Prof. dr hab. inż. Bożena Gajdzik
Politechnika Śląska w Gliwicach
ORCID: 0000-0002-0408-1691
e-mail: bozena.gajdzik@polsl.pl

Gospodarka surowcami w transformacji energetycznej. Zużycie węgla i gazu, emisja CO_2 oraz rozwój OZE w Polsce – analiza trendów i klastrów

Raw material management in the energy transition: Coal and natural gas consumption, CO_2 emissions, and renewable energy development in Poland – trends and cluster analysis

Streszczenie

Transformacja energetyczna stanowi jedno z najważniejszych wyzwań współczesnej gospodarki, wpływając na strukturę wykorzystania surowców energetycznych oraz rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE). Celem niniejszego opracowania jest analiza zmian w zużyciu węgla i gazu w procesach produkcji energii elektrycznej i ciepła w Polsce oraz ocena dynamiki rozwoju odnawialnych źródeł energii w ostatnich 25 latach. Badanie opiera się na analizie danych statystycznych dotyczących krajowego sektora energetycznego, obejmujących: wielkość zużycia paliw kopalnych, produkcję energii z OZE oraz emisję dwutlenku węgla. W pracy, na podstawie wiedzy eksperckiej, wydzielono również klastry gospodarki paliwowo-energetycznej, przedstawiając je w kontekście emisyjności (emisja dwutlenku węgla), w układzie okresowym: Klaster 1 – lata 2000–2008, Klaster 2 – lata 2009–2015, Klaster 3 – lata 2016–2020 oraz Klaster 4 – lata 2021–2024. Przeprowadzona analiza pozwala określić kierunek i tempo transformacji energetycznej w Polsce, wskazując na stopniowe ograniczanie roli węgla jako podstawowego surowca energetycznego przy jednoczesnym wzroście znaczenia OZE. Wyniki badania umożliwiają ocenę skuteczności realizowanych działań transformacyjnych oraz identyfikację kluczowych trendów wpływających na zrównoważony rozwój gospodarki paliwowo-energetycznej w Polsce.

Słowa kluczowe

transformacja energetyczna, odnawialne źródła energii (OZE), paliwa kopalniane, emisja dwutlenku węgla (CO_2)

Abstract

The energy transition is one of the most significant challenges facing the modern economy, influencing the structure of energy resource use and the development of renewable energy sources (RES). The purpose of this study is to analyse changes in coal and gas consumption in electricity and heat production in Poland and to assess the growth trends of renewable energy sources over the past 25 years. The study is based on statistical data analysis concerning the national energy sector, including: the volume of fossil fuel consumption, energy production from RES, and carbon dioxide emissions. In addition, the study uses expert knowledge to identify clusters within the fuel and energy sector, presenting them in the context of carbon emissions (Cluster 1 – period 2000–2008, Cluster 2 – period 2009–2015, Cluster 3 – period 2016–2020, and Cluster 4 – period 2021–2024). The analysis allows for determining the direction and pace of the energy transition in Poland, pointing to a gradual reduction in the role of coal as the primary energy source, accompanied by a rise in the importance of renewable energy sources. The study's findings enable an assessment of the effectiveness of ongoing transition measures and the identification of key trends influencing the sustainable development of Poland's fuel and energy sector.

Keywords

energy transition, renewable energy sources (RES), fossil fuels, carbon emissions (CO_2)

JEL: Q31, Q42

Wprowadzenie

Transformacja energetyczna w Polsce jest realizowana zgodnie z wymogami polityki Unii Europejskiej (Polska jest członkiem Wspólnoty od 2004 r.). Zmiany na rynku energetycznym zmierzają w kierunku zwiększania udziału odnawialnych źródeł energii (OZE) w procesach energetycznych i ciepłowniczych przy zmniejszaniu tradycyjnych źródeł energii (węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa, gaz ziemny). W odróżnieniu od OZE ich wydobycie i spalanie wiążą się z wysoką emisją gazów cieplarnianych, w szczególności dwutlenku węgla (CO_2) oraz pyłowych zanieczyszczeń do atmosfery.

W globalnej polityce klimatycznej szczególnego znaczenia nabiera kierunek redukcji emisji dwutlenku węgla (CO_2). Porozumienie paryskie (2015) wyznaczyło globalny cel ograniczenia wzrostu średniej temperatury na Ziemi do poziomu zdecydowanie poniżej 2°C względem epoki przedindustrialnej, dążąc do 1,5°C (United Nations, 2015). Polska polityka klimatyczna jest zgodna z polityką Unii Europejskiej zapisaną w Europejskim Zielonym Ładzie (European Commission, 2019). W dokumencie tym widnieje zapis o osiągnięciu 56% OZE do 2030 r. Przyjmując cele UE, zapisane między innymi w dokumentach Fit for 55 (European Commission, 2021) i dyrektywie 2023/2413, Polska przekształca zarówno systemy produkcji, jak i przesyłu i konsumpcji energii w taki sposób, aby stopniowo odchodzić od paliw kopalnych (węgla, ropy, gazu) na rzecz źródeł niskoi zeroemisyjnych (odnawialne źródła energii i energetyka jądrowa). Działania agencji rządowych w Polsce są skierowane zarówno do podmiotów gospodarczych, jak i społeczności lokalnych i indywidualnych konsumentów energii, np. program Czyste Powietrze, czy ustawodawstwo o spółdzielniach energetycznych (Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw).

Aktualnym dokumentem o znaczeniu strategicznym dla dziejącej się transformacji energetycznej w Polsce jest Polityka Energetyczna Polski do 2040 (PEP2040) (Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2021). Ten dokument, przyjęty w 2021 r., stanowi oficjalną politykę transformacji. W PEP2040 wyznaczono strategiczne kierunki zmian na rynku energetycznym: ograniczanie udziału węgla w miksie energetycznym i zwiększenie znaczenia OZE, rozwój energetyki jądrowej oraz inwestycji poprawiających efektywność energetyczną na wielu poziomach gospodarki, w tym rozwój technologii wytwarzania energii i magazynowania energii, a także modernizację infrastruktury sieci przesyłowych i dystrybucyjnych.

Transformacja energetyczna jest procesem ciągłym. W celu przedstawienia przebiegu zmian w latach 2000–2024 wykonano analizę zużycia węgla i gazu w procesie produkcji energii i ciepła w Polsce w aspekcie emisyjności (emisja dwutlenku węgla), jak i przedstawiono dynamikę odnawialnych źródeł energii (OZE). Dane pochodziły z opracowań statystycznych GUS w temacie głównym „Energia". W analizie nie uwzględniono roku 2025 – brak zweryfikowanych danych, jak i nie uwzględniono roku 2026 – jeszcze trwa i z oczywistych względów nie można go uwzględniać. Zgromadzone dane posłużyły również do wyodrębnienia klastrów transformacji energetycznej. Wyłoniono cztery klastry, uwzględniając specyfikę poszczególnych okresów transformacji na przestrzeni ostatnich 25 lat. Praca ma charakter poglądowo-analityczny poprzez przedstawione trendy dynamiki konsumpcji węgla kamiennego i gazu oraz dynamikę produkcji energii z OZE, a także emisyjność sektora. Wkładem naukowym, poza wykonaną analizą zmian, jest wyłonienie klastrów na podstawie wskaźników zmian w okresie od 2000 do 2024 r.

Transformacja energetyczna w Polsce w ujęciu historycznym i problemowym

Polski system energetyczny przez wiele dekad opierał się niemal wyłącznie na węglu kamiennym i brunatnym, co było uznawane za fundament bezpieczeństwa energetycznego (niezależność surowcowa Polski). Jeszcze na początku XXI w. udział węgla w produkcji energii elektrycznej przekraczał 90%. W ostatnich latach obserwuje się jednak jego systematyczny spadek w miksie energetycznym Polski, choć nadal pozostaje on źródłem energii o wysokim udziale. Aktualna struktura produkcji energii elektrycznej kształtuje się następująco: węgiel kamienny i brunatny: ~ 52–55%, odnawialne źródła energii (OZE): ~ 31–32% (w tym wiatr i fotowoltaika), gaz ~ 14%, inne źródła oraz saldo wymiany/import): ~ 3% (PSE, b.d.). Według zestawienia Globenergia na koniec 2025 r. OZE miały łączną moc 37 777 MW, czyli trzy razy więcej niż w 2020 r. (12 490 MW). W 2025 r. wytworzyły 54 743 GWh – niemal co trzecią kWh w kraju. Fotowoltaika jest motorem wzrostu udziału OZE w produkcji energii. Moc PV wzrosła z 3960 MW w 2020 r. do 24 808 MW w 2025 r. Na drugiej pozycji jest energia wiatrowa ze wzrostem z 6402 MW do 10 550 MW (Globenergia, 2026).

Mimo zachodzących zmian Polska pozostaje jedną z najbardziej emisyjnych gospodarek w Unii Europejskiej, co wynika zarówno ze struktury energetycznej (dostępu do zasobów węgla kamiennego i brunatnego), jak i wysokiej emisyjności sektora energetycznego i przemysłu. Według Eurostatu w Polsce wskaźnik emisyjności gazów cieplarnianych wynosi około 7,6–8,3 t ekwiwalentu CO_2 na osobę. Średnia dla całej UE to około 5,6 t na osobę. Jeśli chodzi o inne państwa członkowskie UE, najniższe emisje *per capita* notują Szwecja (4,5 t), Portugalia (5,3 t) oraz Rumunia (5,7 t). Polska jest jednym z największych emitentów gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej w ujęciu bezwzględnym oraz w przeliczeniu na mieszkańca, co wynika z wysokiego udziału węgla w miksie energetycznym. Głównym źródłem emisji w Polsce (ok. 75%)

jest spalanie paliw, przy czym kluczową rolę odgrywa sektor energetyczny. Według danych o udziale wybranych sektorów w emisji gazów cieplarnianych w 2023 r., publikowanych przez UTK (Urząd Transportu Kolejowego, b.d.) za *Statistical Pocketbook 2025* (European Commission), emisyjność przemysłu energetycznego odpowiadała za 36,24% całościowej emisji gazów cieplarnianych, o 14,57% pp. więcej niż w UE-27, gdzie udział ten wyniósł 21,67%.

Realizacja polityki energetycznej w Polsce wiąże się z likwidacją kopalń. Z roku na rok coraz mniej kopalń w Polsce podejmuje wydobycie węgla. Rząd zaplanował likwidację kopalń do 2049 r. (umowa społeczna podpisana z górnikami). Porozumienie przewiduje stopniowe wygaszanie poszczególnych kopalń, przy czym rząd sygnalizuje, że niektóre kopalnie ze względów bezpieczeństwa mogą działać dłużej[1]. Do największych spółek górniczych w Polsce należą: PGG, JSW, PKW oraz LW Bogdanka. Największe spółki to PGG (węgiel kamienny) oraz PGE GiEK (górnictwo i energetyka konwencjonalna, węgiel brunatny). Według raportu Instrat (stan na 1 września 2025 r.) w Polsce aktywne były 23 kopalnie wydobywające węgiel z 49 złóż (Przedlacki, 2025).

Proces dekarbonizacji wiąże się z istotnymi kosztami ekonomicznymi i infrastrukturalnymi. Wysoka emisyjność przekłada się bezpośrednio na koszty funkcjonowania gospodarki poprzez system EU ETS (European Union Emissions Trading System – System Handlu Emisjami w UE), w którym rosnące ceny uprawnień do emisji zwiększają ceny energii i negatywnie wpływają na konkurencyjność przemysłu. Cytując za Forum Energii (Pandera & Adamczewski, 2025), ceny energii w Polsce na tle innych krajów unijnych są wysokie dla przemysłu i względnie niskie dla gospodarstw domowych (w liczbach bezwzględnych). Z perspektywy konkurencyjności polskiej gospodarki kluczowa jest cena energii dla przemysłu, która po 2021 r. (wojna Rosji z Ukrainą) znacznie wzrosła, na co składały się koszty zakupu paliw i gazu (w 2022 r. Polska zaprzestała importu gazu ziemnego z Rosji) oraz wysokie opłaty za emisję CO_2, a także utrzymywanie starych i nieefektywnych elektrowni oraz zmonopolizowanie rynku, a tym samym brak elastyczności energetycznej. Składowymi miesięcznego rachunku za energię elektryczną dla gospodarstw domowych w 2025 r. były: wytwarzanie energii 32% (bez CO_2 i certyfikatów), dystrybucja 34% (bez opłat), VAT 19%, CO_2 11%, opłaty 4%, certyfikaty energii elektrycznej 1%, akcyza <1%. Według wyliczeń Forum Energii z czerwca 2025 r. (Pandera & Adamczewski, 2025) średnia cena całkowita energii elektrycznej (łącznie z kosztami dystrybucji, akcyzą oraz opłatami, bez VAT) dla przeciętnego gospodarstwa domowego (taryfa G11) wzrosła nominalnie z około 0,50 zł/kWh w 2019 r. do 0,84 zł/kWh w 2024 r. Oznacza to wzrost o 69%. Odnosząc się do danych opisujących rynek energetyczny w UE (dane Eurostatu), należy zauważyć, że ceny energii elektrycznej w gospodarstwach domowych w Unii Europejskiej były poniżej 0,30 euro/kWh, ale wyższe niż 0,25 euro/kWh, a w Polsce 0,25 euro/kWh (dane 2024 r.).

Odwrotnie miała się sytuacja z ceną energii dla przemysłu, bo ceny energii elektrycznej w przemyśle w Unii Europejskiej były poniżej 0,20 euro/kWh, a w Polsce cena była powyżej 0,20 euro/kWh. Dla sektora przemysłu, a szczególnie branż energochłonnych konkurujących międzynarodowo, ceny energii oraz surowców energetycznych (np. gazu, węgla koksującego) zwiększają koszty produkcji. Takimi sektorami w Polsce są: metalurgia, przemysł cementowy, chemiczny i rafineryjny. Wymienione sektory odpowiadają za około 15% wszystkich emisji CO_2 i zużywają trzykrotnie więcej energii w relacji do wartości dodanej niż reszta przetwórstwa (Sobkiewicz & Krawiec, 2025). Sektory energochłonne obciążone są też wysokimi kosztami zakupu nowych niskoemisyjnych lub zeroemisyjnych technologii, np. DRI+EAF w hutnictwie (Gajdzik, Wolniak & Grebski, 2023).

Problemem na rynku energetycznym w Polsce jest także ubóstwo energetyczne. Odsetek gospodarstw domowych w 2024 r., które mają zaległości w opłatach za rachunki, w tym elektryczność, wyniósł 3,2% (Eurostat, 2025). Przyjmuje się, że ubóstwo energetyczne w Polsce dotyka około 1,5 mln gospodarstw domowych, co stanowi ponad 12% populacji (dane Ministerstwa Klimatu i Środowiska, PAP, 2025) – zgodnie ze wskaźnikiem WKND (wysokich kosztów niskich dochodów; Low Income High Costs – LIHC) gospodarstwo domowe może być uznane za ubogie energetycznie, jeśli spełnia jednocześnie dwa kryteria: niskich dochodów oraz wysokich hipotetycznych wydatków energetycznych. Na lata 2026–2032 Polska ma znaczne środki na transformację ze Społecznego Funduszu Klimatycznego (SFK), który jest nowym planem finansowania rynku energetycznego zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/955 z dnia 10 maja 2023 r. w sprawie ustanowienia Społecznego Funduszu Klimatycznego (SFK) i zmieniającym rozporządzenie (UE) 2021/1060; PE/11/2023/REV/1 (dalej: rozporządzenie o SFK). Polska jest największym beneficjentem Społecznego Funduszu Klimatycznego (SFK) – otrzymuje 17,6% środków, co daje ponad 11,4 mld euro (PAP, 2025). Zakres wykorzystania tych środków na ograniczenie ubóstwa energetycznego jest szeroki – od modernizacji budynków, systemów energetycznych i cieplnych po edukację (Antczak & Sobol, 2025).

Ważnym kierunkiem transformacji jest promowanie inwestycji w odnawialne źródła energii jako taniej energii (IEA, 2024). Szczególnie popularne są wiatr, słońce czy wody. Niskie koszty wytwarzania energii odnawialnej potwierdzone są metodyką LCOE (Levelized Cost of Electricity) i wartością energii dla całego systemu VALCOE (Value-Adjusted Levelized Cost of Electricity). W Polsce na koniec 2025 r. w strukturze mocy zainstalowanej odnawialnych źródeł energii dominowała fotowoltaika, która odpowiadała za blisko

2/3 całkowitej mocy OZE. Drugą najważniejszą technologią jest energetyka wiatrowa, której udział wynosi niespełna 1/3 mocy odnawialnej. W słoneczne lub wietrzne dni godzina hurtowej ceny energii odnawialnej z tych źródeł jest niska, a coraz częściej ujemna, ponieważ system energetyczny w Polsce jest bilansowany źródłami odnawialnymi. Łącznie te dwa źródła w 2025 r. miały 94,1% udziału w mocy OZE (Solar Expo, 2026). Pozostałe technologie – biogaz, biomasa oraz energetyka wodna – pełnią funkcję uzupełniającą i mają niski udział w strukturze mocy.

W skali światowej wzrost produkcji energii ze słońca był 18 razy większy niż z gazu, jedynego paliwa kopalnego, którego wzrost zużycia odnotowano w 2025 r. (informacja na podstawie raportu Ember z 21 kwietnia 2026 r. – Fulghum i in., 2026). Należy odnotować również fakt, że rok 2025 był pierwszym rokiem od 2020 bez wzrostu produkcji energii elektrycznej z paliw kopalnych i był to dopiero piąty taki rok w tym stuleciu, a globalna produkcja energii ze słońca była równa całkowitemu zapotrzebowaniu na energię elektryczną w UE. Rok 2025 przyniósł także inny przełom na świecie – odnawialne źródła energii po raz pierwszy wyprzedziły węgiel. Słońce, wiatr, woda i inne odnawialne źródła energii dostarczyły łącznie ponad 1/3 globalnej produkcji energii elektrycznej. Jednocześnie udział energii z węgla spadł poniżej 1/3 – również po raz pierwszy w historii energetyki światowej. Energia słoneczna pokryła aż 75% wzrostu netto zapotrzebowania, a razem z energią wiatrową zaspokoiła prawie cały (99%) przyrost popytu (Fulghum i in., 2026).

Coraz szybszy rozwój energetyki słonecznej idzie w parze z rozwojem magazynów energii, co otwiera drogę do przejścia od energii słonecznej dostępnej tylko za dnia do energii słonecznej dostępnej o każdej porze. Na świecie baterie tanieją, ale rosną koszty instalacji. Z roku na rok przybywa magazynów, a liderami są Chile i Australia (Fulghum i in., 2026). Kraje inwestujące w magazyny energii odczuwają korzyści w postaci niższych cen prądu oraz mniejszych strat związanych z ograniczaniem nadprodukcji (tzw. curtailmentem). Polska, podobnie jak większość krajów Europy Środkowo-Wschodniej, funkcjonuje w globalnym ekosystemie głównie jako rynek odbiorczy. W Polsce rynek producentów instalacji OZE i magazynów jest niszowy, większość instalacji i magazynów napływa do Polski z Azji, głównie z Chin (Solar Expo, 2026). Fotowoltaika pozostaje najtańszą technologią, ale bez magazynów zwiększa ryzyko niestabilności systemu. Według scenariusza przygotowanego na targi Solar Expo, które odbyły się w dniach 13–15 stycznia 2026 r., do 2030 r. można spodziewać się stopniowej transformacji rynku energetycznego poprzez przechodzenie od prostych instalacji wytwórczych do zintegrowanych systemów energetycznych, obejmujących produkcję, magazynowanie i inteligentne zarządzanie energią.

Pozytywnym trendem na rynku OZE w Polsce jest rozwój spółdzielni energetycznych na terenach wiejskich i wiejsko-miejskich. W 2023 r. Polska miała 18 spółdzielni energetycznych, teraz ponad 700[2]. Tworzone na terenie Polski spółdzielnie energetyczne napotykają zarówno szanse, jak i bariery dalszego rozwoju (Gajdzik i in., 2024), a jedną z nich jest opór społeczny wynikający z braku wiedzy mieszkańców małych gmin wiejskich o zasadach funkcjonowania spółdzielni. Poza spółdzielniami powstają też inne formy aktywności na rynku OZE, w tym klastry energetyczne i obywatelskie społeczności energetyczne. Jednak i te formy organizacji napotykają przeszkody pomimo promowania ich przez UE. Komisja Europejska zakładała, że każda gmina licząca 10 tys. mieszkańców będzie miała jedną społeczność energetyczną w 2025 r. Niestety tak się jednak nie stało, o czym można przeczytać w Sprawozdaniu 10/2026 (ECA, 2026). Oddolne inicjatywy natrafiają na problemy związane z elastycznością sieci i brakiem magazynowania energii z odnawialnych źródeł. Likwidacja tych dwóch barier mogłaby pomóc zniwelować skutki szczytowego zużycia energii lub wyrównać nadwyżkę jej produkcji. Problemem są także opóźnienia oraz odmowy podłączenia do sieci spowodowane jej przeciążeniem. Operatorzy sieci mogliby usprawnić przyłączanie do sieci, jeżeli prosumenci świadczyliby usługi elastycznie, korzystając z magazynów energii. Elastyczność wytwarzania i oddawania energii zniwelowałaby skutki szczytowego zużycia energii lub wyrównałaby nadwyżkę produkcji. Konsumenci mogliby zużywać więcej energii elektrycznej wytwarzanej lokalnie, a tym samym zmniejszać przeciążenie sieci.

Zużycie węgla i gazu, emisja CO_2 oraz rozwój OZE w Polsce – analiza trendów

Analiza zjawisk i procesów zachodzących w Polsce w latach 2000–2024 w gospodarce paliwowo-energetycznej obejmowała: zużycie węgla kamiennego i gazu ziemnego z uwzględnieniem emisyjności oraz produkcję energii z OZE. Niniejsza analiza została wykonana na podstawie danych GUS opublikowanych w raportach tematycznych (GUS, 2025a; 2025b; 2025c; 2025d). Dane użyte do analizy zostały opublikowane i zestawione w artykule pt. *Energy transition in Poland in the context of EU climate policy: An analysis of the energy–economy–CO_2 emissions nexus* (Gajdzik, Wolniak i in., 2026a), w tabeli 3. Na podstawie tamtych danych wykonano wykresy dynamik zmian (rysunki 1–3). Rozbudowaną analizę statystyczną na podstawie danych zaprezentowano w publikacjach (Gajdzik, Wolniak i in., 2026a; 2026b).

Na rysunku 1 przedstawiono zużycie węgla kamiennego w Polsce w latach 2000–2024. Zmiany wskazują na znaczny spadek zużycia węgla kamiennego w polskiej energetyce w latach 2000–2024. Zużycie węgla kamiennego spadło z 83 372 tys. t w 2000 r. do 50 299 tys. t w 2024 r. Spadek wyniósł 39,7% i był

PAP. (2025, 12 czerwca). 0 . L ¥ XEöVWZR HQHUJHW\F]QH GRW\F]\ RN . https://www.pap.pl/aktualnosci/news,1 ROQJRVSRGDUVWZ GRPRZ\FK Z energetyczne-dotyczy-ok-1-5-mln-gospodarstw-domowych-w-polsce,954218.html

Przedlacki, W. (2025, 12 września). . RSDOQLH Z 3ROVFH < DNW XDOQH https://energy.instat.pl/blog/elektromobilnosc-w-polsce-wrzesien-2025/#elementor-toc__heading-anchor-5

PSE. (b.d.). ' DQH V\VWHPRZH. https://www.pse.pl/dane-systemowe (dostęp: 07.06.2026).

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 19 grudnia 2005 r. w sprawie szczegółowego obowiązku uzyskiwania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej oraz zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii. Dz.U. z 2005 r. nr 261, poz. 2187.

Sobkiewicz, M., & Krawiec, K. (2025). Przemysł net-zero. Dekarbonizacja bez utraty konkurencyjności. 3ROVNL ,QVWWXW (NRQRPLF *Paper*, (4).

Solar Expo. (2026). 5DSRUW EUDQ RZ\ 2=(3ROVND (XURSD ZLDW 2GQDZLDOQH UöGïD HQHUJLL S LQZHVW\FMH < VFH 03.15 Ustyzma] 2026, Radarzyn, Polska. https://solarenergyexpo.com/wp-content/uploads/2026/01/Raport-branzowy-OZE-2025-%E2%80%93-Polska-Europa-Swiat_compressed.pdf

United Nations. (2015). *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

Urząd Transportu Kolejowego (b.d.). Emisja gazów cieplarnianych (źródło: Europejska Agencja Środowiska, Statistical Pocketbook 2025). https://dane.utk.gov.pl/sts/eko-kolej/emisja-gazow-cieplarnia/22633,Emisja-Gazow-Cieplarnianych.html

Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne, Dz.U. z 2017 r., poz. 220.

Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw, Dz.U. z 2019 r., poz. 1524; z 2021 r., poz. 1093; z 2022 r., poz. 1723.

Wu, F.-S., & Huang, H.-J. (2024). Why do some countries innovate better than others? A new perspective of science, technology, and innovation policy regimes and national absorptive capacity. *Sustainability*, (7), 2840. https://doi.org/10.3390/su16072840

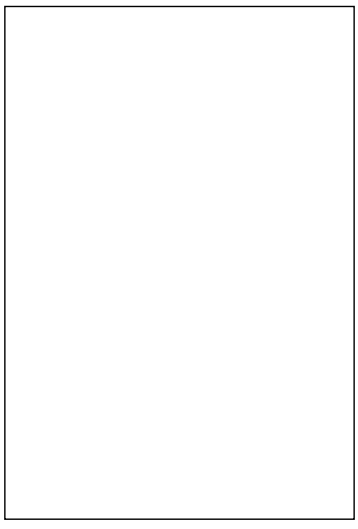
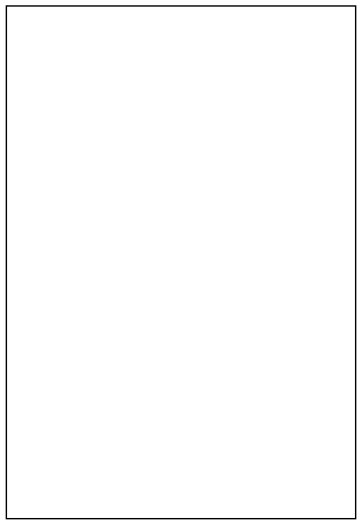
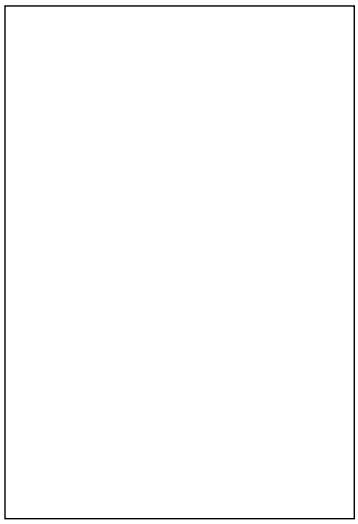
Prof. dr hab. inż. Bożena Gajdzik

Polski naukowiec, profesor nauk inżynieryjno-technicznych. Jej zainteresowania naukowe w ostatnich latach to głównie transformacja przemysłu, ze szczególnym uwzględnieniem transformacji energetycznej w Polsce i w krajach UE. Szczegółowe obszary naukowych zainteresowań: transformacja procesów przemysłowych, dekarbonizacja przemysłu, czynniki behawioralne w transformacji, ubóstwo energetyczne, prosumenci na rynku energetycznym, spółdzielnie energetyczne. Autorka ponad 700 publikacji naukowych, w tym 33 książek (monografie naukowe i dydaktyczne w remontowanych międzynarodowych wydawnictwach). Dorobek autorki jest notowany, od kilku lat z rzędu, na Liście 2% najlepszych naukowców na świecie Uniwersytetu Stanforda.

Prof. dr hab. inż. Bożena Gajdzik

Polish scientist and professor of engineering and technical sciences. Her research interests in recent years have focused on industrial transformation, with particular emphasis on the energy transition in Poland and EU countries. Her specific areas of research interest include: industrial process transformation, industrial decarbonization, behavioural factors in transformation, energy poverty, prosumers in the energy market, and energy cooperatives. She is the author of over 700 scientific publications, including 33 books (scientific and educational monographs in reputable international publishing houses). Her achievements have been listed at Stanford University's list of the World's Top 2% Scientists for several consecutive years.

ZAPOWIEDZI

Więcej informacji na: www.pwe.com.pl