

# Wpływ samochodów elektrycznych na polski system elektroenergetyczny, emisję CO<sub>2</sub> oraz inne zanieczyszczenia powietrza



Uroš RadoviĆ  
Agencja Rynku Energii S.A.  
E-mail: [urad@are.waw.pl](mailto:urad@are.waw.pl)



# SILNY ROZWÓJ SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH I POJAZDÓW HYBRYDOWYCH TYPU PLUG-IN SPODZIEWANY JUŻ W NIEDALEKIEJ PRZYSZŁOŚCI

Udział samochodów elektrycznych (SE), w tym hybryd typu plug-in, w globalnym rynku motoryzacyjnym wynosi obecnie około 1,3 %, jednak z roku na rok będzie się on zwiększał, by po 2040 roku przekroczyć 50% (Deloitte).

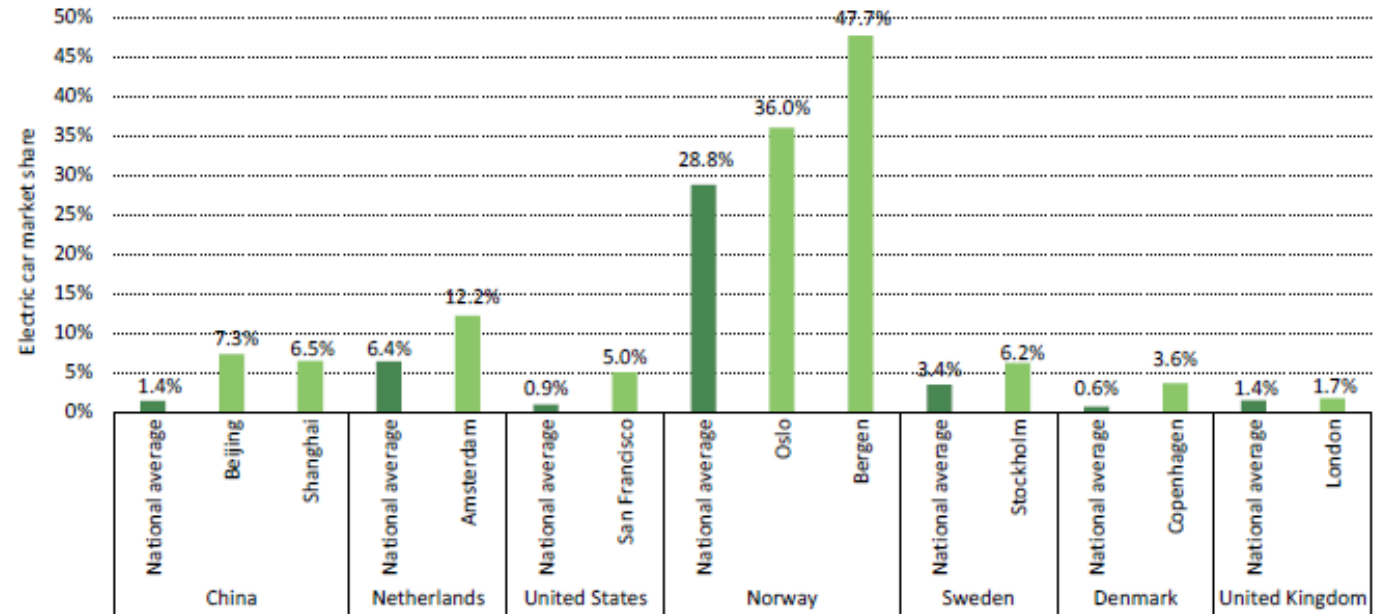
Ambitne cele wzrostu, z licznymi środkami wsparcia w wielu krajach:

Niemcy – 1 mln SE do 2020r, 6 mln do 2030r.

Francja – 4.5 mln do 2030r., 7 mln punktów ładowania

Polska – 1 mln SE do 2025 r.

Rynkowy udział samochodów z napędem elektrycznym w krajach wiodących w elektromobilności, 2016



OECD/IEA 2017

Ponad 750 tysięcy sprzedaży na całym świecie w 2016 roku

Źródło: ARE S.A.



ARE

# WPROWADZENIE POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH NIEUCHRONNIE DOPROWADZI DO WIĘKSZEJ INTERAKCJI POMIĘDZY MOBILNOŚCIĄ A SEKTOREM ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Prezentacja dotyczy potencjalnych efektów zakładanego wprowadzenia na polskie drogi **1 mln elektrycznych samochodów osobowych do 2025r. oraz potrojenia tej liczby do 2035r.**, a w szczególności następujących pytań:

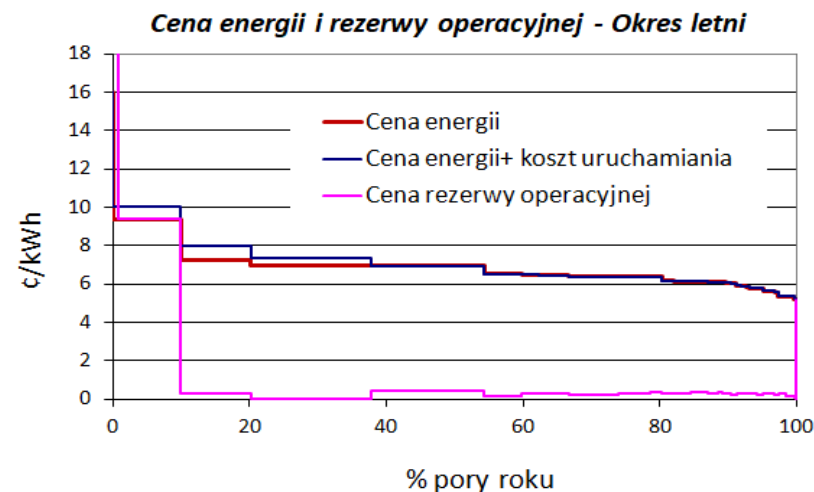
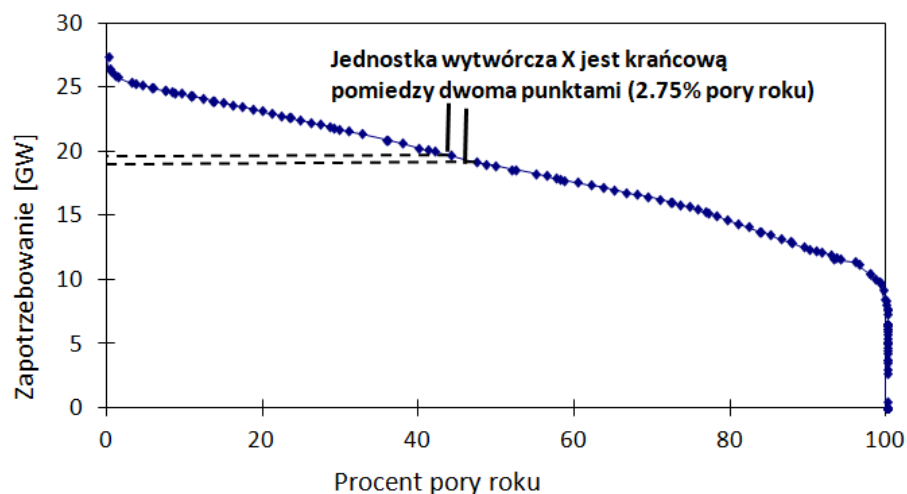
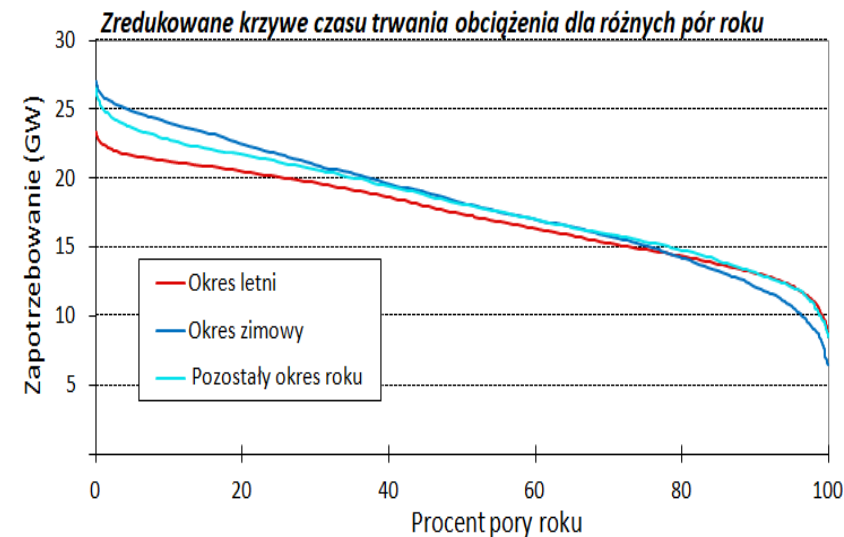
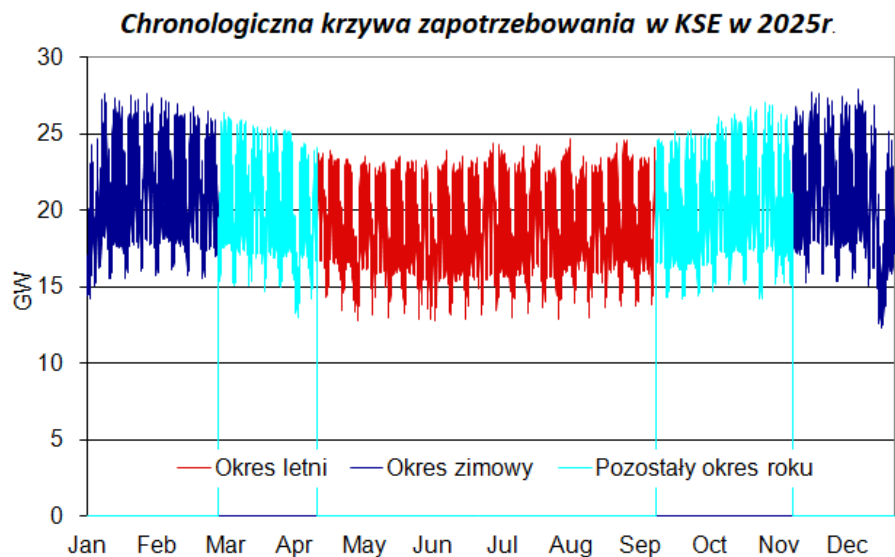
- Jakie są wzajemne oddziaływania samochodów elektrycznych (SE) i sektora wytwarzania energii elektrycznej oraz jakie wyzwania pojawią się w wyniku tych interakcji?
- W jaki sposób polski system elektroenergetyczny może pokryć dodatkowe zużycie energii elektrycznej przez samochody elektryczne?
- Jak spodziewany wzrost popytu na energię elektryczną wpłynie na koszt wytwarzania i w efekcie na cenę hurtową energii elektrycznej?
- W jaki sposób na salda emisji netto w sektorze transportu i energetycznym wpływa rosnąca liczba samochodów elektrycznych?
- Czy wysoka penetracja pojazdów elektrycznych znacznie zmniejsza emisję CO<sub>2</sub> i większości zanieczyszczeń powietrza?

Analiza (ważnych) potencjalnych efektów SE na sieć dystrybucyjną oraz możliwości magazynowania energii poprzez baterie samochodowe (V2G) wychodzi poza ramy niniejszej pracy

# Do symulowania pokrycia popytu na energię elektryczną w latach 2025 i 2035 użyty został model konkurencyjnego rynku energii elektrycznej ORCED

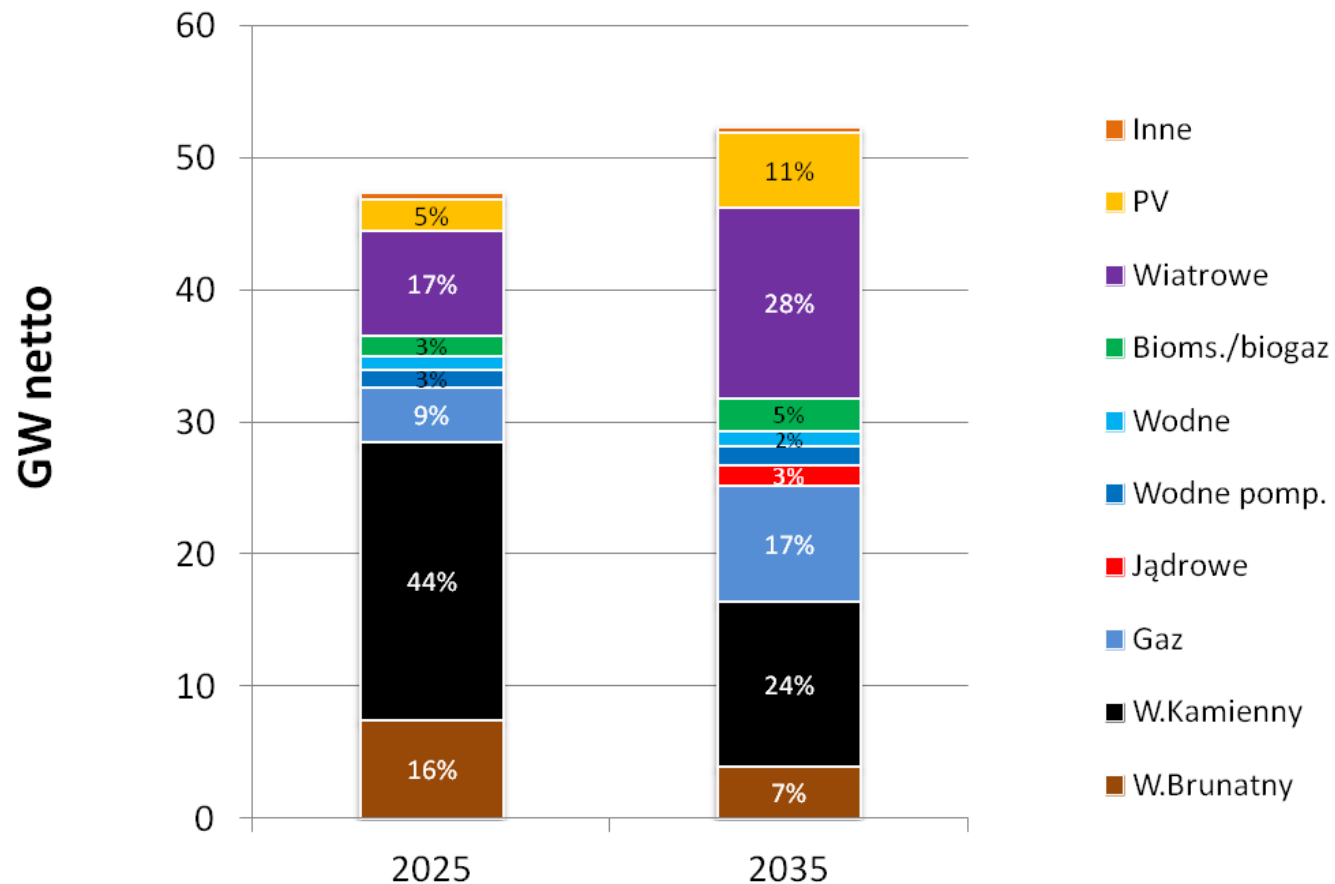


The Oak Ridge  
Competitive Electricity  
Dispatch Model -  
ORCED



# W perspektywie najbliższych 15-20 lat należy spodziewać się dosyć znaczącej zmiany krajowego mixu elektroenergetycznego

Prognozowana struktura mocy w KSE w latach 2025 i 2035



Źródło: ARE S.A.



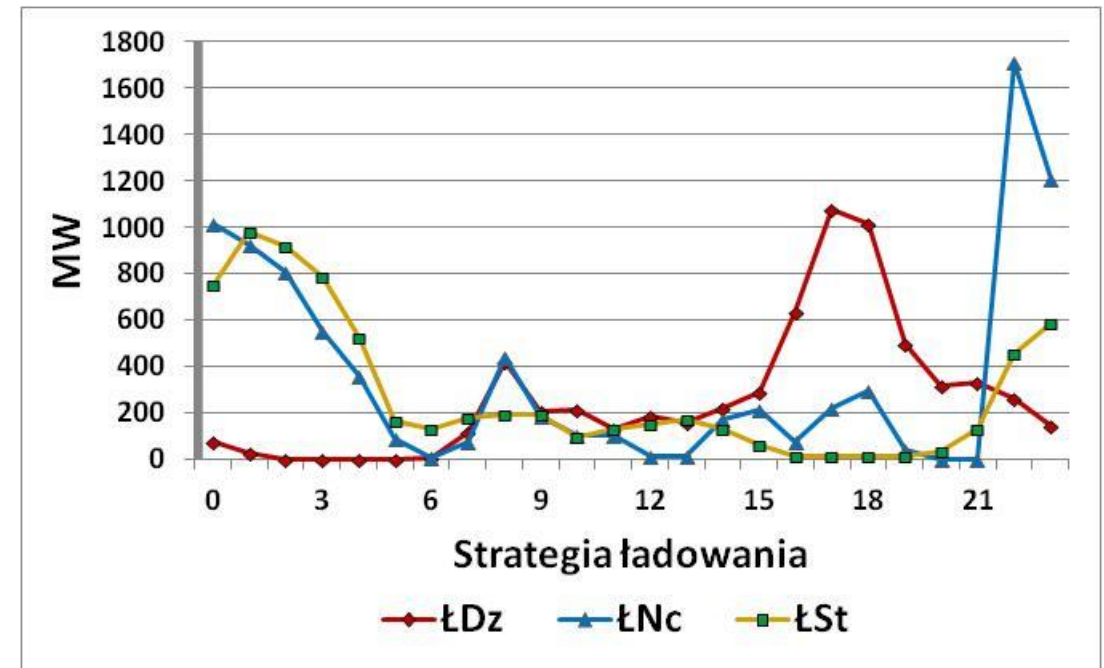
ARE

# Pojazdy elektryczne stanowią nowy typ konsumenta energii, ze szczególnym wzorcem obciążenia i rozkładem przestrzennym

Bardzo różne efekty na krzywej obciążenia w zależności od profilu ładowania:

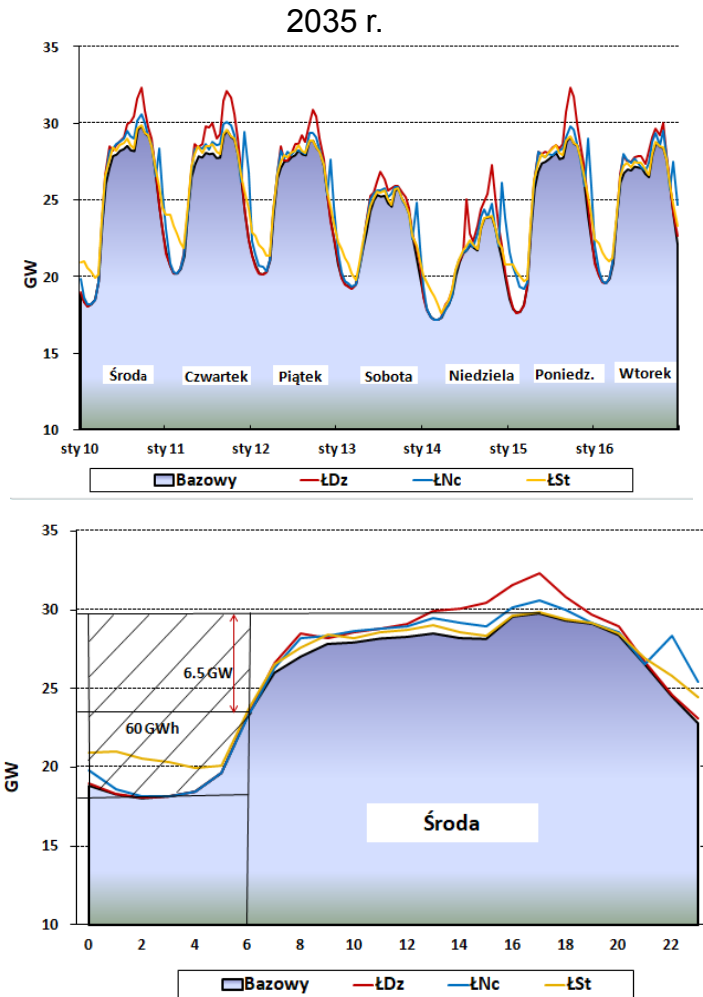
- Ładowanie dzienne **"LDz."** (niekontrolowane): Występuje każdym razem, gdy samochód jest zaparkowany i dostępna jest stacja ładująca; profile ładowania są ściśle skorelowane ze trybem użytkowania samochodu
- Ładowanie nocne **"ŁNc"** (opóźnione): Zakładając, że odbiorcy są gotowi do opóźnienia ładowania do godziny 22:00, aby wykorzystać niższą taryfę
- Ładowanie sterowane **"ŁSt"** : Inteligentnym sterowaniem ładowanie SE odbija się w godzinach bardziej korzystnych dla systemu wytwórczego

Porównanie godzinowego obciążenia w wybranym dniu dla różnych trybów ładowania dla floty złożonej z 1 miliona pojazdów elektrycznych





# Profil ładowania pojazdów będzie miał silny wpływ na dzienne obciążenie systemu elektroenergetycznego; Przy dużej penetracji SE, ładowanie niezarządzone może spowodować duży wzrost maksymalnego poboru mocy.



**Strategie inteligentnego ładowania pozwolą zminimalizować potrzebę na wysyłki adaptacyjne w celu utrzymania stabilności i adekwatności systemu elektroenergetycznego**

Wskaźniki niezawodności KSE w scenariuszu bazowym (bez SE) oraz w scenariuszu z pojazdami elektrycznymi dla różnych strategii ładowania

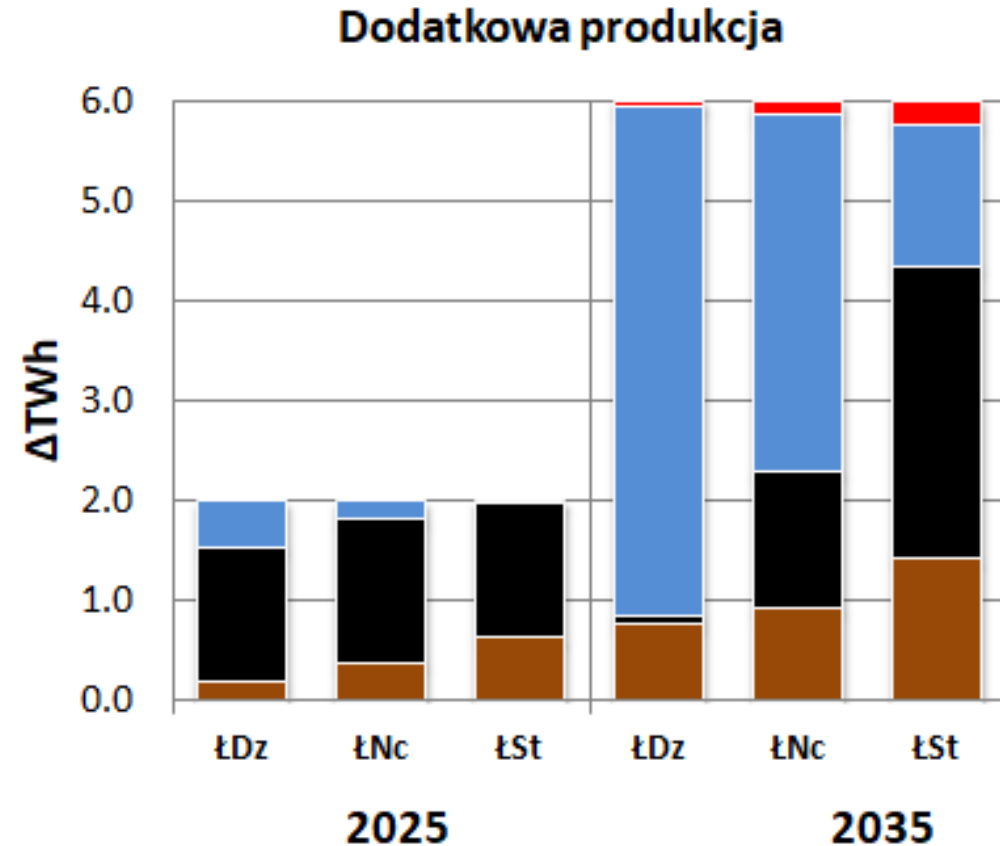
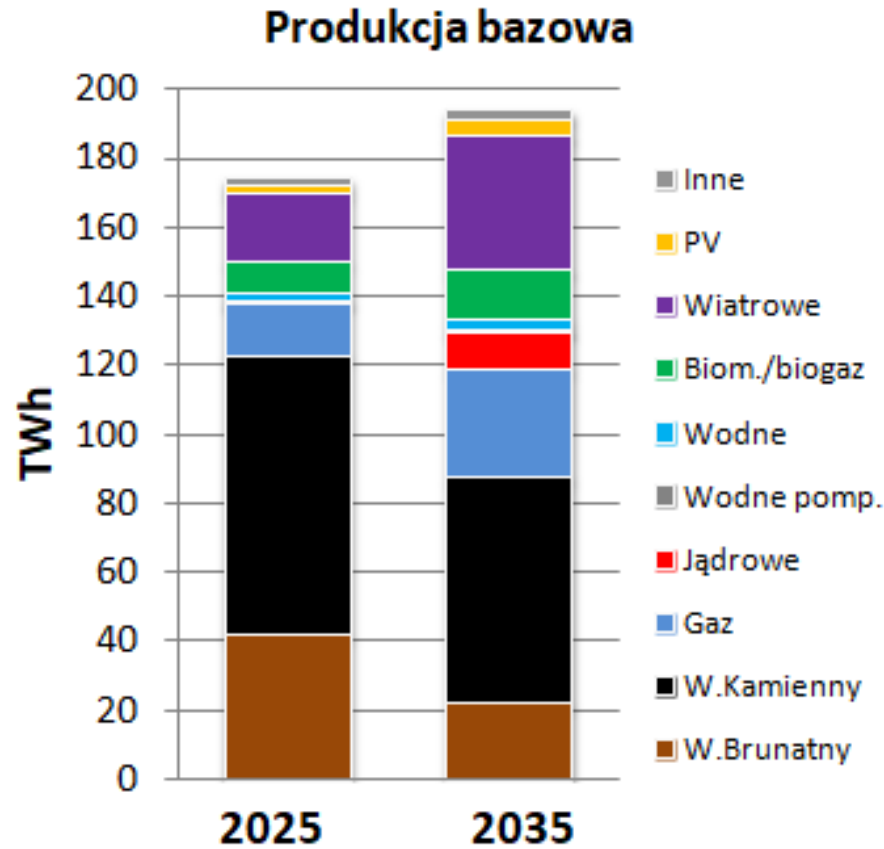
|                    | 2025                   |                 |       |       | 2035                   |                 |       |       |
|--------------------|------------------------|-----------------|-------|-------|------------------------|-----------------|-------|-------|
|                    | Sc. bazowy<br>(bez SE) | Scenariusz z SE |       |       | Sc. Bazowy<br>(bez SE) | Scenariusz z SE |       |       |
|                    |                        | ŁDz             | ŁNc   | ŁSt   |                        | ŁDz             | ŁNc   | ŁSt   |
| Moc szczytowa [GW] | 27.00                  | 27.85           | 27.25 | 27.01 | 29.81                  | 32.44           | 30.57 | 29.85 |
| LOLE (h/rok)       | 0.50                   | 3.57            | 1.09  | 0.71  | 0.50                   | 50.05           | 10.12 | 0.69  |
| LOEE [GWh]         | 0.10                   | 0.88            | 0.22  | 0.13  | 0.12                   | 51.32           | 4.78  | 0.17  |
| Deficyt mocy [GW]  | 0.00                   | 0.56            | 0.22  | 0.0   | 0.00                   | 2.74            | 1.16  | 0.08  |

**LOLE (Loss of Load Expectation) – oczekiwany sumaryczny czas trwania deficytów mocy**

**LOEE (Loss of Energy Expectation) – oczekiwane sumaryczne niepokrycie popytu**

Źródło: ARE S.A.

# W celu oceny środowiskowej dodatkowego zapotrzebowania na energię elektryczną, np. od elektromobilności, decydującą rolę odgrywa emisja elektrowni brzegowej



Źródło: ARE S.A.



# Koszt benzyny/oleju napędowego w rafinerii wielokrotnie przewyższa koszt wytwarzania dodatkowej energii elektrycznej

Zużycie paliw i koszty do produkcji energii elektrycznej użytej do ładowania pojazdów elektrycznych w porównaniu z alternatywnym kosztem i zużyciem benzyny i oleju napędowego przez pojazdy spalinowe

| Paliwo   | 2025             |                  |                       |                   |                   | 2035              |                  |                       |                   |                   |
|--|------------------|------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
|  | Samoch. spalin.  |                  | Samochody elektryczne |                   |                   | Samoch. spalin.   |                  | Samochody elektryczne |                   |                   |
|  | z silnikiem      |                  | Strategia ładowania   |                   |                   | z silnikiem       |                  | Strategia ładowania   |                   |                   |
|  | benzn.           | diesla           | ŁDz                   | ŁNc               | ŁSt               | benzn.            | diesla           | ŁDz                   | ŁNc               | ŁSt               |
| Koszt paliw”<br>[mld. zł'2017]                   | 2.164<br>/4.056* | 1.801<br>/3.203* | 0.454<br>(0.155)#     | 0.444<br>(0.173)# | 0.433<br>(0.184)# | 7.107<br>/12.433* | 6.094<br>10.192* | 1.506<br>(0.380)#     | 1.571<br>(0.489)# | 1.617<br>(0.650)# |
| Koszt krańcowy ładowania SE<br>[zł'2017/MWh]     | -                | -                | 227                   | 222               | 217               | -                 | -                | 251                   | 262               | 270               |
| Wzrost kosztów wytwarzania en. el. [zł'2017/MWh] | -                | -                | 2.58                  | 2.42              | 2.56              | -                 | -                | 7.54                  | 7.87              | 8.09              |

” Koszt dla pojazdów elektrycznych obliczono jako dodatkowy koszt zmienny wytwarzania energii elektrycznej:  
paliwo + koszt operacyjny + koszt CO<sub>2</sub>

\* Koszt w rafinerii / koszt na rynku detalicznym

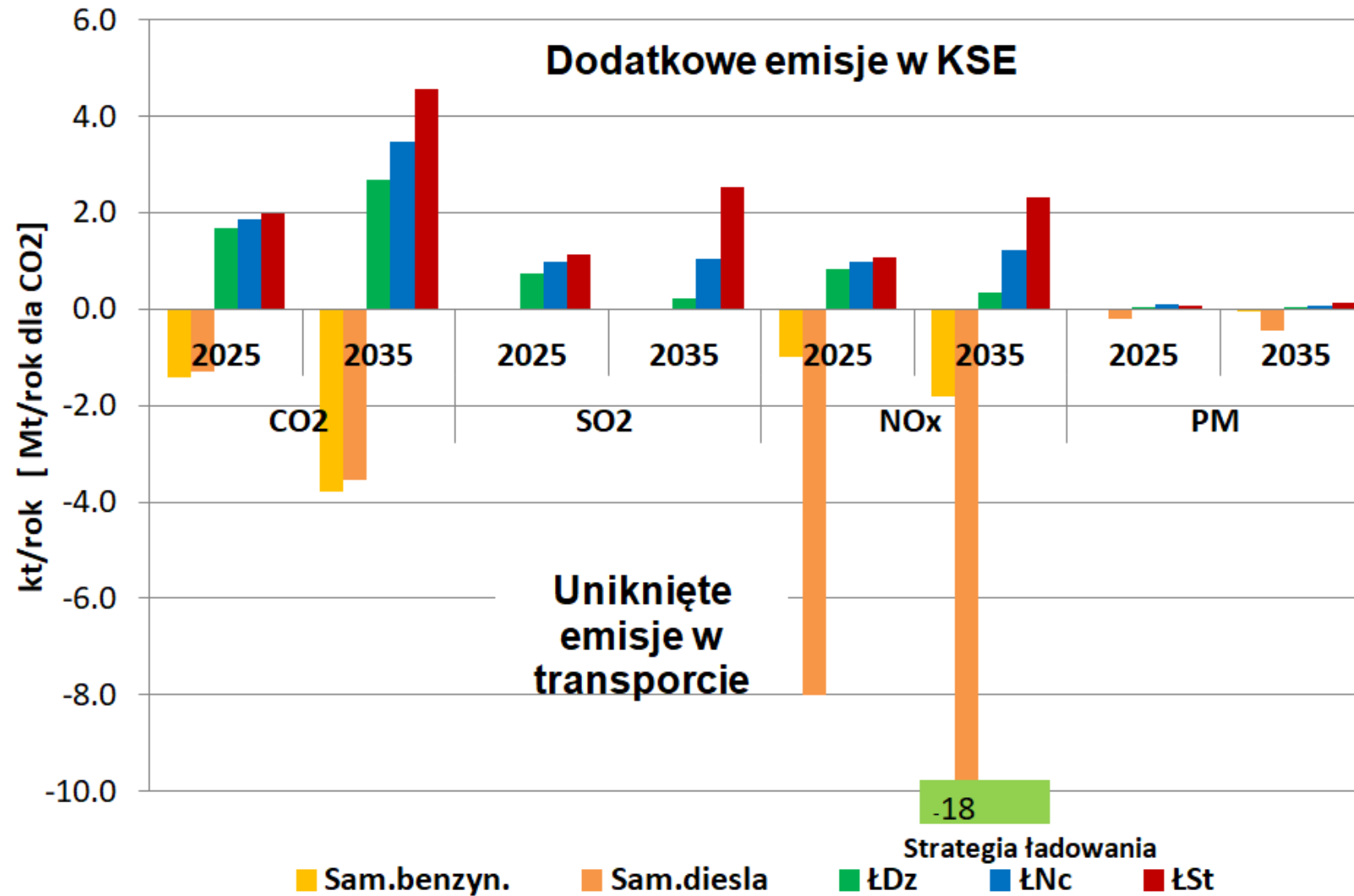
# Koszt zakupu uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> (zakładany koszt uprawnień: 22 Euro/t CO<sub>2</sub> w 2025r., 35 Euro/t w 2035r.)

Źródło: ARE S.A.

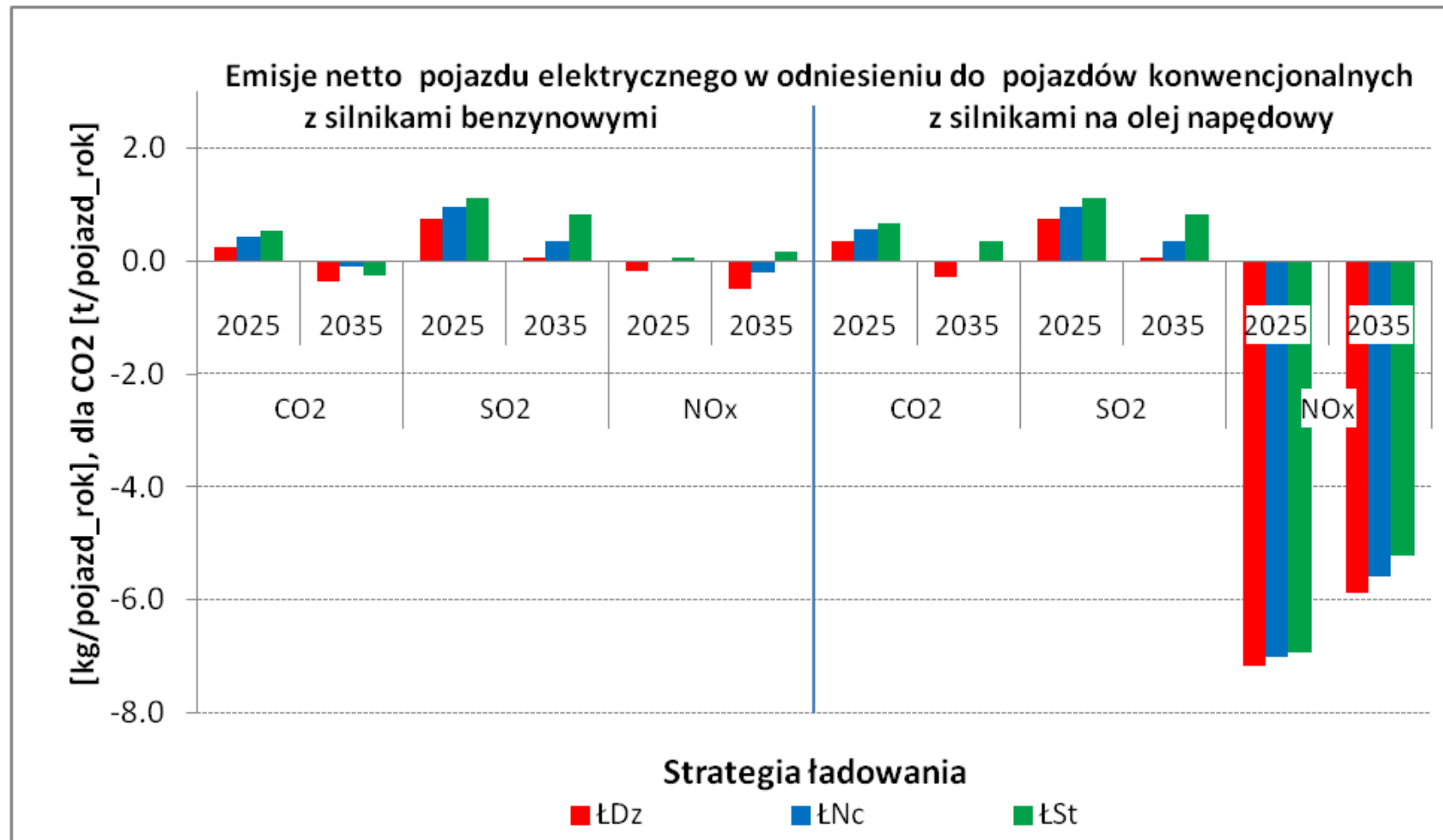


ARE

# Wpływ pojazdów elektrycznych na emisje w transporcie i KSE



# Emisje roczne netto CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> przez pojazd elektryczny



Emisja netto została obliczona jako różnica między emisją w wyniku ładowania pojazdu elektrycznego a emisją pojazdu spalinowego o identycznym przebiegu

Źródło: ARE S.A.



ARE

## PODSUMOWANIE

Zakładany wzrost liczby osobowych samochodów elektrycznych w Polsce (do 1mln w 2025r. oraz 3 mln w 2035r) spowodowałyby:

- umiarkowany wzrost popytu na energię elektryczną o ok. 1.2% w 2025r. oraz 3% w 2035r.
- bardzo umiarkowane zapotrzebowanie na dodatkowe moce wytwórcze, zakładając pewną kontrolę nad trybem ładowania aut
- niewielki wzrost kosztów wytwarzania energii elektrycznej (ok. 2.5 zł/MWh, czyli 1% wzrost w 2025r. oraz ok. 8 zł/MWh, czyli ok. 2% wzrost w 2035r.)
- spadek emisji CO<sub>2</sub> w sektorze transportu, niemniej jednak dodatkowe emisje CO<sub>2</sub> w systemie energetycznym przekraczające redukcję osiąganą w transporcie. Aby zapewnić ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, elektryfikacja transportu musi iść w parze z dekarbonizacją wytwarzania energii.
- niewielki wzrost emisji SO<sub>2</sub>
- wyraźne korzyści odnośnie emisji NO<sub>x</sub> i PM, i w efekcie pozytywne efekty na jakość powietrza w miastach

Dziękuję za uwagę !