Interreg
CENTRAL EUROPE

European Union
European Regional
Development Fund

EfficienCE

NADNÁRODNÁ PRÍRUČKA PRE ZAVÁDZANIE ENERGETICKY ÚČINNÝCH TECHNOLÓGIÍ V INFRAŠTRUKTÚRE VEREJNEJ DOPRAVY

(2) Viacúčelové využitie infraštruktúry verejnej dopravy

CE1537

IMPRINT

Číslo projektu:
CE1537 EfficienCE Energetická účinnosť infraštruktúry verejnej dopravy v strednej Európe.

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

Názov výstupu:
D.T2.3.2 Transnational Handbooks for energy-efficient PT infrastructure technologies deployment (Nadnárodné príručky pre zavádzanie energeticky účinných technológií v infraštruktúre verejnej dopravy)

Editor:
Konzorcium EfficienCE

Autori:
Mitja Klemenčič, Marijan Španer, Matej Moharić, Vlasta Rodošek (Univerzita Maribor)

Grafická úprava a dizajn:
Levent Saran (Rupprecht Consult GmbH)

Dátum:
jún 2022

O projekte EfficienCE

EfficienCE bol projekt spolupráce financovaný z programu Interreg CENTRAL EUROPE, ktorého cieľom bolo znížiť uhlíkovú stopu v regióne. Väčšina stredoeurópskych miest disponuje rozsiahlymi systémami verejnej dopravy, ktoré môžu tvoriť základ služieb nízkouhlíkovej mobility. Viac ako 63 % cestujúcich v tomto regióne využíva verejnú dopravu. Opatrenia na zvýšenie energetickej účinnosti a podielu obnoviteľných zdrojov energie v infraštruktúre verejnej dopravy tak môžu mať mimoriadne veľký vplyv na zníženie emisií CO2. Tento cieľ bol dosiahnutý vďaka podpore miestnych orgánov, orgánov verejnej dopravy a prevádzkovateľov prostredníctvom vypracovania stratégií plánovania a akčných plánov, realizácie pilotných opatrení, vývoja nástrojov a školení na plánovanie a prevádzku nízkouhlíkovej infraštruktúry, ako aj zdieľaním poznatkov a osvedčených postupov v oblasti energeticky účinných opatrení v stredoeurópskych regiónoch.
Počas troch rokov spolupracovalo dvanásť partnerov vrátane siedmich orgánov/podnikov verejnej dopravy zo siedmich krajín s cieľom využiť nevyužitý potenciál v tomto odvetví a prispieť k cieľom „Bielej knihy“ EÚ znížiť do roku 2050 emisie z dopravy o 60 % a do roku 2030 znížiť používanie automobilov s konvenčným pohonom v mestskej doprave o polovicu.

Obsah

Zhrnutie 5

1. Viacúčelové využitie infraštruktúry verejnej dopravy 6

1.1 Zhrnutie relevantných technológií ----------6

1.1.1 Technológia A – Multimodálne využívanie infraštruktúry verejnej dopravy ----------7

1.1.2 Technológia B – Multifunkčné využívanie infraštruktúry verejnej dopravy -------- 10

1.1.3 Technológia C – Inovatívne nabíjanie v pohybe pre verejnú dopravu---------- 14

1.2 Viacúčelové využitie infraštruktúry verejnej dopravy na celom svete ---------- 17

2. Prípad použitia v meste Maribor – Úprava stanice lanovky pre viacúčelovú infraštruktúru verejnej dopravy 23

3. Závery 27

Odkazy 28

Zhrnutie

Foto: mesto Lipsko

Dopravné systémy čelia výzvam v dôsledku rastúcej urbanizácie. Starnúca dopravná infraštruktúra sa len s ťažkosťami snaží vyhovieť dnešným požiadavkám, zatiaľ čo osobné rozhodnutia týkajúce sa mestskej dopravy sa vyvíjajú tak, že niekdajšie dopravné politiky orientované na autá už nie sú primerané.

Táto príručka predstavuje základný materiál o viacúčelovom využití infraštruktúry verejnej dopravy pre mestá, v ktorých infraštruktúra verejnej dopravy nie je prioritou plánovania, ako aj pre mestá s pokročilou kultúrou plánovania infraštruktúry verejnej dopravy.

Viacúčelové využívanie infraštruktúry verejnej dopravy integruje energetické, mobilné a logistické aspekty s cieľom minimalizovať emisie CO2 a zvýšiť energetickú účinnosť dopravných operácií prostredníctvom rôznych technológií.

Energeticky efektívne technológie viacúčelovej infraštruktúry verejnej dopravy sú vo všeobecnosti štruktúrované do riešení pre multimodálne využitie, multifunkčné využitie a inovatívne prístupy k vyvíjaným technológiám nabíjania v pohybe IMC.

Každá z týchto technológií má niekoľko výhod a prínosov. Môžu byť technické, finančné alebo bezpečnostné.

Každá z predstavených technológií má však aj technické a regulačné prekážky, napr. nedostatok technických noriem, kompatibilita medzi rôznymi výrobcami, bezpečnostné obmedzenia, nízka energetická účinnosť, dodatočné náklady, štandardizácia infraštruktúry a systémov.

Prehľad súčasných postupov týkajúcich sa rôznych riešení multimodálneho využívania infraštruktúry verejnej dopravy a prípadová štúdia z pilotného projektu EfficienCE predstavujú nové technológie v prevádzke a ich prínosy, skúsenosti s nimi a možnosti prenosu.

1. Viacúčelové využitie infraštruktúry verejnej dopravy

Elektromobilita sa stáva čoraz dôležitejšou témou pre verejnú dopravu v mestách. Elektrická energia je zdrojom energie na pohon rôznych elektrických vozidiel.

Hlavný rozdiel medzi technológiami na využívanie viacúčelovej infraštruktúry verejnej dopravy je taký, že sa používajú podľa:

- spôsobov, pre ktoré je viacúčelové využitie relevantné (na základe existujúcej infraštruktúry verejnej dopravy), a
- funkčnosti prenosu energie medzi zdrojom energie, infraštruktúrou verejnej dopravy a elektrickými vozidlami verejnej dopravy.

1.1 Zhrnutie relevantných technológií

Klasifikácia viacúčelových technológií infraštruktúry verejnej dopravy vychádza z existujúceho multimodálneho a multifunkčného využitia tejto infraštruktúry.

Technológia A– Multimodálne využitie existujúcej infraštruktúry verejnej dopravy, ako je metro, električka, železnica alebo lanovka, kde sa uskutočňuje dodatočné nabíjanie: Elektrické autobusy, (hybridné) trolejbusy a iné e-modely (elektrické autá, elektrobicykle, elektrické dodávky).

Technológia B – Multifunkčné využitie infraštruktúry verejnej dopravy, využitie existujúcej infraštruktúry verejnej dopravy na efektívnejšie využitie rekuperovaného brzdenia, obojsmerného nabíjania (inteligentná sieť) a lokálne vyrobenej energie z OZE (fotovoltika, vietor).

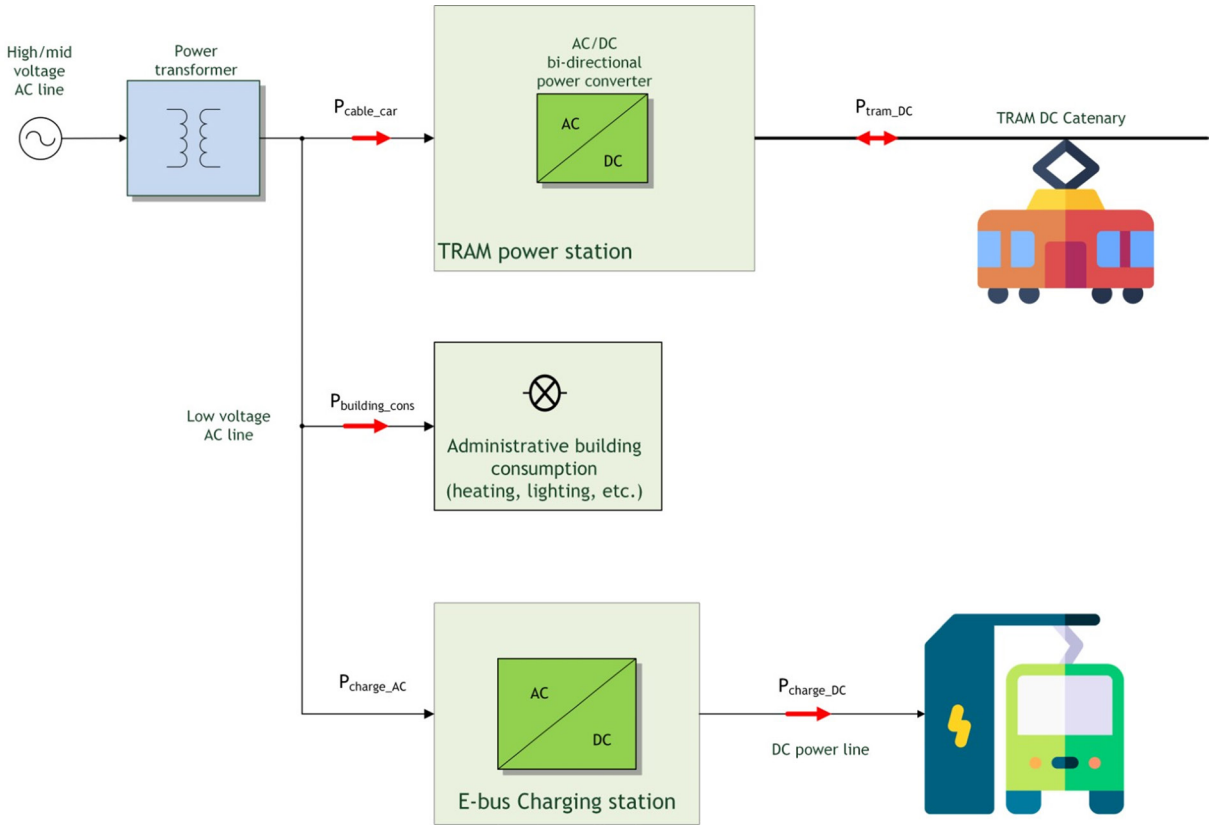
Technológia C – Inovatívne cestné multimodálne a multifunkčné nabíjanie v pohybe (angl. In Motion Charging, IMC): Indukčné nabíjanie na zemi, nabíjanie na vodivom povrchu na diaľniciach a nabíjanie na vodivej zemi.

1.1.1 Technológia A – Multimodálne využívanie infraštruktúry verejnej dopravy

Technológia A sa týka koncepcie nabíjania rôznych druhov elektrických vozidiel z existujúcich sietí verejnej dopravy, ako napríklad sieť metra, električiek, železníc alebo lanoviek.

Riešenie 1 - Elektrická energia z existujúcich sietí verejnej dopravy na napájanie nabíjacích miest elektrických autobusov

Technológia sa týka koncepcie nabíjania elektrických autobusov z existujúcich sietí verejnej dopravy, ako sú siete metra, električiek, trolejbusov, železníc alebo lanoviek.



Obrázok 1: Napojenie nabíjacích staníc pre elektrické vozidlá na existujúcu infraštruktúru verejnej dopravy

Očakávané prínosy:

Hlavným prínosom tejto technologickej koncepcie je podpora rýchlej, účinnej a nákladovo efektívnej elektrifikácie verejnej autobusovej dopravy poskytnutím základov infraštruktúry.

Integráciou robustnej infraštruktúry (siete) električiek/metra s elektrifikáciou vozového parku elektrických autobusov môžeme urýchliť elektrifikáciu vozového parku elektrických autobusov. Sieť električiek/metra predstavuje uskutočniteľnú alternatívu k verejnej distribučnej sieti, pričom na napájanie elektrických autobusov nie sú potrebné ďalšie rozvodne.

Hlavné technické výhody sú v týchto oblastiach:

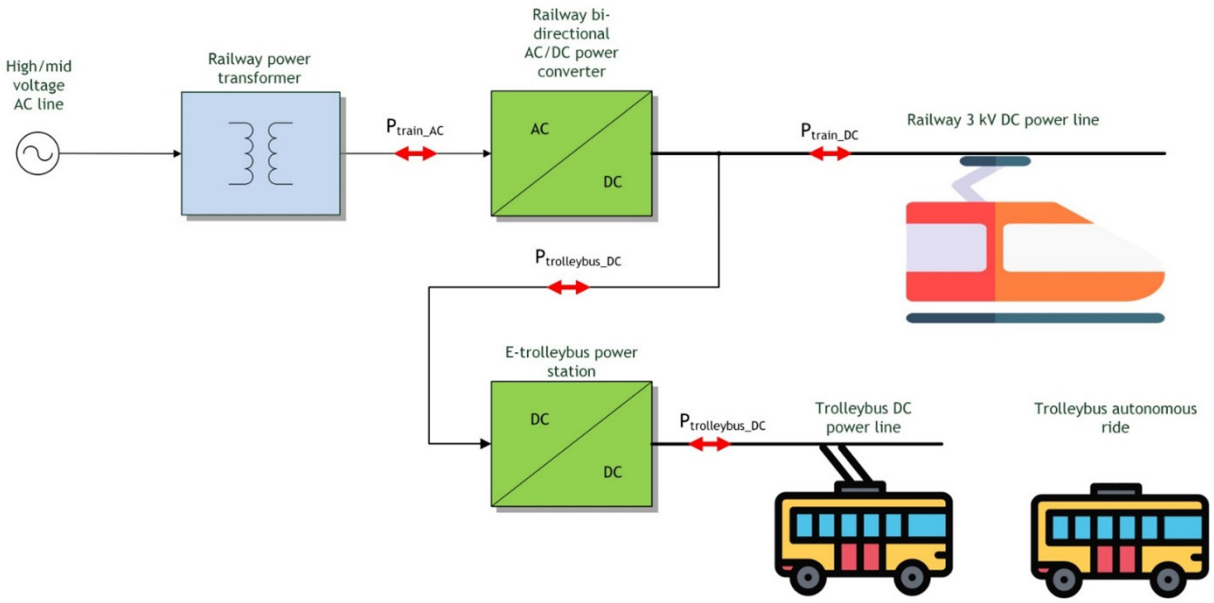
- zodpovednosť za polohu a čas, spoľahlivosť v prípade prerušenia dodávky energie,
- efektívna a vyvážená distribúcia energie.

Hlavnou finančnou výhodou je:

- dosiahnutie nižšej nákupnej ceny energie (spoločný objem pre metro/električky a elektrické autobusy).

Riešenie 2 – Elektrická energia z existujúcich sietí verejnej dopravy (električky alebo metro) na napájanie elektrických vozidiel a hybridných trolejbusov

Prepojenie existujúcej železničnej siete, siete električiek alebo metra so sieťou trolejbusov by sa mohlo modernizovať vybavením trolejbusov prídavnou trakčnou batériou, čo by umožnilo prevádzku pod trakčným vedením, ako aj bez pripojenia na trakčné vedenie (autonómne). Hlavným cieľom tohto zoskupenia je rozšíriť vnútromestské a regionálne linky elektrických autobusov, a nahradiť tak súčasné dieselové autobusové linky bez potreby budovania ďalšej nadzemnej infraštruktúry. Na zníženie nákladov na realizáciu by sa (hybridná) trolejbusová sieť mohla kombinovať so železničným systémom.



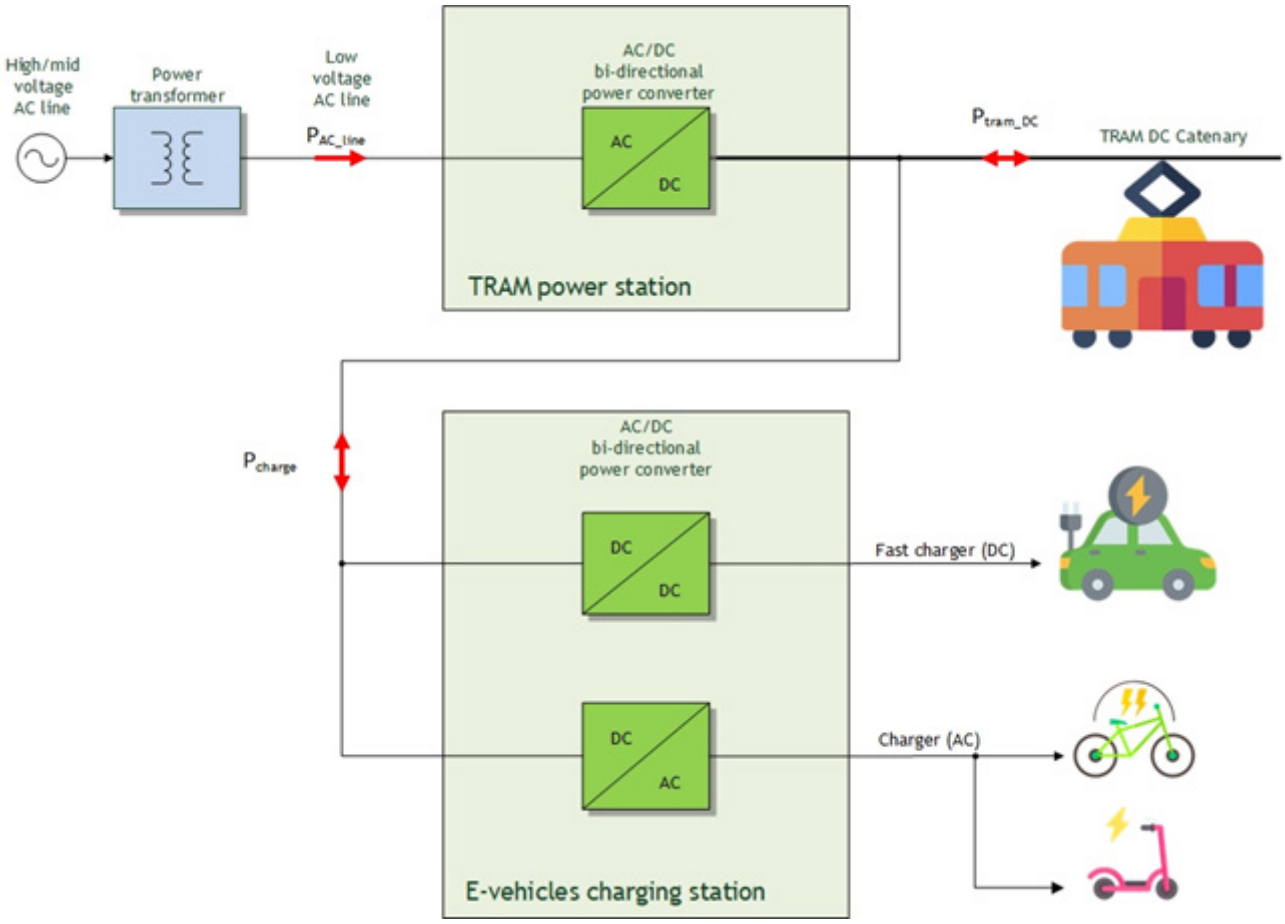
Obrázok 2: Kombinácia trolejbusov s nabíjaním v pohybe so železničným systémom

Očakávané prínosy:

Technológia hybridných trolejbusov je dostatočne vyspelá a komerčne dostupná na to, aby sa mohla používať. Okrem toho sú elektrické vozidlá rovnaké alebo lepšie ako dieselové z hľadiska dostupnosti, účinnosti a spoľahlivosti, pričom si vyžadujú menej údržby. Zistili sa menšie nedostatky v riadení, dimenzovaní a kompatibilite lítiovo-iónových batérií v starších vozidlách, ktoré by sa však mohli čoskoro odstrániť vďaka vývoju technológie batérií.

Riešenie 3 – Elektrická energia z existujúcich sietí verejnej dopravy (električky alebo metro) na napájanie multimodálneho nabíjacieho uzla

Označuje technologickú koncepciu, ktorá umožňuje viacúčelové využitie elektrických sietí verejnej dopravy (metro, električka alebo trolejbus) na pohon iných typov elektrických vozidiel, okrem iného vrátane úžitkových vozidiel, osobných automobilov a taxíkov. Elektrické vozidlá, o ktorých sa v rámci tohto riešenia uvažuje, sa líšia v závislosti od prípadu použitia a ich súčasťou sú elektrické automobily, bicykle a dodávky.



Obrázok 3: Rýchle nabíjanie elektrických vozidiel z trakčného vedenia električky

Očakávané prínosy:

Najprv je potrebné zistiť, či je možné využívať elektrickú sieť na pokrytie potrieb elektrickej energie nabíjacej infraštruktúry, najmä v miestach, ktoré sú pripojené na bežnú elektrickú sieť.

Technológia A	Technické prekážky	Právne prekážky
Multimodálne použitie	▪ Chýbajúce technické normy pre možnosti nabíjania. ▪ Kompatibilita medzi rôznymi výrobcami. ▪ Potrebné zmeny v súčasných cestovných poriadkoch. ▪ Zaťaženie siete – obmedzené možnosti nabíjania.	▪ Predaj alebo distribúcia energie tretím stranám (prevádzkovateľom autobusov). ▪ Využitie environmentálnych výhod na predĺženie trakčného vedenia (nie je jednoduché).

1.1.2 Technológia B – Multifunkčné využívanie infraštruktúry verejnej dopravy

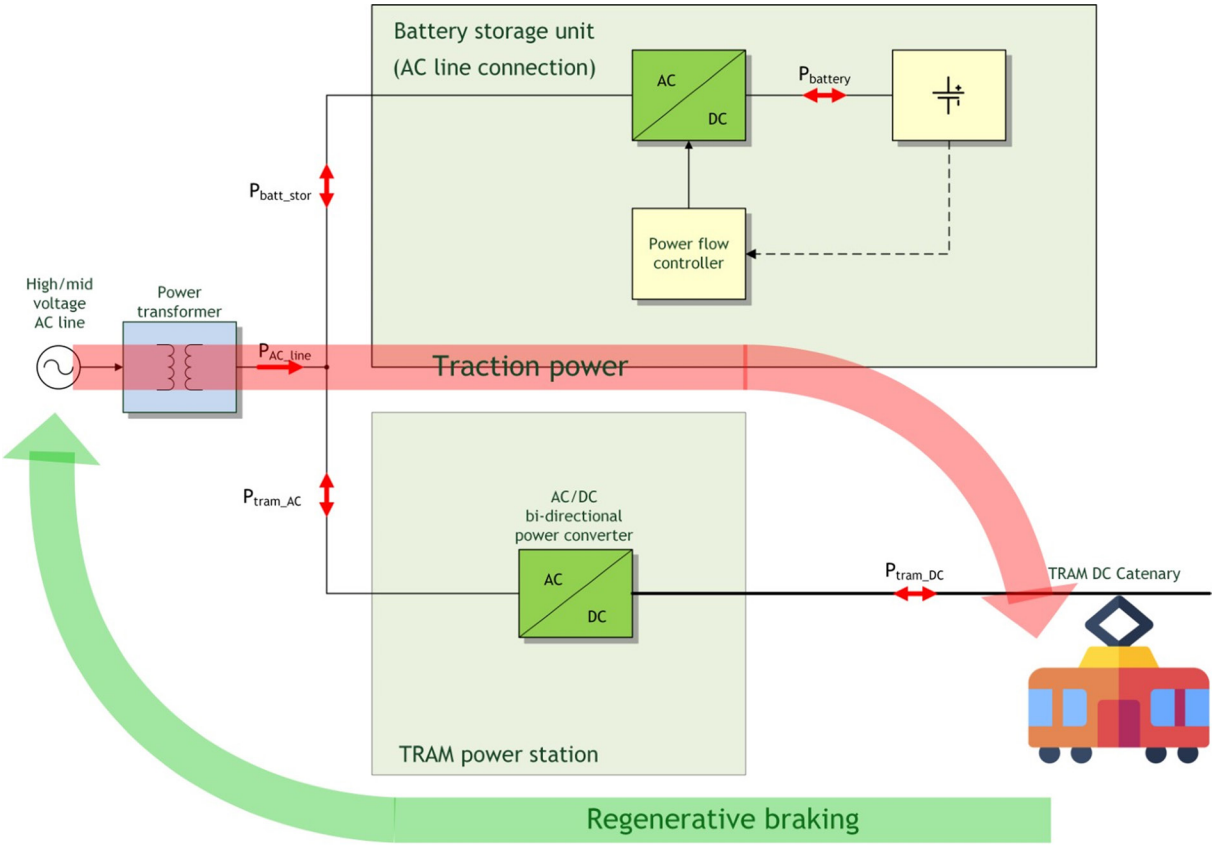
Technológia sa týka efektívnejšieho využívania nabíjacej infraštruktúry existujúcej siete verejnej dopravy, ako napríklad sieť metra, električiek, trolejbusov, železníc alebo lanoviek.

Riešenie 4 - Integrovaná rekuperácia brzdnej energie

Technológia zoskupuje rôzne opatrenia a technické systémy, ktoré zvyšujú využitie rekuperovanej brzdnej energie v koľajových vozidlách (metro, električky) a autobusoch (trolejbusoch). Hlavným cieľom tohto zoskupenia je zvýšiť energetickú hospodárnosť systému verejnej dopravy účinnejším využívaním rekuperovanej brzdnej energie vozidiel.

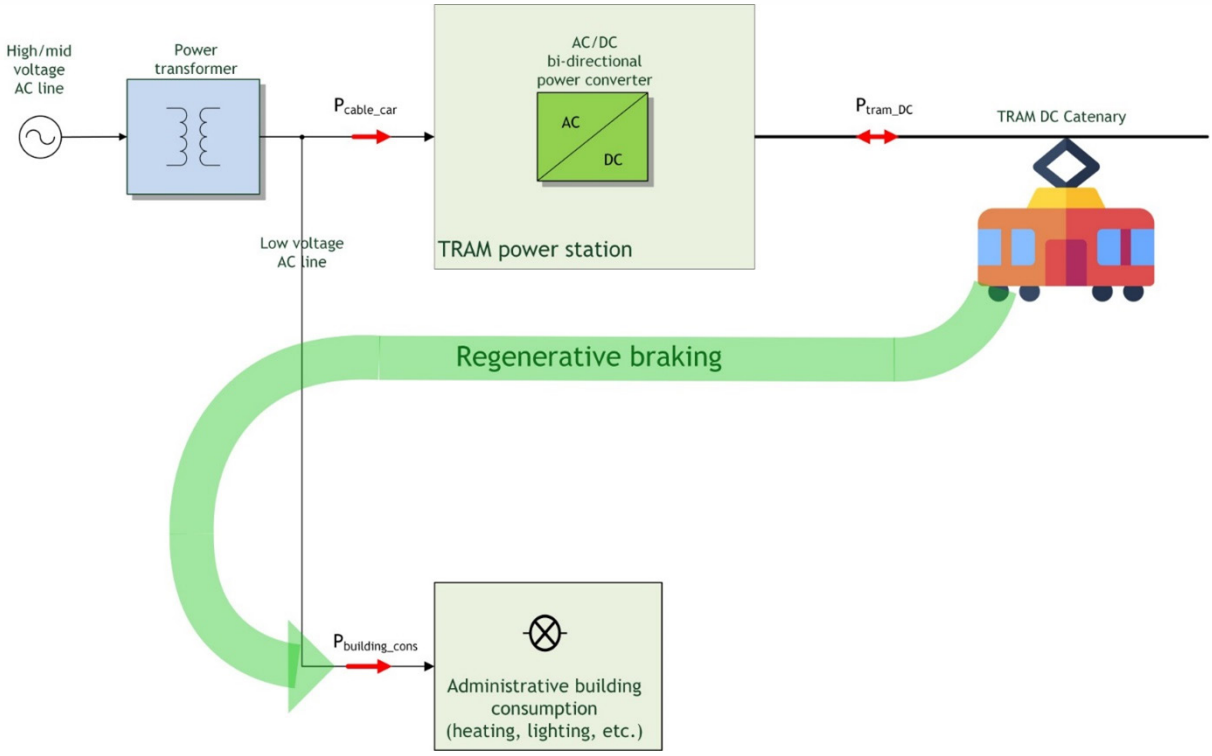
Môžeme definovať tri typy aplikácií:

- Mobilné skladovacie aplikácie
- Stacionárne skladovacie aplikácie
- Stacionárne aplikácie typu „späť do siete“.



Obrázok 4: Stacionárne skladovacie aplikácie

Foto: mesto Lipsko



Obrázok 5: Stacionárne aplikácie typu „späť do siete“

Očakávané prínosy:

Očakávané prínosy aplikácií možno zdôrazniť v nasledujúcich bodoch (François-Olivier Devaux (STIB), marec 2011):

Mobilné skladovanie:

- Vysoká účinnosť vďaka zníženým režijným stratám, keďže skladovanie je vo vozidle.
- Možnosť prevádzkovať vozidlo bez nadzemného vedenia na určitých úsekoch trate.
- Stabilizácia napätia vďaka zmierneniu krátkodobých poklesov napätia.
- Zníženie špičkového odberu energie spriemerovaním zaťaženia za určité obdobie.
- Možné zníženie brzdných odporov vozidla.

Stacionárne skladovacie aplikácie:

- Môžu ich využívať všetky vozidlá na vedení, stabilizácia napätia zmiernením krátkodobých poklesov napätia.
- Zníženie špičkového odberu energie spriemerovaním zaťaženia za určité obdobie.
- Zníženie počtu trakčných napájacích podstaníc alebo umožnenie pridania vozidiel bez potreby modernizácie napájacieho systému.
- Zníženie množstva odpadového tepla, zamedzenie vykurovania tunelov a staníc.
- Možné zníženie brzdných odporov na trati.
- Menšie bezpečnostné obmedzenia v porovnaní s palubnými systémami.
- Realizácia, údržba a oprava nemajú vplyv na prevádzku (režim vypnutia).

Stacionárne aplikácie typu „späť do siete“:

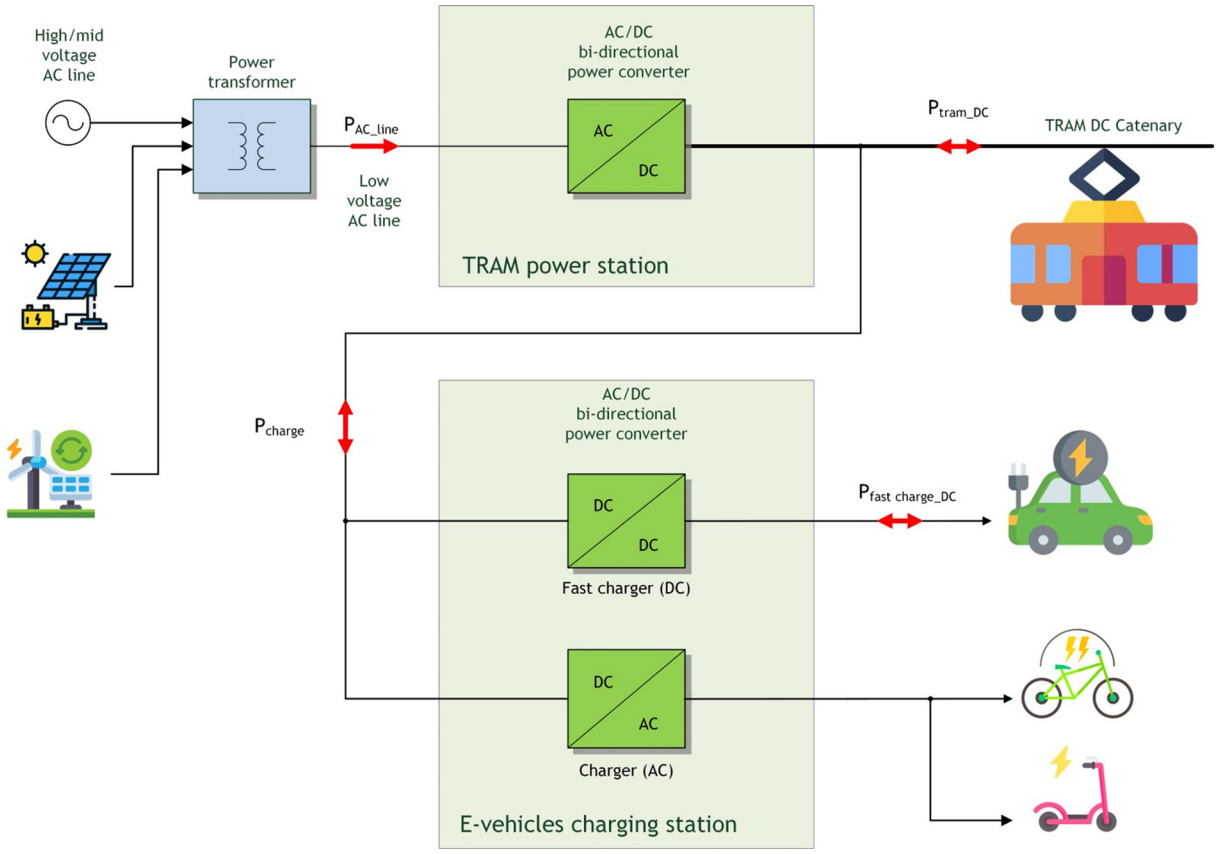
- Môžu ich využívať všetky vozidlá na vedení.
- Energeticky veľmi úsporné vďaka menším transformačným stratám ako pri skladovacích aplikáciách.
- Zníženie množstva odpadového tepla v porovnaní so skladovacími aplikáciami (vyhnutie sa tepelným tunelom...).
- Možné zníženie brzdných odporov na trati.
- Nižšie bezpečnostné požiadavky v porovnaní s palubnými systémami.
- Realizácia, údržba a oprava nemajú vplyv na prevádzku (režim vypnutia).

Riešenie 5 – Inteligentná sieť (fotovoltika, OZE, Mobility 2 Grid, Vehicle 2 Grid)

Obnoviteľná energia a elektromobilita pre inteligentné mestské prostredie. Pomocou zvyšujúcej sa elektromobility sa otvára príležitosť na vytvorenie integrovaného energetického a dopravného systému. Vývoj a implementácia inovatívnych riešení na zabezpečenie cenovo dostupných a bezpečných dodávok elektrickej energie, tepla a dopravy založených výlučne na obnoviteľných zdrojoch energie.

Očakávané prínosy (Massink, 14. január 2019):

- Zníženie celkových nákladov na vlastníctvo vozového parku, batérií, fotovoltiky,...
- Výrobcovia automobilov môžu predávať vozidlá s pridanou hodnotou.
- Strany obchodujúce na trhu s energiou môžu obchodovať a optimalizovať svoju bilanciu.
- Prevádzkovatelia sietí môžu optimalizovať investície a stabilizovať sieť.



Obrázok 6: Napojenie nabíjacích staníc pre elektrické vozidlá na existujúcu infraštruktúru verejnej dopravy

Foto: mesto Lipsko

Technológia B	Technické prekážky	Právne prekážky
Multimodálne použitie	▪ Značné bezpečnostné obmedzenia pre mobilné skladovacie aplikácie (cestujúci na palube); ▪ Straty na nadzemnom vedení (v dôsledku veľkých vzdialeností medzi vozidlami/stanicami); ▪ Žiadna stabilizácia napätia pre systémy spätného napájania.	▪ Prísnejšie pravidlá a ich presadzovanie môžu viesť k vyšším nákladom alebo k zrušeniu projektu ▪ Štandardy obojsmerného prenosu energie medzi rôznymi režimami podľa normy ISO 15118-20.

1.1.3 Technológia C – Inovatívne nabíjanie v pohybe pre verejnú dopravu

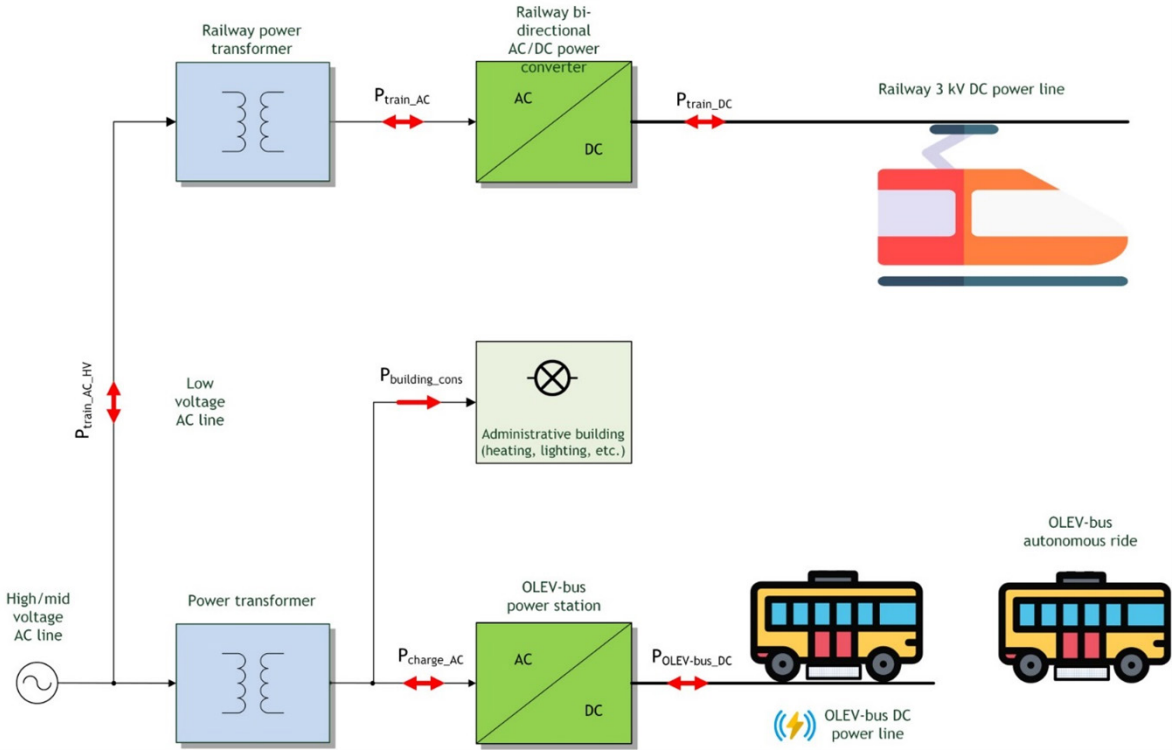
Technológia sa týka koncepcie nabíjania vozidiel verejnej dopravy počas jazdy (v pohybe), pričom je možné použiť nové inovatívne riešenia, ktoré umožnia multimodálne a všestranné využitie v budúcej verejnej doprave.

Riešenie 6 - Indukčné pozemné nabíjanie v pohybe (OLEV)

Existuje niekoľko spôsobov budovania elektrifikovaných ciest. V indukčnej technológii sa prenáša magnetická energia.

Treba poznamenať, že všetky vyvinuté koncepcie OLEV podľa všetkého pracujú pri frekvencii 20 kHz.

Podotýkame, že v súčasnosti sa vyvíja šiesta generácia tejto technológie. Hlavným cieľom je zabezpečiť súlad s novou normou SAE J2954 pre stacionárne indukčné nabíjanie elektrických vozidiel. Preto je potrebné upozorniť na to, že šiesta generácia technológie OLEV bude založená na bezjadrových koľajniciach bez pevnej magnetickej štruktúry v ceste.



Obrázok 7: Indukčné pozemné nabíjanie v pohybe

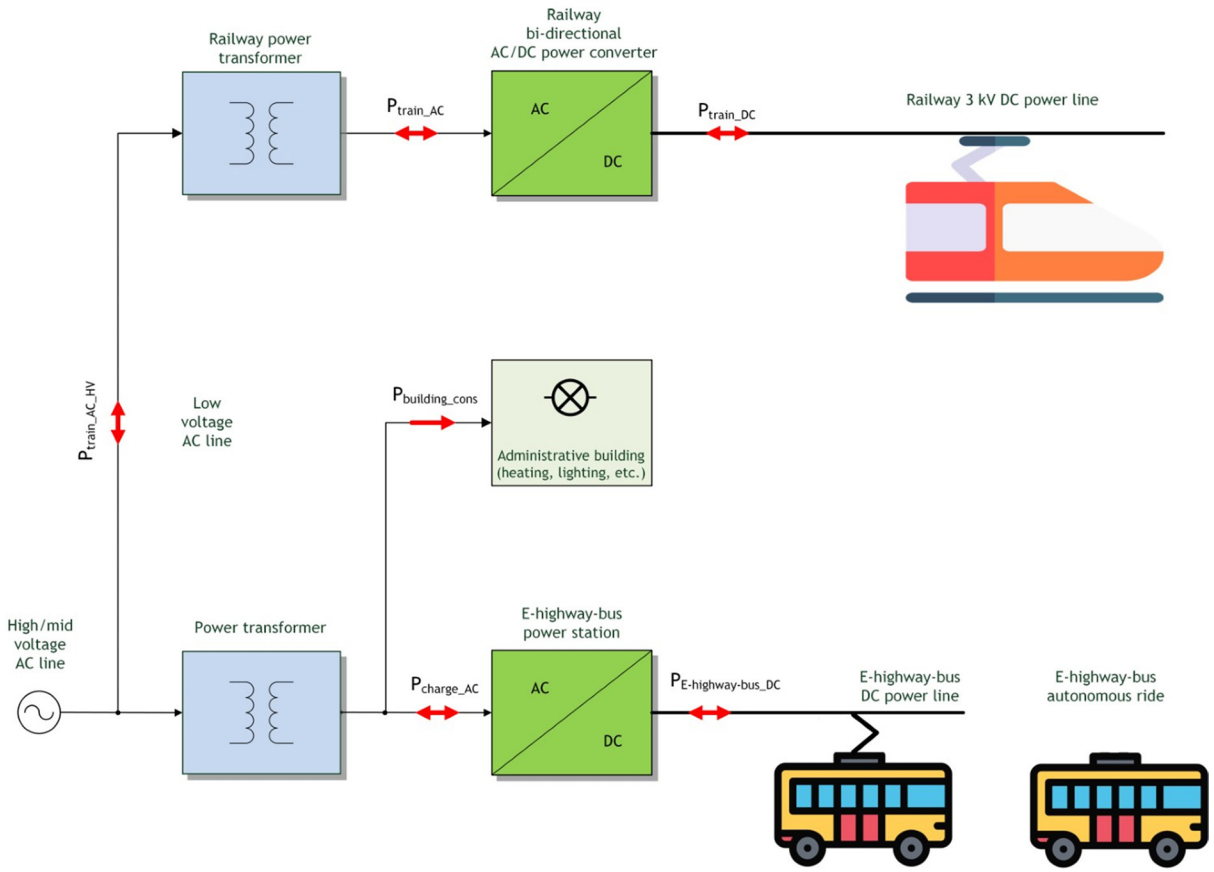
Očakávané prínosy:

Očakáva sa, že systémy pre stacionárny a dynamický indukčný prenos energie do elektrických cestných vozidiel budú kompatibilné. Norma pre stacionárne indukčné nabíjanie vyžaduje pracovnú frekvenciu 85 kHz, čo si tiež vyžaduje rôzne úvahy a kompromisy v porovnaní s existujúcimi systémami OLEV pracujúcimi na frekvencii 20 kHz.

Riešenie 7 - Vodivé nadzemné nabíjanie v pohybe na diaľniciach (e-diaľnice)

Technológiu založenú na nadzemnom vedení možno považovať za najvyvinutejšiu, pretože sa opiera o skúsenosti získané pri prevádzke nadzemného vedenia na napájanie vlakov, električiek alebo trolejbusov.

Hlavný rozdiel medzi infraštruktúrou cestných vozidiel v porovnaní s vlakmi alebo električkami spočíva v tom, že železničné systémy si vyžadujú len jeden vodič s posuvným kontaktom, pretože koľajnice sú zvyčajne spätnou cestou pre prúd, zatiaľ čo dynamický vodivý prenos energie do cestných vozidiel vyžaduje dva samostatné vodiče. Kľúčovou súčasťou systému je novo vyvinutý pantograf. Ten zaisťuje bezpečnosť pri spájaní a odpájaní nadzemného vedenia v rozsahu rýchlostí od 0 do 90 km/h (Akerman, 2015).



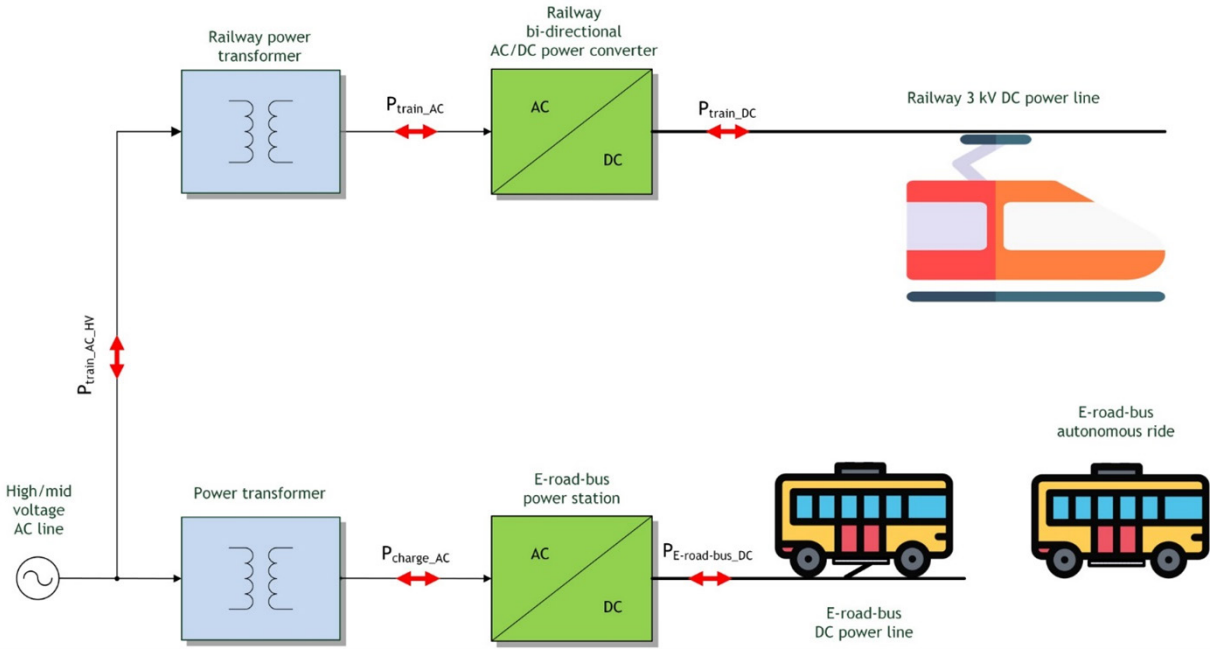
Obrázok 8: Vodivé nadzemné nabíjanie v pohybe na diaľniciach

Očakávané prínosy:

Očakáva sa, že nákladné vozidlá a prípadne autobusy využívajúce nadzemné vedenie budú mať veľmi podobné rozhrania medzi systémom pantografu a palubným pohonným systémom, hoci s určitými úpravami závislými od výrobcu. Očakáva sa, že vozidlá budú mať palubné akumulátory s menovitým napätím 400 až 900 V. Rozhranie s pohonným systémom bude s najväčšou pravdepodobnosťou tvoriť menič DC-DC, ktorý bude zabezpečovať reguláciu napätia a riadenie prúdu z nadzemného vedenia.

Riešenie 8 – Vodivé pozemné nabíjanie v pohybe (multimodálne)

Druhá vodivá technológia umožňuje napájanie zospodu prostredníctvom káblov na ulici. Takéto systémy sa už zaviedli pre mestské električky, aby sa eliminoval vizuálny vplyv stĺpov a nadzemných vedení potrebných pre trakčné systémy. Jedna z vyvíjaných koncepcií je založená na prispôsobení technológie pre električky, zatiaľ čo iné systémy sa vyvíjajú špeciálne pre cestné vozidlá.



Obrázok 9: Vodivé pozemné nabíjanie v pohybe

Očakávané prínosy:

- Možnosť využívania infraštruktúry vozidlami rôznych veľkostí.
- Zamedzenie kladenia nadzemných elektrických vedení a s tým spojeného vizuálneho vplyvu.

Technológia C	Technické prekážky	Právne prekážky
Inovatívne nabíjanie v pohybe	▪ Nízka účinnosť prenosu energie v reálnych podmienkach ▪ Bezdrôtové nabíjanie si vyžaduje zabudovanie ďalšej nabíjačky do vozidla (dodatočné náklady) ▪ Návrh, prevádzka a náklady na systém distribúcie energie ▪ Žiadna jasná vízia multimodality	▪ Štandardizácia palubnej infraštruktúry a systémov ▪ Interoperabilita medzi rôznymi koncepciami

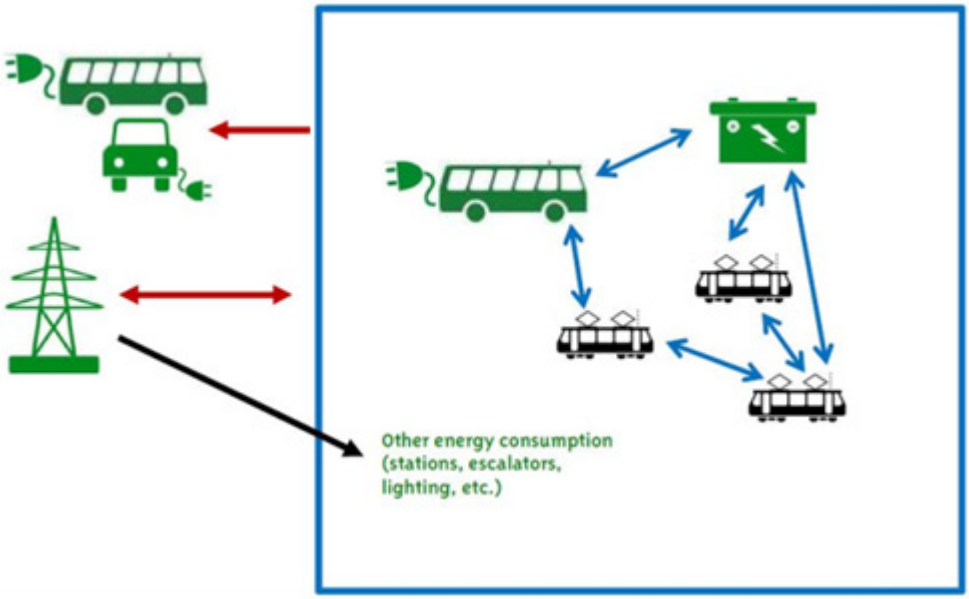
1.2 Viacúčelové využitie infraštruktúry verejnej dopravy na celom svete

Oberhausen: Technológia A (Riešenie 1) – Využitie električkového vedenia na rýchle nabíjanie elektrických autobusov

Dieselové vozidlá sa využívali najmä v mestských autobusových systémoch. Elektrické autobusy boli v meste zavedené s cieľom znížiť závislosť od fosílnych palív, znížiť znečistenie oxidmi dusíka a pevnými časticami, ako aj znížiť hluk v mestskej oblasti. Nabíjacia energia sa konvertuje z električkového nadzemného vedenia na zastávke alebo sa odoberá z rozvodne na zastávke, takže elektrické autobusy sa nemusia počas pravidelnej prevádzky dobíjať v autobusovom depe.

Lipsko: Technológia A (Riešenie 1) – Využitie električkového vedenia na rýchle nabíjanie elektrických autobusov

Napájanie multimodálneho nabíjacieho uzla z existujúcich sietí verejnej dopravy (električiek alebo metra). Využívanie siete električiek na nabíjanie (dobíjanie) elektrických vozidiel. Hlavným cieľom bolo identifikovať právne prekážky a právny základ v súvislosti s viacúčelovým využívaním existujúcej električkovej infraštruktúry na predaj energie z električkovej siete tretím stranám.



Obrázok 10: Pilier A Príležitosť na nabíjanie (dobíjanie) elektrických autobusov s využitím infraštruktúry električiek

Barcelona: Technológia A (Riešenie 1) – Využitie vedenia metra na rýchle nabíjanie 18 m elektrických autobusov

Rýchla príležitostná nabíjacia stanica v Barcelone – dva elektrické autobusy v prevádzke s týmto prevádzkovým modelom. Tieto vozidlá majú kapacitu batérie 125 kWh a sú dlhé 18 m. Základný fakt – menšia kapacita znamená menej času a energie pri každom dobíjaní, ale viac dobíjaní.

Obrázok 11: Nabíjanie pomocou pantografu v Barcelone ako súčasť ambiciózneho plánu elektrifikácie.
Zdroj: TMB.

Szeged: Technológia A (Riešenie 2) – Elektrická energia z existujúcich sietí verejnej dopravy na napájanie hybridných trolejbusov

- Dobíjanie elektrických autobusov „počas cesty“.
- Modernizácia trolejbusovej siete pomocou batériových autobusov.
- Automatické zapojenie/odpojenie káblov.
- Výhody aj pre občanov.
- Finančná a právna uskutočniteľnosť.
- Nerelevantná technológia pre nízku hustotu premávky/periférnu dopravu (kĺbové elektrické autobusy).

Eberswalde: Technológia A (Riešenie 2) – Využitie hybridných trolejbusov

Dobíjanie zásobníkov energie počas jazdy autobusov pod nadzemnými vedeniami. Keď sa autobusy odpoja od nadzemnej siete, všetku elektrickú energiu a napájanie zabezpečujú len zariadenia na uskladnenie energie vo vozidlách. Z toho vyplýva potreba minimalizovať skladovanie energie a zabrániť stratám kapacity v priestore pre cestujúcich.

Oberhausen: Technológia A (riešenie 3) – multimodálne uzly

Dodávanie elektrickej energie do multimodálneho nabíjacieho uzla z existujúcich sietí verejnej dopravy (električky alebo metra). Existujúca infraštruktúra električiek na jednosmerný prúd sa môže využívať aj na rýchle nabíjanie iných elektrických vozidiel, ako sú súkromné elektromobily a vozidlá LEV.

- Dodávanie elektrickej energie do multimodálnych nabíjacích uzlov z existujúcich sietí verejnej dopravy.
- Električkové trakčné vedenie používané na rýchle nabíjanie elektrických autobusov a elektromobilov (Oberhausen).
- Elektrická energia z električkového trakčného vedenia s napätím 750 V DC sa transformuje pre rýchlonabíjaciu stanicu s výkonom 50 kW, ktorú môžu využívať automobily a vozidlá LEV.
- So systémom ochrany proti prepätiu.

- Nejasný právny rámec a riziká pre obchodný prípad.

Barcelona: Technológia A (Riešenie 3) – Využitie železnice pre multimodálne nabíjanie

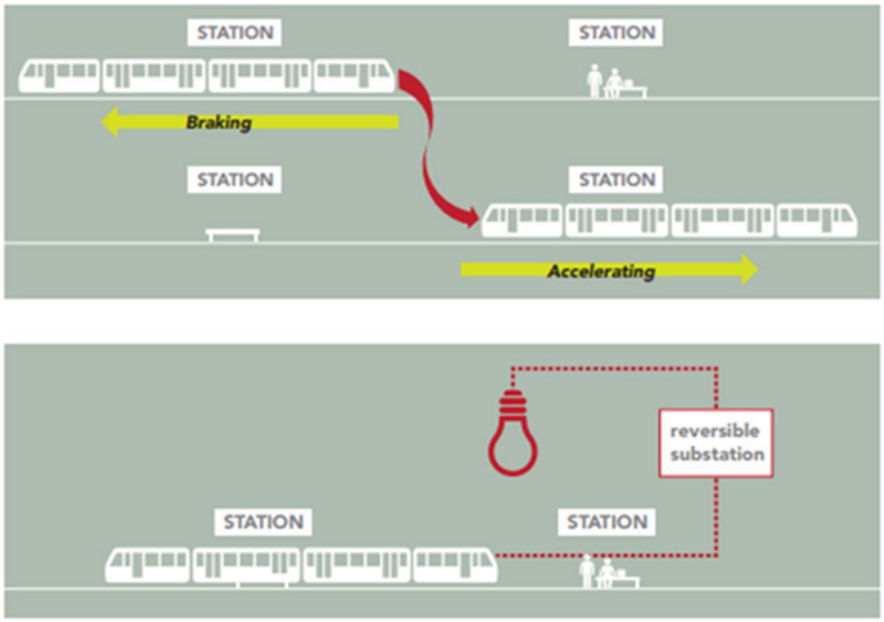
Energia dodaná z elektrickej siete železničných zariadení, ktorá sa nespotrebuje na elektrickú trakciu, sa môže použiť na nabíjanie parku elektrických vozidiel v Barcelone.

- Identifikácia časových intervalov, dostupných parkovísk a elektrickej siete železničnej infraštruktúry (električka, metro) na rozmiestnenie nabíjacích miest.
- Využitie nespotrebovanej energie dodanej do elektrickej siete.
- Zainteresované strany: Prevádzkovateľ verejnej dopravy, prevádzkovateľ parkoviska a koncový používateľ.
- Rôzne systémy riadenia nabíjania pre súkromné vozidlá a verejný vozový park:
- Prevádzkovateľ verejnej dopravy pre verejný vozový park prevádzkovateľa parkovísk (PO), prevádzkovateľ verejnej dopravy pre súkromného používateľa elektrického vozidla, prevádzkovateľ verejnej dopravy pre prevádzkovateľa parkoviska pre verejný/súkromný vozový park.
- Právne prekážky.

Rotterdam: Technológia B (Riešenie 4) – Infraštruktúra verejnej dopravy s integrovanou rekuperáciou brzdnej energie

Všetky vlaky metra používané v sieti v Rotterdame mali možnosť brzdiť elektricky pomocou rekuperačných brzdných techník. Rekuperácia brzdnej energie môže byť skvelou príležitosťou na zníženie spotreby energie v systéme metra.

- Získaná kinetická energia z brzdenia poháňa pomocné zariadenia vozidla, pričom zvyšná energia sa posiela do elektrickej siete na zrýchlenie okolitých vlakov.
- Ak sa tak nestane, napätie v sieti sa zvýši v dôsledku prebytku energie, pričom táto dodatočná energia sa rozptýli v brzdných rezistoroch.
- Testované riešenia: superkapacitné úložné systémy pozdĺž električkovej siete – žiadne významné prínosy, zotrvačníky?
- Nie je potrebné žiadne úložisko, len meniče.
- Simulácia optimálneho umiestnenia (v 2 rozvodniach).



Obrázok 12: Rekuperačný brzdný systém v sieti metra v Rotterdame (Zdroj: Virgil Grot, Regie & Ontwikkeling, 2014)

Turín: Technológia B (riešenie 5) – Technológia „Vehicle 2 Grid“ s integrovanými OZE

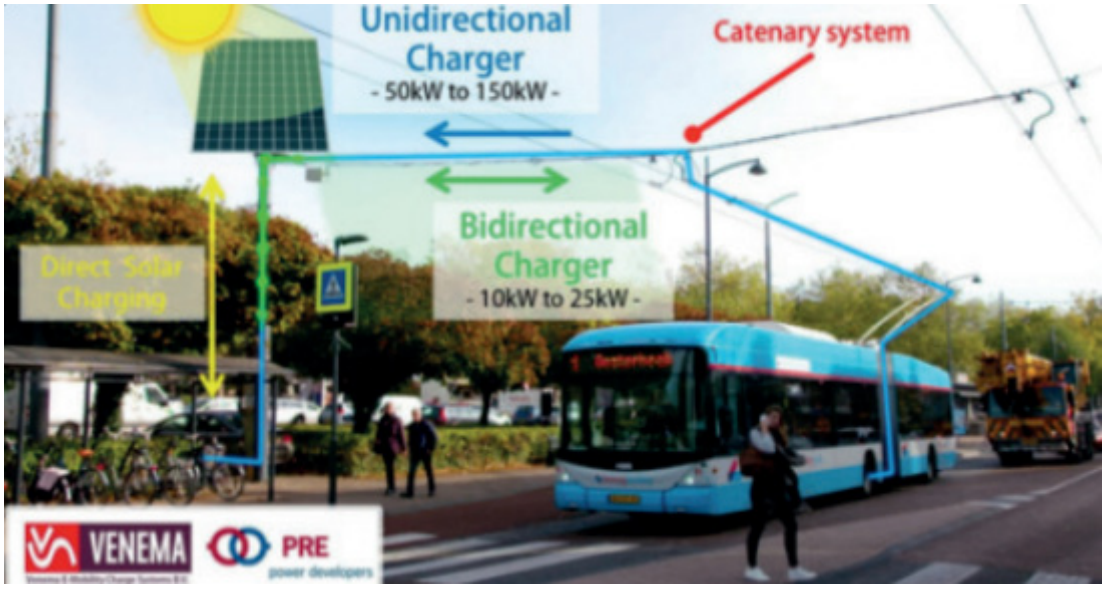
Obojsmerná technológia – nabíja vozidlo a zároveň vracia energiu do siete.

- Automobilový priemysel (FCA) + poskytovatelia e-mobility a technológií (ENGIE EPS) a prevádzkovateľ siete (TERNA).
- Obojsmerná technológia – nabíja vozidlo a zároveň vracia energiu do siete.
- Využitie batérií na zabezpečenie stabilizácie siete – optimalizácia prevádzkových nákladov pre používateľov automobilov.
- Inštalácia 32 stĺpov V2G schopných pripojiť 64 vozidiel (cieľ 700 vozidiel).
- Kapacita solárnych panelov 5 MW (pre 8 500 domov).

Arnhem: Technológia B (riešenie 5) - Viacúčelové využitie inteligentných trolejových sietí

Viacúčelové nabíjanie iných elektrických vozidiel z vašej trolejovej siete:

- Infraštruktúra trolejbusových trakčných sietí by mohla poskytnúť nákladovo efektívne riešenie.
- Flexibilná služba na požiadanie, ktorá dopĺňa a rozširuje pravidelné služby verejnej dopravy.
- Inštalovaná rýchlonabíjačka pre vozidlá je prevádzkovaná prostredníctvom električkovej alebo trolejbusovej siete na jednosmerný prúd (DC). Keďže systém je DC-DC, má menšie straty energie ako bežné nabíjacie systémy.
- Ak je nabíjacia stanica pripojená k električkovej alebo trolejbusovej sieti, nevyžaduje si pripojenie k bežnej elektrickej sieti.
- Električková alebo trolejbusová sieť môže mať pozitívny vplyv na využívanie obnoviteľných zdrojov energie tým, že vytvára základnú kapacitu pre obnoviteľné zdroje energie namiesto ich dodávania do siete.



Obrázok 14: Koncepčný nákres viacúčelovej nabíjačky (Zdroj: VENEMA/PRE Power; trolley: 2.0)

Priemyselné riešenie: Technológia C (Riešenie 6)

Hlavné aplikácie boli zamerané na stacionárne príležitostné nabíjanie systémov verejnej dopravy, ako sú električky, autobusy a nákladné vozidlá (800 m trať v Augsburgu od spoločnosti Bombardier).

- Prenos 200 kW do vozidla.
- Vzdušná medzera 6 cm (električky), 10 cm nákladné vozidlá.
- Možná integrácia so stacionárnym (príležitostným) nabíjaním autobusov.

Obrázok 15: Elektrický autobus s indukčným nabíjaním v Braunschweigu. Zdroj: Rupprecht Consult.

Spolková krajina Hesensko, Nemecko: Technológia C (Riešenie 7) – Inovatívny prístup k infraštruktúre verejnej dopravy na napájanie elektrických ciest (diaľnic)

Cieľom projektu ELISA je aktívne podporovať víziu klimaticky neutrálnej jazdy ako súčasti logistických hodnotových reťazcov pri zachovaní prepravnej kapacity. Cieľom partnerov projektu je realizácia elektrického dopravného systému s infraštruktúrou nadzemného vedenia.

- Elektrická diaľnica bola vybudovaná na diaľnici A5 v Hesensku v dĺžke približne desať kilometrov.
- Tento projekt bol schválený a postavený v priebehu dvoch rokov. Preukázalo sa tým, že tento typ elektrickej cesty možno postaviť v krátkom čase, a to aj na frekventovaných cestách.
- Súčinnosť s verejnou dopravou?

Obrázok 16: Skúšobná trať elektrickej diaľnice ELISA 2020. Zdroj: M. Werner (TU Dresden)

Švédsko: Technológia C (Riešenie 8) – Elektrická cesta ARLANDA-SE

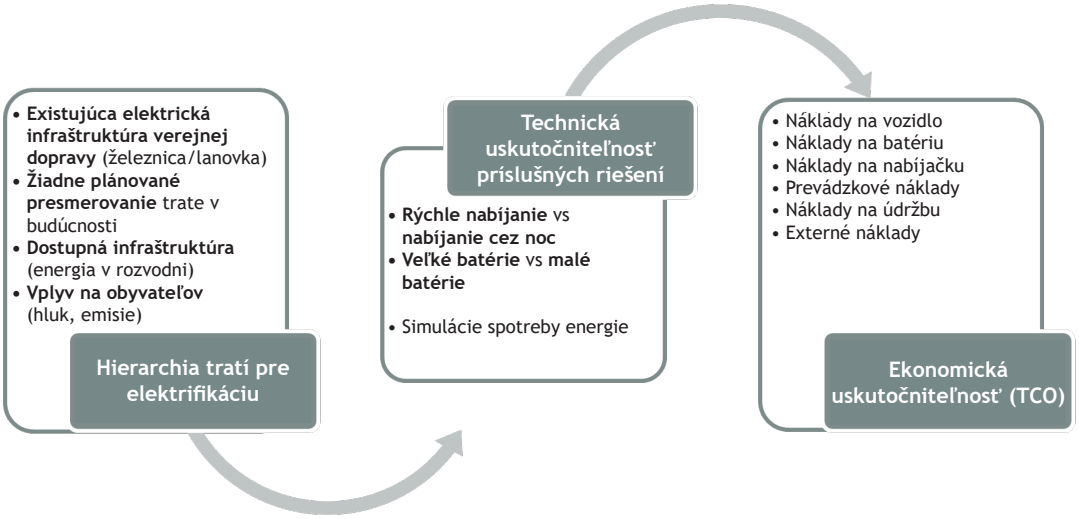
Inovatívne nabíjanie verejnej dopravy v pohybe; vodivé pozemné klzné kontakty. Inovatívne techniky sú založené na vodivej technológii, ktorá využíva elektrickú koľajnicu inštalovanú v cestách na napájanie a dobíjanie vozidiel počas ich jazdy. Systém je navrhnutý tak, aby dokázal napájať intenzívnejšiu premávku, napríklad nákladné vozidlá, ale funguje aj pre osobné vozidlá a autobusy. Môže tiež pomôcť pri jazde do kopca.

- Vodivá technológia, ktorá využíva elektrickú koľajnicu nainštalovanú v cestách na napájanie a dobíjanie vozidiel počas jazdy.
- Nabíjanie pomocou „pohyblivého ramena“.
- Cieľ Švédska do roku 2030 – doprava bez fosílnych palív.
- Cesta bola pôvodne skonštruovaná pre nákladné vozidlá, ale je vhodná aj pre osobné vozidlá a autobusy.
- 10 km skúšobnej trate – 18 t nákladné vozidlá, 2 km elektrifikované.

2. Prípad použitia v meste Maribor – Úprava stanice lanovky pre viacúčelovú infraštruktúru verejnej dopravy

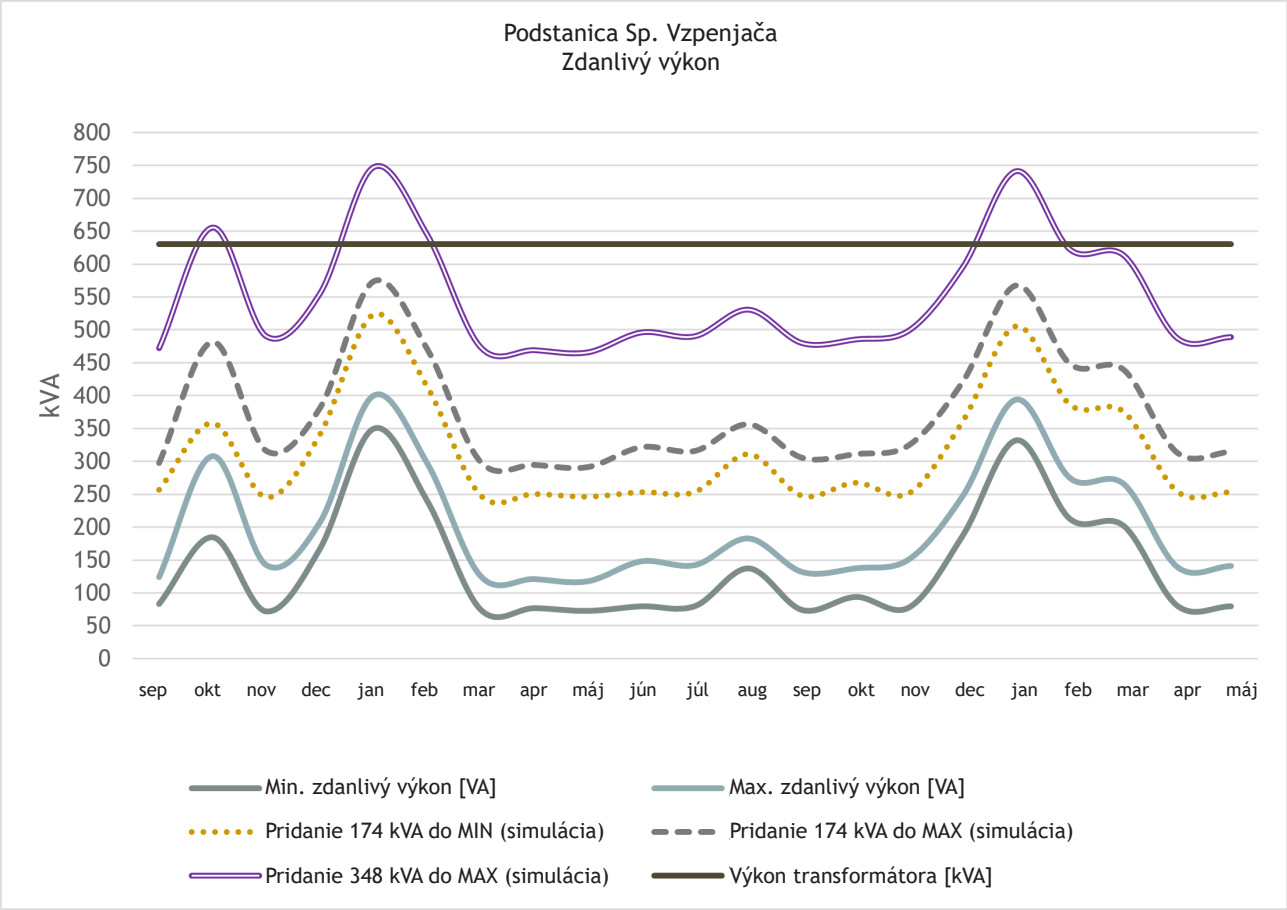
V rámci pilotného projektu sa použila technológia A. Pilotný projekt sa zameriava na viacúčelové rýchle nabíjanie elektrických autobusov, pričom rozvodňa v súčasnosti slúži ako nabíjacia stanica pre lanovky a zdieľané e-vozidlá. Keďže sa plánuje elektrifikácia autobusovej linky 6, rýchlonabíjačka elektrických autobusov sa nachádza na stanici Vzpenjača, kde je aj stanica lanovky. Hlavnou výzvou pilotného projektu bolo sprevádzkovať rýchlonabíjačku na elektrické autobusy na viacúčelové použitie a zmerať stabilitu siete za rôznych okolností. Merania stability siete pred a po zapojení nabíjačky pre elektrické autobusy merali spotrebu energie existujúcich spotrebiteľov (stanica lanovky, zdieľanie e-vozidiel), iných príležitostných spotrebiteľov (spotrebitelia počas veľkých podujatí – napr. kemperi počas cyklistického zjazdu a zimnej sezóny) a novej inovatívnej nabíjačky elektrických autobusov (podľa rôznych denných situácií nabíjania).

Pripravil sa výber koncepcie nabíjania, ktorý sa uskutočnil v troch krokoch. Najprv sme určili trasu, v prípade ktorej by mala elektrifikácia najväčší vplyv na zníženie hluku a emisií pre obyvateľstvo a ktorá susedila s už vybudovanou infraštruktúrou verejnej dopravy a v budúcnosti by sa výrazne nezmenila. Potom sme analyzovali rôzne možnosti nabíjania pre vybranú trasu a určili sme, ktoré možnosti sú technicky uskutočniteľné. Na základe technických riešení sme potom zvolili koncepciu nabíjania založenú na analýze nákladov životného cyklu.



Obrázok 17: Metodika elektrifikácie verejnej dopravy v Maribore

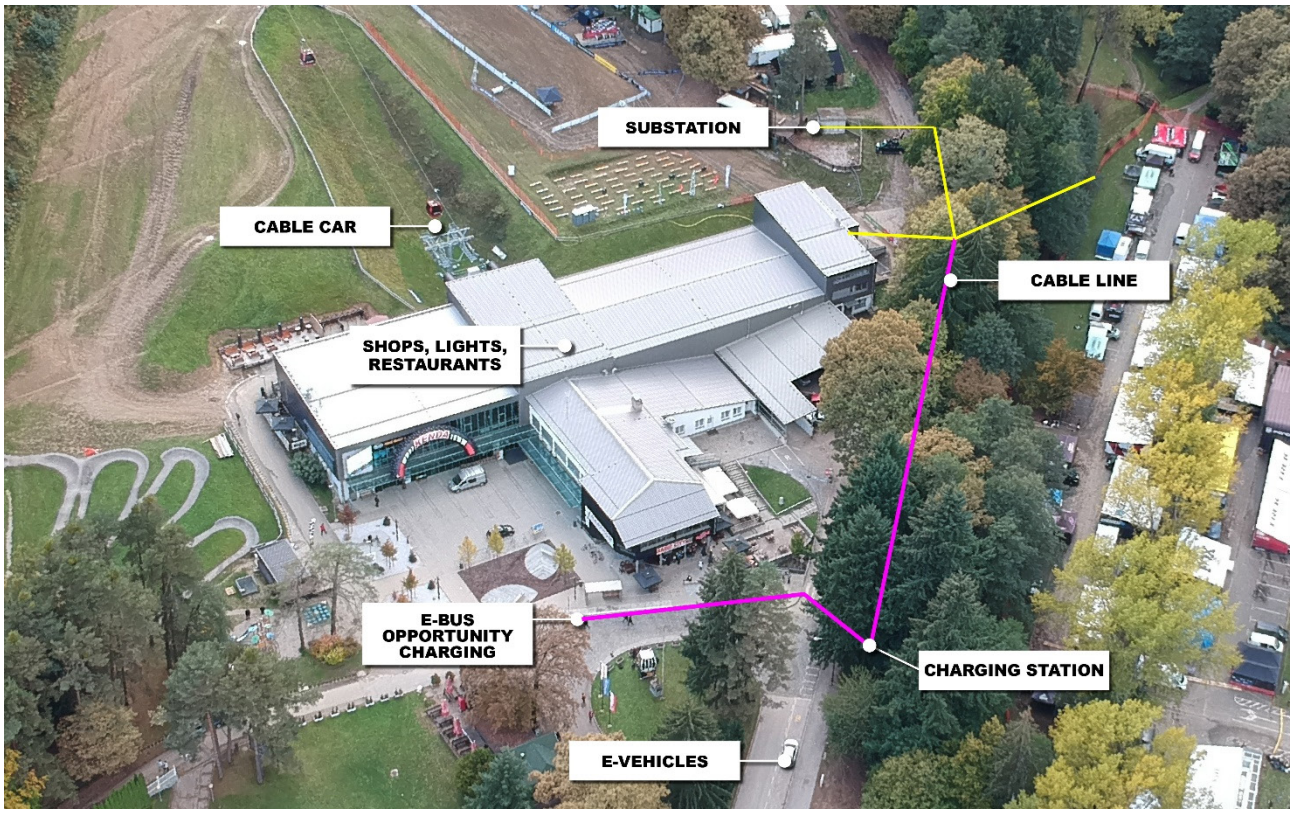
Implementácia a inštalácia meracieho zariadenia v rozvodni Vzpenjača bola ukončená koncom septembra 2020. Meracie zariadenie sa používa na meranie výkonu, prúdu, teploty a ďalších parametrov v rozvodni. Je nakonfigurované na monitorovanie celkovej spotreby lanovky Pohorje. Po uvedení rýchlonabíjacej stanice do prevádzky budú k dispozícii dve meracie zariadenia: jedno pre nabíjaciu stanicu a jedno pre všetkých ostatných spotrebiteľov spolu. Súčet ich výkonov bude predstavovať celkové zaťaženie rozvodne. Lokálne zaznamenávanie údajov o spotrebe sa bude prenášať prostredníctvom siete LTE na server na univerzite v Maribore. Nasledujúci graf znázorňuje spotrebu elektrickej energie vo VA v období od septembra 2020 do mája 2022.



Obrázok 18: Zdanlivý výkon

Maximálne špičkové zaťaženie v tomto období bolo 399 kVA v januári 2021 a podobne aj v januári 2022. V tomto čase (víkend) spustilo lyžiarske stredisko Pohorje snežné delá, aby bolo pripravené na novú zimnú sezónu. Pri zohľadnení maximálneho špičkového zaťaženia na základe uvedenej schémy a nabíjacej stanice s výkonom 150 kW (174 kVA) by bol zdanlivý výkon 573 kVA, čo zodpovedá existujúcemu transformátoru s výkonom 630 kVA. Ak sa kapacita nabíjacej stanice zvýši o 300 kW, teda na maximálnu zdanlivú kapacitu nabíjacej stanice vo výške 348 kVA, špičková záťaž by mohla byť 747 kVA. Existujúci transformátor 630 kVA by bol nedostatočný a bolo by potrebné ho nahradiť novým transformátorom 1 000 kVA.

Vzhľadom na technické riešenia dostupné na trhu sa obec rozhodla pre dve rýchlonabíjačky a sadu lítiovo-titánových batérií. Mesto Maribor uskutočnilo verejnú súťaž na prípravu projektovej dokumentácie pre rýchlonabíjacie stanice pod „lanovkou Pohorje“, na hlavnej autobusovej stanici a v závode spoločnosti Marprom v Maribore. Koordinačné stretnutie s vybraným uchádzačom sa uskutočnilo v septembri 2020. Zástupcovia mesta Maribor a Univerzity v Maribore podrobne predstavili projekt EfficienCE a projektové podmienky na prípravu odbornej dokumentácie.



Obrázok 19: Pohľad na rýchlonabíjačku na stanici Vzpenjača

Začiatkom februára 2022 bol na hlavnej autobusovej stanici v Maribore úspešne nainštalovaný prvý pantograf na rýchle nabíjanie elektrických autobusov s výkonom 300 kW. Druhý pantograf s výkonom 150 kW bol nainštalovaný v polovici februára 2022 na stanici lanovky, kde sa realizovala integrácia nabíjania pre iné elektrické vozidlá a lanovky.

Obrázok 20: Inštalácia pantografu s rýchlonabíjačkou na stanici lanovky v Maribore

Obrázok 21: Nainštalovaný pantograf sa testuje so zakúpeným autobusom

Obrázok 22: Ukážka činnosti pantografu

3. Závery

Technológie potrebné na využívanie viacúčelovej infraštruktúry verejnej dopravy ukazujú širokú škálu možností a riešení, ktoré sú k dispozícii od dodávateľov, a ktoré sú používané v rôznych mestách. Keďže sa technológie vyvíjajú, vplyvy sú stále v počiatočnom štádiu (najmä dynamické/pohyblivé viacúčelové využitie verejnej dopravy). V prvom kroku sme predstavili 8 technických riešení s opisom každej technológie, po ktorom nasledovali kľúčové prínosy, všeobecné investície a technické a právne prekážky. V druhom kroku sme pre každú technológiu predstavili osvedčené postupy, pričom po opise súčasného stavu sme prezentovali stav implementácie a následne potenciál rozšírenia používania. Každá technológia má svoje nevýhody aj výhody, pričom jej implementácia sa prispôsobuje miestnym podmienkam. Na základe správy môžeme konštatovať, že mestá a dodávatelia modernizujú existujúcu miestnu infraštruktúru verejnej dopravy na viacúčelové využitie, zatiaľ čo nové (najmä) mobilné nabíjacie technológie sú v počiatočnom štádiu.

Pokiaľ ide o integráciu energie, mobility a logistiky do viacúčelového využívania infraštruktúry verejnej dopravy, môžeme konštatovať, že integrácia súvisí s dopytom a dostupnými miestami a energiou, zatiaľ čo mobilita a logistické uzly zvyčajne nemajú integrované miesta svojich distribučných sietí z priestorového hľadiska. Preto je integrácia zložitá, ale v budúcnosti by sa mala zvážiť.

Referencie

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. jún 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. (MÁJ 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. (Marec 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, (Február 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., (Máj 2012). Ticket to Kyoto - Economic Expertise in the Carbon Market - Optimising policies and regulations for CO2 reduction in the public transport sector.

Grot V., (Máj 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., (Jún 2015). Brussels Final Use Case Report. Von 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., (Máj 2019). UITP My Libry. Von https://mylibrary.uitp.org/: https://mylibrary.uitp.org/ abgerufen

Massink, R., (14. január 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., (Jún 2015). Szeged Final Use Cases Report. Von http://www.eliptic-project.eu: http://www.eliptic-project.eu abgerufen

Reh, S., (22. Jún 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, (Máj 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. Jún 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., (Január 2017). Project ELISA – electri}ed, innovative heavy traf}c on highways. Von Interreg Europe: https://www.interregeurope.eu/policylearning/good-practices/item/3455/project-elisa-electrified-innovative-heavy-traffic-on-highways/ abgerufen

ZISTITE VIAC O

EfficienCE

Pozrite si naše webové stránky: https://www.interreg-central.eu/efficience

Kontaktujte nás

+49 341 123 59 10

Vedúci partner: Mesto Lipsko, Nemecko

Projektoví manažéri:

Sebastian Graetz
sebastian.graetz2@leipzig.de

Marlene Damerau
m.damerau@rupprecht-consult.eu

https://www.linkedin.com/company/interreg-efficience/

www.facebook.com/Interreg.EfficienCE/

@Int_EfficienCE

TAKING COOPERATION FORWARD

BKK BUDAPESTI KÖZLEKEDÉSI KÖZPONT

MOBILISSIMUS

Leipziger Verkehrsbetriebe

redmint

GDAŃSK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

WIENER LINIEN

Plzeňské městské dopravní podniky PMDP

City of Leipzig

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

BERGAMO CITTÀ DEI MILLE
COMUNE DI BERGAMO

PKT