

Mateusz RYBARZ¹

Transformacja energetyczna jako katalizator zmian strukturalnych w gospodarce

Wprowadzenie

Produkcja energii elektrycznej na świecie jest obecnie kształtowana przez dynamicznie rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną, metody produkcji oraz cele dotyczące ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Globalny trend wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, napędzany czynnikami demograficznymi i ekonomicznymi, stawia przed światowym sektorem energetycznym wyzwania związane z zaspokajaniem rosnących potrzeb przy jednoczesnym dążeniu do zrównoważonej produkcji. Wyniki analizy danych historycznych ukazują zróżnicowanie podejścia do produkcji energii elektrycznej, zarówno na poziomie globalnym, jak i w kontekście Unii Europejskiej. Różnice te wynikają z regionalnych uwarunkowań demograficznych, polityki energetycznej i ekonomicznych priorytetów.

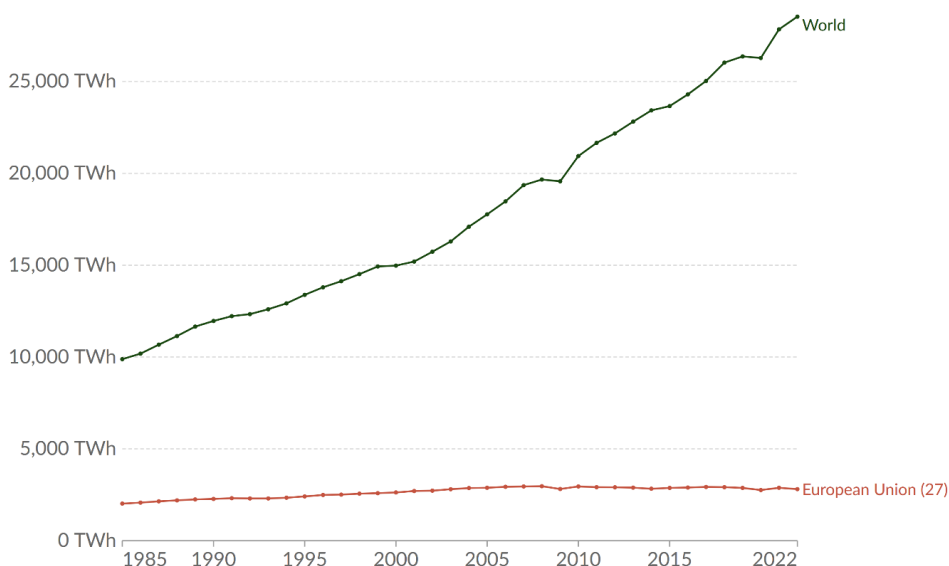
1. Produkcja energii elektrycznej na świecie

Globalny trend w produkcji energii elektrycznej na świecie jest związany z rosnącym zapotrzebowaniem na energię. Głównymi czynnikami wpływającymi na wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną są czynniki demograficzne oraz gospodarcze. W 2018 roku światowa populacja osiągnęła 7,63 miliarda, co stanowi wzrost o 77% w porównaniu z poziomem 4,30 miliarda w 1978 roku. Równocześnie globalny Produkt Krajowy Brutto (PKB) zwiększył się z 26 301 miliardów dolarów w 1978 roku do 82 635 miliardów dolarów w 2010 roku, co oznacza trzykrotne zwiększenie przy średniej rocznej stopie wzrostu wynoszącej 2,9% (Kober i in. 2020).

¹ Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, ZOK-TECH Sp. z o.o., Jastrzębie-Zdrój;
ORCID iD: 0000-0001-5004-5336; e-mail: mateusz.rybarz@edu.uekat.pl

Niestety, pomimo wzrostu produkcji energii elektrycznej, ciągle duża liczba ludności jest pozbawiona jej dostępu, ze względu na fakt, że przyrost liczby ludności jest większy niż liczba nowych przyłączy elektroenergetycznych (Panos i in. 2016). W porównaniu z rokiem 2000, kiedy to prawie połowa populacji pozbawiona dostępu do energii mieszkała w Azji Południowej, obecne dane wskazują, że Afryka Subsaharyjska jest teraz domem dla trzech czwartych światowej populacji, które pozostają poza zasięgiem sieci elektrycznych (Ritchie i in. 2023).

Perspektywa Unii Europejskiej nie manifestuje ewidentnych tendencji wzrostu produkcji energii elektrycznej. Pomimo obserwowanego wzrostu gospodarczego w regionie, europejski sektor energetyczny nie zanotował odpowiedniego zwiększenia produkcji energii elektrycznej. Gospodarka Unii Europejskiej przejawia skłonność do redukcji swojego zapotrzebowania na energię. W kontekście tych zjawisk, brak jednoznacznej korelacji między wzrostem gospodarczym a produkcją energii elektrycznej we wskazanym obszarze ukazuje złożoność i wieloaspektowość czynników kształtujących europejski sektor energetyczny. Analizując dane historyczne (rys. 1), w 1985 roku światowa produkcja energii elektrycznej wynosiła około 8000 TWh, z czego UE generowała około 2000 TWh. W 2022 roku światowa produkcja energii elektrycznej przekroczyła 20 000 TWh, natomiast produkcja w UE utrzymała się na poziomie około 2000 TWh. Zauważalne jest, że produkcja światowa wzrosła o ponad 150% w ciągu 37 lat, podczas gdy produkcja w UE zwiększyła się jedynie o około 10%. Ponadto, udział UE w światowej produkcji energii elektrycznej zmniejszył się z około 25% w 1985 roku do około 10% w 2022 roku, co podkreśla ograniczone zaangażowanie Unii Europejskiej w dynamiczny wzrost globalnej produkcji energetycznej.

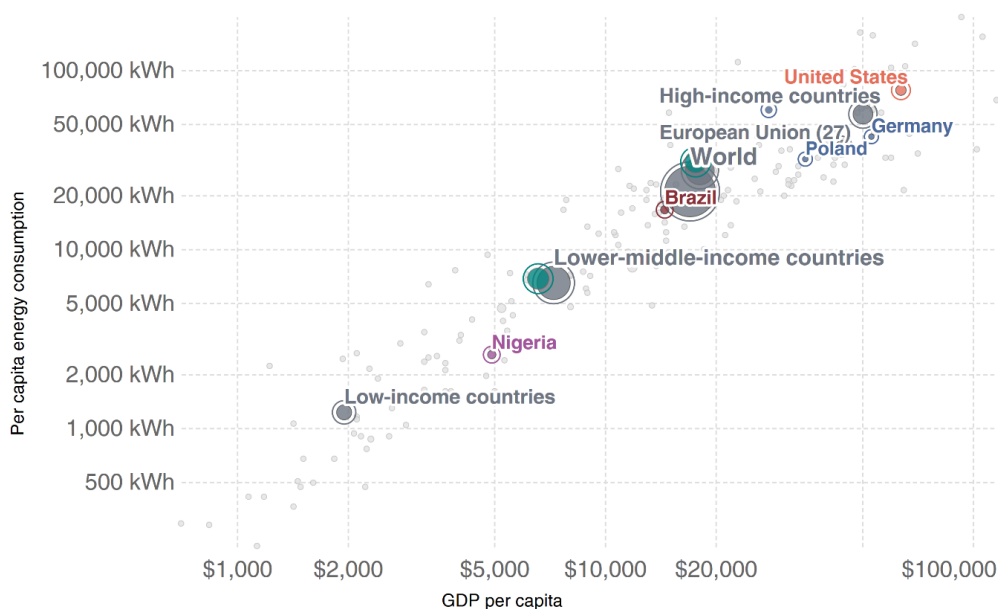


Rys. 1. Produkcja energii elektrycznej na świecie i w Unii Europejskiej w latach 1985–2022

Źródło: Electricity generation 2023

Fig. 1. Electricity generation in the world and European Union (27) from 1985 to 2022

Prognozowany wzrost liczby ludności na świecie do poziomu 8,5 miliarda w 2030 roku, 9,7 miliarda w 2050 roku, a ostatecznie osiągnięcie szczytu na poziomie około 10,4 miliarda w okolicach 2080 roku (Dorling 2021), generuje znaczne wyzwania w kontekście globalnego zapotrzebowania na energię elektryczną. Dynamiczny wzrost liczby ludności na świecie wymaga dostarczania odpowiedniej ilości energii elektrycznej, zwłaszcza w przypadku, kiedy społeczeństwa będą dążyć do rozwoju społecznego i gospodarczego. W miarę wzrostu Produktu Krajowego Brutto (PKB) na skalę światową, zauważalny jest silny związek między wielkością PKB per capita a produkcją energii elektrycznej. Wyższe poziomy PKB są nieodłącznie związane z większymi potrzebami energetycznymi, ponieważ rozwijające się gospodarki i rosnące społeczeństwa uzależnione są od dostępu do nieprzerwanego źródła energii elektrycznej.



Rys. 2. Zużycie energii per capita i PKB per capita w 2021 roku

Źródło: Energy use per person vs. GDP per capita 2023

Fig. 2. Energy use per person vs. GDP per capita, 2021

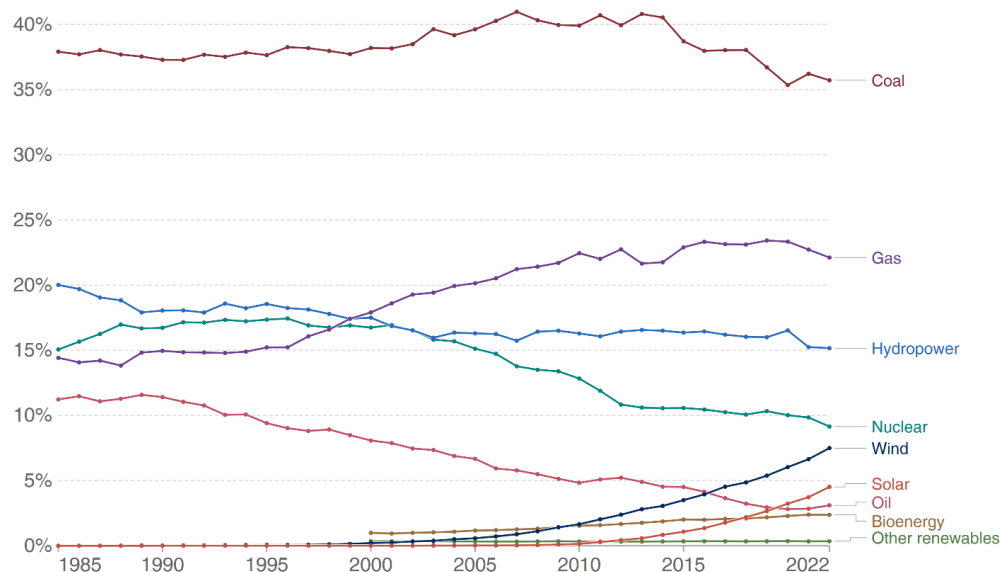
Na wykresie (rys. 2), ilustrującym relację między zużyciem energii elektrycznej per capita a wartością PKB per capita w 2021 roku widać, że państwa charakteryzujące się wysokimi dochodami, takie jak Stany Zjednoczone i kraje Unii Europejskiej, notują zarówno wyższe PKB na jednego mieszkańca, jak i zwiększone zużycie energii na jednego mieszkańca. Natomiast w państwach o niskich dochodach istnieją odwrotne wartości obu wskaźników. Obszary na świecie o niższych średnich dochodach, jak Brazylia, plasują się pomiędzy tymi dwiema skrajnościami. Państwa o niskich dochodach oraz te o niższych średnich dochodach, w trakcie realizacji procesu wzrostu gospodarczego, utrzymują tendencję rosnącego zapotrzebowania

na energię elektryczną. Wzrost gospodarczy w tych obszarach jest bezpośrednio związany z intensyfikacją procesów przemysłowych, urbanizacją oraz rozwojem infrastruktury (Kruse i in. 2023), co sprzyja zwiększonemu zużyciu energii elektrycznej. W rezultacie można przewidzieć, że omawiane państwa będą kontynuować generowanie rosnącego popytu na energię elektryczną w miarę swojego rozwoju gospodarczego. Wskazuje to na nieodłączny związek między rozwojem gospodarczym a koniecznością zaspokajania rosnących potrzeb energetycznych, co stawia przed tymi krajami wyzwania związane z zarządzaniem zrównoważonym zużyciem energii w długoterminowej perspektywie ekonomicznej.

2. Produkcja energii elektrycznej na świecie według źródeł

Produkcja energii elektrycznej jest zróżnicowana pod względem zastosowanych metod produkcji, a obserwowane tendencje wytwarzania energii elektrycznej wykazują istotne zróżnicowanie między regionami geograficznymi. Różnorodność źródeł energii jest związana z ich unikalnymi charakterystykami. Każde źródło energii elektrycznej wykazuje specyficzne cechy, determinowane technologicznymi i geograficznymi uwarunkowaniami. Nakłady kapitałowe, koszty operacyjne, efektywność energetyczna oraz emisje gazów cieplarnianych stanowią kluczowe aspekty oceny ekonomicznej każdej metody produkcji energii elektrycznej.

Węgiel jest stale dominującym źródłem energii elektrycznej na świecie (rys. 3), choć jego udział spada. Gaz i energia wodna utrzymują stosunkowo stabilne udziały na przestrzeni lat.



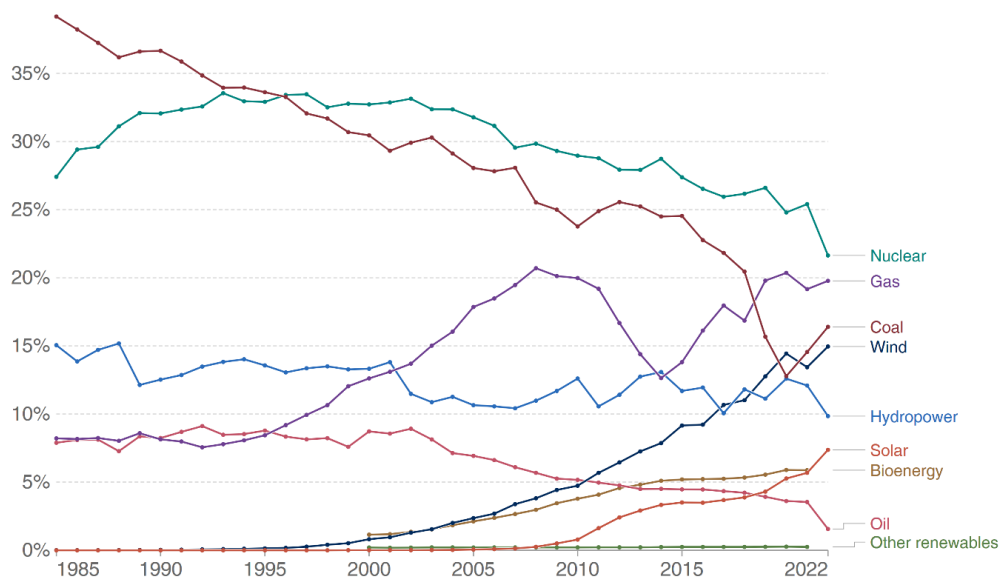
Rys. 3. Udział produkcji energii elektrycznej według źródła na świecie w latach 1985–2022

Źródło: Share of electricity production by source 2023

Fig. 3. Share of electricity production by source in the world from 1985 to 2022

Godny uwagi jest znaczny wzrost udziału wiatru, słońca i innych odnawialnych źródeł energii od około 2010 roku, co wskazuje na zmianę w kierunku czystszych źródeł energii.

Struktura źródeł energii elektrycznej na świecie ulega zmianom w związku z rosnącym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, postępem technologicznym, polityką energetyczną i środowiskową oraz cenami paliw. Węgiel, który jest najbardziej emisyjnym paliwem, zmniejszył swój udział z 40,1% w 1990 roku do 35,8% w 2022 roku. Gaz, który emituje mniej CO₂ niż węgiel, utrzymał swój udział na poziomie około 22%. Energia wodna, która jest odnawialnym i niskoemisyjnym źródłem energii, zmniejszyła swój udział z 17,3% w 1990 roku do 15,6% w 2022 roku. Energia jądrowa, która nie emituje CO₂, ale wiąże się z ryzykiem bezpieczeństwa i odpadami promieniotwórczymi, spadła z 16,7% w 1990 roku do 10,2% w 2022 roku. Energia wiatrowa i słoneczna, które są odnawialnymi i niskoemisyjnymi źródłami energii, ale wymagają integracji z siecią i magazynowaniem energii, wzrosły z 0,1% w 1990 roku do 9,4% w 2022 roku. Inne odnawialne źródła energii, takie jak biomasa, geotermia i energia fal, zwiększyły swój udział z 1,8% w 1990 roku do 6,2% w 2022 roku.



Rys. 4. Udział produkcji energii elektrycznej według źródła w Unii Europejskiej (27) w latach 1985–2022
Źródło: Share of electricity production by source 2023

Fig. 4. Share of electricity production by source in European Union (27) from 1985 to 2022

Energia jądrowa w Unii Europejskiej, mimo że utrzymuje swoje znaczenie w portfolio energetycznym, uległa stopniowemu zmniejszeniu udziału w produkcji energii elektrycznej w badanym okresie. Warto zauważyć, że zużycie węgla, osiągając apogeum w okolicach 1990 roku, uległo systematycznemu zmniejszeniu, co może być interpretowane jako efekt świadomych działań mających na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych.

W tym kontekście obserwowane zjawisko wskazuje na ewolucję struktury energetycznej w kierunku bardziej zrównoważonych i ekologicznych rozwiązań. Znaczący wzrost udziału gazu, energii wiatrowej oraz słonecznej w produkcji energii elektrycznej odzwierciedla dynamiczne zmiany w krajobrazie energetycznym UE. Energia odnawialna, w tym wiatr, słońce, biomasa i inne, zwiększyła swoją reprezentację z 5,8% w 1990 roku do 23,4% w 2022 roku. Ten trend wskazuje na rosnące zaangażowanie w rozwijanie źródeł energii przyjaznych dla środowiska. Węgiel, jako najbardziej emisyjne paliwo, sukcesywnie traci na znaczeniu, co stanowi pozytywny sygnał dla celów związanych z redukcją emisji gazów cieplarnianych.

Obserwowane tendencje w produkcji energii elektrycznej na skalę globalną i w ramach Unii Europejskiej (UE-27) wykazują się znacznymi rozbieżnościami. W Unii Europejskiej można dostrzec wyraźny zwrot w kierunku generacji czystej energii elektrycznej, co wiąże się z zauważalnym zanikiem roli energii jądrowej. Obszar Unii Europejskiej charakteryzuje się dynamicznym rozwojem odnawialnych źródeł energii, co związane jest z narastającym priorytetem zrównoważonego i ekologicznego rozwoju. W przeciwieństwie do tej tendencji, na arenie światowej nadal dominuje produkcja energii elektrycznej z wykorzystaniem węgla, co sugeruje trwającą globalnie większą skłonność do tradycyjnych, acz mniej zrównoważonych źródeł energii. Taka dywersyfikacja między regionalnymi podejściami do struktury produkcji energii elektrycznej niesie ze sobą istotne implikacje ekonomiczne, zarówno w zakresie inwestycji, jak i dostosowywania się sektorów energetycznych do zmieniającej się sytuacji gospodarczej na świecie.

Globalne decyzje dotyczące źródeł energii są nadal determinowane przez ekonomię i rynek, jednak coraz większą rolę w przekształcaniu światowego sektora energetycznego odgrywają decydenci polityczni (Daszkiewicz 2020). Dla pobudzenia wdrażania odnawialnych źródeł energii w obszarach energii, ciepła i transportu, istotne są różnorodne strategie, cele i polityki energetyczne, mające na celu obniżanie kosztów inwestycji kapitałowych (Bogdanov i in. 2021). Kraje rozwijające się muszą skorzystać nie tylko z większego udziału odnawialnych źródeł energii, ale także z innowacyjnych rozwiązań, takich jak magazynowanie energii, inteligentne sieci, reagowanie na zapotrzebowanie, rozbudowa sieci, nowe modele biznesowe i rynkowe strategie. Polityka energetyczna będzie nadal dostosowywać się do zmiennych warunków rynkowych i specyficznych potrzeb poszczególnych krajów w perspektywie przyszłości (Relva i in. 2021).

3. Zmiany strukturalne a transformacja energetyczna

Transformacja energetyczna to złożony, długotrwały i wielowymiarowy proces przejścia od gospodarki opartej na paliwach kopalnych do gospodarki opartej na odnawialnych źródłach energii, który ma na celu ograniczenie zmian klimatu (Giacovelli 2022). Natomiast zmiany strukturalne można zdefiniować jako relokację czynników produkcji pomiędzy sektorami gospodarki w czasie, gdzie oczekiwanym kierunkiem jest przesuwanie czynników produkcji (ziemia, kapitał, praca) z sektorów o niższej do wyższej produktywności, w konsekwencji podnosząc produktywność na poziomie zagregowanym (Vu 2017). W wyniku tych

zmian następuje optymalizacja wykorzystania zasobów, generując korzyści zarówno na poziomie sektorowym, jak i w skali całej gospodarki.

Transformacja energetyczna i zmiany strukturalne wykazują ścisłe powiązanie, tworząc wzajemne sprzężenie zwrotne. Transformacja energetyczna, dążąca do zrównoważonego systemu energetycznego i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, bezpośrednio wpływa na strukturę gospodarki (Garcia-Casals i in. 2019) poprzez stymulowanie innowacji, rozwój nowych sektorów i restrukturyzację istniejących branż. Z drugiej strony, zmiany strukturalne wpływają na kształtowanie nowych modeli energetycznych i adaptację sektora energetycznego do nowych realiów. Ta wzajemność sprzężenia zwrotnego ukazuje, że rozwijanie zrównoważonego sektora energetycznego jest jednocześnie rezultatem i katalizatorem głębszych przekształceń strukturalnych w gospodarce.

Główne determinanty zmian strukturalnych w sektorze energetycznym obejmują szereg czynników, z których każdy odgrywa istotną rolę w kształtowaniu tego sektora. Jednym z kluczowych czynników jest dynamika demograficzna, która wpływa na ogólną wielkość społeczeństwa. Zmiany w populacji mogą generować zróżnicowane potrzeby energetyczne, stawiając przed sektorem energetycznym wyzwania adaptacyjne.

Kolejnym istotnym czynnikiem jest wielkość popytu, która podlega zmianom wraz z rozwojem gospodarczym, urbanizacją i wzrostem standardu życia społeczeństw. Zwiększający się popyt na energię może wymuszać restrukturyzację sektora w celu efektywnego zaspokajania rosnących potrzeb, promując jednocześnie innowacje technologiczne. Rozwój techniczny stanowi kluczową determinantę zmian strukturalnych w sektorze energetycznym. Dzięki postępowi technicznemu dostępne są nowe technologie pozyskiwania, przesyłania i magazynowania energii. Innowacje mają potencjał zmienić oblicze sektora energetycznego oraz przyczyniają się do współpracy ośrodków badawczych z firmami z sektora energetycznego (Dall-Orsoletta i in. 2022). Czynniki instytucjonalne również odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu struktury sektora energetycznego. Polityki regulacyjne, środowiskowe, czy też normy społeczne mają istotny wpływ na rozwój sektora energetycznego. Stabilne i przewidywalne ramy instytucjonalne mogą sprzyjać inwestycjom, co przekłada się na rozwój nowoczesnych technologii oraz zrównoważonego sektora energetycznego.

Globalizacja gospodarek wprowadza zmiany związane z nasileniem się przepływu dóbr i kapitału w gospodarce światowej, co w konsekwencji może prowadzić także do relokacji przemysłu. Aby utrzymać konkurencyjność w warunkach globalnej gospodarki, istnieje rosnące zapotrzebowanie na tanie źródła energii elektrycznej. Konieczność ta wynika z faktu, że koszty energii elektrycznej mają istotny wpływ na koszty produkcji, a zatem bezpieczeństwo energetyczne oraz niskie ceny energii elektrycznej stają się kluczowym czynnikiem utrzymania konkurencyjności krajowego przemysłu. Tanie źródła energii elektrycznej są nie tylko czynnikiem ekonomicznym, ale także strategicznym, umożliwiając firmom utrzymanie atrakcyjnych kosztów produkcji i zdolność konkurowania na światowym rynku.

4. Przesunięcia czynników produkcji w procesie transformacji energetycznej

Czynniki produkcji są z natury dobrami rzadkimi, co oznacza, że ich ilość jest ograniczona w stosunku do zapotrzebowania społeczeństwa (Zalega 2015). Koncentracja gospodarki na transformacji energetycznej może prowadzić do nieefektywnej relokacji tych ograniczonych zasobów. W sytuacji, gdy duża część rzadkich czynników produkcji jest skierowana w jednym kierunku, istnieje ryzyko, że inne sektory gospodarki, które również mają swoje znaczenie gospodarcze, mogą cierpieć z powodu braku zasobów. Zjawisko to może prowadzić do powstania tzw. kosztów alternatywnych, gdzie relokacja zasobów na rzecz transformacji energetycznej oznacza utratę możliwości wykorzystania ich w innych obszarach gospodarki, które mogłyby przynieść korzyści gospodarcze i społeczne. Dlatego ważne jest, aby proces transformacji energetycznej był zarządzany z uwzględnieniem równowagi między celami ekologicznymi, ekonomicznymi i społecznymi z uwzględnieniem spójności całej struktury gospodarczej, aby uniknąć nieefektywnej alokacji zasobów.

Kapitał, będący jednym z czynników produkcji, odgrywa istotną rolę w transformacji energetycznej. Główną przeszkodę w transformacji energetycznej na świecie stanowi finansowanie inwestycji związanych z odnawialnymi źródłami energii elektrycznej (Qadir i in. 2021). Natomiast skierowanie znacznej części kapitału w obszar energetyczny może skutkować powstaniem dysproporcji i niedoinwestowaniem w innych sektorach gospodarki. Dodatkowo, nierównomierny podział kapitału może sprzyjać przenoszeniu produkcji do krajów, które nie podlegają intensywnej transformacji energetycznej. Firmy, dążąc do optymalizacji kosztów produkcji, mogą wybierać lokalizacje produkcji z uwagi na dostępność taniej energii oraz mniej rygorystyczne normy środowiskowe i te dotyczące transformacji energetycznej, prowadząc do niwelowania korzyści, jakie mogą płynąć z procesu transformacji energetycznej. Rola rynku kapitałowego i dostępu do publicznych rynków kapitałowych jest więc istotna w procesie transformacji energetycznej, pomagając zmniejszać koszty projektów związanych z transformacją energetyczną (Tian 2018).

Podsumowanie

Globalne decyzje dotyczące źródeł energii są zdominowane przez ekonomię i rynek, jednak decydenci polityczni odgrywają istotną rolę w przekształcaniu światowego sektora energetycznego. Aby stymulować wdrażanie odnawialnych źródeł energii, istotne są zróżnicowane strategie i polityki energetyczne, skoncentrowane na obniżaniu kosztów inwestycji kapitałowych. Transformacja energetyczna, dążąca do zrównoważonego systemu energetycznego, ściśle powiązana jest ze zmianami strukturalnymi w gospodarce. Optymalizacja wykorzystania zasobów, generowanie innowacji i rozwój nowych sektorów są rezultatami zarówno procesu transformacji energetycznej, jak i zmian strukturalnych. Te wzajemne relacje kształtują ewolucję sektora energetycznego w odpowiedzi na zmienne warunki społeczno-gospodarcze, technologiczne i instytucjonalne.

Determinanty zmian strukturalnych w sektorze energetycznym, takie jak czynniki demograficzne, wielkość popytu, rozwój techniczny i czynniki instytucjonalne, odgrywają kluczową

rolę w kształtowaniu tego sektora. Zrównoważone podejście do transformacji energetycznej powinno uwzględniać równowagę między celami ekologicznymi a ekonomicznymi, minimalizując ryzyko nieefektywnej alokacji ograniczonych zasobów. Dodatkowo, skoncentrowanie kapitału w sektorze energetycznym może prowadzić do dysproporcji i niedoinwestowania w innych sektorach, utrudniając im utrzymanie konkurencyjności. Nierównomierny podział kapitału może również sprzyjać przenoszeniu produkcji do krajów, które nie podlegają intensywnej transformacji energetycznej, co może negatywnie wpływać na zrównoważony rozwój różnych sektorów gospodarki.

Literatura

- Bogdanov i in. 2021 – Bogdanov, D., Ram, M., Aghahosseini, A., Gulagi, A., Oyewo, A. S., Child, M., Caldera, U., Sadovskaia, K., Farfan, J., De Souza Noel Simas Barbosa, L., Fasihi, M., Khalili, S., Traber, T. i Breyer, C. 2021 – Low-cost renewable electricity as the key driver of the global energy transition towards sustainability. *Energy* 227, DOI: 10.1016/j.energy.2021.120467.
- Dall-Orsoletta i in. 2022 – Dall-Orsoletta, A., Romero, F. i Ferreira, P. 2022. Open and collaborative innovation for the energy transition: An exploratory study. *Technology in Society* 69, DOI: 10.1016/j.techsoc.2022.101955.
- Daszkiewicz, K. 2020 – Policy and Regulation of Energy Transition. [W:] Hafner, M., Tagliapietra, S. (eds). The Geopolitics of the Global Energy Transition. *Lecture Notes in Energy* 73. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-39066-2_9.
- Dorling, D. 2021 – World population prospects at the UN: Our numbers are not our problem? W *The Struggle for Social Sustainability*, s. 129–154, Policy Press. [Online] <https://bristoluniversitypressdigital.com/display/book/9781447356127/ch007.xml> [Dostęp: 25.11.2023].
- Electricity generation 2023 – Our World in Data. [Online] https://ourworldindata.org/grapher/electricity-generation?tab=chart&country=~OWID_WRL [Dostęp: 25.11.2023].
- Energy use per person vs. GDP per capita 2023 – Our World in Data. [Online] https://ourworldindata.org/grapher/energy-use-per-person-vs-gdp-per-capita?country=POL~OWID_EU27~OWID_WRL~USA~RU~S~CHN~IND~BRA~NGA [Dostęp: 25.11.2023].
- Garcia-Casals i in. 2019 – Garcia-Casals, X., Ferroukhi, R. i Parajuli, B. 2019 – Measuring the socio-economic footprint of the energy transition. *Energy Transitions* 3(1), s. 105–118, DOI: 10.1007/s41825-019-00018-6.
- Giacovelli, G. 2022 – Social Capital and Energy Transition: A Conceptual Review. *Sustainability* 14(15), DOI: 10.3390/su14159253.
- Kober i in. 2020 – Kober, T., Schiffer, H.-W., Densing, M. i Panos, E. 2020 – Global energy perspectives to 2060 – WEC’s World Energy Scenarios 2019. *Energy Strategy Reviews* 31, DOI: 10.1016/j.esr.2020.100523.
- Kruse i in. 2023 – Kruse, H., Mensah, E., Sen, K. i de Vries, G. 2023 – A Manufacturing (Re)Naissance? Industrialization in the Developing World. *IMF Economic Review* 71(2), s. 439–473, DOI: 10.1057/s41308-022-00183-7.
- Panos i in. 2016 – Panos, E., Densing, M. i Volkart, K. 2016 – Access to electricity in the World Energy Council’s global energy scenarios: An outlook for developing regions until 2030. *Energy Strategy Reviews* 9, s. 28–49, DOI: doi.org/10.1016/j.esr.2015.11.003.
- Qadir i in. 2021 – Qadir, S.A., Al-Motairi, H., Tahir, F. i Al-Fagih, L. 2021 – Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review. *Energy Reports* 7, s. 3590–3606, DOI: 10.1016/j.egy.2021.06.041.
- Relva i in. 2021 – Relva, S.G., Silva, V.O. da, Gimenes, A.L.V., Udaeta, M.E.M., Ashworth, P. i Peyerl, D. 2021 – Enhancing developing countries’ transition to a low-carbon electricity sector. *Energy* 220, DOI: 10.1016/j.energy.2020.119659.
- Ritchie i in. 2023 – Ritchie, H., Rosado, P. i Roser, M. 2023 – Access to Energy. Our World in Data. [Online] <https://ourworldindata.org/energy-access> [Dostęp: 25.11.2023].
- Share of electricity production by source 2023 – Our World in Data. [Online] <https://ourworldindata.org/grapher/share-elec-by-source> [Dostęp: 25.11.2023].

- Tian, H. 2018 – Role of Capital Market to Accelerate the Transition to Low-Carbon Energy System. [W:] Anbumo-zhi, V., Kalirajan, K., Kimura, F. (eds). *Financing for Low-carbon Energy Transition*. Springer, Singapore. DOI: 10.1007/978-981-10-8582-6_9.
- Vu, K.M. 2017 – Structural change and economic growth: Empirical evidence and policy insights from Asian economies. *Structural Change and Economic Dynamics* 41, s. 64–77, DOI: 10.1016/j.strueco.2017.04.002.
- Zalega, T. 2015 – *Mikroekonomia współczesna* (2. popr. uzup. wyd.). Wydawnictwo Naukowe Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego.

Transformacja energetyczna jako katalizator zmian strukturalnych w gospodarce

Słowa kluczowe: zmiany strukturalne, transformacja energetyczna, produkcja energii elektrycznej

Streszczenie: Wzrost liczby ludzi na świecie oraz rozwój gospodarczy generuje wyzwania dla produkcji energii elektrycznej, zwłaszcza w kontekście zrównoważonego rozwoju i transformacji energetycznej. Wyższy wskaźnik PKB per capita wiąże się z większym zużyciem energii na jednego mieszkańca, co stanowi wyzwanie dla państw o niższych dochodach. Struktura produkcji energii elektrycznej na świecie ulega zmianom, a odnawialne źródła energii zyskują na znaczeniu kosztem paliw kopalnych. Kluczowym wyzwaniem dla decydentów jest kierowanie procesem transformacji energetycznej tak, aby uniknąć nieefektywnej alokacji zasobów oraz uwzględnić równowagę pomiędzy celami ekologicznymi, społecznymi i ekonomicznymi.

Energetic transformation as a catalyst for structural changes in the economy

Keywords: structural changes, energy transformation, electricity production

Abstract: The growth of the world's population and economic development pose challenges for electricity production, especially in the context of sustainable development and energy transformation. A higher GDP per capita is associated with increased energy consumption per capita, presenting a challenge for countries with lower incomes. The structure of global electricity production is changing, with renewable energy sources gaining importance at the expense of fossil fuels. A key challenge for decision-makers is to guide the energy transformation process to avoid inefficient resource allocation and to balance ecological, social, and economic goals.