



**Interreg**  
CENTRAL EUROPE



European Union  
European Regional  
Development Fund

**EfficienCE**



# MIĘDZYNARODOWY PODRĘCZNIK WDRAŻANIA ENERGOOSZCZĘDNYCH TECHNOLOGII DLA INFRASTRUKTURY TRANSPORTU PUBLICZNEGO

(4) Projekty pilotażowe

## IMPRINT

### Numer projektu:

CE1537 EfficienCE - Efektywność energetyczna dla infrastruktury transportu publicznego w Europie Środkowej.

### Finansowanie:

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

### Tytuł dokumentu:

D.T 2.3.2 Międzynarodowy podręcznik dotyczący projektu pilotażowego EfficienCE

### Redakcja:

Konsorcjum EfficienCE

### Autorzy:

Mitja Klemenčič, Marijan Španer, Matej Moharić, Vlasta Rodošek (Uniwerytet Mariborski)

### Układ i projekt:

Levent Saran (Rupprecht Consult GmbH)

### Data:

czerwiec 2022 r.

## O projekcie EfficienCE

EfficienCE to projekt współpracy finansowany z programu Interreg EUROPA ŚRODKOWA, którego celem było zmniejszenie śladu węglowego w regionie. Większość miast Europy Środkowej posiada rozbudowane systemy transportu publicznego, które mogą stanowić podstawę dla usług niskoemisyjnej mobilności. Ponad 63% osób dojeżdżających do pracy w regionie korzysta z transportu publicznego. Przedsięwzięcia mające na celu zwiększenie efektywności energetycznej i udziału odnawialnych źródeł energii w infrastrukturze transportu publicznego mogą zatem mieć szczególnie duży wpływ na zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub>.

Osiągnięto to dzięki wspieraniu władz lokalnych, zarządów transportu publicznego i operatorów poprzez opracowywanie strategii planowania i planów działania, wdrażanie działań pilotażowych, rozwijanie narzędzi i szkoleń w zakresie planowania i obsługi infrastruktury niskoemisyjnej, a także poprzez transfer wiedzy i najlepszych praktyk w zakresie energooszczędnych przedsięwzięć w regionach Europy Środkowej.

Dwunastu partnerów, w tym siedem zarządów/firm transportu publicznego z siedmiu krajów, współpracowało przez trzy lata, aby zużytkować niewykorzystany potencjał w tym sektorze i przyczynić się do realizacji celów „Białej Księgi” UE dotyczących ograniczenia emisji z transportu o 60% do 2050 r. i zmniejszenia o połowę liczby samochodów napędzanych paliwem konwencjonalnym, z jakich korzysta transport miejski, do 2030 r.

# Spis treści

<b>Streszczenie</b>	<b>5</b>
<b>1. Projekty pilotażowe</b>	<b>6</b>
1.1. Wdrożenie systemu fotowoltaicznego zintegrowanego ze stacją metra do zasilania potrzeb własnych zapleczy budynków za pomocą OZE (Wiedeń, Austria)	6
1.2. Wykorzystanie odzyskanej energii hamowania i OZE do zasilania budynku zajezdni trolejbusowej (Gdynia, Polska)	8
1.3. Modernizacja istniejącej stacji energetycznej kolejki linowej i integracja stacji szybkiego ładowania dla autobusów elektrycznych (Maribor, Słowenia)	10
1.4. Integracja stacji przechowywania buforowego do sieci trolejbusowej w celu zwiększenia efektywności energetycznej (Pilzno, Republika Czeska)	15
<b>2. Wnioski</b>	<b>18</b>
<b>3. Referencje</b>	<b>19</b>

# Streszczenie



Zdjęcie dostarczone przez miasto Lipsk

Projekt EfficienCE koncentrował się na efektywności energetycznej infrastruktury transportu publicznego w Europie Środkowej i w jego ramach przeprowadzono badania w celu określenia udziału w wydajnej infrastrukturze transportu publicznego. Skupiono się na następujących tematach:

Tematy przewodnie projektu pilotażowego
Magazynowanie energii w infrastrukturze transportu publicznego
Integracja systemu fotowoltaicznego (PV)
Wielofunkcyjne wykorzystanie infrastruktury transportu publicznego
Narzędzia do audytów energetycznych (EAT)
Stacja szybkiego ładowania dla autobusów elektrycznych
Ładowanie w ruchu (IMC)

W ramach projektu wdrożono i testowano rozwiązania mające na celu poprawę efektywności energetycznej infrastruktury transportu publicznego oraz integrację OZE w systemach transportu publicznego w celu zmniejszenia zależności transportu publicznego od paliw kopalnych, a także zachowanie przystępności i wydajności transportu publicznego w krajach Europy Środkowej.

Cztery inwestycje pilotażowe w ramach projektu EfficienCE obejmują powyższe zagadnienia.

Przewoźnik Wiener Linien wdrożył system fotowoltaiczny zintegrowany ze stacją metra w celu zasilania zapleczy budynków za pomocą OZE.

Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej w Gdyni (PKT) zajmowało się w ostatnich latach wszystkimi trzema tematami projektu EfficienCE. Natomiast w ramach projektu EfficienCE przedstawiono efekty inwestycji w zakresie wykorzystywania odzyskanej energii hamowania i OZE do zasilania zajezdni trolejbusowej.

Miasto Maribor zmodernizowało istniejącą stację energetyczną kolejki linowej i zintegrowało stację szybkiego ładowania dla autobusów elektrycznych.

Z kolei przedsiębiorstwo transportu publicznego PMDP w Pilźnie przedstawiło integrację systemu przechowywania buforowego w sieci trolejbusowej. Prace badawcze były skupione na zwiększeniu efektywności energetycznej.

# 1. Projekty pilotażowe

Projekt pilotażowy nr 1 - Wdrożenie integracji systemu fotowoltaicznego na stacji metra:

- Instalacja systemu fotowoltaicznego na zadaszeniu stacji metra w Wiedniu.
- Integracja i testowanie zasilania energią fotowoltaiczną w systemie energetycznym stacji w celu zasilania jednostek zasilania pomocniczego.

Projekt pilotażowy nr 2 - Wdrożenie integracji energii hamowania i OZE w zajezdni trolejbusowej:

- Wdrożenie systemu falownika do zasilania systemu energetycznego budynku zajezdni w Gdyni energią odzyskaną z linii trakcyjnych.

Projekt pilotażowy nr 3 - Wdrożenie stacji szybkiego ładowania dla autobusów elektrycznych:

- Modernizacja wielofunkcyjnej stacji energetycznej oraz instalacja stacji szybkiego ładowania wykorzystującej energię z wielofunkcyjnej stacji energetycznej w Mariborze.
- Energia będzie dostarczana do ładowania autobusów elektrycznych, samochodów elektrycznych i kolejek linowych.

Projekt pilotażowy nr 4 - Wdrożenie stacji przechowywania buforowego w sieci trolejbusowej:

- Instalacja stacji przechowywania buforowego dla nadmiaru energii w Pilźnie.
- Zapewnienie dodatkowej przepustowości na żądanie dla sieci trakcyjnej.

## 1.1 Wdrożenie systemu fotowoltaicznego zintegrowanego ze stacją metra do zasilania potrzeb własnych zapleczy budynków za pomocą OZE (Wiedeń)

### Krótki opis inwestycji pilotażowej

Będąc spółką transportu publicznego, Wiener Linien ma do dyspozycji wiele nieruchomości w Wiedniu, które potencjalnie mogą być wykorzystywane do wytwarzania energii słonecznej. Potencjał ten szacowany jest na 100 000 metrów kwadratowych. Do tej pory nie było jednak możliwe zainstalowanie tam konwencjonalnych systemów fotowoltaicznych ze względu na statykę. Nowy produkt, folia fotowoltaiczna, jest znacznie lżejszy niż systemy konwencjonalne i spełnia szczególne wymagania dotyczące uziemienia elektrycznego w budynku metra.

Projekt pilotażowy zarządza budową elektrowni fotowoltaicznej Pivot i opracowaniem narzędzia do monitorowania energii (ang. energy monitoring tool, EMT) dla stacji metra, a także monitorowaniem i oceną działania tego nowatorskiego systemu fotowoltaicznego.

### Wymagane zasoby

Po raz pierwszy folie fotowoltaiczne zostały przyklejone na dachu stacji metra. Te folie fotowoltaiczne są pięć razy lżejsze niż konwencjonalne systemy fotowoltaiczne. Inną szczególną cechą jest to, że prąd stały metra i wytwarzanie energii fotowoltaicznej kooperują ze sobą.

Główne wyzwania są związane z integracją tej nowej technologii w istniejących systemach. Ze względu na to, że system metra jest zasilany prądem stałym (DC), istnieje ryzyko wystąpienia prądu błędącego. Dlatego system fotowoltaiczny musi być wyposażony w specjalną warstwę izolacyjną. Innym wymogiem jest jego masa. Nie ma specjalnych wymagań w zakresie wzornictwa, które wykraczałyby poza normalne wymagania odnoszące się do systemów fotowoltaicznych.



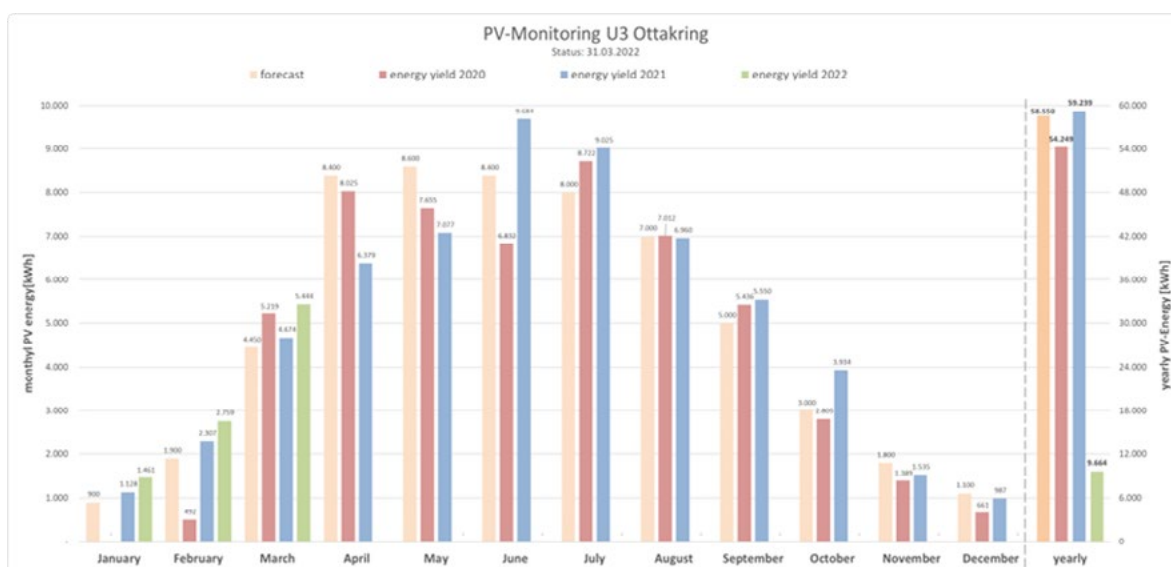


Rysunek 1: Zdjęcie lotnicze systemu fotowoltaicznego (05-2020), © Wien Energie GmbH

### Dowody na sukces

Elektrownia fotowoltaiczna ma powierzchnię 360 metrów kwadratowych, a jej roczna moc szczytowa wynosi 60,3 kW. Wytwarza około 62 000 kWh energii słonecznej. Pozwala to zaoszczędzić ponad 21 ton CO<sub>2</sub> rocznie.

Wydajność elektrowni jest w dużym stopniu charakteryzowana przez elektryczną moc wyjściową. Do wykonywania pomiarów stosowany jest miernik Siemens PAC 3200, a uzyskane dane są automatycznie przesyłane do systemu kontroli energii. Roczna produkcja energii jest wyższa niż przewidywano przed rozpoczęciem projektu.



Rysunek 2: Wydajność energetyczna systemu fotowoltaicznego

## Napotkane trudności

Jedno z głównych wyzwań wiązało się z rozmieszczeniem sprzętu technicznego, jak np. przetwornicy częstotliwości. Ze względu na wytwarzany przez nią hałas nie można było zainstalować przetwornicy na dachu stacji. Została więc umieszczona w obrębie stacji. Przeprowadzenie kabli wymagało precyzyjnego planu, aby skrócić odległość między pomieszczeniem technicznym a pomieszczeniem rozdzielni sieci niskiego napięcia.

Elementy pomiarowe zainstalowano na wyłączniku automatycznym po podłączeniu rozdzielni sieci niskiego napięcia do pomieszczenia technicznego. Dzięki wykorzystaniu istniejących kolektorów pomiaru zużycia energii wymagały jedynie niewielkich dodatkowych kosztów. Korekty związane z przeprowadzeniem kabli były zgodne z oczekiwaniami.

Ponieważ ten produkt i jego zastosowanie stanowią nowość, konieczne było przetestowanie i dokonanie oceny jego działania. W projekcie uwzględniono system pomiarowy. Zmierzono zarówno warunki środowiskowe (promieniowanie słoneczne, wilgotność i temperaturę powietrza), jak i wydajność systemu (prąd i napięcie w 2 miejscach: przy panelach na dachu oraz w pomieszczeniu instalacji elektrycznej obok falownika AC/DC).

## Możliwości uzyskania wiedzy i przekazania doświadczeń

Pod względem wykonalności projekt pilotażowy uwzględnił wszystkie przeszkody (np. masę, uziemienie elektryczne) napotkane przez innych potencjalnych usługodawców w zakresie mobilności. Rezultaty i perspektywy dla ewentualnych przyszłych instalacji fotowoltaicznych wskazują, że realizacja ich na budynku kolejowym jest możliwa i nie stawia żadnych trudności. Z elektrotechnicznego punktu widzenia można powiedzieć, że nie ma negatywnego wpływu systemu fotowoltaicznego na trakcję, ani odwrotnie. Podsumowując, folie fotowoltaiczne stanowią bardzo dobrą opcję w przypadku starszych budynków, w których istnieją kwestie statyczne, ale jeśli nie ma problemów związanych ze statyką, należy zastosować standardowe moduły z powodów ekonomicznych.

## 1.2 Wykorzystanie odzyskanej energii hamowania i OZE do zasilania budynku zajezdni trolejbusowej (Gdynia)

### Krótki opis inwestycji pilotażowej

Zjawisko niewykorzystanej odzyskanej energii hamowania trolejbusów skłoniło Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej (PKT) w Gdyni do wdrożenia rozwiązań optymalizujących zużycie energii. Inwestycja ograniczy straty energii w sieci trakcyjnej trolejbusów dzięki zużytkowaniu niewykorzystanej odzyskanej energii hamowania. Odzyskana energia hamowania zanika jako ciepło w rezystorach hamowania umiejscowionych na sieci. Dzięki inwestycji niewykorzystana odzyskana energia hamowania jest przekazywana do sieci zajezdni trolejbusowej w celu zasilania budynku (oświetlenie zajezdni, itd.).

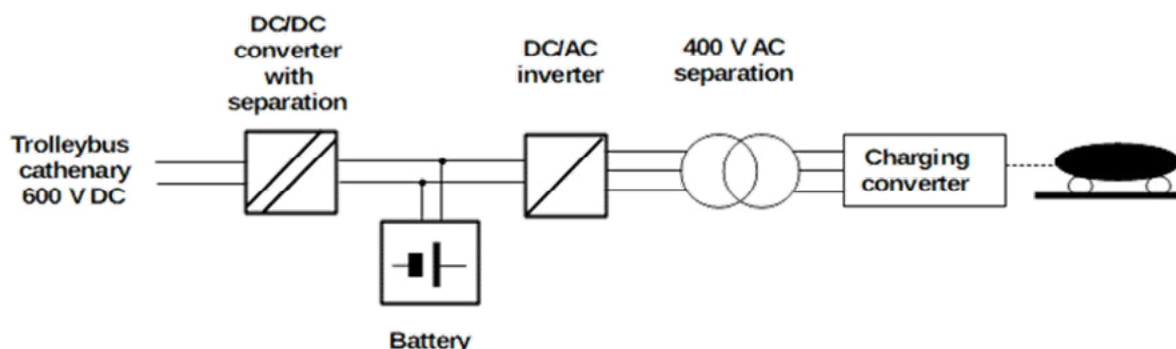
### Wymagane zasoby

Osiągnięto to dzięki innowacyjnemu falownikowi, który umożliwia bezpośrednie wprowadzanie niewykorzystanej energii do systemu zasilania budynku. Konieczne jest umieszczenie w zajezdni specjalnie zaprojektowanego falownika DC/AC w celu połączenia sieci trakcyjnej DC z siecią AC budynku. Falownik DC/AC jest tutaj istotny, bowiem pozwala na odzyskiwanie niewykorzystanej energii hamowania i odprowadzanie jej do budynku zajezdni, kontrolę poziomu zużycia energii w sieci trakcyjnej, wykrywanie występowania niewykorzystanej energii oraz dokładną kontrolę zużycia energii w budynku zajezdni dzięki dalszemu rozwojowi systemu monitorowania energii (ang. energy monitoring system, EMS).



## Dowody na sukces

System przetwarzania i magazynowania energii został wdrożony w zajezdni PKT Gdynia i podłączony do sieci trolejbusowej także jako źródło zasilania stacji ładowania samochodów elektrycznych. Zmierzono dostępność mocy ładowania oraz wartości wyjściowe napięcia prądu przemiennego (AC). Ponadto zbadano możliwość odzyskania absorpcyjnej energii hamowania.



Rysunek 3: Schemat innowacyjnego systemu

## Napotkane trudności

Urządzenie przetestowano także jako źródło zasilania stacji ładowania samochodów elektrycznych. W pierwszych etapach testów współpracę stacji ładowania analizowano w różnych warunkach, o różnych porach dnia i z różnymi typami pojazdów. Następnie przetestowano działanie stacji ładowania przy dużej intensywności ładowania, co pozwoliło na skorygowanie założeń projektowych i określenie praktycznych zastosowań.

Zmierzono dostępność mocy ładowania oraz wartości wyjściowe napięcia prądu przemiennego (AC). Wykonano test możliwości odzyskania absorpcyjnej energii hamowania.

Problem polegał na tym, że stacja była przeciążona odbiornikiem 400 V AC (stacja ładowania samochodów elektrycznych). Falownik nie był wystarczająco zabezpieczony przed przeciążeniami, a wystąpienie takiej sytuacji doprowadziło do jego wyłączenia. Powinien być podłączony do sieci trakcyjnej za pomocą odłącznika ze sterownikiem zdalnym, który może być sterowany z centrum kontroli stacji energetycznej. Ułatwia to rekonfigurację systemu zasilania w sytuacjach awaryjnych, a także odłączanie stacji ładowania podczas prac konserwacyjnych na sieci trakcyjnej. Aby zapobiec wyłączeniu urządzenia w przypadku zaniku napięcia w linii napowietrznej (brak zasilania 600 V DC), zastosowano akumulatory w stacji falownika.

## Możliwości uzyskania wiedzy i przekazania doświadczeń

Zaletą urządzenia jest to, że tego typu stacja ładowania nie jest mocowana do podłoża i może być umieszczona w dowolnym miejscu sieci trakcyjnej. Podłączenie stacji nie wymaga dodatkowych kosztów instalacji, a brak konieczności uzyskania pozwolenia na budowę skraca czas inwestycji.

Zaletą sieci trakcyjnej jest jej duża rozbudowa przestrzenna w wielu miastach, a co za tym idzie szeroka dostępność. Dzięki temu może służyć do zasilania stacji ładowania pojazdów, w których podłączenie do sieci prądu przemiennego jest problematyczne np. z powodu prac budowlanych.

Przekształtnik energii (falownik), przejmujący nadmiar energii hamowania i trakcyjnej, zaprojektowano i zainstalowano w celu magazynowania i przekazywania tej energii na potrzeby zasilania budynku zajezdni bądź stacji ładowania samochodów elektrycznych. Urządzenie pozwala to na „wychwytywanie” z sieci nadwyżki energii wytwarzanej przez hamujące trolejbusy i zarządzanie nią. Falownik wykorzystuje używaną baterię z trolejbusu, która służy jako urządzenie do magazynowania energii. Otwiera to kolejne możliwości, a mianowicie „drugie życie” dla zużytych akumulatorów trakcyjnych.

Po wdrożeniu modelu łączącego transport indywidualny z transportem publicznym może on być przetestowany na większą skalę poprzez parkowanie samochodów na parkingach buforowych połączonych z centrum miasta siecią trolejbusową lub tramwajową i dojeżdżanie do domu samochodem naładowanym „zieloną energią”.



Rysunek 4: Magazynowanie energii elektrycznej w oparciu o akumulatory; wykorzystanie „drugiego życia” baterii trakcyjnych trolejbusów (Źródło: PKT Gdynia)

### 1.3 Modernizacja istniejącej stacji energetycznej kolejki linowej i integracja stacji szybkiego ładowania dla autobusów elektrycznych (Maribor)

#### Krótki opis inwestycji pilotażowej

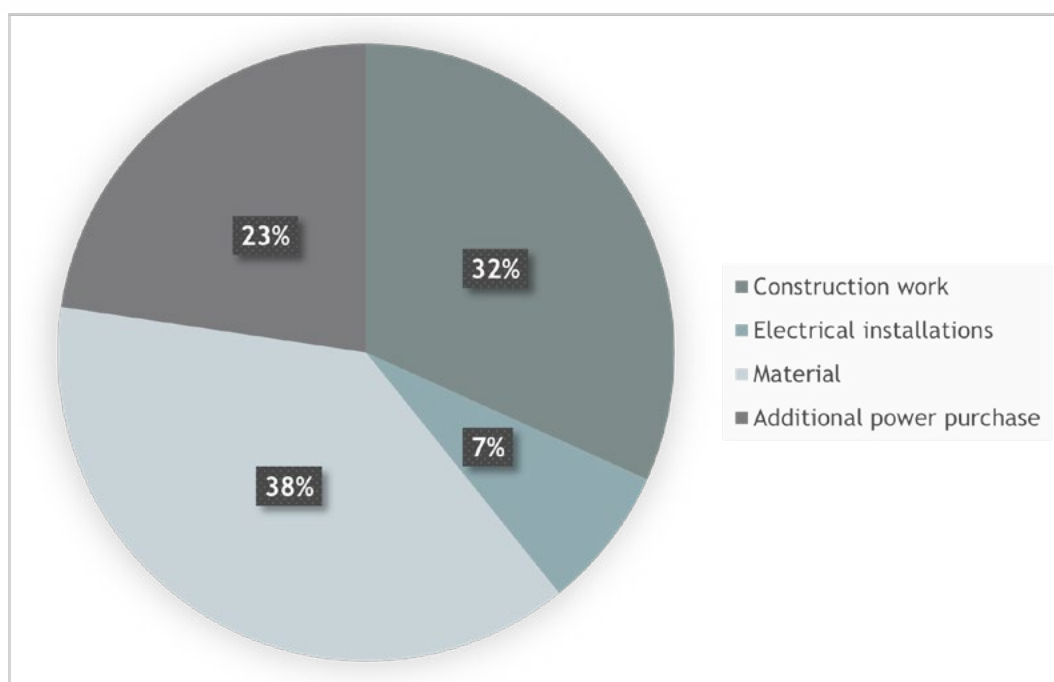
Gmina miejska Maribor (ang. Municipality of Maribor, MOM) zainwestowała w modernizację istniejącej stacji kolejki linowej i zbudowała stację szybkiego ładowania autobusów elektrycznych na stacji Vzpenjača w Mariborze (koniec linii autobusowej nr 6). Umożliwi to wielofunkcyjne wykorzystanie istniejącej infrastruktury transportu publicznego dzięki wykorzystaniu energii elektrycznej ze stacji kolejki linowej zarówno do obsługi tej kolejki, jak i do ładowania autobusów elektrycznych. Inne przedsięwzięcia przygotowawcze w ramach niniejszego działania pilotażowego obejmowały studium wykonalności technicznej. Dokumentacja techniczna obejmowała przygotowanie procedury przetargowej dotyczącej stacji szybkiego ładowania dla autobusów elektrycznych. Następnie zainstalowano i podłączono stację szybkiego ładowania.

#### Wymagane zasoby

Projekt pilotażowy skupił się na wielofunkcyjnej stacji szybkiego ładowania dla autobusów elektrycznych, która służyła do ładowania stacji kolejki linowej i udostępnianych samochodów elektrycznych. Potrzebny był również autobus elektryczny do przetestowania stacji ładowania dla autobusów elektrycznych.

Głównym wyzwaniem projektu pilotażowego było wdrożenie stacji szybkiego ładowania dla autobusów elektrycznych do wielofunkcyjnego zastosowania, a także pomiar stabilności sieci w różnych warunkach przed wdrożeniem (stacja kolejki linowej, udostępnianie samochodów elektrycznych, inni okazjonalni odbiorcy podczas większych wydarzeń), a następnie po wdrożeniu.

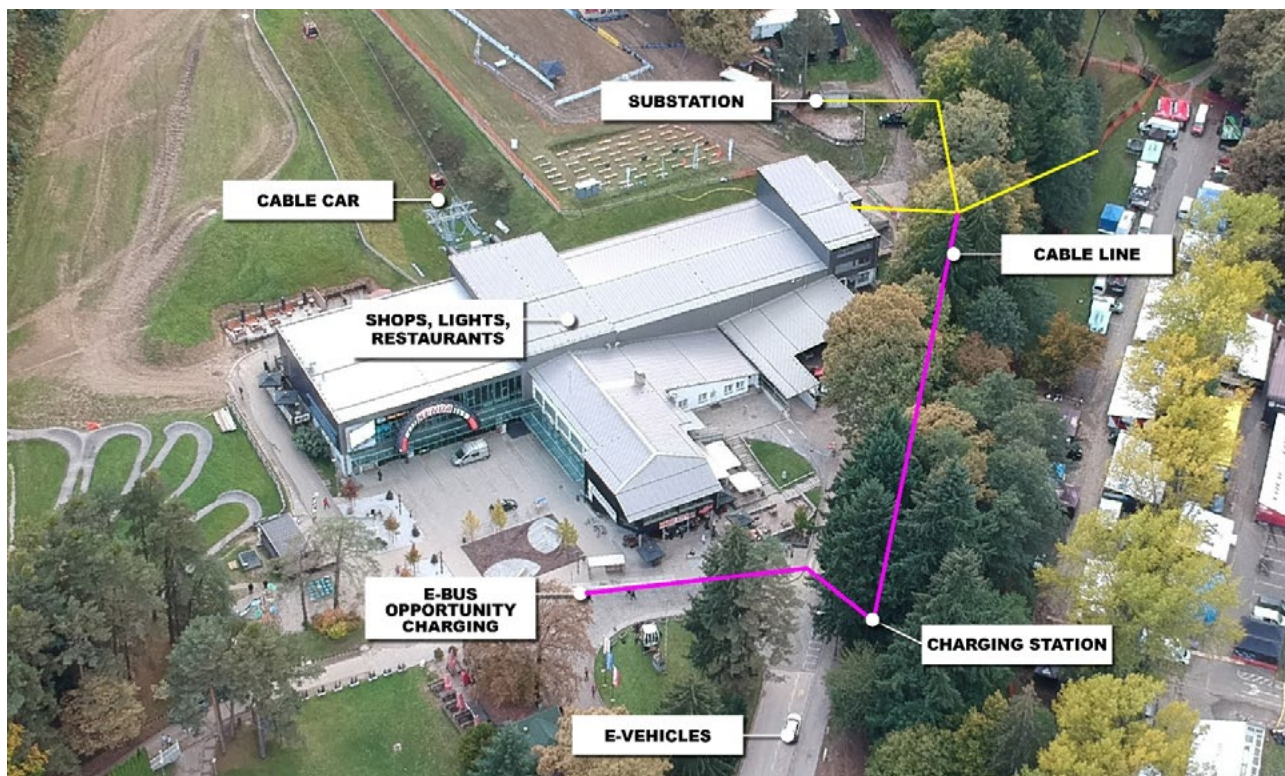
Na poniższym wykresie przedstawiono szacunkowy udział różnych prac związanych z infrastrukturą elektryczną dla stacji ładowania 150 kW (174 kVA) z wyłączeniem ceny za jej dostawę i budowę.



Rysunek 5: Udział różnych prac we wdrażaniu stacji ładowania

38% wszystkich kosztów stanowiły koszty materiałów, następnie prace budowlane (32%) i zakup dodatkowej energii elektrycznej odpowiadającej 150 kW mocy.

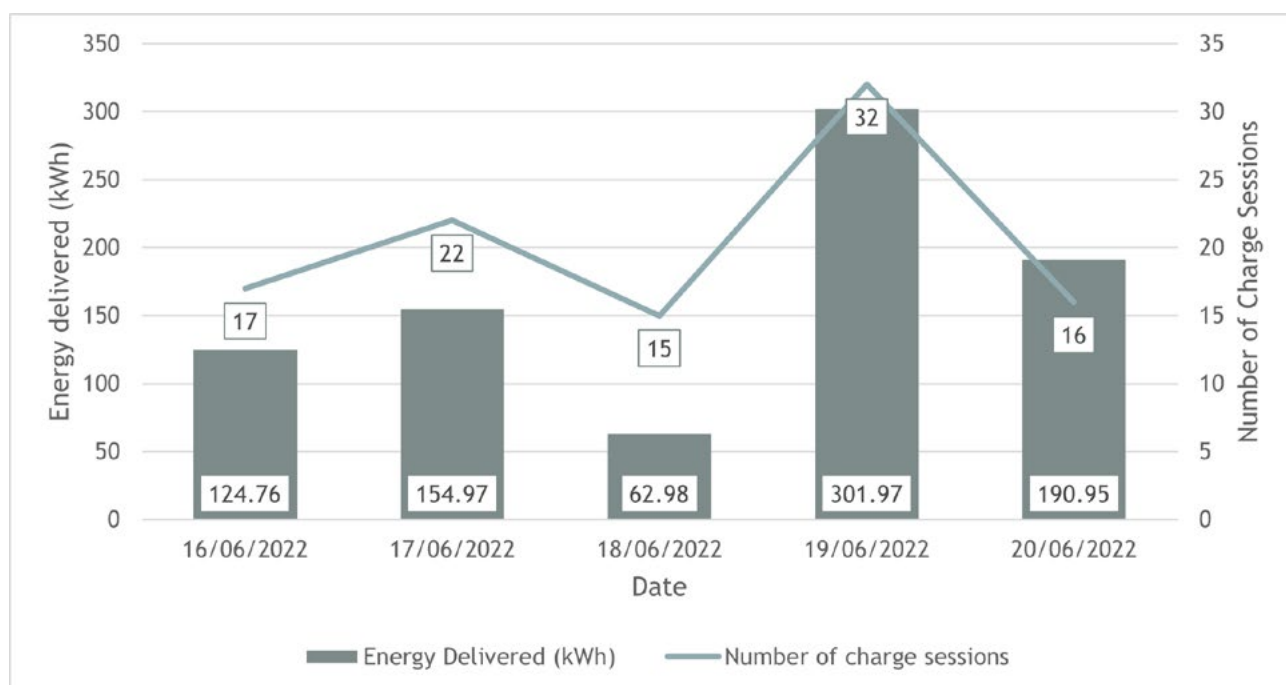




Rysunek 6: Zdjęcie lotnicze (ustawione) autobusu elektrycznego korzystającego z szybkiego ładowania na stacji Vzpenjača (Źródło: Miasto Maribor)

#### Dowody na sukces

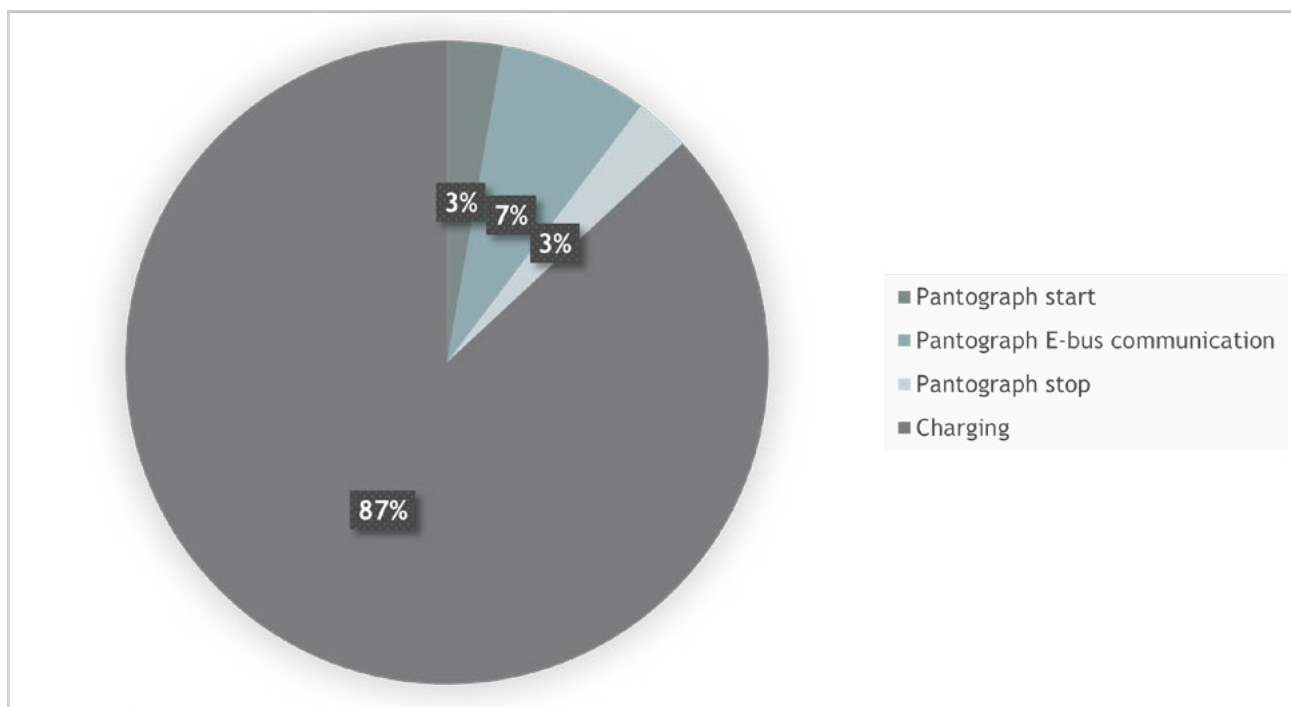
Stację szybkiego ładowania oddano do użytku w czwartek 16 czerwca 2022 roku. W tym czasie autobusy zostały naładowane 835,63 kWh energii. Stację ładowania użyto 102 razy, a średni czas ładowania wynosił 4 minuty.



Rysunek 7: Sesje ładowania i energia dostarczana na stacji szybkiego ładowania – Vzpenjača

Zmierzono również czas ładowania w czasie rzeczywistym bez manipulacji pantografem. Czas ten jest ważny dla obliczenia rzeczywistej mocy ładowania stacji szybkiego ładowania, a także dla lepszej optymalizacji rozkładów jazdy autobusów.





Rysunek 8: Czas trwania sesji ładowania



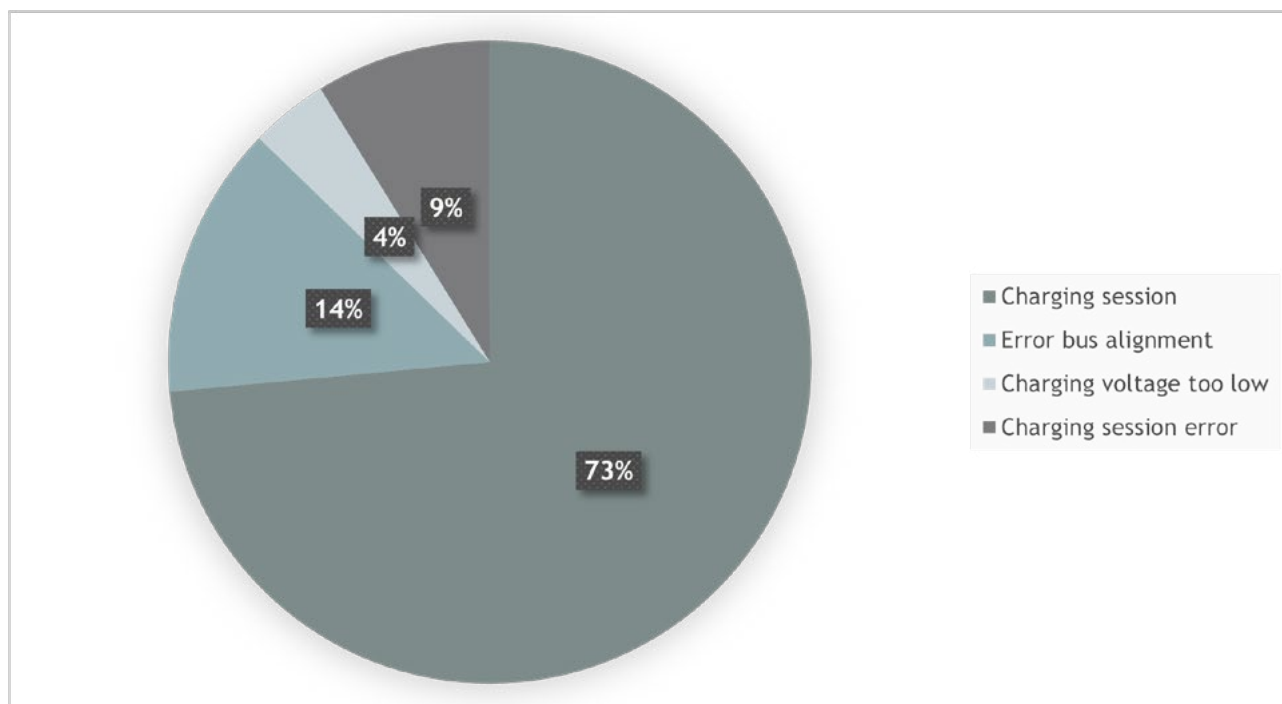
Zdjęcie dostarczone przez miasto Lipsk



W poniższej tabeli przedstawiono czas ładowania, gdy autobus elektryczny jest ładowany przez jedną minutę. 87% czasu to ładowanie, 7% - nawiązywanie komunikacji między stacją szybkiego ładowania a autobusem, a 6% - poruszanie pantografem w górę i w dół.

Wydarzenie	Udział	Czas trwania (mm:ss)
Poruszanie pantografem	6%	00:04
Komunikacja między pantografem a autobusem elektrycznym	8%	00:05
Ładowanie	87%	00:51

Podczas testowania stacji szybkiego ładowania wykryto wiele błędów podczas procesu ładowania. Tylko 73% wszystkich zakończonych operacji zakończyło się sukcesem, a reszta wykazywała błędy. Podczas 14% nieudanych operacji pozycja autobusu elektrycznego była nieprawidłowa. W dalszych testach błąd ten ulegnie skorygowaniu, ponieważ przyczyną tego jest promień miejsca skręcania stacji kolejki linowej.



Rysunek 9: Przegląd przyczyn zatrzymania ładowania przy korzystaniu ze stacji szybkiego ładowania – Vzpjenjača

### Napotkane trudności

Aby zapewnić zasilanie, trzeba było wybudować nowy kanał od transformatora do stacji ładowania (skrzynki zasilającej), przez który przeciągana jest nowa linia kablowa niskiego napięcia. Od skrzynki zasilającej do pantografu przeprowadzono nowy kanał rurowy na kable, przez który przeciągnięto kable DC i komunikacyjne do zasilania pantografu.

Planowana jest kompleksowa analiza energetyczna istniejącego transformatora energetycznego, do którego ma zostać podłączona stacja ładowania autobusów elektrycznych. Pomiary obciążenia transformatora realizowane są dwuetapowo. Pierwszy zestaw pomiarów ocenia aktualne obciążenie stacji energetycznej przed podłączeniem stacji ładowania. Drugi jest wykonywany po podłączeniu stacji ładowania.

Maksymalne obciążenie szczytowe podczas pomiaru w latach 2020-2022 wyniosło 399 kVA. Biorąc pod uwagę maksymalne obciążenie szczytowe i stację ładowania 150 kW (174 kVA), moc pozorna wyniosłaby 573 kVA, co odpowiada istniejącemu transformatorowi 630 kVA. Jeżeli moc stacji ładowania ma zostać zwiększona o 300 kW, tj. do maksymalnego pozornego podłączonego obciążenia stacji ładowania wynoszącego 348 kVA, obciążenie szczytowe może wynosić 698 kVA. Istniejący transformator 630 kVA byłby niewystarczający i musiałby zostać zastąpiony nowym transformatorem 1000 kVA.

#### Możliwości uzyskania wiedzy i przekazania doświadczeń



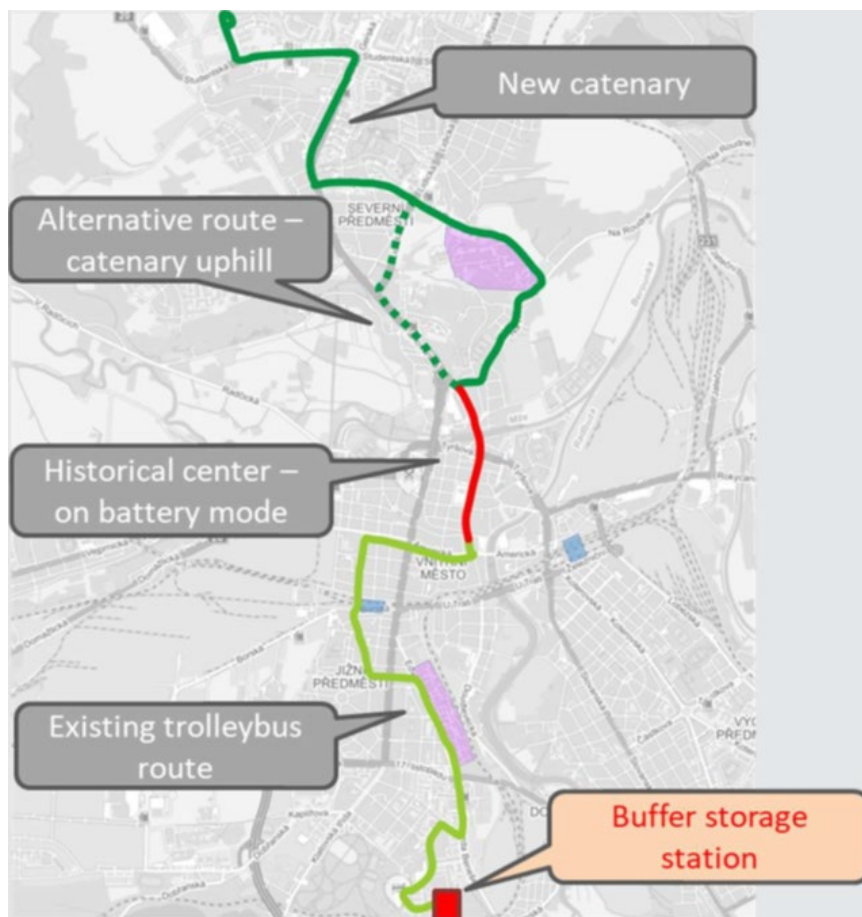
Rysunek 10: Przedstawienie działania pantografu (Źródło: Miasto Maribor)

Inwestycja będzie wizytówką wielofunkcyjnej infrastruktury transportu publicznego do ładowania autobusów i samochodów elektrycznych oraz kolejek linowych nie tylko w Mariborze, ale w całej Europie Środkowej. Doświadczenie i wnioski wyciągnięte z projektu EfficienCE umożliwią gminie miejskiej Maribor rozbudowę wielofunkcyjnej infrastruktury transportu publicznego w mieście, ponieważ w tej sieci istnieją duże możliwości powielania rozwiązań wykorzystywanych w projekcie w celu przeprowadzenia opłacalnych modernizacji stacji energetycznej.

#### 1.4 Integracja stacji przechowywania buforowego do sieci trolejbusowej w celu zwiększenia efektywności energetycznej (Pilzno)

##### Krótki opis inwestycji pilotażowej

Nowatorskim rozwiązaniem jest zastosowanie stacji przechowywania buforowego bezpośrednio na problematycznym odcinku linii napowietrznej, która opiera się na wysokowydajnych akumulatorach i inteligentnym sterowaniu komputerowym, i nie wymaga zewnętrznego zasilania ani rozległych prac budowlanych. Podstawą techniczną stacji buforowej jest izolowany galwanicznie napęd trakcyjny (DC 600 V / DC 600 V), który zapewnia bezpieczną i niezawodną, transmisję mocy do i od napędu trakcyjnego. Główny kontroler stacji sieci kontroluje trakcję napędu. W stacji buforowej zainstalowano klimatyzator, który zapewnia wyrównanie temperatury, co ma kluczowe znaczenie dla właściwego funkcjonowania i żywotności akumulatorów. Technologia i wszystkie elementy stacji buforowej pasują do samonośnej stalowej ramy, co pozwala na łatwy i szybki montaż lub przemieszczenie. Głównym ograniczeniem tego rozwiązania jest krótkotrwała obsługa systemu napowietrznego i żywotność akumulatorów.



Rysunek 11: Projekt trolejbusu do szpitala i północnego przedmieścia

### Wymagane zasoby

Wzrost liczby trolejbusów oraz trolejbusów zasilanych akumulatorami oznacza również wzrost w poborze mocy napowietrznej. Niektóre odcinki linii napowietrznej osiągnęły już limit zasilania. Na tych odcinkach następuje spadek napięcia w linii napowietrznej, gdy obciążenie jest wyższe. Ten spadek napięcia prowadzi do krótkotrwałych awarii sieci. Nowatorskie rozwiązanie z włączeniem stacji przechowywania buforowego bezpośrednio w miejscu słabego odcinka linii napowietrznej jest odpowiedzią na konwencjonalne rozwiązania. Innowacyjna stacja przechowywania buforowego składa się z wysokowydajnego akumulatora i inteligentnego komputerowego systemu sterowania. Wszystkie elementy wraz z systemem klimatyzacji (aby zapewnić odpowiednie środowisko temperaturowe w magazynie akumulatorów) idealnie pasują do samonośnej stalowej ramy. Takie rozwiązanie zapewnia elastyczność w zakresie łatwej i szybkiej instalacji lub przemieszczenia, zależnie od potrzeb. Do obsługi stacji przechowywania buforowego nie jest wymagane zewnętrzne zasilanie.

### Dowody na sukces

Rozwiązanie sprawdza się tam, gdzie konieczne jest wzmocnienie sieci zasilającej i zapobieganie spadkom napięcia przy wyższych obciążeniach. Może być stosowane w połączeniu z odnawialnym źródłem energii, takim jak panele fotowoltaiczne. Ważne jest prawidłowe określenie wymaganych parametrów (moc, wydajność, szczytowe obciążenie prądem).

### Napotkane trudności

Wykorzystanie większej liczby trolejbusów ładowanych w ruchu oznacza większe zużycie energii elektrycznej na odcinkach, na których te pojazdy jeżdżą i są ładowane. Na niektórych odcinkach istniejąca sieć energetyczna osiąga limit wydajności, co przekłada się na obniżenie napięcia w trolejbusie przy większych obciążeniach. Te spadki napięcia mogą prowadzić do chwilowych przerw w zasilaniu lub



natychmiastowych awarii jednostek napędowych trolejbusów, które zapobiegawczo przestają działać, gdy napięcie jest zbyt niskie.

Pierwszym wyzwaniem we wdrażaniu dzierżawionych stacji akumulatorów do wspomagania trakcji trolejbusów był fakt, że na rynku dostępne były tylko prototypy takich stacji. Dlatego konieczne było określenie wymaganych parametrów przed przeprowadzeniem przetargu na zakup. Konieczne było również innowacyjne podejście w zakresie kosztów (kwestia oszczędności), przekraczających oczekiwany i przygotowany budżet. Cena dzierżawy wzrosła w związku z zapytaniem ofertowym o projekt i obejmowała wymagania dotyczące testowania prototypowej stacji akumulatorów. Oprócz tych dwóch kwestii, należało przezwyciężyć trudności techniczne wynikające z umieszczenia stacji akumulatorów z odłącznikiem i izolacją w obszarze zawracania trolejbusów.

#### **Możliwości uzyskania wiedzy i przekazania doświadczeń**

Testy pilotażowe skupiały się na zbieraniu danych w przypadku awarii/przebudowy przekształtnikowej stacji ładowania, obsługi sieci na końcowym odcinku oraz w przypadku obsługi sieci przy zwiększonym zużyciu energii. Pierwsze wrażenia po zainstalowaniu inwestycji są pozytywne. Rozwiązanie jest możliwe do przekazania dowolnym operatorom trolejbusów lub tramwajów transportu publicznego z niezbędnym wsparciem w celu wzmocnienia sieci zasilającej poprzez zapobieganie spadkom napięcia przy dużych obciążeniach. Nadaje się również do zastosowania w połączeniu z odnawialnym źródłem energii (panele fotowoltaiczne)



Rysunek 12: Magazyn buforowy (Źródło: PMDP)

## 2. Wnioski

Celem projektu EfficienCE było zwiększenie efektywności energetycznej i wykorzystanie energii odnawialnej w infrastrukturze transportu publicznego w celu osiągnięcia lokalnych, regionalnych, a także unijnych celów energetycznych. Aby to zrealizować, 12 partnerów, obejmujących 7 zarządów/firm sektora transportu publicznego pochodzących z 7 różnych krajów Europy Środkowej współpracowało nad testowaniem nowatorskich technologii oszczędzania energii w infrastrukturach transportu publicznego, które są pierwszymi tego typu w Europie Środkowej. Od integracji energii odnawialnej w stacjach metra (Wiedeń) i zajezdniach trolejbusowych (Gdynia) po modernizację stacji energetycznej w celu wielofunkcyjnego wykorzystania istniejącej infrastruktury transportu publicznego (Maribor) i nowych technologii magazynowania buforowego (Pilzno).

Wszystkie projekty pilotażowe zostały wdrożone i pomyślnie przetestowane w ramach projektu. Stanowią również integralną część strategii miejskich i/lub Planów Zrównoważonej Mobilności Miejskiej (ang. Sustainable Urban Mobility Planning, SUMP) w celu zwiększenia efektywności energetycznej. Wdrożenie systemu fotowoltaicznego zintegrowanego w stacji metra pokazało, że możliwe jest wykorzystanie powierzchni dachowych infrastruktury publicznej do dostarczania energii elektrycznej użytkownikom i budynkom. Odzyskana energia hamowania jest przekazywana do sieci zajezdni trolejbusowej w celu zasilania budynku. Podłączenie stacji nie wymaga dodatkowych kosztów instalacji ani pozwolenia na budowę, co skraca czas inwestycji. Modernizacja istniejącej stacji energetycznej kolejki linowej i integracja stacji szybkiego ładowania dla autobusów elektrycznych pozwala na rozbudowę wielofunkcyjnej infrastruktury transportu publicznego w mieście, ponieważ istnieją duże możliwości powielania rozwiązań wykorzystywanych w projekcie w celu przeprowadzenia opłacalnych modernizacji stacji energetycznej w jej sieci. Integracja stacji magazynowania buforowego do sieci trolejbusowej w celu zwiększenia efektywności energetycznej oraz innowacyjnego rozwiązania to bezpośredni przykład wykorzystania stacji magazynowania buforowego. Technologia i wszystkie elementy stacji buforowej pasują do samonośnej stalowej ramy, umożliwiając łatwy i szybki montaż lub przemieszczenie.

Wyniki projektu charakteryzują się wysokim stopniem możliwości przenoszenia, a projekty stają się załącznikiem dźwigni inwestycyjnej i efektów mnożnikowych dla infrastruktury transportu publicznego, zapewniając efektywność energetyczną.



### 3. Referencje

CE1537 EfficienCE, D.T. 3.1.1, Przygotowanie projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.2.1, Przygotowanie projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.3.1, Przygotowanie projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.4.1, Przygotowanie projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.1.2, Wdrożenie projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.2.2, Wdrożenie projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.3.2, Wdrożenie projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.4.2, Wdrożenie projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.1.3, Ocena projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.2.3, Ocena projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.3.3, Ocena projektu pilotażowego EfficienCE  
CE1537 EfficienCE, D.T. 3.4.3, Ocena projektu pilotażowego EfficienCE

# DOWIEDZ SIĘ WIĘCEJ NA TEMAT EfficienCE



Odwiedź naszą stronę internetową:  
<https://www.interreg-central.eu/efficiency>

Skontaktuj się z nami



+49 341 123 59 10

Główny partner: Miasto Lipsk, Niemcy



Kierownicy projektu:

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)

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

