Slika 3: Hitro polnjenje električnih vozil iz nadzemnih vodov tramvajskega omrežja

Pričakovane koristi:

Najprej je treba pojasniti, ali je mogoče uporabiti električno omrežje za zadovoljevanje potreb polnilne infrastrukture po električni energiji, zlasti na lokacijah, ki so priključene na običajno električno omrežje.

Tehnologija A	Tehnične ovire	Pravne ovire
Multimodalna raba	<ul style="list-style-type: none"> Pomanjkanje tehničnih standardov za priložnostno polnjenje. Združljivost med različnimi proizvajalci. Potrebne spremembe trenutnega voznega reda. Obremenitev omrežja - omejene možnosti polnjenja. 	<ul style="list-style-type: none"> Prodaja ali distribucija energije tretjim (avtobusnim) operaterjem. Uporaba okoljskih koristi za podaljšanje nadzemnih vodov (ni enostavno).

1.1.2 Tehnologija B – Večfunkcijska raba infrastrukture javnega prevoza

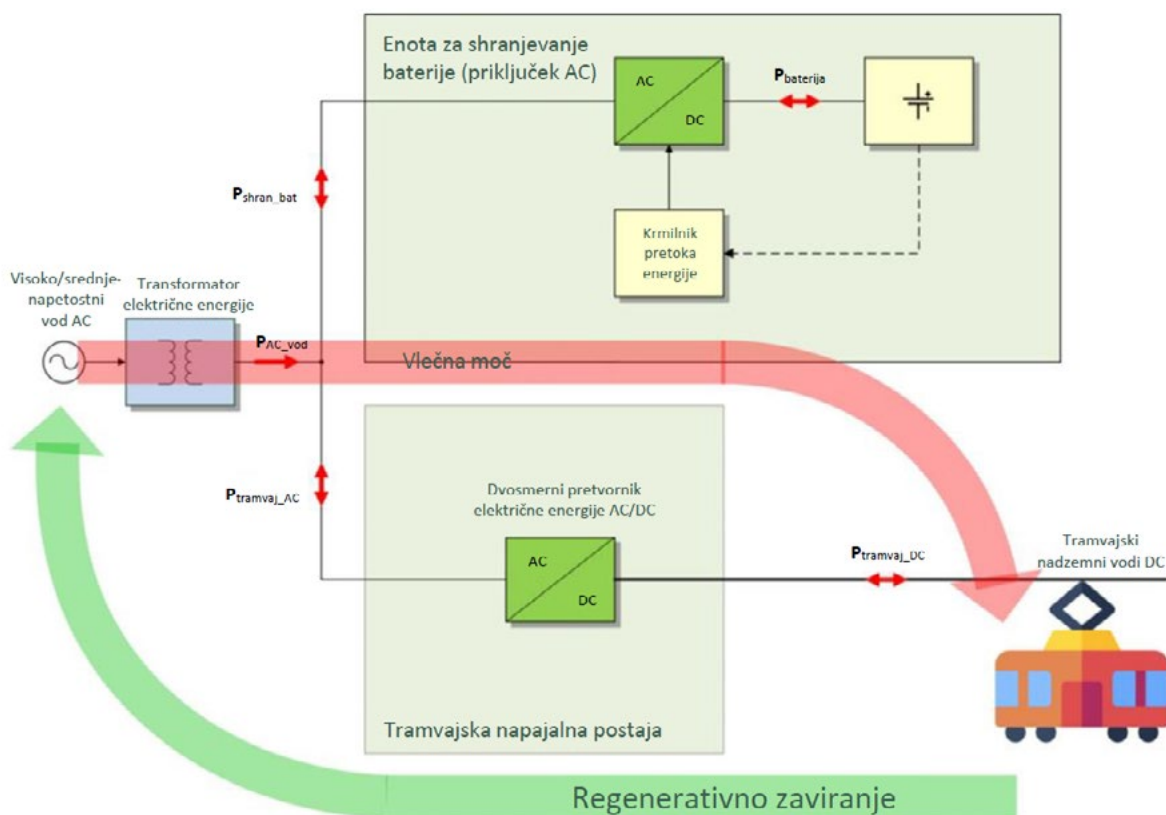
Tehnologija se nanaša na učinkovitejšo uporabo polnilne infrastrukture obstoječega omrežja javnega prevoza, kot so podzemna železnica, tramvaj, trolejbus, železnica ali vzpenjača.

Rešitev 4 - Integrirana regenerirana zavorna energija

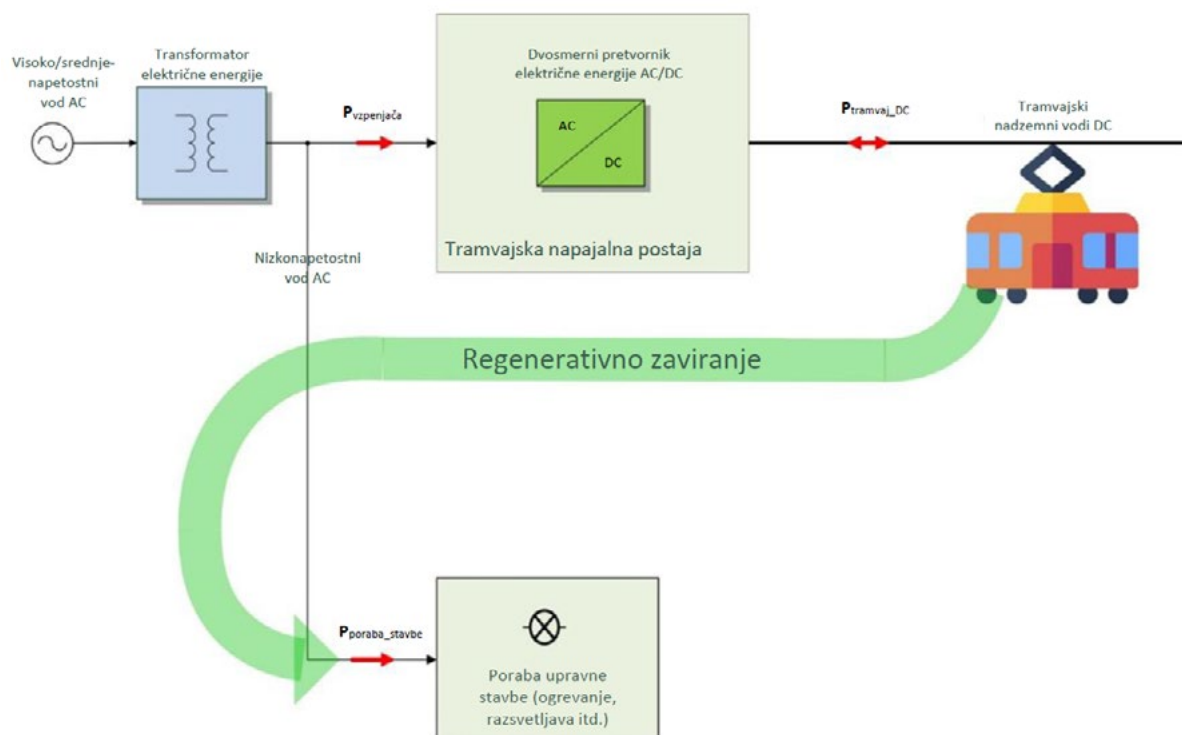
Tehnologija združuje različne ukrepe in tehnične sisteme, ki povečujejo uporabo regenerirane zavorne energije v železniških vozilih (podzemna železnica, tramvaj) in avtobusih (trolejbus). Glavni cilj tega sklopa je povečati energijsko učinkovitost sistema javnega prevoza z učinkovitejšo uporabo regenerirane zavorne energije njegovih vozil.

Opredeliti je mogoče tri vrste uporab:

- Uporabe mobilnega shranjevanja
- Uporabe stacionarnega shranjevanja
- Stacionarne uporabe „nazaj v omrežje“.



Slika 4: Uporabe stacionarnega shranjevanja



Slika 5: Stacionarne uporabe „nazaj v omrežje“

Pričakovane koristi:

Koristi, ki se pričakujejo od uporab, so predstavljene v naslednjih točkah (François-Olivier Devaux (STIB), marec 2011):

Mobilno shranjevanje:

- Visoka učinkovitost zaradi manjših splošnih izgub, saj se energija shranjuje v vozilu.
- Na nekaterih odsekih proge je vozilo mogoče upravljati brez nadzemnih vodov.
- Stabilizacija napetosti z blaženjem padcev napetosti.
- Zmanjšanje največjega povpraševanja po električni energiji s porazdelitvijo obremenitev v določenem obdobju.
- Možno zmanjšanje zavornih upornosti v vozilu.

Uporabe stacionarnega shranjevanja:

- Uporabljajo ga lahko vsa vozila, ki obratujejo na progi, stabilizacija napetosti z ublažitvijo padcev napetosti.
- Zmanjšanje največjega povpraševanja po električni energiji s porazdelitvijo obremenitev v določenem obdobju.
- Zmanjšanje števila transformatorskih postaj ali omogočanje dodajanja vozil brez nadgradnje elektroenergetskega sistema.
- Zmanjšanje odpadne toplote, izogibanje ogrevanju predorov in postaj.
- Možno zmanjšanje zavornih upornosti ob progi.
- Manjše varnostne omejitve v primerjavi s sistemi v vozilu.
- Izvajanje, vzdrževanje in popravilo ne vplivajo na delovanje (način izklopa).

Stacionarne uporabe „nazaj v omrežje“:

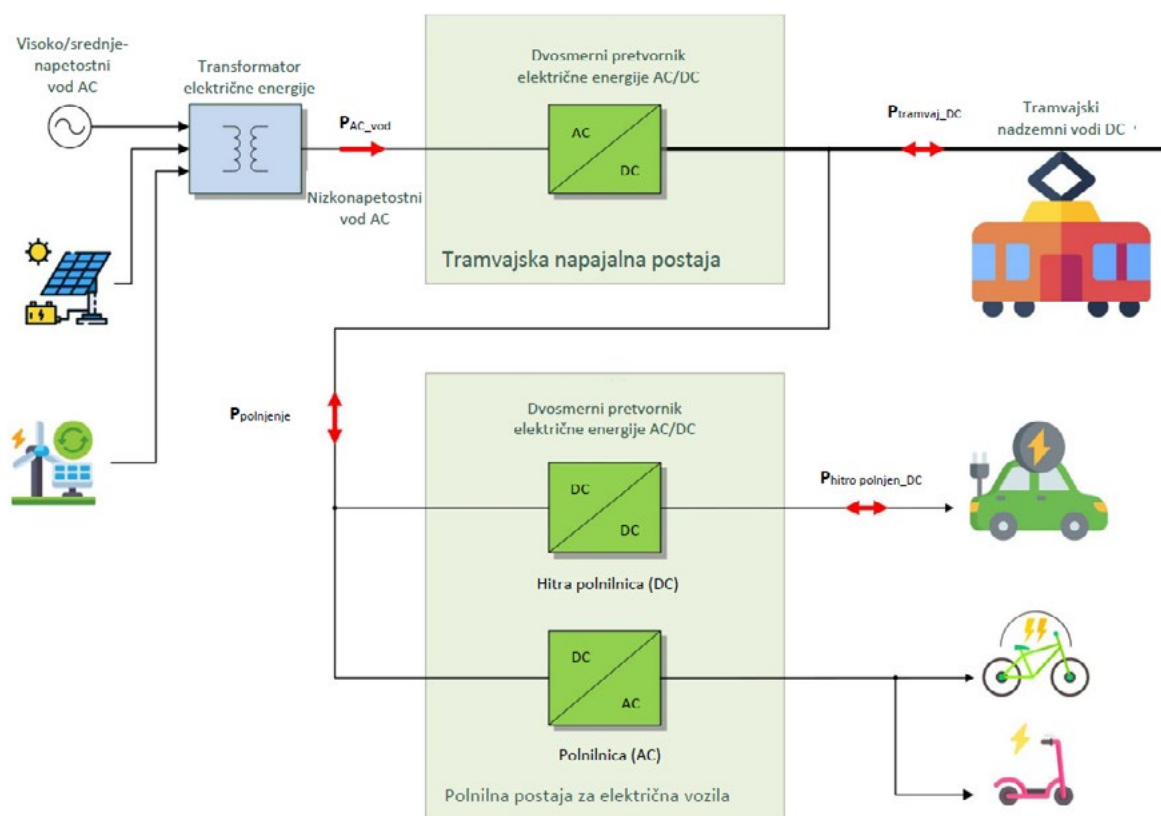
- Uporabljajo jih lahko vsa vozila na liniji.
- Bolj energijsko učinkovite zaradi manjših transformacijskih izgub kot v primeru shranjevanja energije.
- V primerjavi s shranjevanjem energije zmanjšanje odpadne toplote (izogibanje ogrevanju predorov...).
- Možno zmanjšanje zavornih upornosti ob progi.
- Nižje varnostne zahteve v primerjavi s sistemi v vozilu.
- Izvajanje, vzdrževanje in popravilo ne vplivajo na delovanje (način izklopa).

Rešitev 5 - Pametno omrežje (fotonapetostne naprave, OVE, Mobility 2 Grid, Vehicle 2 Grid)

Energija iz obnovljivih virov in elektromobilnost za pametno mestno okolje. Z naraščajočo elektromobilnostjo je mogoče razviti integriran energetske in prevozne sistem. Razvoj in izvajanje inovativnih rešitev za zagotavljanje cenovno dostopne in varne oskrbe z električno energijo, toploto in prevozom, ki v celoti temeljijo na energiji iz obnovljivih virov.

Pričakovane koristi (Massink, 14. januar 2019):

- Zmanjšanje skupnih stroškov lastništva vozniških parkov, baterij, fotonapetostne naprave...
- Proizvajalci originalne opreme avtomobilov lahko prodajajo vozila z dodano vrednostjo.
- Udeleženci na trgu energije lahko trgujejo in optimizirajo svojo bilanco stanja.
- Upravljalci omrežja lahko optimizirajo in stabilizirajo omrežje.



Slika 6: Priključitev polnilnih postaj za električna vozila na obstoječo infrastrukturo javnega prevoza



Tehnologija B	Tehnične ovire	Pravne ovire
Multimodalna raba	<ul style="list-style-type: none"> Visoke varnostne omejitve za uporabo mobilnega shranjevanja (potniki v vozilu); Izgube nadzemnih vodov (zaradi velikih razdalj med vozili/postajami); Ni stabilizacije napetosti za sisteme „nazaj v omrežje“. 	<ul style="list-style-type: none"> Zaradi strožjih pravil in izvajanja lahko pride do višjih stroškov ali opustitve projekta; Standardi dvosmernega prenosa energije med različnimi načini z uporabo standarda ISO 15118-20.

1.1.3 Tehnologija C – Inovativno polnjenje med vožnjo za javni prevoz

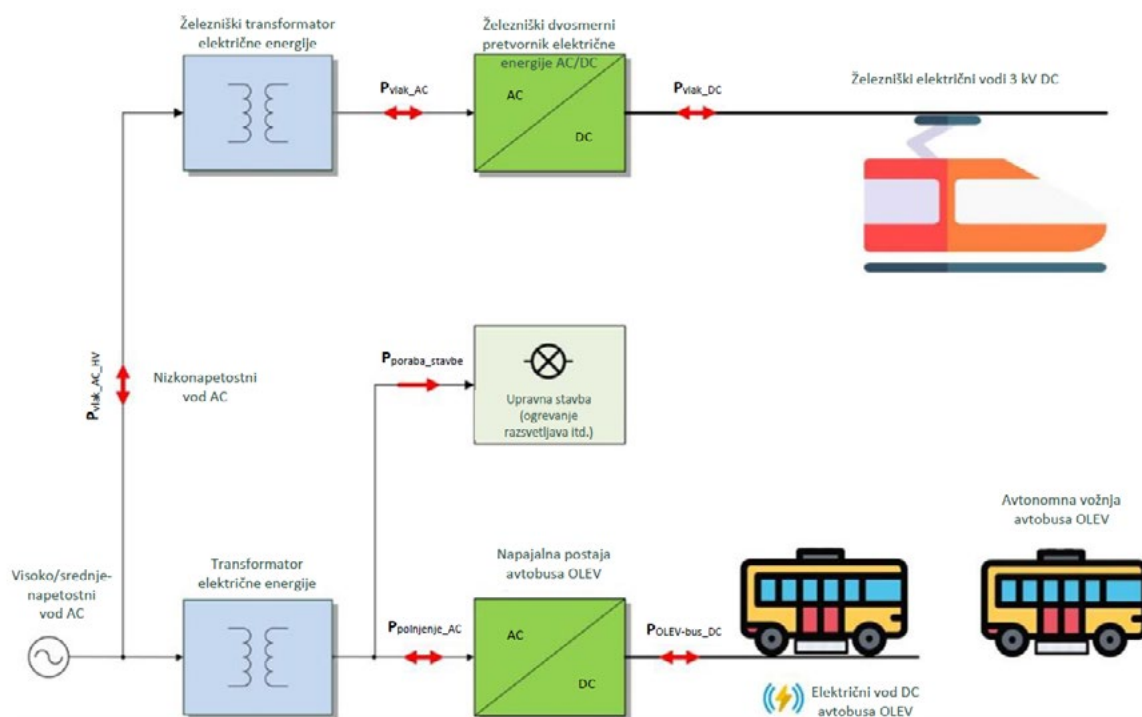
Tehnologija se nanaša na koncept polnjenja vozil za javni prevoz med vožnjo po cesti (v gibanju), pri čemer so možne nove inovativne rešitve, ki bodo omogočile multimodalno in vsestransko uporabo vozil za javni prevoz v prihodnosti.

Rešitev 6 - Induktivno talno polnjenje med vožnjo (OLEV)

Obstaja več načinov gradnje elektrificiranih cest. Pri induktivni tehnologiji se prenaša magnetna energija.

Opozoriti je treba, da vsi razviti koncepti OLEV delujejo pri frekvenci 20 kHz.

Opozoriti je treba, da se trenutno razvija šesta generacija te tehnologije. Glavni cilj je zagotoviti skladnost z novim standardom SAE J2954 za stacionarno induktivno polnjenje električnih vozil. Zato je treba poudariti, da bo šesta generacija tehnologije OLEV temeljila na tirnicah brez jedra brez toge magnetne strukture v cestišču.



Slika 7: Induktivno talno polnjenje med vožnjo

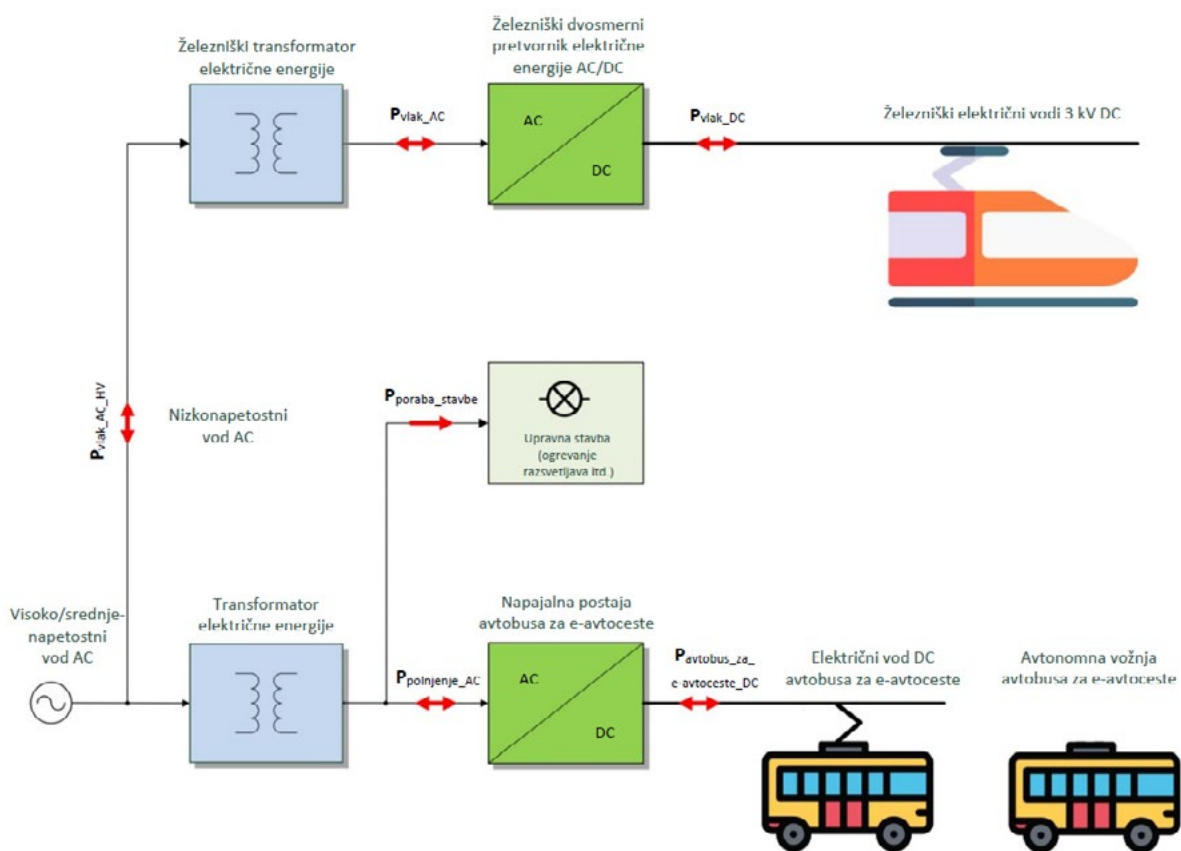
Pričakovane koristi:

Pričakuje se, da bosta sistema za stacionarni in dinamični induktivni prenos moči na električna cestna vozila združljiva. Standard za stacionarno induktivno polnjenje zahteva delovno frekvenco 85 kHz, kar zahteva tudi temeljite premisleke in kompromise v primerjavi z obstoječimi sistemi OLEV, ki delujejo pri 20 kHz.

Rešitev 7 - Konduktivno nadzemno polnjenje med vožnjo na avtocestah (e-avtoceste)

Tehnologija, ki temelji na nadzemnih vodih, se lahko šteje za najbolj zrelo, saj temelji na izkušnjah, pridobljenih pri obratovanju nadzemnih vodov za napajanje vlakov, tramvajev ali trolejbusov.

Glavna razlika med infrastrukturo cestnih vozil v primerjavi z vlaki ali tramvaji je v tem, da železniški sistemi potrebujejo le en vod z drsnim kontaktom, saj so tiri običajno povratna pot za tok, medtem ko sta za dinamični prevodni prenos energije na cestna vozila potrebna dva ločena voda. Ključni sestavni del sistema je novo razviti odjemnik toka. Zagotavlja varnost med spenjanjem in odpenjanjem z nadzemnih vodov pri hitrosti od 0 do 90 km/h (Akerman, 2015).



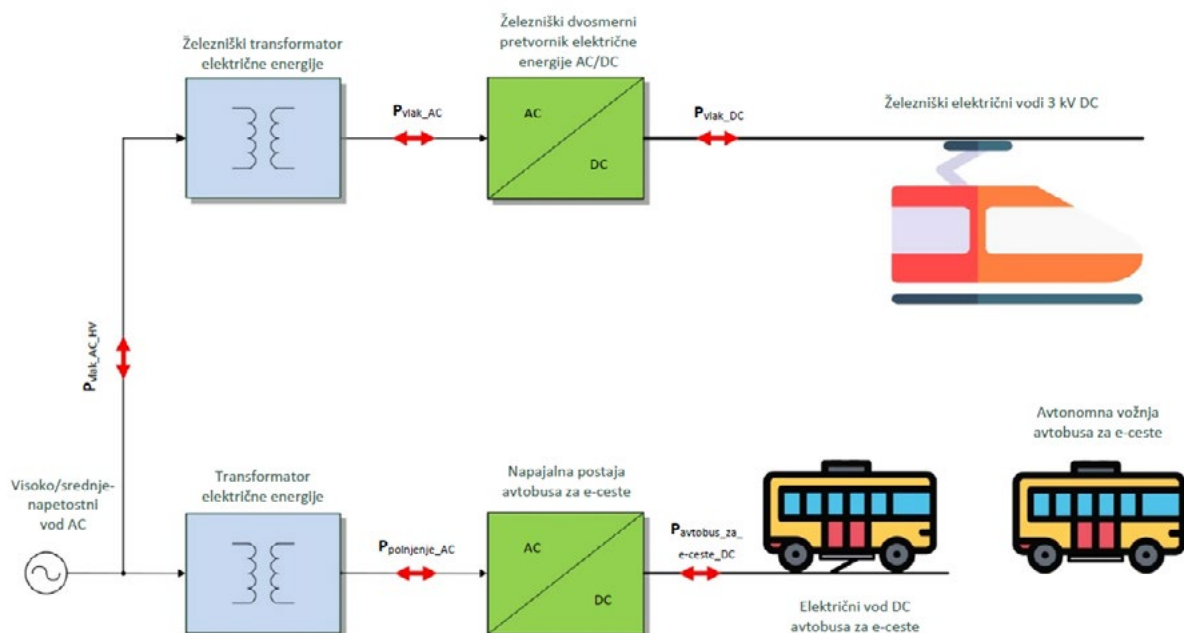
Slika 8: Konduktivno nadzemno polnjenje med vožnjo na avtocestah

Pričakovane koristi:

Pričakuje se, da bodo imeli tovornjaki in morda avtobusi, ki uporabljajo nadzemne vode, zelo podobne vmesnike med sistemom odjemnika toka in pogonskim sistemom na vozilu, čeprav z nekaterimi prilagoditvami, odvisnimi od proizvajalca. Pričakuje se, da bodo vozila imela vgrajene baterije z nazivno napetostjo med 400 in 900 V. Vmesnik za pogonski sistem bo najverjetneje pretvornik enosmernega toka, ki bo zagotavljal prilagajanje napetosti in nadzor nad tokom iz nadzemnih vodov.

Rešitev 8 - Konduktivno talno polnjenje med vožnjo (multimodalno)

Druga konduktivna tehnologija omogoča oskrbo z električno energijo od spodaj prek žic v cestišču. Takšni sistemi se že uporabljajo za mestne tramvaje, da bi se izognili vizualnemu učinku drogov in nadzemnih žic, ki so potrebni za sisteme nadzemnih vodov. Eden od konceptov, ki se razvija, temelji na prilagoditvi tehnologije za tramvaje, medtem ko se drugi sistemi razvijajo posebej za cestna vozila.



Slika 9: Konduktivno talno polnjenje med vožnjo

Pričakovane koristi:

- Možnost uporabe infrastrukture za vozila različnih velikosti.
- Izogibanje polaganju nadzemnih električnih vodov in s tem povezanim vizualnim učinkom.

Tehnologija C	Tehnične ovire	Pravne ovire
Inovativno polnjenje med vožnjo	<ul style="list-style-type: none"> Slaba učinkovitost prenosa energije v realnih razmerah; Za brezžično polnjenje je treba v vozilo vgraditi dodatni polnilnik (dodatni strošek); Načrtovanje, delovanje in stroški sistema za distribucijo električne energije; Ni jasne vizije multimodalnosti. 	<ul style="list-style-type: none"> Standardizacija infrastrukture in sistemov v vozilu; Interoperabilnost različnih konceptov.

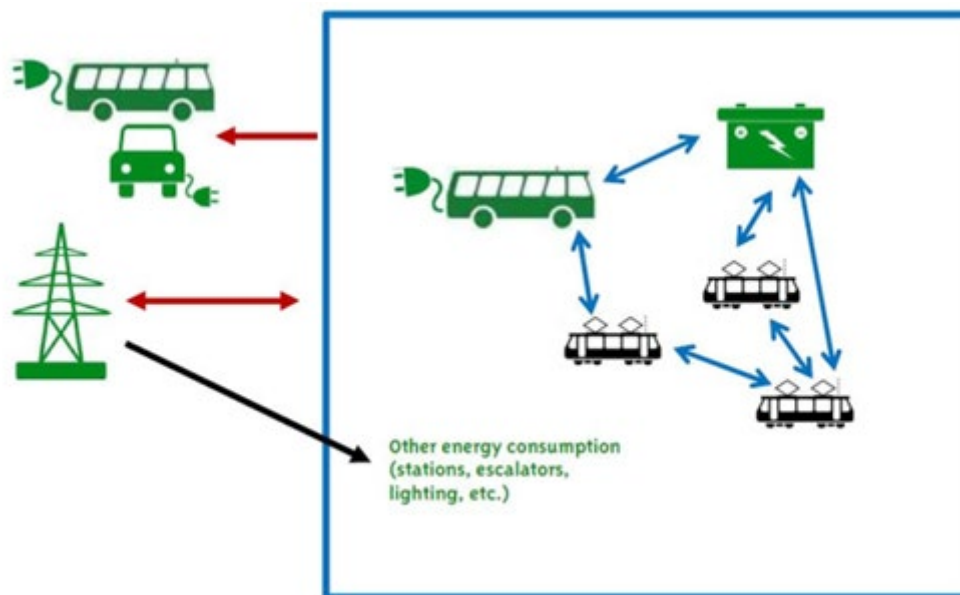
1.2 Večnamenska raba infrastrukture javnega prevoza po svetu

Oberhausen: Tehnologija A (Rešitev 1) - Uporaba tramvaja za hitro polnjenje električnega avtobusa

V mestnih avtobusnih sistemih so se najprej uporabljala dizelska vozila. Da bi zmanjšali odvisnost od fosilnih goriv ter onesnaževanje z dušikovimi oksidi, trdnimi delci in hrupom na mestnem območju, so se v mestih začeli uporabljati električni avtobusi. Polnilna energija iz nadzemnega voda tramvaja se pretvori na avtobusnem postajališču ali odvzame iz transformatorske postaje na postajališču, tako da električnih avtobusov med rednim obratovanjem ni treba polniti v avtobusnem depolu.

Leipzig: Tehnologija A (Rešitev 1) - Uporaba tramvaja za popolno polnjenje omrežja mestnih električnih avtobusov

Energija iz obstoječega omrežja javnega prevoza (tramvaj ali podzemna železnica) za napajanje multimodalnega vozlišča za polnjenje. Uporaba tramvajskega omrežja za (ponovno) polnjenje električnih vozil. Glavni cilj je bil opredeliti pravne ovire in pravno ozadje v zvezi z večnamensko uporabo obstoječe tramvajске infrastrukture za prodajo energije iz tramvajskega omrežja tretjim osebam.



Slika 10: Steber A Priložnostno polnjenje električnih avtobusov z uporabo tramvajске infrastrukture

Barcelona: Tehnologija A (Rešitev 1) - Uporaba infrastrukture podzemne železnice za polnjenje 18-metrskih električnih avtobusov

Hitra priložnostna polnilna postaja v Barceloni - dva električna avtobusa opravljata svoje storitve s tem modelom delovanja. Ta vozila imajo baterijo z zmogljivostjo 125 kWh in so dolga 18 m. Osnovno dejstvo - manjša zmogljivost pomeni manj časa in energije pri vsakem polnjenju, vendar več polnjenj.



Slika 11: Polnjenje odjemnika toka v Barceloni kot del ambicioznega načrta za elektrifikacijo. Vir: TMB.

Szeged: Tehnologija A (Rešitev 2) - Električna energija iz obstoječega omrežja javnega prevoza za napajanje hibridnih trolejbusov

- Polnjenje električnih avtobusov med vožnjo.
- Nadgradnja trolejbusnega omrežja z baterijskimi avtobusi.
- Samodejno ožičenje/odstranitev ožičenja.
- Koristi tudi za državljane.
- Finančna in pravna izvedljivost.
- Neustrezna tehnologija za promet z nizko gostoto/obrobni promet (zgibni električni avtobusi).

Eberswalde: Tehnologija A (Rešitev 2) - Uporaba hibridnih trolejbusov

Polnjenje naprav za shranjevanje energije, ko avtobusi vozijo pod nadzemnimi vodi. Ko avtobusi zapustijo nadzemno omrežje, vso električno energijo in napajanje zagotavljajo le naprave za shranjevanje energije v vozilih. Zaradi tega je treba čim bolj zmanjšati shranjevanje energije in preprečiti izgube potniške zmogljivosti.

Oberhausen: Tehnologija A (Rešitev 3) - Multimodalna vozlišča

Električna energija iz obstoječega omrežja javnega prevoza (tramvaj ali podzemna železnica) za napajanje multimodalnega vozlišča za polnjenje. Obstoječa tramvajska infrastruktura za enosmerni tok se lahko uporablja tudi za hitro polnjenje drugih električnih vozil, kot so zasebni električni avtomobili in nizkoemisijška vozila.

- Električna energija iz obstoječega omrežja javnega prevoza za napajanje multimodalnih vozlišč za polnjenje.
- Tramvajski nadzemni vodi za hitro polnjenje električnih avtobusov in avtomobilov (Oberhausen).
- Električna energija iz 750-voltnih tramvajskih enosmernih nadzemnih vodov se pretvori za hitro polnilno postajo s 50 kW, ki jo lahko uporabljajo avtomobili in nizkoemisijška vozila.

- S sistemom prenapetostne zaščite.
- Nejasen pravni okvir in tveganja za poslovno rabo.

Barcelona: Tehnologija A (Rešitev 3) - Uporaba železnice za multimodalno polnjenje

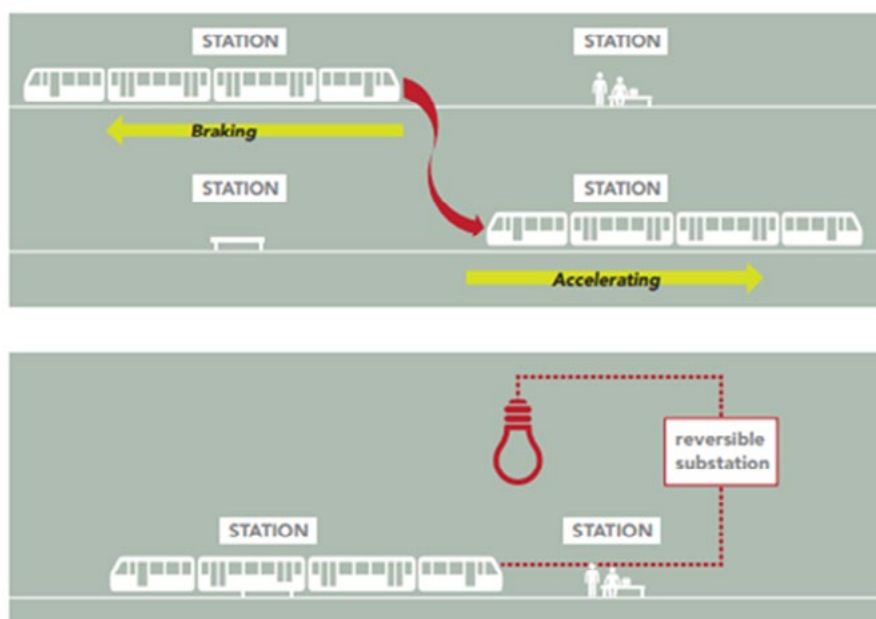
Energija iz električnega omrežja železniških naprav, ki se ne porabi za električno vleko, se lahko uporabi za polnjenje barcelonskega voznega parka električnih vozil.

- Določitev časovnih intervalov, razpoložljivih parkirišč in električnega omrežja železniške infrastrukture (tramvaj, podzemna železnica) za postavitev polnilnih mest.
- Uporaba neporabljene energije, dobavljene v električno omrežje.
- Udeleženi deležniki: izvajalec javnega prevoza, upravljavec parkirišča in končni uporabnik.
- Različne sheme upravljanja polnjenja za zasebna vozila in javni vozni park:
- Izvajalec javnega prevoza za javni vozni park upravljavca parkirišča, izvajalec javnega prevoza za zasebnega uporabnika električnega vozila, izvajalec javnega prevoza za upravljavca parkirišča za javni/zasebni vozni park.
- Pravne ovire.

Rotterdam: Tehnologija B (Rešitev 4) - Infrastruktura javnega prevoza z integrirano regenerirano zavorno energijo

Vsi vlaki podzemne železnice, ki se uporabljajo v rotterdamskem omrežju, imajo možnost električnega zaviranja z uporabo tehnik regenerativnega zaviranja. Regeneracija zavorne energije je lahko odlična priložnost za zmanjšanje porabe energije v podzemni železnici.

- Obnovljena kinetična energija pri zaviranju poganja pomožne naprave vozila, preostala energija pa se pošlje v električno omrežje za pospeševanje bližnjih vlakov.
- V nasprotnem primeru se napetost v omrežju poveča zaradi presežka energije, ta dodatna energija pa se razprši v zavornih uporih.
- Preizkušene rešitve: sistemi shranjevanja s superkondenzatorji vzdolž tramvajskega omrežja - brez večjih koristi, vztrajniki?
- Shranjevanje ni potrebno, samo pretvorniki.
- Simulacija za optimalno lokacijo (na dveh transformatorskih postajah).



Slika 12: Sistem zavorne regeneracije v omrežju rotterdamske podzemne železnice (vir: Virgil Grot, Regie & Ontwikkeling, 2014)

Torino: Tehnologija B (Rešitev 5) - Tehnologija „Vehicle 2 Grid“ z vgrajenim OVE

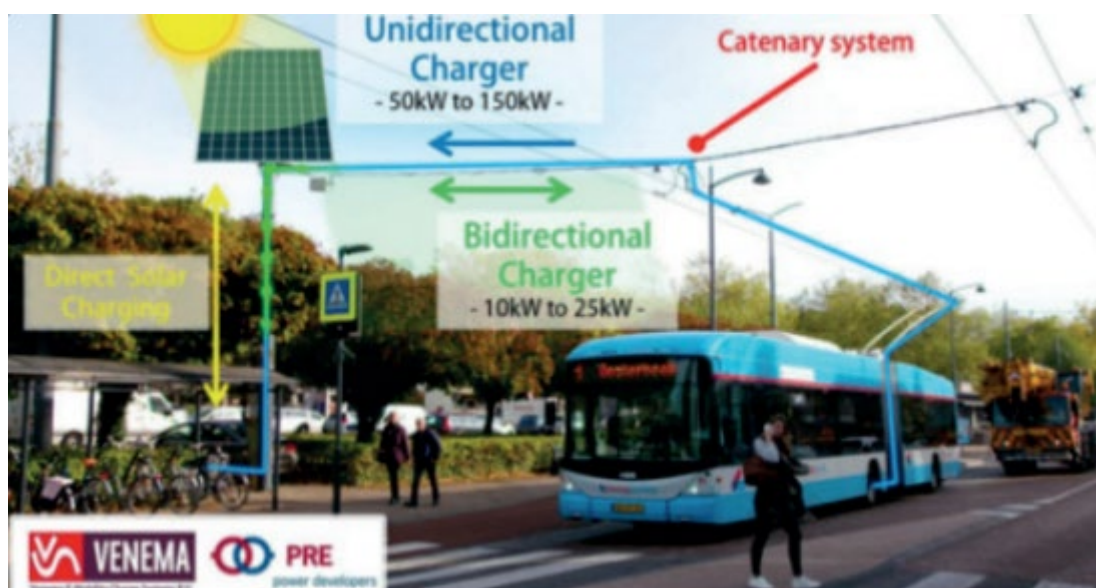
Dvosmerna tehnologija - ki polni avtomobil in vrača energijo v omrežje.

- Avtomobilska industrija (FCA) + ponudniki električne mobilnosti in tehnologije (ENGIE EPS) in upravljavec omrežja (TERNA).
- Dvosmerna tehnologija - ki polni avtomobil in vrača energijo v omrežje.
- Uporaba baterij za stabilizacijo omrežja - optimizacija obratovalnih stroškov uporabnikov avtomobilov.
- Namestitev 32 stebričkov V2G, ki lahko priključijo 64 vozil (cilj 700 vozil).
- 5 MW zmogljivosti sončnih panelov (za 8500 gospodinjstev).

Arnhem: Tehnologija B (Rešitev 5) - Večnamenska uporaba pametnih trolejbusnih omrežij

Večnamensko polnjenje drugih električnih vozil iz vašega trolejbusnega omrežja:

- Infrastruktura trolejbusnih omrežij bi lahko zagotovila stroškovno učinkovito rešitev.
- Prilagodljiva storitev na zahtevo, ki dopolnjuje in razširja redne storitve javnega prevoza.
- Vgrajena hitra polnilnica za vozila deluje prek trolejbusno-tramvajskega omrežja z enosmernim tokom. Ker gre za sistem z enosmernim tokom, so izgube energije manjše kot pri običajnih sistemih polnjenja.
- Ko je polnilna postaja priključena na trolejbusno-tramvajsko omrežje, ne potrebuje povezave s klasičnim elektroenergetskim omrežjem.
- Trolejbusno-tramvajsko omrežje lahko pozitivno vpliva na uporabo obnovljivih virov energije, saj ustvarja osnovno obremenitev za obnovljive vire energije, namesto da bi jih dovajalo v omrežje.



Slika 14: Konceptna risba večnamenske polnilnice (Vir: VENEMA/PRE Power; trolley:2.0)

Industrijska rešitev: Tehnologija C (Rešitev 6)

Glavne uporabe so bile namenjene stacionarnemu priložnostnemu polnjenju sistemov javnega prevoza, kot so tramvaji, avtobusi in tovornjaki (800 m proge v Augsburgu, ki jo je izdelal Bombardier).

- Prenos 200 kW na vozilo.
- Zračna razdalja 6 cm (tramvaji), 10 cm tovornjaki.
- Možna integracija s stacionarnim (priložnostnim) polnjenjem avtobusov.



Slika 15: Električni avtobus z induktivnim polnjenjem v Braunschweigu. Vir: Rupprecht Consult.

Dežela Hessen, Nemčija: Tehnologija C (Rešitev 7) - Inovativni pristop k infrastrukturi javnega prevoza za napajanje e-cest (avtocest)

Cilj projekta ELISA je proaktivno podpirati vizijo podnebno nevtralne vožnje kot dela logističnih vrednostnih verig ob ohranjanju prevoznih zmogljivosti. Cilj projektnih partnerjev je vzpostavitev električnega prometnega sistema z infrastrukturo nadzemnih vodov.

- E-avtocesta Hessen je bila zgrajena na razdalji približno desetih kilometrov na avtocesti A5.
- Odobrena in zgrajena je bila v dveh letih. To je pokazalo, da je tovrstno električno cesto mogoče postaviti v kratkem času, tudi na prometnih cestah.
- Interoperabilnost z javnim prevozom?



Slika 16: Testna proga za e-avtoceste ELISA 2020. Vir: M. Werner (TU Dresden)

Švedska: Tehnologija C (Rešitev 8) - E-cesta ARLANDA-SE

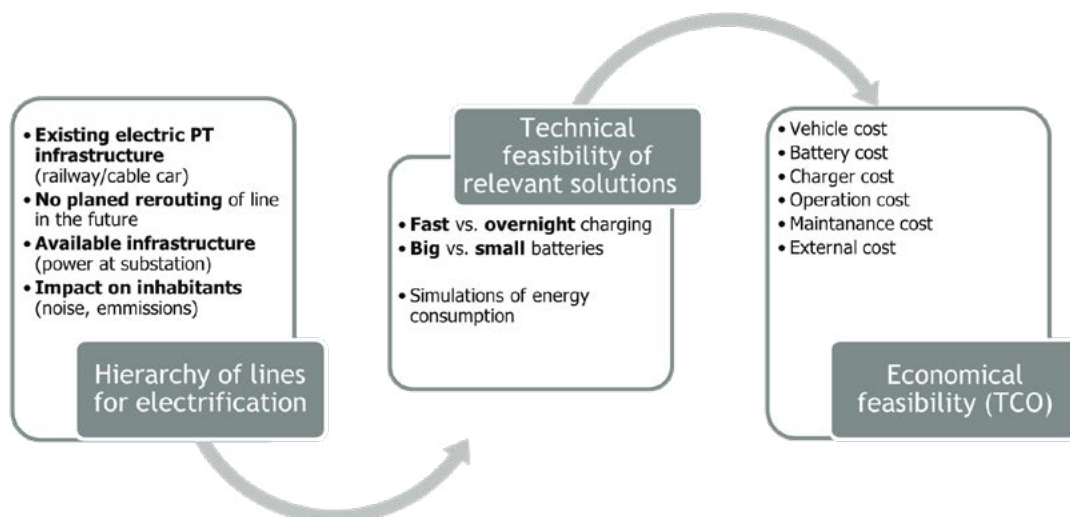
Inovativno polnjenje med vožnjo za javni prevoz; konduktivni talni drsni kontakti. Inovativne tehnike temeljijo na konduktivni tehnologiji, ki uporablja električno tirnico, vgrajeno v cestišče, za napajanje in polnjenje vozil med vožnjo. Sistem je zasnovan tako, da lahko oskrbuje tudi težji promet, kot so tovornjaki, deluje pa tudi za avtomobile in avtobuse. Pomaga lahko tudi pri vožnji v klanec.

- Konduktivna tehnologija, ki uporablja električno tirnico, vgrajeno v cestišče, za napajanje in polnjenje vozil med vožnjo.
- Polnjenje s „premično roko“.
- Švedski cilj do leta 2030 je promet brez fosilnih goriv.
- Prvotno je bil izdelan za tovornjake, vendar je primeren tudi za avtomobile in avtobuse.
- 10 km testne proge - 18-tonski tovornjaki, 2 km elektrificirane proge.

2. Primer uporabe Maribor - Prilagoditev postaje vzpenjače v večnamensko infrastrukturo javnega prevoza

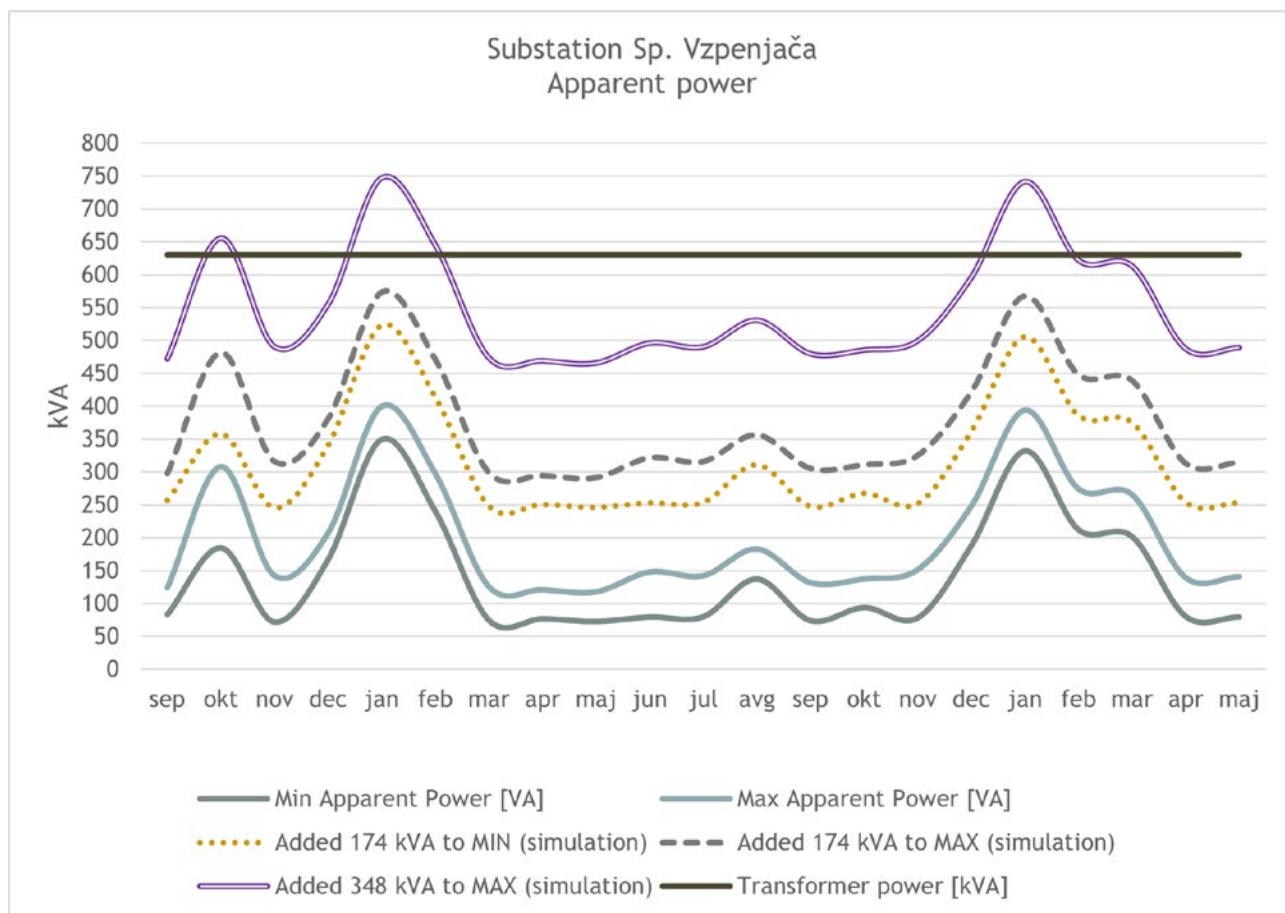
V okviru pilotnega projekta je bila uporabljena tehnologija A. Pilotni projekt se osredotoča na večnamensko hitro polnjenje električnih avtobusov, pri čemer transformatorska postaja trenutno služi kot polnilna postaja za vzpenjača in souporabo električnih avtomobilov. Ker je načrtovana elektrifikacija avtobusne linije 6, je hitra polnilnica električnih avtobusov nameščena na postaji Vzpenjača, kjer je tudi postaja vzpenjače. Glavni izziv pilotnega projekta je bila izvedba hitre polnilnice električnih avtobusov za večnamensko uporabo in merjenje stabilnosti omrežja v različnih okoliščinah. Pri meritvah stabilnosti omrežja pred in po uvedbi polnilnice električnih avtobusov je bila izmerjena poraba energije obstoječih porabnikov (postaja vzpenjače, souporaba električnih avtomobilov), drugih občasnih porabnikov (porabniki med večjimi dogodki - npr. avtodomi med kolesarskim spustom in zimsko sezono) in nove inovativne polnilnice električnih avtobusov (glede na različne dnevne razmere polnjenja).

Pripravljen je bil izbor koncepta polnjenja, ki je bil izveden v treh korakih. Najprej smo določili progo, na kateri bi elektrifikacija najbolj vplivala na zmanjšanje hrupa in emisij za prebivalstvo, ki je bila ob že zgrajeni infrastrukturi javnega prevoza in se v prihodnosti ne bi bistveno spremenila. Nato smo analizirali različne možnosti polnjenja za izbrano pot in določili, katere možnosti so tehnično izvedljive. Na podlagi tehničnih rešitev smo nato izbrali koncept polnjenja na podlagi analize stroškov življenjskega cikla.



Slika 17: Metodologija za elektrifikacijo javnega prevoza v Mariboru

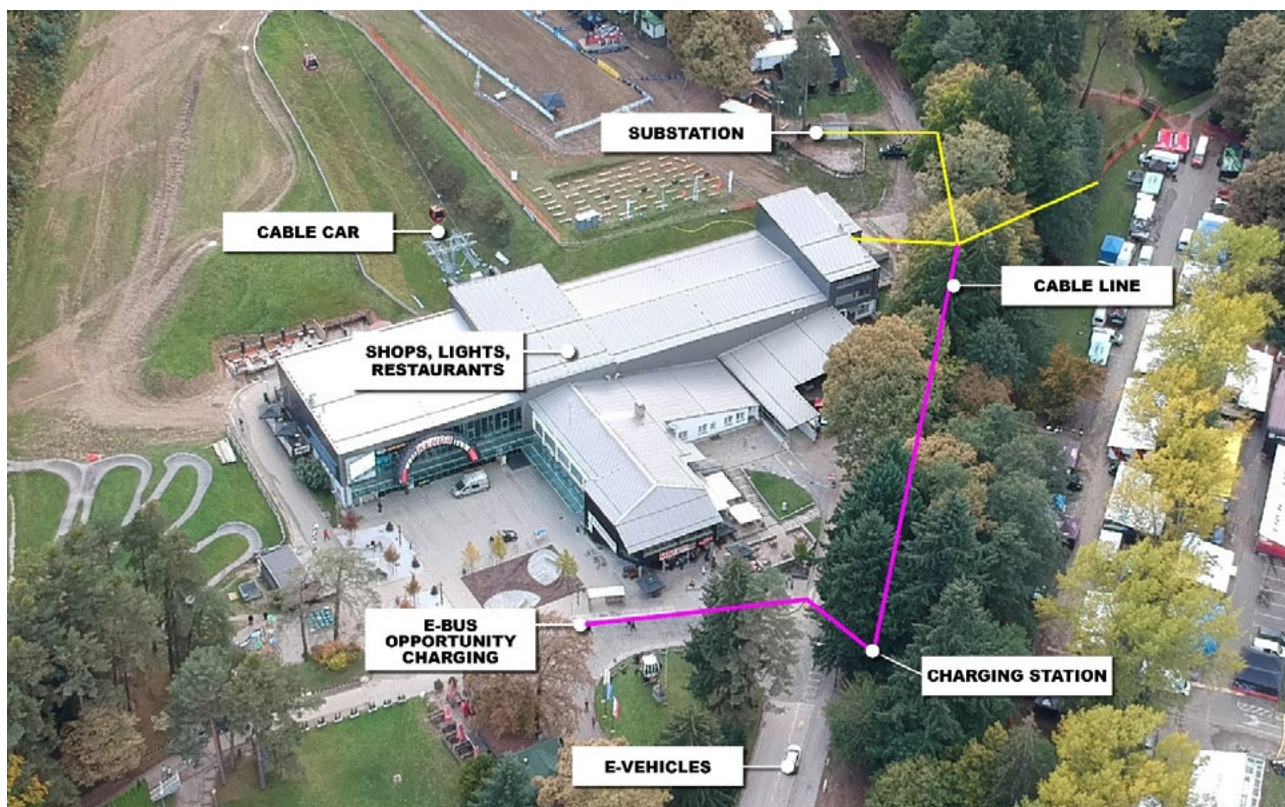
Izvedba in namestitve merilne naprave v transformatorski postaji Vzpenjača je bila zaključena konec septembra 2020. Merilna naprava se uporablja za merjenje moči, toka, temperature in drugih parametrov v transformatorski postaji. Nastavljena je tako, da spremlja skupno porabo Pohorske vzpenjače. Po začetku delovanja hitre polnilne postaje bosta na voljo dva števca: eden za polnilno postajo in eden za vse druge porabnike skupaj. Vendar bo vsota njunih meritev predstavljala skupno obremenitev transformatorske postaje. Lokalno beleženje podatkov o porabi se bo prek omrežja LTE prenašalo na strežnik na Univerzi v Mariboru. Spodnji graf prikazuje porabo električne energije v voltamperih med septembrom 2020 in majem 2022.



Slika 18: Navidezna moč

Največja konična obremenitev v tem obdobju je januarja 2021 znašala 399 kVA, podobna konična obremenitev pa je bila tudi januarja 2022. Smučarski center Pohorje je v tem času (konec tedna) zagnal snežne topove, da bi bil pripravljen na novo zimsko sezono. Z upoštevanjem maksimalne konične obremenitve na podlagi zgornjega grafa in 150-kW polnilne postaje (174 kVA) bi bila navidezna moč 573 kVA, kar ustreza obstoječemu transformatorju 630 kVA. Če želimo povečati kapaciteto polnilne postaje za 300 kW, torej do največje navidezne zmogljivosti polnilne postaje 348 kVA, bi konična obremenitev lahko znašala 747 kVA. Obstoječi 630 kVA transformator bi bil neustrezen in bi ga bilo potrebno zamenjati z novim 1 000 kVA transformatorjem.

Glede na tehnične rešitve, ki so na voljo na trgu, se je občina odločila za dve hitri polnilnici in niz baterij LTO. Mestna občina Maribor je izvedla javni razpis za pripravo projektne dokumentacije za hitre polnilne postaje pod Pohorsko vzpenjačo, na glavni avtobusni postaji in v delavnici Marproma v Mariboru. Usklajevalni sestanek z izbranim ponudnikom je potekal septembra 2020. Predstavniki Mestne občine Maribor in Univerze v Mariboru so podrobno predstavili projekt EfficienCE in projektne pogoje za pripravo strokovne dokumentacije.



Slika 19: Pogled na hitro polnilnico na postaji Vzpensjača

V začetku februarja 2022 je bil na glavni avtobusni postaji uspešno nameščen prvi odjemnik toka za hitro polnjenje električnih avtobusov v Mariboru z močjo 300 kW. Drugi odjemnik z močjo 150 kW je bil nameščen sredi februarja 2022 na postaji vzpenjače, kjer je bila izvedena integracija polnjenja za druga električna vozila in žičnice.



Slika 20: Namestitev odjemnika toka s hitrim polnjenjem na postaji vzpenjače v Mariboru



Slika 21: Preizkus nameščenega odjemnika toka s kupljenim avtobusom



Slika 22: Prikaz delovanja odjemnika toka

3. Sklepi

Tehnologije, ki so pomembne za uporabo večnamenske infrastrukture javnega prevoza, kažejo široko paleto možnosti in rešitev, ki so na voljo pri ponudnikih in se uporabljajo v različnih mestih. Ker se tehnologije razvijajo, so vplivi še vedno v začetni fazi (zlasti dinamična/premična večnamenska uporaba javnega prevoza). V prvem koraku je bilo predstavljenih osem tehničnih rešitev z opisom vsake tehnologije, ki so jim sledile glavne koristi, splošne naložbe ter tehnične in pravne ovire. V drugem koraku so bile za vsako tehnologijo predstavljene dobre prakse, pri čemer je bilo po opisu stanja tehnike predstavljeno stanje izvedbe, nato pa potencial za razširitev rabe. Vsaka tehnologija ima tako slabosti kot prednosti, izvedba pa je prilagojena lokalnim razmeram. Na podlagi poročila lahko vidimo, da mesta in dobavitelji nadgrajujejo obstoječo lokalno infrastrukturo javnega prevoza za večnamensko rabo, medtem ko so nove (zlasti) tehnologije mobilnega polnjenja v zgodnjih fazah.

Glede integracije energije, mobilnosti in logistike v večnamensko rabo infrastrukture javnega prevoza lahko sklepamo, da je integracija povezana s povpraševanjem in razpoložljivimi lokacijami ter energijo, medtem ko vozlišča mobilnosti in logistike običajno s prostorskega vidika nimajo integriranih lokacij svojih distribucijskih omrežij, zato je integracija težavna, vendar jo je treba v prihodnosti upoštevati.

Reference

- Akerman, P., (2015). Ppmc-transport. Von eHighway - Electrifying Heavy Duty Road Freight Transport: <http://www.ppmc-transport.org/ehighway-electrifying-heavy-duty-road-freight-transport/> abgerufen
- Arriaga D.S., (Siemens), D. G. (1 June 2015). ELIPTIC; Deliverable 3.5 - Technological Viability Evaluation. EU: ELIPTIC Electrification of public transport in cities. Abgerufen am EBRUARY 2021 von <http://www.eliptic-project.eu/>
- Bloomberg, (14. September 2020). Bloomberg - The Vehicle-to-Grid Pilot Project Has Been Inaugurated at Mirafiori. Von www.bloomberg.com/: <https://www.bloomberg.com/press-releases/2020-09-14/the-vehicle-to-grid-pilot-project-has-been-inaugurated-at-mirafiori> abgerufen
- Bode, A. (MAY 2014). Ticket to KYOTO Bielefeld. Von INVESTMENT SHEETS Bielefeld: <https://www.stib-mivb.be/irj/go/km/docs/resource/tickettokyoto/en/full-story.html> abgerufen
- CENIT, T. a., & SM/CENIT. (25-11-15). Barcelona Use case set up report. ELIPTIC.
- Devaux F.O., (STIB), X. T. (March 2011). T2K - Overview of braking energy recovery technologies in the public transport field. The "TICKET TO KYOTO" project - www.tickettokyoto.eu.
- eHighway, (2021). Field trial eHighway Schleswig-Holstein. Von eHighway.SH: <https://www.ehighway-sh.de/de/projektbeschreibung.html> abgerufen
- eRoadArlanda, (February 2021). eRoadArlanda -SE. Von eroadarlanda.com: <https://eroadarlanda.com/the-technology/> abgerufen
- Freudenberg B., (BBG), T. K., (June 2015). Eberswalde Final Use Case Report. Von www.eliptic-project.eu: <https://www.eliptic-project.eu/results> abgerufen
- Greater, A. L., (May 2012). Ticket to Kyoto - Economic Expertise in the Carbon Market - Optimising policies and regulations for CO2 reduction in the public transport sector.
- Grot V., (May 2014). Regie & Ontwikkeling, R., T2K Rotterdam - Braking energy recovery. Von Ticket to KYOTO Investment sheet: <https://www.stib-mivb.be/irj/go/km/docs/resource/tickettokyoto/en/full-story.html> abgerufen
- Hegazy O., V. C.-O., (June 2015). Brussels Final Use Case Report. Von [eliptic-project.eu](http://www.eliptic-project.eu): <https://www.eliptic-project.eu/results> abgerufen
- House, T. M., (2019). White paper: Smart Charging for Electric Buses. The Mobility House GmbH.
- Hub, V., V2G - A Global Roadtrip. Von Vehicle to grid Hub: <https://www.v2g-hub.com/report> abgerufen
- Klemenčič M., A. I., (2017). Review of electric e-bus technologies. University of Maribor.
- Knote T.(Fraunhofer), E. N., (11/2015). Leipzig Use Case set-up Report. Thoralf Knote, F. A. (15/06/2018). Leipzig Final Use Case Report.
- Mackinger G., L. E., (May 2019). UITP My Library. Von <https://mylibrary.uitp.org/>: <https://mylibrary.uitp.org/> abgerufen
- Massink, R., (January 14, 2019). Integrated and Replicable Solutions for CoCreation in Sustainable Cities, FINAL PROJECT FACT SHEET. EUROPEAN UNION CO-FUNDED PROJECT; IRIS project HORIZION 2020.
- Náday A., S. D., (June 2015). Szeged Final Use Cases Report. Von <http://www.eliptic-project.eu>: <http://www.eliptic-project.eu> abgerufen
- Reh, S., (22. June 2016). Siemens World's first eHighway opens in Sweden. Von SIEMENS Press Release: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/worlds-first-ehighway-opens-sweden> abgerufen

Roca J., C. F., (22/06/2018). Barcelona Final Use Case Report. ELIPTIC.

Sue, D. A., (28.10.2020). Decarbonisation of Heavy Goods Vehicles with a Catenary System: The „eHighway“. Von ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/20201028_eu-hgv-workshop_sue_public.pdf abgerufen

Suul J.A., G. G., (2018). Technology for dynamic on-road power transfer to electric vehicles. Electric Infrastructure for Goods Transport. Von www.elingo.no abgerufen

T2K, (May 2014). T2K Brussels, Braking energy recovery on the metro network. Von www.tickettokyoto.eu: <https://www.stib-mivb.be/irj/go/km/docs/resource/tickettokyoto/en/full-story.html> abgerufen

Talbot D., T. D., (1. June 2015). London Final Use Case Report. Von <http://www.eliptic-project.eu/>: <https://www.eliptic-project.eu/results> abgerufen

Thurm S., S. J., (15/06/2018). Oberhausen Final Use Case Report.

Waldeyer, L., (January 2017). Project ELISA - electrified, innovative heavy traffic on highways. Von Interreg Europe: <https://www.interregeurope.eu/policylearning/good-practices/item/3455/project-elisa-electrified-innovative-heavy-traffic-on-highways/> abgerufen

VEČ O EfficienCE



Obiščite naše spletno mesto:
<https://www.interreg-central.eu/efficiency>

Kontaktni podatki



+49 341 123 59 10

Vodilni partner: Mesto Leipzig, Nemčija



Projektni vodji:

Sebastian Graetz
sebastian.graetz2@leipzig.de

Marlene Damerau
m.damerau@rupprecht-consult.eu



<https://www.linkedin.com/company/interreg-efficiency/>



www.facebook.com/Interreg.EfficienCE/



[@Int_EfficienCE](https://twitter.com/Int_EfficienCE)

TAKING
COOPERATION
FORWARD



BUDAPESTI
KÖZLEKEDÉSI
KÖZPONT



redmint



GDAŃSK UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY



Leipziger
Verkehrsbetriebe



WIENER LINIEN

Plzeňské městské
dopravní podniky

PMDP



City of Leipzig



University of Maribor
Faculty of Civil Engineering,
Transportation Engineering
and Architecture



COMUNE DI BERGAMO

