

# Rynek Energii w Polsce w 2024 roku

Przegląd i wnioski

Kwiecień 2024



## Wyłączenie odpowiedzialności

Niniejszy dokument został przygotowany przez Arthur D. Little Sp. z o.o. (dalej "ADL").

W raporcie wykorzystano publicznie dostępne źródła, przede wszystkim ARE, ARP, ENTSOE, ENTSOE, KOBIZE, PSE i URE oraz analizy przygotowane przez Arthur D. Little. Informacje zawarte w raporcie opierają się na najlepszych szacunkach i prognozach w momencie publikacji.

Wykorzystanie niniejszego dokumentu przez jakąkolwiek osobę trzecią, w jakimkolwiek celu, nie powinno zwalniać i nie zwalnia takiej osoby trzeciej z obowiązku dołożenia należytej staranności przy weryfikacji treści dokumentu. Jakiegokolwiek wykorzystanie tego dokumentu przez osobę trzecią, poleganie na nim lub decyzje, które mogą zostać podjęte na jego podstawie, są wyłączną odpowiedzialnością osoby trzeciej.

ADL nie przyjmuje żadnych zobowiązań ani odpowiedzialności w stosunku do osób trzecich, ani nie ponosi żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody poniesione przez osoby trzecie w wyniku decyzji lub działań opartych na niniejszym dokumencie.

# Wprowadzenie

Raport został przygotowany przez Arthur D. Little, międzynarodową firmę doradztwa strategicznego.

Raport obejmuje trzy kluczowe obszary dla zrozumienia **drogi transformacji energetycznej w Polsce**:

- 1) **Wyzwania miksu elektroenergetycznego w Polsce** – analiza wyzwań stojących przed polskim systemem elektroenergetycznym, w tym potencjalne scenariusze rozwoju, wzrost roli źródeł odnawialnych oraz rosnące zużycie energii elektrycznej
- 2) **Rola gazu ziemnego w procesie dekarbonizacji** – analiza aktualnego stanu rynku, plany rozwoju oraz szczegółowa analiza zużycia i cen gazu ziemnego w Polsce
- 3) **Wykorzystanie węgla w obliczu transformacji energetycznej** – analiza trendów rynkowych i regulacji dotyczących rynku węgla, a także szczegółowa analiza zużycia i cen węgla w Polsce

## AUTORZY

### WOJCIECH ŚWIERCZ

Partner

Arthur D. Little

[swiecz.wojciech@adlittle.com](mailto:swiecz.wojciech@adlittle.com)

### MIKOŁAJ MATUSZKO

Menedżer

Arthur D. Little

[matuszko.mikolaj@adlittle.com](mailto:matuszko.mikolaj@adlittle.com)

### KAMIL MOSKWIK

COO

Instytut Jagielloński

[kamil.moskwik@jagiellonski.pl](mailto:kamil.moskwik@jagiellonski.pl)

### WOJCIECH BISIŃSKI

Analityk biznesowy

Arthur D. Little

[bisinski.wojciech@adlittle.com](mailto:bisinski.wojciech@adlittle.com)

### MICHAŁ KORDALSKI

Analityk biznesowy

Arthur D. Little

[kordalski.michal@adlittle.com](mailto:kordalski.michal@adlittle.com)

Dziękujemy wszystkim, którzy przyczynili się do przygotowania i recenzji niniejszego Raportu, a w szczególności: Piotrowi Baranowskiemu i Yvonne Fuller.

# Polski rynek energii przechodzi transformację, z którą wiąże się szereg wyzwań m.in. zastąpienie mocy węglowych oraz częstsze występowanie okresów Dunkelflaute

## KLUCZOWE WNIOSKI – RYNEK ENERGII ELEKTRYCZNEJ

### Transformacja Polski w kierunku zrównoważonych źródeł energii

- Polska **przechodzi od źródeł opartych na węglu do bardziej zrównoważonych**. Odnawialne źródła energii (OZE) zapewniły już prawie 25% rocznej krajowej produkcji energii elektrycznej w 2023 r., w porównaniu z około 9% w 2018 r.
- **Dynamiczny wzrost OZE wynika przede wszystkim z rosnącej mocy instalacji fotowoltaicznych i wiatrowych**. Produkcja z PV wzrosła z 0,7 TWh w 2019 r. do 13,2 TWh w 2023 r., napędzana przez krajowy program wsparcia dla dachowych instalacji fotowoltaicznych oraz pojawiające się większe farmy fotowoltaiczne. Wzrosła również produkcja z energetyki wiatrowej - z 12,3 TWh w 2019 r. do 22,1 TWh w 2023 r.
- **Wzrost produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2023 r. spowodował gwałtowny spadek emisji CO<sub>2</sub>**. W 2023 r. emisja CO<sub>2</sub> w Polsce spadła o 21% w porównaniu do 2015 r.

### Wzrost zużycia energii elektrycznej w perspektywie długoterminowej

- **Zużycie i produkcja energii elektrycznej w Polsce w ostatnich latach utrzymywały się na stosunkowo niezmiennym poziomie**, pomimo zmian w miksie wytwórczym i rosnących cen. Stały poziom w latach 2015-2018 wynikał głównie z poprawy efektywności energetycznej kraju. Pandemia Covid-19 wywołała chwilowy spadek zużycia, jednak odbicie gospodarcze po pandemii przyczyniło się do powrotu do poziomów z lat ubiegłych
- Rosnąca efektywność energetyczna w Polsce prowadzi do mniejszego zapotrzebowania na energię na każdą jednostkę PKB. Oczekuje się jednak, że **do 2040 r. zużycie energii elektrycznej w Polsce będzie gwałtownie rosło**, napędzane elektryfikacją transportu, ciepłownictwa i produkcji przemysłowej

### Wyzwania związane z miksem energetycznym

- Rosnące zużycie energii elektrycznej niesie **wyzwania dla polskiego miksu energetycznego**
- Produkcja energii elektrycznej w Polsce w coraz większym stopniu opiera się na energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych zależnych od warunków pogodowych, w związku z czym:
  - Miks energetyczny stoi w obliczu **okresów nadpodaży**, zwłaszcza w okresie letnim, **oraz deficytów produkcji** energii elektrycznej w sezonach zimowych
  - Oparcie miksu na źródłach odnawialnych, podkreśla **konieczność rozwoju magazynowania**, połączeń transgranicznych, zarządzania stroną popytową (DSR) w celu zwiększania elastyczności systemu oraz jego zdolności do **bilansowania popytu i podaży**

# Gaz ziemny może być kluczowym elementem dekarbonizacji, ale ścieżka i tempo zmian muszą zostać doprecyzowane przez decydentów

## KLUCZOWE WNIOSKI – RYNKI GAZU I WĘGLA

### Gaz ziemny jako paliwo przejściowe dla transformacji energetycznej Polski

- **Gaz ziemny ma potencjał, aby zastąpić węglowe moce wytwórcze** i pełnić rolę paliwa przejściowego w ciągu najbliższych 10-15 lat, **pomagając w stabilizacji mocy z odnawialnych źródeł energii**
- W związku z tym, zużycie gazu w Polsce może w najbliższym czasie wzrosnąć, przede wszystkim ze względu **na jego obniżone emisje względem węgla**. Czynniki takie jak cele dekarbonizacyjne, **środki regulacyjne**, rosnące **zapotrzebowanie na energię elektryczną** oraz wymogi bilansujące mogą być motorem napędowym
- Z drugiej strony, gaz ziemny może być narażony **na negatywne szoki popytowe i podażowe** (widoczne np. w zmienności cen). Ponadto przewiduje się, że na rynek może mieć wpływ zapowiadany **system handlu prawami do emisji CO<sub>2</sub>, który do 2027 r. ma objąć gaz**

### Poprawa stabilności i niezależności rynku gazu dzięki nowej infrastrukturze

- **Polska z powodzeniem przekształciła infrastrukturę dostaw gazu i uniezależniła się od rosyjskiego gazu** dzięki strategicznym inwestycjom w Baltic Pipe i rozbudowie terminalu LNG w Świnoujściu. Chociaż Polska ma jeden z najniższych wskaźników zależności od importu gazu w UE, ograniczone zdolności magazynowania i regazyfikacji w kraju, mogą nadal wpływać na stabilność dostaw
- **Ceny gazu ustabilizowały się na znacznie niższych poziomach w porównaniu z 2022 r.** kiedy nastąpił nagły wzrost cen spowodowany konfliktem zbrojnym w Ukrainie. Zapewnia to większe bezpieczeństwo i stabilność zarówno dla gospodarstw domowych, jak i użytkowników przemysłowych, co może zwiększyć popyt w perspektywie średnioterminowej. Należy jednak zauważyć, że nie można wykluczyć podobnych skoków cen, jak w 2022 r., w przyszłości. Jako potencjalne czynniki należy zaznaczyć wyzwania natury geopolitycznej i makroekonomicznej

### Wyzwania i szanse związane z redukcją emisji węgla

- **Polska stoi w obliczu rosnącej presji na zmniejszenie zużycia węgla i przyspieszenie działań dekarbonizacyjnych**, zarówno na poziomie unijnym, jak i krajowym. Podczas gdy w ostatnich latach przyspieszyło przejście użytkowników indywidualnych z systemów węglowych na kotły gazowe i pompy ciepła, przechodzenie przemysłowych użytkowników węgla było wolniejsze ze względu na brak opłacalnych alternatyw
- Choć **transformacja energetyczna i dekarbonizacja** stają się w Polsce faktem, dokładny plan i tempo realizacji tych celów są wciąż ustalane. Natomiast **najprawdopodobniej węgiel będzie stopniowo wycofywany w najbliższych latach**, a całkowite odejście ma nastąpić do 2049 roku

## SPIS TREŚCI

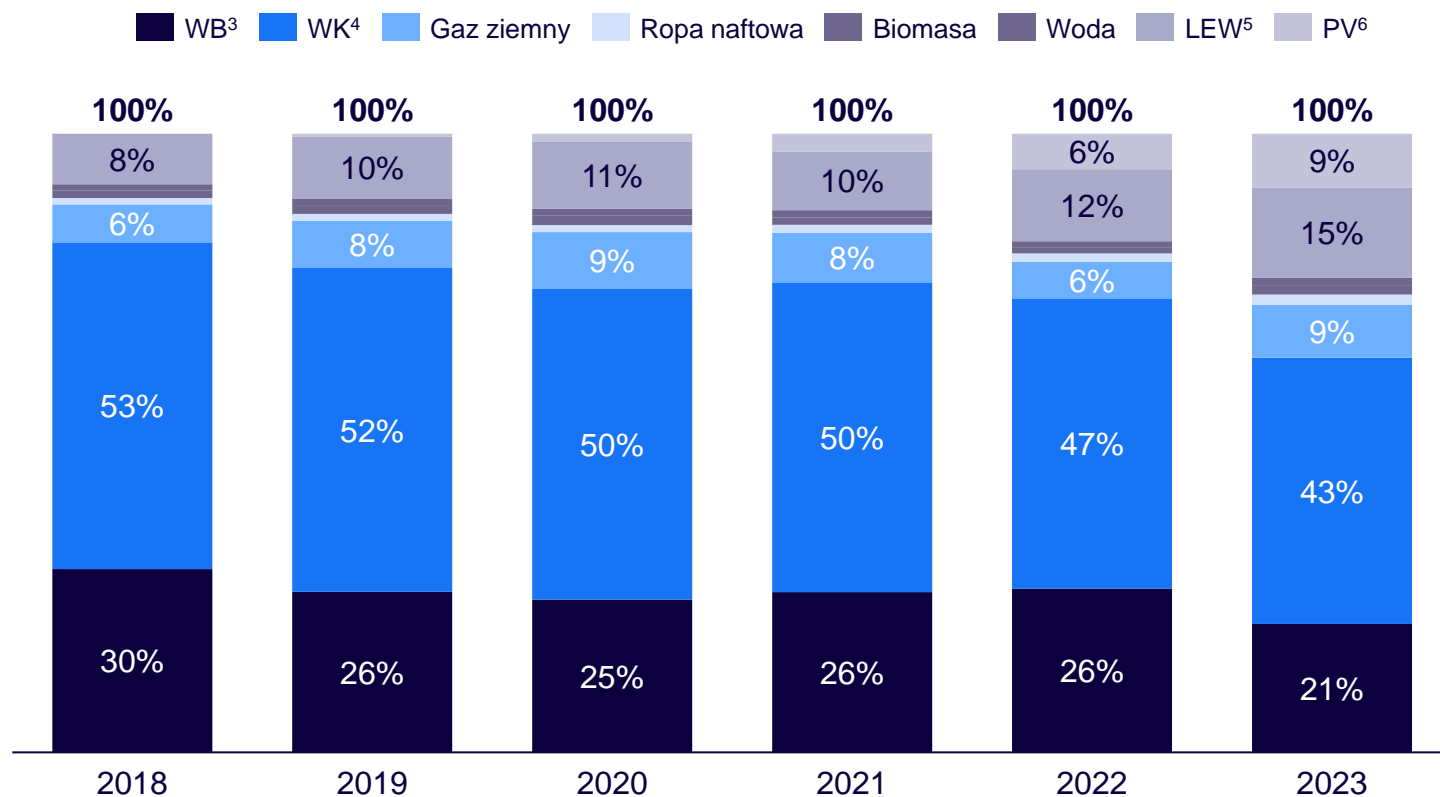
1	Wyzwania związane z miksem energetycznym w Polsce	7
2	Rola gazu ziemnego w procesie dekarbonizacji	23
3	Wykorzystania węgla, a transformacja energetyczna	38
4	Słownik pojęć i wykaz źródeł	53
5	Załącznik – analizy wspierające	59

# WYZWANIA ZWIĄZANE Z MIKSEM ENERGETYCZNYM W POLSCE

**Polska przechodzi z miksu opartego o węgiel na miks bardziej zdywersyfikowany, przy ~25% udziale EE<sup>1</sup> wytworzonej przez OZE<sup>2</sup> w 2023 r.**



## Polski miks wytwarzania energii elektrycznej 2018–2023, %



## Komentarze

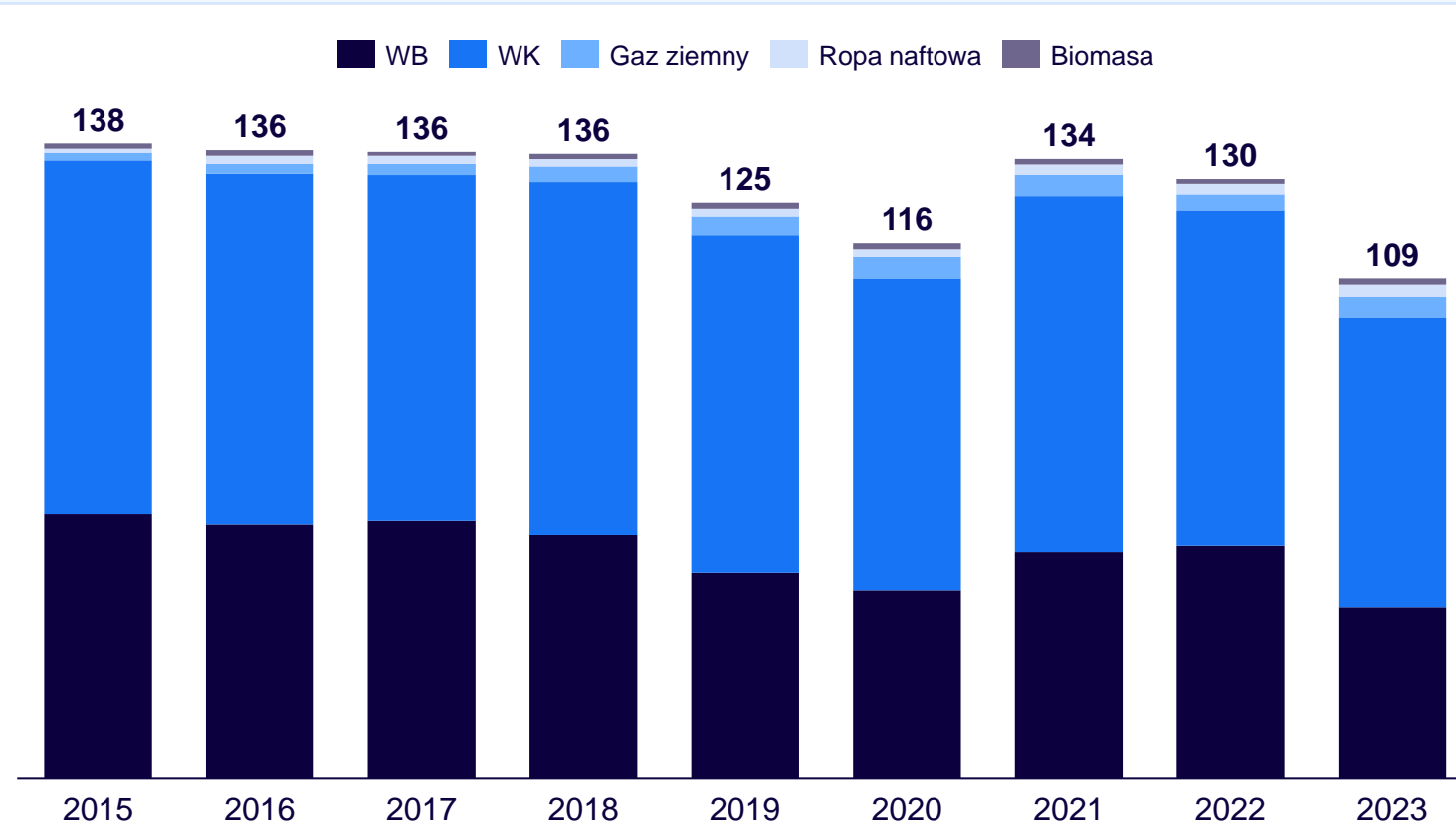
- 2023 r. był pierwszym, w którym zależne od pogody OZE (LEW i PV) zapewniły blisko 25% rocznej krajowej produkcji EE w Polsce
- Szybki rozwój OZE wynika przede wszystkim ze wzrostu mocy fotowoltaicznych (z 1,5 GW w 2019 r. do 16,5 GW w 2023 r.), napędzanego przez krajowy program wsparcia fotowoltaiki dachowej i powstające większe farmy PV
- Do wzrostu udziału OZE przyczynił się również wzrost mocy lądowej energetyki wiatrowej (z 5,9 GW w 2019 r. do 9,9 GW w 2023 r.)



## Wzrost produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2023 r. spowodował gwałtowny spadek emisji CO<sub>2</sub>



### Emisja CO<sub>2</sub> z krajowej produkcji energii elektrycznej 2015–2023, Mt

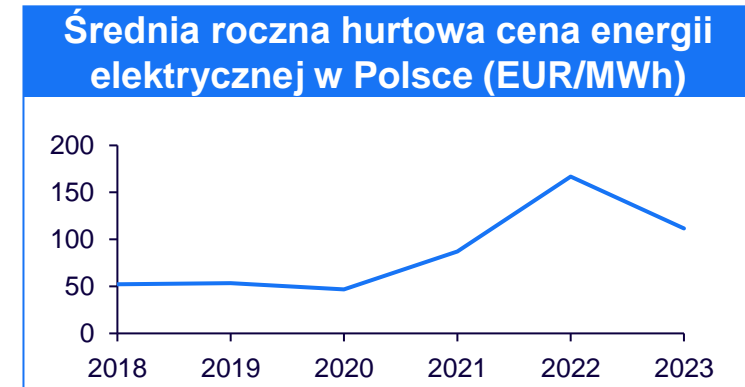
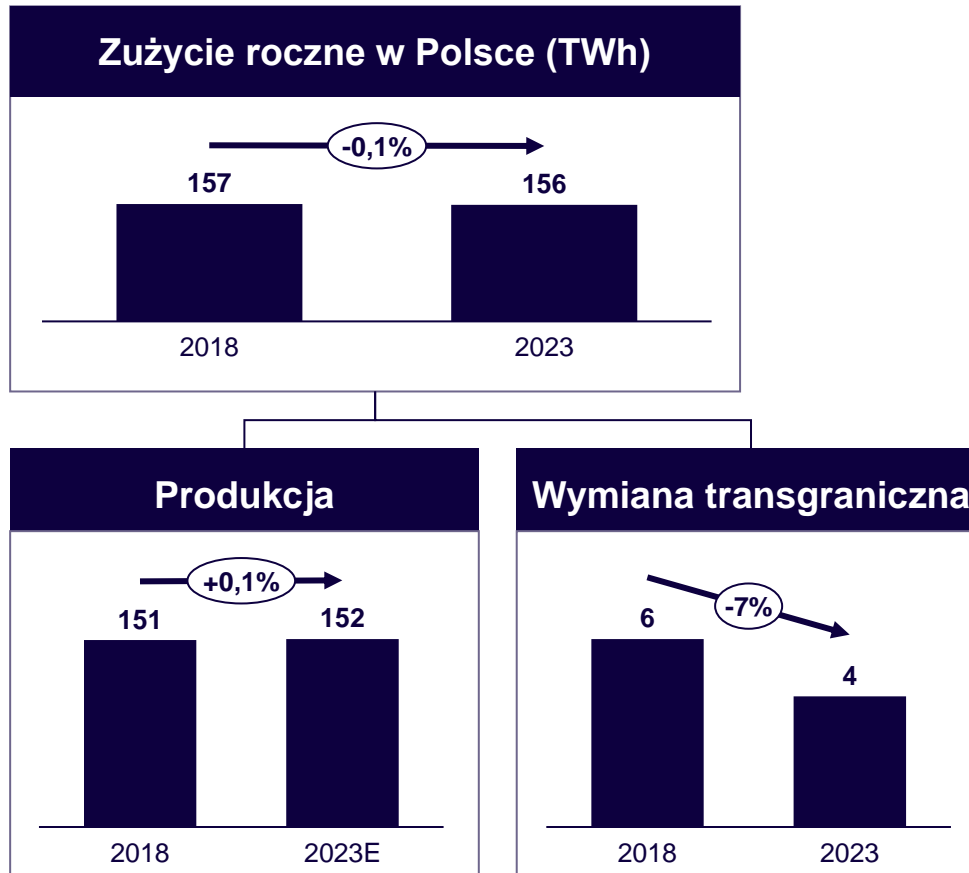


### Komentarze

- Szacowana emisja CO<sub>2</sub> w Polsce w 2023 r. spadła o 21% w porównaniu z 2015 r.
- Spadek emisji jest spowodowany rosnącymi wolumenami produkcji z OZE, które w dużej mierze zastępują produkcję z najbardziej emisyjnych elektrowni węglowych o niskiej sprawności (~34-37%)

## Zużycie i produkcja energii elektrycznej w Polsce w ostatnich latach utrzymywały się na stabilnym poziomie, pomimo zmian w miksie mocy wytwórczych i wahań cen

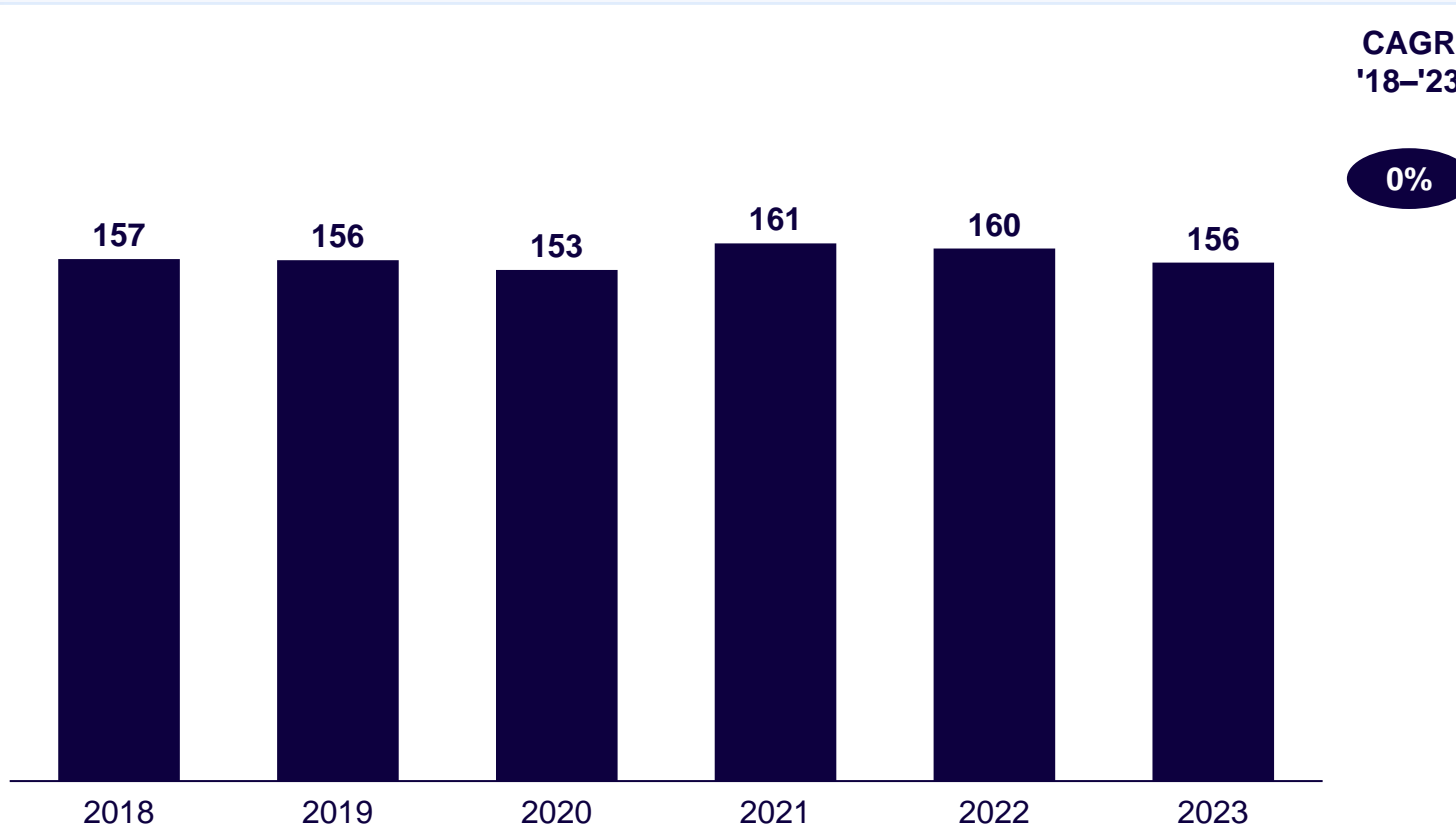
🔍 Szczegółowe analizy każdego segmentu na kolejnych slajdach



## Pomimo wzrostu gospodarczego oraz zmian w miksie wytwórczym, zużycie energii elektrycznej w Polsce utrzymuje się w ostatnich latach na stałym poziomie



### Zużycie netto energii elektrycznej w Polsce 2018–2023, TWh



### Komentarze

- Po wzroście w latach 2015–2018 zużycie EE w Polsce utrzymuje się na dość stabilnym poziomie. Jest to głównie zasługa poprawy efektywności energetycznej kraju, a także spadku zużycia podczas pandemii Covid-19
- Rosnąca efektywność energetyczna w Polsce prowadzi do mniejszego zapotrzebowania na energię w przeliczeniu na jednostkę PKB. Zjawisko to obserwuje się również w innych rozwiniętych krajach UE

## Udział OZE w polskim miksie energetycznym wzrósł z ~9% w 2018 r. do ~25% w 2023 r., głównie dzięki rozwojowi lądowej energetyki wiatrowej i fotowoltaiki

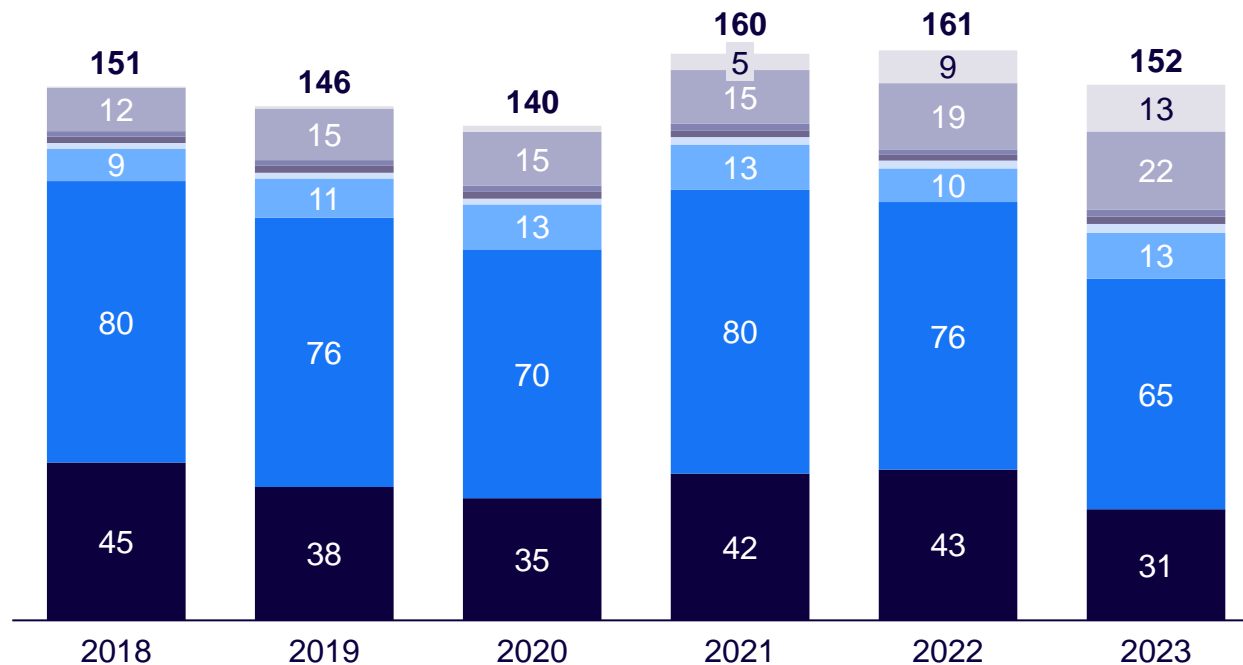


### Produkcja EE w podziale na technologie w Polsce 2018–2023, TWh



### Komentarze

WB WK Gaz ziemny Ropa Biomasa Woda LEW PV



CAGR  
'18-'23

+0,1%

+113%

+12%

+4,6%

+3,3%

+10%

+7%

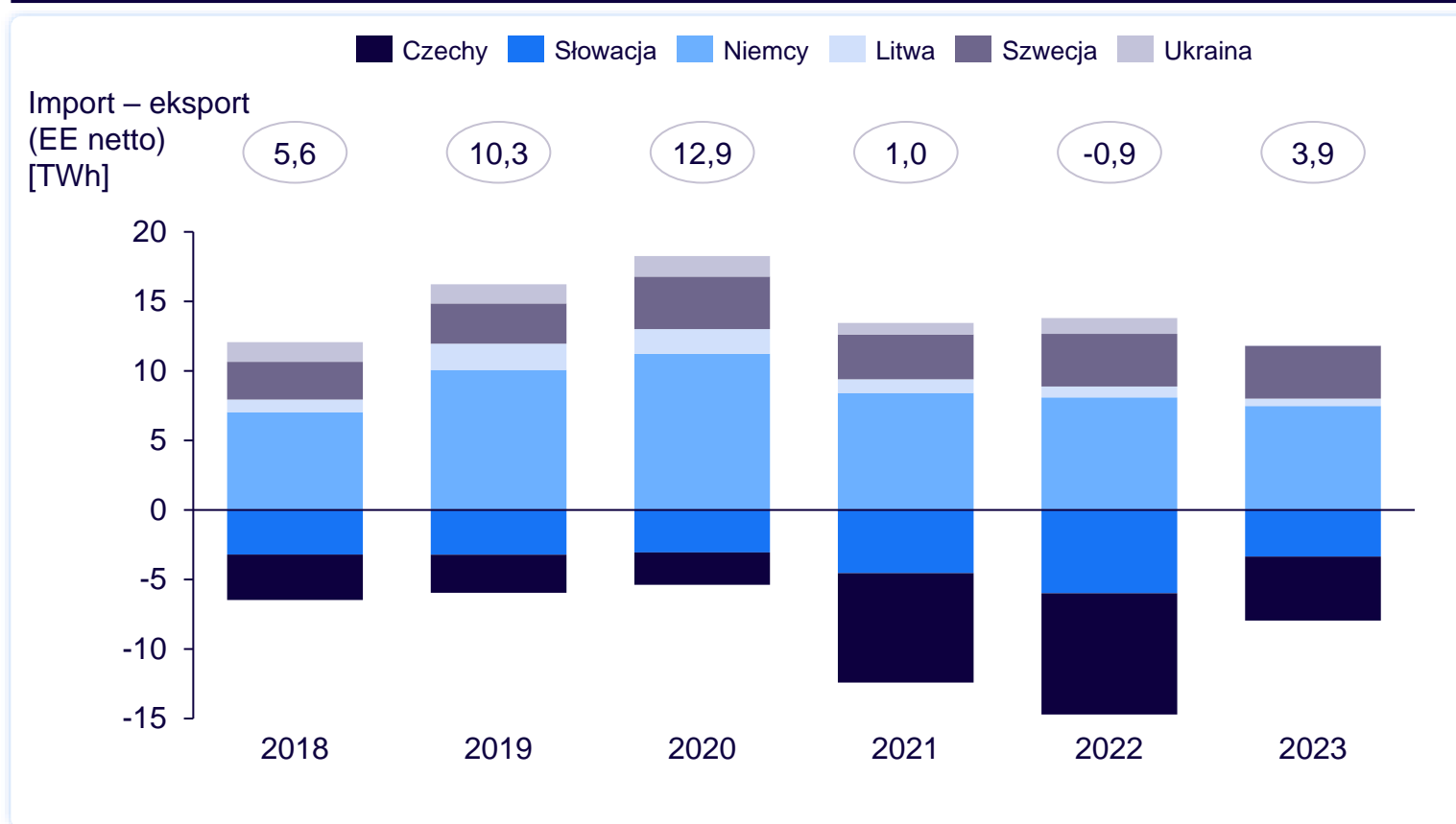
-3,9%

-6,8%

- Najbardziej dynamicznie rozwijającym się segmentem OZE w Polsce była w ostatnich latach fotowoltaika (PV), napędzana przede wszystkim rządowymi dotacjami
- Potencjalny wzrost udziału OZE w polskim miksie wytwórczym mógłby być jeszcze większy, jednak otoczenie regulacyjne w Polsce nie było sprzyjające, zwłaszcza dla inwestycji w LEW
- Główną przeszkodą we wzroście mocy wiatrowych jest tzw. "zasada 10H", uniemożliwiająca lokowanie turbin w pobliżu budynków

## Głównym eksporterem energii elektrycznej do Polski są Niemcy, natomiast Polska eksportuje energię do Czech i na Słowację

### Przepływy transgraniczne: import (+) i eksport (-) z Polski 2015–2023, TWh



### Komentarze

- Niemcy pozostają głównym eksporterem energii do Polski
- Część importu przypisanego do Niemiec jest de facto przesyłana przez Polskę do Czech i na Słowację
- Polska i inne kraje Europy Środkowej wciąż mają niższe zdolności połączeń międzysystemowych niż kraje Europy Zachodniej
- Przykładowo, przepustowość połączeń międzysystemowych dla FR-ES i FR-DE wynosi około 2,8-3 GW, podczas gdy dla DE-PL, DE-AT lub DE-CZ wynosi około 1,5 GW

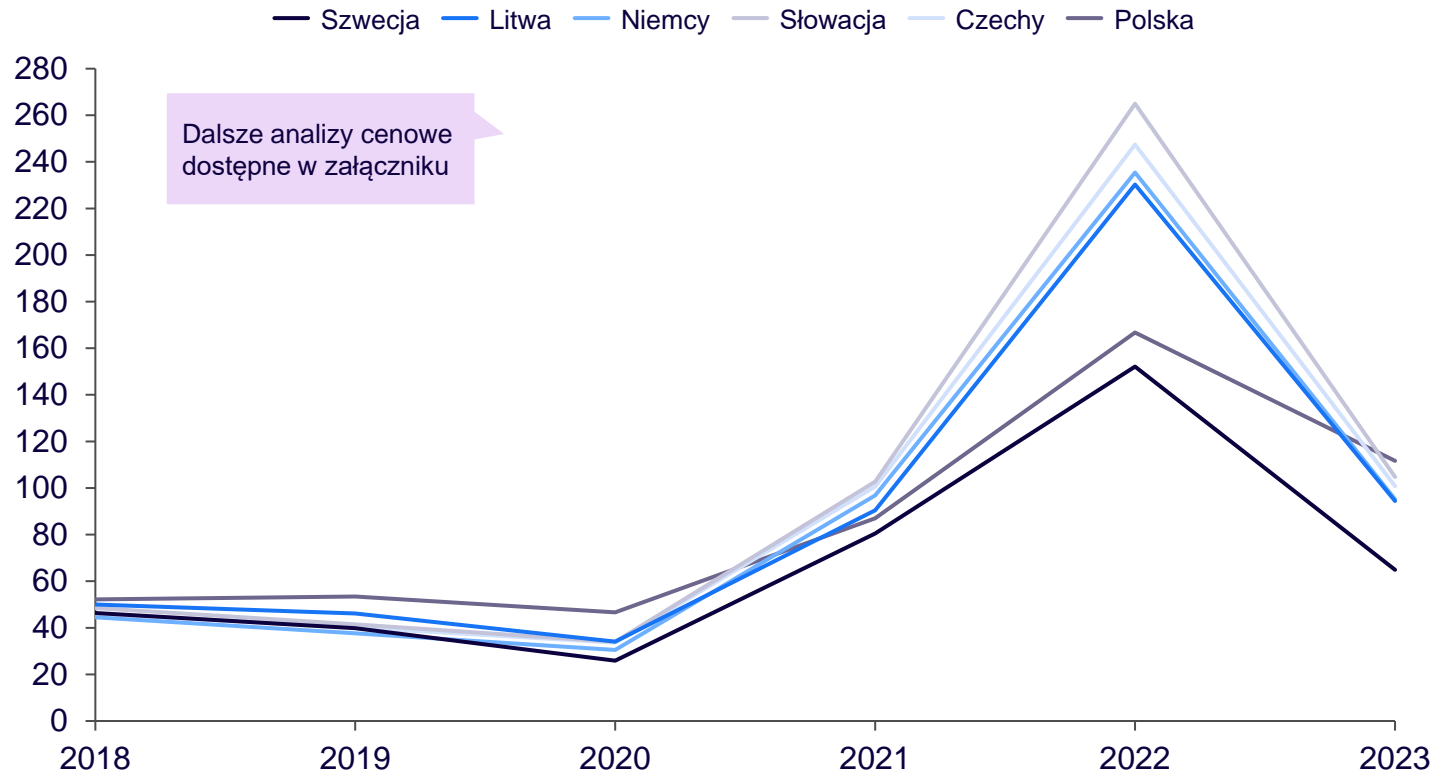
## Trendy cenowe EE w Polsce i u jej sąsiadów są podobne, jednak ceny różnią się, głównie przez dostępną przepustowość połączeń międzysystemowych



### Hurtowe ceny EE na RDN<sup>1</sup> w Polsce i u jej sąsiadów 2018–2023, EUR/MWh








### Komentarze



- W 2022 r. ceny energii elektrycznej RDN w Polsce były drugimi najniższymi w porównaniu z sąsiadami. Za główną przyczynę można wskazać rekordowo wysokie ceny gazu ziemnego w Niemczech
- Stosunek ten zmienił się w 2023 roku, kiedy ceny gazu spadły
- Polska i Europa Środkowo-Wschodnia mają generalnie wyższe ceny niż Europa Zachodnia, ze względu na niższą zdolność połączeń międzysystemowych

## Zmiany w polskim miksie EE wiążą się z wyzwaniami wynikającymi z oczekiwanego wzrostu zapotrzebowania na EE i integracji OZE z systemem elektroenergetycznym

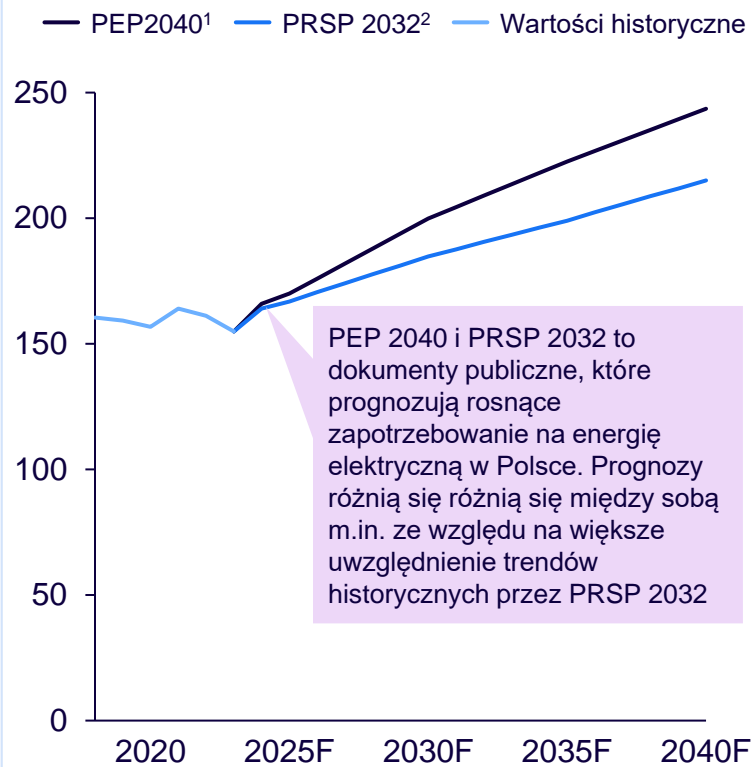
Pogłębione analizy na kolejnych slajdach		Opis
<p><b>CZYNNIKI POPYTU</b></p> <p><b>CZYNNIKI PODAŻY</b></p>	<p><b>1</b></p> <p>Rosnące zużycie energii elektrycznej</p> 	<p>Oczekuje się, że do 2040 r. zużycie energii elektrycznej w Polsce <b>gwałtownie wzrośnie</b>, napędzane wzrastającą <b>elektryfikacją transportu, ciepłownictwa i produkcji przemysłowej</b></p>
	<p><b>2</b></p> <p>Zmieniający się miks mocy produkcyjnych</p> 	<p>Oprócz rosnącej konsumpcji, polski miks energetyczny ewoluje od uzależnienia od paliw kopalnych w kierunku odnawialnych źródeł energii, z potencjałem <b>osiągnięcia ponad 50% produkcji energii ze źródeł odnawialnych do 2040 roku</b></p>
	<p><b>3</b></p> <p>Produkcja zależna od pogody</p> 	<p>W związku z tym, że produkcja energii elektrycznej w Polsce w coraz większym stopniu opiera się na energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych, miks energetyczny stoi w obliczu <b>okresów nadpodaży</b>, zwłaszcza w okresie letnim, oraz <b>deficytów w produkcji energii elektrycznej</b> w sezonach zimowych</p>
	<p><b>4</b></p> <p>Spadek cen energii wytwarzanej z OZE</p> 	<p>OZE zapewniają <b>tańszą energię elektryczną w porównaniu z paliwami kopalnymi</b>, ponieważ nie wymagają zewnętrznych źródeł paliwa oraz nie ponoszą kosztów emisji. Jednak w <b>okresach nadpodaży ceny mogą osiągać wartości ujemne</b>, będące wyrazem konieczności utrzymywania regulacyjności „w dół”<sup>1</sup> oraz niedostatecznych zdolności magazynowych i eksportowych</p>
	<p><b>5</b></p> <p>Brak przepustowości sieci</p> 	<p>Szybki wzrost mocy PV oraz stabilny przyrost mocy LEW sprawiły, że <b>sieci dystrybucyjne oraz sieć przesyłowa w Polsce cechują się obecnie wyczerpaniem możliwości przyłączeniowych</b>, czego świadectwem są odmowy wydania warunków przyłączenia przez operatorów</p>

1) rezerwy FCR/FRR na potrzeby regulacji częstotliwości  
Źródło: IJ; Arthur D. Little

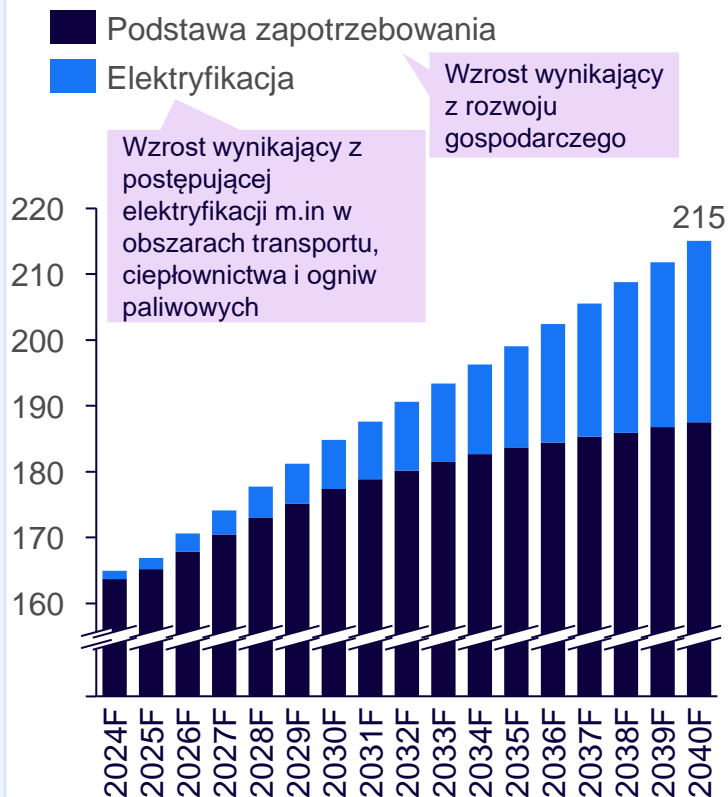
1

W najbliższych latach spodziewany jest znaczący wzrost zapotrzebowania na EE w Polsce, z poziomu ok. 156 TWh w 2023 r. do ok. 215 TWh w 2040 r.

### Przewidywany wzrost zużycia EE netto w Polsce do 2040 r., TWh



### Podział wzrostu zapotrzebowania na EE w Polsce do 2040 r., TWh



### Komentarze

- Do 2040 roku zapotrzebowanie na energię elektryczną w Polsce znacznie wzrośnie napędzane oczekiwanym wzrostem gospodarczym kraju, który pomimo rosnącej efektywności energetycznej wiązać się będzie ze zwiększoną podstawą zapotrzebowania na energię
- Przewiduje się, że silny wzrost zużycia EE w Polsce będzie napędzany nie tylko przez wzrost gospodarczy, ale także przez rosnącą elektryfikację takich obszarów jak:
  - Pojazdy elektryczne
  - Pompy ciepła i klimatyzacja
  - Elektrolizery
  - Przemysł

1) PEP2040 – Polityka Energetyczna Polski do 2040 r., na bazie aktualizacji z czerwca 2023 r.; 2) PRSP 2032 – projekt planu rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2023–2032 (scenariusz bazowy)

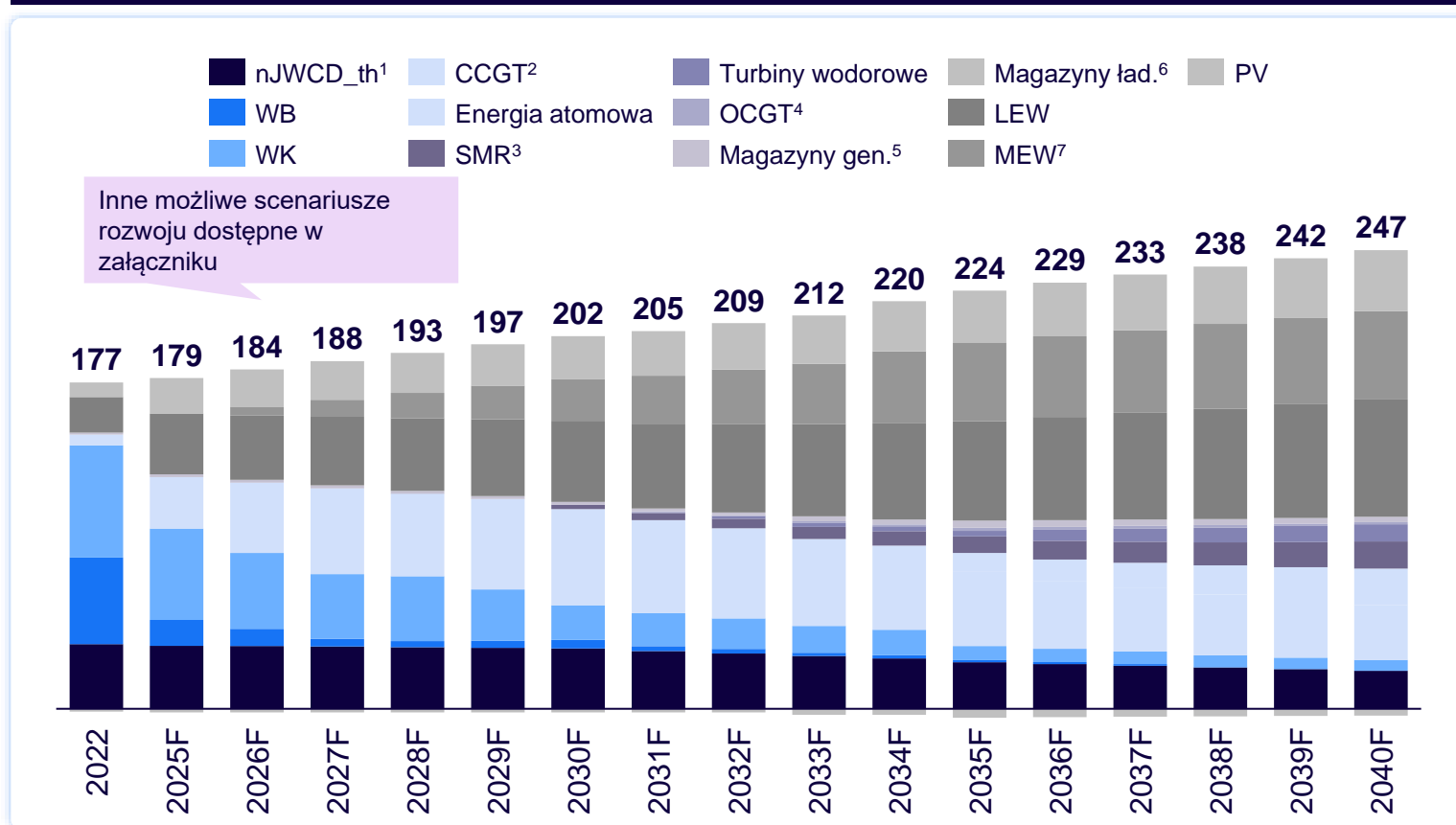
Źródło: Polityka energetyczna Polski 2040; Plan Rozwoju Sieci PSE (PRSP 2032); URE; IJ



2

## Oczekuje się, że do 2040 r. polski mikś elektroenergetyczny przekształci się w system zdominowany przez energetykę wiatrową i słoneczną

### Możliwa ewolucja miksu wytwarzania EE w Polsce 2022–2040F, TWh



### Komentarze

- Mimo licznych wyzwań technicznych związanych z włączeniem do systemu OZE zależnych od pogody, nasz model przewiduje, że dostawy EE w Polsce prawdopodobnie będą ewoluować w kierunku miksu zdominowanego przez OZE
- Z modelowanego scenariusza wynika, że:
  - Udział OZE w produkcji energii elektrycznej ogółem może osiągnąć 59% do 2040 r.
  - Redukcja emisji do 2040 r. (w porównaniu z 2005 r.) może wynieść 83%

1) nJWCD – jednostka wytwórcza niebędąca JWCD; 2) CCGT – blok gazowo-parowy (ang. closed-cycle gas turbine); 3) SMR – mały reaktor atomowy (ang. small modular reactor); 4) OCGT – turbina gazowa (ang. open-cycle gas turbine); 5) „Gen” oznacza generację z magazynów; 6) „Ład” oznacza ładowanie magazynów; 7) MEW – morska energetyka (elektrownia) wiatrowa  
Źródło: modelowanie IJ

3

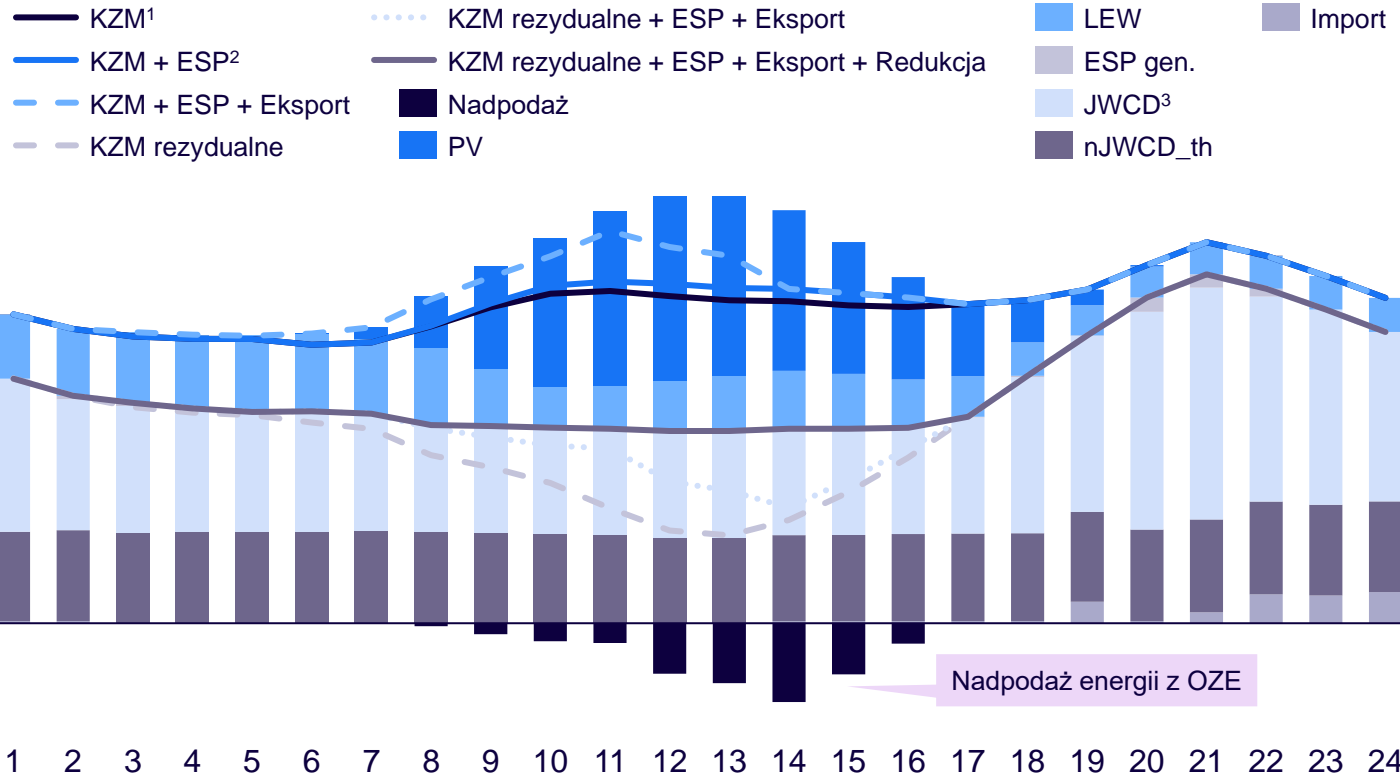
## Rosnący udział OZE w produkcji EE może prowadzić do chwilowych nadpodaży energii, co uwypukla potrzebę zwiększenia zdolności magazynowania lub eksportu



### Godzinowy miks wytworzonej energii elektrycznej w Polsce 23 kwietnia 2023, GW



#### Komentarze



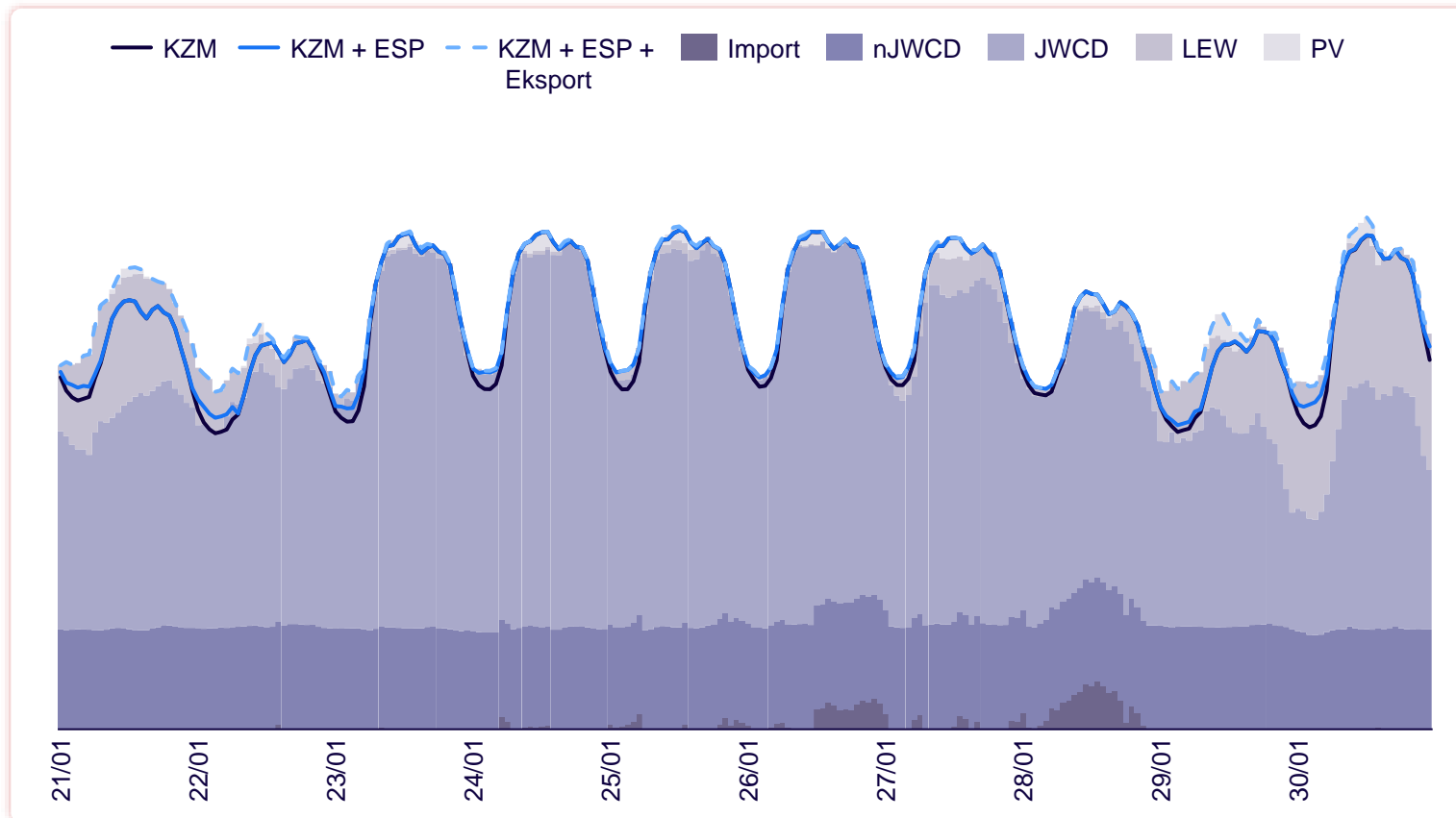
- Przed 23 kwietnia 2023 r. jedynie nadpodaż EE z LEW podlegała ograniczeniu przez PSE ze względu na bilansowanie i bezpieczeństwo systemu
- 23 kwietnia zaobserwowano pierwszy przypadek ograniczenia produkcji energii z PV, jako ostateczność po wypełnieniu magazynów i wyczerpaniu możliwości eksportu
- Wydarzenie to uwypukliło potrzebę zwiększenia pojemności magazynów lub zdolności przesyłowych (eksport), bądź rozwoju elastycznego popytu (np. elektrolizery)

3

## W przeciwieństwie do nadpodaży w słoneczne dni, zimowe miesiące są wyzwaniem dla ciągłości dostaw przy wysokim popycie i słabym wietrze/niskim nasłonecznieniu



### Produkcja energii elektrycznej w Polsce Co godzinę, 21 stycznia–30 stycznia 2023, GW



### Komentarze

- Styczeń 2023 r. stanowi ilustrację okresów niskiej wietrzności oraz słabego nasłonecznienia (tzw. Dunkelflaute) w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym
- Niska produkcja<sup>1</sup> LEW utrzymywała się przez okres 98 godzin w dniach od 23 do 27 stycznia 2023 r.
- Produkcja PV również pozostawała relatywnie niska, średnio 580 MW (5% mocy zainstalowanej)
- Do bardzo ograniczonej podaży OZE doszedł wysoki popyt, typowy dla okresu zimowego w Polsce
- W takie dni, KSE<sup>2</sup> musi polegać na produkcji energii z dyspozycyjnych mocy ciepłych, magazynach, imporcie lub redukcji popytu (DSR)

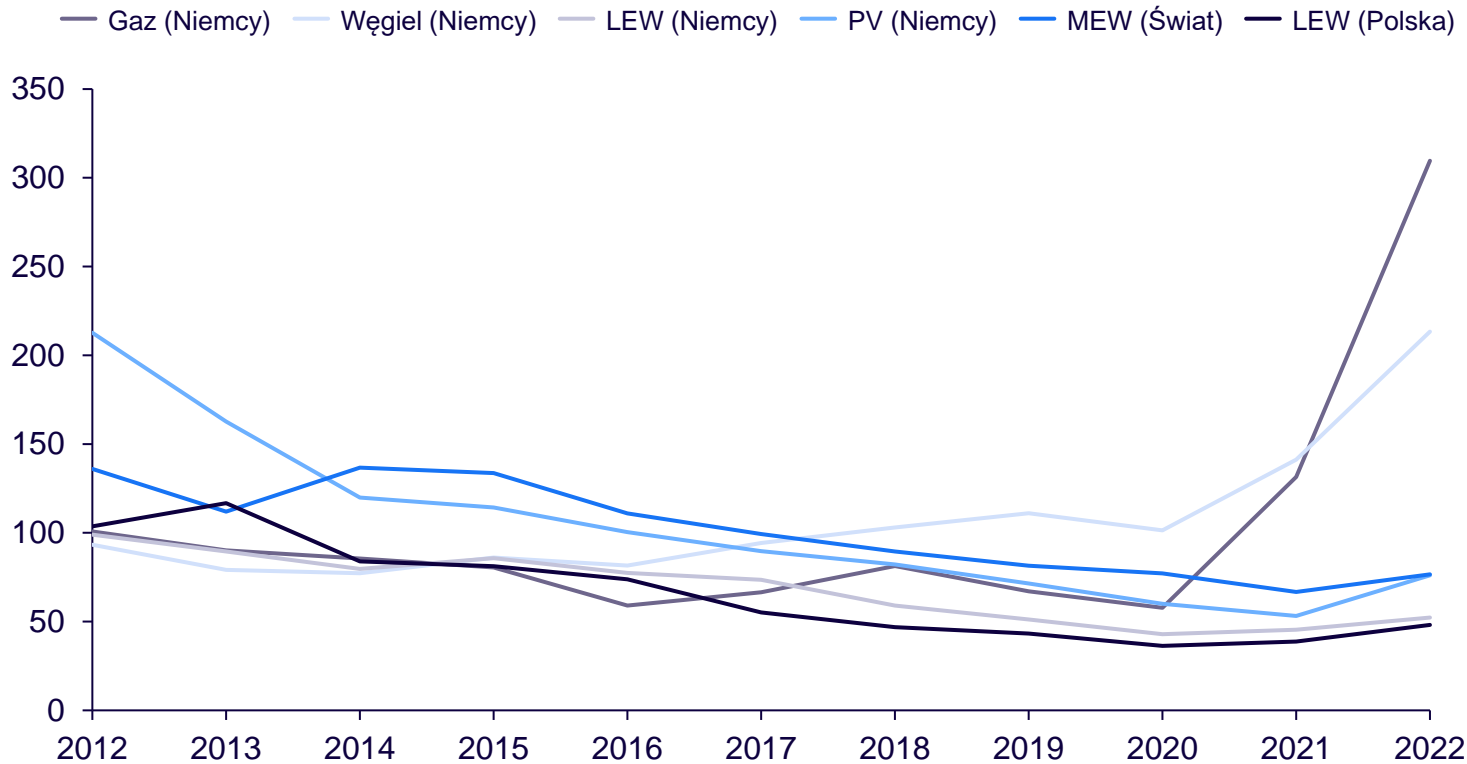
1) Poniżej 700 MW lub poniżej 8% mocy zainstalowanej; 2) KSE – Krajowy System Elektroenergetyczny  
Źródło: ENTSOE; PSE; IJ

4

## OZE stały się bardziej ekonomiczne niż energetyka węglowa czy gazowa...



### LCOE<sup>1</sup> OZE w porównaniu z kosztem produkcji z węgla i gazu 2015–2022, EUR/MWh<sup>2</sup>



### Komentarze

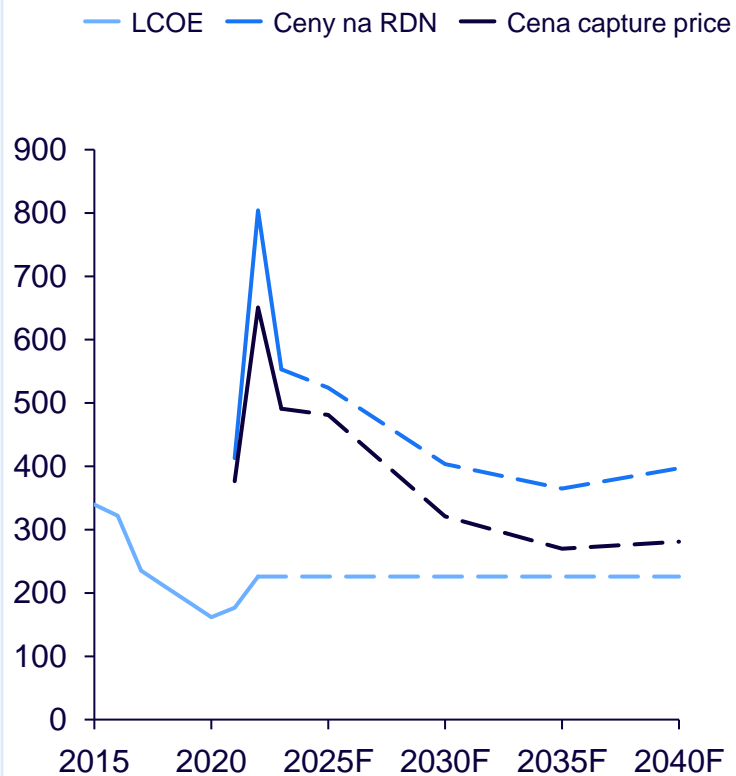
- LEW jest obecnie najbardziej dojrzałą i najtańszą technologią patrząc przez pryzmat LCOE
- Po latach stopniowych spadków, LCOE dla PV wzrósł w 2022 r., napędzany zakłóceniami w łańcuchach dostaw po pandemii Covid-19
- Odnotowując podobną tendencję spadkową jak inne OZE, MEW pozostaje stosunkowo droższa
- OZE stały się znacznie tańsze w ujęciu LCOE niż wytwarzanie energii z węgla i gazu

1) LCOE – uśredniony koszt wytwarzania EE na przestrzeni całego życia technologii (ang. levelised cost of electricity); 2) Wartości przeliczone z USD  
Źródło: IRENA; ECB; IJ

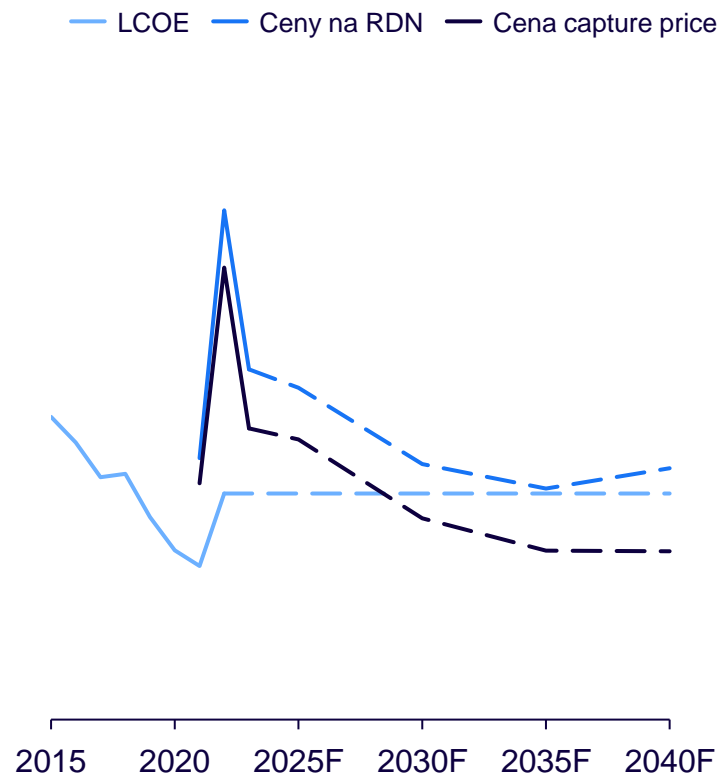
4

...jednak rosnący udział OZE w produkcji EE, a przez to obniżone („skanibalizowane”) ceny energii mogą być paradoksalnie przeszkodą dla inwestycji w OZE

### Ceny LCOE i capture price<sup>1</sup> dla LEW w Polsce, PLN/MWh



### Ceny LCOE i capture price dla PV w Polsce, PLN/MWh



### Komentarze

- Wykorzystanie energii wiatrowej lub słonecznej nie wiąże się z kosztami paliw kopalnych ani emisji CO<sub>2</sub>, co pozwala na utrzymanie niskich cen wytwarzanej EE
- W okresach wysokiej produkcji energii z OZE ceny EE są niskie i często osiągają zerowy lub ujemny poziom (który jest wyrazem wyzwań technicznych związanych z bilansowaniem i brakiem elastyczności systemu)
- Niskie ceny spot w dłuższej perspektywie przełożą się na jeszcze niższe ceny capture price poszczególnych technologii, co może podważyć uzasadnienie finansowe dalszych inwestycji („kanibalizacja”)

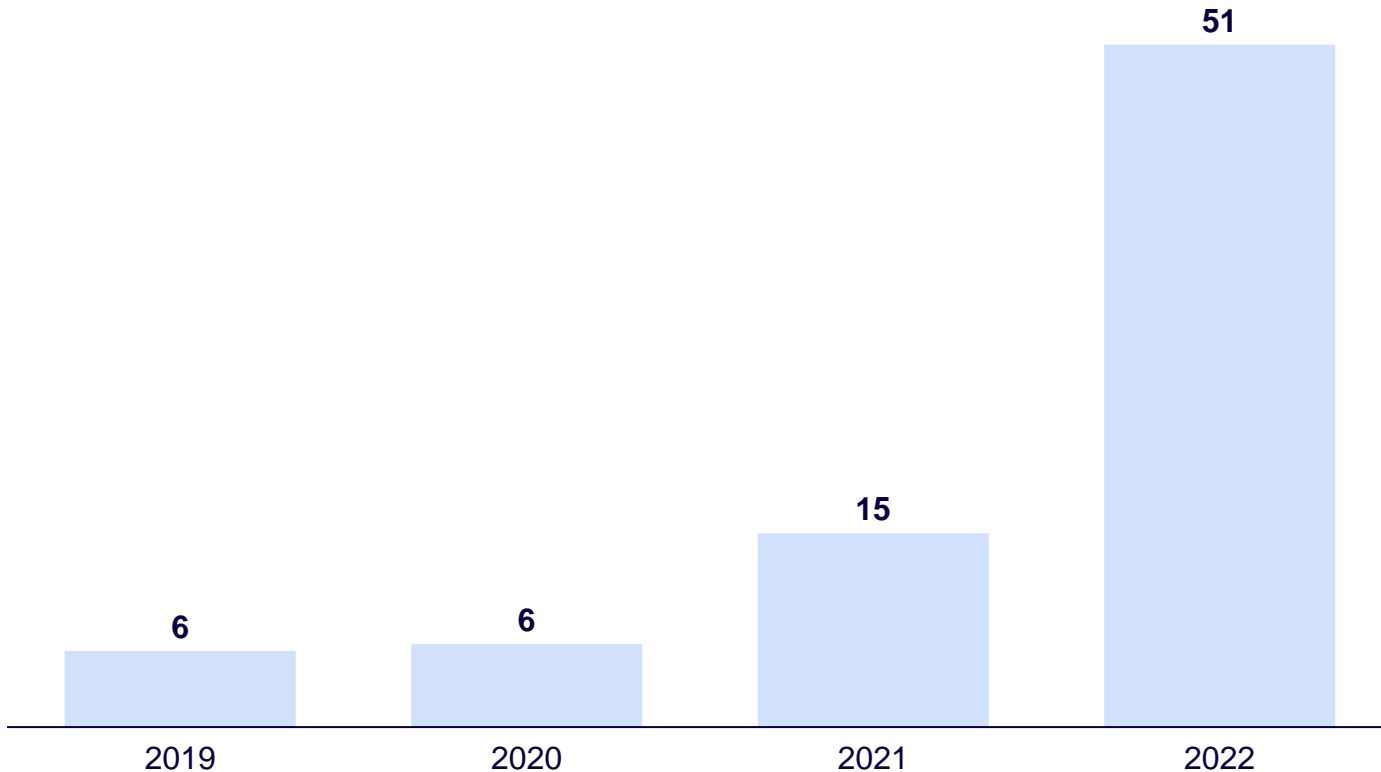
1) Cena capture price – średniookresowa, rynkowa cena EE „uchwycona” przez wolumeny energii wytworzonej przez dane źródło OZE  
Źródło: IRENA; PSE; IJ

5

## Rozwój OZE spowodował gwałtowny wzrost liczby wniosków o przyłączenie, jednak ze względu na brak przepustowości sieci, wiele z nich jest odrzucanych



### Odmowy przyłączenia do sieci w Polsce 2019–2022, GW



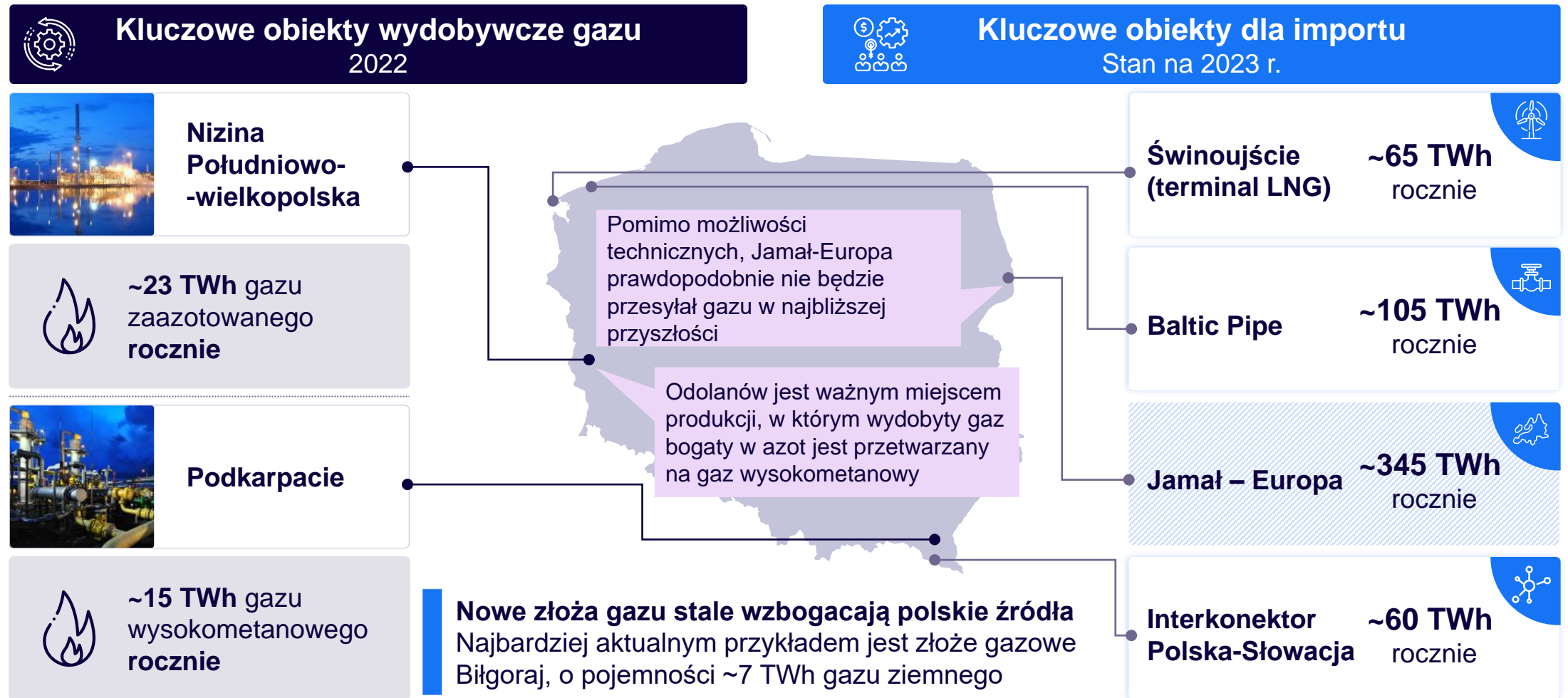
### Komentarze

- Według polskiego operatora systemu przesyłowego, Polska wyczerpała zdolności przyłączeniowe do sieci przesyłowej (stan na listopad 2023 r.)
- Z danych zebranych przez Urząd Regulacji Energetyki (URE) wynika, że w 2022 r. z powodu braku warunków technicznych lub ekonomicznych odrzucono ponad 51 GW nowych wniosków o przyłączenie

# ROLA GAZU ZIEMNEGO W PROCESIE DEKARBONIZACJI

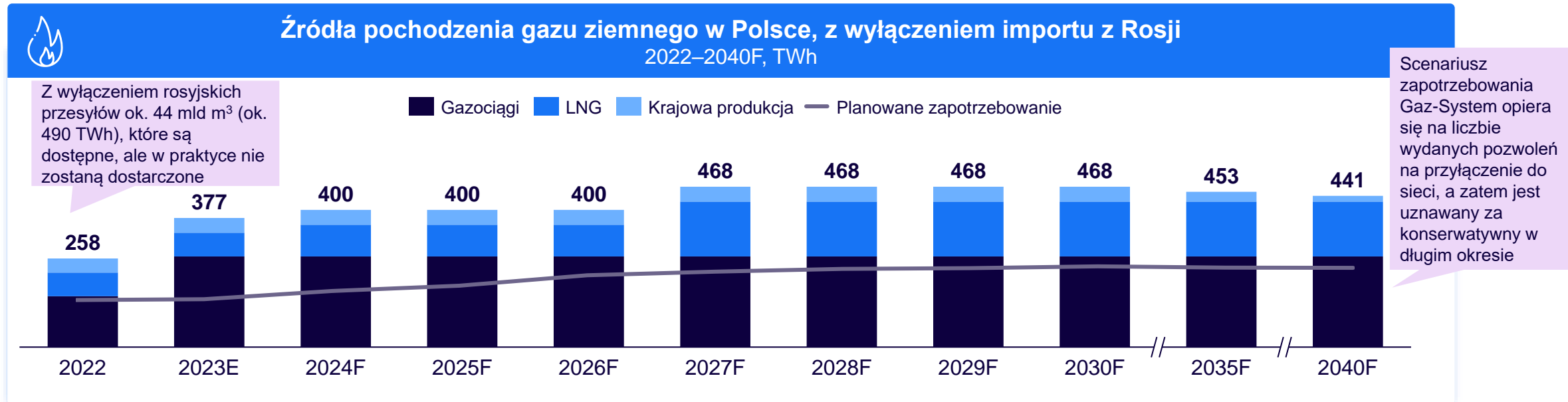
## Polska bazuje głównie na importowanych źródłach gazu ziemnego, a produkcja krajowa stanowi ~20-25% krajowego zapotrzebowania

WYBRANE OBSZARY





## Polska infrastruktura dostaw gazu jest obecnie przekształcana w celu uniezależnienia się od rosyjskiego gazu



### KLUCZOWE INWESTYCJE

#### Rozbudowa terminalu LNG w Świnoujściu

Jedyny działający terminal LNG w Polsce, który jest obecnie w trakcie rozbudowy (budowa nowego zbiornika magazynowego i nowego nabrzeża)

Do 2024 r. wzrost zdolności regazyfikacji z 69 do 92 TWh

#### Terminal gazowy FRSU<sup>1</sup> na Zatoce Gdańskiej

FRSU jest statkiem magazynującym LNG, który jest przystosowany do regazyfikacji LNG na pokładzie, a następnie oddawania gazu bezpośrednio do sieci

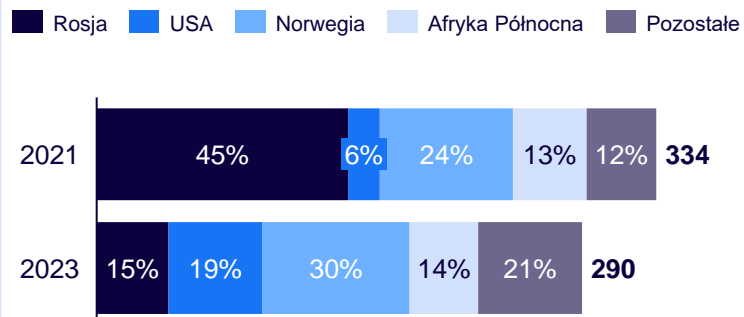
Oddanie do użytku do 2027 r.

Moc regazyfikacyjna: 69 TWh

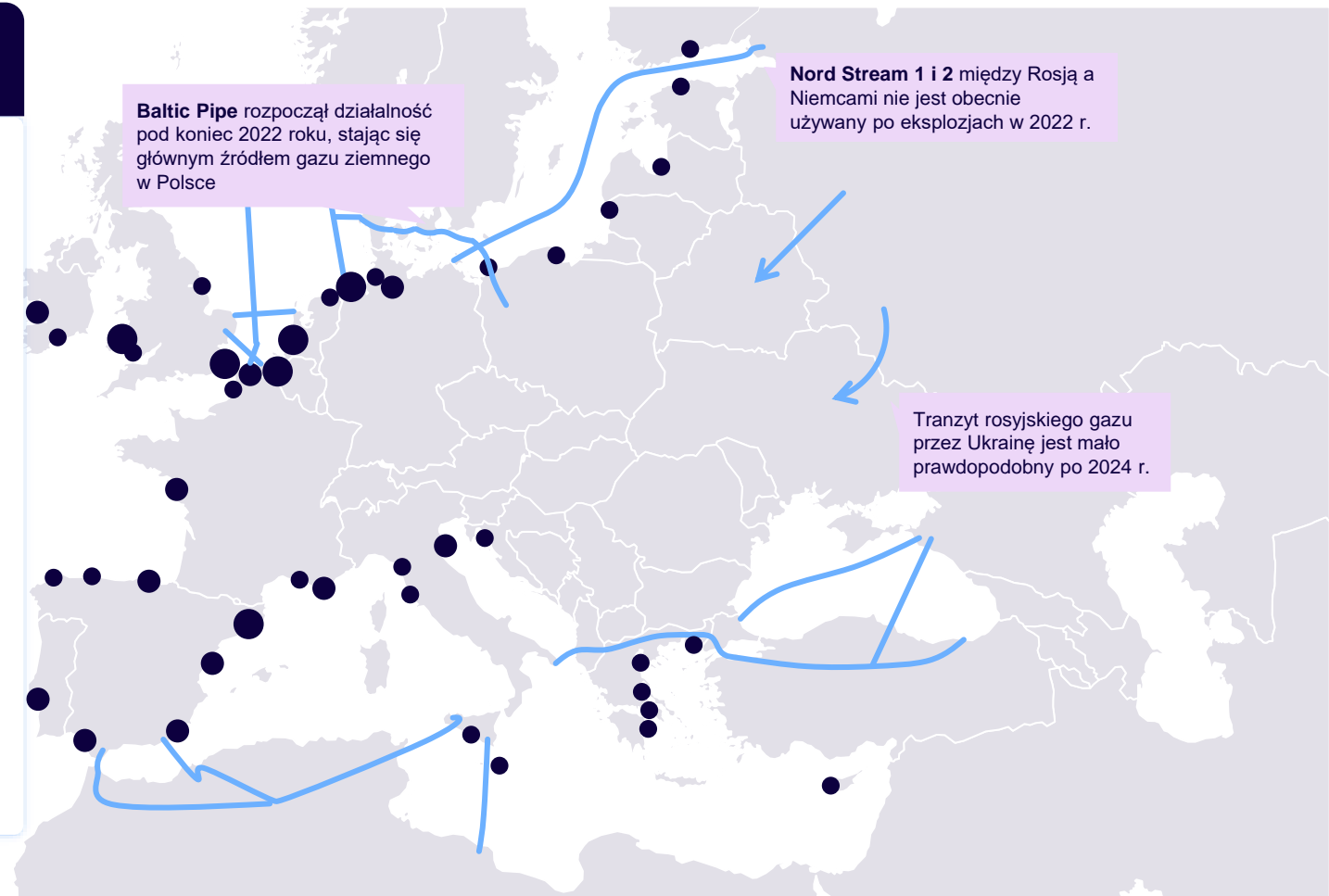
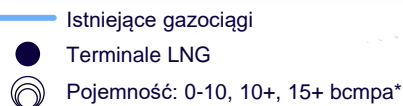
1) FRSU – pływająca jednostka regazyfikacji magazynowej (ang. floating storage & regasification unit)  
Źródło: PGNiG; IJ; Gaz-System; Arthur D. Little

## Rosyjska inwazja na Ukrainę wpłynęła na import gazu w Europie, obniżając udział importu z Rosji z 45% w 2021 r. do 15% w 2023 r.

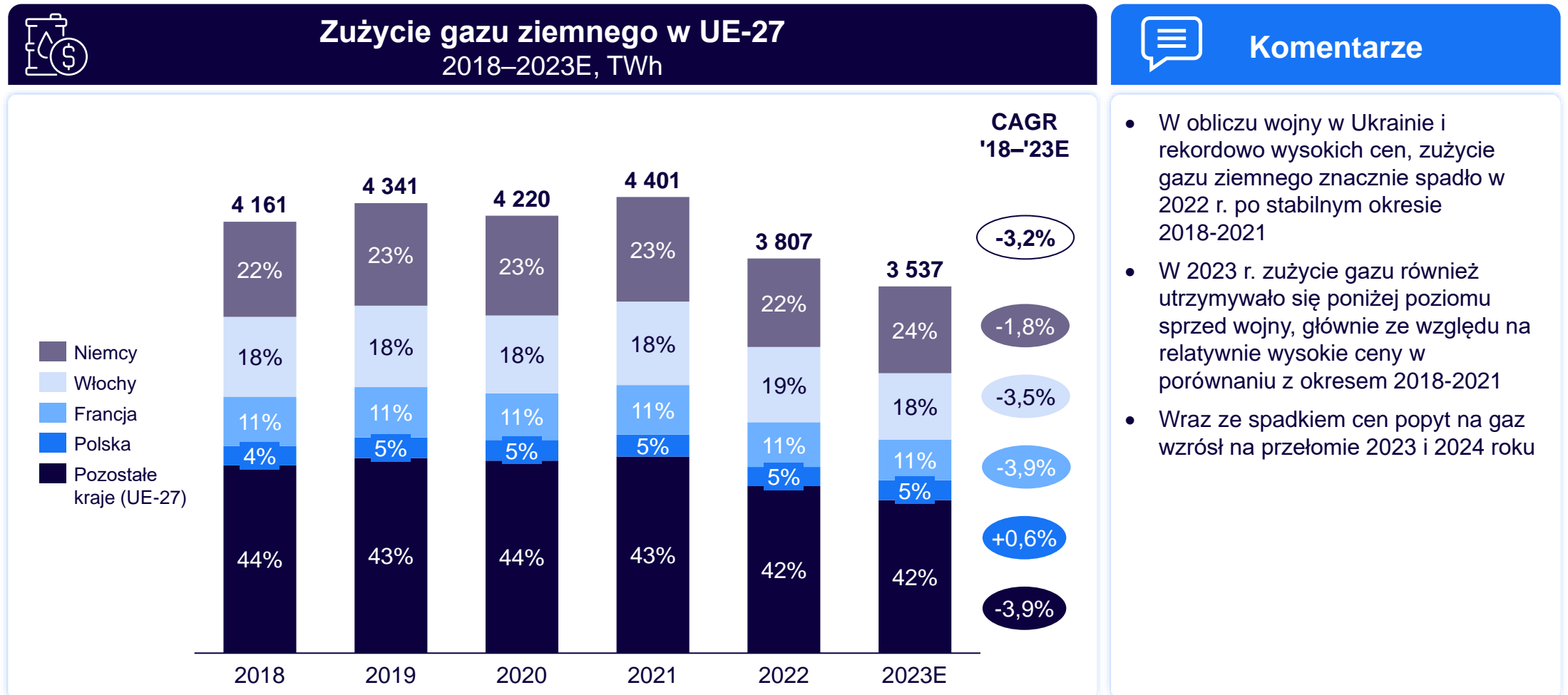
### Struktura importu gazu do Europy 2021–2023, mld m<sup>3</sup>



- Inwazja Rosji na Ukrainę wymusiła dywersyfikację dostaw energii do UE
- Łączny udział Rosji w imporcie gazu LNG i przez gazociągi do UE spadł z 45% w 2021 r. do mniej niż 15% w 2023 r.
- Odejście od rosyjskiego gazu spowodowało gwałtowny wzrost importu LNG i zmniejszenie ogólnego zużycia gazu w UE (o 13% mniej niż w 2021 r.)

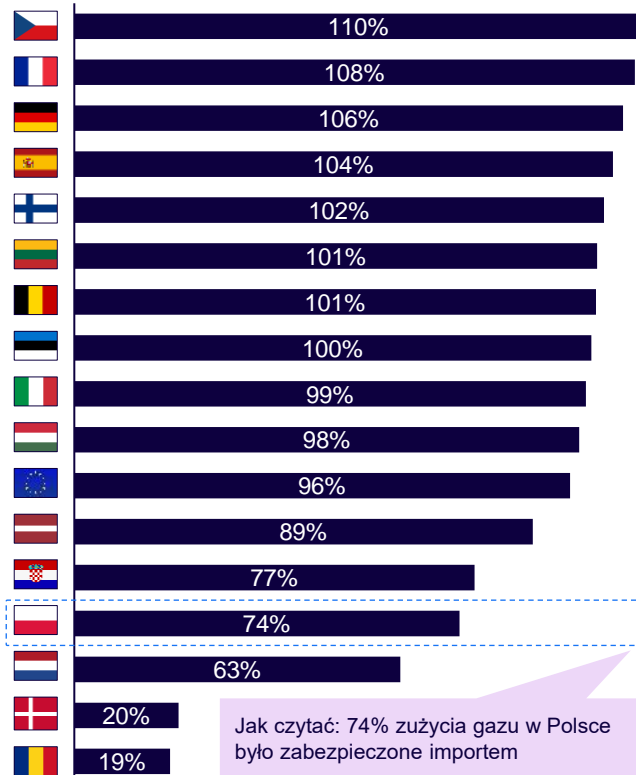


## Wzrost cen gazu i niestabilność dostaw związane z wojną w Ukrainie obniżyły zużycie gazu w UE w 2022 r.; w ostatnich miesiącach 2023 r. nastąpiło ożywienie

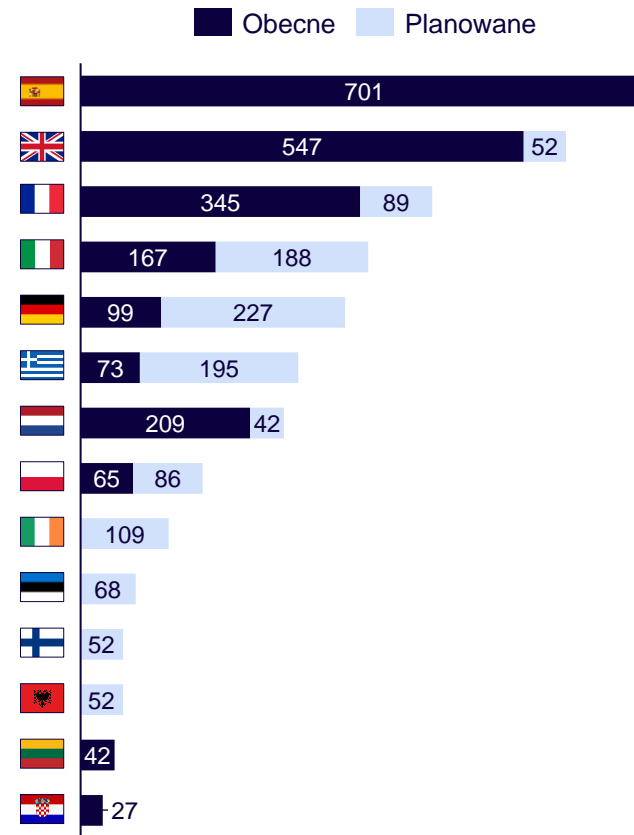


# Polska ma jeden z najniższych wskaźników uzależnienia od importu gazu w UE, ale niskie zdolności magazynowania i regazyfikacji wpływają na stabilność systemu

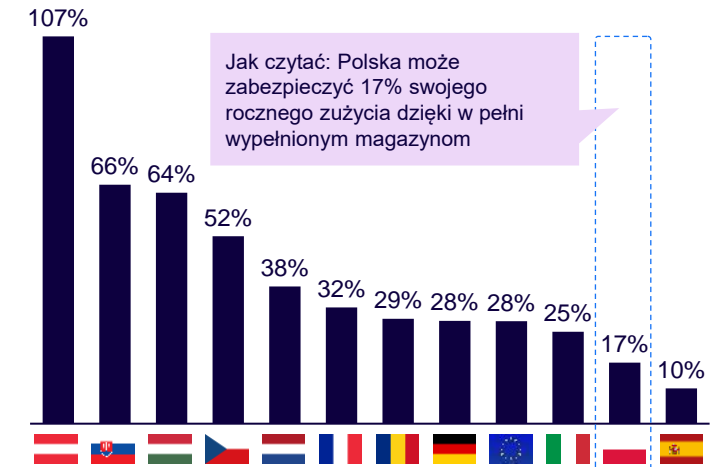
**Zależność od importu**  
(import-eksport)/zużycie, 2022



**Zdolności regazyfikacyjne**  
TWh, 2023





**Zmagazynowanie-zużycie**  
%, 2022



**Komentarze**

- Relatywnie **niskie uzależnienie Polski od importu gazu** ma **pozytywny wpływ** na bezpieczeństwo dostaw gazu. Jednak **krytycznym wyzwaniem**, z którym należy się zmierzyć jest **zwiększenie zdolności regazyfikacji i magazynowania**

## Zużycie gazu w Polsce ma rosnać ze względu na jego rolę w transformacji energetycznej, ale niestabilne ceny i poprawa wydajności mogą osłabić popyt

		 Opis	Znaczenie	Wpływ
 CZYNNIKI POPYTU	Cele i regulacje dotyczące dekarbonizacji 	Zarówno europejskie, jak i polskie <b>regulacje</b> wymagają redukcji zużycia węgla w najbliższych latach, a gaz jest naturalnym <b>paliwem przejściowym</b> przed przejściem na energetykę jądrową	Wysokie	
	Rosnące zapotrzebowanie na EE i potrzeby bilansujące 	W obliczu <b>niestabilności</b> produkcji EE z <b>OZE</b> i braku <b>wystarczającej przepustowości sieci elektroenergetycznej</b> , rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną będzie <b>równoważone bardziej stabilnymi źródłami, takimi jak gaz ziemny</b>	Średnie	
	Niestabilność cen gazu 	Rozpoczęcie wojny w Ukrainie ujawniło znaczną <b>niestabilność cen gazu ziemnego</b> , która może ulegać wahaniom w zależności od otoczenia makro (np. światowe ceny LNG)	Średnie	
	Poprawa efektywności energetycznej 	<b>Urządzenia zasilane gazem</b> stają się coraz bardziej <b>energooszczędne</b> , co oznacza, że zużycie na jednostkę będzie się stopniowo zmniejszać, zarówno dla klientów indywidualnych, jak i przemysłowych	Niskie	
 CZYNNIKI PODAŻY	Długoterminowe bezpieczeństwo dostaw gazu 	Po ograniczeniu <b>importu rosyjskiego gazu do zera</b> w 2022 r. kontynuowane <b>jest dostosowywanie struktury dostaw w Polsce</b> , aby zapewnić bezpieczeństwo energetyczne, m.in. poprzez infrastrukturę LNG, Baltic Pipe i nowe połączenia do gazociągów	Wysokie	

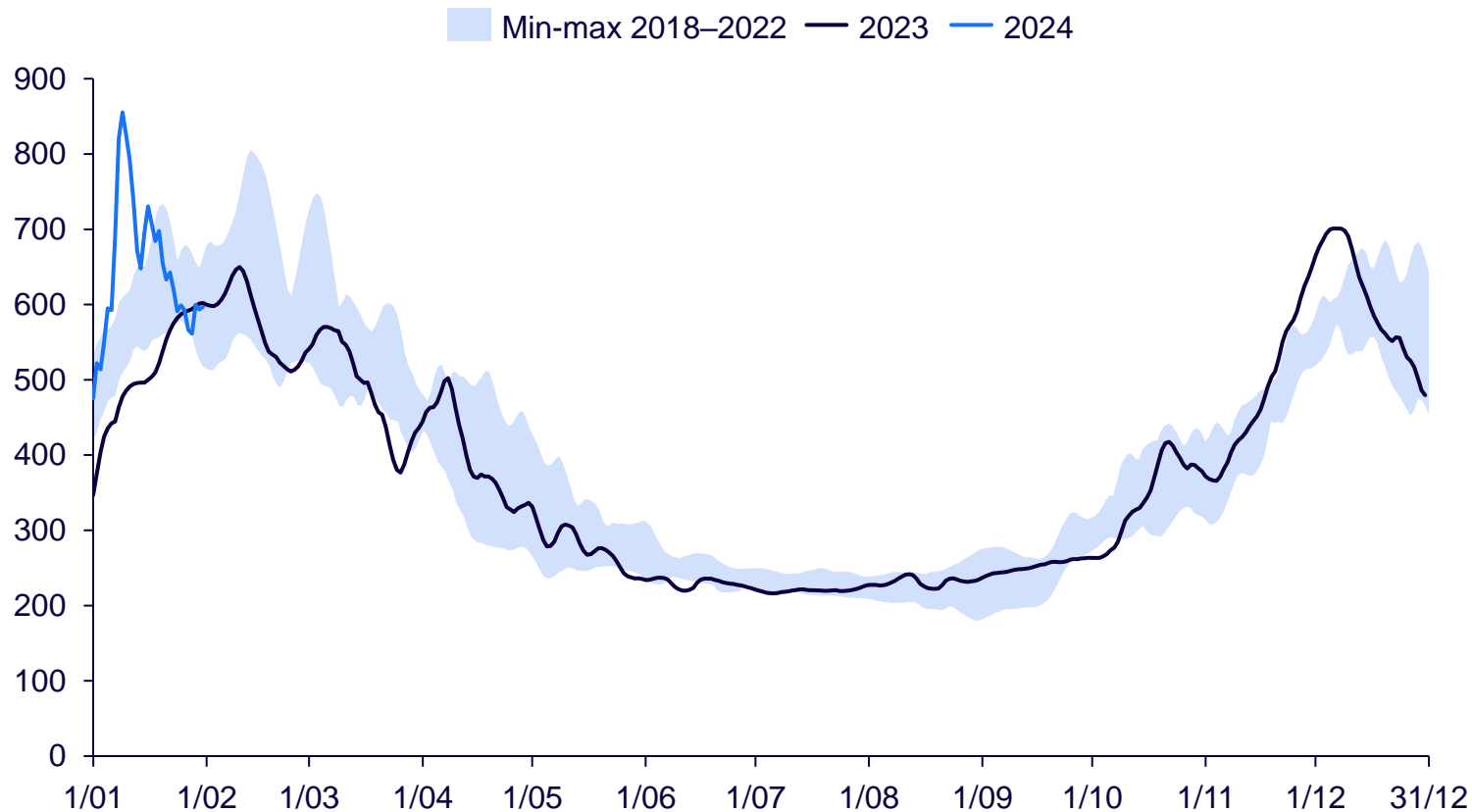
 Pozytywny  Negatywny

## Popyt na gaz ziemny w Polsce w IV kwartale 2023 r. i na początku 2024 r. był relatywnie wysoki, co sugeruje, że rynek wrócił do poziomów zużycia sprzed wojny



### Dzienne zapotrzebowanie na gaz ziemny w Polsce

2018–01/2024, TWh

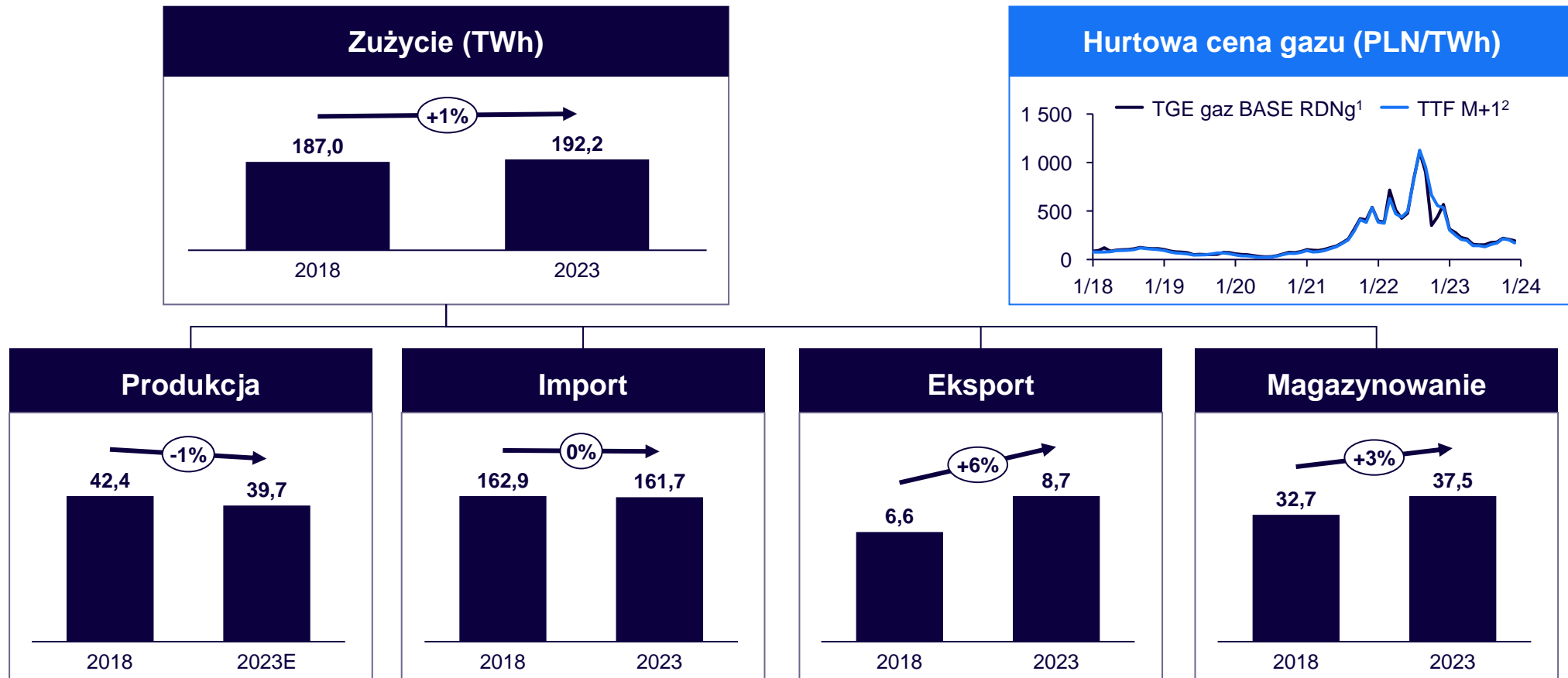


### Komentarze

- Od IV kwartału 2023 r. zapotrzebowanie na gaz w Polsce przekroczyło, historyczne maksima z ostatnich 5 lat
- Popyt na gaz był szczególnie wysoki w styczniu 2024 r., w którym przekroczył 20 TWh, ze względu na niskie temperatury i spadające ceny
- Dane potwierdzają również, że końcowi odbiorcy przemysłowi (przyłączeni bezpośrednio do systemu przesyłowego) potrzebowali więcej gazu ziemnego niż w analogicznym okresie 2022–2023

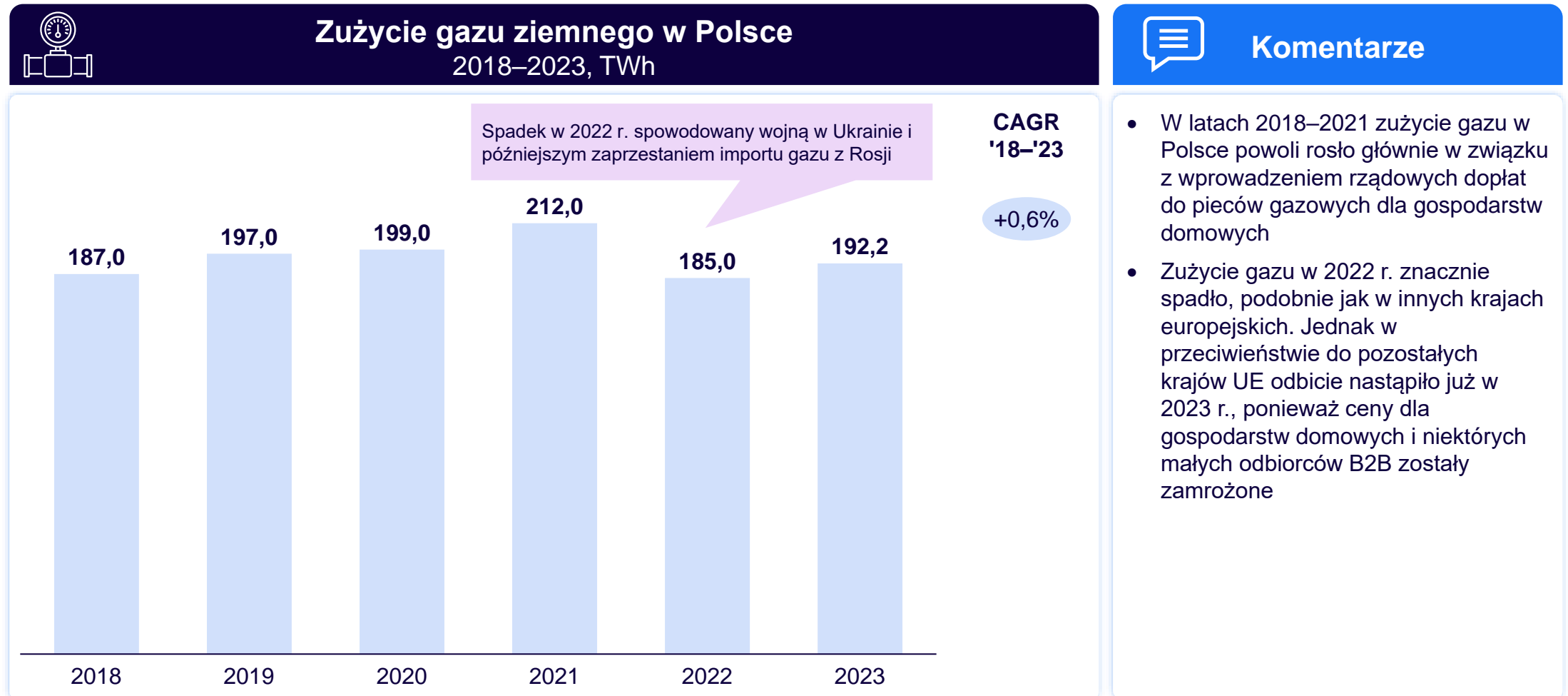
## Konsumpcja gazu ziemnego w Polsce jest na dobrej drodze do powrotu do poziomu sprzed wojny, pomimo zmiany struktury dostaw i przejściowego wzrostu cen

🔍 Szczegółowe analizy każdego segmentu na kolejnych slajdach



1) TGE gaz BASE RDNg – cena gazu ziemnego w Polsce na Rynku Dnia Następnego gazu (spot); 2) TTF M+1 – europejski indeks cen terminowych gazu  
 Źródło: URE; ARE; Eurostat; Gas Storage Poland; Towarowa Giełda Energii; NBP; GK ORLEN; PGNiG; investing.com; Arthur D. Little

## Niższe ceny gazu i zwiększone bezpieczeństwo dostaw pozwoliły na niewielki wzrost zużycia gazu w Polsce w 2023 r.

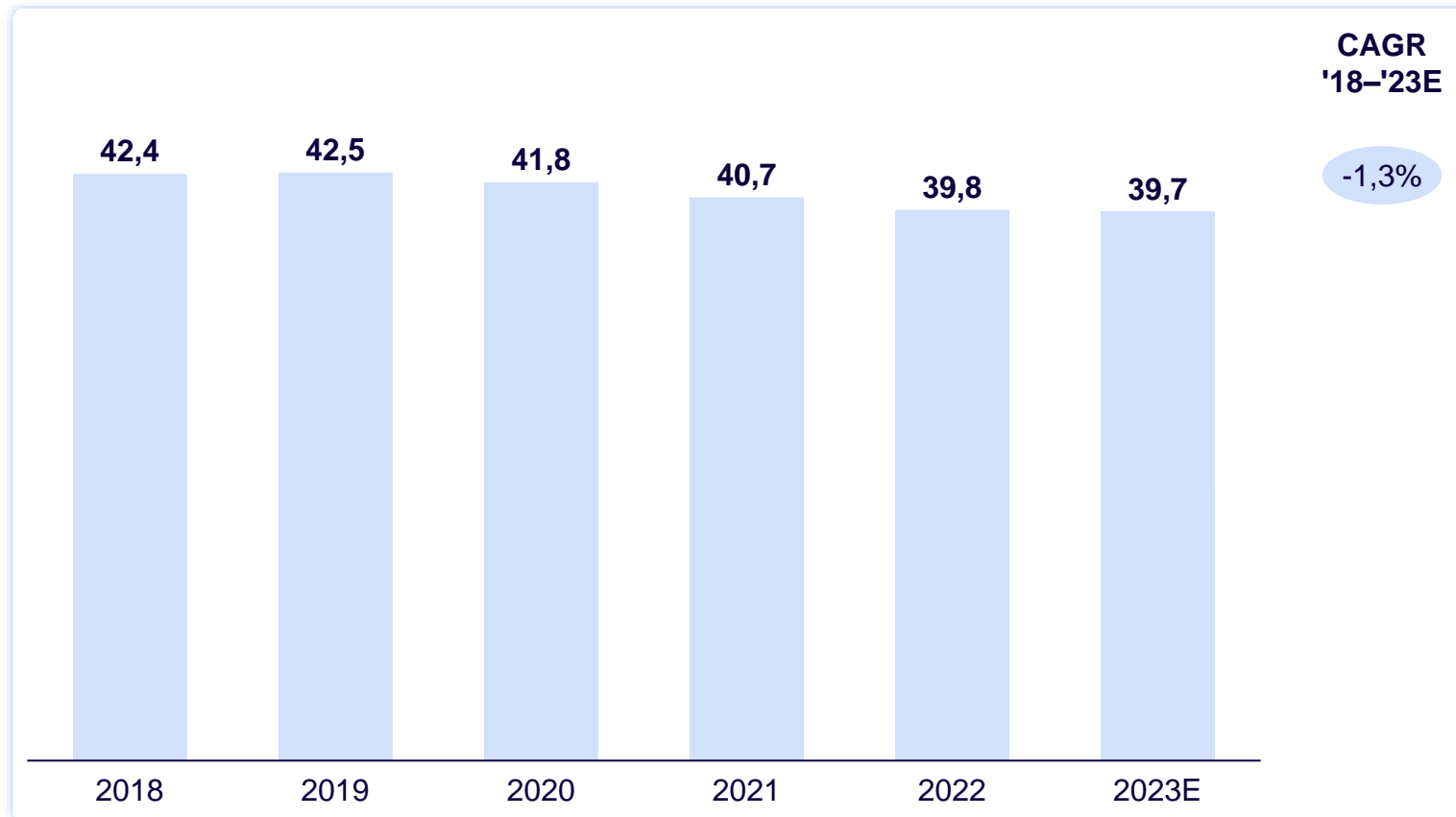




**Krajowe wydobycie gazu oscyluje w ostatnich latach wokół 40 TWh, co pokrywa ~20-25% zapotrzebowania oraz jest jednym z najwyższych wskaźników w UE**



### Wydobycie gazu ziemnego w Polsce 2018–2023E, TWh

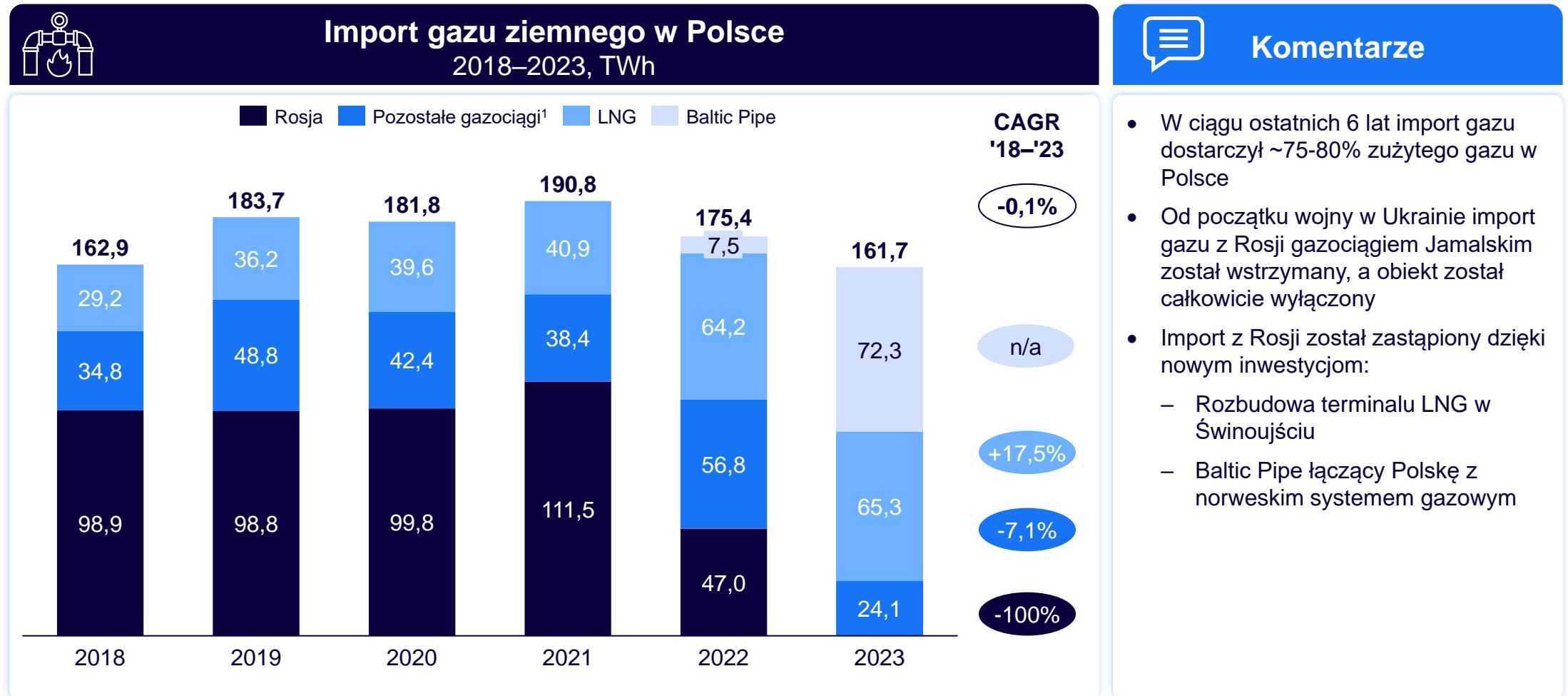


### Komentarze

- Obecnie w Polsce funkcjonują dwa główne obszary wydobycia gazu ziemnego:
  - Zachodnia część Niziny Południowowielkopolskiej, gdzie wydobywany jest gaz niskometanowy
  - Podkarpacie, gdzie wydobywany jest gaz wysokometanowy
- Państwowy koncern Grupa Kapitałowa Orlen jest jedynym podmiotem odpowiedzialnym za wydobycie gazu w Polsce. Stale poszukuje nowych złóż gazu zarówno w Polsce, jak i za granicą, w związku ze stopniowym wyczerpywaniem się polskich zasobów gazu



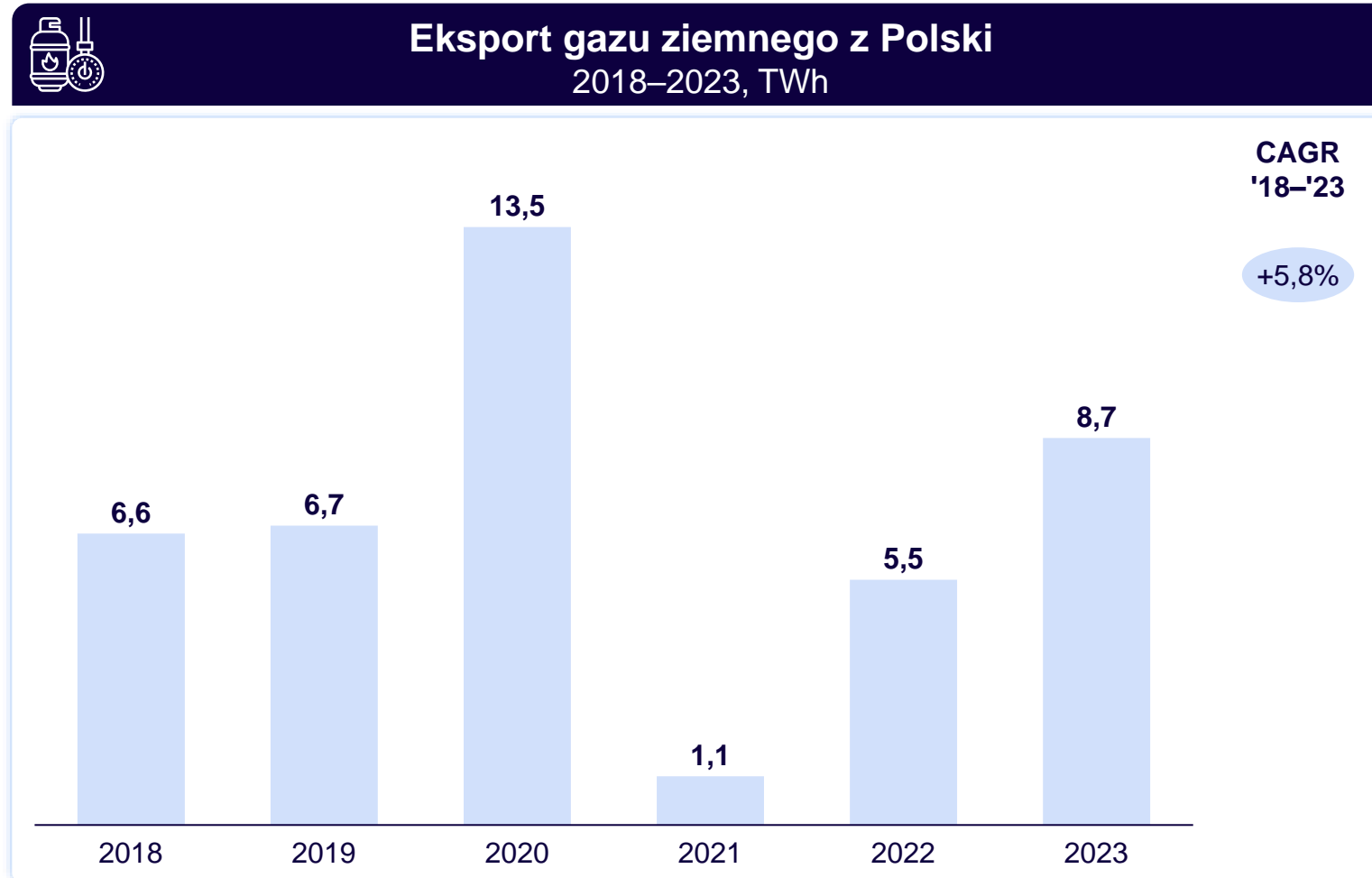
## W ciągu ostatnich 6 lat Polska zmieniła strukturę importu gazu ze dominowanej przez Rosję na zdywersyfikowaną, z kluczowym udziałem terminalu LNG i Baltic Pipe



1) Gazociągi łączące Polskę z Niemcami, Czechami, Słowacją, Ukrainą i Litwą  
 Źródło: URE; GK OLREN; PGNiG; ENTSOG; Arthur D. Little



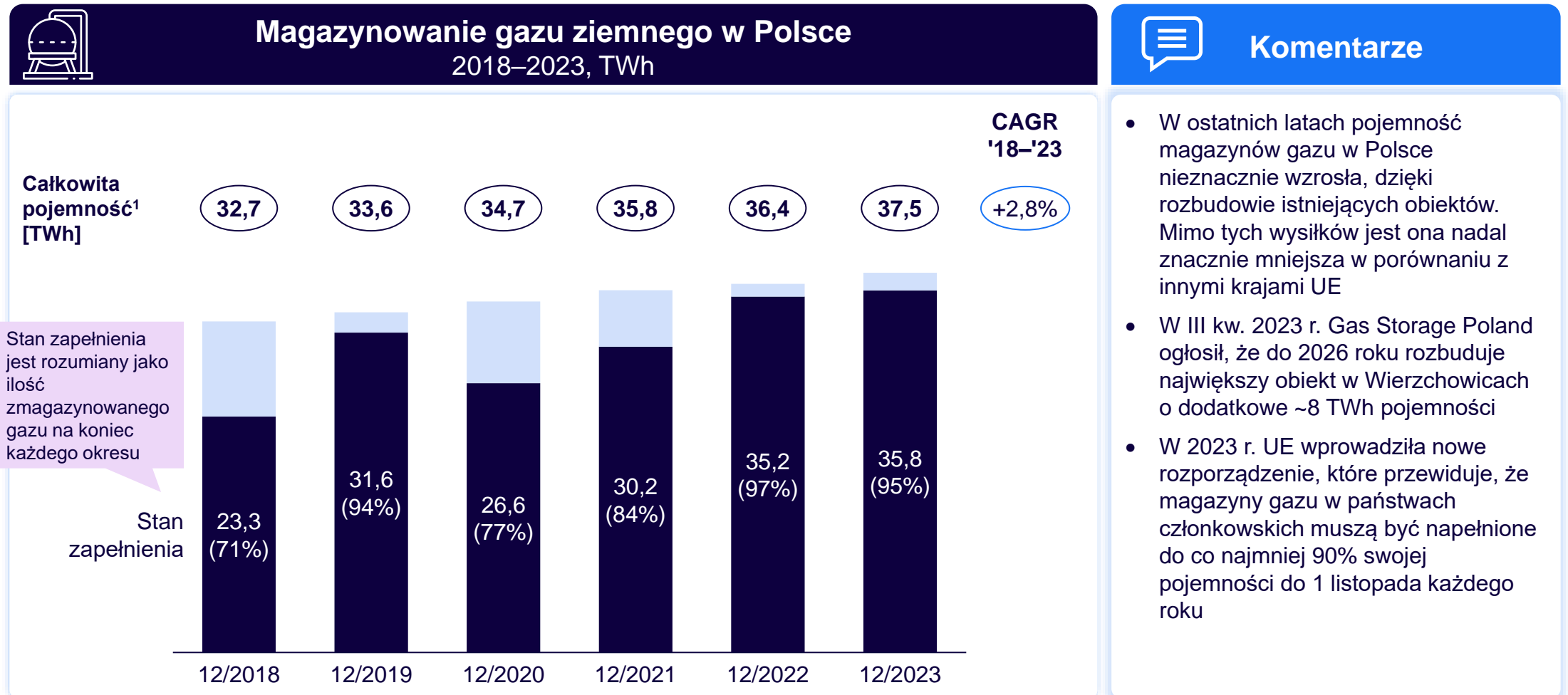
## Eksport gazu odgrywa jedynie ograniczoną rolę na polskim rynku gazu, z niewielkimi wolumenami przesyłanymi do Ukrainy



### Komentarze

- Polska eksportuje niewielkie ilości gazu ziemnego do Ukrainy przez interkonektor w Hermanowicach oraz na Litwę przez połączenie międzysystemowe Santaka
- Gaz-System planuje zwiększyć zdolności eksportowe do Ukrainy do 29 TWh rocznie
- Wolumeny eksportowanego gazu mogą wzrosnąć w najbliższych latach ze względu na niedawno wybudowane interkonektory ze Słowacją i Litwą

## Pojemność polskich magazynów gazu i ich stan zapęlnienia sukcesywnie się powiększa, aby przygotować się na ewentualne wahania popytu oraz podaży

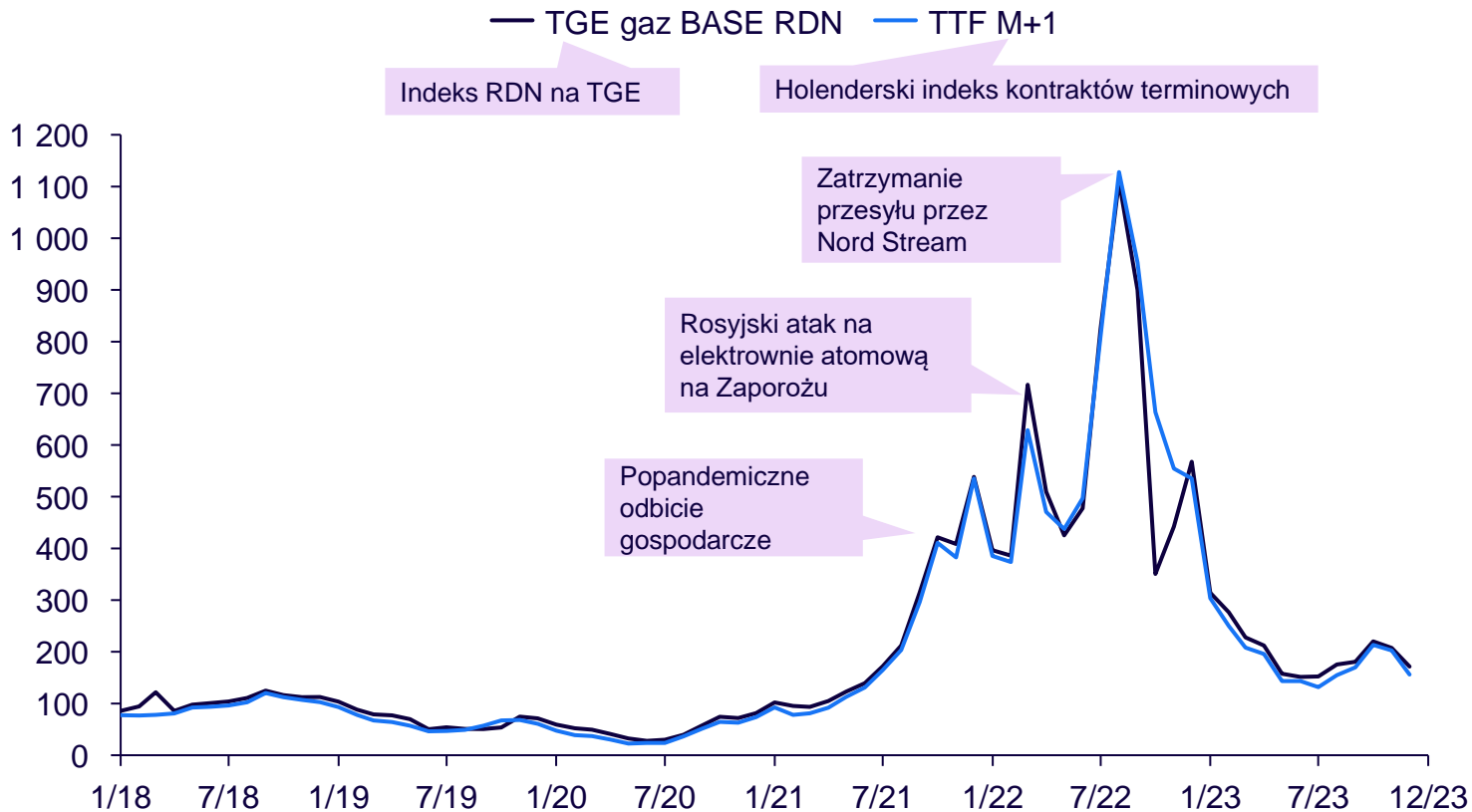


1) Całkowita pojemność na koniec okresu, t.j. grudzień danego roku  
Źródło: Gas Storage Poland; Arthur D. Little

## Od grudnia 2023 r. hurtowe ceny gazu w Polsce oraz indeks TTF notowany w Holandii niemal powróciły do poziomu sprzed wojny i pandemii Covid-19



### Ceny gazu ziemnego w Polsce 2018–2023, PLN/MWh

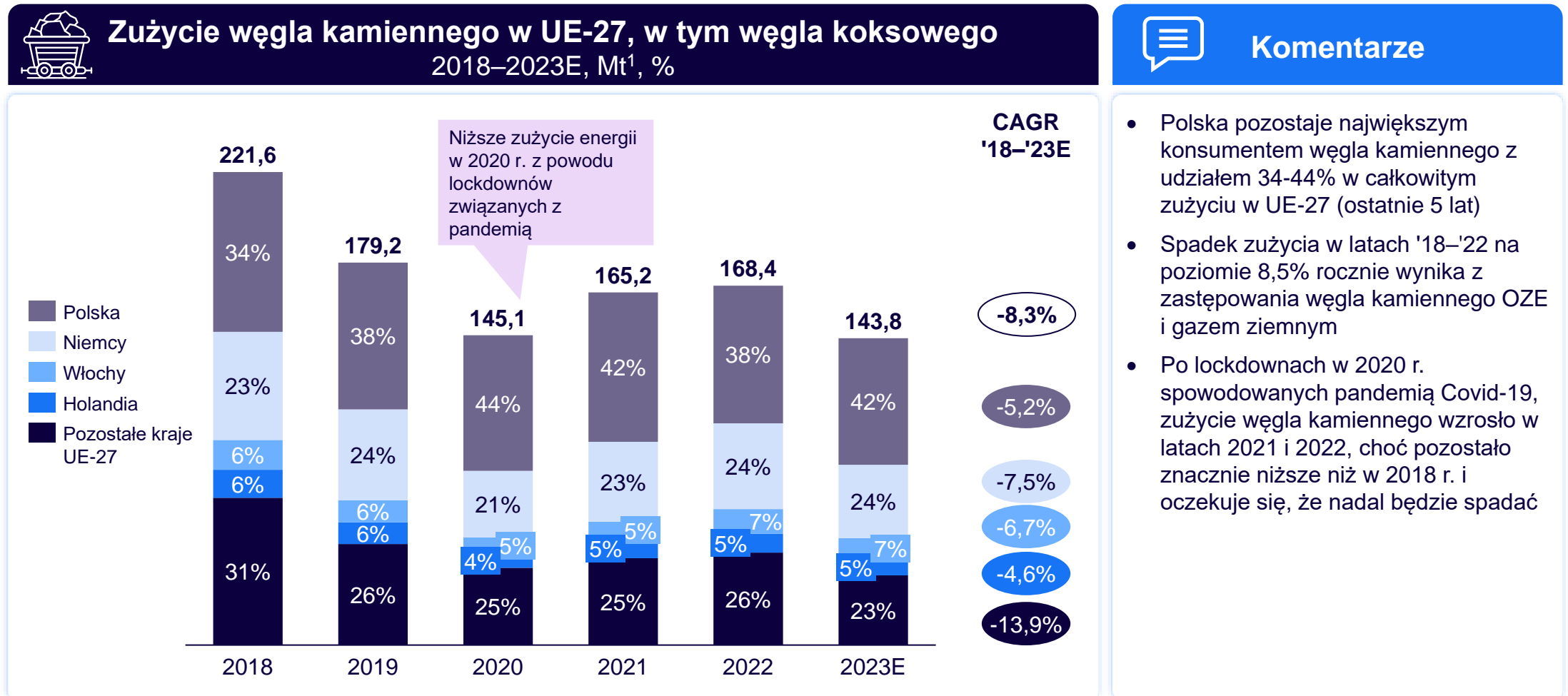


### Komentarze

- Hurtowe ceny gazu na Towarowej Giełdzie Energii (TGE) są skorelowane z głównym europejskim indeksem gazu TTF
- Po znacznym wzroście, spowodowanym wybuchem wojny w Ukrainie, ceny zaczęły spadać i przed grudniem 2023 r. wróciły do poziomów z 2021 r.
- W perspektywie krótkoterminowej oczekuje się, że ceny gazu ustabilizują się bliżej poziomu sprzed wojny, ponieważ krajom europejskim w większości udało się zastąpić dostawy z Rosji innymi źródłami

# WYKORZYSTANIA WĘGLA, A TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA

## Zgodnie z polityką środowiskową spada zużycie węgla kamiennego w krajach UE-27, przy czym Polska wciąż pozostaje największym konsumentem węgla w UE



1) Mt = milion ton metrycznych  
Źródło: Eurostat; Arthur D. Little

## Polska produkcja węgla zlokalizowana jest w pięciu głównych obszarach, z dwoma zagłębiami wydobywczymi WK i trzema obszarami WB





1) Stan na 31.12.2022 r.  
Źródło: Państwowy Instytut Geologiczny; Arthur D. Little



## Popyt na węgiel kamienny w Polsce maleje, ze względu na regulacje, dostępność alternatyw i zmiany w zużyciu węgla w gospodarstwach domowych

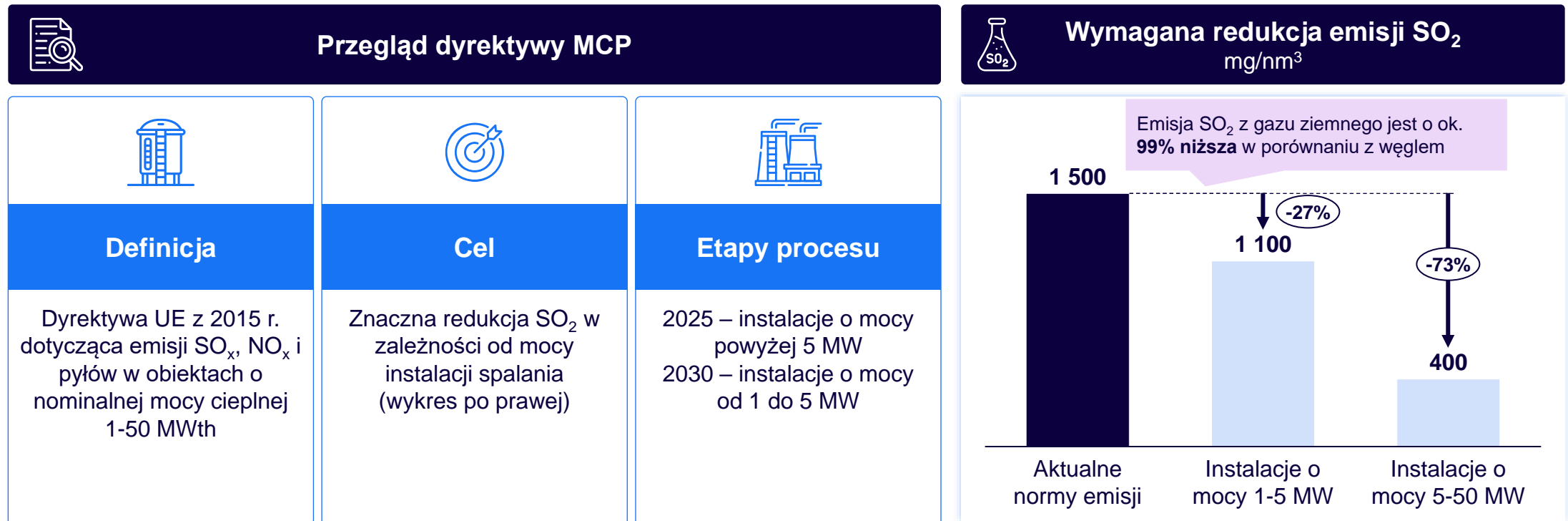
Szczegółowe analizy na kolejnych slajdach

		Opis	Znaczenie	Wpływ
 <b>CZYNNIKI POPYTU</b>	<b>1</b> Przepisy dotyczące niskiej emisji zanieczyszczeń 	Unijne i polskie regulacje nakazują <b>zmniejszenie zużycia węgla</b> w najbliższych latach, a docelowo ma nastąpić <b>całkowite zastąpienie węgla</b> niskoemisyjnymi lub zeroemisyjnymi źródłami energii	Wysokie	
	<b>2</b> Inwestycje w alternatywne źródła energii 	Zgodnie z polskimi planami odejścia od węgla, polski rząd <b>intensywnie inwestuje</b> we wspieranie rozwoju <b>bardziej przyjaznych dla środowiska źródeł energii</b> , takich jak gaz i energia jądrowa	Wysokie	
	<b>3</b> Zmiana w użytkowaniu w gospodarstwach domowych 	Gospodarstwa domowe, które historycznie odpowiadały za <b>znaczną część zużycia węgla</b> , stopniowo <b>przestawiają</b> swoje systemy grzewcze <b>na gaz ziemny i pompy ciepła</b> , zachęcane dotacjami	Średnie	
 <b>CZYNNIKI PODAŻY</b>	<b>4</b> Spadek konkurencyjności polskiego węgla 	Wraz z postępującym wydobyciem węgla w polskich kopalniach proces ten staje się coraz <b>trudniejszy i bardziej kosztowny</b> . Wywołuje to spadek konkurencyjności w stosunku do alternatywnych źródeł energii	Wysokie	

 Pozytywny  Negatywny

1

## Unijna dyrektywa MCP<sup>1</sup> będzie wymagała od wielu małych i średnich przedsiębiorstw odejścia od wykorzystywania węgla jako podstawowego źródła energii



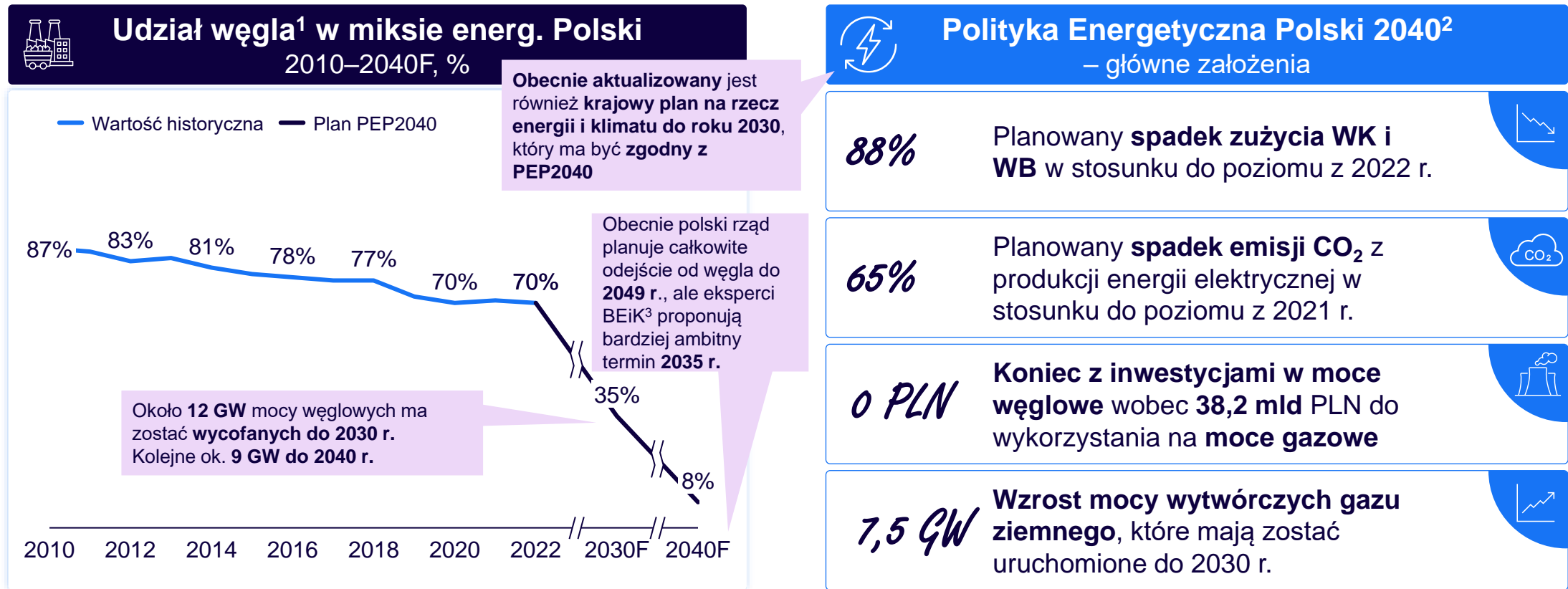
Wprowadzenie dyrektywy MCP oznacza, że wielu przemysłowych odbiorców energii będzie zmuszonych do **przejścia z węgla** na mniej zanieczyszczające źródła energii, np. **systemy gazu ziemnego**. Jest to **rozwiązanie długoterminowe (po 2040 r.)**, ponieważ takie systemy mogą **również wykorzystywać biometan jako paliwo** bez istotnych modyfikacji

1) Dyrektywa MCP – Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2193 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń ze średnich obiektów energetycznego spalania

Źródło: Komisja Europejska; KOBiZE; Arthur D. Little

2

## Oczekuje się, że udział WK w polskim miksie energetycznym będzie stopniowo spadał, ponieważ ma być zastępowany przez bardziej przyjazne środowisku paliwa



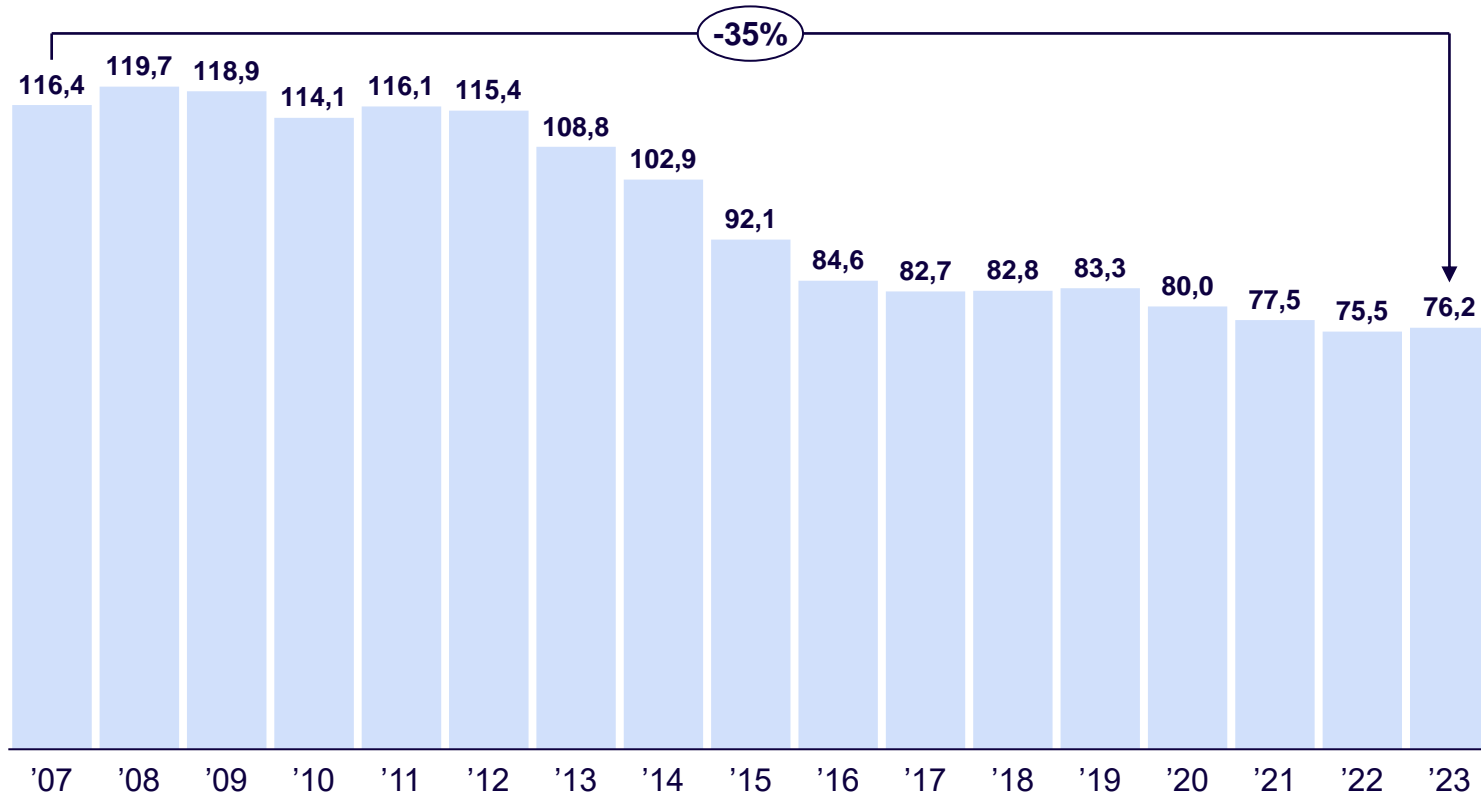
**Ograniczona od 2010 r. poprawa w zakresie redukcji udziału węgla w miksie elektroenergetycznym będzie wymagała od Polski znaczącej intensyfikacji działań dekarbonizacyjnych w najbliższych latach, aby zrealizować ambitne cele Polityki Energetycznej Polski do 2040 r.**

2

## Malejąca rola węgla kamiennego w polskim górnictwie jest również widoczna w poziomie zatrudnienia



### Zatrudnienie w górnictwie węgla kamiennego w Polsce 2007–2023<sup>1</sup>, etaty (tys.)



### Komentarze

- W ciągu ostatnich 15 lat zatrudnienie w przemyśle węgla kamiennego w Polsce zmniejszyło się o ~35%, głównie z powodu:
  - Spadku opłacalności wydobycia węgla ze względu na niską dostępność złóż
  - Coraz większych wysiłków Polski na rzecz dekarbonizacji
- Oprócz spadającego zatrudnienia, spada również średnia produktywność<sup>2</sup>, co jeszcze bardziej wpływa na jednostkowe koszty pracy

1) Poziom zatrudnienia na koniec każdego okresu; 2) Rozumiana jako ilość wyprodukowanego węgla w przeliczeniu na pracownika pełnoetatowego  
Źródło: ARP; Arthur D. Little

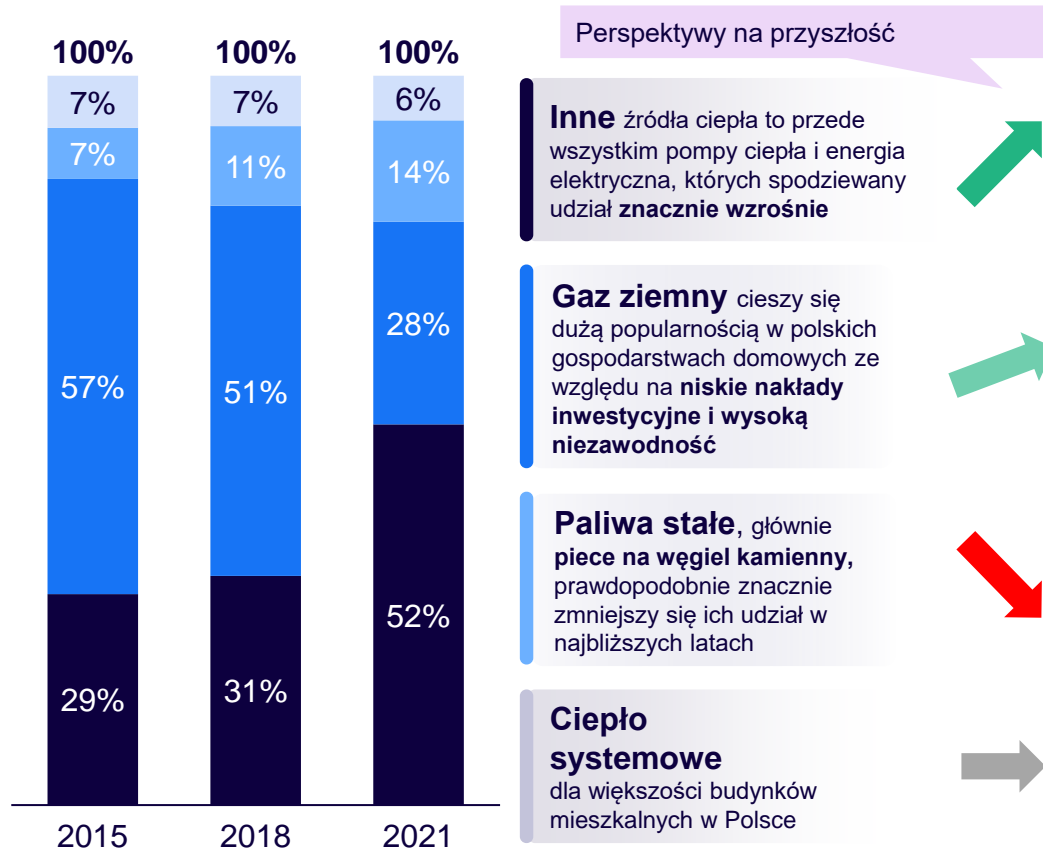
3

## Oczekuje się, że spadek popytu na węgiel kamienny w gospodarstwach domowych będzie związany z zakazami spalania węgla w polskich miastach



### Źródła ciepła w polskich gosp. dom.

Wg. stanu na styczeń 2024 r., % gosp. dom.

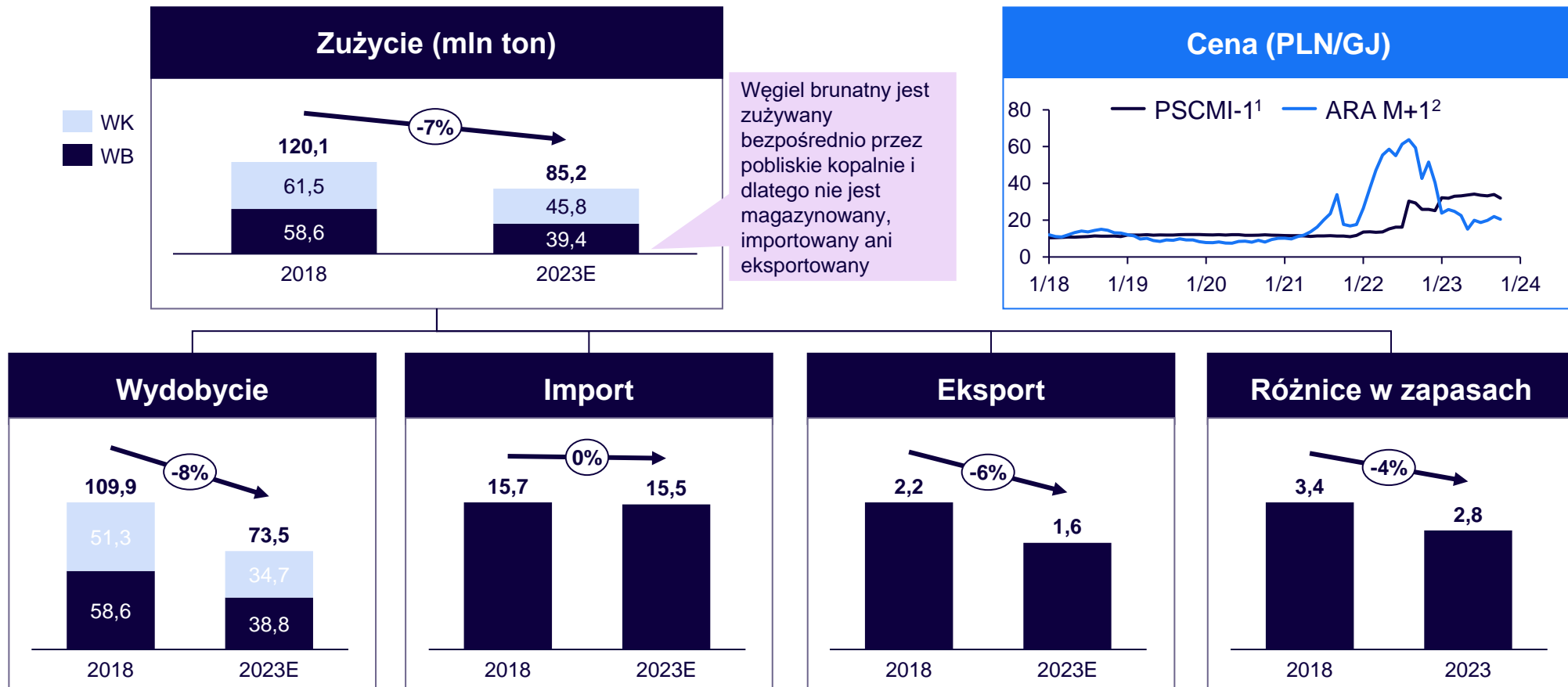


### Zakazy instalacji pieców na węgiel w polskich miastach



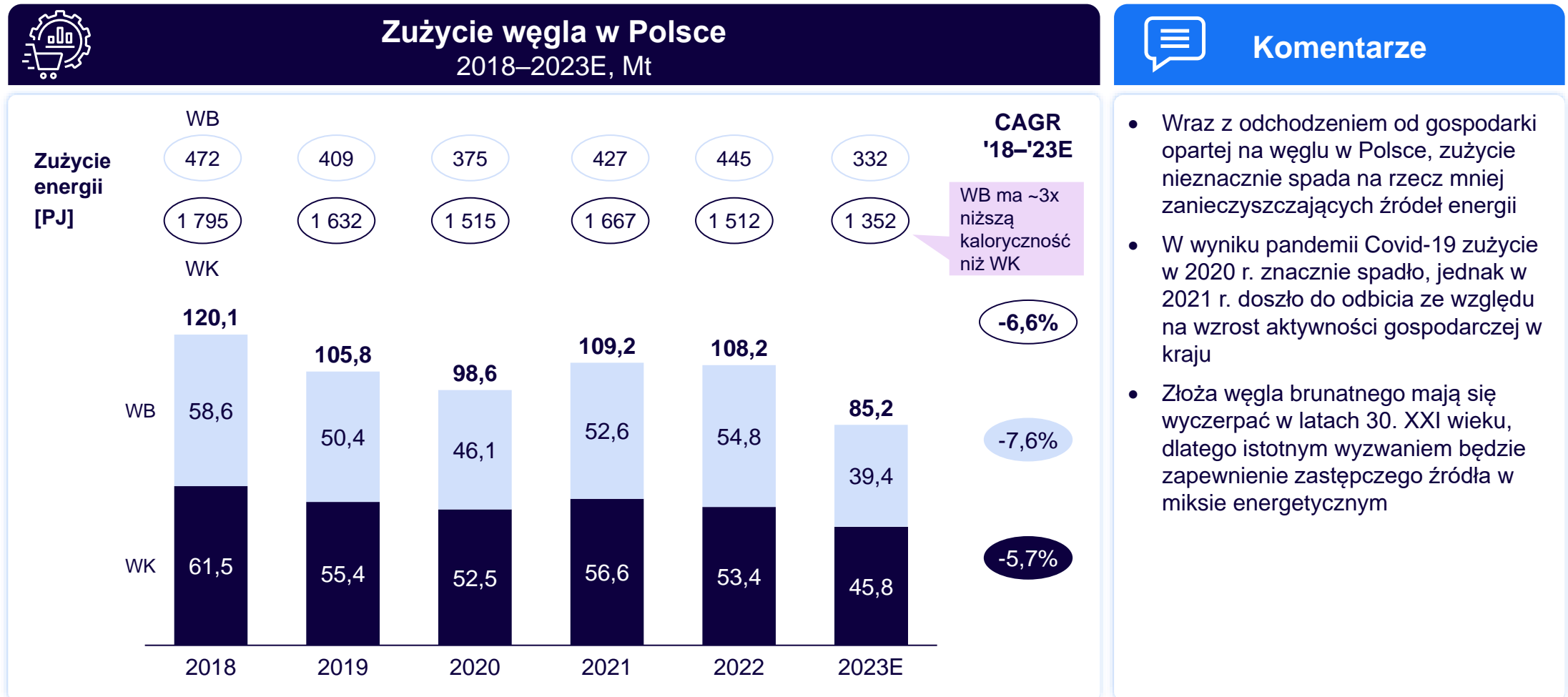
## Zużycie węgla w Polsce '18–'23E spadało w tempie 7% rocznie, ze względu na spadek produkcji i niższy eksport

🔍 Szczegółowe analizy każdego segmentu na kolejnych slajdach

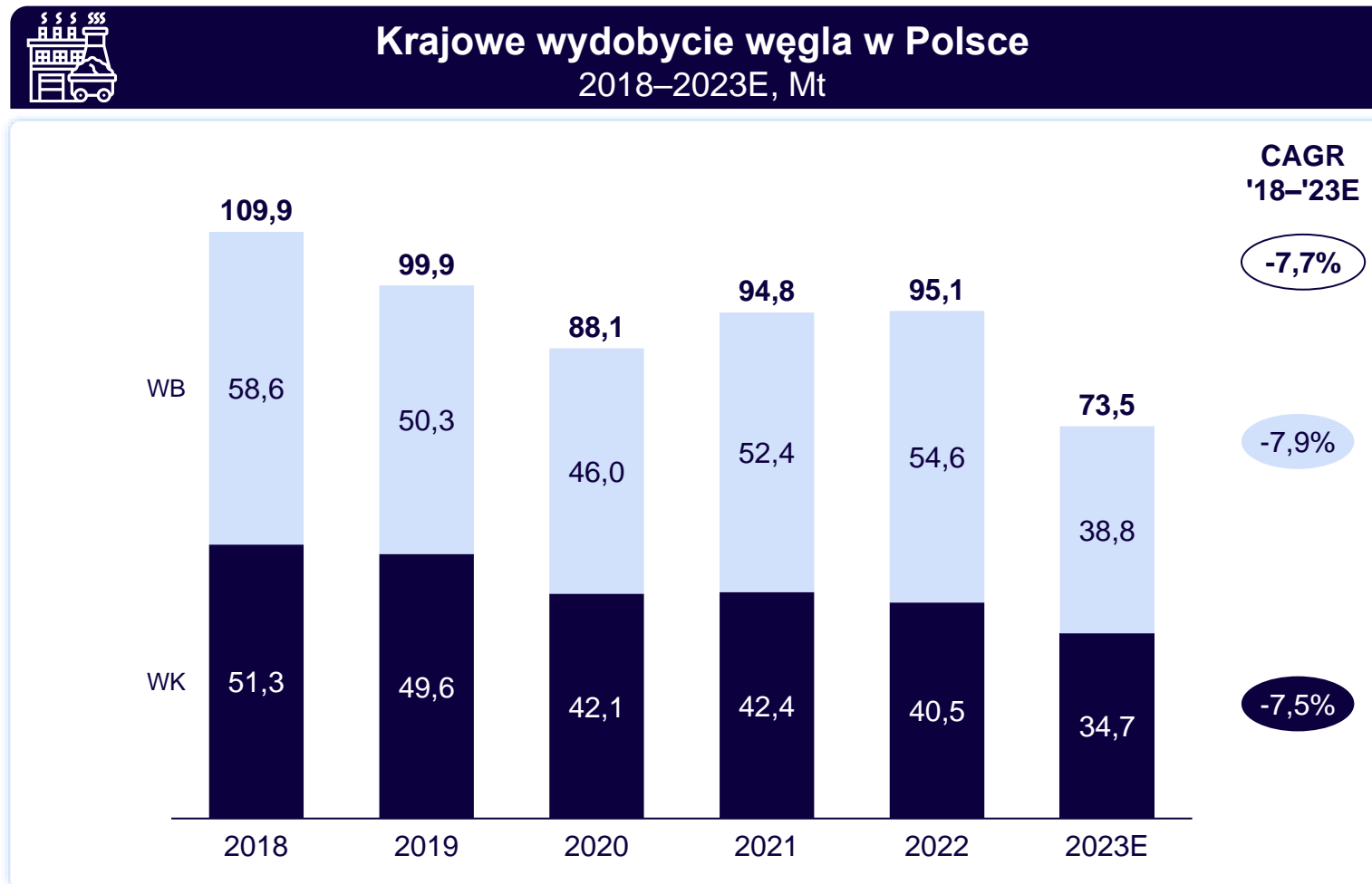


1) PSCMI-1 – Indeks Polskiego Rynku Węgla Energetycznego; 2) ARA M+1 – europejski indeks cen kontraktów terminowych na węgiel kamienny (z wyprzedzeniem miesiąca)  
Źródło: Eurostat; ARE; GUS; ARP; Stooq; Arthur D. Little

**W latach 2018–2023E zużycie zarówno WK, jak i WB w Polsce spadło, przy czym dla WB spadek wyniósł 7,6% w skali roku, a dla WK 5,7%**



## Krajowe wydobycie węgla spadło, w związku ze zmianą miksu energetycznego i rosnącymi trudnościami w eksploatacji polskich złóż, zarówno WB, jak i WK



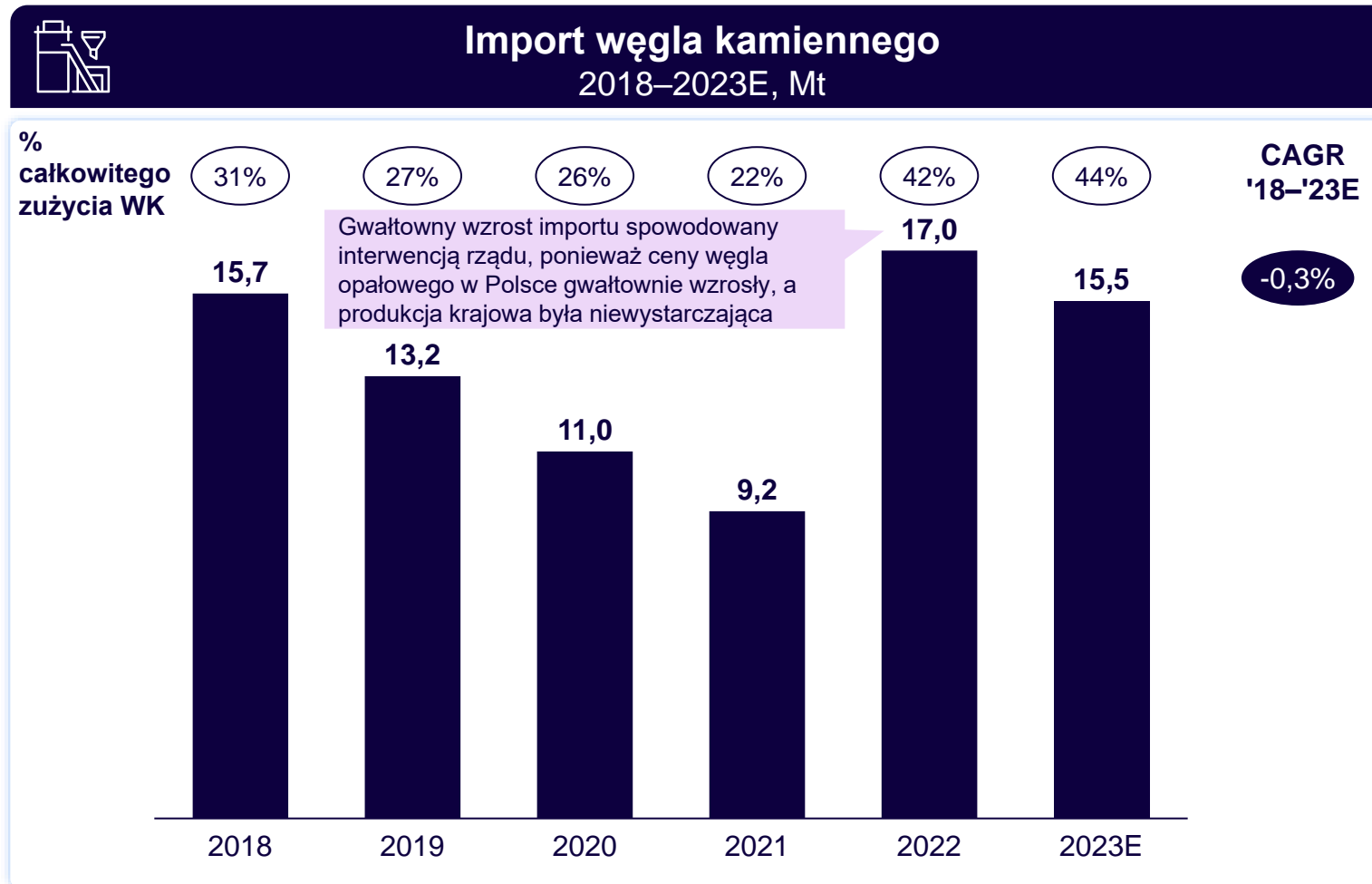
### Komentarze

- Polskie kopalnie stoją w obliczu ograniczeń produkcji w związku z utrudnieniami w wydobyciu węgla kamiennego, a inwestycje w rozwój nowych metod i miejsc wydobycia są ograniczone
- Kolejną przyczyną spadku wydobycia węgla jest zmiana miksu energetycznego nie tylko dla produkcji EE, ale także dla gospodarstw domowych, które przestawiają swoje źródła ogrzewania z węgla na gaz i pompy ciepła





## Import węgla kamiennego wzrósł w ostatnich latach, napędzany gwałtownym wzrostem cen krajowego węgla kamiennego po rozpoczęciu wojnie w Ukrainie

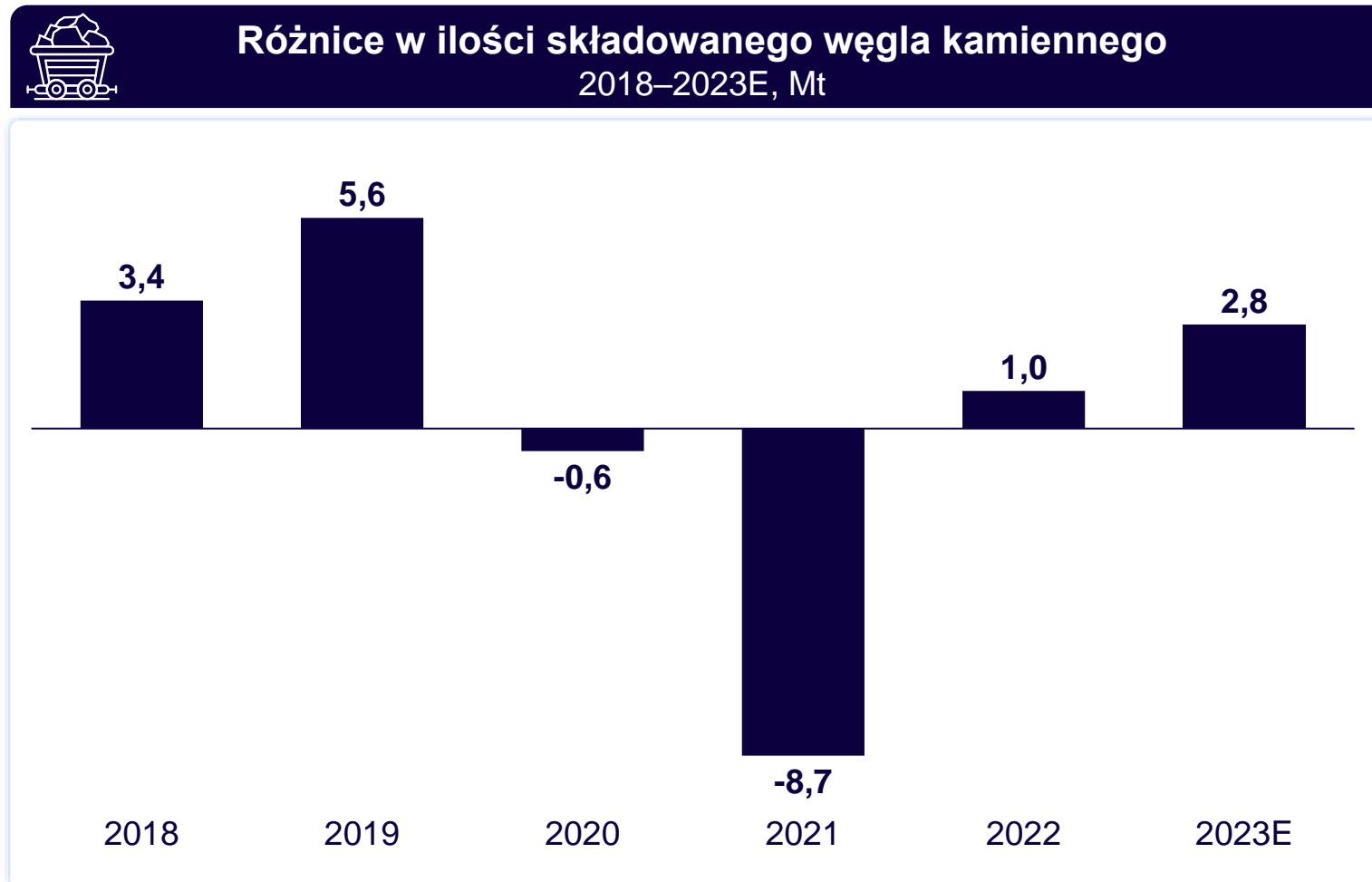


### Komentarze

- Do czasu wprowadzenia embarga w 2022 r. Rosja była największym eksporterem (60% udziału) WK do Polski
- Importowany WK nie jest powszechnie używany do produkcji EE; 20-30% importowanych zasobów jest wykorzystywanych przez gospodarstwa domowe, a reszta jest wykorzystywana głównie przez ciepłownie
- W wyniku wojny w Ukrainie ceny WK w Polsce i Europie gwałtownie wzrosły. W ramach interwencji rząd rozpoczął import węgla kamiennego z Kazachstanu i RPA w celu zaspokojenia zimowego zapotrzebowania
- Od 2023 r. rząd nie planuje kontynuacji importu na taką skalę



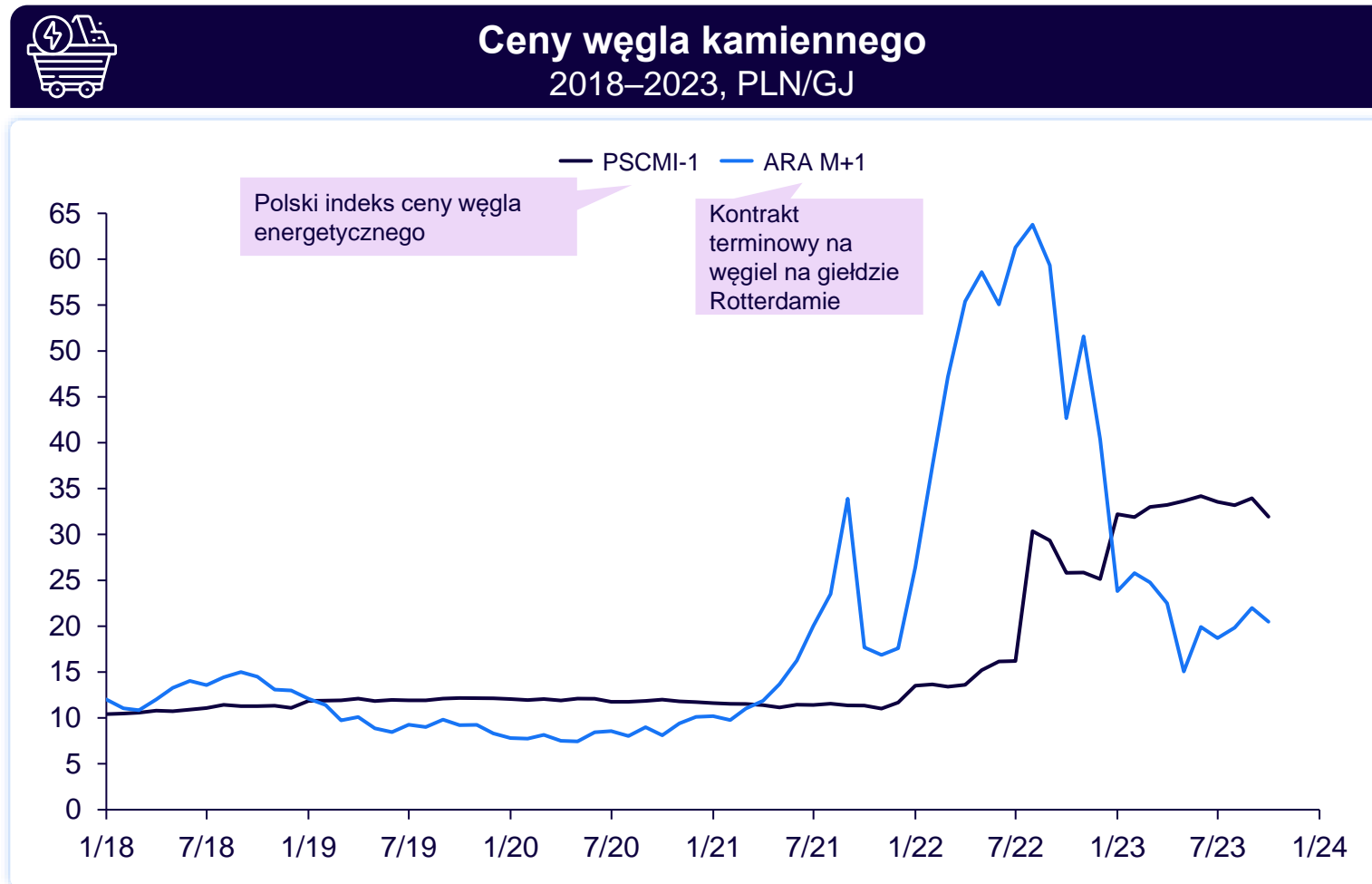
## Ilość składowanego węgla kamiennego ulegała wahaniom w ostatnich latach, z nagłym spadkiem w 2021 r. i stopniowym wzrostem w późniejszym okresie



### Komentarze

- Różnice w ilości zapasów WK to efekt bilansowania krajowego zużycia, produkcji i handlu zagranicznego
- W 2021 r. nagły spadek stanów magazynowych WK był efektem niskiego importu oraz popandemicznego odbicia gospodarczego, które przełożyło się na wzrost zużycia krajowego oraz eksportu
- Wysoka ilość składowanego węgla kamiennego powoduje opóźnienia w płatnościach i problemy finansowe polskich kopalni, podczas gdy zakłady produkcyjne będące odbiorcami wykorzystują zgromadzone wcześniej zasoby

## Niepewność geopolityczna w ostatnich latach spowodowała gwałtowne zmiany wcześniej stabilnych cen WK zarówno na rynku polskim, jak i europejskim



### Komentarze

- ARA M+1 jako indeks rynkowy charakteryzuje się znacznie wyższą zmiennością niż regulowane i częściowo sterowane przez rząd ceny PSCMI-1
- W sezonie zimowym 2021 r., gdy ceny gazu w Europie wzrosły, wzrósł popyt na tańsze alternatywy, podnosząc również ceny ARA M+1. Trend ten nasilił się w 2022 r., po rosyjskiej inwazji na Ukrainę
- W 2022 r. ceny PSCMI-1 również odnotowały gwałtowny wzrost ze względu na presję inflacyjną i niedopasowaną produkcję do popytu na WK

# SŁOWNIK POJEĆ I WYKAZ ŹRÓDEŁ

## Słownik pojęć (1/3)

Skrót	Definicja
ARA M+1	Europejski indeks cen kontraktów terminowych na węgiel kamienny (z wyprzedzeniem miesiąca)
BEiK	Eksperska Rada ds. Bezpieczeństwa Energetycznego i Klimatu
CCGT	Blok gazowo-parowy (ang. closed-cycle gas turbine)
Cena capture price	Średniookresowa, rynkowa cena EE wytworzonej przez dane źródło OZE
DSR	Zarządzanie stroną popytu (ang. Demand Side Response)
Duck curve	Specyficzny, „kaczy” kształt dobowogodzinowego profilu zapotrzebowania na moc
Dunkelflaute	Okresy niskiej wietrzności oraz słabego nasłonecznienia
Dyrektywa MCP	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2193 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich obiektów energetycznego spalania
EE	Energia elektryczna
ESP	Elektrownia szczytowo-pompowa
FSRU	Pływająca jednostka regazyfikacji magazynowej (ang. floating storage and regasification unit)
JWCD	Jednostka Wytwórcza Centralnie Dysponowana
KSE	Krajowy System Elektroenergetyczny
KZM	Krajowe zapotrzebowanie na moc

## Słownik pojęć (2/3)

Skrót	Definicja
LCOE	Uśredniony koszt wytwarzania EE na przestrzeni całego życia technologii (ang. levelized cost of electricity)
LEW	Lądowa energia (elektrownia) wiatrowa
MCP	Patrz: <i>Dyrektywa MCP</i>
MEW	Morska energetyka (elektrownia) wiatrowa
nJWCD	Jednostka wytwórcza niebędąca JWCD
OCGT	Turbina gazowa (ang. open-cycle gas turbine)
OZE	Odnawialne źródła energii
PEP2040	Polityka Energetyczna Polski do 2040 r., wersja z czerwca 2023 r., uwzględniająca wojnę w Ukrainie
PRSP 2032	Projekt planu rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2023-2032 (scenariusz bazowy)
PSCMI 1	Indeks Polskiego Rynku Węgla Energetycznego
PV	Fotowoltaika
RDNg	Rynek Dnia Następnego gazu
RND	Rynek Dnia Następnego
SMR	Mały atomowy reaktor modułowy (ang. small modular reactor)

## Słownik pojęć (3/3)

Skrót	Definicja
SRMC	Krótkookresowy koszt krańcowy (ang. short run marginal cost)
TGE	Towarowa Giełda Energii
TGE gaz BASE RDNg	Cena gazu ziemnego w Polsce na Rynku Dnia Następnego gazu (spot)
TTF M+1	Europejski indeks cen terminowych gazu
URE	Urząd Regulacji Energetyki
WB	Węgiel brunatny
WK	Węgiel kamienny



## Wykaz źródeł (1/2)

### Źródła

Agencja Rozwoju Przemysłu (ARP)

Agencja Rynku Energii (ARE)

Energy.instrat

Euracoal

Europejska Sieć Operatorów Elektroenergetycznych Systemów Przesyłowych (European Network of Transmission System Operators for Electricity, ENTSOE)

Europejska Sieć Operatorów Systemów Przesyłowych Gazu (European Network of Transmission System Operators for Gas, ENTSOG)

Eurostat

Gas Storage Poland

Gaz System

GK ORLEN

Główny Urząd Statystyczny (GUS)

Instytut Jagielloński

Investing.com

Komisja Europejska

## Wykaz źródeł (2/2)

### Źródła

Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE)

Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej (International Renewable Energy Agency, IRENA)

Międzynarodowy Fundusz Walutowy (MFW)

Narodowy Bank Polski (NBP)

Państwowy Instytut Geologiczny

Polski Rynek Węgla

Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo (PGNiG)

Stooq

Towarowa Giełda Energii (TGE)

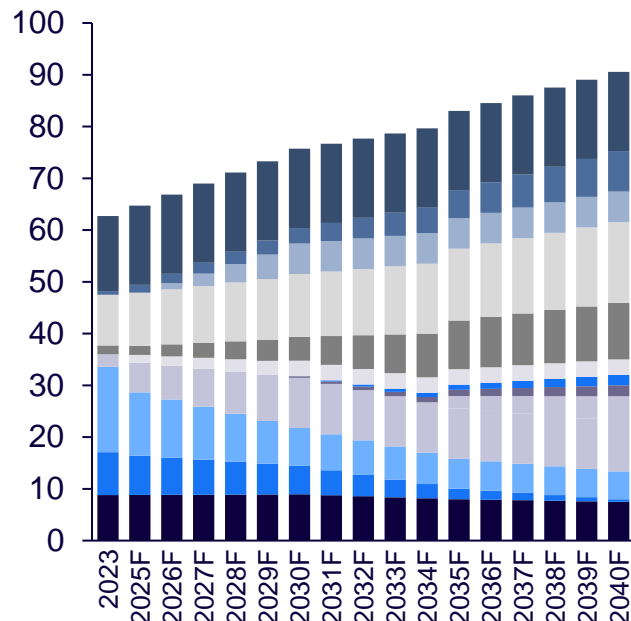
Urząd Regulacji Energetyki (URE)

# ZAŁĄCZNIK – ANALIZY WSPIERAJĄCE

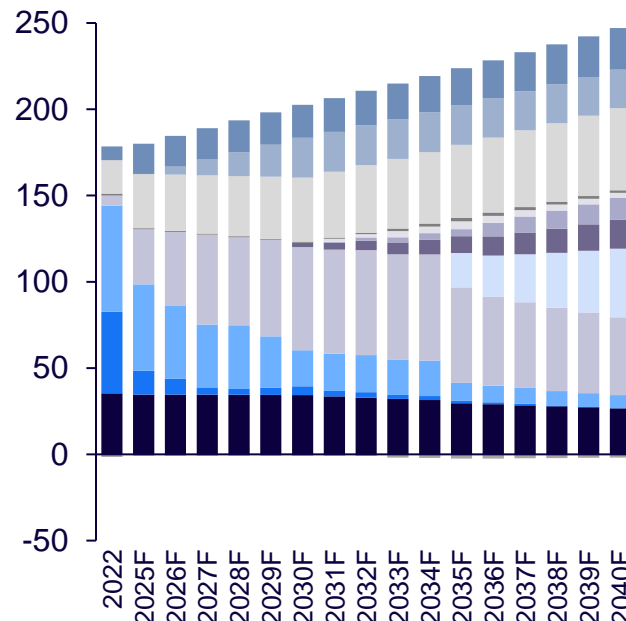


## Potencjalny rozwój mixu wytwarzania energii elektrycznej w Polsce – scenariusz oparty na czystszych paliwach kopalnych i źródłach jądrowych (Scenariusz 1)

### Możliwa ewolucja mixu mocy wytwórczych w Polsce, GW



### Możliwa zmiana mixu podaży EE w Polsce, TWh

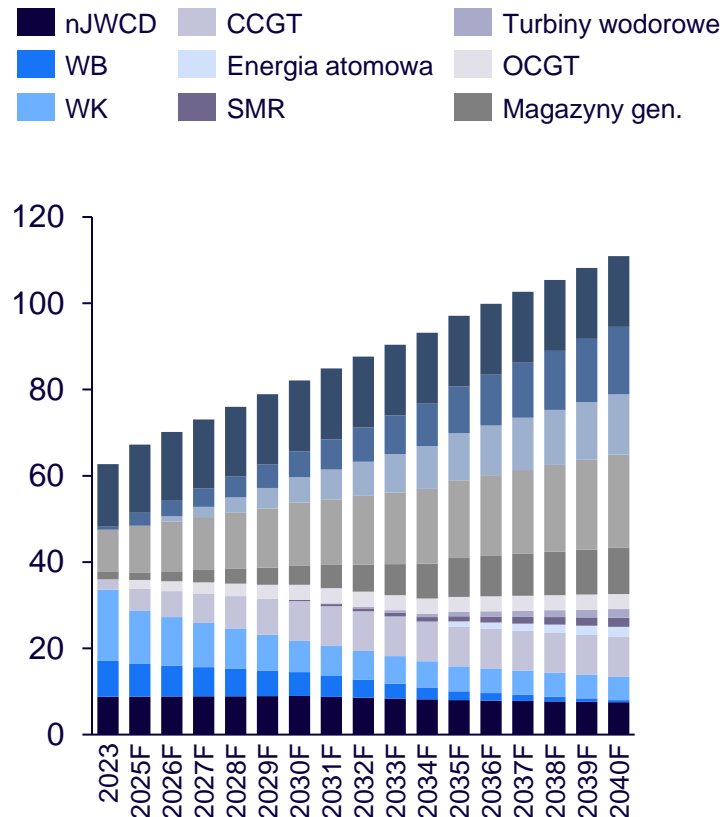


### Komentarze

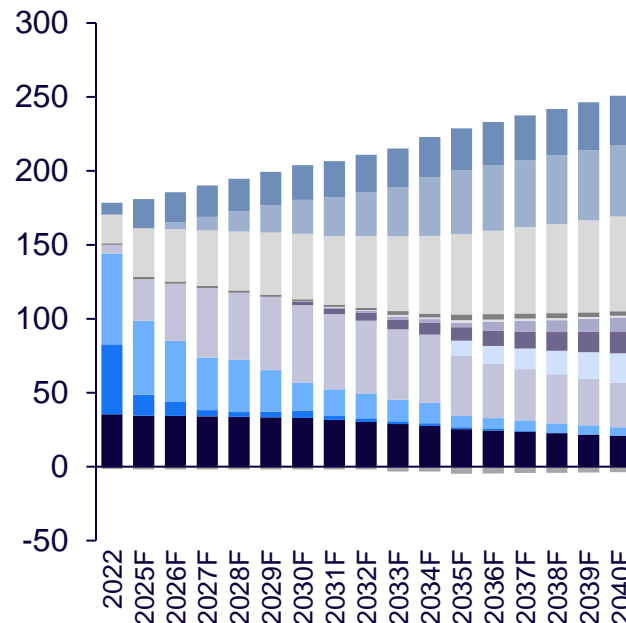
- Z zastrzeżeniem czynników zidentyfikowanych wcześniej, nasz model wskazuje, że mix wytwarzania EE w Polsce może rozwinąć się w jeden z 3 opisanych scenariuszy
- Scenariusz 1:
  - EE oparta na czystszych paliwach kopalnych (gaz, wodór) i źródłach jądrowych, z około 38% udziałem OZE w perspektywie długoterminowej
  - W tym scenariuszu redukcja emisji do 2040 r. (w porównaniu z 2005 r.) może osiągnąć 76% w przypadku mixu paliw kopalnych i energii jądrowej

## Potencjalny rozwój mixu wytwarzania energii elektrycznej w Polsce – scenariusz z ograniczonym rozwojem odnawialnych źródeł energii (Scenariusz 2)

### Możliwa ewolucja mixu mocy wytwórczych w Polsce, GW



### Możliwa zmiana mixu podaży EE w Polsce, TWh

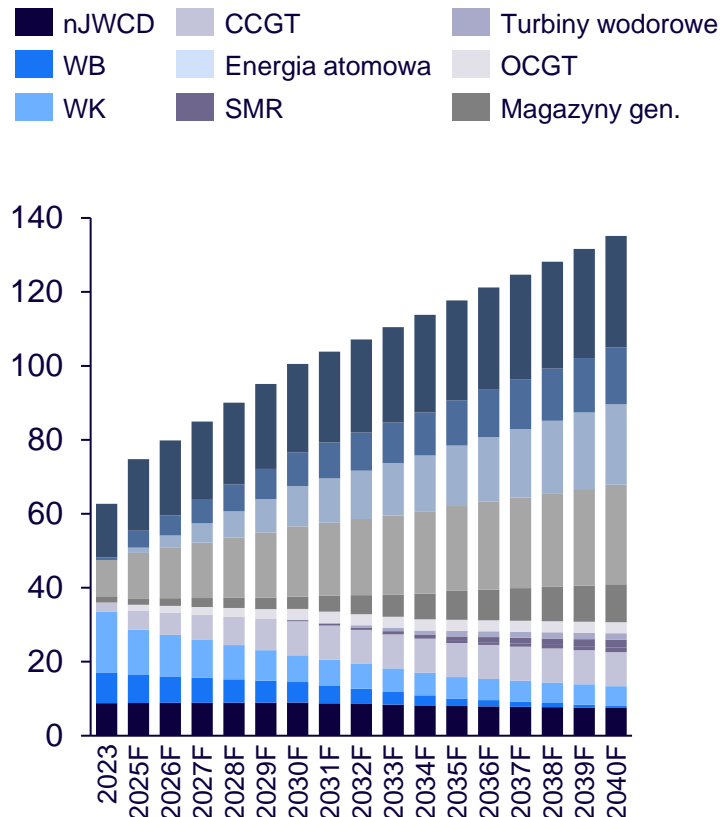


### Komentarze

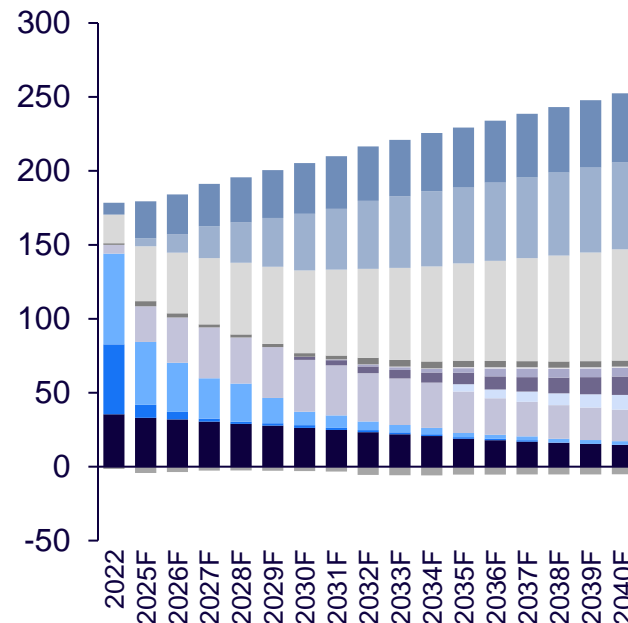
- Scenariusz 2:
  - Opcja pomiędzy scenariuszami 1 i 3, osiągnięcie 59% udziału OZE
  - W tym scenariuszu redukcja emisji do 2040 r. (w porównaniu z 2005 r.) może osiągnąć 83% w przypadku koszyka pośredniego

## Potencjalny rozwój mixu wytwarzania energii elektrycznej w Polsce – scenariusz oparty na szybkim rozwoju odnawialnych źródeł energii (Scenariusz 3)

### Możliwa ewolucja mixu mocy wytwórczych w Polsce, GW



### Możliwa zmiana mixu podaży EE w Polsce, TWh



### Komentarze

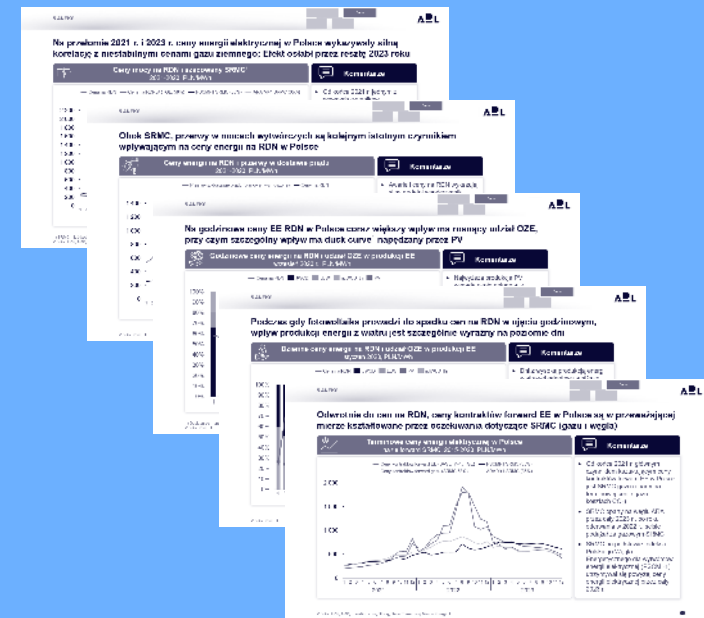
- Scenariusz 3:
  - Oparty na OZE (osiągnięcie 73% udziału do 2040 r.)
  - W tym scenariuszu redukcja emisji do 2040 r. (w porównaniu z 2005 r.) może osiągnąć 89% w przypadku mixu EE z OZE

# Załącznik - Szczegółowa analiza cen energii elektrycznej

## Potencjalne drogi rozwoju polskiego mixu energetycznego



## Szczegółowa analiza cen energii elektrycznej

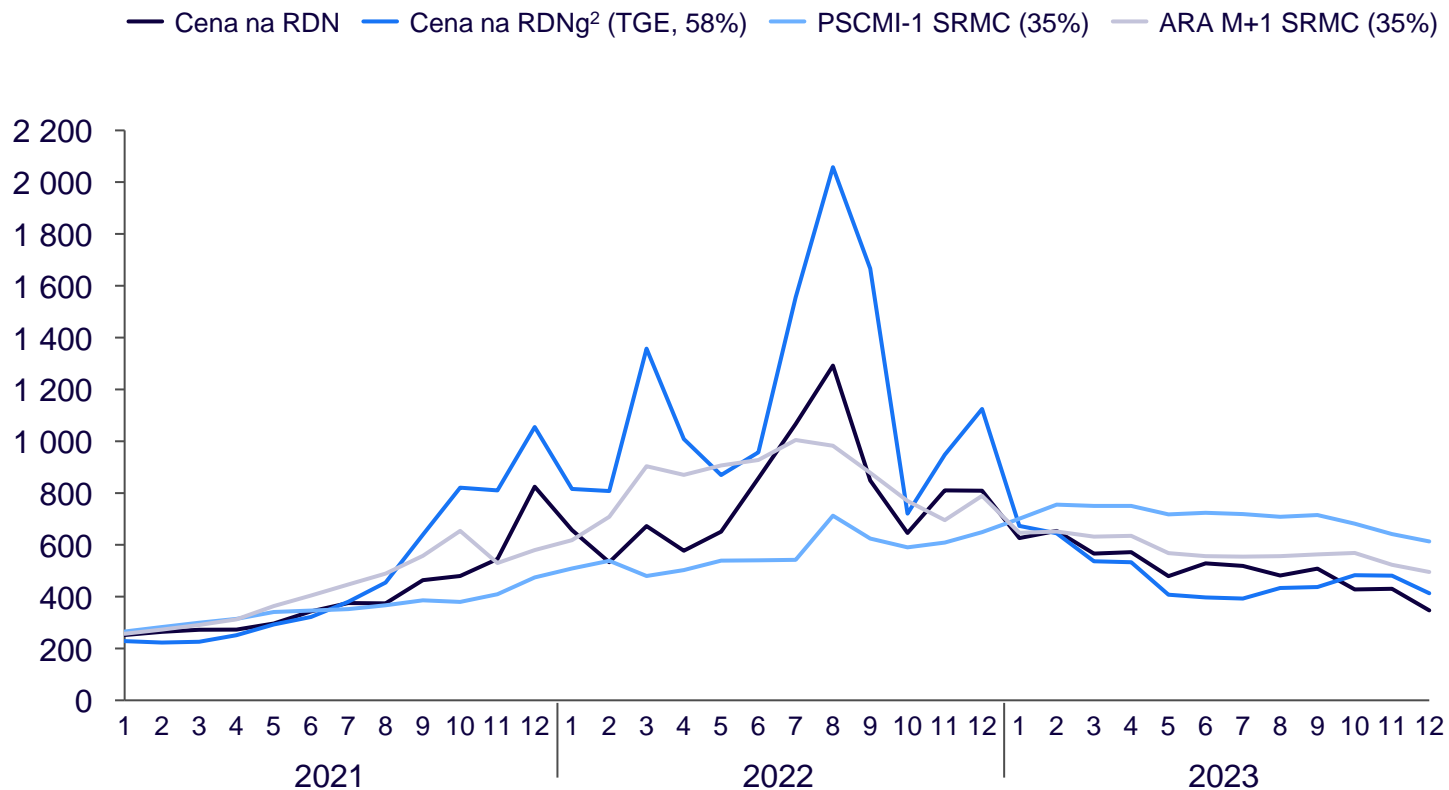




## Na przestrzeni lat 2021-2023 ceny energii elektrycznej w Polsce wykazywały silną korelację z niestabilnymi cenami gazu ziemnego; efekt osłabł przez resztę 2023 roku



### Ceny energii elektrycznej na rynku RDN i szacowany SRMC<sup>1</sup> 2021–2023, PLN/MWh



### Komentarze

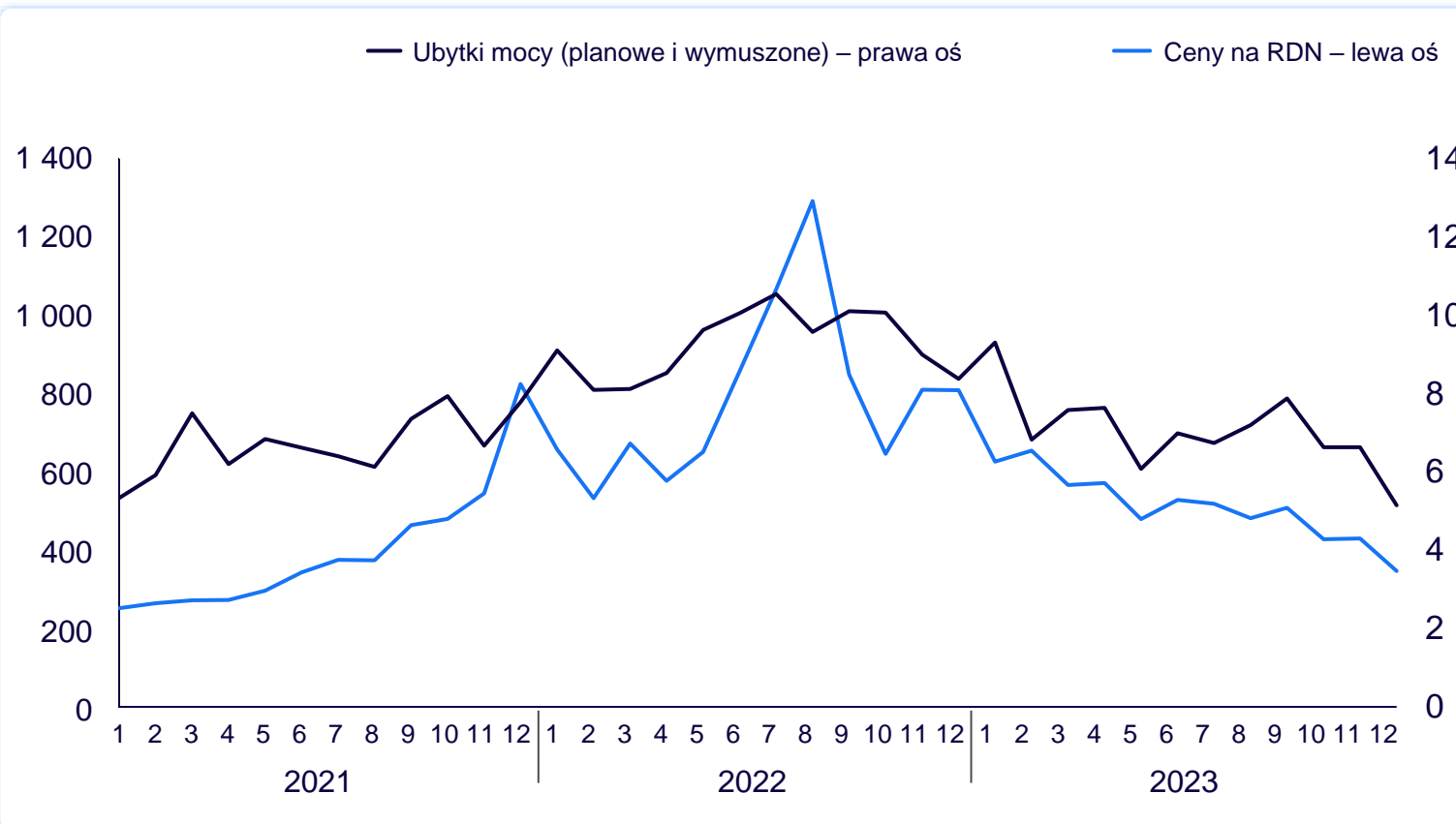
- Od końca 2021 r. jednym z głównych czynników wpływających na ceny EE w Polsce jest SRMC gazu (oparty na cenie spot gazu i kosztach CO<sub>2</sub>)
- SRMC węgla (ARA lub PSCMI 1) miał mniejszy wpływ na wyznaczenie kierunków i poziomów cen na RDN w ciągu ostatnich dwóch lat
- Ceny na RDN kształtowane są również przez inne czynniki, które wpływają na chwilową równowagę podaży-popytu w systemie elektroenergetycznym

1) SRMC – krótkookresowy koszt krańcowy (ang. short run marginal cost); 2) Rynek Dnia Następnego gazu  
Źródło: ARE; ARP; Investing.com; PSE; Towarowa Giełda Energii; IJ

## Obok SRMC, ubytki mocy wytwórczych są kolejnym istotnym czynnikiem wpływającym na ceny energii na RDN w Polsce



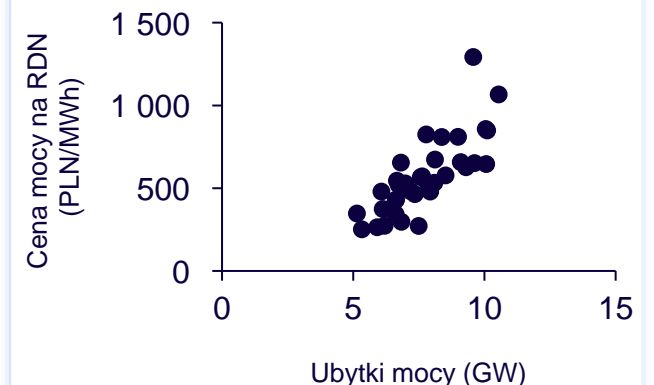
### Ceny energii na RDN (PLN/MWh) i ubytki mocy wytwórczych (GW) 2021–2023



### Komentarze

- Ubytki mocy i ceny na RDN wykazują silny dodatni współczynnik korelacji Pearsona (0,79)
- Wyższe wolumeny ubytków mocy skutkują niższym marginesem dostępnych mocy produkcyjnych i przekładają się na wzrost cen

### Ceny energii na RDN a ubytki mocy wytwórczych 2021–2023



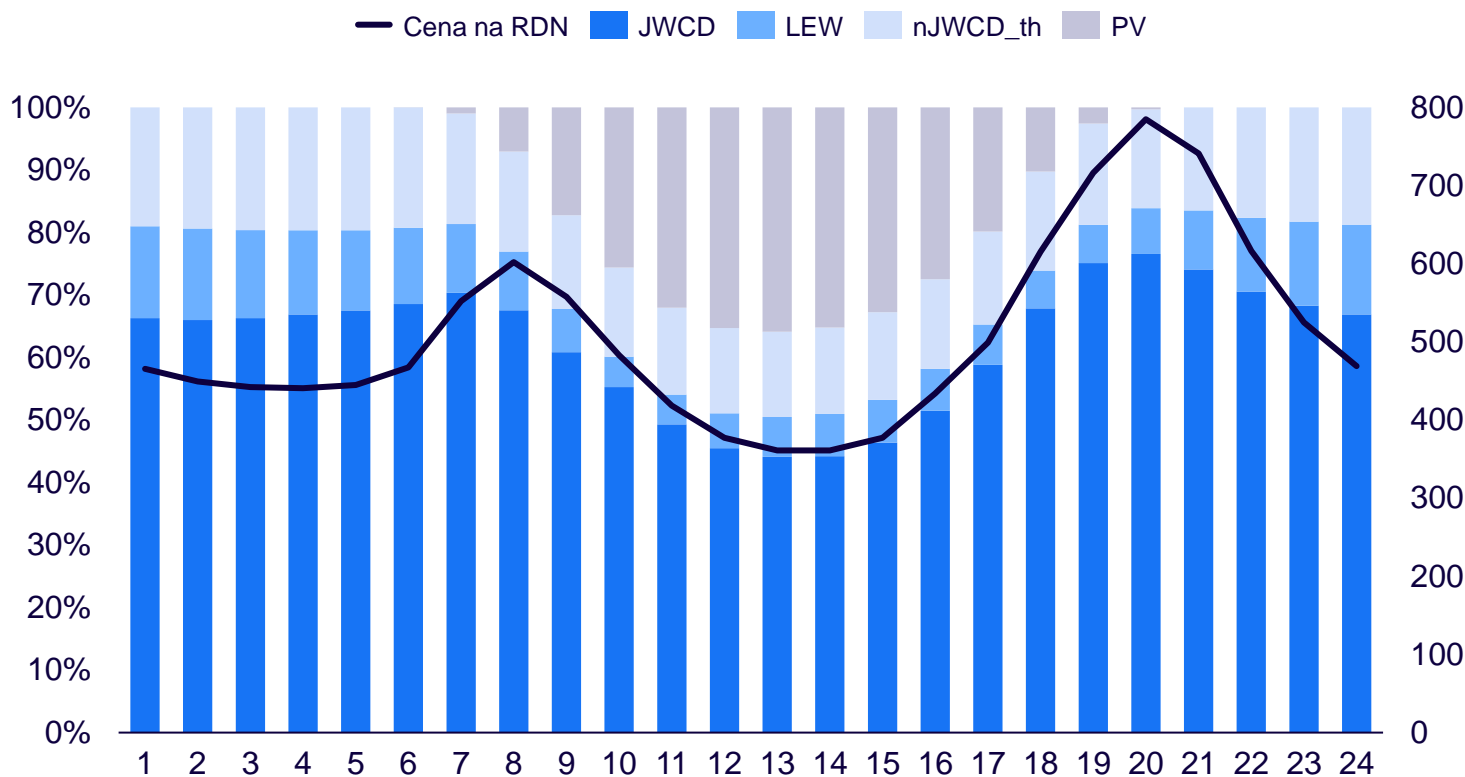
## Na godzinowe ceny EE na RDN w Polsce coraz większy wpływ ma rosnący udział OZE, przy czym szczególny wpływ ma duck curve<sup>1</sup> potęgowany przez PV



### Godzinowe ceny energii na RDN i udział OZE w produkcji EE wrzesień 2023 r., PLN/MWh



### Komentarze



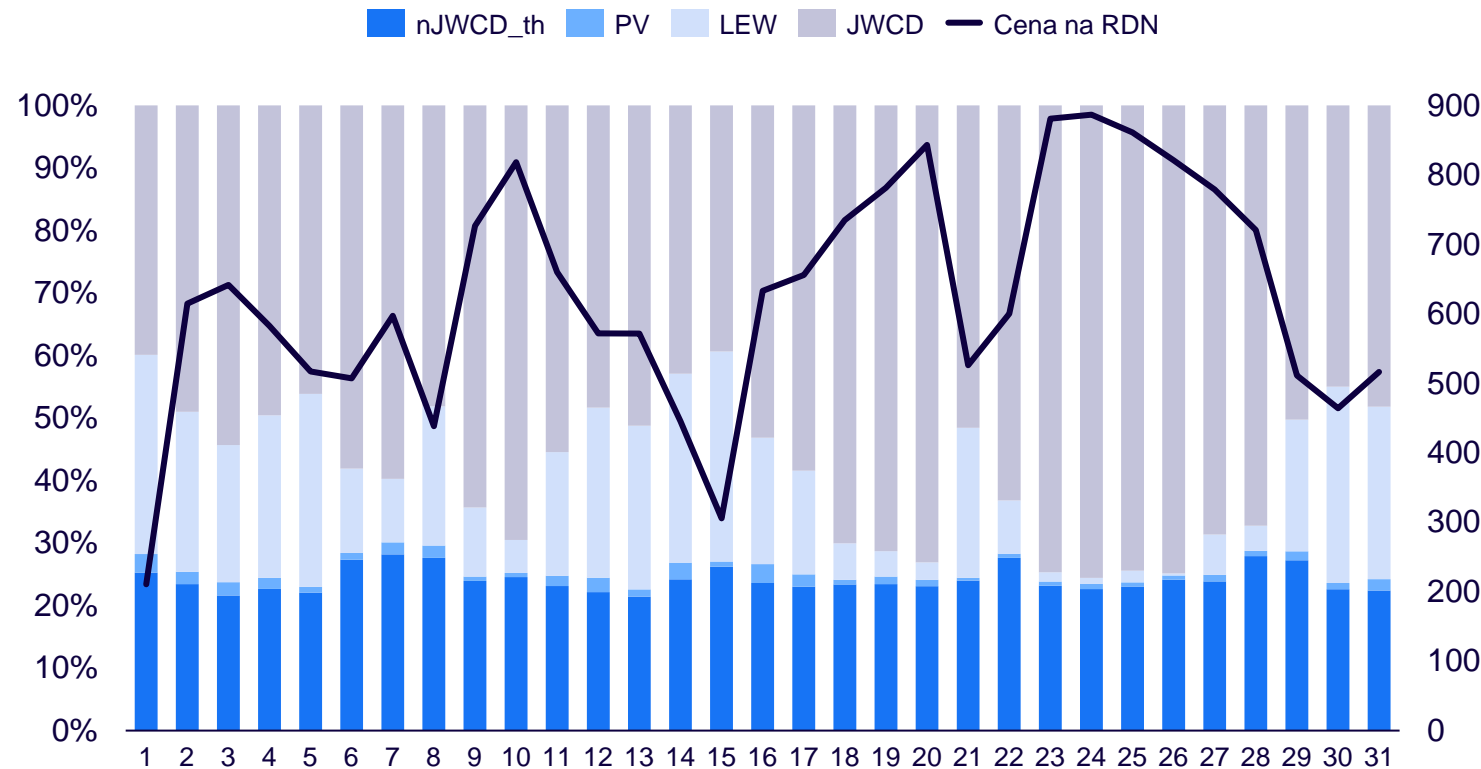
- Najwyższa produkcja PV wypada około południa, z okresami przejściowymi rano i późnym popołudniem
- Ta zależność tworzy efekt duck curve cen energii, gdy wytwarzanie energii z PV jest wysokie (tj. późna wiosna, lato, wczesna jesień)
- Efekt duck curve z PV wpływa również na zapotrzebowanie na moc, prowadząc do licznych wyzwań technicznych w działaniu systemu elektroenergetycznego (w tym stabilności częstotliwości, napięcia oraz elastyczności pracy jednostek ciepłych)

1) Duck curve – specyficzny, „kaczy” kształt dobowogodzinowego profilu zapotrzebowania na moc  
Źródło: PSE; IJ

## Podczas gdy fotowoltaika prowadzi do spadku cen na RDN w ujęciu godzinowym, wpływ produkcji energii z wiatru jest szczególnie wyraźny na poziomie dni



### Dzienne ceny energii na RDN i udział OZE w produkcji EE styczeń 2023, PLN/MWh



### Komentarze

- Dni z wysoką produkcją energii wiatrowej odnotowują niższe ceny na RDN niż dni z niskim udziałem produkcji z LEW
- Dzienny wpływ wiatru (w porównaniu z godzinowym wpływem PV) wynika z charakterystyki tych zasobów naturalnych
- Moc PV jest bardziej zmienna w perspektywie godzinowej, podczas gdy poziomy mocy LEW generalnie zmieniają się bardziej z dnia na dzień

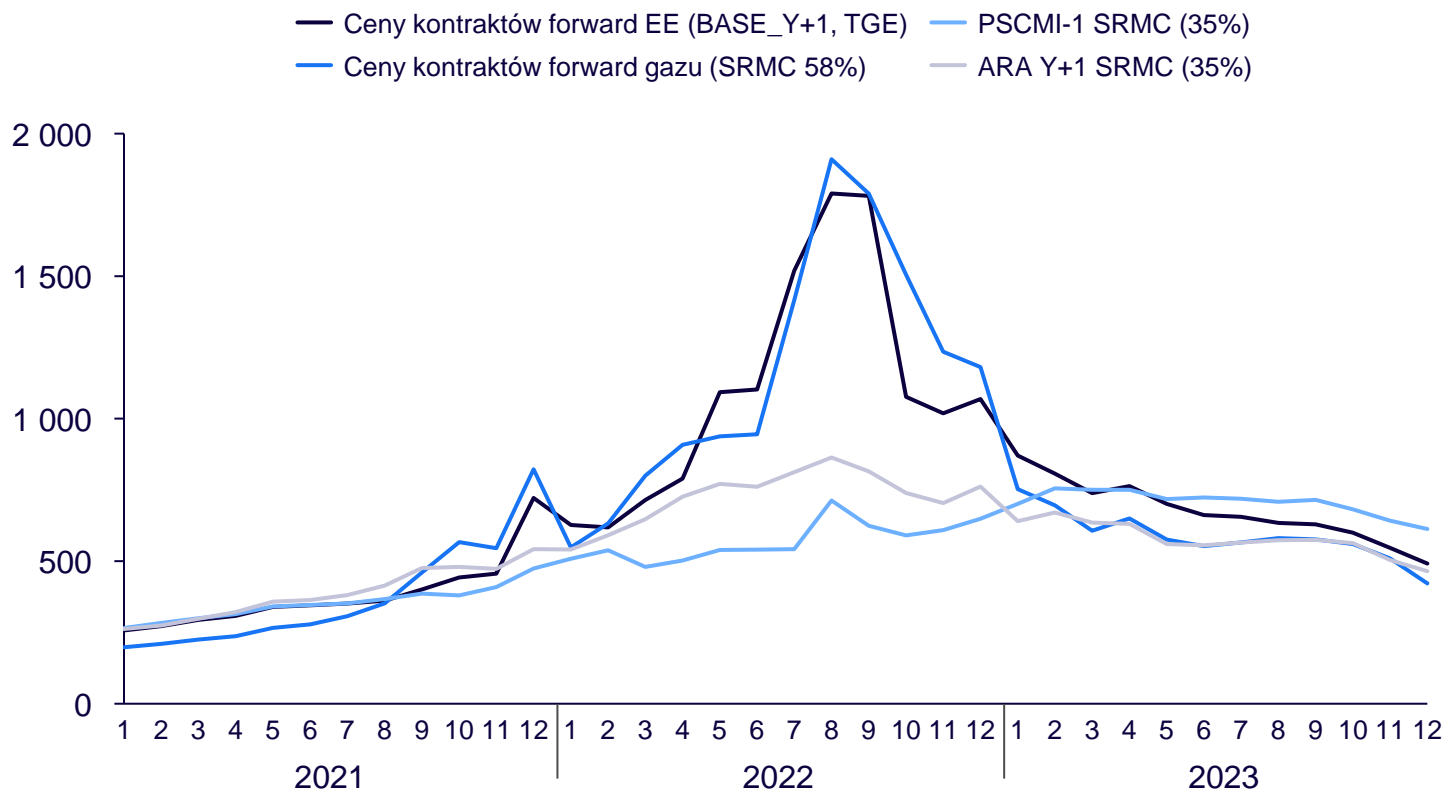
## Odwrotnie do cen na RDN, ceny kontraktów forward EE w Polsce są w przeważającej mierze kształtowane przez oczekiwania dotyczące SRMC (gazu i węgla)



### Terminowe ceny energii elektrycznej w Polsce na tle forward SRMC, 2015–2023, PLN/MWh



### Komentarze



- Od końca 2021 r. głównym czynnikiem kształtującym ceny kontraktów forward EE w Polsce jest SRMC gazu (oparty na terminowej cenie gazu i kosztach CO<sub>2</sub>)
- SRMC oparty na węglu ARA przez cały 2023 r., po roku oderwania w 2022 r., ściśle podążał za gazowym SRMC
- SRMC na podstawie Indeksu Polskiego Węgla Energetycznego dla wytwórców energii elektrycznej (PSCMI-1) utrzymywał się powyżej ceny energii elektrycznej przez cały 2023 r.

**ARTHUR  LITTLE**

**THE DIFFERENCE**