


Lądowa energetyka wiatrowa, a ceny hurtowe energii elektrycznej na rynku spot w Polsce





Wykaz skrótów i terminów

Wykaz skrótów i terminów

EE – energia elektryczna

JWCD – jednostki wytwórcze centralnie dysponowane

KZEE – krajowe zapotrzebowanie na energię elektryczną

LEW – lądowa energetyka wiatrowa / lądowa elektrownia wiatrowa

LCOE – (ang. levelised cost of electricity) – średni zdyskontowany koszt wytwarzania energii elektrycznej dla danej technologii obliczony dla całości okresu ekonomicznego użytkowania tej technologii, z uwzględnieniem kosztów inwestycyjnych (capex) oraz operacyjnych (opex). Koszt LCOE umożliwia porównanie pomiędzy różnymi technologiami (np. wiatr onshore, wiatr offshore, fotowoltaika, gaz, atom) LEW – lądowa energetyka wiatrowa

nJWCD – jednostki wytwórcze niebędące w centralnej dyspozycji

PSE – Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.

PV – fotowoltaika





Executive summary

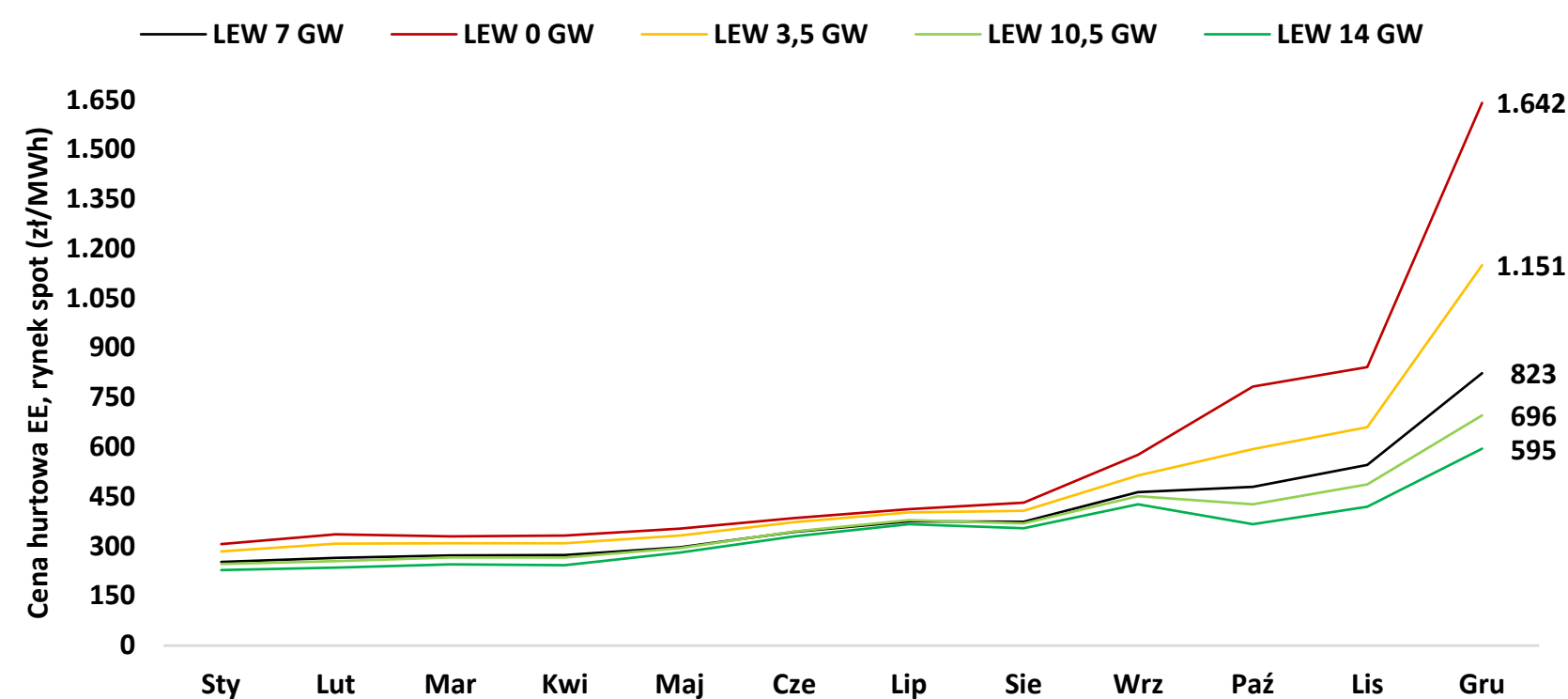
Executive summary

- Po okresie wzrostu w latach 2007-2016 (średnio 47% rocznie), od roku 2017 rozwój LEW w Polsce zatrzymał się. Główną przyczyną jest tzw. zasada 10h, która w praktyce zakazuje budowy LEW na ok. 99 % powierzchni Polski.
- Na koniec grudnia 2021 roku moc zainstalowana LEW w Polsce wyniosła 7 GW (w okresie stagnacji, tj. w latach 2017-2020 wynosiła ok. 6 GW). Od maja 2021 roku trwa proces legislacyjny mający na celu liberalizację zasady 10h, co powinno stworzyć zachętę do wzrostu mocy LEW w Polsce.
- Produkcja EE z LEW jest tańsza niż stosowane w Polsce technologie ciepłne (węgiel brunatny, węgiel kamienny, gaz ziemny), których koszty rosną w obliczu wzrostu kosztów paliw oraz emisji CO2. Powyższe sprawia, że LEW posiada potencjał obniżania cen EE na rynku spot.
- Dane empiryczne za styczeń 2020 – marzec 2022 pokazują, iż wyższy udział produkcji z LEW w pokryciu KZEE co do zasady przekłada się na spadki cen EE na rynku spot.

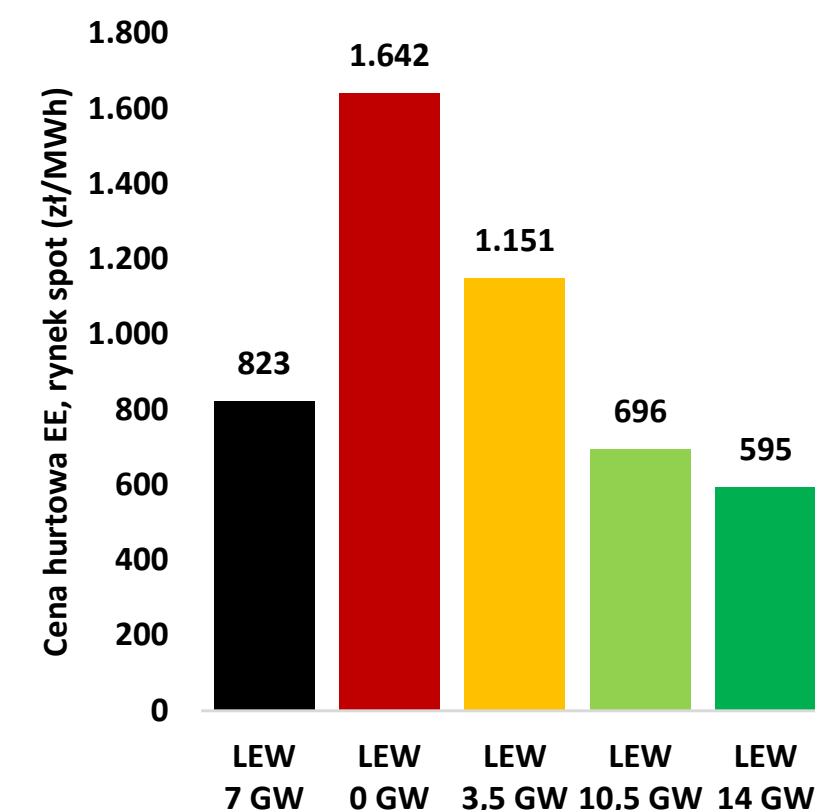
Grudzień 2021 był miesiącem o najwyższych średnich cenach w skali 2021 roku. Jednocześnie, w grudniu 2021 występowała silna korelacja pomiędzy udziałem produkcji z LEW, a poziomem cen spot. W ujęciu symulacyjnym powyższe przekłada się na:

- silną presję na wzrost cen w przypadku wariantów o niższym niż rzeczywisty udziale mocy LEW (LEW 0 GW oraz LEW 3,5 GW)
- silną presję na spadek cen w przypadku wariantów o wyższym niż rzeczywisty udziale mocy LEW (LEW 10,5 GW oraz LEW 14 GW).

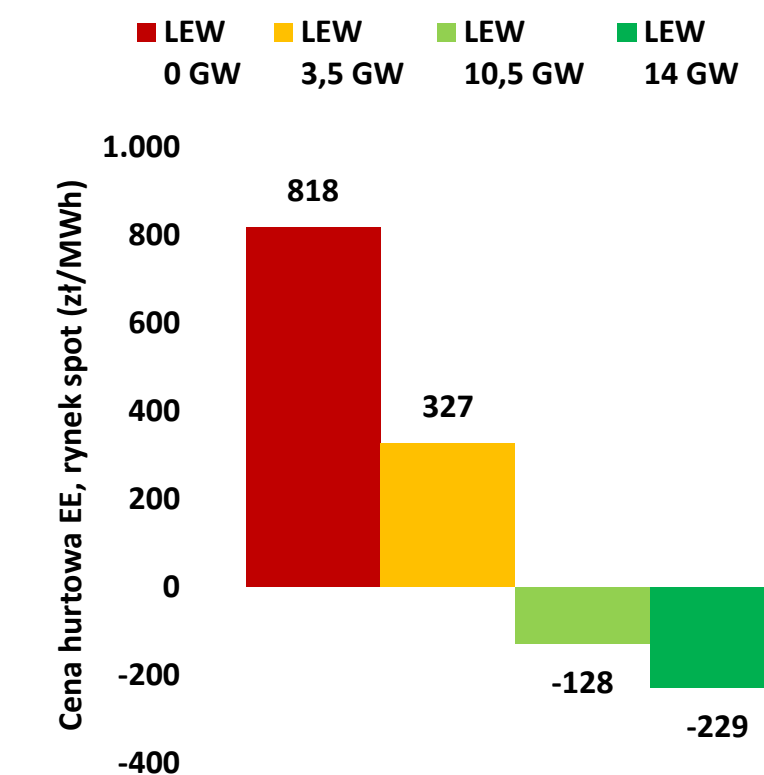
Ceny spot EE, średniomiesięczne (symulacja)



Ceny spot EE, grudzień 2021 (symulacja)



Grudzień 2021 (różnica vs LEW 7 GW)



Executive summary

Za 2021 rok średnia roczna cena EE na rynku spot ukształtowała się na poziomie 398 zł/MWh, a moc zainstalowana LEW w Polsce wyniosła 7 GW (grudzień 2021).

W zależności od przyjętego poziomu mocy, symulacja wpływu LEW na poziom cen EE na rynku spot w Polsce (dla warunków roku 2021) pokazuje, że:

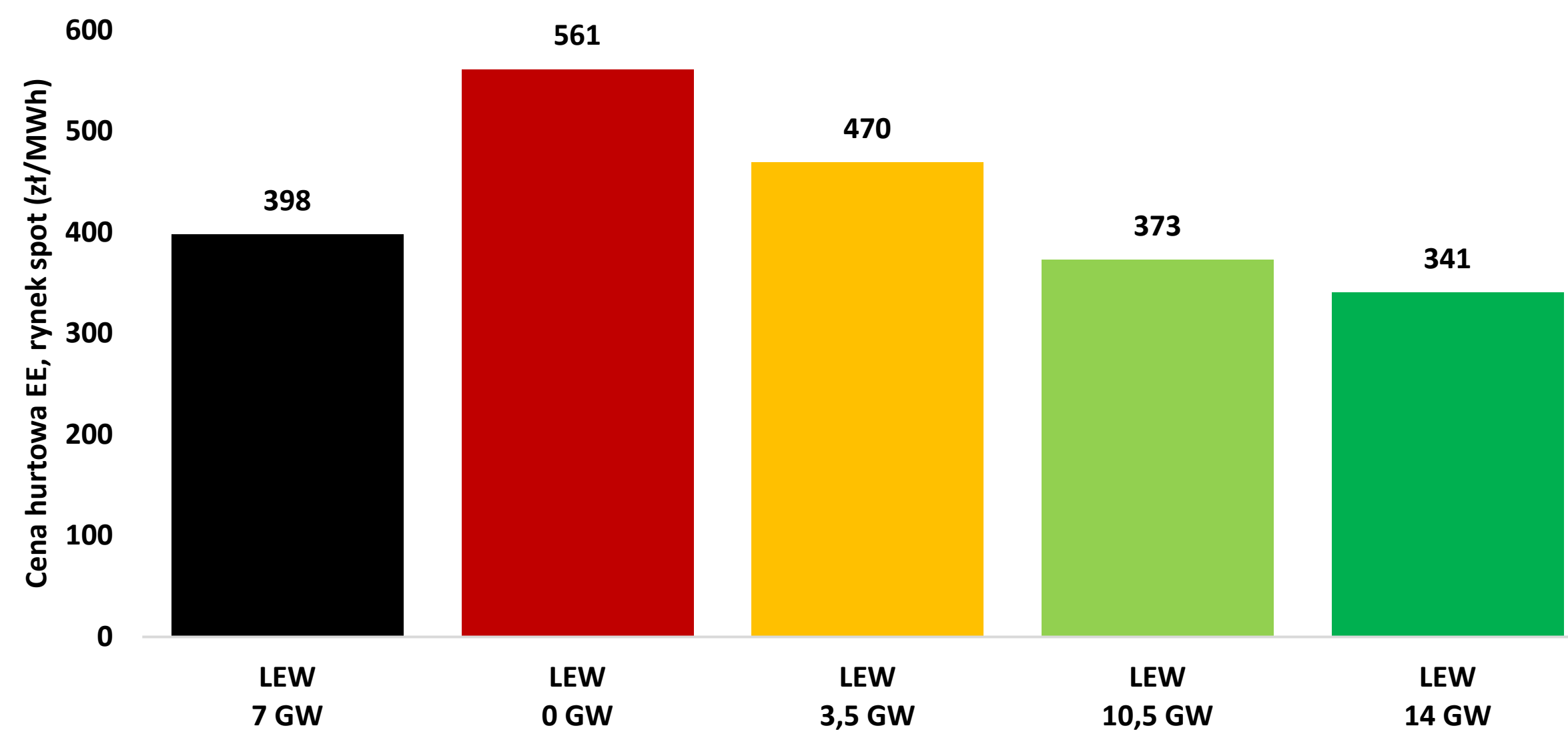
Gdyby moc LEW w 2021 roku wyniosła 0 GW, symulowana średnia roczna cena EE na rynku spot byłaby wyższa o ok. 163 zł/MWh

Gdyby moc LEW w 2021 roku wyniosła 3,5 GW, symulowana średnia roczna cena EE na rynku spot byłaby wyższa o ok. 71 zł/MWh

Gdyby moc LEW w 2021 roku wyniosła 10,5 GW, symulowana średnia roczna cena EE na rynku spot byłaby niższa o ok. 25 zł/MWh

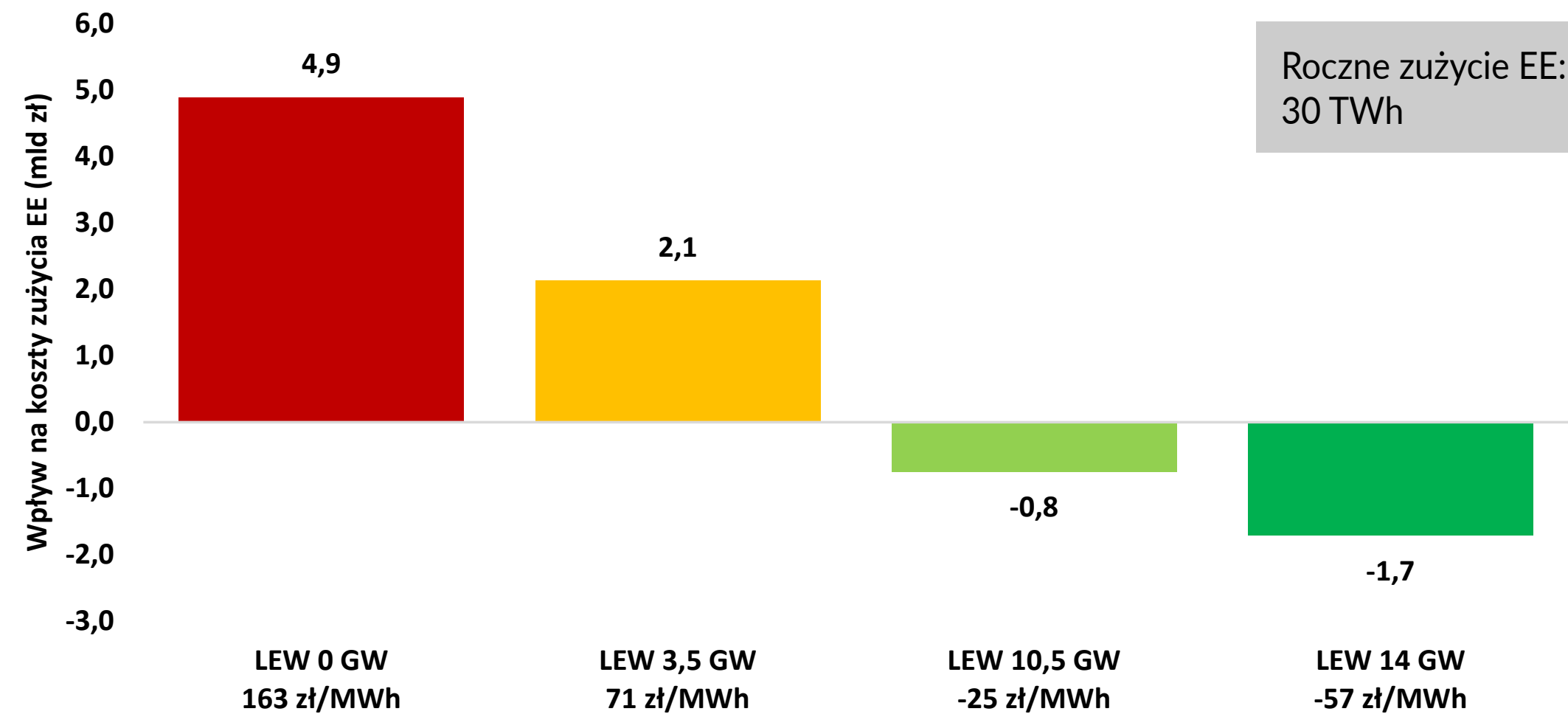
Gdyby moc LEW w 2021 roku wyniosła 14 GW, symulowana średnia roczna cena EE na rynku spot byłaby niższa o ok. 57 zł/MWh.

Symulowane średnioroczne ceny EE na rynku spot (symulacja dla warunków roku 2021) w zależności od założonego poziomu mocy LEW w Polsce

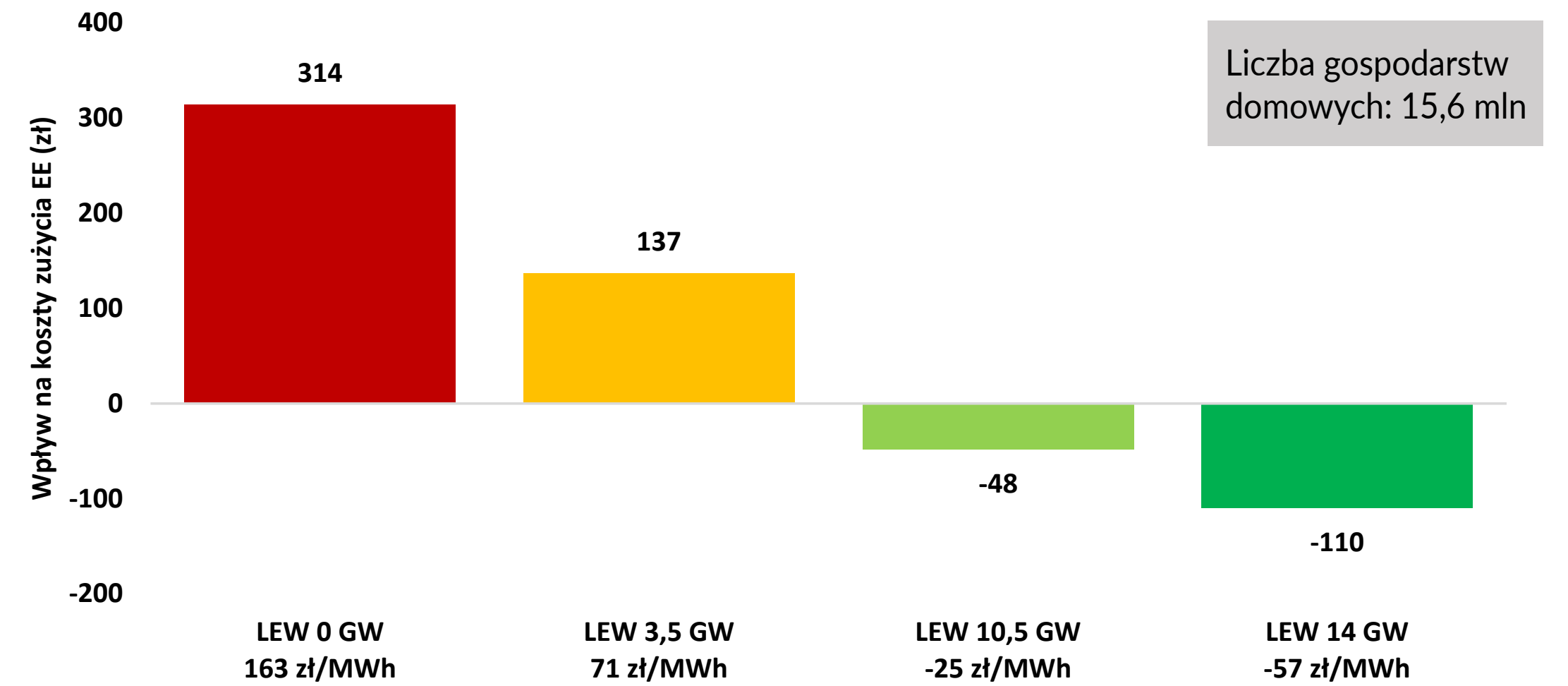


Executive summary

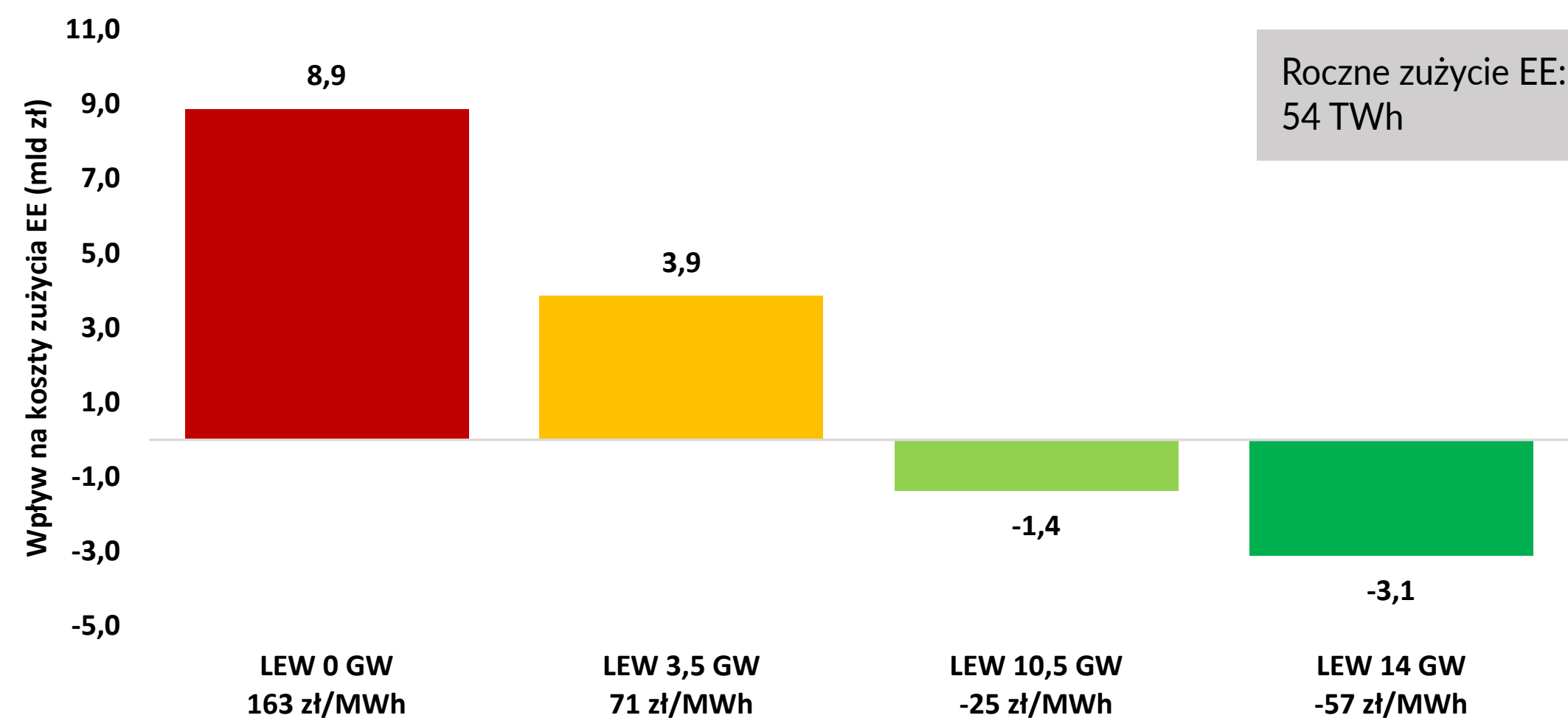
Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarstwach domowych (mld zł)



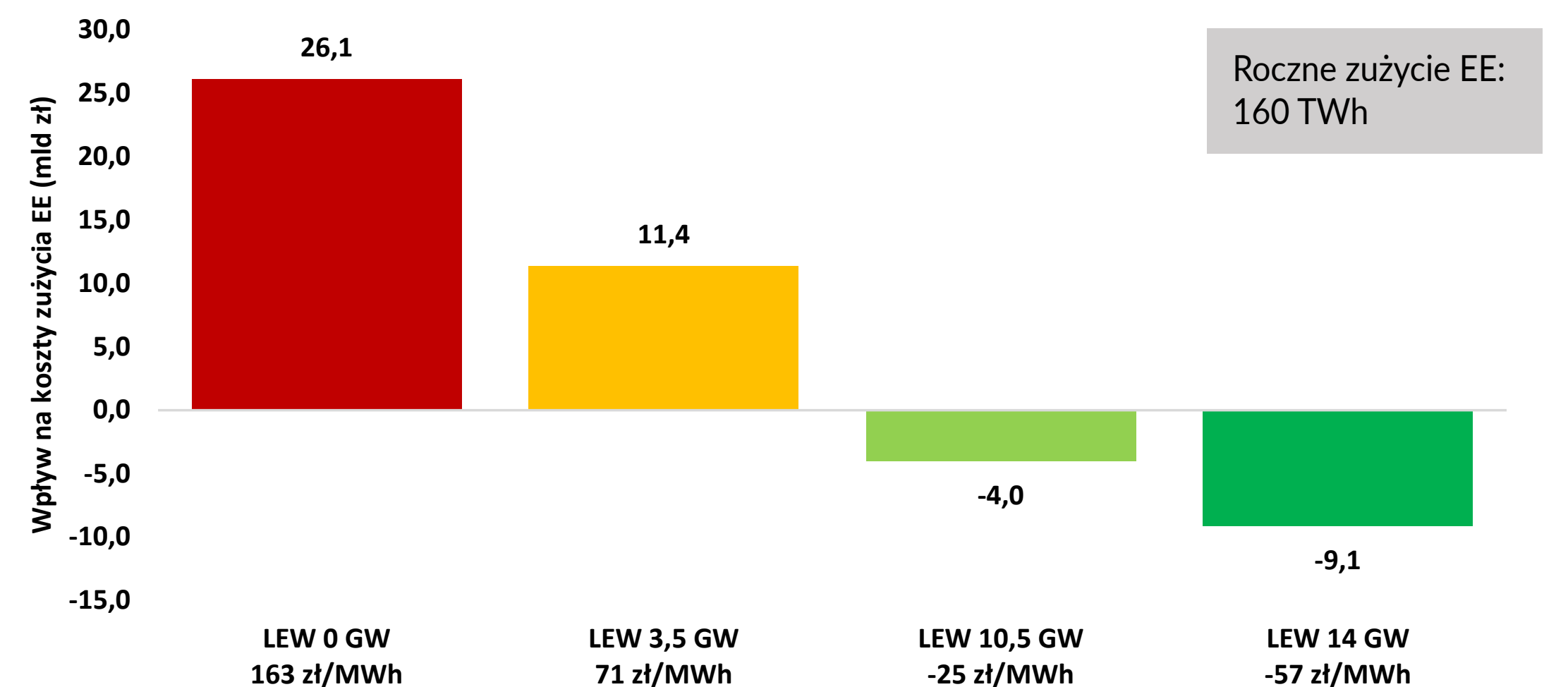
Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w statystycznym gospodarstwie domowym (zł)



Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w przemyśle (mld zł)



Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarce (mld zł)

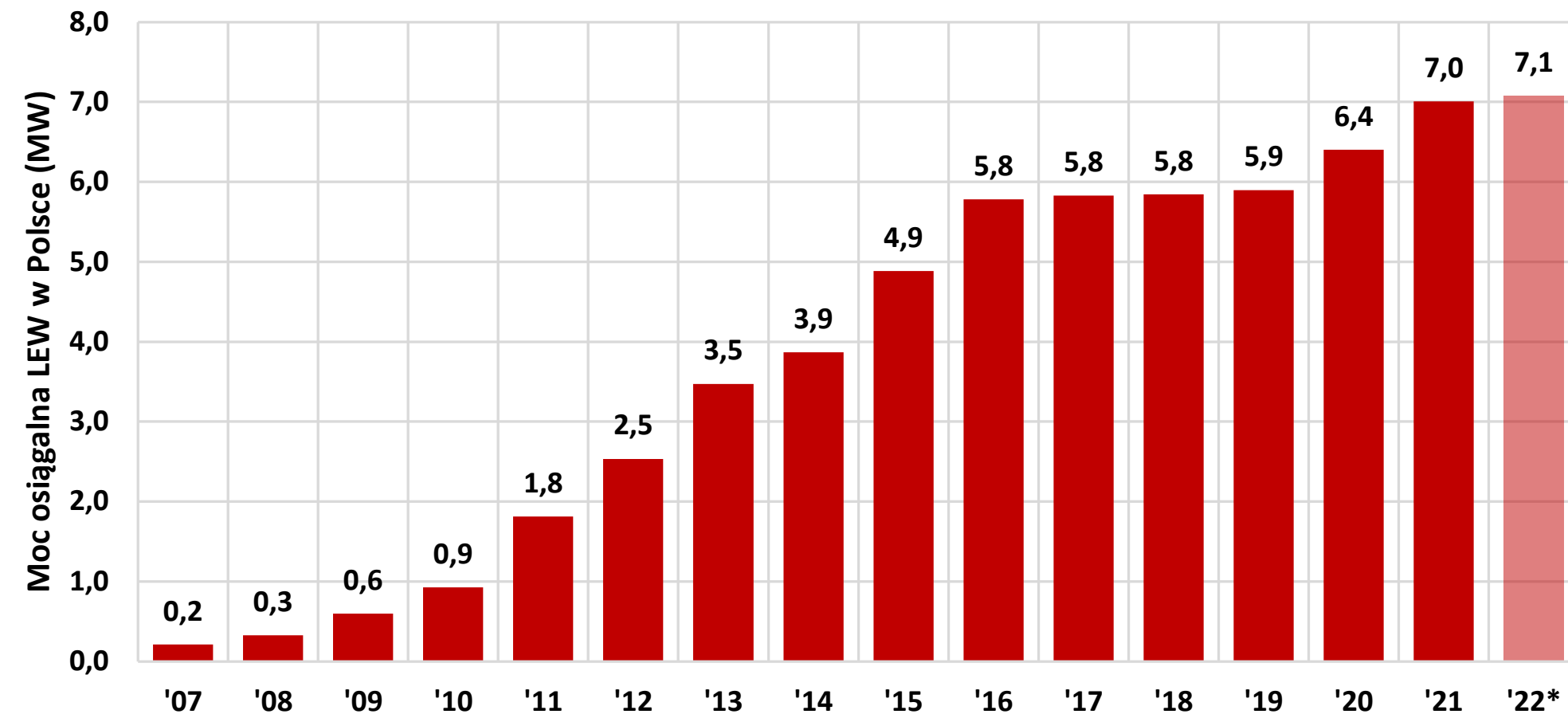




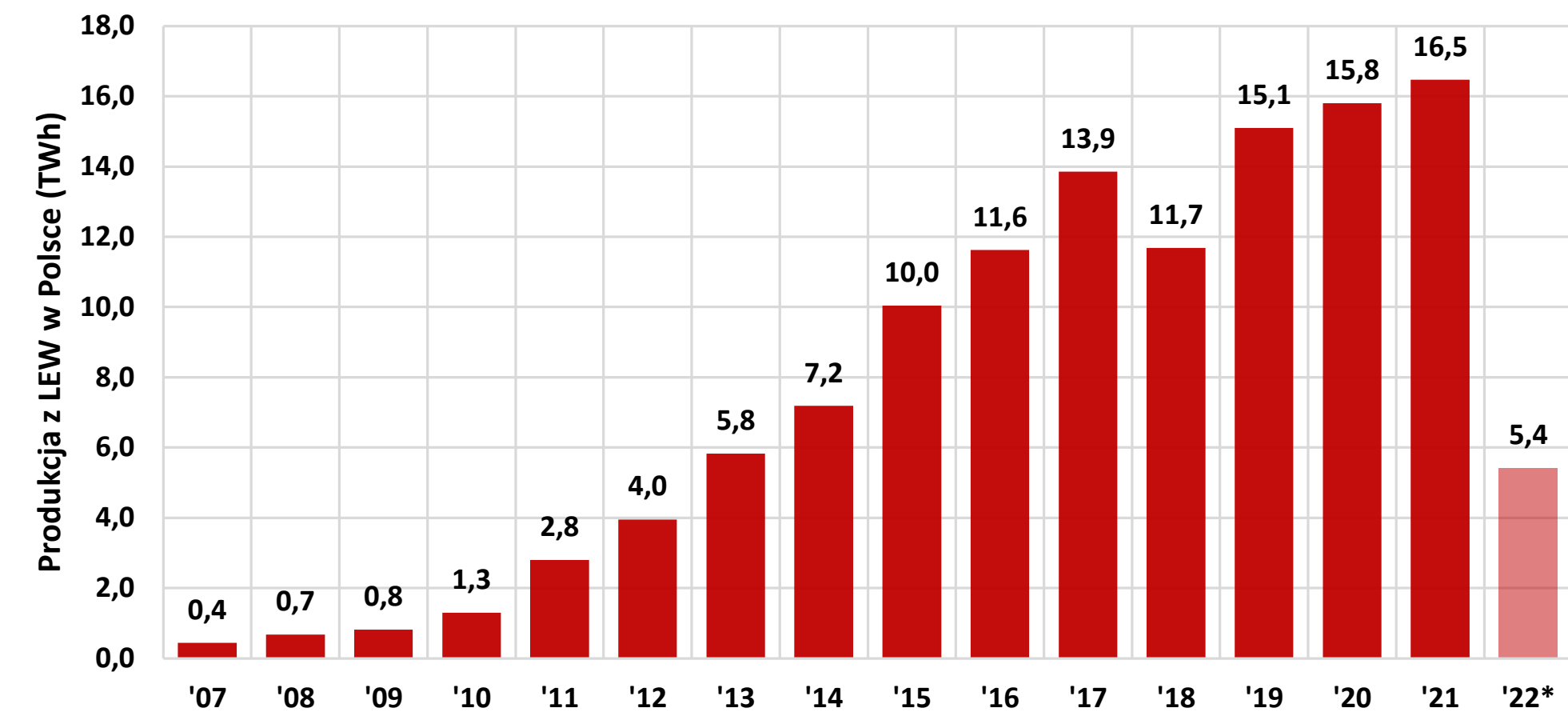
Wprowadzenie

Rozwój LEW w Polsce

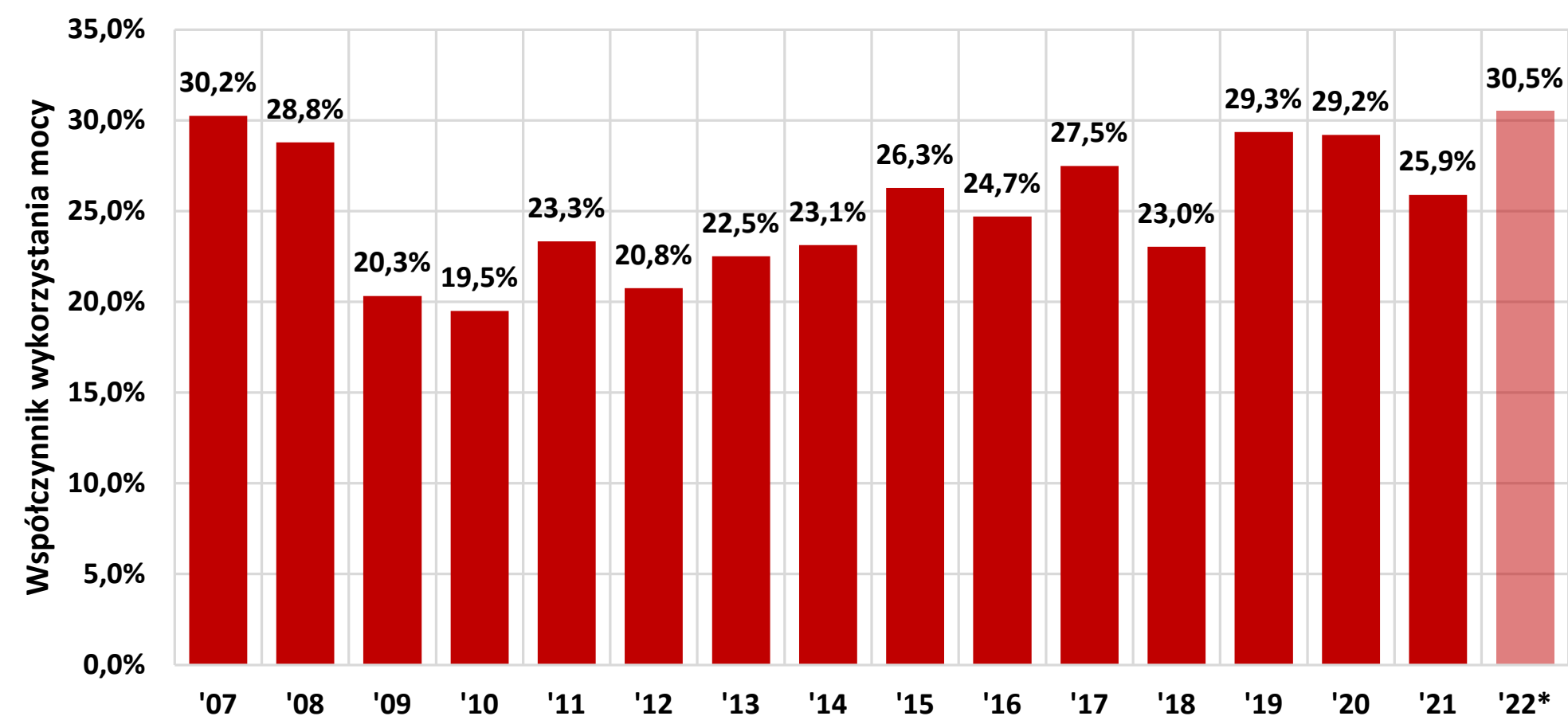
Moc osiągalna LEW w Polsce (stan na grudzień danego roku; dla roku 2022 stan na luty)



Produkcja z LEW w Polsce (stan na grudzień danego roku; dla roku 2022 stan na marzec)



Średnioroczne współczynniki wykorzystania mocy (capacity factors)



Po okresie wzrostu w latach 2007-2016 (średnio 47% rocznie), od roku 2017 rozwój LEW w Polsce zatrzymał się.

Główną przyczyną jest tzw. zasada 10h, która w praktyce zakazuje budowy LEW na ok. 99% powierzchni Polski*.

Od maja 2021 roku trwa proces legislacyjny mający na celu liberalizację zasady 10h, co powinno stworzyć zachętę do wzrostu mocy LEW w Polsce.

*www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/me-planuje-zniesc-zasade-10H-dla-inwestycji-wiatrowych-6241.html

LEW a ceny EE na rynku spot: czynniki fundamentalne

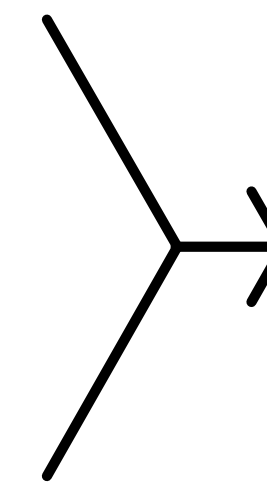
	WB	WB	WK	WK	Gaz	LEW
Sprawność netto [%]	42,0%	38,0%	45,5%	39,0%	58,0%	[-]
EUA [EUR/Mg]	53	53	53	53	53	[-]
EURPLN	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	[-]
Emisyjność paliwa [kg/GJ]	107,15	107,15	93,63	93,63	55,41	[-]
Emisyjność produkcji EE netto [Mg CO2/MWh]	0,918	1,015	0,741	0,864	0,344	[-]
Cena paliwa*	8,5	8,5	11,2	11,2	125	[-]
Koszt paliwa [zł/MWh]	72,9	80,5	88,6	103,4	215,5	[-]
Koszt emisji [zł/MWh]	219,0	242,1	176,7	206,1	82,0	[-]
Pozapaliwowe koszty zmienne** [zł/MWh]	15,3	15,3	14,4	14,4	8,1	[-]
Koszt wytwarzania *** razem [zł/MWh]	307	338	280	324	306	241

*Dla WB oraz WK cena w PLN/GJ, dla gazu ziemnego w PLN/MWh.
 **Obliczenia własne na podstawie danych z Polityki Energetycznej Polski 2040.
 ***Dla WB, WK oraz gazu ziemnego koszt wytwarzania to koszt zmienny (paliwo, Co2, pozapaliwowe koszty zmienne); dla LEW przyjęto koszt LCOE.

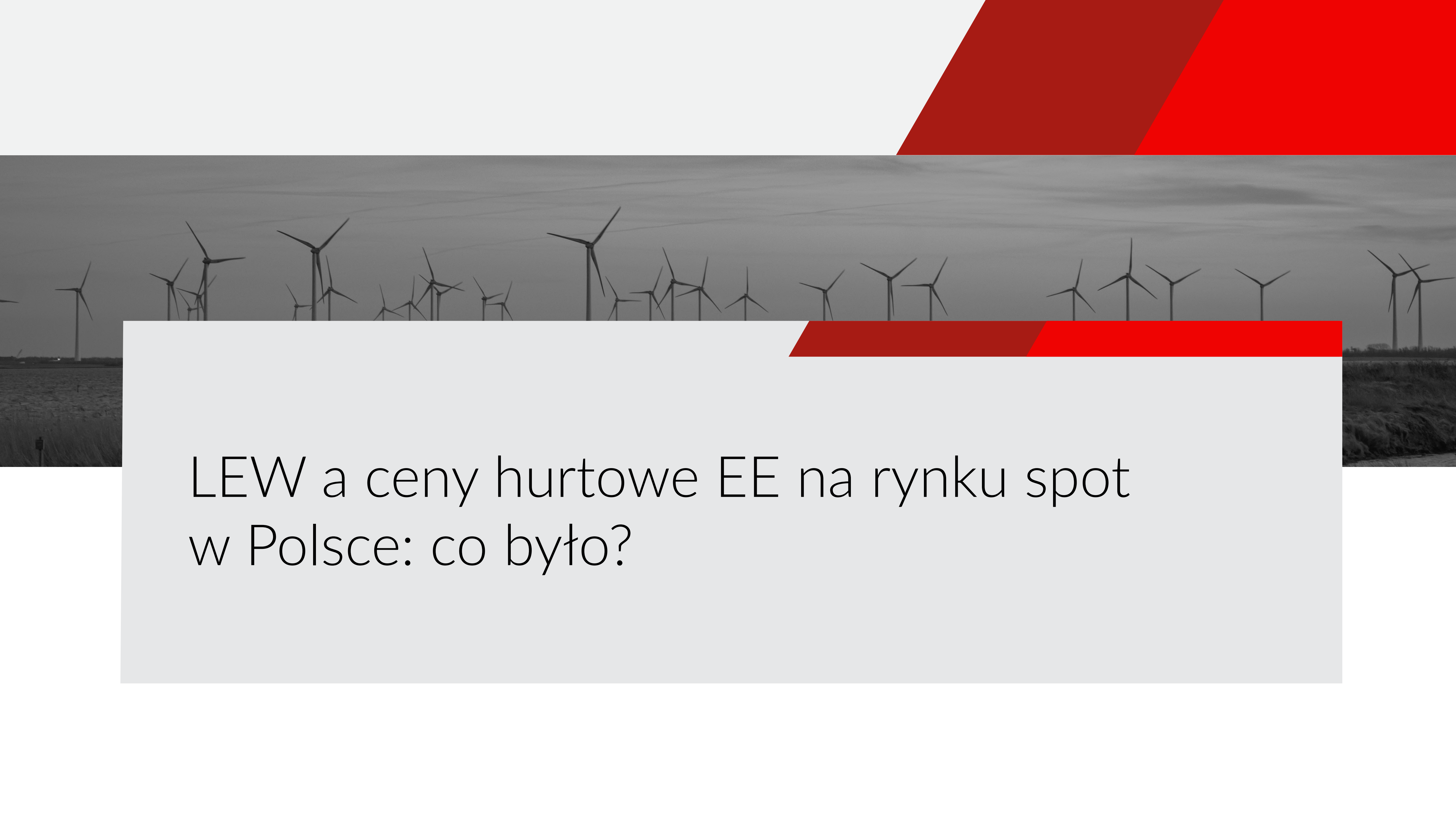
Źródło: Instytut Jagielloński, Diagnoza obecnej sytuacji i potencjału krajowego łańcucha dostaw dla lądowej energetyki wiatrowej w Polsce oraz rekomendacje na rzecz optymalizacji jego rozwoju

LEW cechuje się niższym kosztem łącznym (LCOE) wytwarzania energii elektrycznej niż koszty zmienne (paliwo, CO2, pozapaliwowe koszty zmienne) w stosowanych w Polsce technologie ciepłne (węgiel brunatny, węgiel kamienny, gaz ziemny).

Głównymi przyczynami różnic w kosztach wytwarzania jest z jednej strony systematyczny spadek kosztów kapitałowych (capex) związanych z inwestycją w LEW, a z drugiej strony silne wzrosty cen EUA (od grudnia 2020 roku) oraz cen węgla kamiennego i gazu ziemnego (od maja 2021 roku).



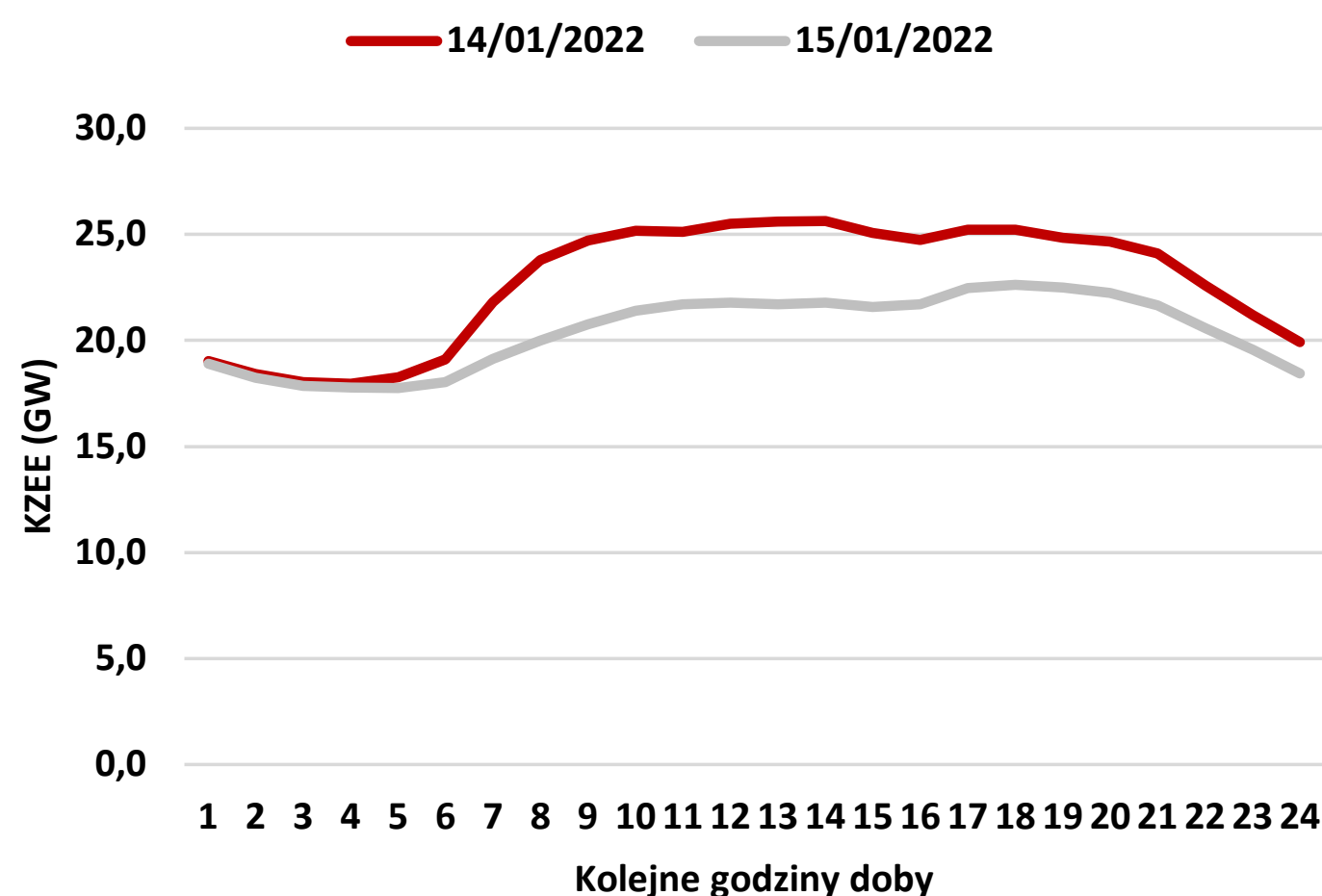
Czynniki te sprawiają, że w ujęciu koncepcyjnego merit order, LEW posiada potencjał obniżania cen EE na rynku spot jako technologia produkcji EE tańsza niż technologie ciepłne.



LEW a ceny hurtowe EE na rynku spot
w Polsce: co było?

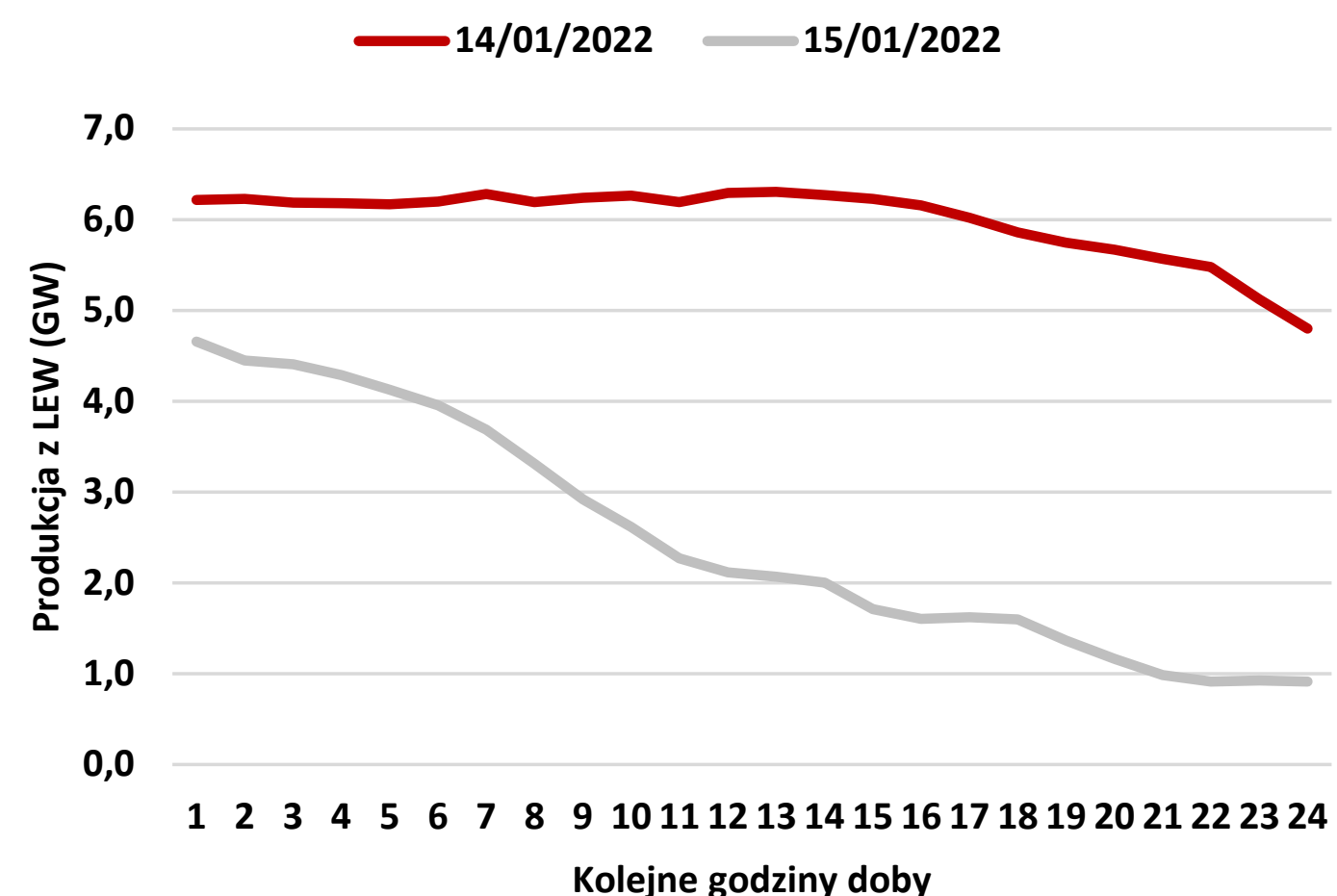
LEW a ceny EE w praktyce (ilustracja na przykładzie danych godzinowych)

KZEE



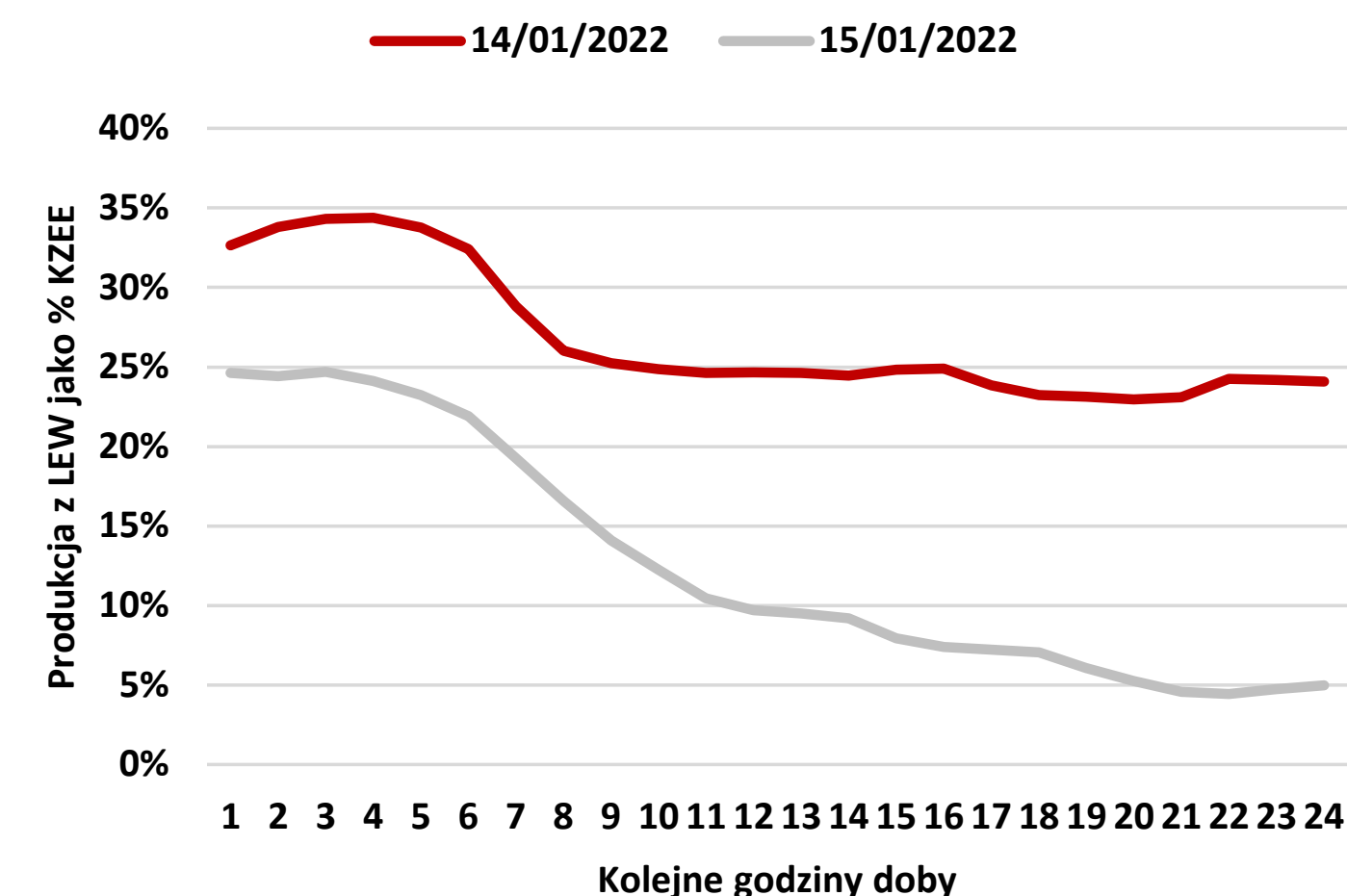
14 stycznia 2022 roku cechował się wyższym poziomem KZEE niż dzień kolejny (15 stycznia 2022).

Produkcja z LEW



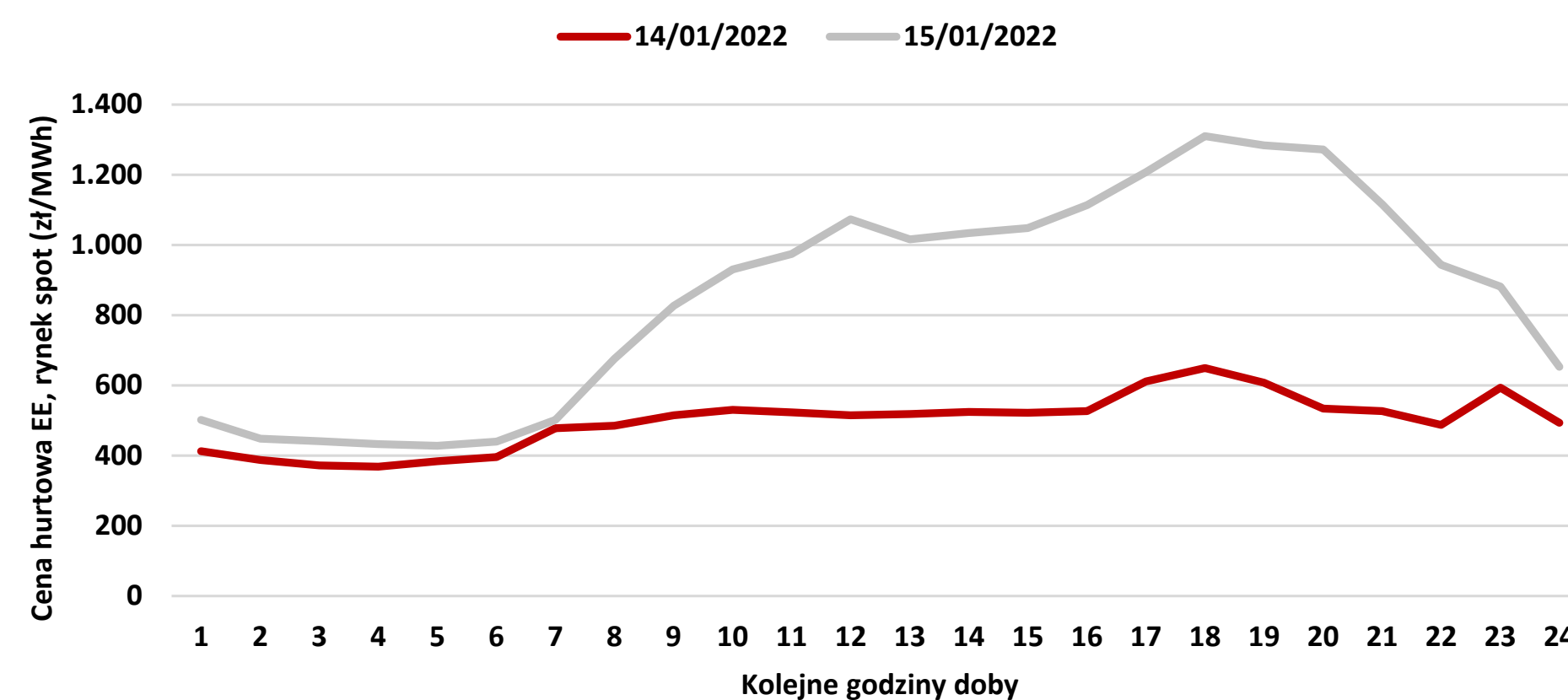
Jednocześnie, 14 stycznia poziom produkcji z LEW był zauważalnie wyższy...

Produkcja z LEW jako % KZEE



...co przełożyło się na wyższy % pokrycia KZEE...

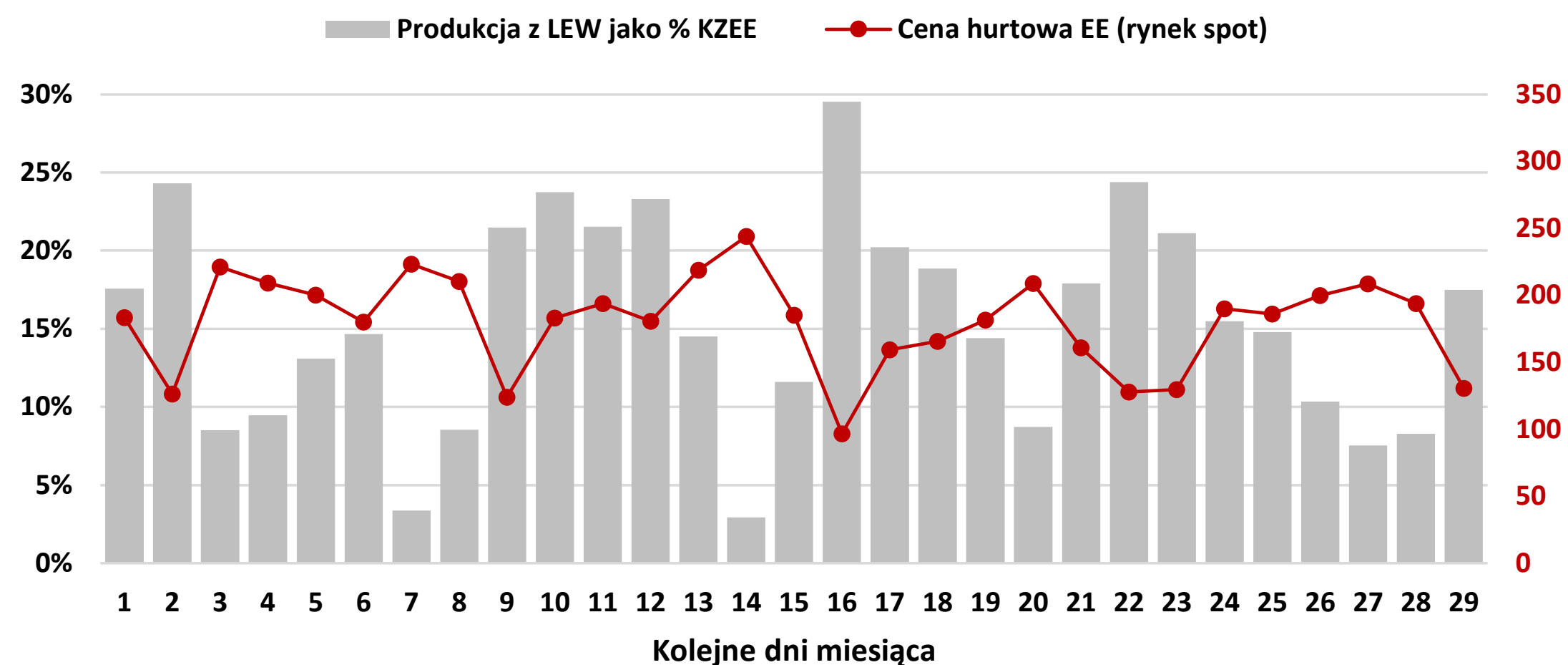
Ceny hurtowe EE (rynek spot)



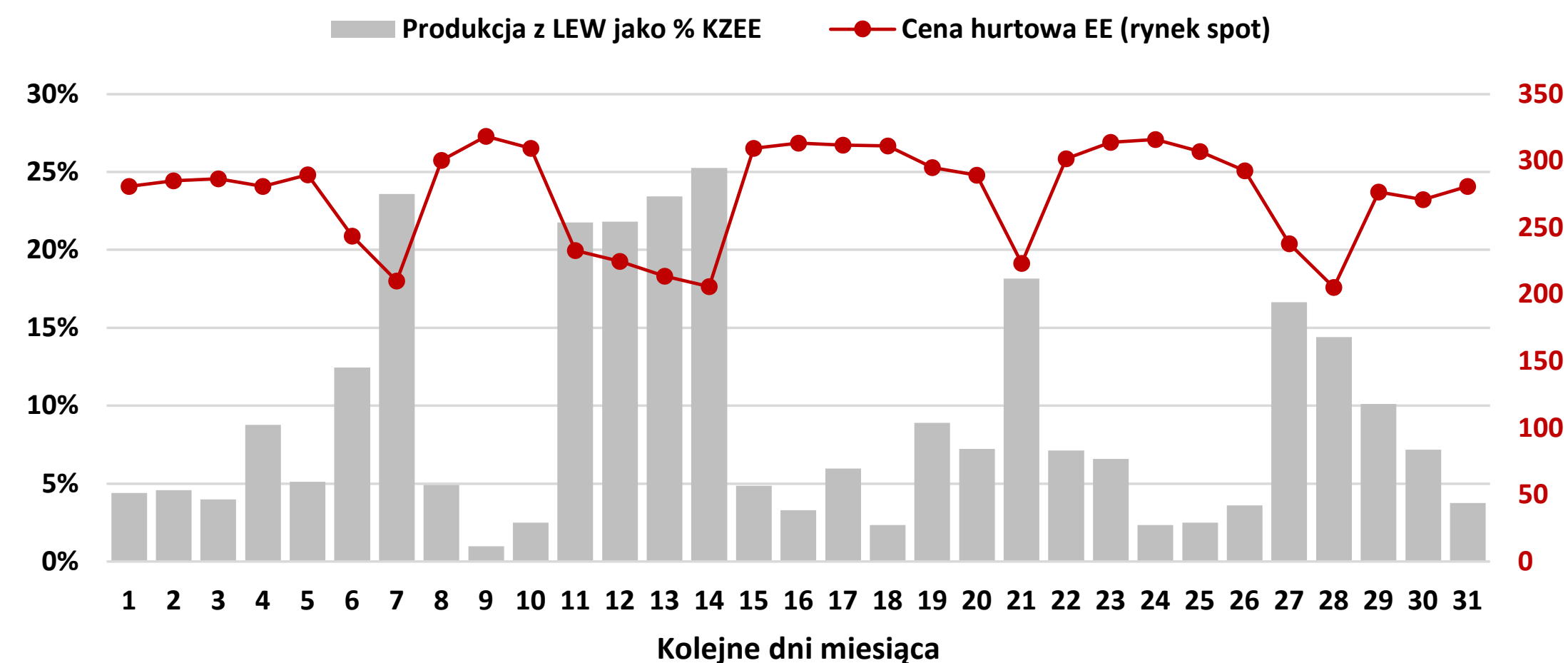
...a ostatecznie na niższe poziomy cen EE w dniu 14 stycznia (pomimo wyższego KZEE).

LEW a ceny EE w praktyce (wartości średnie dzienne)

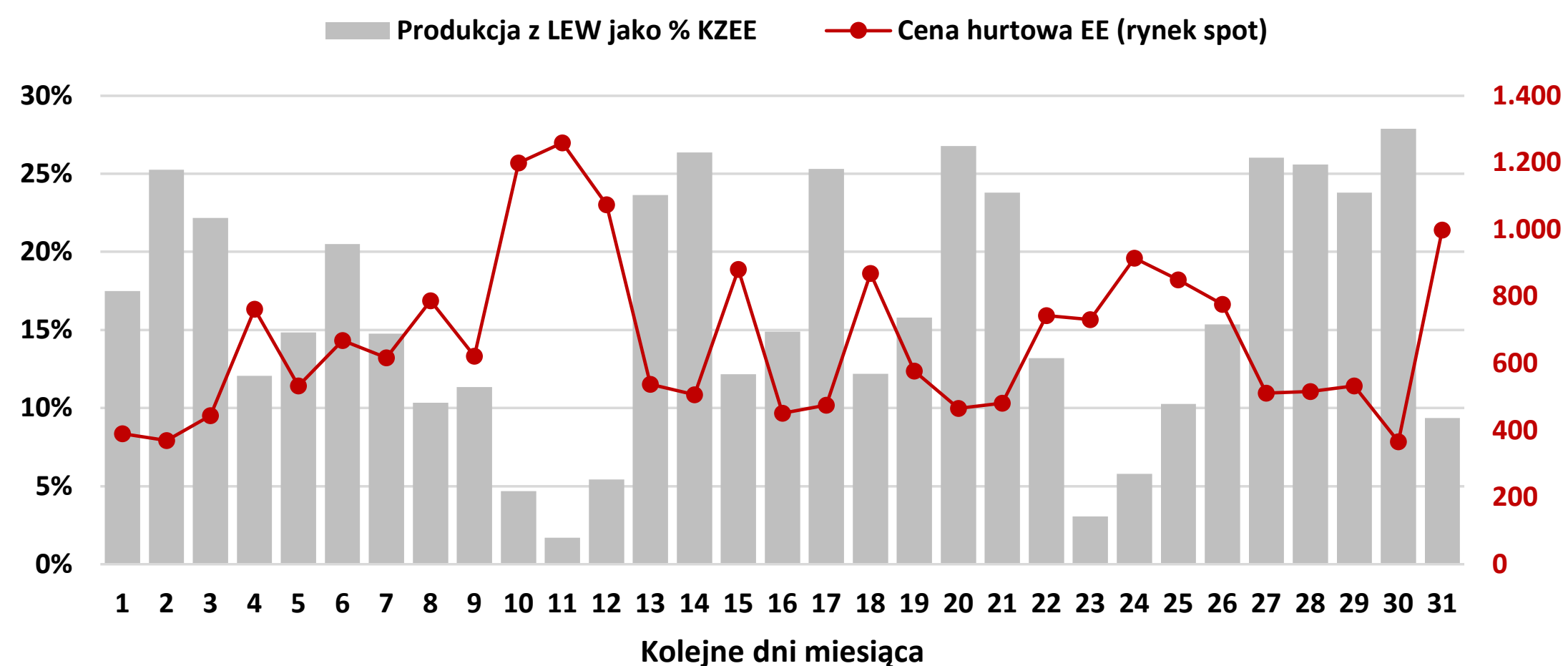
Luty 2020 (wartości średnie dzienne)



Marzec 2021 (wartości średnie dzienne)



Styczeń 2022 (wartości średnie dzienne)

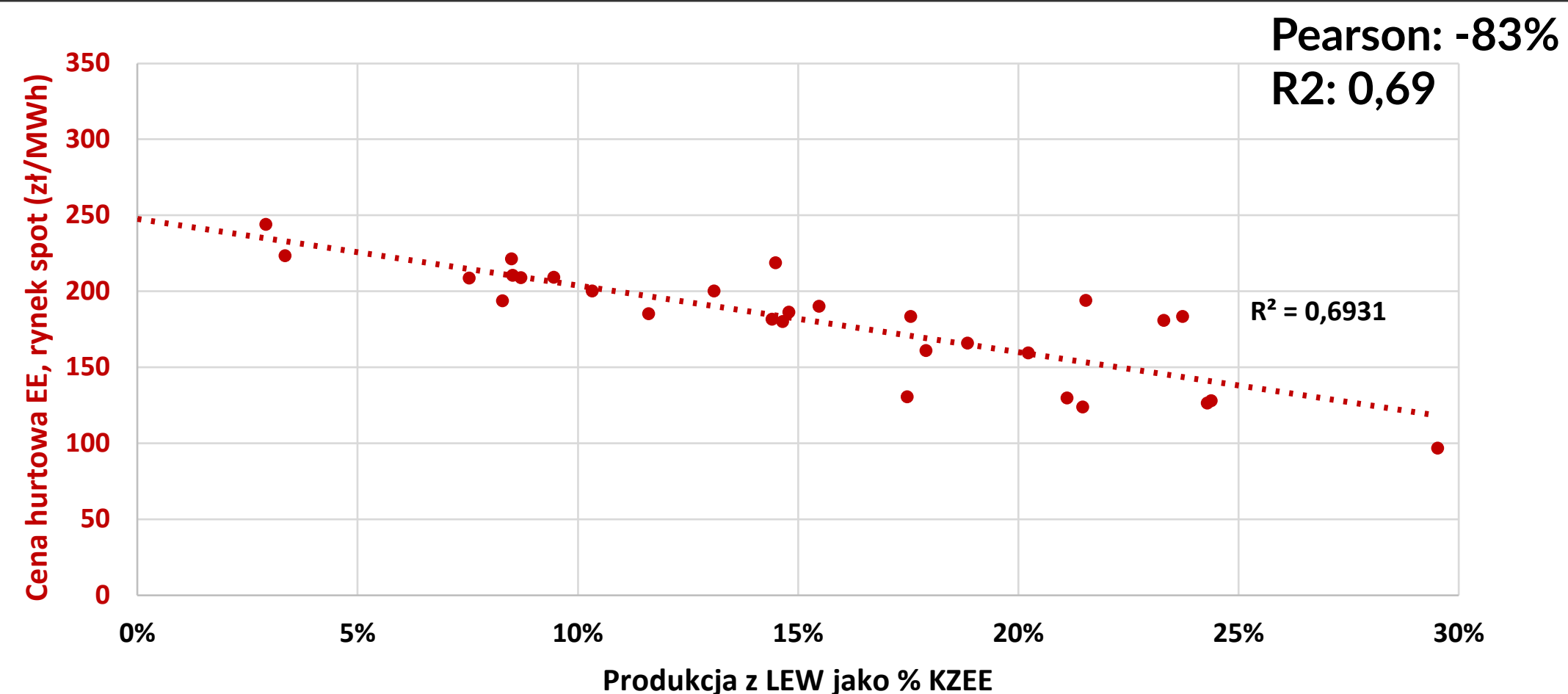


Dane empiryczne pozwalają zaobserwować tendencję spadkową cen hurtowych EE na rynku spot wraz ze wzrostem udziału produkcji z LEW w pokryciu KZEE.

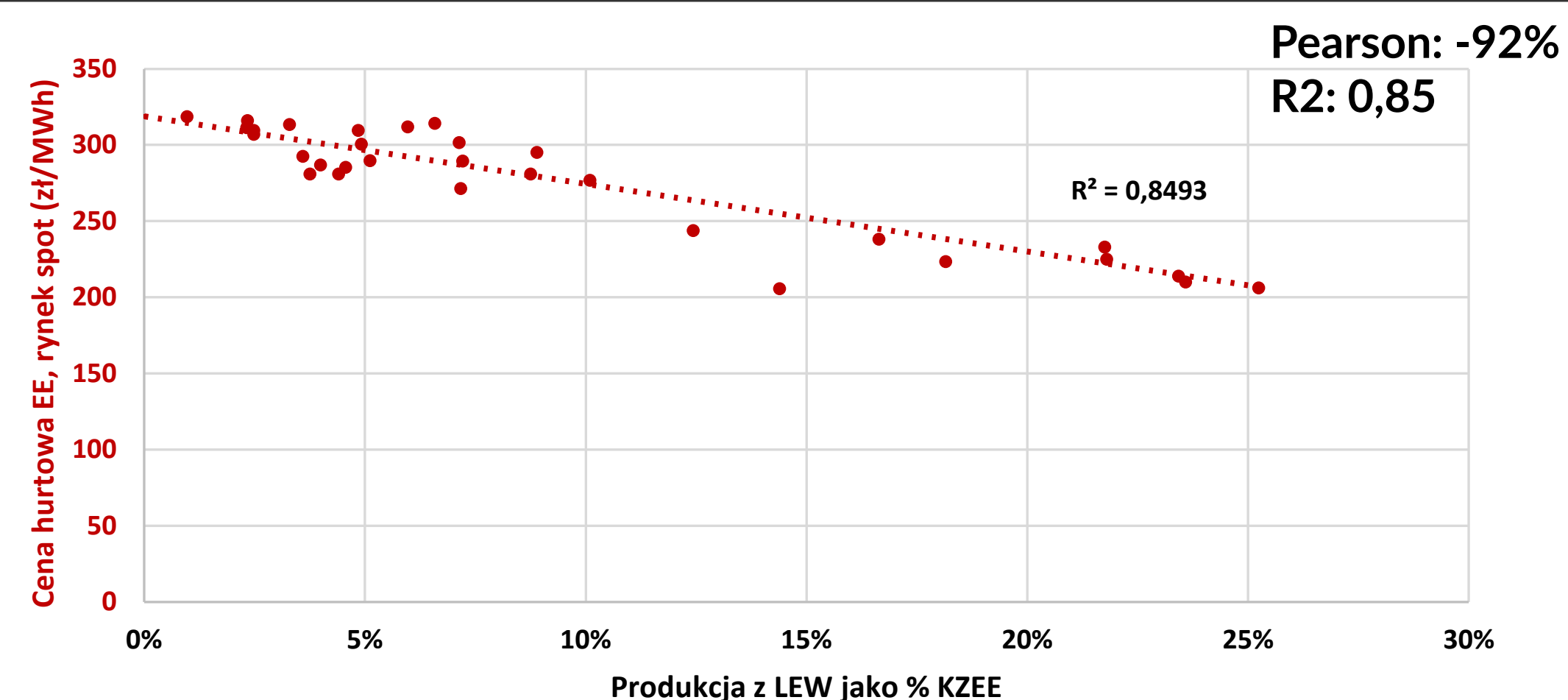
Powyższą zależność najlepiej ilustrują dane o granulacji dziennej, tj. dni o wyższej wietrzności cechują się niższym poziomem ceny niż dni o niższej wietrzności.

LEW a ceny EE w praktyce i statystyce (wartości średnie dzienne)

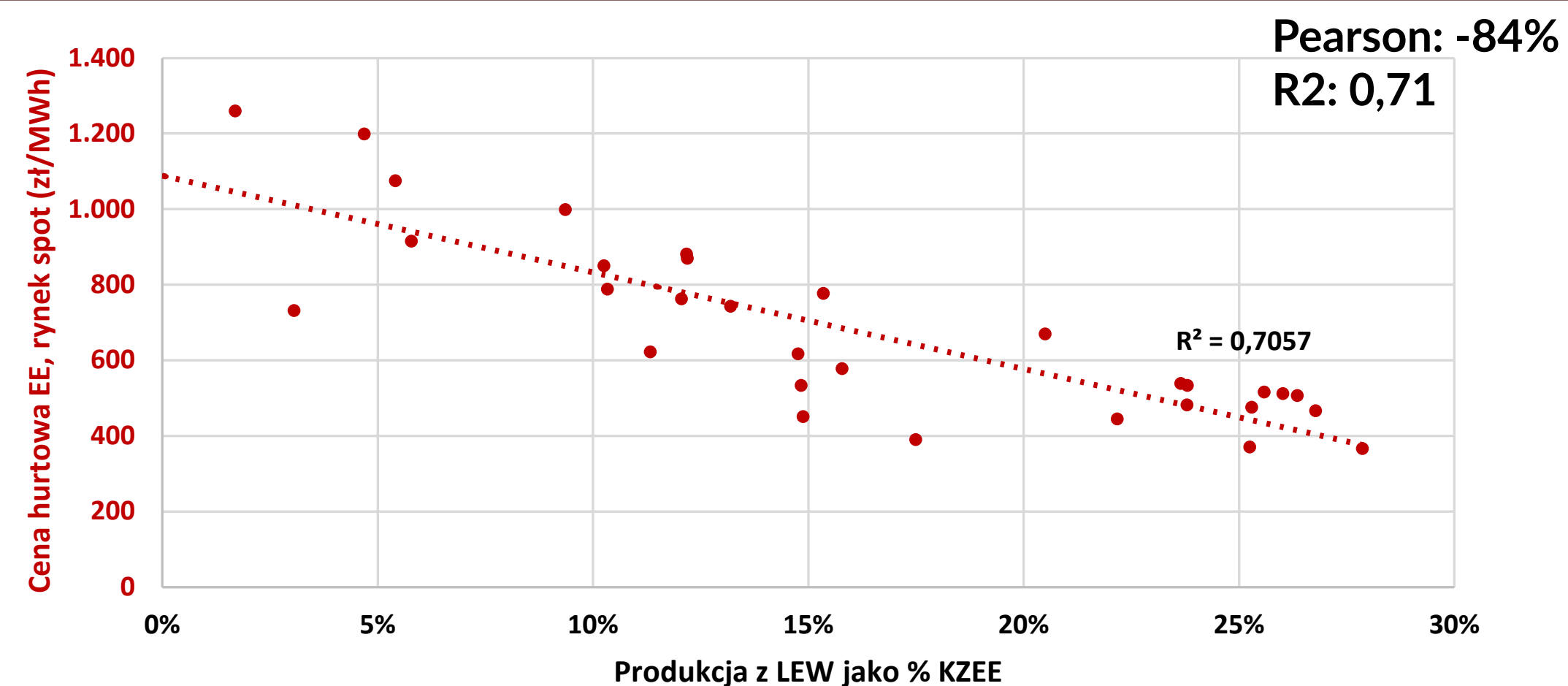
Luty 2020 (wartości średnie dzienne)



Marzec 2021 (wartości średnie dzienne)



Styczeń 2022 (wartości średnie dzienne)



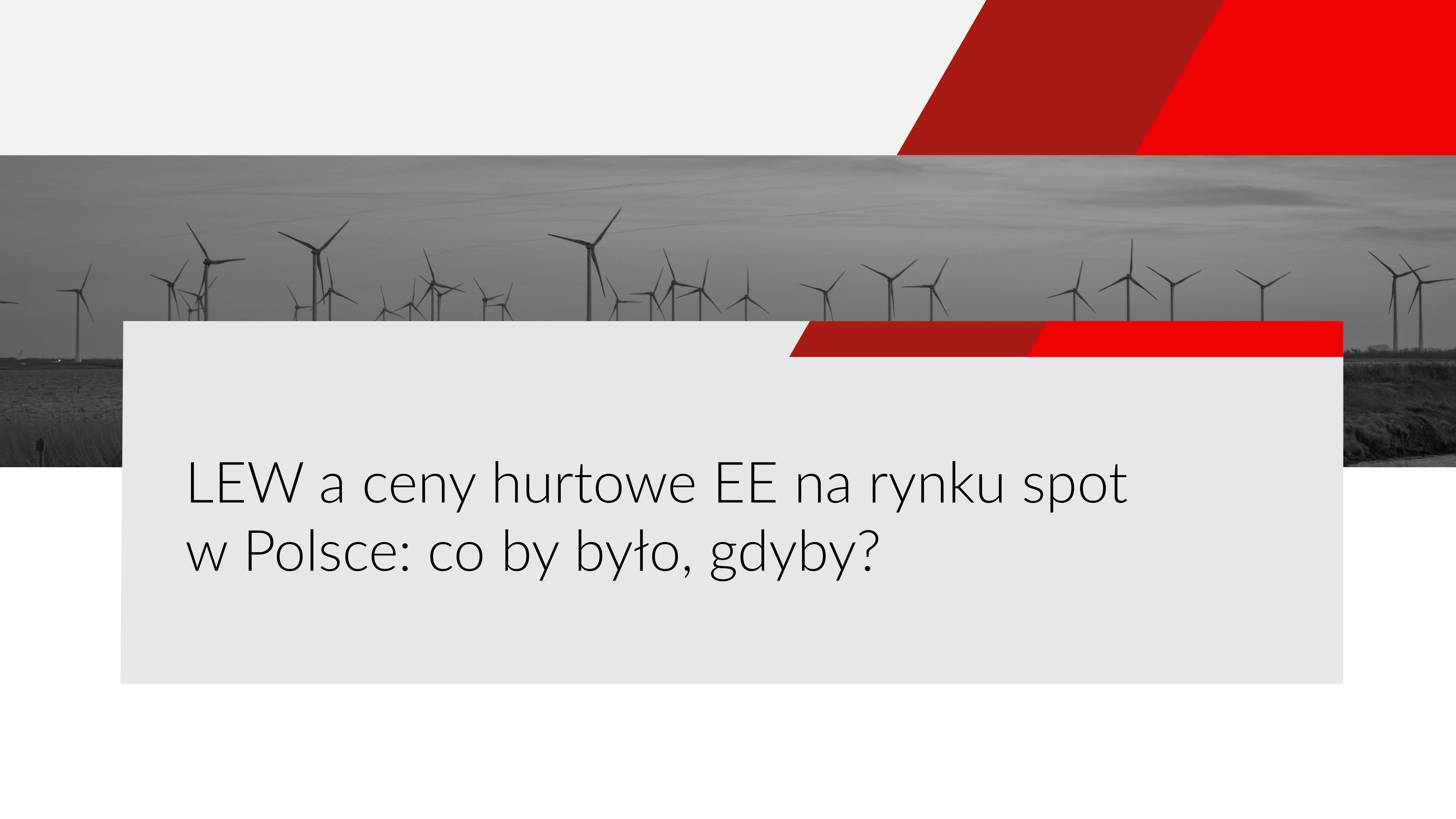
Produkcja z LEW jako % KZEE a poziom cen hurtowych spot: korelacja na przestrzeni miesięcy

Rok	Sty	Lut	Mar	Kwi	Maj	Cze	Lip	Sie	Wrz	Paź	Lis	Gru	Sila korelacji
2020	-52%	-83%	-53%	-76%	-66%	-36%	-56%	-11%	-50%	-71%	-66%	-72%	Słaba
2021	-12%	-82%	-92%	-66%	-68%	-59%	-66%	-25%	-41%	-79%	-76%	-80%	Umiarkowana
2022	-84%	-82%	-71%										Silna

Legenda korelacji:
Słaba (ciemnoniebieski)
Umiarkowana (ciemnozielony)
Silna (niebieski)
Bardzo silna (żółty)

Dane za poszczególne miesiące roku 2020, 2021 oraz 2021 wskazują na istnienie ujemnej* korelacji (o stopniu umiarkowanym do bardzo silnego) pomiędzy udziałem produkcji z LEW w pokryciu KZEE a poziomem cen spot.

*Ujemna korelacja oznacza w tym przypadku spadek ceny EE wraz ze wzrostem udziału produkcji EE z LEW.



LEW a ceny hurtowe EE na rynku spot
w Polsce: co by było, gdyby?

Symulacja wpływu LEW na ceny spot: cel

Cel symulacji:

- Celem symulacji była kwantyfikacja wpływu LEW na poziom cen hurtowych EE na rynku spot w Polsce dla następujących wariantów mocy zainstalowanej LEW w Polsce:
 - Wariant LEW 0 GW zakładający, że moc zainstalowana LEW za 2021 rok w Polsce to 0 GW (0% wartości rzeczywistej z grudnia 2021 r.)
 - Wariant LEW 3,5 GW zakładający, że moc zainstalowana LEW za 2021 rok w Polsce to 3,5 GW (50% wartości rzeczywistej z grudnia 2021 r.)
 - Wariant LEW 10,5 GW zakładający, że moc zainstalowana LEW za 2021 rok w Polsce to 10,5 GW (150% wartości rzeczywistej z grudnia 2021 r.)
 - Wariant LEW 14 GW zakładający, że moc zainstalowana LEW za 2021 rok w Polsce to 14 GW (200% wartości rzeczywistej z grudnia 2021 r.)
- Ceny uzyskane z symulacji dla powyższych wariantów porównano z symulowanym wariantem referencyjnym dla roku 2021 (tj. LEW 7 GW), który zakłada, że moc zainstalowana LEW w Polsce to 7 GW (wartość rzeczywista z grudnia 2021 r.)
 - Przed wykonaniem symulacji dla wariantów LEW 0 GW, LEW 3,5 GW, LEW 10,5 GW oraz LEW 14 GW dokonano kalibracji modelu dla wariantu LEW 7 GW do danych rzeczywistych za 2021 r.



Symulacja wpływu LEW na ceny spot: założenia

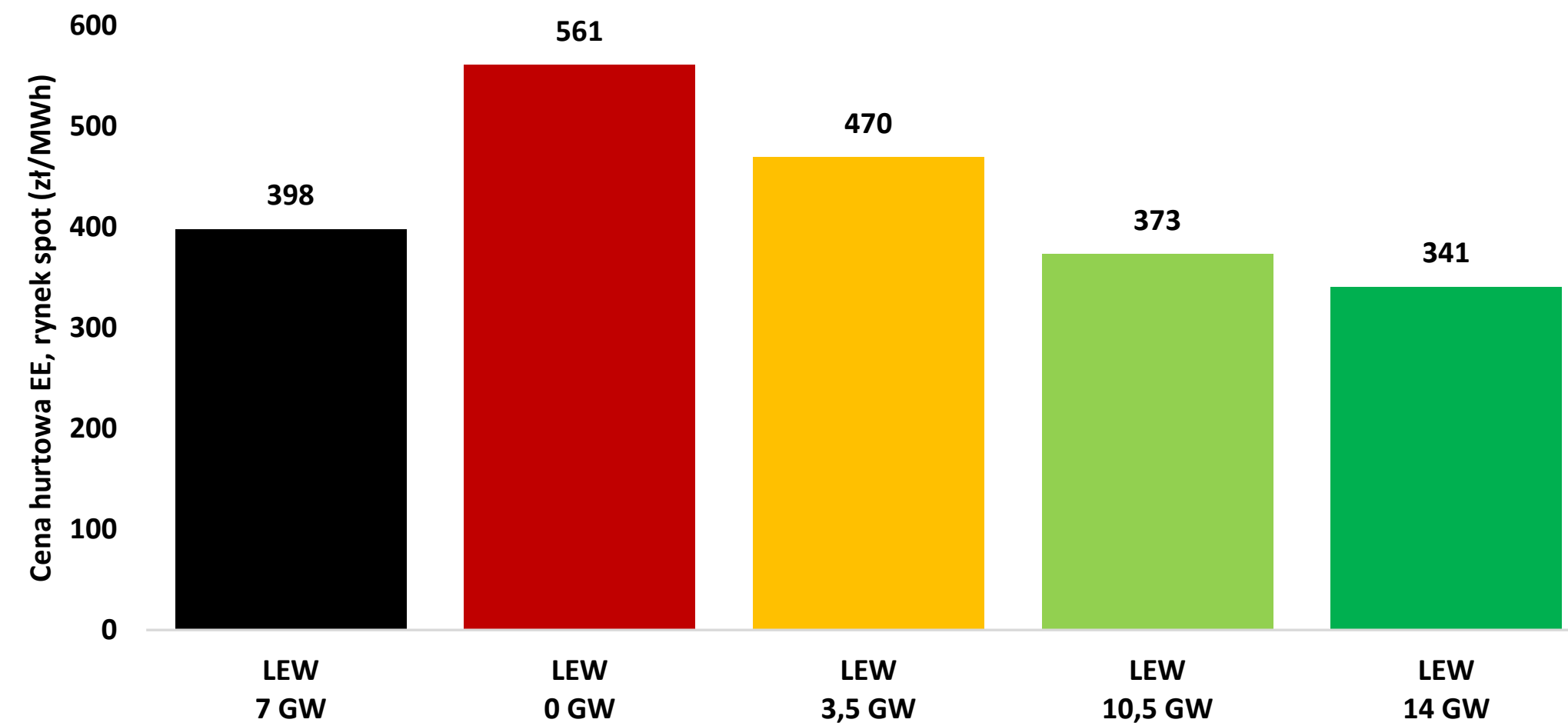
Założenia symulacji:

- KZEE według rzeczywistych danych godzinowych PSE za 2021 rok
- Generacja nJWCD ciepłych według rzeczywistych danych godzinowych PSE za 2021 rok
- Generacja PV według rzeczywistych danych godzinowych PSE za 2021 rok
- Generacja LEW zależy od przyjętego wariantu mocy zainstalowanej (patrz wcześniej)
- Ubytki mocy JWCD oraz wynikająca stąd moc dyspozycyjna JWCD według rzeczywistych danych PSE za 2021 rok
- Generacja JWCD, a tym samym wpływ JWCD na ceny spot EE, jest wynikiem symulacji zależnej od przyjętego wariantu mocy LEW w Polsce
- Średnioroczna cena węgla kamiennego: 11,4 zł/GJ (PSCMI_1)
- Średnioroczna cena gazu ziemnego: 197 zł/MWh
- Średnioroczna cena EUA: 53 EUR/Mg

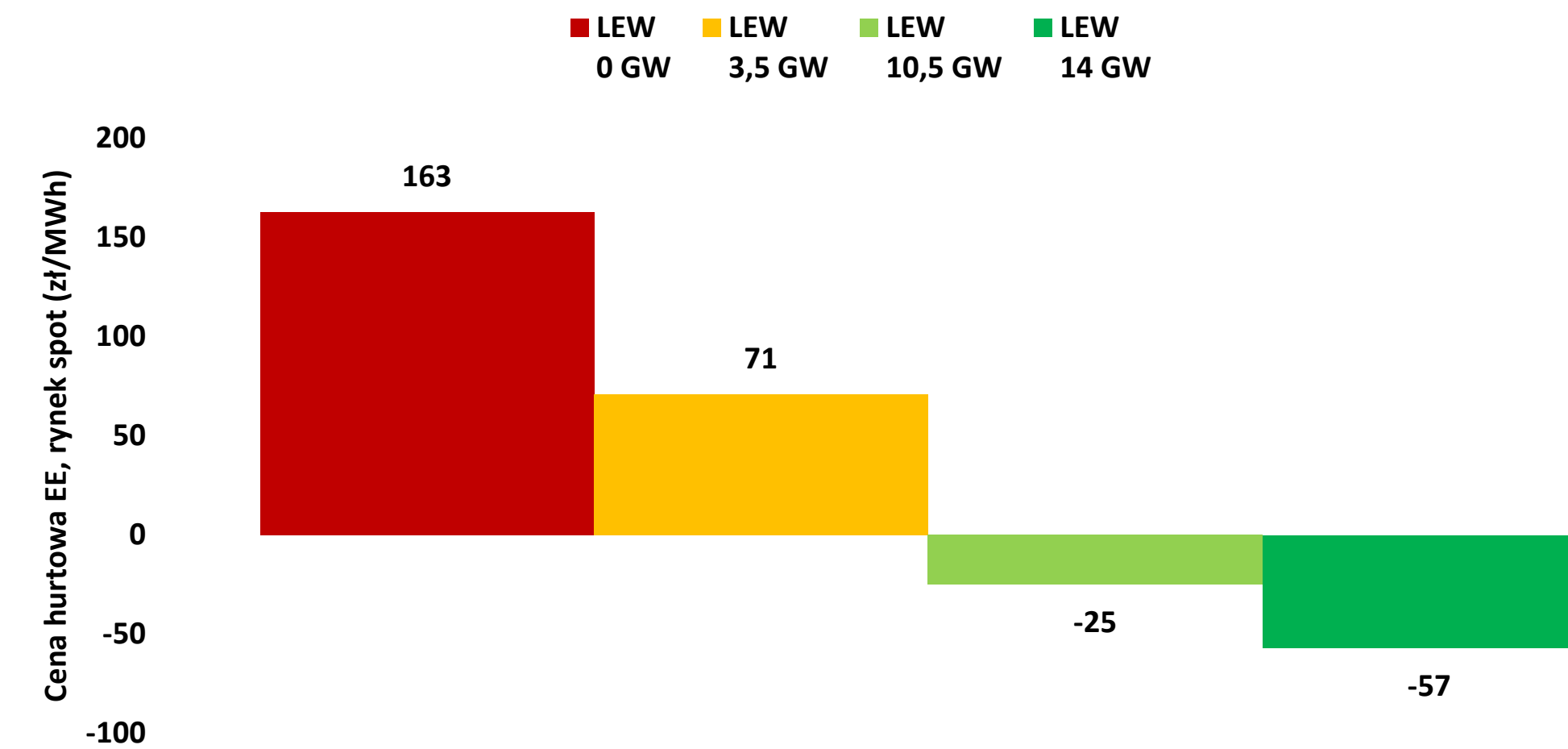


Symulacja wpływu LEW na ceny spot: wyniki dla roku 2021

Ceny średnioroczne (symulacja)



Ceny średnioroczne (różnica względem LEW 7 GW)

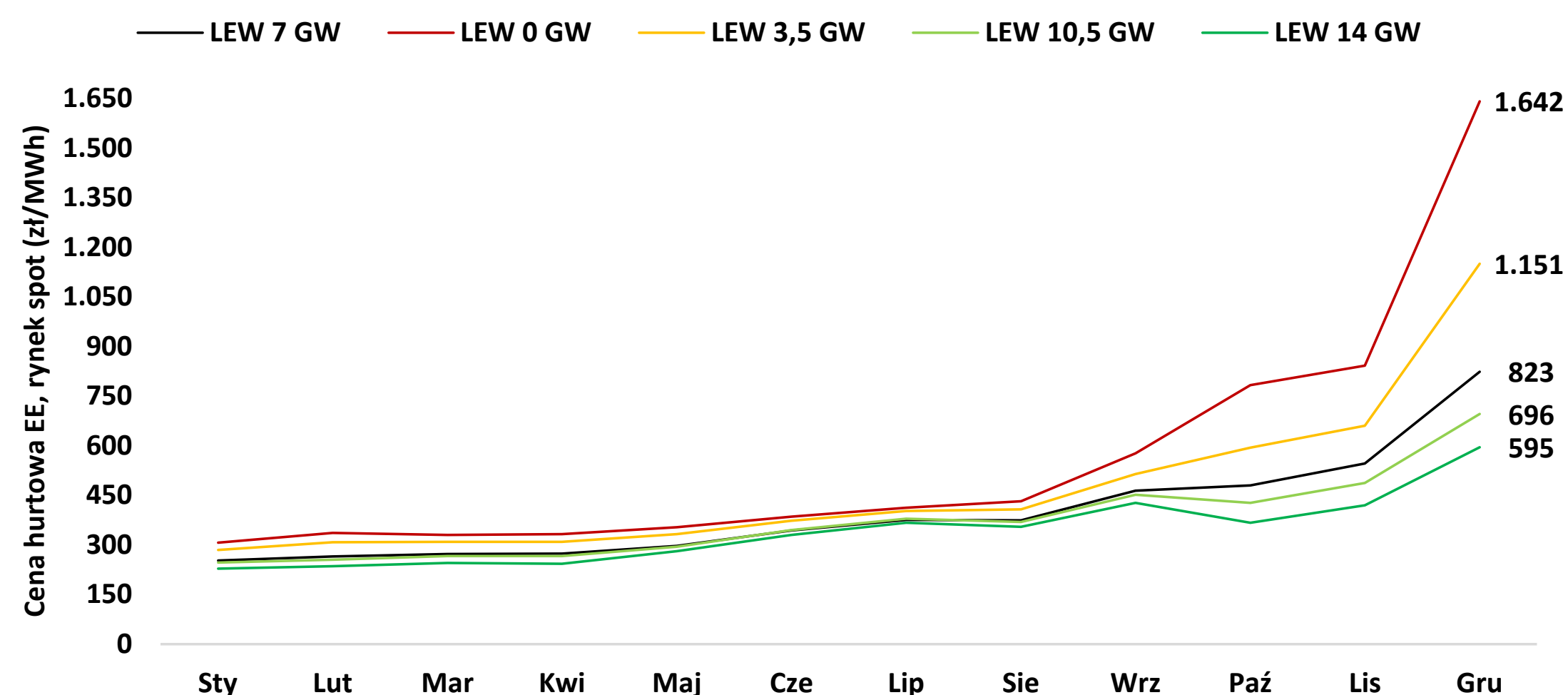


W wariantach o założonym niskim poziomie mocy LEW w Polsce (LEW 0 GW oraz LEW 3,5 GW), symulowany wzrost ceny średniorocznej za 2021 rok wyniósł odpowiednio 163 zł/MWh oraz 71 zł/MWh.

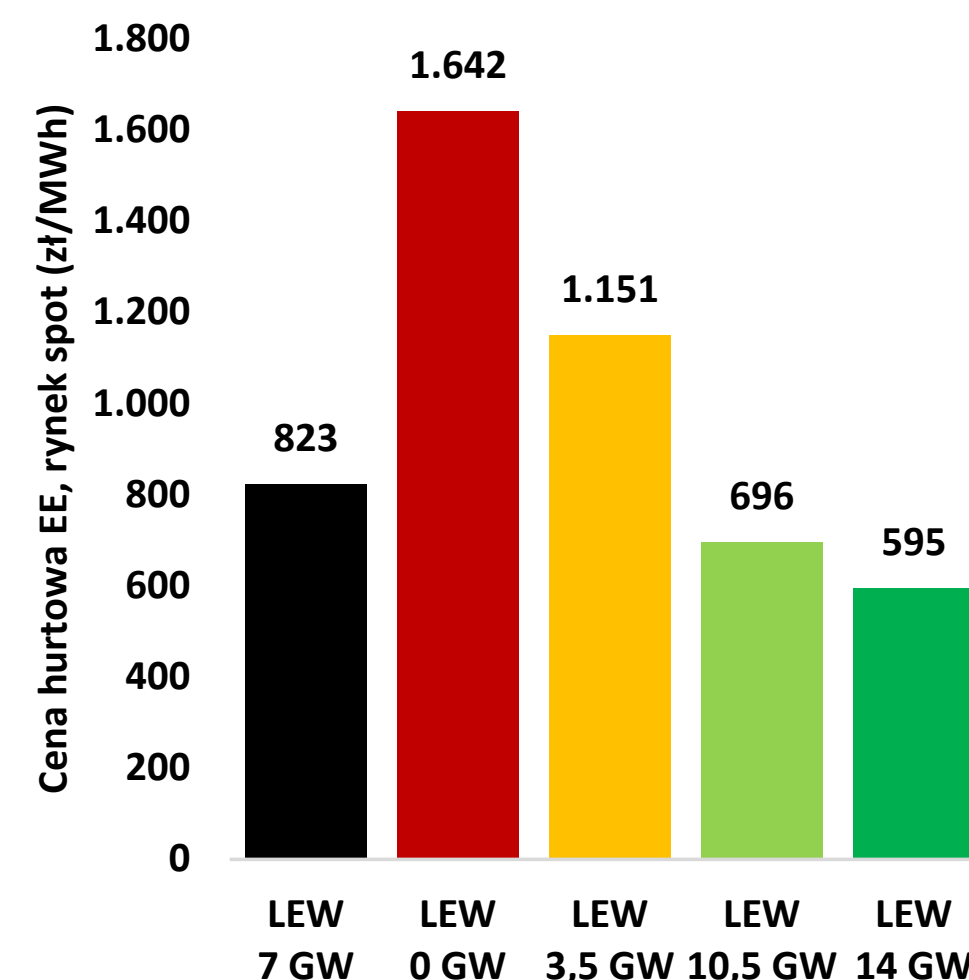
W wariantach o założonym wysokim poziomie mocy LEW w Polsce (LEW 10,5 GW oraz LEW 14 GW), symulowany spadek ceny średniorocznej za 2021 rok wyniósł odpowiednio 25 zł/MWh oraz 57 zł/MWh.

Symulacja wpływu LEW na ceny spot: wyniki dla grudnia 2021

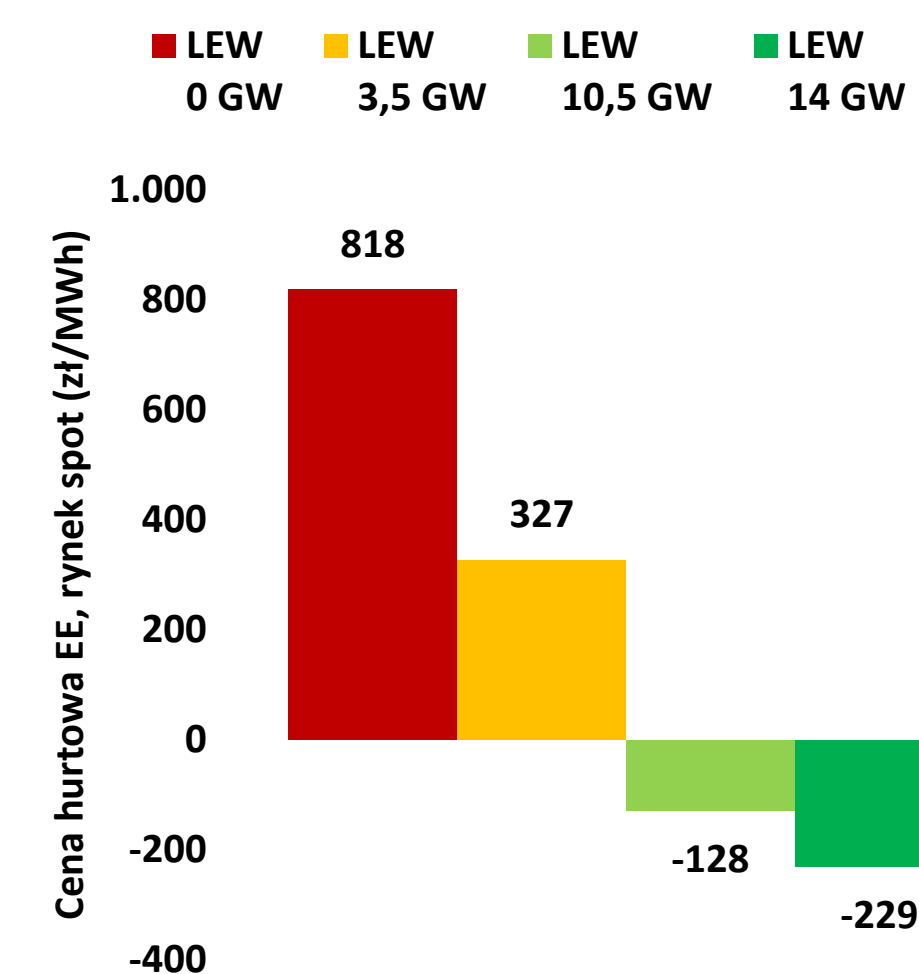
Ceny średniomiesięczne (symulacja)



Grudzień 2021 (symulacja)



Grudzień 2021 (różnica vs LEW 7 GW)



Produkcja z LEW jako % KZEE a poziom cen hurtowych spot: korelacja na przestrzeni miesięcy

Rok	Sty	Lut	Mar	Kwi	Maj	Cze	Lip	Sie	Wrz	Paź	Lis	Gru
2021	-12%	-82%	-92%	-66%	-68%	-59%	-66%	-25%	-41%	-79%	-76%	-80%

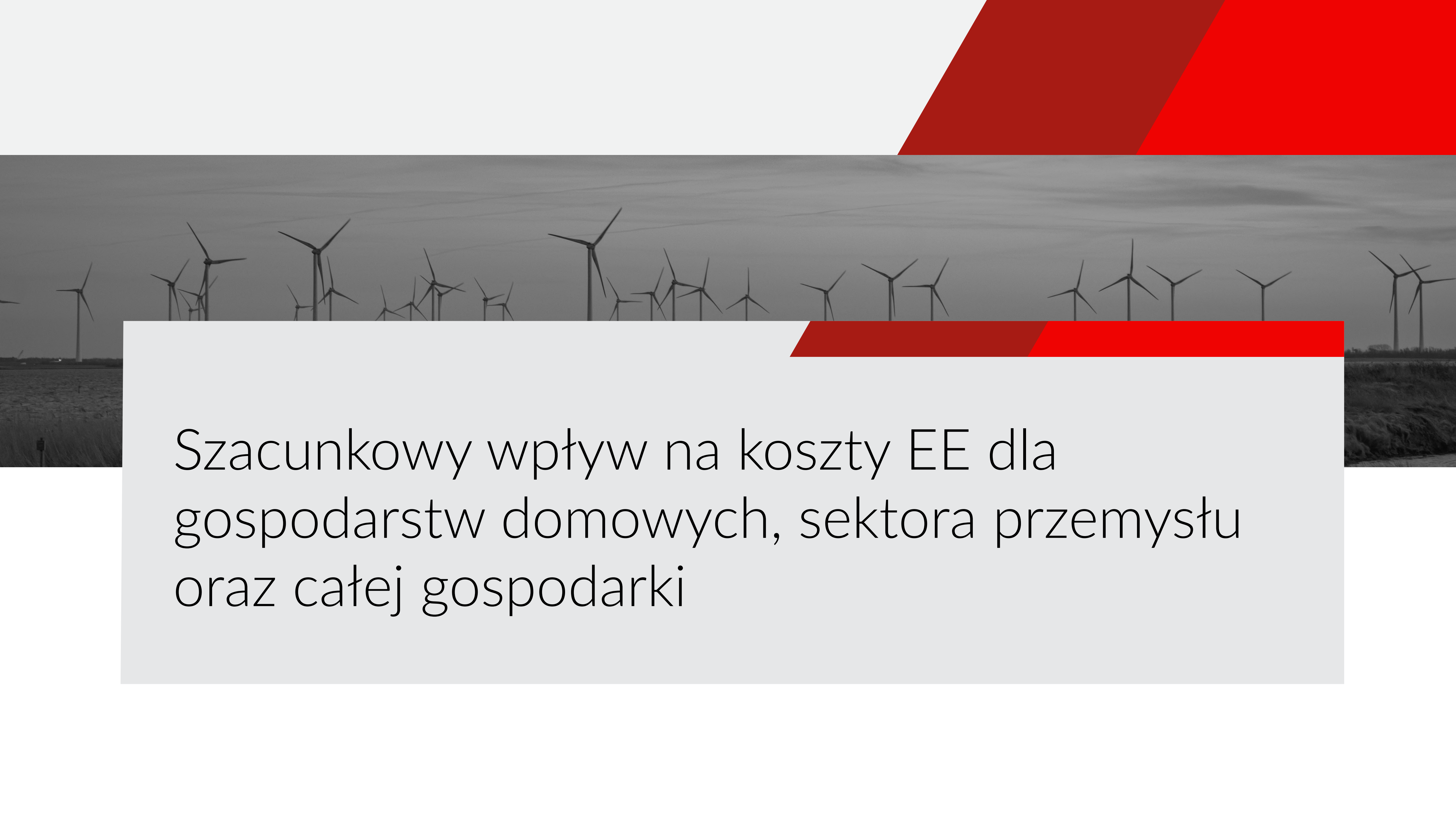
Siła korelacji	Słaba	Umiarkowana	Silna	Bardzo silna

Grudzień 2021 był miesiącem o najwyższych średnich cenach w skali 2021 roku.

Jednocześnie, w grudniu 2021 występowała silna korelacja pomiędzy udziałem produkcji z LEW a poziomem cen spot.

W ujęciu symulacyjnym powyższe przekłada się na:

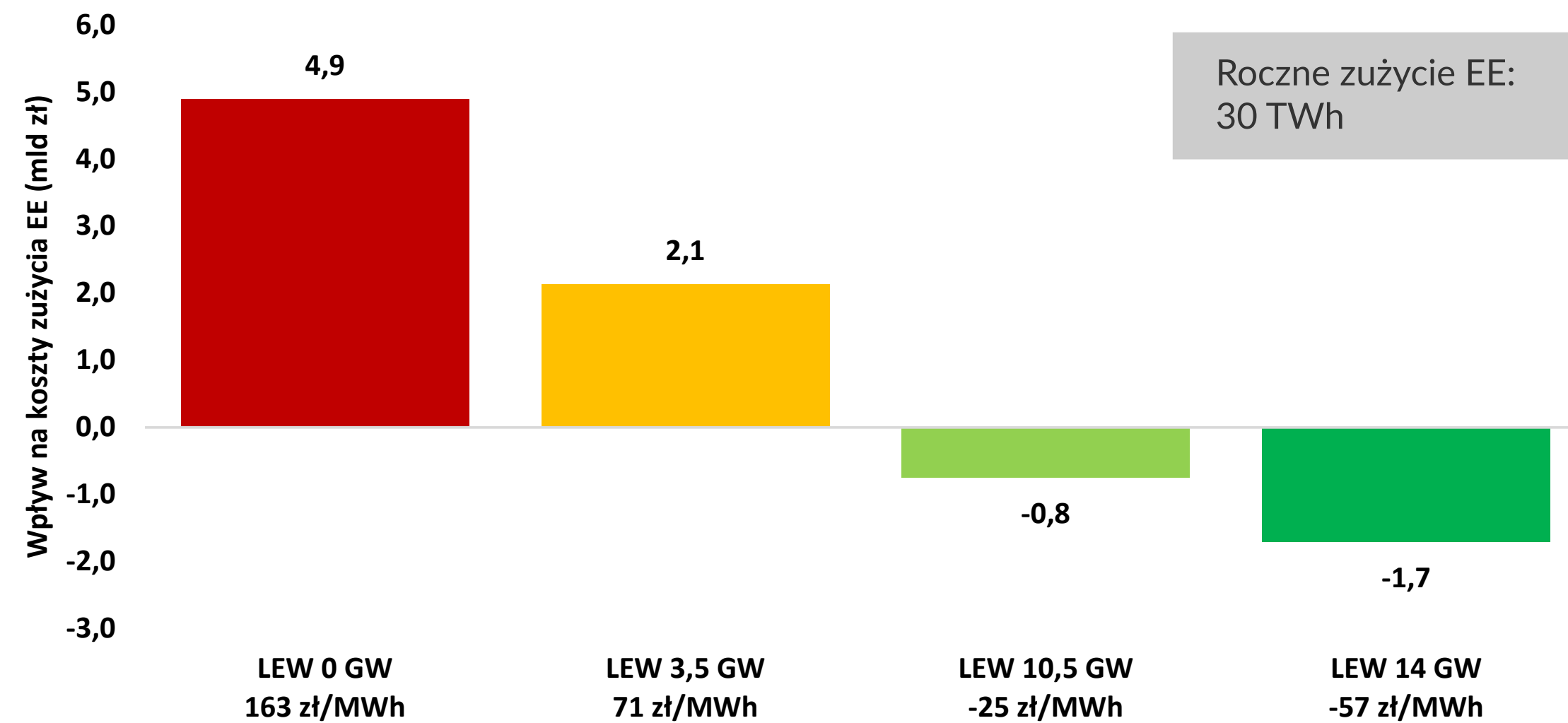
- silną presję na wzrost cen w przypadku wariantów o niskim udziale mocy LEW
- silną presję na spadek cen w przypadku wariantów o wysokim udziale mocy LEW.



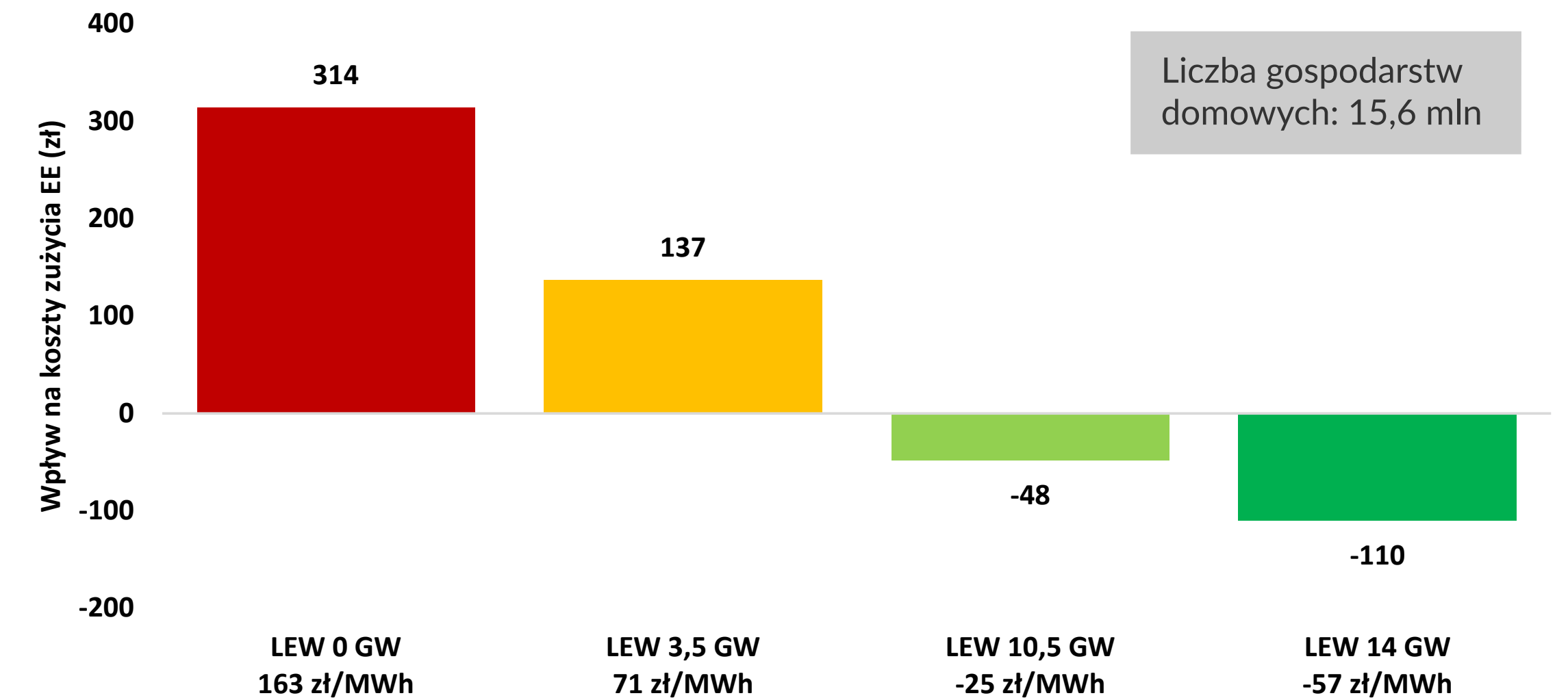
Szacunkowy wpływ na koszty EE dla gospodarstw domowych, sektora przemysłu oraz całej gospodarki

Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarstwach domowych

Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarstwach domowych (mld zł)

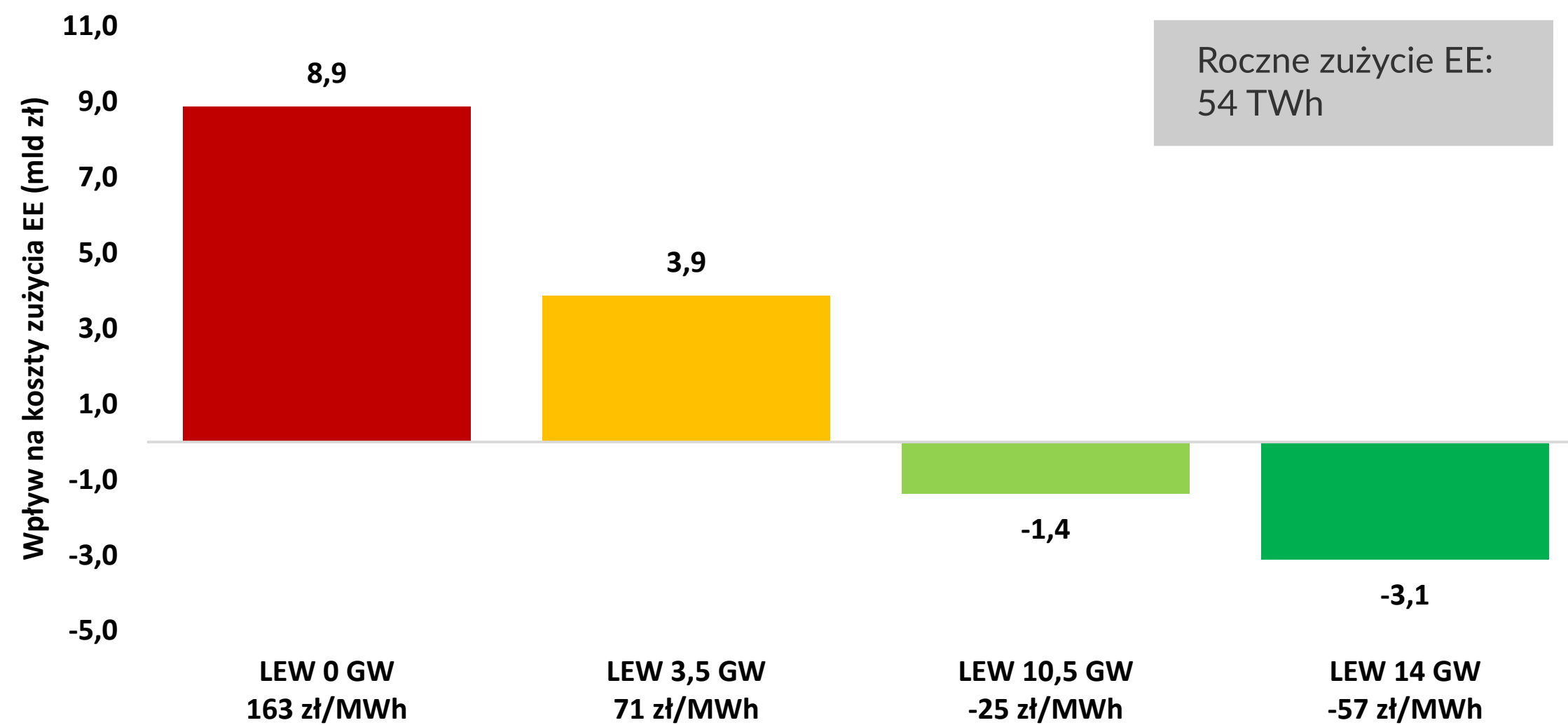


Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w statystycznym gospodarstwie domowym (zł)

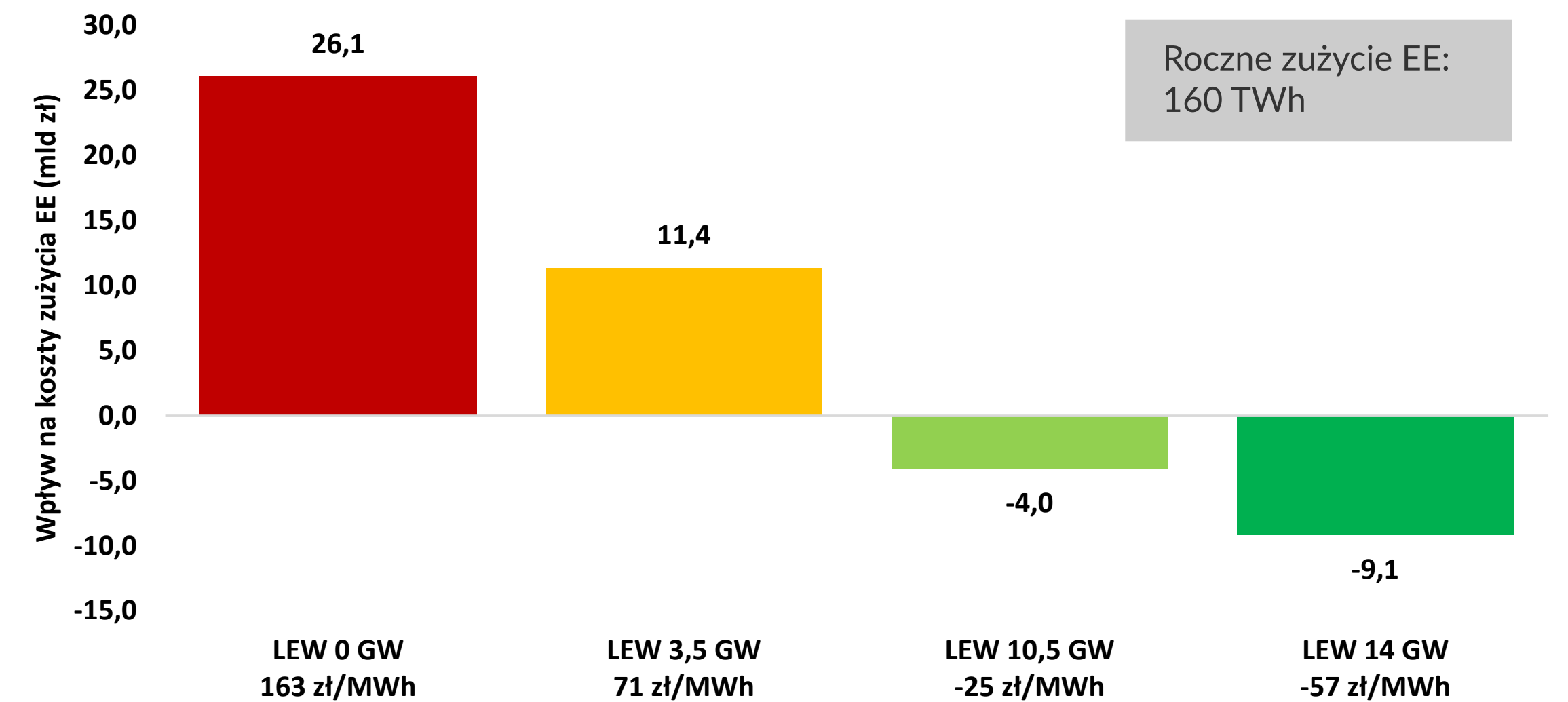



Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w przemyśle i całej gospodarce

Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w przemyśle (mld zł)



Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarce (mld zł)

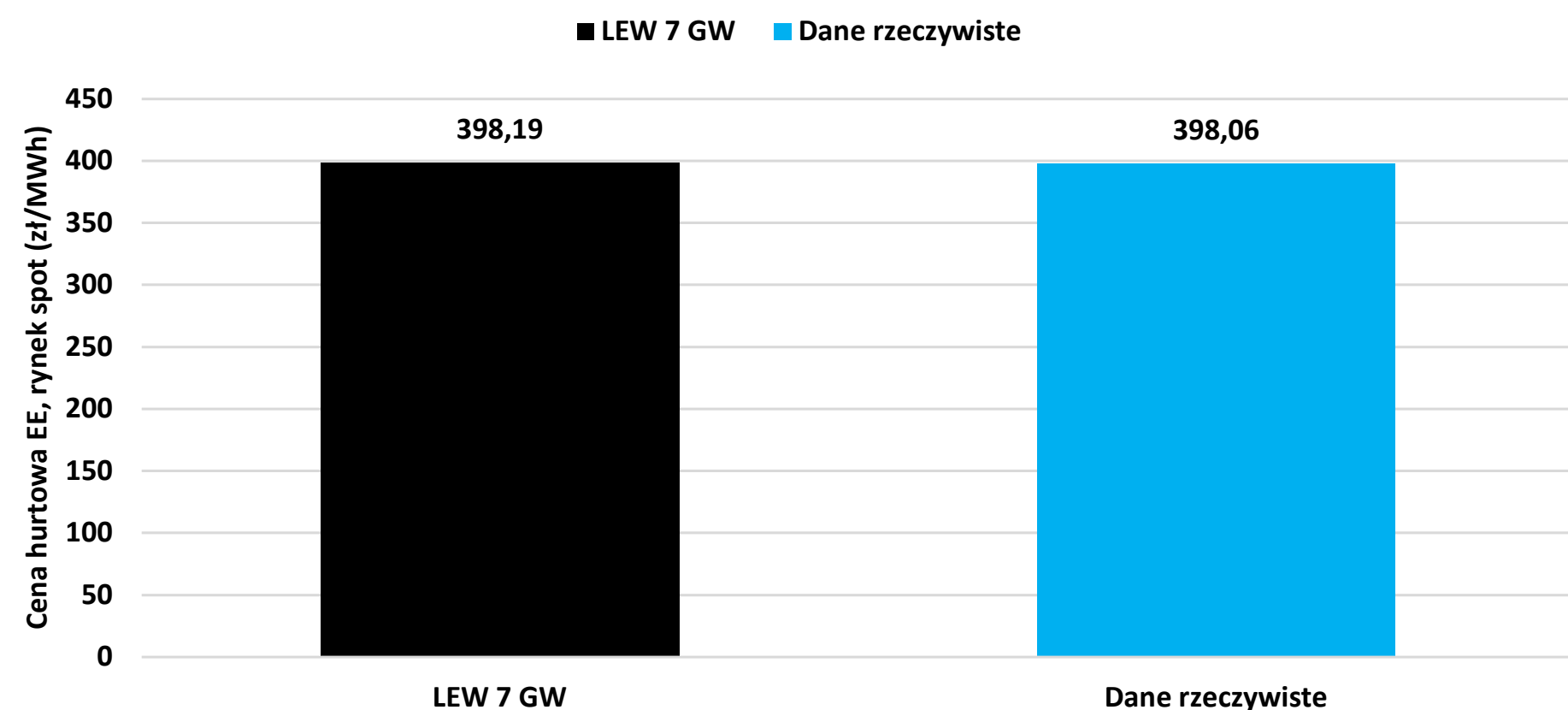




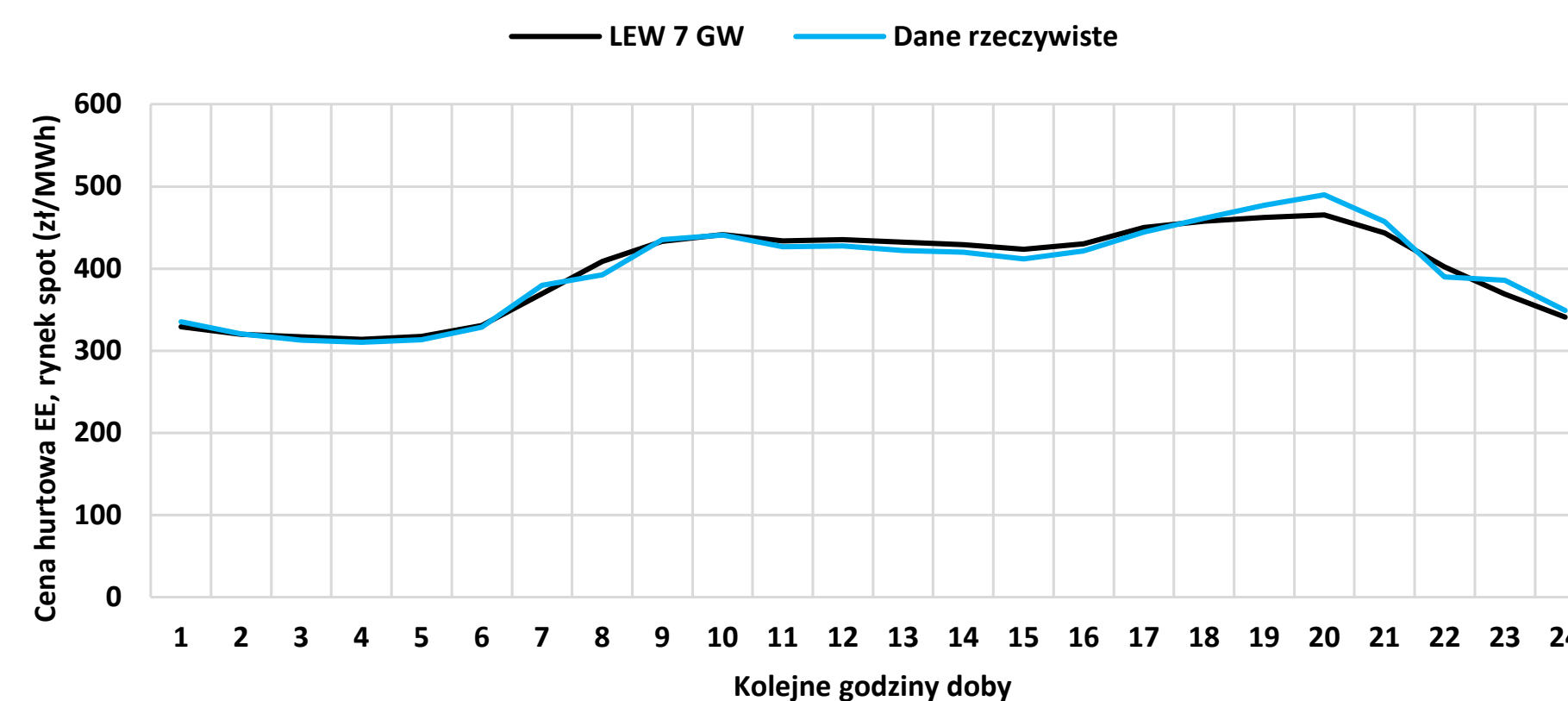
Załącznik: wyniki kalibracji modelu względem danych rzeczywistych

Kalibracja wariantu LEW 7 GW do danych rzeczywistych za rok 2021

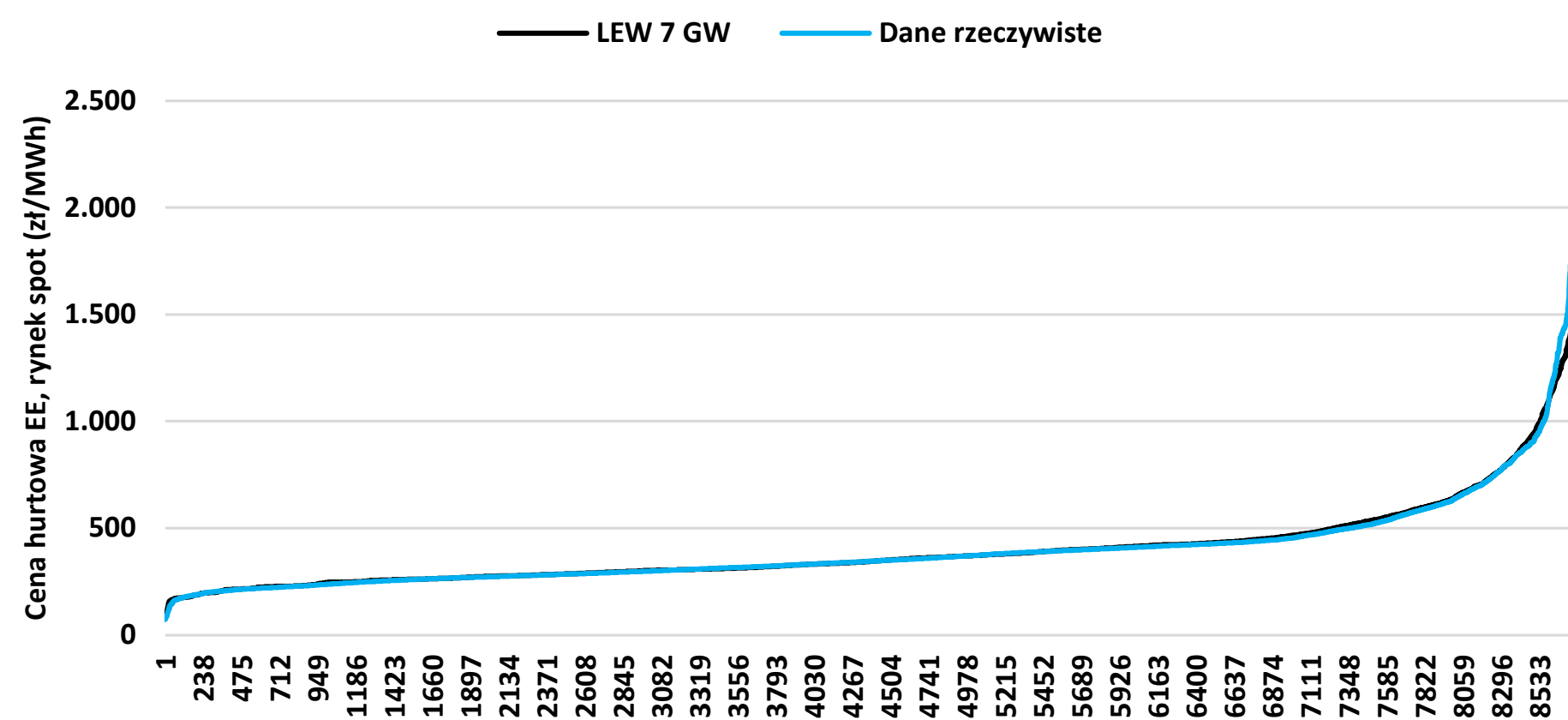
Ceny średnioroczne



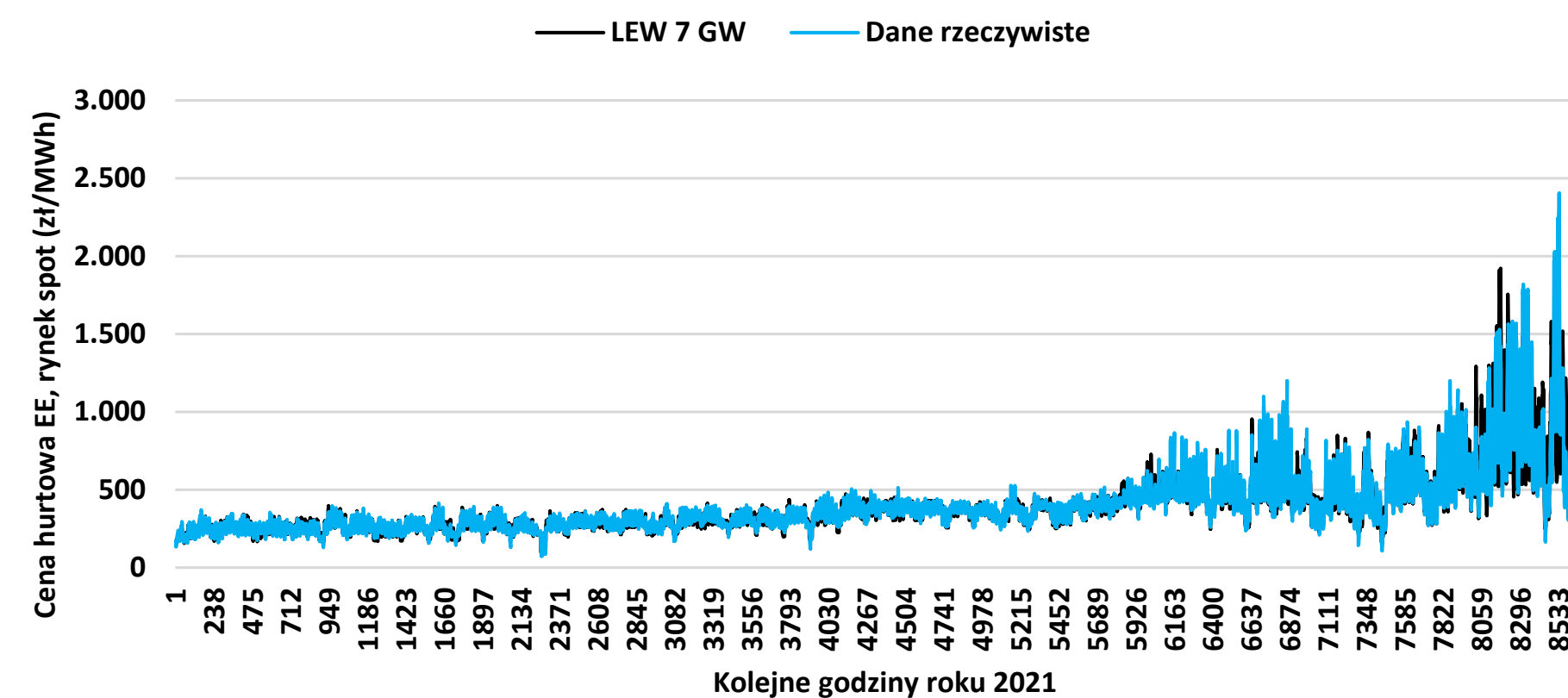
Ceny średnioroczne w ujęciu godzinowym



Uporządkowany wykres cen godzinowych (price duration curve)

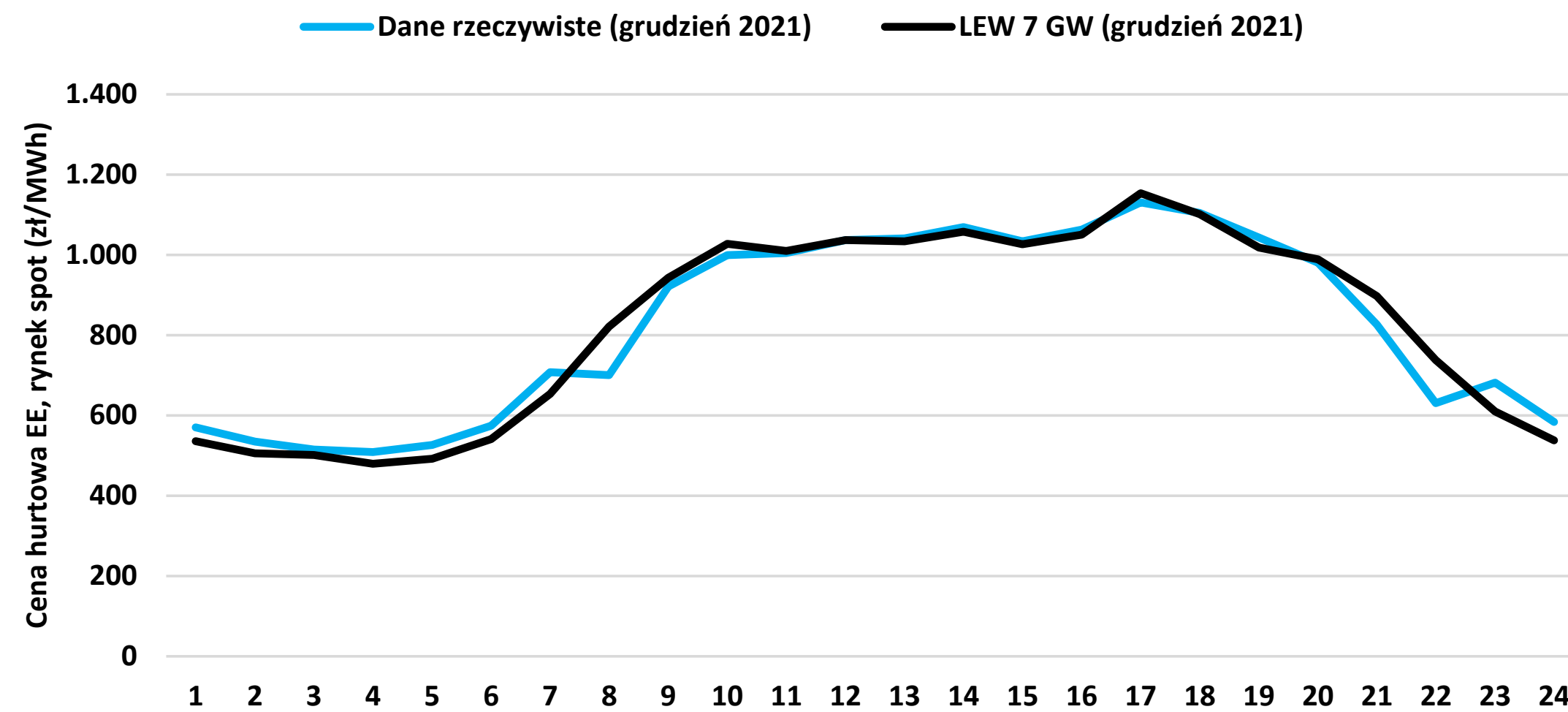


Ceny godzinowe w ujęciu chronologicznym

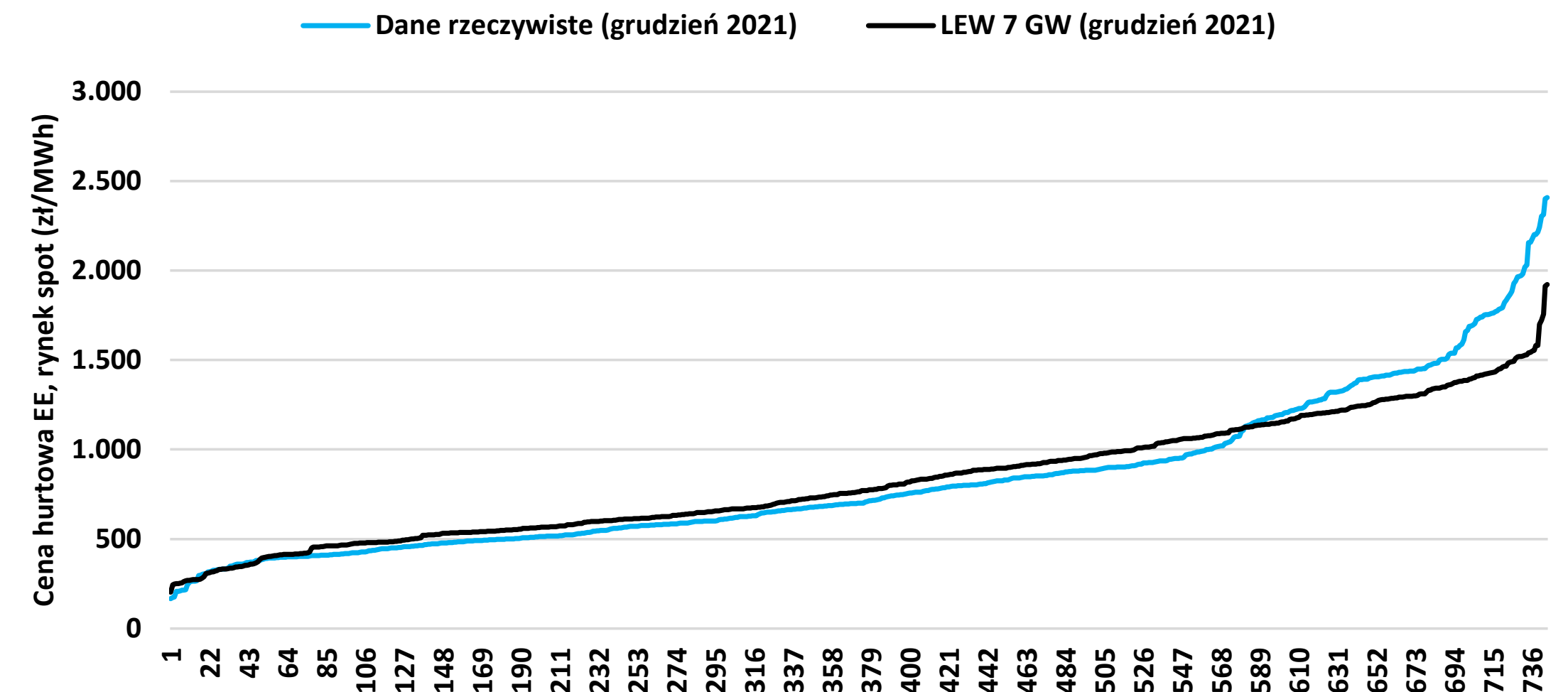


Kalibracja wariantu LEW 7 GW do danych rzeczywistych za grudzień 2021

Ceny średniomiesięczne w ujęciu godzinowym



Uporządkowany wykres cen godzinowych (price duration curve)





Do zobaczenia za miesiąc!