



**Interreg**  
CENTRAL EUROPE



European Union  
European Regional  
Development Fund

**EfficienCE**



# TRANSZNACIONÁLIS KÉZIKÖNYV A KÖZÖSSÉGI KÖZLEKEDÉSI INFRASTRUKTÚRÁBAN ALKALMAZOTT ENERGIAHATÉKONY TECHNOLÓGIÁK BEVEZETÉSÉHEZ

(2) Közösségi közlekedési infrastruktúra  
többcélú használata

## IMPRINT

### **Projektszám:**

CE1537 EfficienCE Energiahatékonyság Közép-Európa közösségi közlekedési infrastruktúrájában.

### **Finanszírozó:**

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

### **Megvalósítandó feladat címe:**

D.T2.3.2 Transnational Handbooks for energy-efficient PT infrastructure technologies deployment  
(Transznacionális kézikönyvek a közösségi közlekedési infrastruktúra energiahatékony technológiáinak bevezetéséhez)

### **Összeállította:**

EfficienCE konzorcium

### **Szerzők:**

Mitja Klemenčič, Marijan Španer, Matej Moharić, Vlasta Rodošek (Maribori Egyetem)

### **Elrendezés és szerkesztés:**

Levent Saran (Rupprecht Consult GmbH)

### **Dátum:**

2022. június

## Az EfficienCE projektről

Az EfficienCE az Interreg CENTRAL EUROPE program keretében finanszírozott együttműködési projekt volt, amelynek célja a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése volt a régióban. A legtöbb közép-európai város kiterjedt közösségi közlekedési rendszerrel rendelkezik, amely az alacsony szén-dioxid-kibocsátású mobilitási szolgáltatások alapját képezheti. A régióban az ingázók több mint 63%-a veszi igénybe a közösségi közlekedést. Ezért azok az intézkedések, amelyek az energiahatékonyságot és a megújuló energiaforrások részarányát növelik a közösségi közlekedési infrastruktúrában különösen nagy hatással lehetnek a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésére.

Ezt a helyi hatóságok, a közösségi közlekedési hatóságok és az üzemeltetők támogatásával, tervezési stratégiák és cselekvési tervek kidolgozásával, kísérleti intézkedések végrehajtásával, az alacsony szén-dioxid-kibocsátású infrastruktúra tervezéséhez és működtetéséhez szükséges eszközök és képzések kidolgozásával, valamint az energiahatékony intézkedésekkel kapcsolatos ismeretek és legjobb gyakorlatok közép-európai régiók közötti átadásával érték el.

Tizenkét partner, köztük hét ország hét közösségi közlekedési hatósága/vállalkozása dolgozott együtt három éven keresztül, hogy kihozzák a legtöbbet az ágazatban rejlő kiaknázatlan lehetőségeket, és hozzájáruljanak az EU „Fehér Könyvében” megfogalmazott azon célokhoz, hogy 2050-ig 60 százalékkal csökkentsék a közlekedésből származó kibocsátást, és 2030-ig felére csökkentsék a hagyományos üzemanyaggal működő személygépkocsik használatát a városi közlekedésben.

Vezetői összefoglaló.....	5
1. A közösségi közlekedési infrastruktúra többcélú felhasználása .....	6
1.1 Összefoglaló a releváns technológiákról .....	6
1.1.1 „A” technológia - A közösségi közlekedési infrastruktúra multimodális használata .....	7
1.1.2 „B” technológia - A közösségi közlekedési infrastruktúra többfunkciós felhasználása .....	10
1.1.3 „C” technológia - Innovatív menet közbeni töltés a közösségi közlekedésben .....	14
1.2 Hogyan alkalmazzák a többcélú közösségi közlekedési infrastruktúrát világszerte? .....	17
2. Használati eset Maribor - A kötélvasút-állomás átalakítása többcélú közösségi közlekedési infrastruktúrává .....	23
3. Következtetések.....	27
Hivatkozások .....	28

# Vezetői összefoglaló



Fotó: Lipcse városa

A közlekedési rendszerek a növekvő urbanizáció miatt egyre több kihívással néznek szembe. Az előregedő közlekedési infrastruktúra nehezen tud megfelelni a mai igényeknek, miközben a városi közlekedéssel kapcsolatos személyes döntések annyira átalakultak, hogy a múlt autóközpontú közlekedési politikája már nem megfelelő.

Ez a kézikönyv kiindulási pontot nyújt a közösségi közlekedési infrastruktúra többcélú használatához az olyan városok számára, ahol a közösségi közlekedési infrastruktúra nem tartozik a tervezési prioritások közé, valamint fejlett közösségi közlekedési infrastruktúra-tervezési kultúrával rendelkező városok számára is.

A közösségi közlekedési infrastruktúra többcélú használata különböző technológiák segítségével integrálja az energetikai, a mobilitási és a logisztikai szempontokat a CO<sub>2</sub>-kibocsátás minimalizálása és a közlekedési műveletek energiahatékonyabbá tétele érdekében.

A közösségi közlekedés energiahatékony, többcélú infrastruktúra-technológiái általában a multimodális használatra, a többfunkciós használatra és a fejlesztés alatt álló IMC-töltési technológiák innovatív megközelítéseire alkalmas megoldásokban jelennek meg.

Mindegyik technológiának számos előnye és haszna van. Ezek lehetnek műszaki, pénzügyi vagy biztonsági jellegűek.

A bemutatott technológiák mindegyikét érintően azonban számos technikai és szabályozási akadály is fennáll, például a műszaki szabványok hiánya, a különböző gyártók közötti kompatibilitás, a biztonsági korlátozások, az alacsony energiahatékonyság, a többletköltségek, az infrastruktúra és a rendszerek szabványosítása.

A közösségi közlekedési infrastruktúra multimodális használatának különböző megoldásaival kapcsolatos jelenlegi gyakorlatok áttekintése és az EfficienCE kísérleti projekt esettanulmánya bemutatja a működő új technológiákat, azok előnyeit, tapasztalatait és átadási lehetőségeit.

# 1. A közösségi közlekedési infrastruktúra többcélú használata

Az elektromobilitás egyre fontosabb témává vált a városi közösségi közlekedésben. Az elektromos áram a különböző elektromos járművek meghajtásához használt energiaforrás.

A fő különbség a többcélú közösségi közlekedési infrastruktúra használatára szolgáló technológiák között az, hogy az alábbiak szerint használják őket:

- Azok a módok, amelyek esetében a többcélú felhasználás releváns (a meglévő közösségi közlekedési infrastruktúra alapján) és
- Az energiaforrás, a közösségi közlekedési infrastruktúra és az elektromos közösségi közlekedési járművek közötti energiaátvitel funkcionalitása.

## 1.1 A kapcsolódó technológiák összefoglalása

A többcélú közösségi közlekedési infrastruktúra-technológiáinak az osztályozása a közösségi közlekedési infrastruktúra meglévő multimodális és többfunkciós használatán alapul.

**„A” technológia** - A meglévő közösségi közlekedési infrastruktúra, például metró, villamos, vasút vagy kötélvasút multimodális használata, ahol többlettöltés történik: e-buszok, (hibrid) trolibuszok és egyéb e-modellek esetén (e-autók, e-kerékpárok, e-kézbesítés).

**„B” technológia** - A közösségi közlekedési infrastruktúra többfunkciós felhasználása, a meglévő közösségi közlekedési infrastruktúra felhasználása a visszanyert fékezési energia, a kétirányú töltési energia (intelligens hálózat) és a megújuló energiaforrásokból (fotovoltaikus, szél) helyben termelt energia hatékonyabb felhasználására.

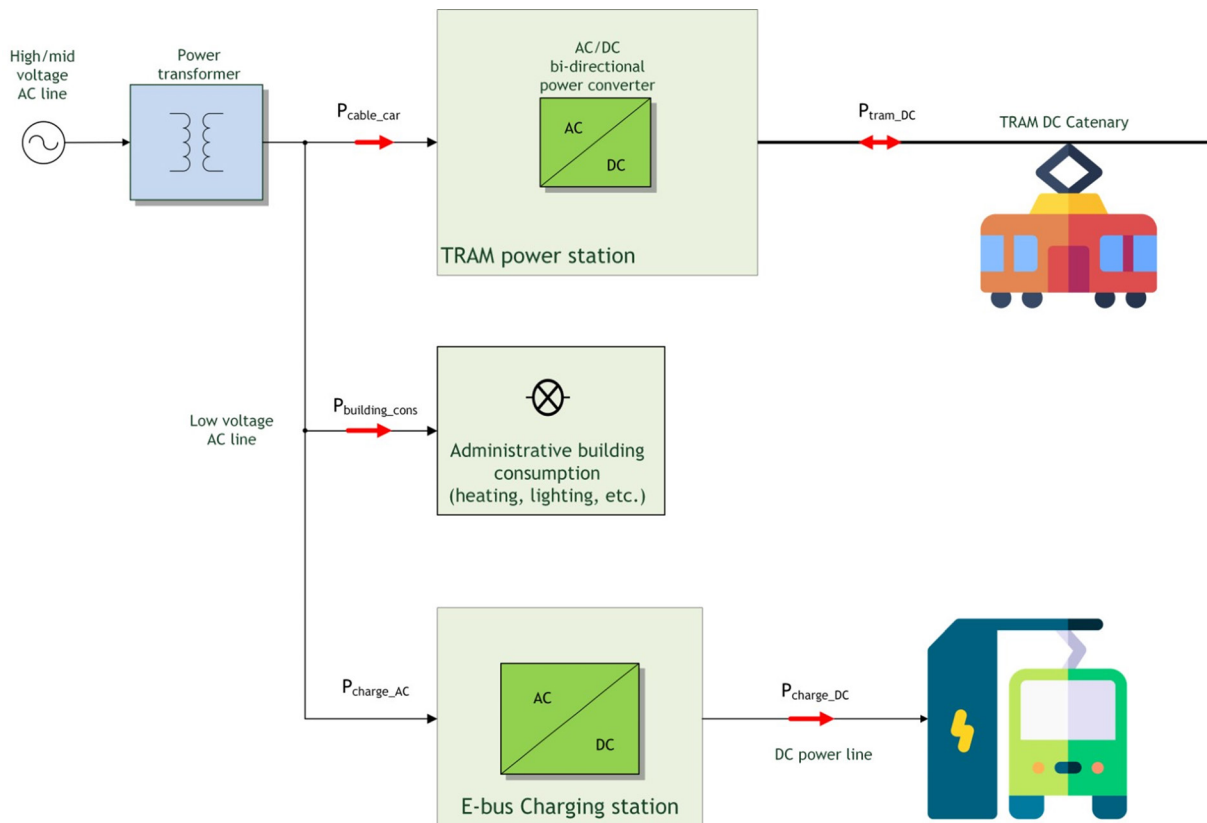
**„C” technológia** - Innovatív közúton zajló multimodális és többfunkciós IMC (menet közbeni töltés): Induktív földelés, konduktív felületi töltés autópályákon és konduktív földelés.

### 1.1.1 „A” technológia - A közösségi közlekedési infrastruktúra multimodális használata

Az "A" technológia a különböző elektromos járműtípusoknak a meglévő közösségi közlekedés-hálózatról, például metróról, villamosról, vasútról vagy kötélvasútról történő töltését jelenti.

#### 1. megoldás - A meglévő közösségi közlekedési hálózathoz származó elektromos energia felhasználása az e-buszok töltőpontjainak működtetéséhez

A technológia azon az elképzelésen alapul, hogy az elektromos buszokat a meglévő közösségi közlekedési hálózatokból, például a metró-, villamos-, trolibusz-, vasút- vagy kötélvasút-hálózatokból származó energiával töltik fel.



1. ábra: Az e-járművek töltőállomásainak csatlakoztatása a meglévő közösségi közlekedési infrastruktúrához

#### Várható előnyök

E technológiai koncepció legfőbb előnye, hogy már van egy alpinfrastruktúra, ami támogatja a közösségi közlekedés gyors, hatékony és gazdaságos villamosítását.

A villamos/metró kiterjedt infrastruktúrájának (hálózatának) és az e-buszflották villamosításának integrálásával lehetőség nyílik az e-buszflották villamosításának felgyorsítására. A villamos/metróhálózat használható alternatívát kínál a közcélú áramelosztó hálózat helyett, és nincs szükség további állomásokra az elektromos buszok áramellátásához.

A legfőbb műszaki előnyök a következő területeken jelentkeznek:

- Hely- és időgazdaságosság, megbízhatóság áramszünet esetén,
- Hatékony és kiegyensúlyozott teljesítményeloszlás

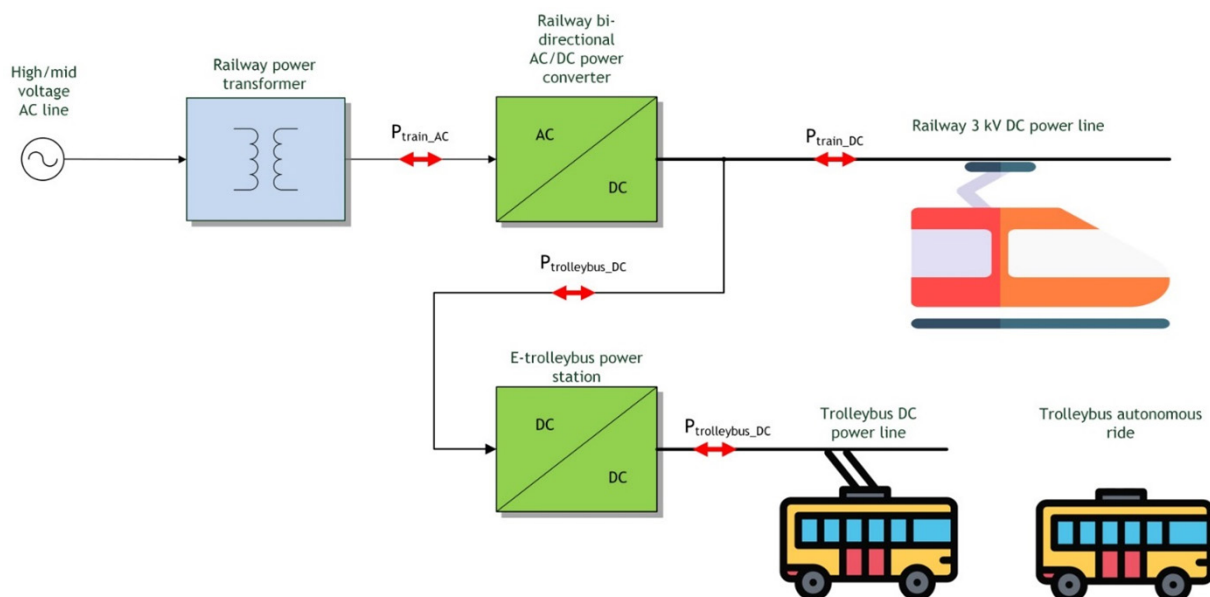
A legfőbb pénzügyi előny:

- Alacsonyabb energiaár elérése (a metró/villamos és az e-busz közös mennyiséget használ).



## 2. megoldás - A meglévő közösségi közlekedési hálózathálóból (villamos vagy metró) származó elektromos áram az EV- és hibrid trolibuszok meghajtására

A meglévő vasúti, villamos- vagy metróhálózat és a trolibuszhálózat közötti összeköttetések korszerűsíthetők a trolibuszok további hajtóakkumulátorral való felszerelésével, ami lehetővé teszi a felsővezetékes és a felsővezetékhez való csatlakozás nélküli (autonóm) üzemelést. E kialakításnak a fő célja a belvárosi és regionális elektromos buszvonalak kiterjesztése, amellyel a jelenlegi dízel buszvonalakat ki lehet váltani anélkül, hogy további felsővezeték-infrastruktúrát kellene kiépíteni. A megvalósítás költségeinek csökkentése érdekében a (hibrid) trolibuszhálózatot vasúti rendszerrel lehetne kombinálni.



2. ábra: A menet közben töltő trolibuszok és a vasúti rendszer összekötése

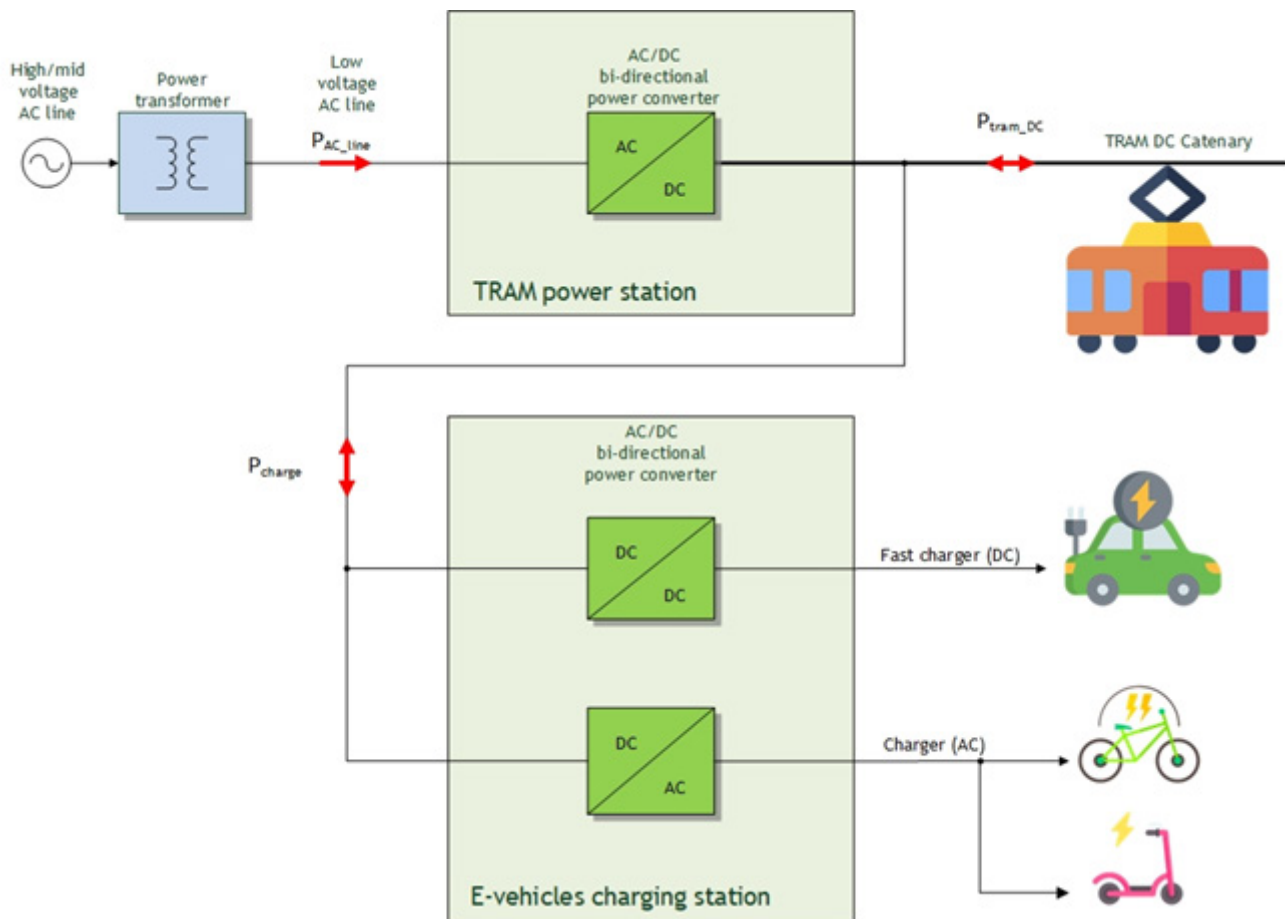
### Várható előnyök:

A hibrid trolibusz-technológia elég érett ahhoz, hogy alkalmazni lehessen, ráadásul kereskedelmi forgalomban elérhető. Ezenkívül az elektromos járművek elérhetőség, hatékonyság és megbízhatóság tekintetében egyenértékűek vagy jobbak a dízelüzemű járműveknél, miközben kevesebb karbantartást igényelnek. A régebbi járművek lítiumionos akkumulátorainak kezelésében, méretezésében és kompatibilitásában kisebb hiányosságokat állapítottak meg, de ezeket az akkumulátortechnológia fejlődésével hamarosan orvosolni lehet.

## 3. megoldás - A meglévő közösségi közlekedési hálózathálóból (villamos vagy metró) származó elektromos energia a multimodális töltőközpont működtetéséhez

Ez egy olyan kialakítás, amely lehetővé teszi az elektromos közösségi közlekedési hálózatok (metró, villamos vagy trolibusz) többcélú használatát más típusú elektromos járművek, például haszongépjárművek, személygépkocsik és taxik meghajtására. Ennél a megoldásnál különböző elektromos járművekkel számolunk a használati esettől függően, többek között az elektromos személygépkocsikkal, kerékpárokkal és kisteherautókkal.





3. ábra: Az e-járművek gyorsítása villamosok felsővezetékéről

#### Várható előnyök:

Először is ellenőrizni kell, hogy használható-e az elektromos hálózatot a töltőinfrastruktúra villamosenergia-szükségletének kielégítésére, különösen a normál elektromos hálózathoz csatlakozó helyeken.

„A” technológia	Technikai akadályok	Jogi akadályok
Multimodális használat	<ul style="list-style-type: none"> <li>A rátöltésre (Opportunity Charging) vonatkozó műszaki szabványok hiánya.</li> <li>Kompatibilitás a különböző gyártók között.</li> <li>A jelenlegi menetrendben változtatások szükségesek.</li> <li>A hálózat terhelése - korlátozott töltési lehetőségek.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energia értékesítése vagy elosztása harmadik fél (autóbusz-) üzemeltetők számára.</li> <li>Környezeti előnyök kihasználása a felsővezetékek meghosszabbításához (nem egyszerű).</li> </ul>

### 1.1.2 „B” technológia - A közösségi közlekedési infrastruktúra többfunkciós felhasználása

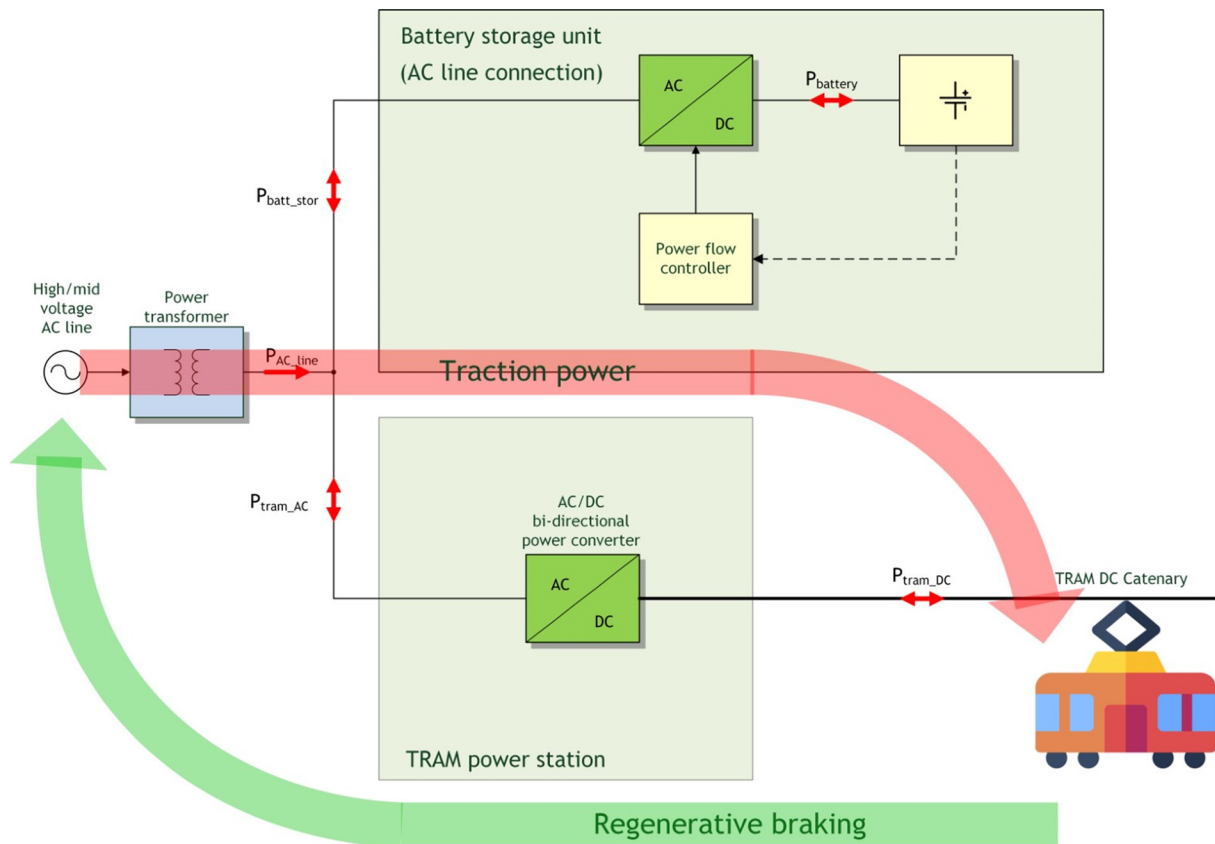
A technológia a meglévő közösségi közlekedési hálózat, például metró, villamos, trolibusz, vasút vagy kötélvasút töltőinfrastruktúrájának hatékonyabb kihasználására épül.

#### 4. megoldás - Integrált visszanyert fékezési energia

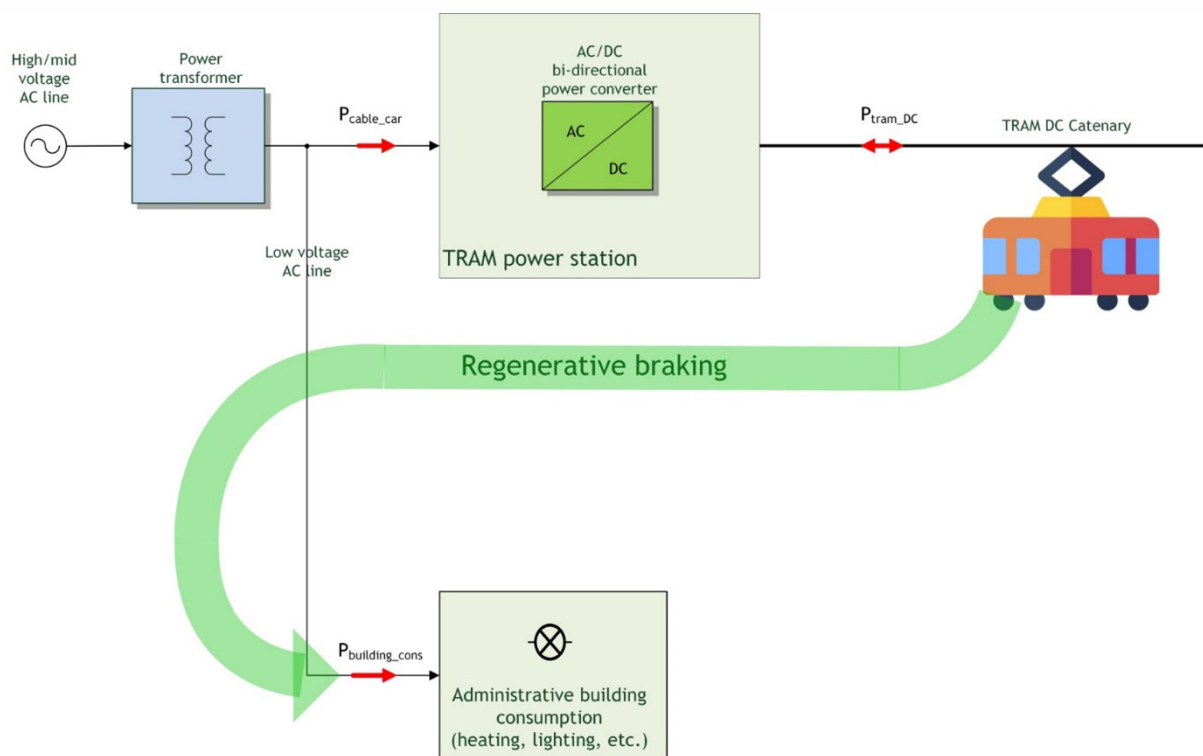
A technológia azokat a különböző megoldásokat és műszaki rendszereket fedi le, amelyek növelik a visszanyert fékenergia felhasználását a vasúti járműveknél (metró, villamos) és az autóbuszoknál (trolibusz). Ennek a kialakításnak a fő célja a közösségi közlekedési rendszer energiahatékonyságának növelése a járművek visszanyert fékenergiájának hatékonyabb felhasználásával.

A három féle alkalmazása lehetséges:

- Mobil tárolási alkalmazások
- Helyhez kötött tárolási alkalmazások
- Helyhez kötött „hálózatra visszatöltő” alkalmazások.



4. ábra: Helyhez kötött tárolási alkalmazások



5. ábra: Helyhez kötött „hálózatra visszatöltő” alkalmazások.

### Várható előnyök:

Az alkalmazásoktól várt előnyök a következők lehetnek (François-Olivier Devaux (STIB), 2011. március):

#### Mobil tárolás:

- Nagy hatékonyság a kisebb felsővezetési veszteség miatt, mivel a tárolás a járművön történik.
- Lehetőség a járművek felsővezeték nélküli üzemeltetésére a vonal bizonyos szakaszain.
- Feszültségstabilizálás a feszültségesések mérséklésével.
- A csúcsergia-igény csökkentése a terhelések egy időszak alatt történő átlagolásával.
- A jármű fékezési ellenállásának lehetséges csökkenése.

#### Helyhez kötött tárolási alkalmazások:

- A vonalon üzemelő minden jármű használhatja, feszültségstabilizálás a feszültségesések mérséklésével.
- A csúcsergia-igény csökkentése a terhelések egy időszak alatt történő átlagolásával.
- Kevesebb vontatási állomás vagy több jármű a villamosenergia-rendszer korszerűsítése nélkül.
- A hulladékhő csökkentése, nem szükséges az alagutak és állomások fűtése.
- A pálya menti fékezési ellenállás lehetséges csökkenése.
- Kevesebb biztonsági korlátozás a fedélzeti rendszerekhez képest.
- A megvalósítás, a karbantartás és a javítás nem befolyásolja a működést (leállítási mód).

#### Helyhez kötött „hálózatra visszatöltő” alkalmazások.

- A vonalon lévő összes járművel használható.
- Igen energiatakarékos, mivel kevesebb átalakítási veszteséggel jár, mint a tároló alkalmazások.
- A tárolási alkalmazásokhoz képest a hulladékhő kevesebb (hőcsatornák kialakulásának megelőzése...).
- A pálya menti fékezési ellenállások lehetséges csökkenése.
- A fedélzeti rendszerekhez képest alacsonyabb biztonsági követelmények.
- A megvalósítás, a karbantartás és a javítás nem befolyásolja a működést (leállítási mód).

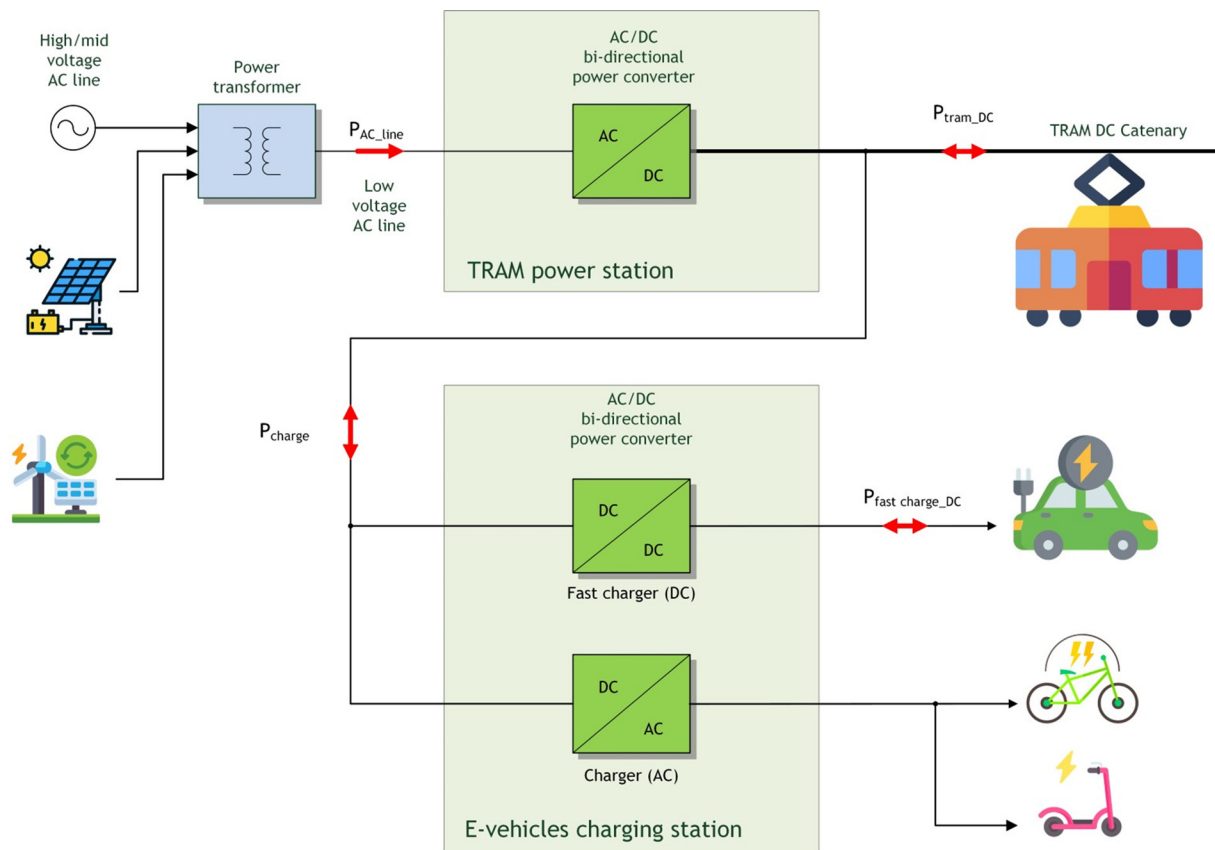
### 5. megoldás - Intelligens hálózat (PV, RES, Mobility 2 Grid, Vehicle 2 Grid)

Megújuló energia és elektromobilitás az intelligens városi környezetért. A növekvő elektromobilitás segítségével lehetőség nyílik egy integrált energia- és közlekedési rendszer kialakítására. Innovatív megoldások kidolgozása és megvalósítása a megfizethető és biztonságos, teljes mértékben megújuló energián alapuló villamosenergia-ellátás, hőellátás és közlekedési szolgáltatás biztosítása érdekében.

#### Várható előnyök (Massink, 2019. január 14.):

- A tulajdonlásának teljes költsége (TCO) csökkentése flották, akkumulátorok, PV esetében.
- Az autóiipari OEM-ek (gyártók) hozzáadott értékkel rendelkező járműveket tudnak értékesíteni.
- Energiapiaci felek beléphetnek a kereskedésbe és optimalizálhatják mérlegüket.
- A hálózatüzemeltetők optimalizálhatják a beruházásokat és stabilizálhatják a hálózatot.





6. ábra: Az e-járművek töltőállomásainak csatlakoztatása a meglévő közösségi közlekedési infrastruktúrához



Fotó: Lipcse városa

„B” technológia	Technikai akadályok	Jogi akadályok
Multimodális használat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Szigorú biztonsági korlátozások mobil tárolási alkalmazás esetén (utasok a fedélzeten);</li> <li>Veszteség a felsővezetéken (a járművek/állomások közötti nagy távolságok miatt);</li> <li>Nincs feszültségstabilizálás a hálózatra visszatápláló rendszerek esetében.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A szigorúbb szabályok és a megvalósítás magasabb költségeivel vagy a projekt elvetésével járhat;</li> <li>Kétirányú teljesítményátviteli szabványok a különböző üzemmódok között az ISO 15118-20 szabvány alkalmazásával.</li> </ul>

### 1.1.3 „C” technológia - Innovatív menet közbeni töltés a közösségi közlekedésben

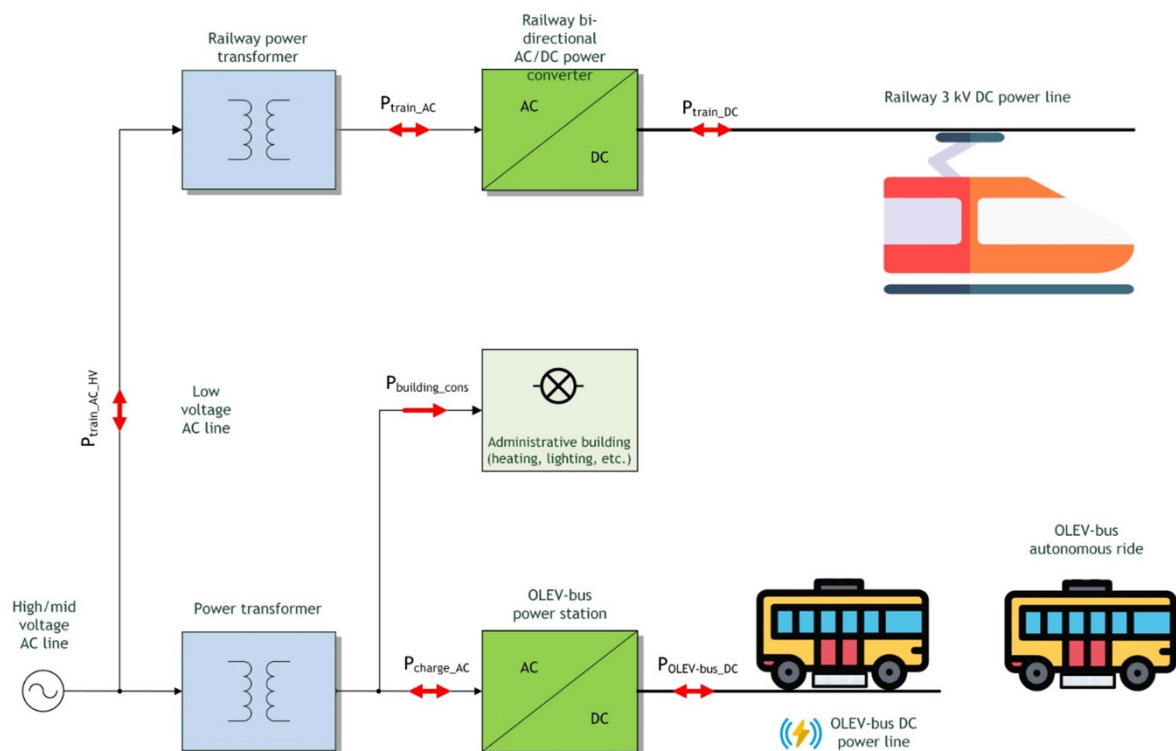
A technológia a közösségi közlekedésben használt járműveknek a mozgás közben történő (menet közbeni) töltésének elvére épül, új innovatív megoldásokat alkalmaz, amelyek lehetővé teszik a multimodális és sokoldalú használatot a jövő közösségi közlekedésében.

#### 6. megoldás - Induktív földelt menet közbeni töltés (OLEV)

Villamosított utak építésére többféle módszer létezik. Az induktív technológiában mágneses energia átvitele történik.

Úgy tűnik, hogy az összes kifejlesztett OLEV-megoldás 20 kHz-es frekvencián működik.

Megjegyzendő, hogy a technológia 6. generációja jelenleg fejlesztés alatt áll. A fő cél az elektromos járművek helyhez kötött induktív töltésére vonatkozó új SAE J2954 szabványnak való megfelelés biztosítása. Ennek megfelelően az OLEV-technológia 6. generációjának alapja merev mágneses szerkezetet nem használó mag nélküli sínek.



7. ábra: Induktív földelt menet közbeni töltés



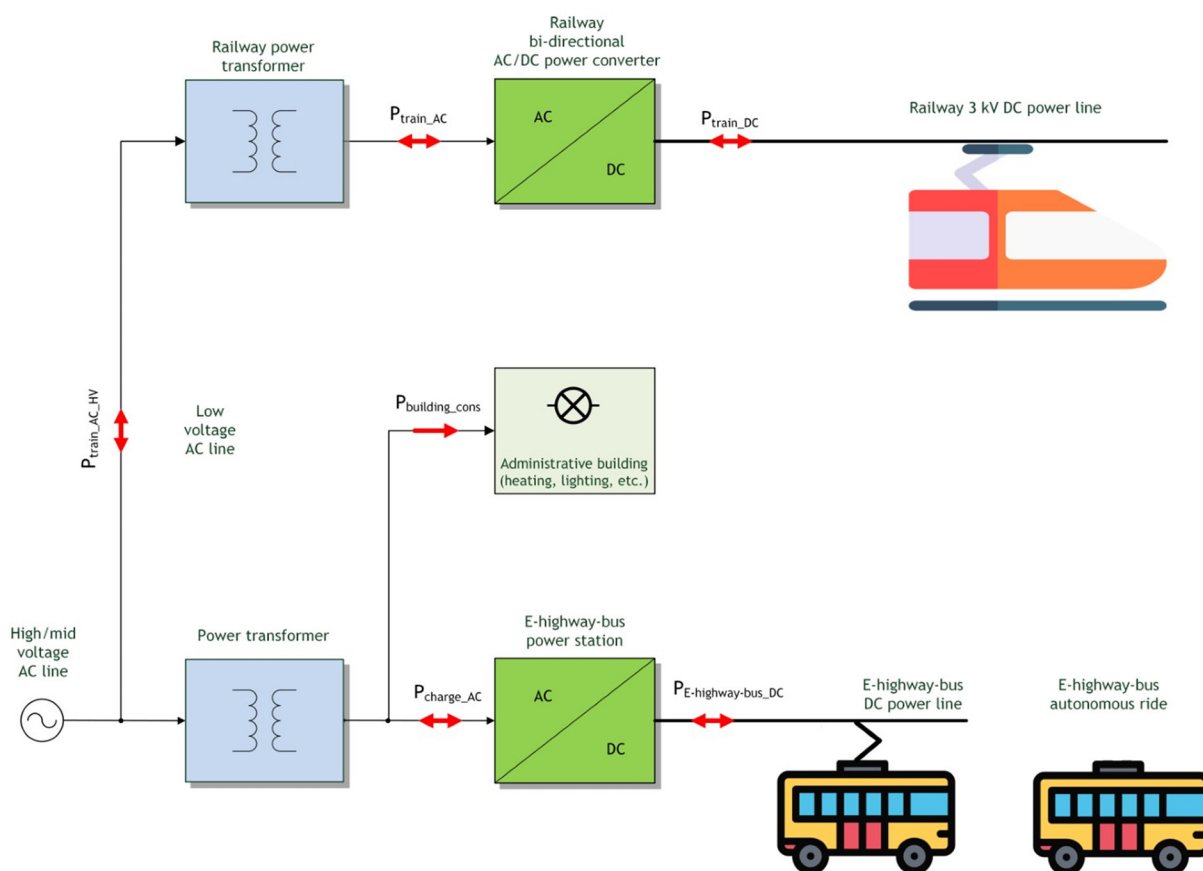
### Várható előnyök:

A várakozások szerint az elektromos közúti járművekhez használt helyhez kötött és dinamikus induktív energiaátviteli rendszerek kompatibilisek lesznek. A helyhez kötött induktív töltésre irányadó szabvány 85 kHz-es működési frekvenciát ír elő, ez a meglévő, 20 kHz-en működő OLEV-rendszerekhez képest nehezebb döntéseket és kompromisszumokat igényel.

### 7. megoldás - Konduktív felsővezetékes menet közbeni töltés az autópályákon (e-autópályák)

A felsővezetéket alkalmazó technológia tekinthető a legkiforrottabbnak, mivel a vonatok, villamosok vagy trolibuszok áramellátására szolgáló felsővezetékek üzemeltetése során szerzett tapasztalatokon alapul.

A közúti járművek infrastruktúrája és a vonatok vagy villamosok között a fő különbség az, hogy a vasúti rendszerek csak egy csúszó érintkezővel ellátott vezetőt igényelnek, mivel a síneken keresztül történik az áram visszavezetése, míg a közúti járművek dinamikus konduktív energiaátvitelére két külön vezetőt igényel. A rendszer központi eleme az újonnan kifejlesztett áramszedő. A felsővezetékhez való fel- és lecsatlakozás során 0 és 90 km/h közötti sebességtartományban használható biztonságosan (Akerman, 2015).



8. ábra: Konduktív felsővezetékes menet közbeni töltés az autópályákon

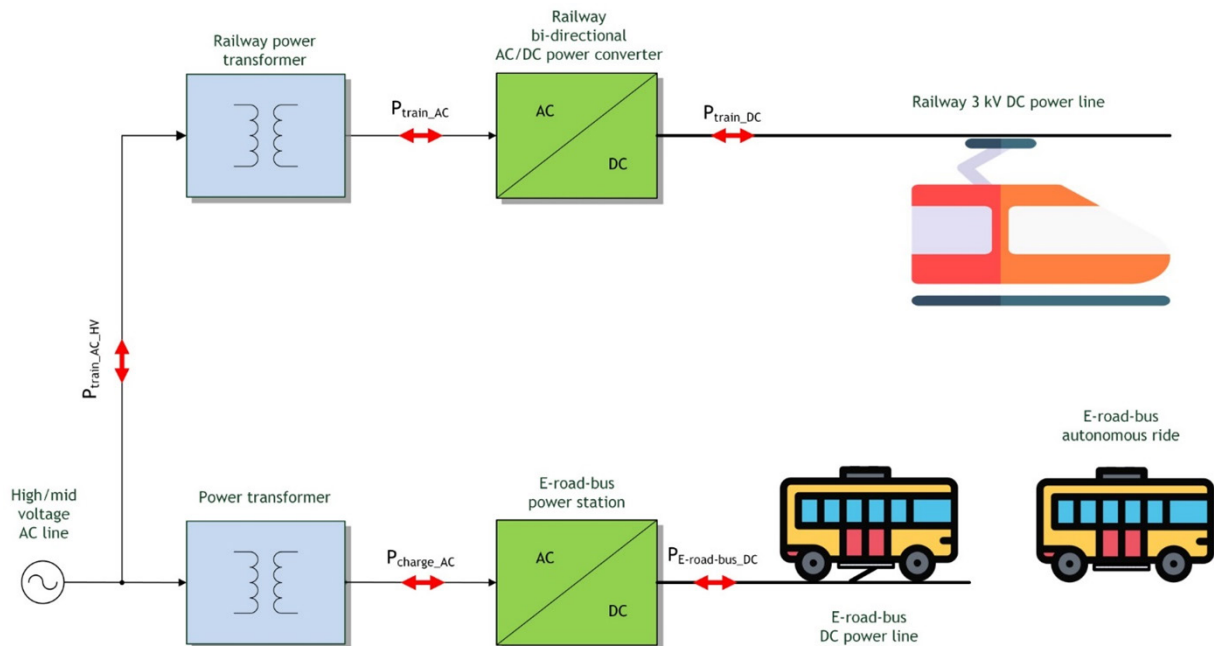
### Várható előnyök:

A felsővezetéket használó tehergépkocsik és esetleg buszok esetében várhatóan az áramszedő rendszer és a fedélzeti meghajtórendszer közötti interfészek nagyon hasonlóak lesznek, bár vélhetően lesznek gyártótól függő kisebb eltérések. A járművek várhatóan 400 és 900 V közötti névleges feszültségű fedélzeti akkumulátortárolóval rendelkeznek majd. Valószínűleg egy DC-DC átalakító lesz a meghajtórendszer interfésze, amely biztosítja a feszültség beállítását és a felsővezetésekről érkező áram szabályozását.



## 8. megoldás - Konduktív földelt menet közbeni töltés (multimodális)

A második konduktív technológia lehetővé teszi az utcában lévő vezetékek felhasználásával alulról történő áramellátást. Ilyen rendszereket már alkalmaznak városi villamosoknál, így nem kell látható a felsővezeték-rendszerekhez szükséges oszlopokat és felsővezetékeket telepíteni. Az egyik fejlesztés alatt álló elképzelés alapja, hogy a technológiát villamosokra adaptálják, míg más rendszereket kifejezetten közúti járművekhez próbálnak kifejleszteni.



9. ábra: Konduktív földelt menet közbeni töltés

### Várható előnyök:

- Az infrastruktúra használatának lehetősége különböző méretű járművek esetén.
- Nem szükséges felsővezetékeket telepíteni, és nincs a vezetékek látványa.

„C” technológia	Technikai akadályok	Jogi akadályok
Innovatív menet közbeni töltés	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gyenge energiaátviteli hatékonyság valós körülmények között;</li> <li>▪ A vezeték nélküli töltéshez a járműbe beépítendő kiegészítő töltőre van szükség (többletköltség);</li> <li>▪ Energiaelosztó rendszer tervezése, üzemeltetése és költségei;</li> <li>▪ Nem világos, hogy várható a jövőben a multimodalitásban.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A fedélzeti infrastruktúra és rendszerek szabványosítása;</li> <li>▪ A különböző koncepciók közötti átjárhatóság.</li> </ul>

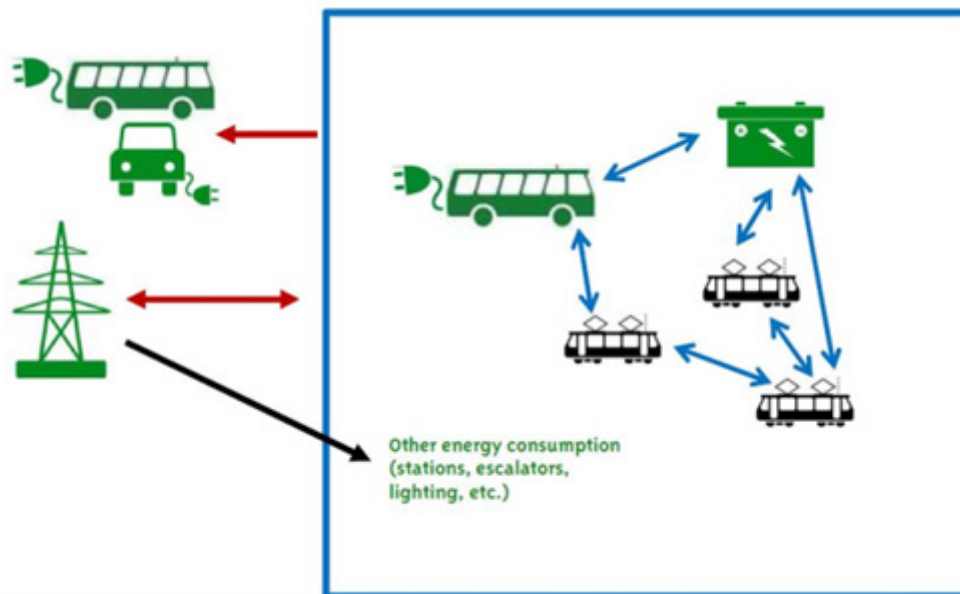
## 1.2 Hogyan alkalmazzák a többcélú közösségi közlekedési infrastruktúrát világszerte?

### Oberhausen: „A” technológia (1. megoldás) - Villamosok használata az e-buszok gyorsöltésére

A dízelüzemű járműveket elsősorban a városi buszrendszerekben használták. A városban elektromos buszokat vezettek be a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség csökkentése, valamint a nitrogén-oxidok, a szálló por és a zajszennyezés csökkentése érdekében. Az elektromos buszok a töltési energiát a villamosok felsővezetékéből alakítják át a megállóhelyen, vagy a megállóhelyen lévő alállomásból veszik, így rendes üzem során nem kell őket a buszpályaudvaron tölteni.

### Lipcse: „A” technológia (1. megoldás) - Villamosok használata a városi e-buszok teljes töltésére

A multimodális töltőközpont energiaellátása a meglévő közösségi közlekedési (villamos vagy metró) hálózatokról. A villamoshálózat használata az e-járművek (újra)töltésére. A fő cél a villamoshálózatból származó energia harmadik feleknek történő értékesítésekor a meglévő villamosinfrastruktúra többcélú felhasználásával kapcsolatosan fennálló jogi akadályok és jogi háttér azonosítása volt.



10. ábra: A. pillér – Az e- buszok rátöltése (újboli rátöltése) a villamosinfrastruktúra használatával

### **Barcelona: „A” technológia (1. megoldás) - A metró használata 18 méteres e-buszok gyorsfeltöltéséhez**

Gyors rátöltőállomás Barcelonában - két elektromos busz működik ezzel az üzemeltetési modellel. Ezek a járművek 125 kWh kapacitású akkumulátorral rendelkeznek és 18 méter hosszúak. Alapvető tény - a kisebb kapacitás kevesebb időt és energiát jelent minden egyes feltöltésnél, de többször kell tölteni.



11. ábra: Áramszedős töltés Barcelonában a nagyszabású villamosítási terv részeként. Forrás: TMB.

### **Szeged: „A” technológia (2. megoldás) - A meglévő közösségi közlekedési hálózathoz tartozó elektromos energia felhasználása hibrid trolibuszok meghajtására**

- Az e-buszok feltöltése "útközben".
- A trolibuszhálózat korszerűsítése akkumulátoros buszokkal.
- Automatikus bekötés/lekötés.
- A lakosság is élvezheti az előnyeit.
- Pénzügyi és jogi megvalósíthatóság.
- Nem használható technológia a kis sűrűségű / perifériás forgalomban (csuklós e- buszok).

### **Eberswalde: „A” technológia (2. megoldás) - Hibrid trolibuszok használata**

Az energiát a felsővezeték alatt közlekednek. Amikor a buszok elhagyják a felsővezetékes hálózatot, az összes elektromos energiát és teljesítményt kizárólag a járművek energiátároló eszközei biztosítják. Ennek eredményeként minimálisra kell csökkenteni az energiátárolást, és lehetőleg el kell kerülni az utaskapacitásban tapasztalható kiesést.

### **Oberhausen: „A” technológia (3. megoldás) - Multimodális csomópontok**

A meglévő közösségi közlekedési (villamos vagy metró) hálózatokból származó elektromos energia felhasználása multimodális töltőközpont működtetéséhez. A meglévő egyenáramú villamos infrastruktúra más elektromos járművek, például elektromos személygépkocsik és alacsony kibocsátású járművek gyorsfeltöltésére is használható.

- A meglévő közösségi közlekedési hálózatokból származó elektromos energia felhasználása a multimodális töltőcsomópontok működtetéséhez.
- Villamos-felsővezeték használata e-buszok és e-autók gyorsfeltöltéséhez (Oberhausen).
- A 750 V egyenáramú villamos-felsővezetékéből származó elektromos áramot személygépkocsik és LEV-ek által használható 50 kW-os gyorsfeltöltőállomássá alakítják át.
- Túlfeszültségvédelmi rendszerrel.
- Tisztázatlan jogi keret és gazdaságossági kockázatok.

### Barcelona: „A” technológia (3. megoldás) - Vasút használata multimodális töltéshez

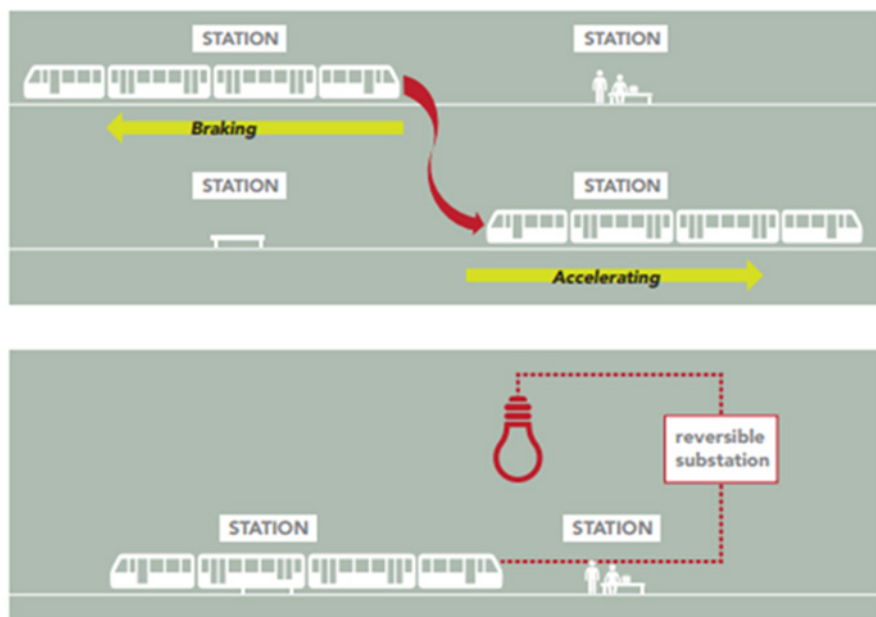
A vasúti létesítmények elektromos hálózatából származó, az elektromos vontatásban fel nem használt energia felhasználható a barcelonai EV-flotta töltésére.

- A vasúti infrastruktúra (villamos, metró) töltőpontok telepítésére alkalmas idősávjainak, a rendelkezésre álló parkolóhelyeknek és elektromos hálózatának azonosítása.
- Az elektromos hálózatba szállított, fel nem használt energia felhasználása.
- Érintettek: közösségi közlekedés üzemeltetői (PTO), parkolók üzemeltetői (PO) és végfelhasználók.
- Különböző töltőrendszerek a személygépkocsik és a közforgalmú flották számára:
- PTO-tól a parkolók üzemeltetőinek (PO) közforgalmú flottáihoz, PTO-tól EV-k magánfelhasználóihoz, PTO-tól a PO-hoz és PO-tól közforgalmú/magánflottához.
- Jogi akadályok.

### Rotterdam: „B” technológia (4. megoldás) - Közös közlekedési infrastruktúra integrált visszanyert féke energiával

A rotterdami hálózaton használt összes metrószerelvénnyel regeneratív fékezési technikák alkalmazásával tudott elektromosan fékezni. A fékezési energia visszanyerése nagyszerű lehetőség lehet a metrórendszer által felhasznált energia mennyiségének csökkentésére.

- A fékezésből visszanyert mozgási energiát a jármű segédberendezéseinek működtetésére használják, a fennmaradó energiát pedig az elektromos hálózatba küldik a közeli vonatok gyorsítására.
- Ha nem ez történik, a hálózati feszültség az energiafelesleg miatt megnő, ez a többletenergia a fékellenállásokban eloszlik.
- Kipróbált megoldások: szuperkondenzátoros tárolórendszerek a villamoshálózat mentén - nincs jelentős előny, lendkerekek?
- Nincs szükség tárolásra, csak inverterekre.
- Szimuláció az optimális elhelyezéshez (2 állomáson).



12. ábra: Fékeenergia-visszanyerő rendszer a rotterdami metróhálózaton [Forrás: Virgil Grot, Regie & Ontwikkeling, 2014]

## Torino: „B” technológia (5. megoldás) - "Vehicle 2 Grid" technológia integrált megújuló energiaforrásokkal

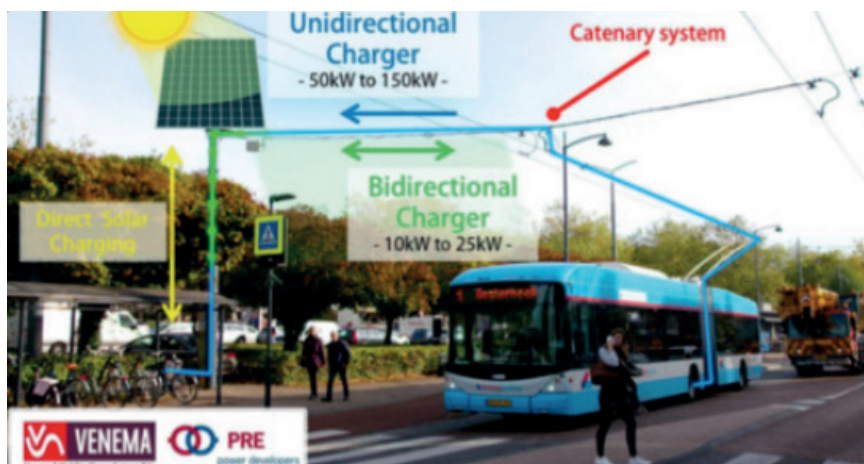
Kétirányú technológia - amely egyszerre tölti a személygépkocsit és visszavezeti az energiát a hálózatba.

- Autóipar (FCA) + E-mobilitási és technológiai szolgáltatók (ENGIE EPS) és hálózatüzemeltető (TERNA).
- Kétirányú technológia - amely egyszerre tölti a személygépkocsit és visszavezeti az energiát a hálózatba.
- Az akkumulátorok használata a hálózat stabilizálására - a személygépkocsi-használók működési költségeinek optimalizálása.
- 32 V2G-oszlop telepítése, amelyhez 64 jármű tud csatlakozni. (a cél 700 jármű).
- 5 MW napelemes kapacitás (8500 háztartás számára).

## Arnhem: „B” technológia (5. megoldás) - Az intelligens trolihálózatok többcélú felhasználása

Más elektromos járművek többcélú töltése a trolihálózatról:

- A trolibuszok vontatási hálózatának infrastruktúrája költséghatékony megoldást jelenthet.
- Rugalmas igény szerinti szolgáltatás a rendszeres közösségi közlekedési szolgáltatások kiegészítésére és bővítésére.
- A beszerelt járműgyorstöltő az egyenáramú trolibusz/villamoshálózaton keresztül működik. Mivel a rendszer DC-DC, kevesebb energiavesztéssel jár, mint a hagyományos töltőrendszerek.
- A töltőállomásnak nem kell csatlakoznia a hagyományos elektromos hálózathoz, ha a trolis- és villamoshálózathoz csatlakozik.
- A trolibusz- /villamoshálózat pozitív hatással lehet a megújuló energiaforrások felhasználására, mivel a hálózatba való betáplálás helyett alapterhelést keletkeztet a megújuló energiaforrások számára.



14. ábra: Többcélú töltő koncepciórajza (Forrás: VENEMA/PRE Power; trolley:2.0)

## Ipari megoldás: „C” technológia (6. megoldás)

A fő alkalmazási területe a közösségi közlekedési rendszerek, például villamosok, buszok és teherautók helyhez kötött rátöltése (a Bombardier 800 m-es pályája Augsburgban).

- 200 kW átvitele a járműre.
- Légrés: 6 cm (villamosok esetén), 10 cm teherautók esetén.
- Lehetséges integráció a buszok helyhez kötött (rá-) töltő rendszereivel.





15. ábra: E-busz indukzív töltéssel Braunschweigben. Forrás: Rupprecht Consult.

**Hessen tartomány, Németország: „C” technológia (7. megoldás) - Innovatív közösségi közlekedési infrastruktúrán alapuló megközelítés az e-utak (autópályák) energiaellátásához**

Az ELISA-projekt célja, hogy proaktív módon támogassa a logisztikai értékláncok részeként működő jövőbeli éghajlatsemleges közlekedést, miközben megmaradnak a szállítási kapacitások. A projektpartnerek célja egy felsővezetékes infrastruktúrával rendelkező elektromos közlekedési rendszer megvalósítása.

- Az e-Highway Hessent mintegy tíz kilométeres szakaszon építették ki az A5-ös autópályán.
- Mindössze két év alatt hagyták jóvá és építették meg. Ezzel bebizonyosodott, hogy ez a fajta elektromos út rövid idő alatt kivitelezhető, még forgalmas utakon is.
- Interoperabilitás a közösségi közlekedéssel?



16. ábra: E-autópályá tesztpályá ELISA 2020. Forrás: M. Werner (TU Dresden)

## Svédország: „C” technológia (8. megoldás) - e-Road ARLANDA-SE

A közösségi közlekedés innovatív IMC-je; konduktív földelt csúszó érintkezők. Az innovatív technikák olyan konduktív technológián alapulnak, amely az utakba épített elektromos sín segítségével a járműveket árammal látja el és tölti fel menet közben. A rendszert úgy tervezték, hogy a nehezebb járművek, például a teherautók ellátására is alkalmas legyen, de személygépkocsik és buszok esetében is működik. Felfelé haladáskor is segítséget nyújthat.

- Az utakba épített elektromos sítet használó konduktív technológia, amely a járműveket menet közben tölti fel és látja el energiával.
- Töltés „mozgatható karral”.
- Svédország célja, hogy 2030-ra megvalósítsa a fosszilis energiaforrásoktól mentes közlekedést.
- Eredetileg teherautókhoz készült, de személygépkocsikhoz és buszokhoz is használható.
- 10 km tesztpálya - 18 tonnás teherautók, 2 km villamosított.

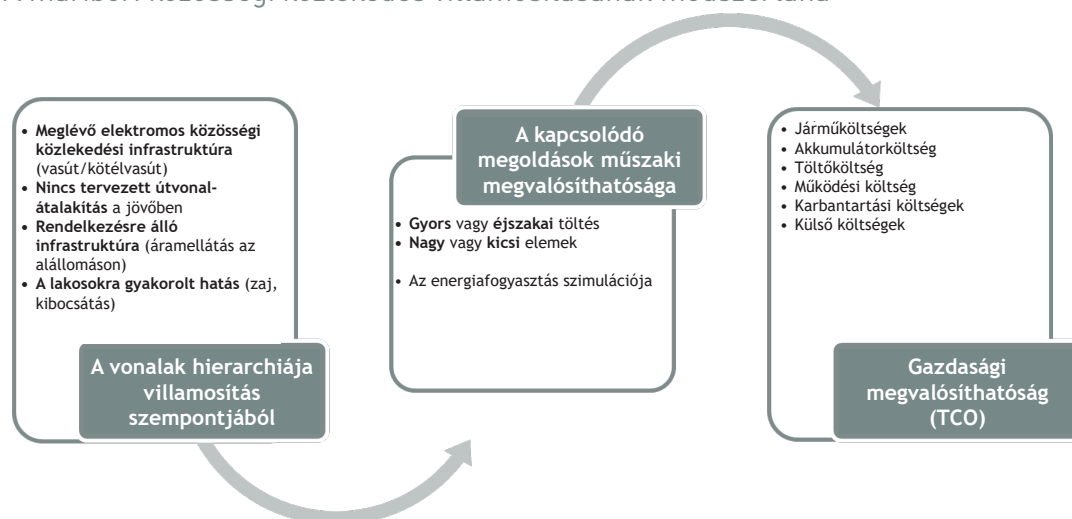


## 2. Használati eset - Maribor - A kötélvasút-állomás átalakítása többcélú közösségi közlekedési infrastruktúrává

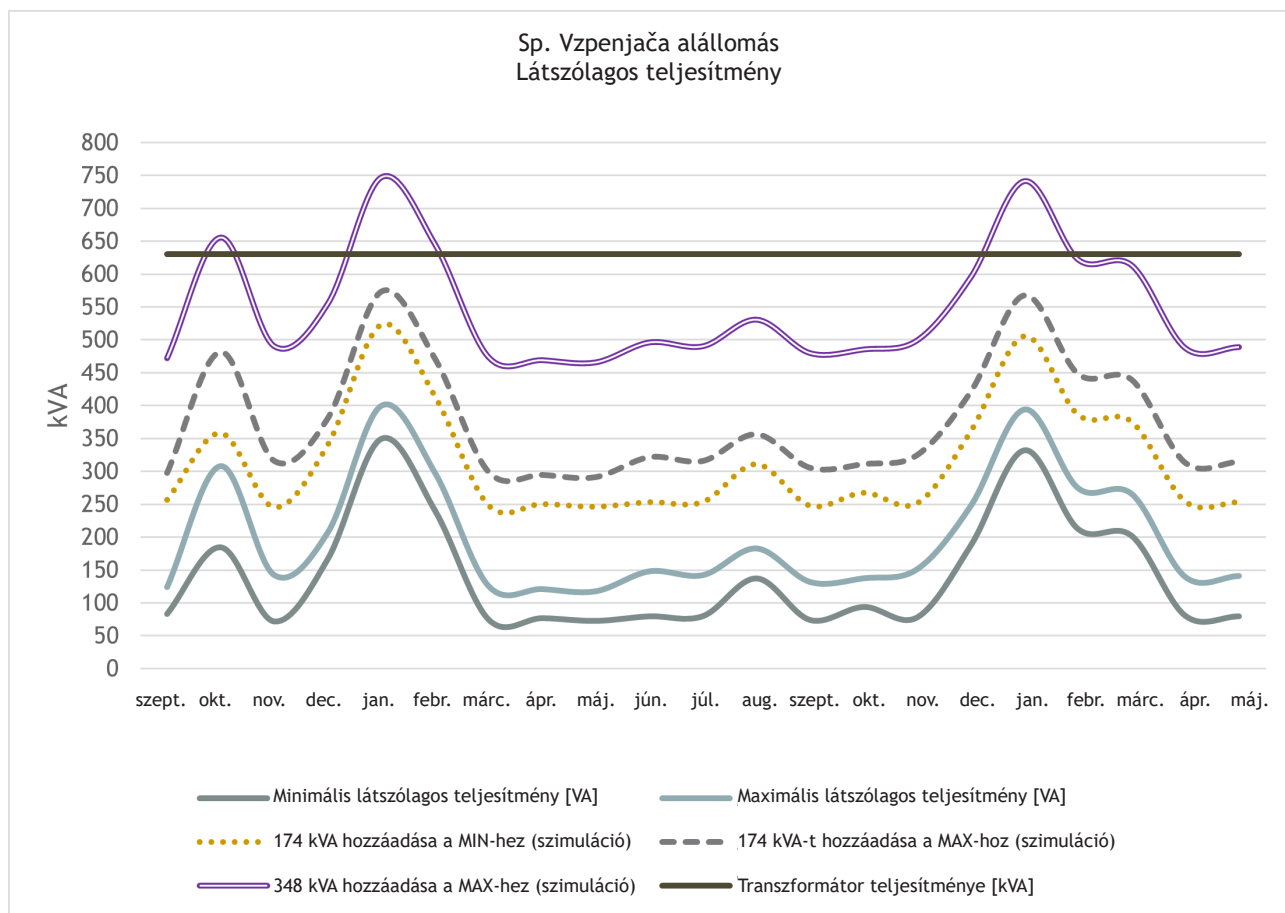
A kísérleti projekt részeként az „A” technológiát használták. A kísérleti projekt az e-buszok többcélú gyorstöltésére összpontosít, az állomás jelenleg kötélvasút és e-autómegosztók töltőállomásaként működik. Mivel a 6-os buszvonal villamosítását tervezik, az e-busz gyorstöltője a Vzpenjača állomáson található, ahol a kötélvasút-állomás is található. A kísérleti projektben a legnagyobb kihívást egy többcélú felhasználásra szánt e-busz-gyorstöltő megvalósítása, valamint a hálózat stabilitásának különböző körülmények közötti mérése jelentette. A hálózat stabilitásának mérések alkalmával az e-busz-töltő telepítése előtt és után a meglévő fogyasztók (kötélvasút-állomás, e-autómegosztó), egyéb alkalmi fogyasztók (fogyasztók nagyobb rendezvények ideje alatt - pl. kempingezők a kerékpáros downhill és a téli szezonban) és az új innovatív e-busz-töltő energiafogyasztását mérték (a különböző napi töltési helyzeteknek megfelelően).

Három lépésben megtörtént a töltési koncepció kiválasztása. Először is azonosítottuk azt az útvonalat, ahol a villamosításnak a legnagyobb hatása lenne a lakosság zaj- és károsanyag-kibocsátásának csökkentésére, és amely a már kiépített közösségi közlekedési infrastruktúrához kapcsolódik, és a jövőben sem fog jelentősen megváltozni. Ezt követően elemeztük a kiválasztott útvonal különböző töltési lehetőségeit, és meghatároztuk, hogy műszaki szempontból mely lehetőségek valósíthatók meg. Ezt követően a műszaki megoldások alapján kiválasztottuk a töltési koncepciót figyelembe véve az életciklusköltség-elemzést.

17. ábra: A maribori közösségi közlekedés villamosításának módszertana



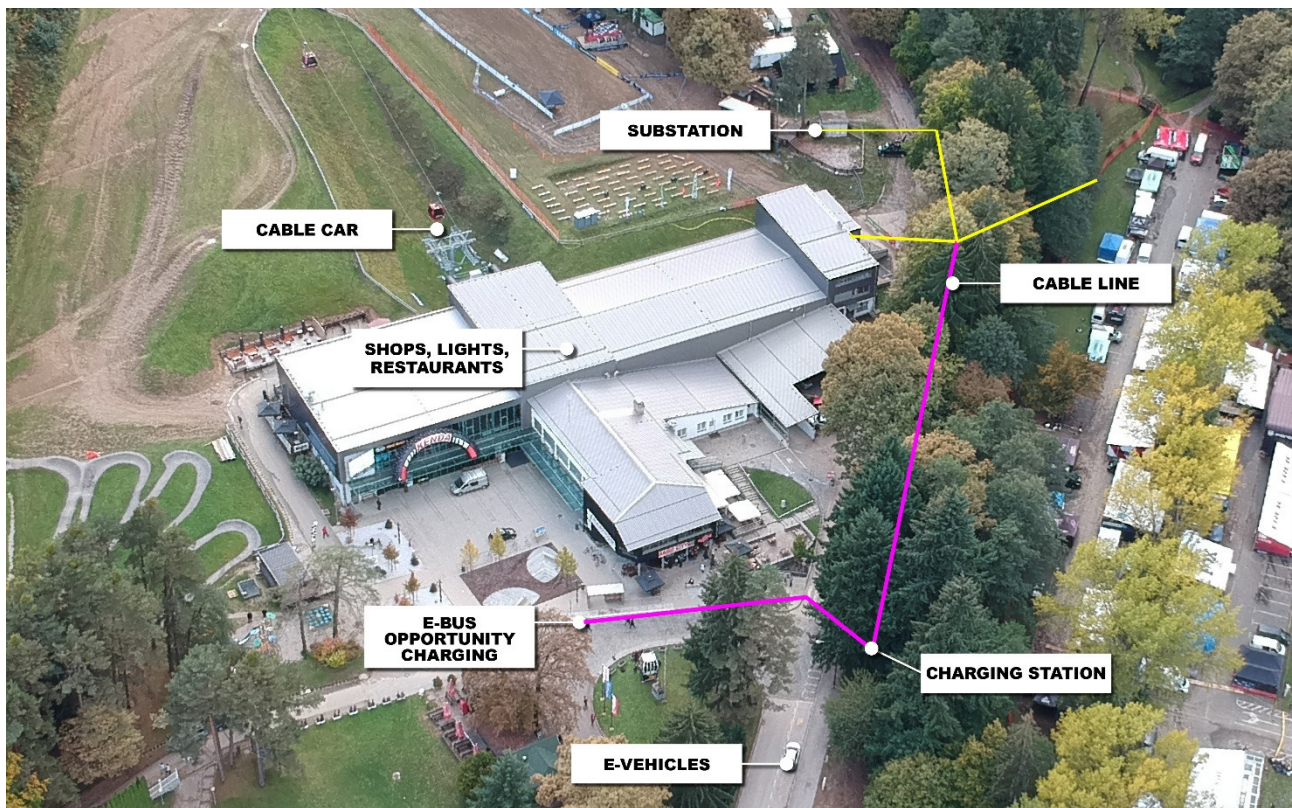
A mérőberendezés megvalósítása és telepítése a Vzpenjača állomáson 2020 szeptemberének végén fejeződött be. A mérőberendezés az állomáson a teljesítmény, az áram, a hőmérséklet és más paraméterek mérésére szolgál. Úgy van beállítva, hogy a Pohorje kötélpálya teljes fogyasztását nyomon kövesse. A gyorstöltőállomás üzembe helyezése után két mérőóra lesz: egy a töltőállomásnak és egy az összes többi fogyasztónak együttesen. A kimeneteken mért összes eredmény azonban az állomás teljes terhelését jelenti. A helyben mentett fogyasztási adatokat egy LTE-hálózaton keresztül a Maribori Egyetem szerverére továbbítják. Az alábbi ábra a 2020 szeptembere és 2022 májusa közötti villamosenergia-fogyasztást mutatja VA-ban.



18. ábra: Látszólagos teljesítmény

A maximális csúcsterhelés ebben az időszakban 2021 januárjában 399 kVA volt, és hasonló csúcsterhelést mértek 2022 januárjában. Ez volt az az időszak (hétvége), amikor a Pohorje Síközpont beindította a hóágyúkat, hogy felkészüljön az új téli szezonra. A fenti diagramon alapuló maximális csúcsterhelést és a 150 kW-os töltőállomást (174 kVA) figyelembe véve a látszólagos teljesítmény 573 kVA lenne, ami megfelel a meglévő 630 kVA-s transzformátornak. Ha a töltőállomás kapacitását 300 kW-tal, azaz a töltőállomás 348 kVA maximális látszólagos kapacitásáig növeljük, a csúcsterhelés 747 kVA lehet. A meglévő 630 kVA teljesítményű transzformátor nem lenne megfelelő, és egy új, 1000 kVA teljesítményű transzformátorra kellene cserélni.

A piacon elérhető műszaki megoldásokat figyelembe véve az önkormányzat két gyorsított és lítium-titán-oxid akkumulátorok mellett döntött. Maribor önkormányzata nyilvános pályázatot írt ki a "Pohorje kötélpálya" alatt, a fő buszpályaudvaron és a maribori Marprom műhelyben található gyorsítottállomások projektdokumentációjának elkészítésére. A kiválasztott ajánlattevővel 2020 szeptemberében egyeztető megbeszélést tartottak. A maribori önkormányzat és a Maribori Egyetem képviselői részletesen ismertették az EfficienCE projektet és a szakmai dokumentáció elkészítésének projektfeltételeit.



19. ábra: Légi felvétel egy gyorstöltőről a Vzpenjača állomáson

2022. február elején sikeresen üzembe helyezték az első 300 kW teljesítményű, elektromos buszok gyorsöltésére szolgáló áramszedőt Mariborban a központi buszpályaudvaron. A második, 150 kW teljesítményű áramszedőt 2022. február közepén telepítették a kötélpálya állomáson, ahol más e-járművek és kötélvasúti kocsik töltésének integrálása valósult meg.



20. ábra: Gyorstöltővel ellátott áramszedő telepítése a maribori kötélvasút-állomáson





21. ábra: A beszerelt áramszedő tesztelése a megvásárolt busszal



22. ábra: Az áramszedő működésének bemutatása

### 3. Következtetések

A többcélú infrastruktúrájú közösségi közlekedés használatához kapcsolódó technológiák sok olyan lehetőséget és megoldást kínálnak, amelyek már elérhetők a szolgáltatóknál és már használatban vannak több városban is. A technológia folyamatosan fejlődik, és a segítségével elért eredmények még mindig a kezdeti szakaszban vannak (különösen a dinamikus/mozgó, többcélú felhasználású közösségi közlekedés). Először, bemutattuk a 8 lehetséges műszaki megoldást, az egyes technológiák leírásával együtt, majd felsoroltuk az általuk biztosított legnagyobb előnyöket, az általános beruházásokat, valamint az esetleges műszaki és jogi akadályokat. A második részben az egyes technológiákkal kapcsolatban bemutattuk a bevett gyakorlatot, itt először beszámoltunk a technika jelenlegi állásáról, majd megvizsgáltuk, hogyan áll a megvalósítás, ezt követően kitekintést tettünk a felhasználás kiterjesztésének lehetőségére. Mindegyik technológiának vannak előnyei és hátrányai is, és a megvalósításnak a helyi körülményekhez kell igazodnia. A jelentés alapján azt látjuk, hogy a városok és a szolgáltatók a meglévő helyi közösségi közlekedési infrastruktúrát többcélú felhasználásra korszerűsítik, míg az új (különösen a mobil) töltési technológiák még korai szakaszban vannak.

Ami az energia, a mobilitás és a logisztika a közösségi közlekedési infrastruktúra többcélú használatába történő integrációját illeti, megállapíthatjuk, hogy az integráció a kereslethez és a rendelkezésre álló helyszínekhez, valamint az energiához igazodik, míg a mobilitási és logisztikai csomópontok általában nem rendelkeznek térbeli szempontból integrált elosztóhálózatokkal, ezért az integráció nehézkes, de a jövőben megfontolandó.

## Hivatkozások

- 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. (2015. június 1.). 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, (2020. szeptember 14.). Bloomberg - The Vehicle-to-Grid Pilot Project Has Been Inaugurated at Mirafiori. Von [www.bloomberg.com/](http://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. (2014. május). 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. (2011. március). T2K - Overview of braking energy recovery technologies in the public transport field. The "TICKET TO KYOTO" project - [www.tickettokyoto.eu](http://www.tickettokyoto.eu).
- eHighway, (2021). Field trial eHighway Schleswig-Holstein. Von eHighway.SH: <https://www.ehighway-sh.de/de/projektbeschreibung.html> abgerufen
- eRoadArlanda, (2021. február). eRoadArlanda -SE. Von [eroadarlanda.com](http://eroadarlanda.com): <https://eroadarlanda.com/the-technology/> abgerufen
- Freudenberg B., (BBG), T. K., (2015. június). Eberswalde Final Use Case Report. Von [www.eliptic-project.eu](http://www.eliptic-project.eu): <https://www.eliptic-project.eu/results> abgerufen
- Greater, A. L., (2012. május). Ticket to Kyoto - Economic Expertise in the Carbon Market - Optimising policies and regulations for CO2 reduction in the public transport sector.
- Grot V., (2014. május). 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., (2015. június). 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. (2018. 06. 15.). Leipzig Final Use Case Report.
- Mackinger G., L. E., (2019. május). UITP My Libry. Von <https://mylibrary.uitp.org/>: <https://mylibrary.uitp.org/> abgerufen
- Massink, R., (2019. január 14.). 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., (2015. június). Szeged Final Use Cases Report. Von <http://www.eliptic-project.eu>: <http://www.eliptic-project.eu> abgerufen
- Reh, S., (2016. június 22.). 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., (2018. 06. 22.). Barcelona Final Use Case Report. ELIPTIC.

Sue, D. A., (2020. 10. 28.). 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](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](http://www.elingo.no) abgerufen

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

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

Thurm S., S. J., (2018.06.15.). Oberhausen Final Use Case Report.

Waldeyer, L., (2017. január). 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



# MÉG TÖBB EfficienCE



Látogasson el weboldalunkra:  
<https://www.interreg-central.eu/efficiency>

## Kapcsolat



+49 341 123 59 10

Vezető partner: Lipcse, Németország



Projektmenedzserek:

Sebastian Graetz  
[sebastian.graetz2@leipzig.de](mailto:sebastian.graetz2@leipzig.de)

Marlene Damerau  
[m.damerau@rupprecht-consult.eu](mailto:m.damerau@rupprecht-consult.eu)



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



[www.facebook.com/Interreg.EfficienCE/](https://www.facebook.com/Interreg.EfficienCE/)



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



GDAŃSK UNIVERSITY  
OF TECHNOLOGY



Plzeňské městské  
dopravní podniky **PMDP**



Faculty of Civil Engineering,  
Transportation Engineering  
and Architecture



COMUNE DI BERGAMO

