



Instytut Elektroenergetyki  
Wydział Elektryczny  
Politechnika Warszawska

# V2X i usługi elastyczności dla OSD

dr inż. Krzysztof Zagrajek

Pojazdy  
elektryczne –  
element SEE

1



Aspekty prawne  
mobilnych  
magazynów  
energii

2



Koncepcja  
programu usług  
V2X – samochody  
prywatne

3



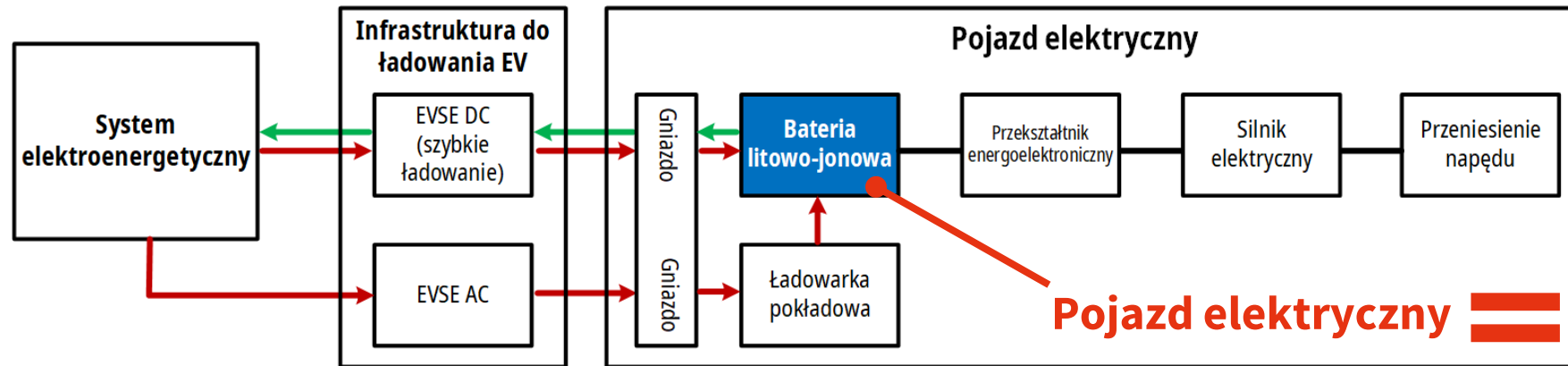
Koncepcja  
programu usług  
V2X – mobilne  
magazyny energii

4



## Pojazd elektryczny

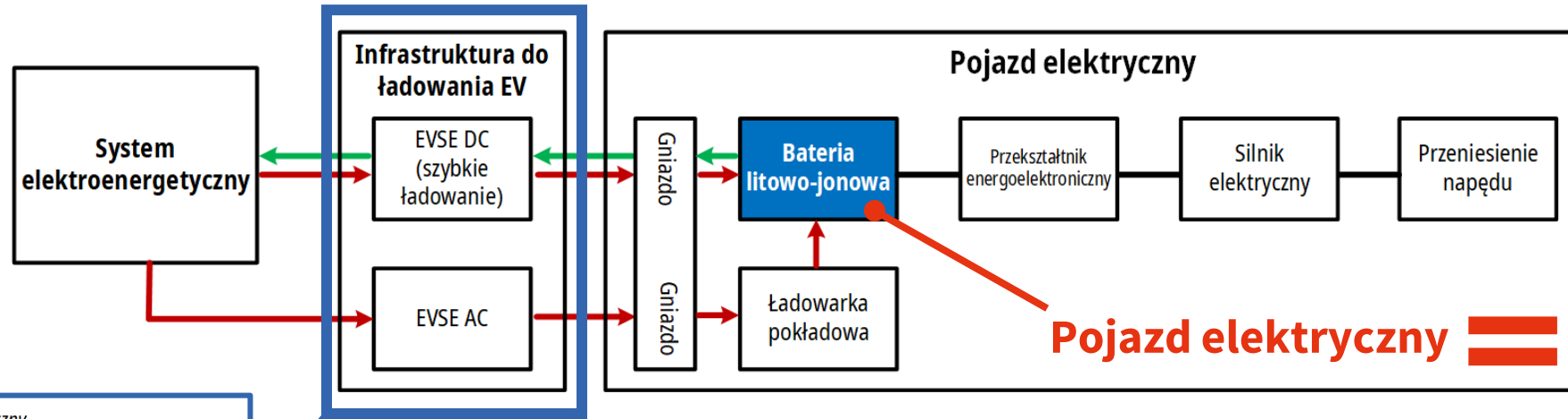
pojazd silnikowy wyposażony w zespół napędowy zawierający co najmniej jedno nieperyferyjne urządzenie elektryczne jako przetwornik energii z elektrycznym ładowalnym **układem magazynowania energii**, który można ładować z zewnątrz (*Rozporządzenie 2023/1804 w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych*)



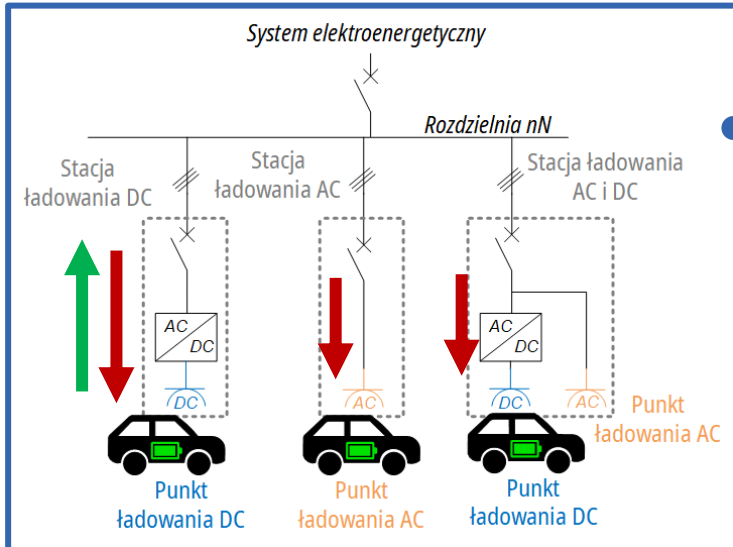
**Mobilny magazyn energii**

## Pojazd elektryczny

pojazd silnikowy wyposażony w zespół napędowy zawierający co najmniej jedno nieperyferyjne urządzenie elektryczne jako przetwornik energii z elektrycznym ładowalnym **układem magazynowania energii**, który można ładować z zewnątrz (*Rozporządzenie 2023/1804 w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych*)

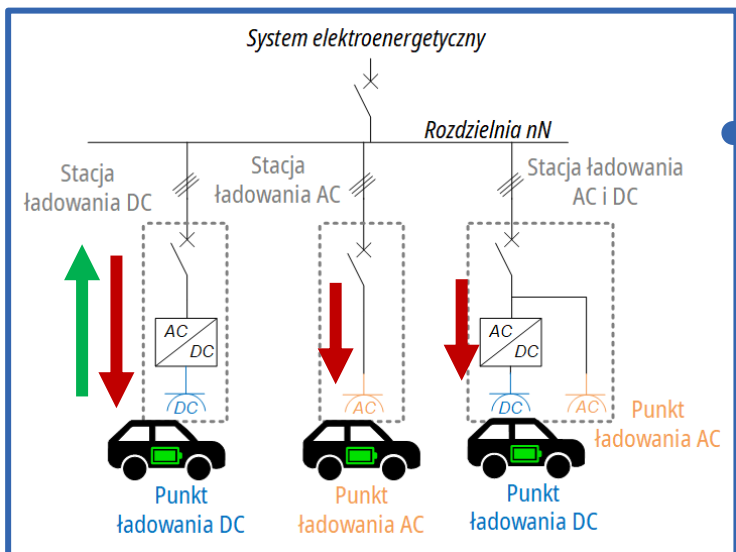
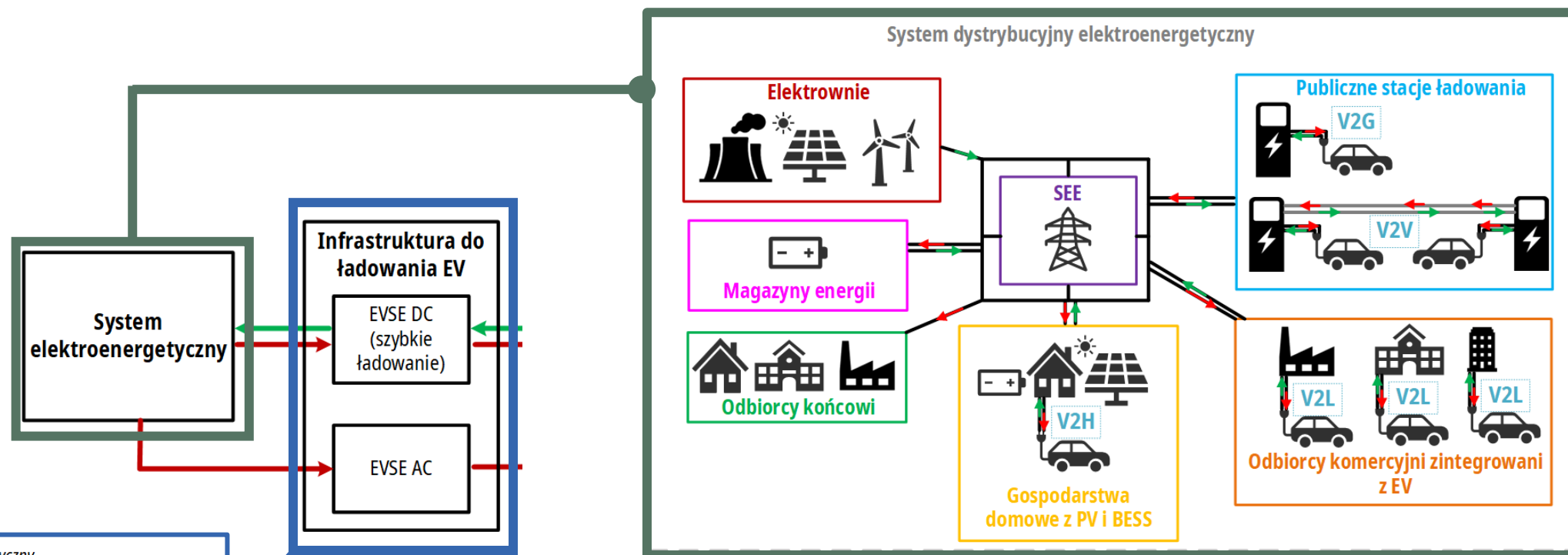


**Mobilny magazyn energii**



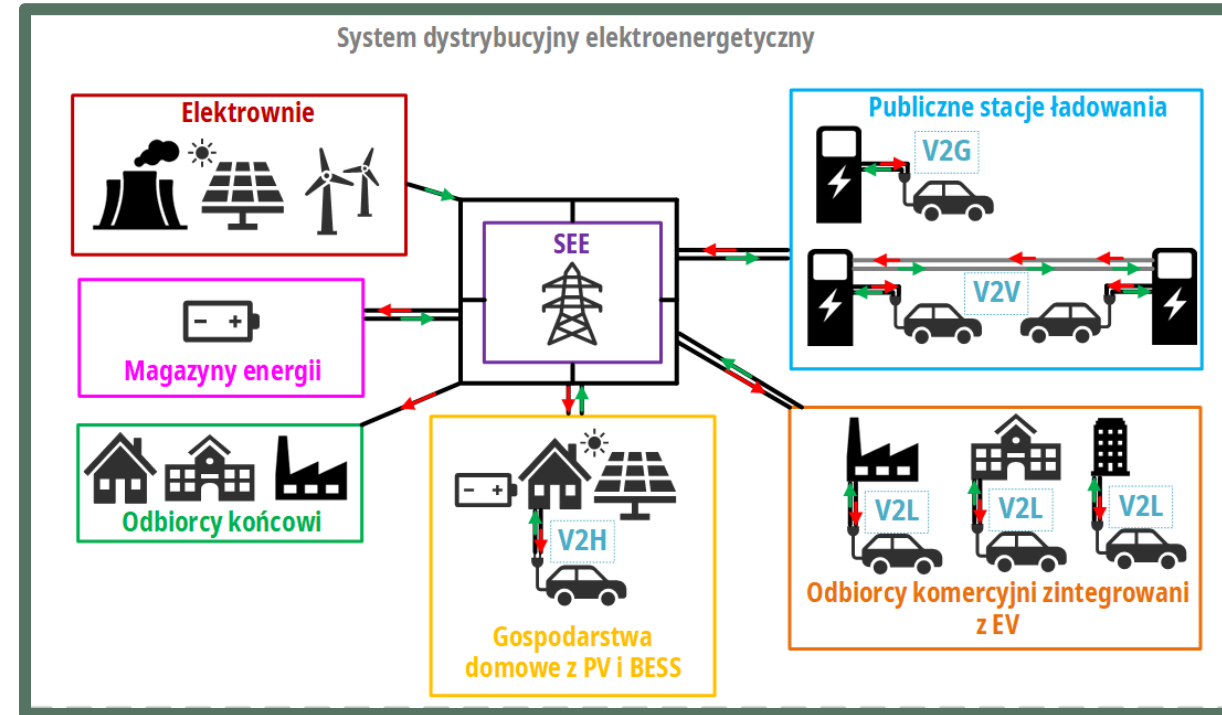
## Punkt ładowania

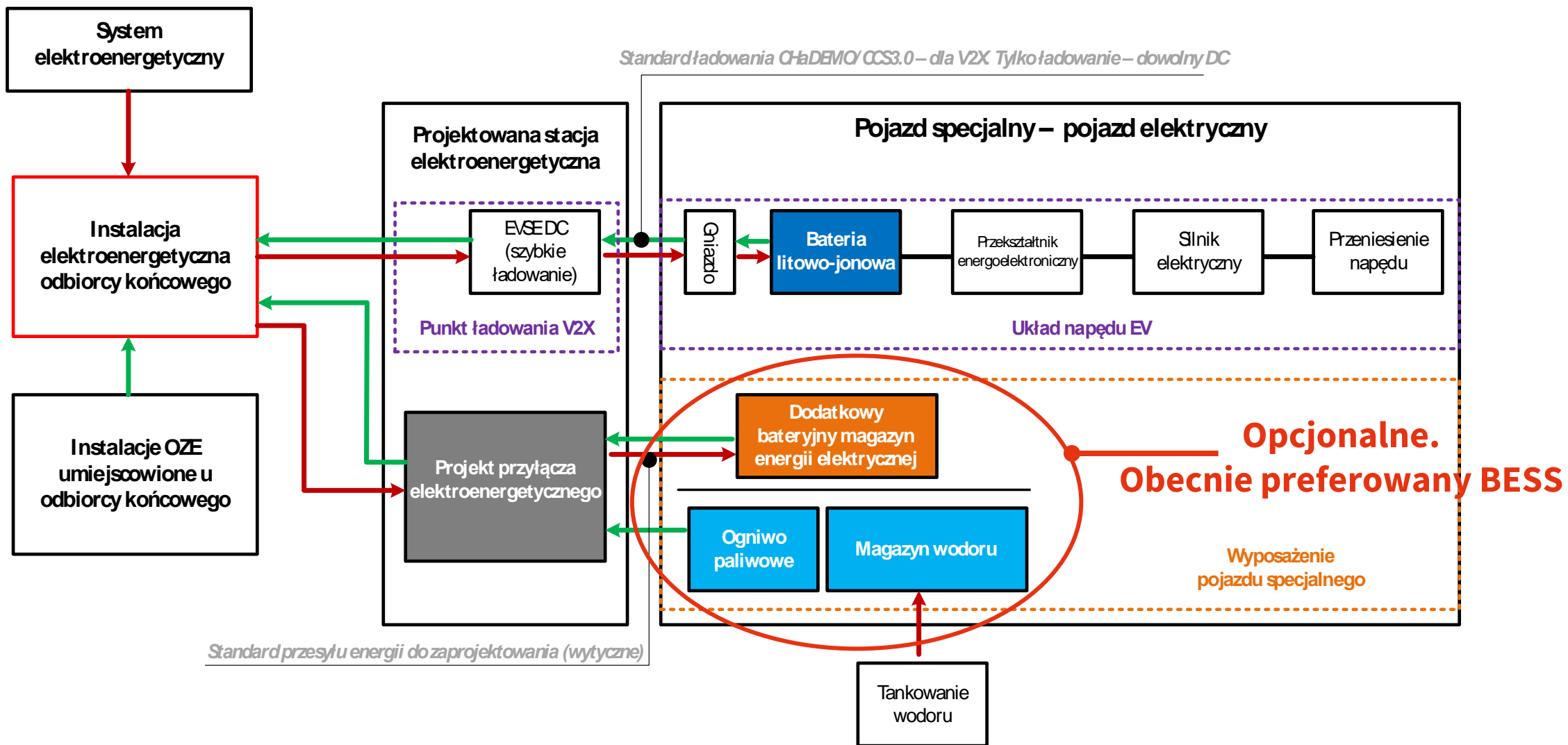
Urządzenie umożliwiające ładowanie pojedynczego pojazdu elektrycznego, pojazdu hybrydowego i autobusu zeroemisyjnego oraz miejsce, w którym wymienia się lub ładuje akumulator służący do napędu tego pojazdu

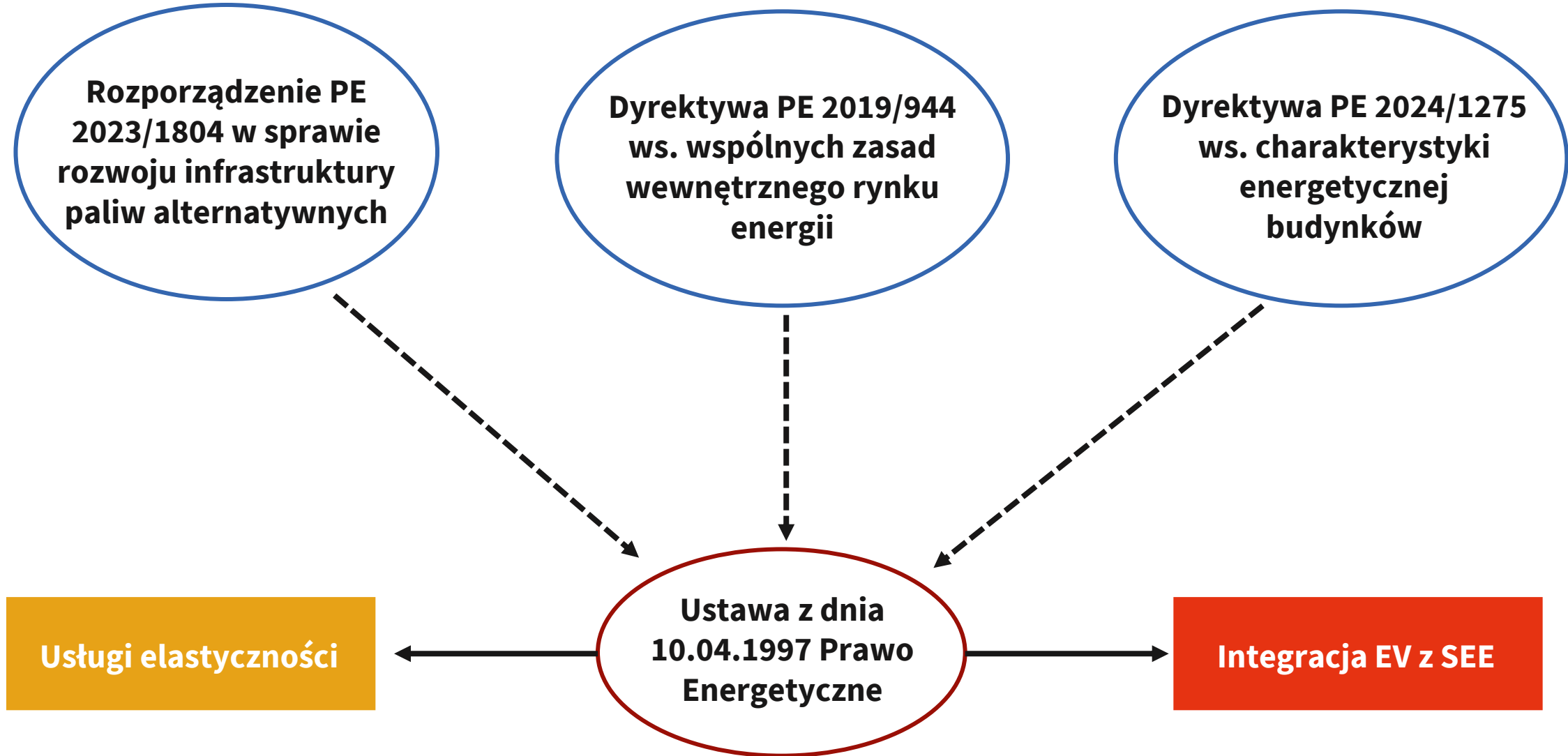


- Pojazdy elektryczne częścią systemu elektroenergetycznego
- Możliwość zastosowania inteligentnego ładowania (ang. Smart Charging)
- **Możliwość zastosowania technologii pojazd-do-wszystkiego (ang. Vehicle-to-Everything – V2X)**

- Pojazd elektryczny jako mobilny magazyn energii – to znaczy, że bateria pojazdu może służyć jako **dodatkowe źródło energii lub dodatkowy odbiór energii**;
- Technologia wykorzystania energii z EV do integracji instalacji odbiorców końcowych/sieci dystrybucyjnej z EV – tzw. technologia Vehicle-to-everything (**V2X**);
- Najbardziej popularną technologią jest Vehicle-to-grid (**V2G**);
- Coraz częściej pojawiają się koncepcje technologii Vehicle-to-home (**V2H**) lub Vehicle-to-building (**V2B**). W przypadku tej pierwszej bardziej dotyczy domów jednorodzinnych, tej drugiej – budynków wielorodzinnych i biurowych (ang. non-residential). Można też mówić o technologii Vehicle-to-load (**V2L**), która dotyczy wspierania dowolnego odbioru.
- Obecnie V2G przy wykorzystaniu standardu CHAdeMO lub CCS 3.0









## Rozporządzenie PE 2023/1804 w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych

### Punkt ładowania

Stały lub ruchomy, podłączony do sieci lub niepodłączony do sieci interfejs fizyczny służący do przesyłania energii elektrycznej do pojazdu elektrycznego i który może być wyposażony w jedno lub więcej złączy różnych rodzajów, ale za pomocą którego można ładować jednocześnie tylko jeden pojazd elektryczny, z wyłączeniem urządzeń o mocy wyjściowej mniejszej lub równej 3,7 kW, których zasadniczym celem nie jest ładowanie pojazdów elektrycznych

### Inteligentne ładowanie

Operację ładowania, w której intensywność dostarczania energii elektrycznej do akumulatora jest korygowana w czasie rzeczywistym na podstawie informacji otrzymywanych w ramach komunikacji elektronicznej

### Ładowanie dwukierunkowe

Operacja inteligentnego ładowania, w której kierunek przepływu energii elektrycznej można odwrócić, co umożliwia przepływy energii elektrycznej z akumulatora do punktu ładowania, z którym jest połączony

### Dwukierunkowy punkt ładowania

Punkt ładowania umożliwiający pobór energii elektrycznej z pojazdu elektrycznego bądź pojazdu hybrydowego

Nowelizacja Ustawy Prawo Energetyczne – styczeń 2020 druk UC74. **Potem zapis zniknął.**



# Aspekty prawne

Brakujący aspekt prawny	Propozycja zmian	Uzasadnienie
<b>Rozdzielenie mobilnego magazynu energii elektrycznej od wersji „stacjonarnych”</b>	<b>Nowa definicja w Ustawie Prawo Energetyczne:</b> mobilny magazyn energii elektrycznej – <i>instalacja umożliwiająca magazynowanie energii elektrycznej i wprowadzania jej do sieci za pomocą pojazdu elektrycznego lub pojazdu hybrydowego, o których mowa w art. 2 pkt 12) i pkt 13) Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, lub innej jednostki posiadającej magazyn energii elektrycznej nieprzyłączony do sieci w jednym punkcie</i>	Wprowadzenie rozdziału magazynów energii elektrycznej stacjonarnych i mobilnych pozwoli na doprecyzowanie przepisów w zakresie wykorzystania ich w realizacji usług systemowych, elastyczności oraz V2X. Pozwoli także na brak konieczności prowadzenia rejestru EV, realizujących usługi V2X oraz innych pojazdów będących MMEE.
<b>Definicja dwukierunkowego ładowania</b>	Uwzględnienie definicji dwukierunkowego ładowania, zawartej w Rozporządzeniu 2023/1804:	Bez zdefiniowania dwukierunkowego ładowania nie ma możliwości wprowadzenia rynku usług V2X, ze względu na brak możliwości wprowadzenia energii z EV do sieci
<b>Definicja punktu przyłączenia mobilnego magazynu energii</b>	<b>Nowa definicja w Ustawie Prawo Energetyczne:</b> punkt przyłączenia mobilnego magazynu energii elektrycznej – <i>miejsce w sieci elektroenergetycznej, do którego przyłączony jest mobilny magazyn energii elektrycznej</i>	Dzięki zdefiniowaniu punktu przyłączania mobilnego magazynu energii można przyłączyć EV w trybie V2X lub dedykowany pojazd specjalny.
<b>Zdefiniowanie ram rynku usług V2X</b>	Wprowadzenie definicji <b>usługi V2X, Dostawcy usług V2X</b> oraz <b>Programu V2X</b> , w tym także ustalenie ról poszczególnych podmiotów i ich relacji biznesowych.	Konieczność ustanowienia ram prawnych dla rynku usług V2X jest niezbędna w celu legalnej realizacji przesyłu energii z pojazdu do sieci elektroenergetycznej
<b>Zniesienie koncesji na obrót energią przy rozładowaniu EV</b>	Zmiana art.3 pkt 6a) Ustawy Prawo Energetyczne: sprzedaż – bezpośrednią sprzedaż paliw lub energii [...]; sprzedaż ta nie obejmuje: [...] i ładowania oraz rozładowania mobilnych magazynów energii w punktach ładowania, <b>oraz punktach przyłączenia mobilnych magazynów energii elektrycznej</b>	W celu umożliwienia swobodnego korzystania z procesu rozładowania konieczne jest wyłączenie z koncesji na obrót, oddawania energii z mobilnych magazynów energii do sieci elektroenergetycznej



## Program V2X

Mechanizm polegający na wykorzystaniu pojazdów elektrycznych w celu powiększenia zasobów elastyczności systemu elektroenergetycznego, w tym poprawy parametrów pracy sieci elektroenergetycznej lub/i poprawy bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej do odbiorcy końcowego

## Usługa V2X

Proces podejmowany przez Uczestnika Programu V2X polegający na wykorzystaniu Pojazdu elektrycznego V2X, jako mobilnego magazynu energii, w celu zwiększenia zasobów elastyczności systemu elektroenergetycznego, poprzez poprawę parametrów pracy systemu elektroenergetycznego lub zapewnieniu odbiorcy końcowemu ciągłości dostaw energii elektrycznej

**Harmonogramowana**

**Interwencyjna**

## Dostawca Usług V2X (V2Xsp)

Przedsiębiorstwo energetyczne w rozumieniu art. 3 pkt 12) Ustawy Prawo Energetyczne, zajmujące się obrotem energii elektrycznej pochodzącej z baterii pojazdów elektrycznych w ramach Programu V2X, eksploatacją dwukierunkowych stacji ładowania EV oraz rozliczeniem wykonania usług rozładowania EV na obszarze jego działania

## Pojazd elektryczny V2X (uEV)

Pojazd elektryczny w rozumieniu art. 2 pkt) 12 Ustawy o Elektromobilności i Paliwach Alternatywnych, posiadający możliwość świadczenia usług udostępnienia pojemności swojej baterii na potrzeby odbiorcy końcowego lub Operatora Systemu Dystrybucyjnego, będącego aktywnym podmiotem Programu V2X

**Tryb obowiązkowy**

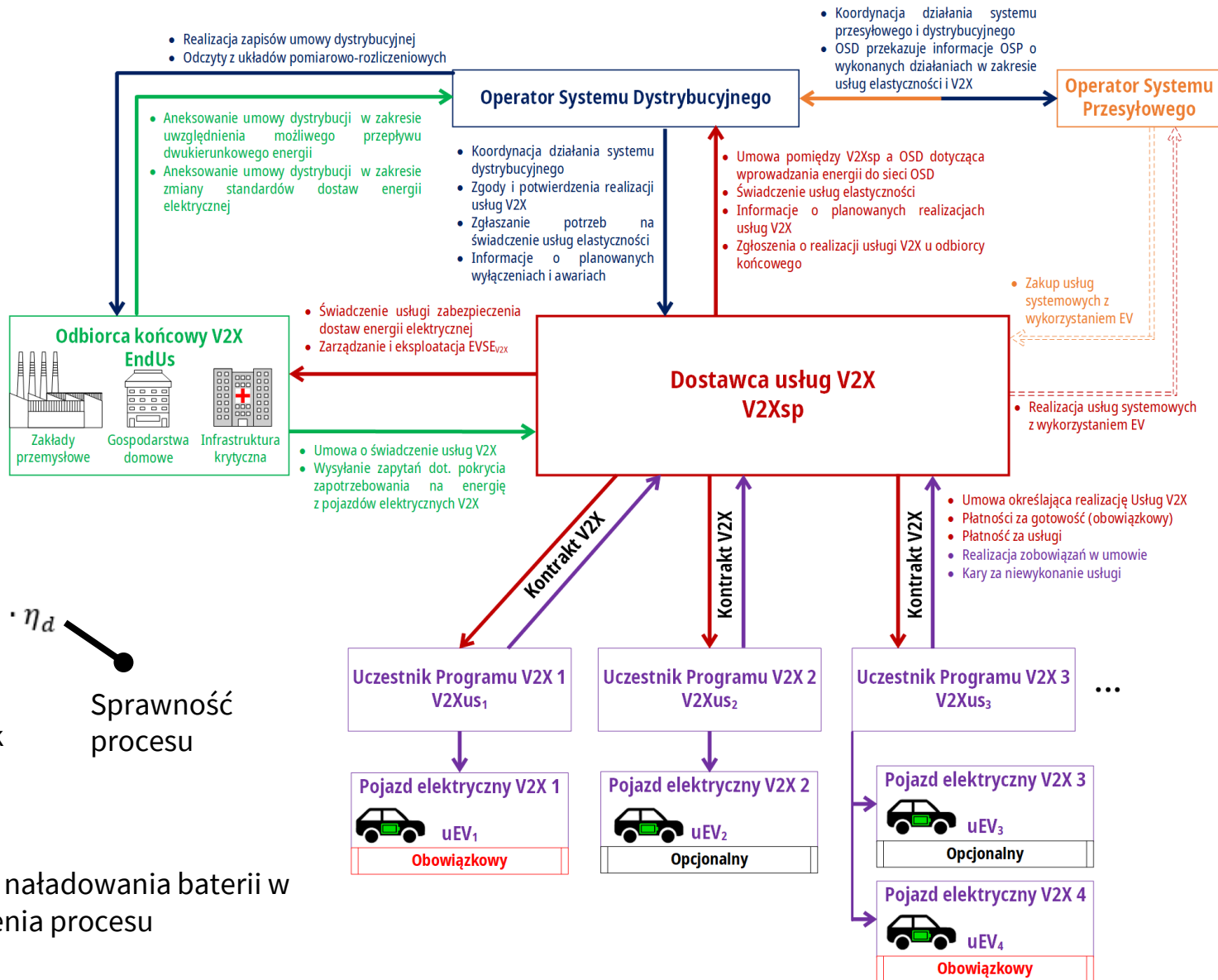
**Tryb opcjonalny**

## Odbiorca końcowy V2X (EndUs)

Odbiorca końcowy energii elektrycznej w rozumieniu art. 3 pkt 13) Ustawy Prawo Energetyczne, który zdecydował się na wykorzystanie Pojazdów elektrycznych V2X jako mobilnego magazynu energii elektrycznej w czasie planowanych i nieplanowanych przerw w dostawach energii elektrycznej lub w czasie nałożonych przez właściwego operatora systemu ograniczeń poboru mocy z sieci

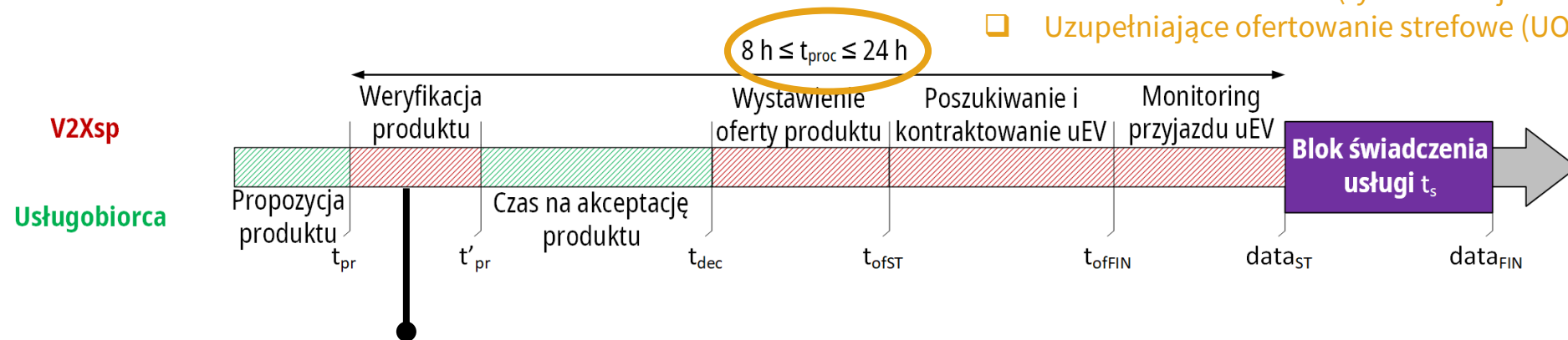
$$e_{V2X,n} = \begin{cases} e_{V2X-,n} = C_n \cdot \frac{(SOC_{ex,n} - SOC_{t,n})}{\eta_c} \\ e_{V2X+,n} = C_n \cdot (SOC_{t,n} - (SOC_{f,n}(1 + REZ_n))) \cdot \eta_d \end{cases}$$

Przepływ energii z pojazdu do sieci (linked to  $e_{V2X-,n}$ )  
 Pojemność baterii (linked to  $C_n$ )  
 Współczynnik „rezerwy” (linked to  $REZ_n$ )  
 Sprawność procesu (linked to  $\eta_c$  and  $\eta_d$ )  
 Poziom naładowania baterii w momencie rozpoczęcia procesu rozładowania (linked to  $SOC_{ex,n}$ )  
 Oczekiwany poziom naładowania baterii w momencie zakończenia procesu rozładowania (linked to  $SOC_{f,n}$ )



## Usługa harmonogramowana:

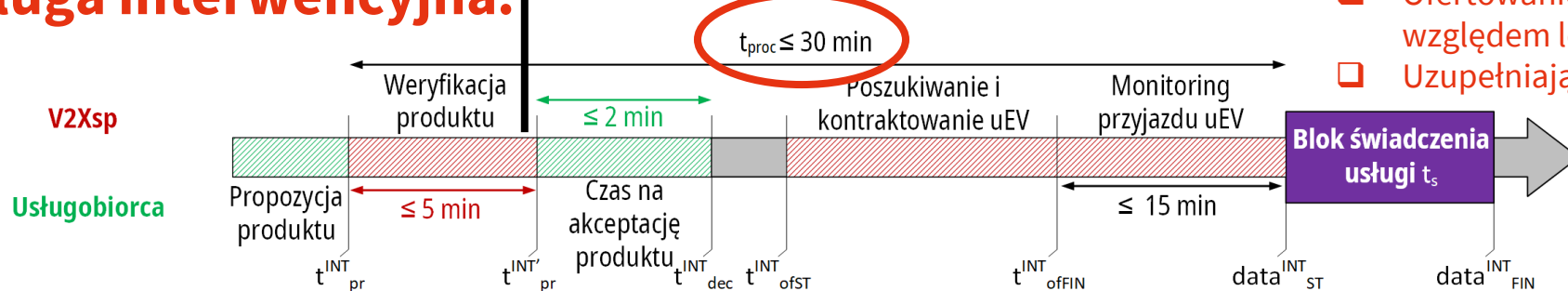
- Trzy rodzaje mechanizmy kontraktowania:
  - Early-bid (dostępne dla całego obszaru)
  - Ofertowanie Strefowe (tylko dla najbliższych względem lokalizacji)
  - Uzupelniające ofertowanie strefowe (UOS)



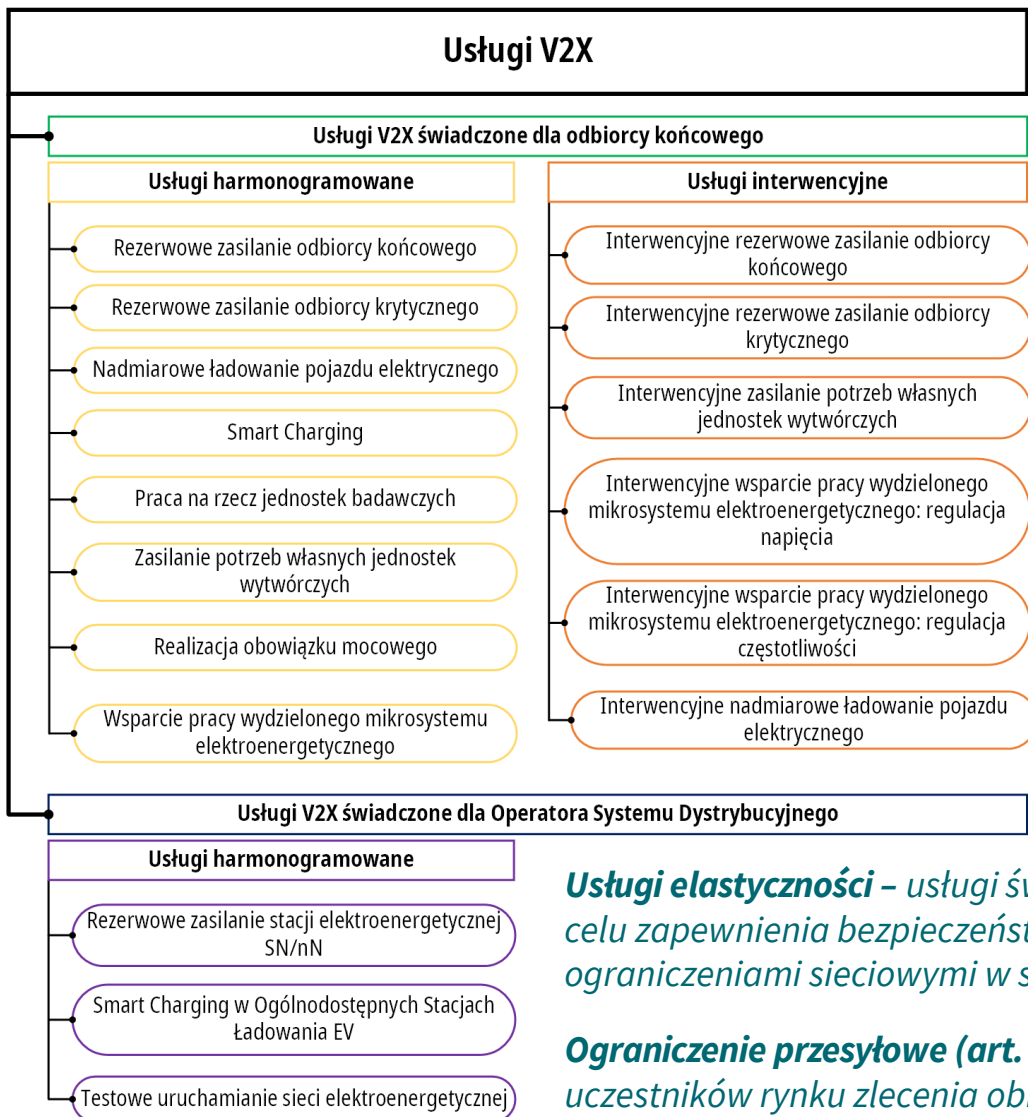
Produkt jest opisany przez szereg zmiennych np. wolumen energii, moc, czas realizacji usługi. Dostawca Usług V2X (V2Xsp) weryfikuje, czy istnieje możliwość realizacji takiej usługi. Jeśli nie, to składa korektę – od usługobiorcy zależy czy zgodzi się na tę ofertę.

## Usługa interwencyjna:

- Dwa mechanizmy kontraktowania:
  - Ofertowanie Strefowe (tylko dla najbliższych względem lokalizacji)
  - Uzupelniające ofertowanie strefowe (UOS)



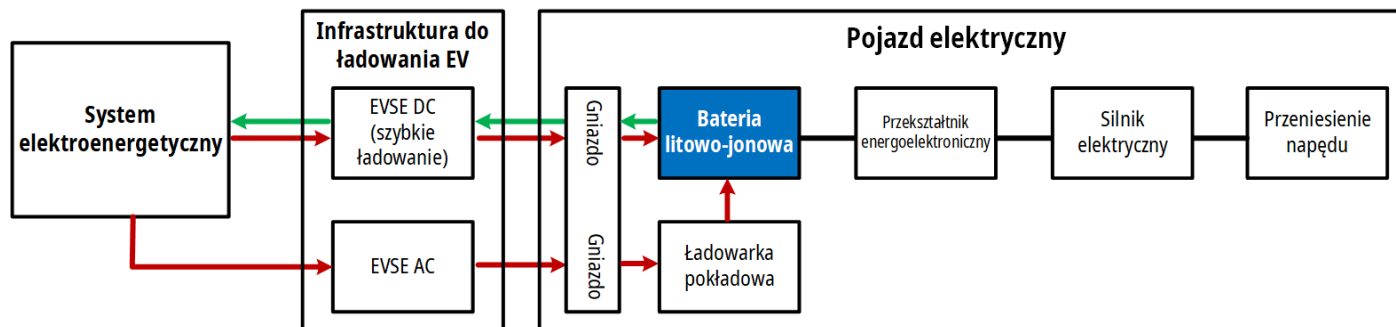




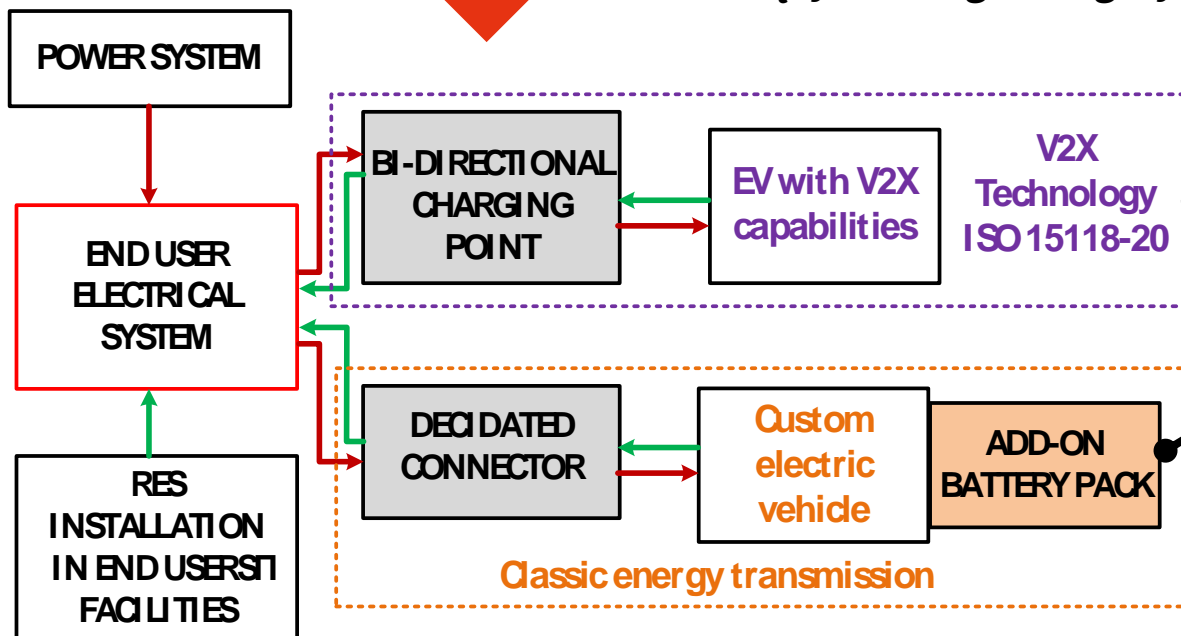
- Usługi V2X mogłyby być świadczone dla odbiorców końcowych lub dla Operatorów Systemów Dystrybucyjnych/Przesyłowych;
- Usługi świadczone dla odbiorców końcowych stanowią niezależny element zabezpieczenia ich systemów zasilania lub realizują inne usługi energetyczne (praca na wydzielone obszary)
- Usługi świadczone dla OSD spełniają założenia usług elastyczności. W prowadzonych badaniach przedstawiono tylko propozycje – ostatecznie to Dostawca Usług V2X będzie musiał porozumieć się z lokalnym OSD ws. katalogu usług elastyczności, które mógłby świadczyć.

**Usługi elastyczności** – usługi świadczone na rzecz operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego [...] w celu zapewnienia bezpieczeństwa i zwiększenia efektywności rozwoju systemu dystrybucyjnego, w tym zarządzania ograniczeniami sieciowymi w sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej

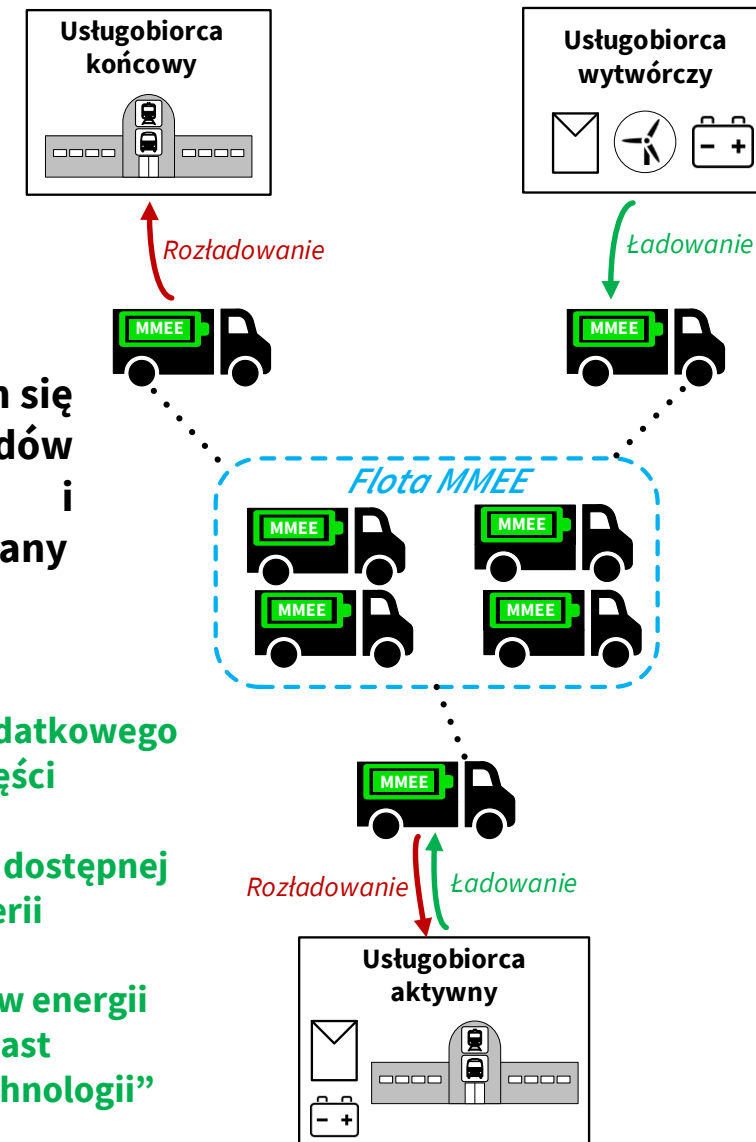
**Ograniczenie przesyłowe (art. 2 pkt 4 rozporządzenia PE 2019/943)** – sytuację, gdy nie wszystkie składane przez uczestników rynku zlecenia obrotu między obszarami sieci mogą zostać wykonane, ponieważ ich realizacja w znaczącym stopniu wpłynęłaby na fizyczne przepływy energii w elementach sieci, które nie są w stanie obsłużyć tych przepływów



Zmiana podejścia: zamiast prywatnych EV (poruszających się w losowy sposób), wykorzystanie floty pojazdów specjalnych, należących do jednego podmiotu i świadczących usługi energetyczne w sposób skoordynowany



- Wykorzystanie dodatkowego akumulatora w części ładunkowej
- Brak ograniczenia dostępnej pojemności w baterii trakcyjnej
- Klasyczny przepływ energii elektrycznej, zamiast dedykowanej „technologii”





## Wybrane usługi:



### Harmonogramowane

**Rezerwowe zasilanie odbiorcy końcowego** – usługa polegająca na udostępnieniu pojemności baterii MMEE w celu zapewnienia odbiorcy końcowemu dodatkowego źródła zasilania w czasie planowanych przerw w dostawie energii elektrycznej lub w czasie ogłoszenia przez OSD ograniczeń sieciowych

**Nadmiarowe ładowanie MMEE** – usługa polegająca na przywołaniu MMEE w celu doładowania baterii akumulatorów, przy użyciu energii elektrycznej pochodzącej z nadwyżek produkcyjnych ze źródeł generacji wewnętrznej odbiorcy końcowego, w szczególności z odnawialnych źródeł energii (OZE)

**Time shifting** – usługa polegająca na: odebraniu nadmiaru wyprodukowanej energii elektrycznej u usługobiorcy, przechowanie tej energii elektrycznej w baterii MMEE, a następnie udostępnienie jej w godzinach zwiększonego zapotrzebowania na moc i energię w tej samej lokalizacji lub u innego usługobiorcy, w celu minimalizacji kosztów zakupu na energię oraz wykorzystanie ich do likwidowania ograniczeń sieciowych i zwiększenia współczynnika autokonsumpcji.



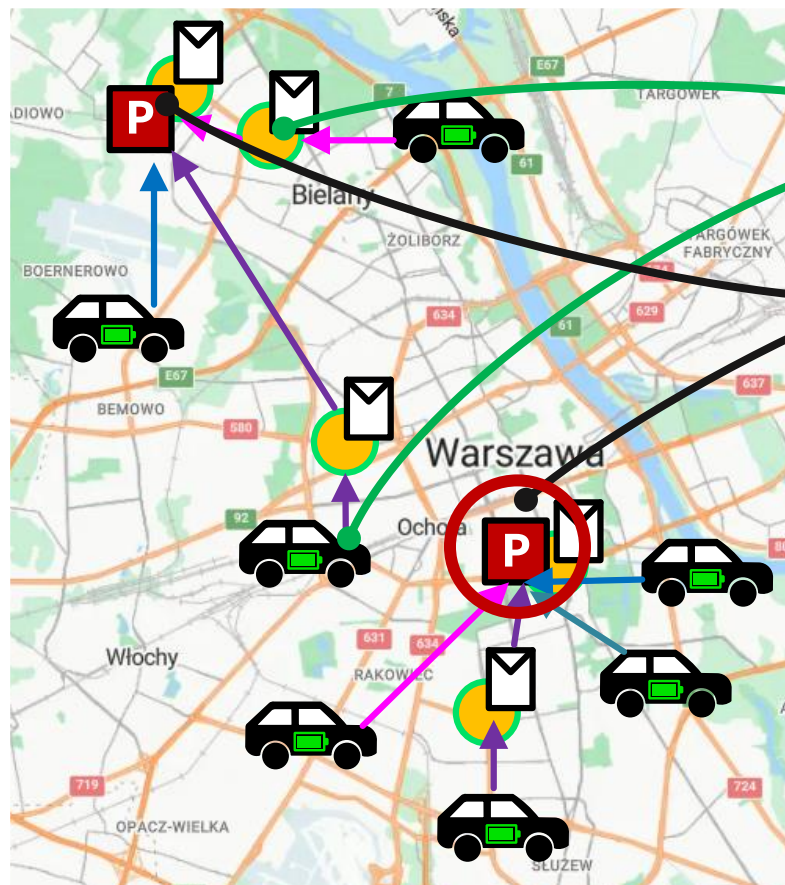
### Interwencyjne

**Interwencyjne rezerwowe zasilanie odbiorcy końcowego** – usługa polegająca na udostępnieniu pojemności baterii MMEE w celu zapewnienia odbiorcy końcowemu źródła zasilania w czasie nieplanowanych przerw w dostawie energii elektrycznej lub w czasie wystąpienia awarii w systemie elektroenergetycznym uniemożliwiającym podstawowe zasilanie obiektu

**Interwencyjne nadmiarowe ładowanie MMEE** – usługa polegająca na interwencyjnym przywołaniu MMEE w celu doładowania jego baterii, przy użyciu energii elektrycznej pochodzącej z nadwyżek produkcyjnych ze źródeł generacji wewnętrznej odbiorcy końcowego, w szczególności w okresie redukcji generacji z OZE, zarządzanych przez Operatora Systemu Przesyłowego (OSP), w ramach redysponowania nierynkowego instalacji PV

**Interwencyjne wsparcie pracy wydzielonego lokalnego systemu elektroenergetycznego** – usługa polegająca na interwencyjnym wykorzystaniu MMEE, jako dodatkowej jednostki wytwórczej w celu utrzymania zadanych parametrów częstotliwości i napięcia w wydzielonym systemie elektroenergetycznym

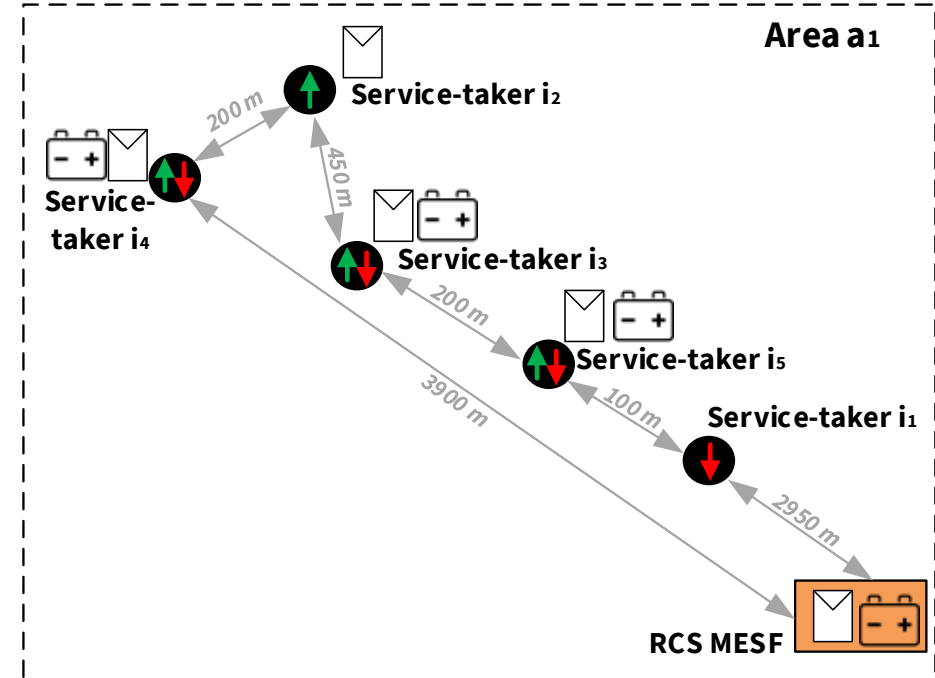
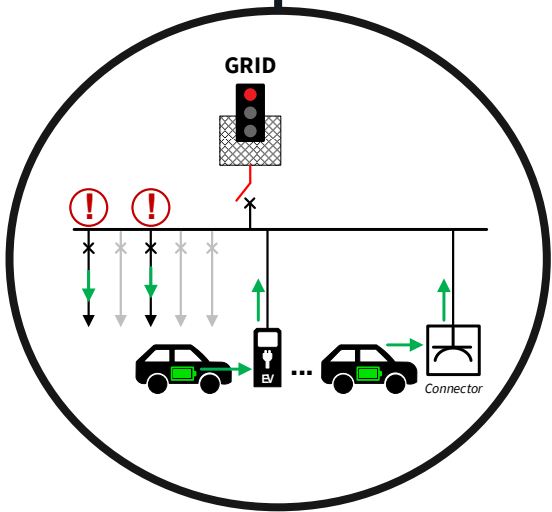




- Miejsce rozładowanie MMEE**
- Instalacje OZE z nadwyżkami**

**Nadmiarowe ładowanie MMEE**

**Rezerwowe zasilanie odbiorcy końcowego**



- LEGEND:**
- Service-taker: end user (ST-EU)
  - Service-taker: generation (ST-GEN)
  - Service-taker: active (ST-AU)
  - PV installation
  - Stationary battery storage system
  - Recharging Capacity Spot (RCS) for MESF



Parametr	Kategoria I	Kategoria II	Kategoria III
Masa pojazdu $m_{EV,n}$ [kg]	1687	2309	9000
Dopuszczalny ładunek [kg]	695	1052	10000
Maksymalna pojemność MMEE $C_{MAX,n}^{cat_x}$ [kWh]	104.25	157.8	1500
Minimalna pojemność MMEE $C_{MIN,n}^{cat_x}$ [kWh]	13	20	190
Współczynnik korekcyjny ładunku $k_L$		0.75	
Masa baterii MMEE dla $C_{MAX,n}^{cat_x}$ [kg]	65	100	950
Masa baterii MMEE dla $C_{MIN,n}^{cat_x}$ [kg]	521.25	789	7500
Przeciętne wymiary (dł. x szer. x wys.) [m]	4.58 x 1.83 x 1.82	5.69 x 2.12 x 2.33	7.50 x 2.50 x 2.60
Zużycie energii elektrycznej $e_{EV,n}^{cat_x}$ [kWh/km]	0.15	0.35	0.66
Koszt zakupu pojazdu $CS_{EV,n}^{cat_x}$ [PLN]	191 415.00	250 454.00	1 200 000.00

Dalsza optymalizacja  
(uwzględniając sposób przewozu):

● 120 – 190 kWh (zależne od technologii Li-ion)

● 40 – 90 kWh (zależne od technologii Li-ion)



- Mobilne magazyny jako przyszły zasób elastyczności sieci
- Niekoniecznie kontraktowane bezpośrednio przez OSD, a raczej przez odbiorcę końcowego



**Tytuł projektu:** *Koncepcja utworzenia pojazdu specjalnego będącego mobilnym magazynem energii elektrycznej, zawierająca wytyczne w zakresie konstrukcyjnym i tworzenia oprogramowania do synergii odnawialnych źródeł energii i odbiorców w ramach procesu energetyzacji aglomeracji miejskich*

**Jednostka organizacyjna:** Instytut Elektroenergetyki PW

**Kierownik projektu:** dr inż. Krzysztof Zagrajek

**Partnerzy projektu:**

- Stoen Operator
- Urząd m.st. Warszawa
- Hitachi Energy Polska

**Celem projektu jest zatem utworzenie projektów koncepcyjnych takiego pojazdu specjalnego, mobilnego magazynu energii elektrycznej oraz przyłącza elektroenergetycznego, dzięki któremu będzie możliwe przyłączenie takiego pojazdu do instalacji elektroenergetycznej odbiorcy końcowego.** W ramach projektu zostaną opracowane wytyczne konstrukcyjne dot. takiego pojazdu (w szczególności dot. jego podwozia i nadwozia, wielkości MMEE, sposobu montażu MMEE i standardu przesyłu energii elektrycznej z pojazdu do instalacji odbiorcy), jak również w zakresie tworzenia oprogramowania do integracji takich rozwiązań z istniejącymi urządzeniami infrastruktury elektroenergetycznej. Planowane jest zaprojektowanie algorytmów zarządzania energią elektryczną w takim MMEE, w taki sposób aby ładować lub rozładowywać go w sposób optymalny, uwzględniając profil odbiorcy końcowego energii elektrycznej i profil wytwarzania energii elektrycznej w OZE

**Politechnika  
Warszawska**

**STOEN  
OPERATOR**  
powered by **e-on**

 **UCZELNIA  
BADAWCZA**  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

 **Zarząd  
Transportu Miejskiego  
w Warszawie**

 **Hitachi Energy**

# Dziękuję za uwagę

dr inż. Krzysztof Zagrajek

Zakład Trakcji i Gospodarki Elektroenergetycznej



**Instytut Elektroenergetyki**  
Politechnika Warszawska



Gmach Elektrotechniki kl. C 401  
Ul. Koszykowa 75, Warszawa



[krzysztof.zagrajek@pw.edu.pl](mailto:krzysztof.zagrajek@pw.edu.pl)



+48 665 696 763