



Bruksela, dnia 26.2.2025 r.
COM(2025) 74 final

SPRAWOZDANIE KOMISJI DLA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY

Postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych

SPRAWOZDANIE Z POSTĘPÓW W DZIEDZINIE KONKURENCYJNOŚCI W ZAKRESIE CZYSTYCH TECHNOLOGII ENERGETYCZNYCH Z 2025 R.

Spis treści

Streszczenie.....	2
1. Wprowadzenie	6
2. Ocena konkurencyjności unijnego sektora czystej energii.....	7
2.1. Globalny kontekst gospodarczy i konkurencyjność unijnego sektora technologii neutralnych emisyjnie.....	7
2.1.1. Tendencje w zakresie cen i kosztów energii	7
2.1.2. Wsparcie technologii neutralnych emisyjnie na rynkach światowych.....	11
2.2. Łącuchy wartości technologii neutralnych emisyjnie w UE: szanse i wyzwania dla czystego przemysłu.....	13
2.2.1. Łącuchy dostaw na potrzeby produkcji	13
2.2.2. Dekarbonizacja sektorów energochłonnych	16
2.2.3. Kapitał ludzki i umiejętności	17
2.3. Krajobraz innowacji w sektorze czystej energii	19
2.3.1. Tendencje w zakresie badań naukowych i innowacji.....	19
2.3.2. Tendencje w zakresie inwestycji kapitału wysokiego ryzyka	23
3. Ocena konkurencyjności UE w zakresie technologii neutralnych emisyjnie.....	26
3.1. Fotowoltaika.....	26
3.2. Energia słoneczna termiczna	27
3.3. Lądowa i morska energia wiatrowa	28
3.4. Energia oceaniczna	30
3.5. Baterie i magazynowanie energii.....	31
3.6. Technologie pomp ciepła.....	32
3.7. Energia geotermalna	34
3.8. Technologie wodorowe: elektrolizery i ogniwa paliwowe	35
3.9. Zrównoważone technologie biogazu i biometanu	37
3.10. Technologie wychwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS)	39
3.11. Technologie sieci elektroenergetycznej: linie elektroenergetyczne i transformatory	40
3.12. Technologie energii pochodzącej z rozszczepienia jądrowego.....	42
3.13. Energia wodna	43
3.14. Zrównoważone paliwa alternatywne	44
3.15. Technologie odzysku nadmiaru ciepła z procesów przemysłowych.....	46
4. Wnioski.....	47

STRESZCZENIE

Sprawozdanie z postępów w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych z 2025 r. zawiera przegląd tendencji i wyzwań związanych z technologiami neutralnymi emisyjnie i ich produkcją w UE. Przedstawiono w nim najpierw **część horyzontalną poświęconą konkurencyjności unijnego sektora czystej energii**, a następnie **analizę sektorową 15 technologii**. Sprawozdanie opiera się na raporcie Draghiego i Kompasie konkurencyjności dla UE oraz wspiera wdrażanie aktu w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie jako sprawozdanie monitorujące dotyczące tego aktu. Sprawozdanie, przyjęte wraz z Paktem dla czystego przemysłu i Planem działania na rzecz przystępnej cenowo energii, stanowi podstawę obu inicjatyw, zapewniając informacje na temat technologii niezbędnych do dekarbonizacji przemysłu UE przy jednoczesnym zwiększeniu jego konkurencyjności i obniżeniu kosztów energii.

Konkurencyjność unijnego przemysłu czystej energii

Dzięki niskim kosztom operacyjnym **czyste technologie energetyczne nadal są w UE wysoce konkurencyjne pod względem kosztów**. W 2024 r. udział odnawialnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej w UE osiągnął nowy rekordowy poziom 48 %, podczas gdy w 2023 r. wynosił 45 %, a w 2022 r. – 41 %.

Chociaż wskaźnik wprowadzania czystych technologii energetycznych dynamicznie rośnie, unijny przemysł technologii neutralnych emisyjnie stoi w obliczu trudnego otoczenia biznesowego i ostrej konkurencji. Jak podkreślono w raporcie Draghiego, jako lider innowacji w dziedzinie czystych technologii UE musi wykorzystać możliwości gospodarcze, jakie stwarza wdrażanie tych technologii na świecie. Jednocześnie polityka przemysłowa i pojawiające się ograniczenia przywozowe, m.in. USA i Chinach, mają coraz większy wpływ na otoczenie biznesowe, stosunki handlowe i decyzje inwestycyjne.

W UE działa zdywersyfikowany przemysł produkcji technologii neutralnych emisyjnie, ale występują trudności z utrzymaniem udziałów w rynku globalnym, ponieważ Chiny zdominowały produkcję w kluczowych sektorach. Jeżeli chodzi o technologie neutralne emisyjnie, UE pozostaje zależna od określonych komponentów technologicznych lub kluczowych surowców w łańcuchu dostaw, co stanowi wyzwanie dla jej ogólnej odporności gospodarczej i autonomii strategicznej. Jest to powiązane z wyzwaniami, przed którymi stoi UE w sektorach energochłonnych dostarczających metale i produkty chemiczne producentom technologii neutralnych emisyjnie.

Czyste technologie energetyczne zapewniają wysokiej jakości miejsca pracy, choć nadal utrzymują się wyzwania, takie jak dostępność wykwalifikowanych pracowników i starzenie się siły roboczej. W 2023 r. zatrudnienie nadal rosło, a liczba miejsc pracy w sektorze energii ze źródeł odnawialnych w UE wyniosła 1,8 mln. W szerszym sektorze czystej energii około jedna trzecia miejsc pracy jest związana z produkcją technologii neutralnych emisyjnie, co potwierdza społeczne i gospodarcze znaczenie tych łańcuchów wartości.

UE nadal zajmuje dobrą pozycję w badaniach nad czystymi technologiami energetycznymi, ale w obliczu silnej konkurencji światowej jej przewaga konkurencyjna w dziedzinie innowacji zmniejsza się w ostatnich latach. Z najnowszych danych wynika, że w 2023 r. połowa państw członkowskich składających sprawozdania zwiększyła swoje wydatki na badania naukowe i innowacje w dziedzinie technologii energetycznych. Jeżeli ta częściowa sprawozdawczość okaże się reprezentatywna, oznaczałoby to wzrost wsparcia dla priorytetów unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji o 9 %. Ogólnie rzecz

biorąc, UE jest światowym liderem w publicznych wydatkach na badania naukowe i innowacje w dziedzinie czystych technologii energetycznych. Prywatne inwestycje w badania naukowe i innowacje, które nadal zapewniają ponad trzy czwarte finansowania badań naukowych i innowacji w dziedzinie czystych technologii energetycznych w dużych gospodarkach, są jednak na znacznie wyższym poziomie w głównych gospodarkach azjatyckich. Jak podkreślono w raporcie Draghiego i uznano w Kompasie konkurencyjności dla UE, konieczne są dalsze działania, aby UE pozostała jednym z liderów w dziedzinie badań naukowych i innowacji w zakresie czystych technologii i poprawiła swoje słabe wyniki w obszarze wprowadzania tych innowacji na rynek.

Dostęp do kapitału wysokiego ryzyka pozostaje kluczowym wyzwaniem dla rozpoczynających działalność i rozwijających się przedsiębiorstw w UE działających w sektorze czystych technologii energetycznych. Wstępne dane za 2024 r. wskazują, że trudne otoczenie makroekonomiczne przyczyniło się do znacznego spadku inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w czyste technologie energetyczne w UE, o 34 % w porównaniu z 2023 r. Spadek ten jest związany ze spadkiem działalności w zakresie kapitału wysokiego ryzyka i mniejszą liczbą inwestycji na dużą skalę w porównaniu z 2023 r., w którym odnotowano transakcje na dużą skalę w zakładach produkujących baterie i stal na bazie wodoru. Transakcje te odegrały istotną rolę w zwiększeniu unijnych inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w tym sektorze do 9,2 mld EUR w 2023 r. (+20 % w porównaniu z 2022 r.). Jednocześnie wstępne dane wskazują, że udział UE w globalnych inwestycjach kapitału wysokiego ryzyka w czyste technologie energetyczne utrzymywał się w 2024 r. na stosunkowo stabilnym poziomie. W 2023 r. UE zajęła drugie miejsce na świecie z udziałem wynoszącym 28 %, plasując się pomiędzy Stanami Zjednoczonymi (30 %) a Chinami (24 %).

Konkurencyjność UE w zakresie technologii neutralnych emisyjnie

W 2024 r. UE zajęła drugie miejsce po Chinach pod względem mocy nowo zainstalowanych ogniw fotowoltaicznych. Unijni producenci działają w bardzo trudnym otoczeniu i mają trudności z konkutowaniem na arenie międzynarodowej. UE jest w dużym stopniu uzależniona od przywozu ogniw fotowoltaicznych z Chin, gdzie znajduje się ponad 90 % światowych zakładów produkcyjnych. Jednocześnie UE nadal odgrywa istotną rolę w badaniach naukowych i innowacjach w dziedzinie konkretnych zastosowań fotowoltaiki.

UE nadal dysponuje dużym potencjałem produkcyjnym w zakresie technologii energii słonecznej termicznej. Energia słoneczna termiczna jest dojrzałą technologią, jednak w latach 2023/2024 podmioty działające w tym sektorze nadal zmagają się z wyzwaniami, aby nadażyć za innymi rozwiązaniami w zakresie odnawialnych źródeł energii. Chociaż rynek produkcji ciepła z energii słonecznej termicznej skurczył się w 2023 r., segment wytwarzania ciepła na potrzeby procesów przemysłowych wykazał obiecujący rozwój, rosnąc trzykrotnie rok do roku w skali globalnej.

UE pozostaje wysoce konkurencyjna w dziedzinie technologii energii wiatrowej. Podmioty z UE znajdują się jednak pod coraz większą presją, zwłaszcza że chińskie przedsiębiorstwa oferują coraz bardziej konkurencyjne produkty po niższych cenach. W 2024 r. UE odpowiadała za blisko 13 % światowych mocy produkcyjnych w zakresie montażu łopat i gondoli oraz około 22 % w przypadku produkcji wież. W 2023 r. przedsiębiorstwa z UE miały prawie 90 % udziału w rynku europejskim i 23 % w rynku światowym, co oznacza spadek o około 7 % odniesieniu do rynku światowego w porównaniu z 2022 r.

W 2024 r. finansowanie technologii energii oceanicznej oraz zainteresowanie tymi technologiami miało miejsce na niespotykaną wcześniej skalę. W 2024 r. w Europie zainstalowano około 1 230 kW nowych mocy w zakresie energii oceanicznej. Chiny przodują

jednak w dziedzinie wynalazków o wysokiej wartości w tym sektorze, wyprzedzając UE. Konieczne są dalsze działania w celu zwiększenia rentowności energii oceanicznej oraz wprowadzania na rynek innowacyjnych technologii energii oceanicznej.

Unijni producenci baterii zmagają się z poważnymi trudnościami, próbując zwiększyć swoje moce produkcyjne i udziały w rynku. Chiny są liderem w dziedzinie technologii produkcji baterii i odpowiadają za ponad 85 % światowych zamówionych mocy produkcyjnych w 2024 r., a kolejne miejsca zajmują UE – około 7 % i USA – około 5 %. Producenci z UE są w dużym stopniu zależni od Chin pod względem katod i anod. Jeżeli zapowiedziane projekty zostaną zrealizowane, wydaje się, że UE będzie na dobrej drodze do osiągnięcia swoich celów w zakresie produkcji na 2030 r., dysponując 10 % (1 510 GWh) prognozowanych globalnych zdolności operacyjnych w zakresie produkcji baterii do 2030 r. Obserwatorzy przewidują nadwyżkę podaży ogniw baterii w nadchodzących latach, co prawdopodobnie doprowadzi do ostrej konkurencji na świecie.

Unijni producenci pomp ciepła są światowymi liderami w zakresie zaawansowanych innowacyjnych rozwiązań do użytku domowego, a także przemysłowych pomp ciepła. W odniesieniu do unijnych zdolności w zakresie końcowego montażu UE jest na dobrej drodze do zaspokojenia potrzeb dotyczących wdrażania do 2030 r. Przemysł UE pozostaje jednak w dużym stopniu zależny od przywozu niektórych komponentów, takich jak sprężarki. Chociaż deficyt bilansu handlowego UE w łańcuchu dostaw zmniejszył się o jedną trzecią w 2023 r., sprzedaż pomp ciepła w UE spadła o 7,2 % w 2023 r., po dziesięciu latach wzrostu. Tendencja ta pogorszyła się w 2024 r. i sprzedaż w Europie zmalała o 31 %. Zwraca to uwagę na konieczność podjęcia działań mających na celu odzyskanie dynamiki przez ten sektor.

Unijne przedsiębiorstwa odgrywają istotną rolę w instalacji i ostatecznym montażu technologii energii geotermalnej stosowanych w UE. Światowy rynek kluczowych komponentów jest jednak zdominowany przez przedsiębiorstwa spoza UE. Sprostanie wyzwaniom sektorowym, takim jak dostępność danych podpowierzchniowych, może pomóc przemysłowi UE.

Europejskie przedsiębiorstwa nadal odgrywają istotną rolę w produkcji elektrolizerów i szacuje się, że w 2024 r. odpowiadały za około jedną trzecią do jednej czwartej światowych mocy produkcyjnych. Chociaż zdolność do elektrolizy wodoru w UE nadal dynamicznie rośnie, wciąż istnieją wyzwania związane z rozwojem sektora wodoru na dużą skalę, zapewniającego dostępność dużych ilości wodoru po konkurencyjnej cenie. Ponadto UE pozostaje w tyle pod względem produkcji ogniw paliwowych.

W UE znajdują się wiodące na świecie przedsiębiorstwa zajmujące się produkcją biogazu i biometanu oraz produkcją komponentów. Europa charakteryzuje się dojrzałym przemysłem biogazu i biometanu, głównie na potrzeby wytwarzania energii elektrycznej, z rosnącymi rynkami ciepła i transportu. Prawie 50 % produkcji odbywa się w Europie, a same Niemcy zaspokajają 20 % światowego popytu.

UE ma znaczne możliwości w zakresie rozwoju technologii wychwytywania CO₂, ale pozostaje w tyle za USA i Kanadą pod względem transportu i składowania CO₂. Liczba projektów CCS szybko rośnie na świecie i w Europie. Kluczowe znaczenie w tym względzie mają działania UE ukierunkowane na zapewnienie inwestorom przewidywalności oraz zwiększenie przejrzystości popytu i podaży w zakresie składowania.

W UE od lat działają liderzy rynkowi i technologiczni zarówno w dziedzinie linii elektroenergetycznych, jak i transformatorów. Przewiduje się, że europejskie przedsiębiorstwa będą musiały stawić czoła rosnącej presji ze strony międzynarodowych

konkurentów w perspektywie krótko- i średnioterminowej. Produkcja wyposażenia sieciowego zależy w dużej mierze od dostępu do surowców, takich jak miedź, aluminium i stal elektrotechniczna o ziarnach zorientowanych, w przypadku których unijni producenci są narażeni na uzależnienie od przywozu.

Jeżeli chodzi o energię jądrową, UE ma jednego aktywnego dostawcę reaktorów, którego udział w światowym rynku reaktorów w budowie wyniósł 5,3 % na początku 2024 r. Ponieważ flota elektrowni jądrowych w UE i jej siła robocza starzeją się, konieczne są działania na rzecz odnowienia tego sektora. W 2024 r. uruchomiono europejski sojusz przemysłowy na rzecz małych reaktorów modułowych (SMR), aby ułatwić wdrażanie SMR i wspierać konkurencyjny ekosystem UE w zakresie tej powstającej technologii.

Chociaż unijny przemysł hydroenergetyczny nadal odgrywa wiodącą rolę na świecie, w ostatnich latach stracił udział w rynku produkowanych turbin i innych części. Ze szczytowego poziomu 466 mln EUR w 2015 r. nadwyżka handlowa UE znacznie się skurczyła do 213 mln EUR w 2023 r. Aby utrzymać silny przemysł produkcji komponentów w UE, rynek krajowy musiałby zostać wsparty nowymi inwestycjami. Istnieje również niewykorzystany potencjał rozbudowy elektrowni szczytowo-pompowych, który pozwoliłby zwiększyć elastyczność sieci.

UE jest jednym z liderów innowacji na powstającym rynku zrównoważonych paliw alternatywnych dla transportu lotniczego i morskiego. Moce produkcyjne pozostają ograniczone i należy je zwiększyć, a jednocześnie obniżyć ceny takich paliw.

Nadwyżka energii z procesów przemysłowych w UE mogłaby zostać przekształcona w 150 TWh energii elektrycznej rocznie przy użyciu elektrowni wykorzystujących organiczny obieg Rankine'a. Producenci z UE należą do czołowych podmiotów na rynku światowym, ale istnieją bariery, takie jak długie okresy zwrotu inwestycji, utrudniające zwiększenie wdrażania w UE.

1. WPROWADZENIE

Czyste technologie energetyczne są kluczowymi czynnikami umożliwiającymi UE osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r., zwiększenie bezpieczeństwa dostaw energii oraz konkurencyjności. **W ostatnich dziesięcioleciach UE odgrywa kluczową rolę we wdrażaniu czystych technologii**, takich jak energia słoneczna i wiatrowa. W 2024 r. odnawialne źródła energii stanowiły 48 % koszyka energii elektrycznej UE. Podkreśla to rosnącą konkurencyjność i znaczenie gospodarcze czystych technologii energetycznych w porównaniu z kopalnymi źródłami energii. Aby osiągnąć swoje cele w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2030 r. i w kolejnych latach, Europa będzie musiała kontynuować działania w tym kierunku i zintensyfikować wysiłki w tej dziedzinie.

Jednocześnie przemysł UE stoi w obliczu rosnącej presji na swoją konkurencyjność w zakresie technologii neutralnych emisyjnie. Wiodącą rolę w zakresie technologii opracowanych w UE oraz ich produkcję coraz częściej przejmują inne duże gospodarki, takie jak Chiny i USA, które zwiększają swoje zdolności produkcyjne.

Konkurencyjność stała się głównym elementem polityki UE, również w odniesieniu do technologii neutralnych emisyjnie. W konkluzjach Rady Europejskiej z kwietnia 2024 r. wezwano UE do zwiększenia konkurencyjności¹. W nowym Kompasie konkurencyjności dla UE określono zestaw środków mających na celu wzmocnienie konkurencyjności UE w nadchodzących latach, w oparciu o ustalenia przedstawione w rocznym sprawozdaniu dotyczącym jednolitego rynku i konkurencyjności oraz dogłębną analizę zawartą w raporcie Dragiego². W raporcie Dragiego podkreślono możliwości gospodarcze, jakie czyste technologie stwarzają dla UE jako lidera innowacji w tej dziedzinie³. Wymieniono w nim główne bariery dla konkurencyjności UE i zaapelowano o opracowanie dostosowanej i ukierunkowanej strategii uwzględniającej różnice między sektorami przemysłu. Zarówno w raporcie Dragiego, jak i w sprawozdaniu Letty wspomniano również o znaczeniu wzmocnienia jednolitego rynku energii i jednocześnie związanej z nim infrastruktury w celu wykorzystania potencjału UE w zakresie energii ze źródeł odnawialnych, aby zapewnić bezpieczną i przystępną cenowo energię dla jej przemysłu⁴.

Aby wesprzeć autonomię strategiczną UE, zabezpieczyć jej bazę przemysłową i utrzymać potencjał innowacyjny, **niezbędne jest wytwarzanie w Europie obecnych i przyszłych technologii neutralnych emisyjnie. Pakt dla czystego przemysłu to nowy plan działania na rzecz dobrobytu i konkurencyjności UE**⁵. Dzięki Paktom dla czystego przemysłu Komisja poprawi dostęp przemysłu UE do finansowania, strumieni materiałów i wykwalifikowanej siły roboczej, tworząc jednocześnie nowe rynki pionierskie i zwiększając odporność łańcuchów wartości. Jednocześnie Komisja podejmie bezprecedensowe działania na rzecz uproszczenia, zmniejszając obciążenie przedsiębiorstw. Utoruje to drogę dla bardziej konkurencyjnych gałęzi przemysłu i wysokiej jakości miejsc pracy, ze szczególnym uwzględnieniem czystych i strategicznych technologii.

Dostęp do przystępnej cenowo energii jest kluczowym czynnikiem konkurencyjności UE i głównym celem nowego Planu działania na rzecz przystępnej cenowo energii⁶. Plan

¹ Rada Europejska (2024), konkluzje z nadzwyczajnego posiedzenia Rady Europejskiej (17–18 kwietnia 2024 r.); Rada Europejska (2024), Deklaracja budapeszteńska w sprawie nowego ładu na rzecz europejskiej konkurencyjności (7–8 listopada 2024 r.).

² COM(2025) 30 final i COM(2025) 26 final.

³ Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [Przyszłość europejskiej konkurencyjności], 2024.

⁴ Enrico Letta, *Much more than a market* [Znacznie więcej niż rynek], 2024.

⁵ [MIEJSCE NA ODNIESIENIE DO PAKTU DLA CZYSTEGO PRZEMYSŁU].

⁶ [MIEJSCE NA ODNIESIENIE DO PLANU DZIAŁANIA NA RZECZ PRZYSTĘPNEJ CENOWO ENERGII].

działania stanowi uzupełnienie Paktu dla czystego przemysłu przez zaproponowanie środków mających na celu obniżenie kosztów energii dla przemysłu, przedsiębiorstw i gospodarstw domowych, przy jednoczesnym przyspieszeniu niezbędnych reform strukturalnych. Skoncentrowano się w nim na przyspieszeniu przejścia na przystępną cenowo czystą energię wytwarzaną lokalnie, w oparciu o technologie uwzględnione w niniejszym sprawozdaniu. Celem planu działania jest dokończenie budowy unii energetycznej i zapewnienie w pełni zintegrowanego wewnętrznego rynku energii z wymaganymi fizycznymi połączeniami międzysystemowymi.

W niniejszym sprawozdaniu przedstawiono oparte na dowodach wyniki monitorowania i porady w zakresie konkurencyjności czystych technologii energetycznych i ich producentów w Europie. W akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie (NZIA), który wszedł w życie w 2024 r., dodatkowo zwiększono rolę sprawozdania, wskazując na nie jako na główne narzędzie monitorowania postępów UE w odniesieniu do celów dotyczących produkcji określonych w tym akcie. W oparciu o NZIA UE dąży do wzmocnienia swoich krajowych zdolności produkcyjnych w zakresie kluczowych czystych technologii oraz do zwiększenia konkurencyjności i odporności swojego przemysłu. Celem jest zmniejszenie zależności od podmiotów zewnętrznych poprzez osiągnięcie zdolności produkcyjnej na poziomie co najmniej 40 % rocznych potrzeb UE w zakresie wdrażania technologii niezbędnych do osiągnięcia jej celów dotyczących klimatu i energii na 2030 r., a także osiągnięcie 15 % udziału w produkcji światowej do 2040 r.⁷

Część I sprawozdania zawiera ogólne spostrzeżenia na temat kluczowych kwestii dotyczących konkurencyjności unijnego sektora technologii neutralnych emisyjnie jako całości, obejmujące takie aspekty, jak koszty energii, produkcja, dekarbonizacja przemysłu, umiejętności, tendencje w zakresie inwestycji, badania naukowe i innowacje, a także kontekst globalny. W części II sprawozdania przedstawiono aktualną sytuację w zakresie konkurencyjności przemysłu UE w odniesieniu do 15 technologii neutralnych emisyjnie, podkreślając mocne i słabe strony odpowiednich łańcuchów wartości.

Niniejsze sprawozdanie jest piątym wydaniem sprawozdania z postępów w dziedzinie konkurencyjności, publikowanego od 2020 r. zgodnie z art. 35 ust. 1 lit. m) rozporządzenia w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, Niniejsze sprawozdanie opiera się na danych z Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych (CETO)⁸.

2. OCENA KONKURENCYJNOŚCI UNIJNEGO SEKTORA CZYSTEJ ENERGII

2.1. Globalny kontekst gospodarczy i konkurencyjność unijnego sektora technologii neutralnych emisyjnie

2.1.1. Tendencje w zakresie cen i kosztów energii

Sytuacja na rynku energii w UE poprawiła się w latach 2023 i 2024. Ceny energii były znacznie niższe niż w 2022 r., choć utrzymywały się powyżej poziomów sprzed kryzysu i były znacznie wyższe niż w konkurencyjnych regionach. Zwiększenie dywersyfikacji importu gazu i mocy

⁷ Dz.U. L, 2024/1735, 28.6.2024, art. 5.

⁸ Aby zapoznać się z dodatkowymi informacjami i sprawozdaniami CETO, zob.: [Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych](#).

wytwórczej energii ze źródeł odnawialnych w połączeniu z niższym zużyciem pomogło obniżyć hurtowe ceny gazu i energii elektrycznej.

Hurtowe ceny gazu w 2024 r. były niższe niż w 2023 r. i znacznie niższe niż ceny obserwowane w pierwszych miesiącach po rosyjskiej inwazji na Ukrainę w 2022 r. Pozostały one jednak wyższe niż przed kryzysem. W 2024 r. średnia cena hurtowa gazu ustabilizowała się na poziomie 34 EUR/MWh. Chociaż w pierwszej połowie roku ceny spadły do poziomu zbliżonego do 30 EUR/MWh, wzrastały one systematycznie do przedziału 35–45 EUR/MWh do końca 2024 r. i ponownie wzrosły na początku 2025 r.

W przypadku energii elektrycznej w 2024 r. odnotowano również kontynuację pozytywnych fundamentalnych parametrów rynkowych, co doprowadziło do niższych hurtowych cen energii elektrycznej. Niższe ceny gazu, ograniczony popyt oraz większa produkcja energii ze źródeł odnawialnych i energii jądrowej przyczyniły się do obniżenia hurtowych cen energii elektrycznej na wszystkich rynkach UE. Europejski poziom odniesienia dla energii wyniósł średnio 95 EUR/MWh w 2023 r., czyli o 57 % mniej niż w 2022 r. W pierwszych trzech kwartałach 2024 r. średnia spadła do 70 EUR/MWh, ale ceny wzrosły w ostatnim kwartale. Ogółem średnia w 2024 r. wyniosła 76 EUR/MWh. Zużycie energii elektrycznej w UE w 2024 r. nieznacznie wzrosło (+2 %), a popyt w sektorze przemysłu powoli się odradza.

Z powodu kryzysu energetycznego znaczne podwyżki hurtowych cen energii elektrycznej zostały przerzucone na konsumentów końcowych, w niektórych przypadkach z opóźnieniem. W rezultacie detaliczne ceny energii elektrycznej dla gospodarstw domowych wzrosły w 2022 r. i częściowo w 2023 r.⁹ Zgodnie z działaniami UE państwa członkowskie wprowadziły tymczasowe środki w celu złagodzenia wpływu wysokich cen na konsumentów. Wysokie ceny pozostają jednak problemem, w szczególności dla konsumentów podatnych na zagrożenia. Zmiany cen detalicznych dla gospodarstw domowych w 2024 r. wskazują, że ceny w całej UE nieznacznie spadły lub pozostają porównywalne z cenami z 2023 r.

Ceny energii elektrycznej dla użytkowników przemysłowych znacznie spadły w pierwszej połowie 2024 r. w porównaniu z tym samym okresem w 2023 r. Spadek ten wyniósł od 13 % do 27 % (bez podatków) i od 6 % do 27 % (z uwzględnieniem podatków niepodlegających zwrotowi)¹⁰ w różnych zakresach zużycia, nasilając tendencję spadkową, która rozpoczęła się w 2023 r. Obecnie jednak przemysł UE musi radzić sobie z cenami energii elektrycznej, które są prawie dwukrotnie wyższe niż w USA lub Chinach i w 2024 r. wynosiły średnio 0,16 EUR za kWh¹¹.

Udział odnawialnych źródeł energii w koszyku energii elektrycznej UE wzrósł do nowego rekordowo wysokiego poziomu 48 % w 2024 r. (w porównaniu z 45 % w 2023 r. i 41 % w 2022 r.)¹², natomiast udział paliw kopalnych znacznie spadł do 24 % (z 28 % w 2023 r.). W 2024 r. odnotowano znaczny wzrost produkcji energii słonecznej i morskiej energii wiatrowej: produkcja morskiej energii wiatrowej wzrosła o 17 % (+9 TWh), natomiast energii słonecznej – o 19 % (+37 TWh). W tym samym okresie produkcja energii wodnej zwiększyła się o 7 % (+22 TWh), produkcja lądowej energii wiatrowej utrzymywała się na mniej więcej stabilnym poziomie (-1 TWh), a produkcja energii jądrowej wzrosła o 5 % (+29 TWh)¹³. Jednocześnie

⁹ Eurostat ([nrg_pc_204](#)), dostęp 12.02.2025 r.

¹⁰ Eurostat ([nrg_pc_205](#)), dostęp 12.02.2025 r.

¹¹ Eurostat, [statystyki dotyczące cen energii elektrycznej](#). Uwaga: ceny odnoszą się do zakresu zużycia ID po odliczeniu opłat podlegających zwrotowi.

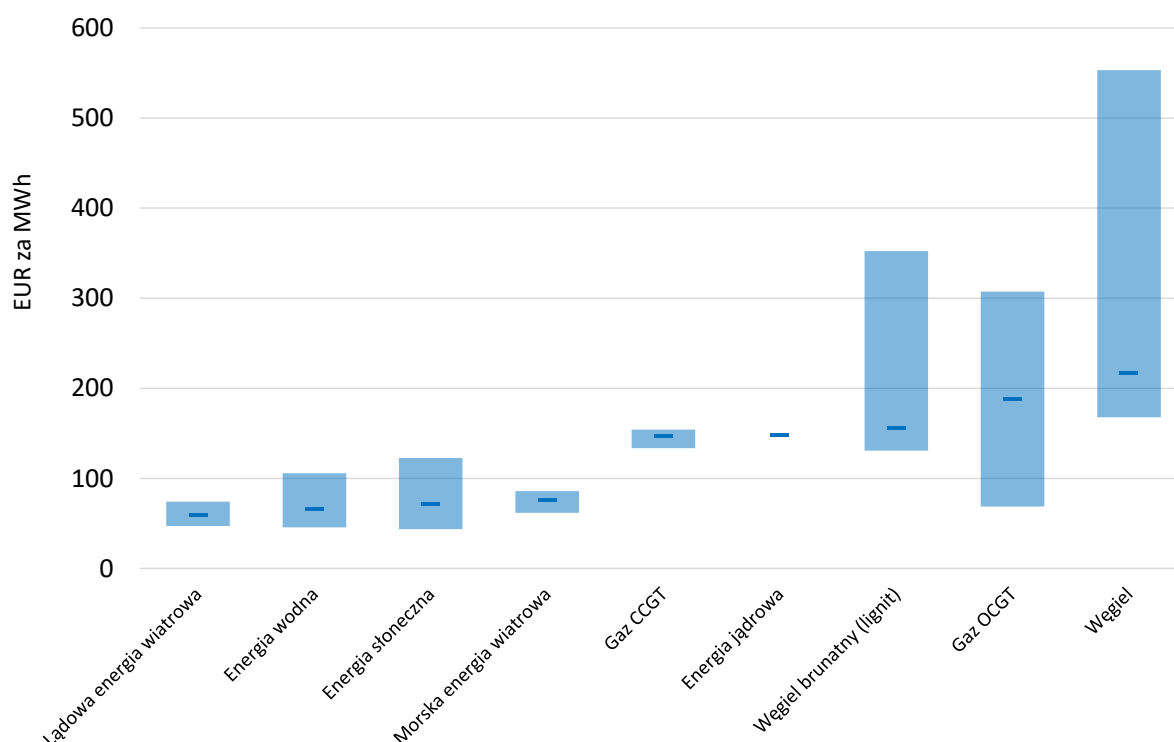
¹² Dane za 2022 r. na podstawie danych Eurostatu.

¹³ Dane za lata 2023 i 2024 w tym akapicie opierają się na danych z [platformy na rzecz przejrzystości ENTSO-E](#).

elektryfikacja nie nabrała tempa, a udział energii elektrycznej w koszyku energetycznym utrzymuje się na stałym poziomie około 20 % od 2000 r.¹⁴

Na wykresie 1 przedstawiono przegląd **łącznych uśrednionych kosztów wytworzenia energii (LCOE) w UE**¹⁵, oszacowanych na podstawie specyfiki systemów elektroenergetycznych w każdym państwie członkowskim na 2023 r. Koszty inwestycji, a także koszty eksploatacji i utrzymania wzrosły w 2023 r. ze względu na inflację, wyższe koszty materiałów i zwiększone koszty pracy. Wysoka inflacja i wysokie stopy procentowe odegrały istotną rolę wywierając wpływ na decyzje inwestycyjne w 2023 r. lub opóźniając ich podejmowanie zarówno w przypadku podmiotów realizujących projekty, jak i producentów.

***Wykres 1:** Zestawienie łącznych uśrednionych kosztów wytworzenia energii elektrycznej przez różne floty technologiczne w 2023 r. Grube niebieskie kreski oznaczają medianę, a jasnoniebieskie słupki pokazują rozpiętość $\pm 25\%$ w obrębie UE, przedstawiając różnice między państwami członkowskimi*



Źródło: symulacja modelu METIS opracowana przez JRC¹⁶

¹⁴ COM(2025) 26 final.

¹⁵ Łączne uśrednione koszty wytworzenia energii (LCOE) są metodą porównywania średniego kosztu wytworzenia jednej jednostki energii elektrycznej (powszechnie mierzonej w megawatogodzinach, MWh) w całym okresie eksploatacji składnika aktywów lub projektu generującego energię, z uwzględnieniem wszystkich kosztów związanych z budową i eksploatacją elektrowni (nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji i utrzymania, koszty paliwa (w stosownych przypadkach), koszty finansowania i koszty likwidacji (w stosownych przypadkach)).

¹⁶ Zgodnie z: Gasparella, A., Koolen, D. i Zucker, A., *The Merit Order and Price-Setting Dynamics in European Electricity Markets* [Ranking cenowy i dynamika ustalania cen na europejskim rynku energii elektrycznej], Urząd Publikacji Unii Europejskiej, 2023. Obliczenia na podstawie kosztów w ujęciu rocznym za 2023 r. Nakłady inwestycyjne i koszty operacyjne na podstawie referencyjnego scenariusza PRIMES zakładającego cel klimatyczny na rok 2040, w ujęciu rocznym według technicznych cykli życia i średniego ważonego kosztu kapitału. Koszty w ujęciu rocznym są uśrednione za pomocą współczynników wykorzystania mocy uzyskanych z modelu METIS. Koszty zmienne opierają się na cenach surowców z 2023 r., zmiennych kosztach operacyjnych i dysponowaniu w symulacji METIS.

Pomimo tych rosnących kosztów floty technologiczne o niskich kosztach zmiennych (w tym kosztach operacyjnych, np. kosztach utrzymania i kosztach paliwa), takie jak odnawialne źródła energii, na przykład lądowa energia wiatrowa i słoneczna, pozostają bardziej konkurencyjne pod względem kosztów w porównaniu z technologiami wytwarzania o wysokich kosztach zmiennych, takimi jak produkcja energii z wykorzystaniem kopalnych źródeł, jak gaz i węgiel, na które wpływ mają koszty paliwa. Ogólnie rzecz biorąc, odnawialne źródła energii nadal są w UE wysoce konkurencyjne pod względem kosztów.

Na wartość łącznych uśrednionych kosztów wytworzenia energii danej technologii ma wpływ m.in. stosunek rocznej wielkości produkcji technologii do jej mocy zainstalowanej. Im mniej wykorzystywana jest technologia, tym większa będzie jej wartość łącznych uśrednionych kosztów wytworzenia energii. Z tego powodu w przypadku technologii konwencjonalnych, takich jak technologie węgla brunatnego, turbin gazowych w obiegu otwartym (OCGT) i węgla kamiennego, których produkcja w niektórych państwach członkowskich była niższa, obserwuje się wzrost różnicy łącznych uśrednionych kosztów wytworzenia energii. Natomiast zakres łącznych uśrednionych kosztów wytworzenia energii w przypadku technologii takiej jak cykl kombinowany gazu ziemnego (CCGT) pozostaje bardzo wąski, ponieważ wskaźnik wykorzystania elektrowni CCGT jest wysoki w większości państw członkowskich.

Odnawialne źródła energii są nadal najbardziej konkurencyjnymi kosztowo technologiami, natomiast technologia CCGT stała się najbardziej konkurencyjną technologią termiczną pod względem kosztów. Tendencję tę można częściowo wytłumaczyć znacznym spadkiem cen gazu ziemnego w porównaniu z rokiem poprzednim. Ponadto, mimo że w 2022 r. doszło do znacznego zastępowania paliwa między gazem a węglem ze względu na wahania cen, w 2023 r. uwagę w większym stopniu przesunięto na skutki wyższych kosztów stałych we wszystkich technologiach.

Na przestrzeni ostatnich dziesięciu lat łączne uśrednione koszty wytworzenia energii w odniesieniu do różnych technologii wytwarzania energii w Europie znacznie się zmieniły ze względu na szereg kluczowych czynników. Postęp technologiczny doprowadził do zwiększenia wydajności i mocy produkcyjnych, zwłaszcza w dziedzinie energii fotowoltaicznej i wiatrowej, co znacznie obniżyło koszty. Korzyści skali, zwłaszcza w przypadku większych projektów i masowej produkcji, doprowadziły do dalszego obniżenia kosztów energii ze źródeł odnawialnych. Wsparcie polityczne, obejmujące dotacje, bodźce podatkowe i ustalanie opłat za emisję gazów cieplarnianych, zachęciło do przyjmowania rozwiązań opartych na czystszych źródłach energii, zwiększając jednocześnie koszty związane z paliwami kopalnymi, takimi jak węgiel i gaz ziemny. Ulepszone łańcuchy dostaw i procesy produkcyjne zwiększyły ogólną konkurencyjność technologii odnawialnych. Te połączone wpływy zmieniły sytuację na rynku energii, zwiększając opłacalność odnawialnych źródeł energii i zmniejszając zależność od tradycyjnych źródeł energii.

W raporcie Draghiego podkreślono, że energia jest główną siłą napędową konkurencyjności UE, i zaproponowano zestaw środków mających na celu wyeliminowanie przyczyn wysokich cen energii w UE, aby korzyści wynikające z dekarbonizacji energii mogły dotrzeć do użytkowników końcowych¹⁷. Energia jest centralnym elementem nowego Paktu dla czystego przemysłu a w ramach Planu działania na rzecz przystępnej cenowo energii Komisja proponuje konkretne środki mające na celu zmniejszenie kosztów energii dla gospodarstw domowych i przemysłu.

¹⁷ Mario Draghi, [The future of European competitiveness](#) [Przyszłość europejskiej konkurencyjności], 2024.

2.1.2. Wsparcie technologii neutralnych emisyjnie na rynkach światowych

Nowa dynamika geopolityczna i okres charakteryzujący się zarówno wysokimi stopami procentowymi, jak i inflacją, zmieniły w ostatnich latach otoczenie biznesowe dla technologii neutralnych emisyjnie. Do 2035 r. światowy rynek kluczowych, masowo produkowanych technologii neutralnych emisyjnie ma wzrosnąć trzykrotnie i osiągnąć roczną wartość około 1,9 bln EUR¹⁸. W wyścigu o zwiększenie produkcji w celu zaspokojenia oczekiwanego popytu kluczowe znaczenie ma zapewnienie, aby przemysł UE był konkurencyjny i zdolny do odgrywania swojej roli w dostarczaniu technologii na potrzeby transformacji energetycznej w Europie i na świecie. Jednocześnie niepewność stanowi wyzwanie dla długoterminowych inwestycji, w tym w zakłady wytwórcze lub produkcyjne. Decyzje podejmowane i wdrażane w tym momencie będą miały decydujące znaczenie dla umożliwienia UE i jej sektorom przemysłu konkurowania o udziały w rynku w roku 2030 i w kolejnych latach. Opóźnienia w budowaniu zdolności produkcji technologii neutralnych emisyjnie mogą mieć wpływ na konkurencyjność UE w nadchodzących dziesięcioleciach. Chociaż przyspieszona elektryfikacja zmniejszy zależność od importu paliw kopalnych, aby uniknąć nowych zależności, potrzebne będą odporne łańcuchy wartości technologii neutralnych emisyjnie, takich jak energia wiatrowa lub baterie¹⁹.

W odpowiedzi na niedawne kryzysy oraz w ramach strategii wspierania przedsiębiorstw w transformacji energetycznej na całym świecie wprowadzono politykę przemysłową mającą na celu zwiększenie produkcji czystych technologii energetycznych, w tym w krajach takich jak Chiny, Indie, Japonia, Kanada, Korea Południowa i USA. Przyjmując ustawę o obniżeniu inflacji (IRA), Stany Zjednoczone zaoferowały dotacje wspierające instalację zaawansowanych technologii i ulgi podatkowe na inwestycje w zakłady produkcyjne zajmujące się produkcją urządzeń czystej energii (szacowana łączna kwota wynosi 461 mld EUR²⁰, z czego 60 % przeznaczono na sektor energetyczny). Jednocześnie Chiny stały się dominującym producentem wielu technologii neutralnych emisyjnie i przodują we wspieraniu czystych technologii za pośrednictwem gospodarki skoncentrowanej na inwestycjach²¹. Jeśli chodzi konkretnie o sektor energii słonecznej, ponad 90 % zakładów produkcyjnych znajduje się w Chinach²².

Ponadto ograniczenia przywozu w USA i innych krajach zwiększają presję wywieraną na producentów z UE na ich rynkach krajowych. Co więcej, wzrost mocy produkcyjnych na całym świecie, który w przypadku niektórych technologii może potencjalnie przekroczyć zdolności wdrożeniowe, stwarza ryzyko nadwyżki mocy produkcyjnych. Taka zmiana może spowodować poważne szkody dla segmentów produkcji UE, w tym technologii neutralnych emisyjnie. Prognozy na 2025 r. wskazują, że globalne nadwyżki mocy produkcyjnych będą się utrzymywać w przypadku głównych czystych technologii energetycznych, w szczególności

¹⁸ MAE, *Energy Technology Perspectives* [Perspektywy rozwoju technologii energetycznych], 2024. Szacunki dotyczące globalnego rynku energii fotowoltaicznej, wiatrowej, pojazdów elektrycznych, baterii, elektrolizerów i pomp ciepła. Sprawozdanie odnosi się do kwoty 2 bln USD, przeliczonej na EUR na koniec 2024 r.

¹⁹ Komisja Europejska, *Roczne sprawozdanie dotyczące jednolitego rynku i konkurencyjności za 2025 r.*, zob. KPI nr 18 dotyczący elektryfikacji.

²⁰ Do obliczeń użyto średniego kursu 0,9239 EUR za 1 USD dla całego 2024 r. w oparciu o [EBC](#).

²¹ Strategic perspectives, *Competing in the new zero-carbon industrial era* [Konkurowanie w nowej erze przemysłu zeroemisyjnego], 2023.

²² Więcej informacji można znaleźć w kolejnej sekcji dotyczącej fotowoltaiki.

w odniesieniu do całych łańcuchów wartości baterii i energii słonecznej, oraz gondoli turbin wiatrowych²³.

Z szacunków wynika, że ogólne subsydia Chin są od trzech do dziewięciu razy wyższe niż w innych państwach OECD, takich jak USA czy Niemcy²⁴. UE zakończyła dochodzenie antysubsydjne dotyczące przywozu pojazdów elektrycznych o napędzie akumulatorowym (BEV) z Chin, w wyniku którego nałożono cła wyrównawcze na taki przywóz²⁵. Aby ocenić skalę i zakres subsydiów oraz zgodność z zasadami handlu międzynarodowego, należy rozważyć dalsze kanały wsparcia rządowego. UE będzie również współpracować z międzynarodowymi partnerami handlowymi, a także zwracać się do instytucji międzynarodowych, takich jak Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) i Międzynarodowa Agencja Energetyczna (MAE), o pomoc w monitorowaniu sytuacji.

Aby globalna transformacja energetyczna zakończyła się sukcesem, konieczne będzie dzielenie się możliwościami i korzyściami gospodarczymi w całym łańcuchu wartości. W tym względzie globalne partnerstwa i równe warunki działania będą miały zasadnicze znaczenie dla osiągnięcia odporności i autonomii strategicznej UE. Obecna inicjatywa UE Global Gateway promuje inwestycje w państwach spoza UE w obszarach kluczowych dla UE oraz jej transformacji ekologicznej i cyfrowej. Celem strategii Global Gateway jest uruchomienie inwestycji o wartości do 300 mld EUR²⁶. Negocjowanie, zawieranie i wdrażanie ambitnych umów handlowych przyczyni się do rozszerzenia dostępu do rynku i zwiększenia odporności gospodarczej²⁷. Ponadto czyste partnerstwa handlowo-inwestycyjne mogą uzupełniać umowy handlowe i wspierać działania na rzecz dekarbonizacji w UE i poza jej granicami, dostosowane do interesów biznesowych UE i jej partnerów handlowych w sektorze czystej energii.

W UE przyspieszenie dekarbonizacji i przejścia na czystą energię jest głównym elementem Europejskiego Zielonego Ładu i późniejszych środków z zakresu polityki, w tym pakietu „Gotowi na 55” i planu przemysłowego Zielonego Ładu. UE dysponuje solidnymi ramami wspierającymi technologie neutralne emisyjnie, łączącymi wsparcie w zakresie badań naukowych i innowacji, zachęty gospodarcze, takie jak ustalanie opłat za emisję gazów cieplarnianych w unijnym systemie handlu uprawnieniami do emisji (ETS), oraz instrumenty regulacyjne, takie jak dyrektywa w sprawie energii odnawialnej i akt w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie. W ramach Instrumentu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności (RRF) przewidziano budżet w wysokości 650 mld EUR na wsparcie reform i inwestycji podejmowanych przez państwa członkowskie, przy czym udział środków ekologicznych w krajowych planach odbudowy i zwiększania odporności wynosi co najmniej 37 %. Ponadto fundusze polityki spójności UE z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Funduszu Spójności, Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji i Interreg zapewniają prawie 120 mld EUR inwestycji w środki ekologiczne (o łącznym koszcie inwestycji przekraczającym 166 mld EUR). Stanowi to średnio 40 % wkładu tych funduszy w działania w dziedzinie klimatu, co znacznie wykracza poza minimalne zobowiązania regulacyjne²⁸. Ponadto REPowerEU

²³ BloombergNEF, *Trade & Supply Chains: 10 Things to Watch in 2025* [Handel i łańcuchy dostaw: 10 rzeczy, na które warto zwrócić uwagę w 2025 r.], 2025.

²⁴ Instytut Gospodarki Światowej w Kilonii, *Foul play? On the Scale and Scope of Industrial Subsidies in China* [Nieuczciwa konkurencja? O skali i zakresie subsydiów przemysłowych w Chinach], 2024.

²⁵ Dz.U. L, 2024/2754, 29.10.2024.

²⁶ Aby uzyskać więcej informacji, zob.: https://international-partnerships.ec.europa.eu/policies/global-gateway_pl.

²⁷ COM(2025) 30 final.

²⁸ Aby uzyskać więcej informacji, zob.: [Exploring investments 2021–2027 – Cohesion policy support to climate action](#) [Analiza inwestycji na lata 2021–2027 – wsparcie w ramach polityki spójności na rzecz działań w dziedzinie klimatu].

odegrał kluczową rolę w szybkim zmniejszaniu zależności od rosyjskich paliw kopalnych i przyspieszeniu transformacji ekologicznej.

Platforma na rzecz Technologii Strategicznych dla Europy (STEP) została utworzona przez UE w celu wspierania europejskiego przemysłu i pobudzania inwestycji w technologie krytyczne w Europie, w tym w czyste technologie energetyczne. Dzięki połączeniu zachęt finansowych i środków ułatwiających finansowanie projektów STEP zwiększa skuteczność finansowania na rzecz technologii krytycznych w ramach istniejących programów i funduszy UE, w tym funduszy polityki spójności, InvestEU, programu „Horyzont Europa”, Europejskiego Funduszu Obronnego, funduszu innowacyjnego unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji oraz Instrumentu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności. Ponadto do 2024 r. w ramach klastra 5 programu „Horyzont Europa” „Klimat, energia i mobilność” przeznaczono ponad 3 mld EUR na wsparcie badań naukowych i innowacji w dziedzinie czystych technologii energetycznych.

2.2. Łańcuchy wartości technologii neutralnych emisyjnie w UE: szanse i wyzwania dla czystego przemysłu

2.2.1. Łańcuchy dostaw na potrzeby produkcji

W ostatnich latach UE podjęła działania mające na celu zwiększenie swoich mocy produkcyjnych w zakresie technologii neutralnych emisyjnie, aby zmniejszyć strategiczne zależności i zwiększyć odporność UE, a jednocześnie przyczynić się do osiągnięcia celów UE w dziedzinie klimatu i energii.

UE intensyfikuje swoje działania, jednak mierzy się ze znacznymi trudnościami stwarzanymi przez światowych konkurentów. W ostatnich latach jej pozycja w produkcji technologii neutralnych emisyjnie pogarsza się na całym świecie pomimo mocnych stron UE jakimi są jej badania naukowe i innowacje, wykwalifikowana siła robocza i standardy regulacyjne. UE utrzymuje silną bazę produkcyjną w zakresie niektórych technologii neutralnych emisyjnie, takich jak energia wiatrowa i elektrolizery, podczas gdy inne części świata w coraz większym stopniu dominują w niektórych łańcuchach wartości, takich jak fotowoltaika i baterie. Wyzwania dotyczą nie tylko zależności od niektórych technologii neutralnych emisyjnie jako takich, ale również konkretnych komponentów technologii w łańcuchu dostaw. Na przykład UE ma dobrą pozycję w produkcji i pozostaje głównym producentem hydronicznych pomp ciepła, ale Chiny dostarczają większość zaworów czterokierunkowych i sprężarek²⁹. Ponadto UE pozostaje w dużym stopniu zależna od szeregu surowców krytycznych niezbędnych do produkcji wielu technologii neutralnych emisyjnie.

Globalne inwestycje w produkcję czystych technologii znacząco wzrastały do 2023 r. W 2024 r. inwestycje utrzymały się na podobnym poziomie i wyniosły 129 mld EUR (133 mld EUR w 2023 r.)³⁰. Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej (MAE) UE i USA były w stanie zwiększyć swój łączny udział w globalnych inwestycjach w produkcję czystych technologii do 16 % w 2023 r. (z 11 % w 2022 r.)³¹. Jednocześnie Chiny nadal utrzymują

²⁹ Zob. sekcja dotycząca technologii pomp ciepła w rozdziale 3 niniejszego sprawozdania.

³⁰ BloombergNEF, *Energy Transition Investment Trends 2025* [Tendencje inwestycyjne w transformacji energetycznej w 2025 r.], 2025. Dane obejmują produkcję kluczowych części baterii (w tym kopalnie i rafinerie), ogniwa fotowoltaiczne, energię wiatrową i łańcuch dostaw wodoru. Do obliczeń użyto średniego kursu 0,9239 EUR za 1 USD dla całego 2024 r. w oparciu o dane [EBC](#).

³¹ Międzynarodowa Agencja Energetyczna (MAE), *Advancing Clean Technology Manufacturing* [Rozwój produkcji czystych technologii], 2024.

znaczącą przewagę, jeśli chodzi o inwestycje w produkcję. Szacuje się, że w 2024 r. Chiny odpowiadały za 81 % światowych inwestycji w łańcuchach dostaw czystych technologii³².

Koszty produkcji w UE i USA pozostają strukturalnie wyższe niż w Chinach. Koszty produkcji modułów fotowoltaicznych są o 35–65 % niższe w Chinach niż w UE i USA³³. Koszt komponentów lądowych turbin wiatrowych w Chinach wynosi około 355 EUR/kW, natomiast w UE i USA koszty te znajdują się w przedziale 448–485 EUR/kW³⁴. Montaż końcowy pomp ciepła w UE i USA kosztuje około dwukrotnie więcej niż w Chinach³⁵.

Na te różnice kosztów wpływa kilka czynników, w tym wysokie ceny energii, zakłócenia w łańcuchach dostaw, inflacja walutowa, wzrost stóp procentowych, intensywna konkurencja rynkowa, różne programy subsydiowania i niepewny przyszły popyt. Z niedawnej analizy przeprowadzonej przez MAE wynika, że Chiny pozostają najbardziej opłacalnym miejscem inwestycji kapitałowych w zakłady produkcyjne, przy czym koszty w UE i USA są o 70–195 % wyższe na jednostkę mocy produkcyjnych³⁶. Chociaż wyzwania związane ze wzmocnieniem produkcji w UE są znaczne, UE – jako jeden z kluczowych rynków rozwoju i wdrażania technologii neutralnych emisyjnie – zachowuje ogromny potencjał w zakresie wykorzystania możliwości gospodarczych stwarzanych przez globalną transformację energetyczną.

Produkcja neutralna emisyjnie jest rozłożona na wiele regionów UE, z których każdy ma różne specjalizacje. Podczas gdy udział UE w światowej produkcji energii fotowoltaicznej zmniejsza się w ostatnich latach, Niemcy, Włochy, Hiszpania, Francja i Austria utrzymują zakłady produkcyjne. Jeśli chodzi o energię wiatrową, podczas gdy produkcja komponentów jest rozproszona w całej UE, główni producenci turbin są skoncentrowani w Danii i Niemczech, a odpowiednie moce produkcyjne w zakresie skupiają się w Hiszpanii. Wytwarzanie baterii w UE jest w fazie rozwoju, a produkcja odbywa się w Polsce, Niemczech, na Węgrzech, we Francji, Szwecji i innych państwach członkowskich. Jeżeli chodzi o wodór, ponad połowa unijnej produkcji elektrolizerów koncentruje się w Niemczech, a dodatkowe moce produkcyjne znajdują się w Danii, Hiszpanii, Portugalii, we Włoszech i Francji. Jeśli chodzi o pompy ciepła, ich znaczna produkcja ma miejsce m.in. w Niemczech, Szwecji, Finlandii i Danii. W przypadku energii geotermalnej Włochy są liderem w produkcji, ale odbywa się ona na znacznym poziomie również w Niemczech i we Francji. Włochy odgrywają również wiodącą rolę w produkcji kabli w UE, a za nimi plasują się Szwecja, Niemcy, Francja, Polska i Dania. UE jest również wiodącym producentem biogazu i biometanu, a produkcja na znaczną skalę ma miejsce w szczególności w Niemczech i we Włoszech, a także w Czechach, Hiszpanii i Polsce w przypadku odpowiednich komponentów³⁷.

UE przyjęła akt w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie, aby zmniejszyć swoją zależność od importowanych technologii neutralnych emisyjnie, wzmocnić odporność łańcuchów wartości i zbudować silną krajową bazę produkcyjną. Celem jest ustanowienie ram regulacyjnych, aby zapewnić UE dostęp do bezpiecznych i zrównoważonych dostaw

³² BloombergNEF, *Energy Transition Investment Trends 2025* [Tendencje inwestycyjne w transformacji energetycznej w 2025 r.], 2025. Dane obejmują produkcję kluczowych części baterii (w tym kopalnie i rafinerie), ogniw fotowoltaiczne, energię wiatrową i łańcuch dostaw wodoru.

³³ MAE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [Rozwój produkcji czystych technologii], 2024.

³⁴ Do obliczeń użyto średniego kursu 0,9239 EUR za 1 USD dla całego 2024 r. w oparciu o [EBC](#).

³⁵ MAE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [Rozwój produkcji czystych technologii], 2024.

³⁶ MAE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [Rozwój produkcji czystych technologii], 2024.

³⁷ Ecorys, *The Net-zero manufacturing industry landscape across Member States – Final Report* [Przegląd przemysłu produkcyjnego neutralnego emisyjnie w państwach członkowskich – sprawozdanie końcowe], 2025. Niewyczerpujący wykaz przykładów.

technologii neutralnych emisyjnie, w tym poprzez zwiększenie mocy produkcyjnych w zakresie technologii neutralnych emisyjnie i ich łańcuchów dostaw.

Ponadto państwa członkowskie w coraz większym stopniu przyjmują specjalne polityki promujące produkcję technologii neutralnych emisyjnie. Te krajowe ramy polityczne i prawne dotyczące technologii neutralnych emisyjnie obejmują połączenie systemów zachęt, opodatkowania, polityki fiskalnej oraz polityki w zakresie umiejętności i edukacji. Wiele z tych strategii krajowych koncentruje się na konkretnych technologiach, a nie ogólnie na technologiach neutralnych emisyjnie. Niedawne badanie wykazało, że większość zidentyfikowanych polityk w państwach członkowskich koncentruje się na elektrolizerach i ogniach paliwowych, a w dalszej kolejności na bateriach i technologiach składowania, energii wiatrowej i fotowoltaice. Na przykład Niemcy i Hiszpania wprowadziły specjalne strategie na rzecz technologii wodorowych, a Irlandia i Polska – strategie sektorowe dotyczące technologii energii wiatrowej³⁸.

Jednym z wyzwań dla powszechnej produkcji technologii neutralnych emisyjnie jest wydawanie pozwoleń dla zakładów produkcyjnych – kwestię tę kompleksowo poruszono w akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie. Przepisy różnią się w poszczególnych państwach, co może mieć wpływ na harmonogram wdrażania tych technologii. Państwa członkowskie zmierzają jednak ku takim rozwiązaniom, jak cyfryzacja, tworzenie punktów kompleksowej obsługi i priorytetowe traktowanie projektów ekologicznych. Przykłady obejmują rozwój we Włoszech punktów kompleksowej obsługi dla działalności gospodarczej, tymczasowe priorytetowe traktowanie przez Finlandię projektów zielonej transformacji oraz klasyfikację niektórych projektów przez Węgry jako inwestycje priorytetowe. Celem francuskiej ustawy o ekologicznym przemyśle jest również skrócenie czasu wydawania pozwoleń dzięki równoległym procedurom przetwarzania i przyspieszenie procedur w przypadku projektów strategicznych³⁹.

W raporcie Draghiego podkreślono potrzebę utrzymania i wzmocnienia produkcji czystych technologii w UE, aby móc wykorzystać możliwości wzrostu, jakie oferuje rosnący rynek w UE i poza jej granicami, opierając się na silnych fundamentach Unii w zakresie innowacji i produkcji. Ponadto w raporcie wskazano szereg wyzwań w zakresie zwiększania skali i konkurencyjności, przed którymi stoją unijni producenci tych technologii, oraz zaproponowano kilka środków mających na celu wspieranie konkurencyjności UE w tym obszarze. Spośród proponowanych rozwiązań zwrócono w nim szczególną uwagę na kluczową rolę pełnego i szybkiego wdrożenia aktu w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie we wspieraniu produkcji⁴⁰.

W Pakcie dla czystego przemysłu określono oparte na konkurencyjności podejście do dekarbonizacji, którego celem jest zapewnienie UE pozycji atrakcyjnego miejsca dla produkcji, w tym dla energochłonnych gałęzi przemysłu i czystych technologii. Ponadto przyszły Europejski Fundusz Konkurencyjności pomoże zapewnić, aby w UE miało miejsce zarówno opracowywanie, jak i produkowanie technologii strategicznych, w tym czystych technologii⁴¹.

³⁸ Tamże.

³⁹ Tamże.

⁴⁰ Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [Przyszłość europejskiej konkurencyjności], 2024.

⁴¹ [Wytyczne polityczne na następną kadencję Komisji Europejskiej \(2024–2029\)](#).

2.2.2. Dekarbonizacja sektorów energochłonnych

Materiały produkowane przez sektory energochłonne – od metali takich jak stal i aluminium po produkty chemiczne – mają strategiczne znaczenie dla gospodarki UE, także jako podstawa do celów zarówno projektowania, jak i produkcji technologii neutralnych emisyjnie. Do zbudowania wieży turbiny wiatrowej potrzebne są stal, która zostanie wykorzystana do budowy wieży i jej fundamentu, aluminium – potrzebne do budowy gondoli i łopat, a także specjalistyczne powłoki chemiczne. Jednocześnie technologie neutralne emisyjnie – od odnawialnych źródeł energii po produkcję wodoru, efektywność energetyczną oraz technologie wychwytywania i składowania dwutlenku węgla – umożliwiają dekarbonizację sektorów energochłonnych. Ilustruje to, jak duże znaczenie mają produkty sektorów energochłonnych dla łańcuchów wartości neutralnych emisyjnie i odwrotnie.

W związku z tym zwiększenie autonomii strategicznej UE wymaga podejścia opartego na łańcuchach wartości, uwzględniającego wszystkie istotne komponenty i materiały technologii neutralnych emisyjnie. W akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie uznano znaczenie transformacyjnych technologii przemysłowych dla dekarbonizacji produkcji materiałów podstawowych, takich jak stal, aluminium, metale nieżelazne, chemikalia i cement. Uwzględniono w nim wsparcie dla projektów dekarbonizacji sektorów energochłonnych, które stanowią część łańcucha dostaw technologii neutralnej emisyjnie⁴². W przypadku tych projektów przewidziano w szczególności możliwość korzystania z przyspieszonych procedur wydawania pozwoleń. Ponadto UE wspiera przechodzenie z paliw kopalnych na odnawialne i niskoemisyjne źródła energii, zwłaszcza poprzez energooszczędną elektryfikację, na przykład przy użyciu pomp ciepła do odzyskiwania ciepła ze spalin i ponownego jego wykorzystania.

Sektory energochłonne odpowiadają za ponad połowę zużycia energii w przemyśle UE⁴³ i najbardziej odczuwają strukturalnie wyższe ceny energii w UE w porównaniu z innymi dużymi gospodarkami. Pomimo działań podejmowanych w ramach REPowerEU produkcja w sektorach energochłonnych UE spadła o 10–15 % od 2021 r.⁴⁴ Jednocześnie sektory energochłonne odpowiadają za znaczną część emisji gazów cieplarnianych w UE. Ich dekarbonizacja ma zasadnicze znaczenie dla osiągnięcia neutralności klimatycznej, ale wymaga znacznych inwestycji, co wywiera dodatkową presję na unijne przedsiębiorstwa. Ogólnie rzecz biorąc, wywiera to silną presję na konkurencyjność sektorów energochłonnych w UE w porównaniu z krajami, w których ceny energii są niższe, a program dekarbonizacji jest mniej ambitny. Utrata produkcji kluczowych produktów przemysłowych z powodu tej presji osłabiłaby unijne łańcuchy dostaw technologii neutralnych emisyjnie, zwiększyłaby zależność od przywozu i zmniejszyłaby dobrobyt.

W raporcie Dragiego podkreślono znaczenie sektorów energochłonnych dla gospodarki UE oraz ogromne wyzwanie, przed którym sektory te stoją w związku z koniecznością inwestowania w dekarbonizację przy wzrastających cenach emisji dwutlenku węgla i potrzebie konkurowania na rynkach światowych. W tym względzie w raporcie zwrócono uwagę na brak równych warunków działania, zwłaszcza w odniesieniu do przedsiębiorstw korzystających z wysokich subsydiów w krajach takich jak Chiny, które szybko rozwijają swoją produkcję. W oparciu o tę analizę w raporcie Dragiego sugeruje się zapewnienie skoordynowanego wsparcia dla sektorów energochłonnych UE w procesie transformacji, od wydawania pozwoleń po wsparcie finansowe, w tym poprzez tworzenie popytu na produkty ekologiczne,

⁴² Dz.U. L, 2024/1735, 28.6.2024, art. 2 ust. 3.

⁴³ Zob.: https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/energy-intensive-industries_en?prefLang=pl&trans=pl.

⁴⁴ Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [Przyszłość europejskiej konkurencyjności], 2024.

aby zapewnić jasne uzasadnienie biznesowe dla inwestycji w czystą produkcję. Jednocześnie w sprawozdaniu zaleca się zapewnienie równych warunków działania z konkurencją międzynarodową, na przykład w oparciu o unijny mechanizm dostosowywania cen na granicach z uwzględnieniem emisji CO₂ (CBAM)⁴⁵.

W Pakcie dla czystego przemysłu kładzie się silny nacisk na wspieranie przemysłu UE i jego konkurencyjności na drodze do dekarbonizacji. W szczególności Komisja proponuje akt w sprawie przyspieszenia dekarbonizacji przemysłu, aby wesprzeć sektory przechodzące transformację, tworząc pionierskie rynki czystych produktów oraz przyspieszając procesy planowania, przeprowadzania przetargów i wydawania pozwoleń na potrzeby budowy lub transformacji zakładów produkcyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem sektorów energochłonnych. Nowy Kompas konkurencyjności dla UE przewiduje dostosowane do potrzeb plany działania dla sektorów energochłonnych, takich jak sektory produkcji stali, metali i chemikaliów, które stanowią podstawę europejskiego systemu produkcji. Ponadto w Kompasie konkurencyjności dla UE zaproponowano działania dotyczące horyzontalnych czynników strategicznych wspomagających konkurencyjność, w tym uproszczenia otoczenia regulacyjnego i zmniejszenia obciążeń regulacyjnych dla przemysłu UE.

2.2.3. *Kapitał ludzki i umiejętności*

Wykwalifikowana siła robocza stanowi podstawę zdolności UE w zakresie projektowania, produkcji, budowy, łączenia i utrzymywania czystych technologii energetycznych i powiązanej infrastruktury. Zgodnie z najnowszym sprawozdaniem IRENA w 2023 r. w UE zatrudnienie w sektorze energii odnawialnej osiągnęło poziom około 1,8 mln⁴⁶. Z danych stowarzyszeń branżowych wynika, że na koniec 2023 r. w unijnym sektorze energii słonecznej zatrudnionych było około 826 000 osób (362 000 miejsc pracy bezpośrednio związanych z sektorem), co oznacza wzrost liczby miejsc pracy w sektorze energii słonecznej o 27 % od 2022 r., przy czym 5 % miejsc pracy było w przemyśle produkcji⁴⁷. W sektorze pomp ciepła liczba miejsc pracy bezpośrednio związanych z sektorem wyniosła w tym samym roku blisko 170 000, przy czym 39 % było w sektorze produkcji⁴⁸. Negatywne tendencje w 2024 r. i w kolejnych latach mogą jednak mieć wpływ na rynek pracy w tym sektorze. W tym względzie warto zwrócić uwagę na rolę, jaką czyste technologie energetyczne odgrywają w segmencie produkcji, który odpowiada za około jedną trzecią miejsc pracy w szerszym sektorze czystej energii. Podkreśla to istotną rolę technologii neutralnych emisyjnie i ich produkcji również w odniesieniu do zatrudnienia.

Chociaż sytuacja nieznacznie się poprawiła w 2024 r., niedobory siły roboczej nadal stanowią problem. W trzecim kwartale 2024 r. wskaźnik wakatów w sektorze dostaw energii wyniósł 1,6 %, podczas gdy ogólny wskaźnik w gospodarce UE wyniósł 2,3 %⁴⁹. Odsetek przedsiębiorstw zgłaszających niedobory siły roboczej w przemyśle wytwórczym sprzętu elektrycznego zmniejszył się z 20 % w ostatnim kwartale 2023 r. do 15 % w ostatnim kwartale

⁴⁵ Tamże.

⁴⁶ IRENA i MOP, *Renewable energy and jobs: Annual review 2024* [Odnawialna energia i miejsca pracy: roczny przegląd 2024], 2024.

⁴⁷ Solar Power Europe: *EU Solar Jobs Report 2024 – a solar workforce ready for stronger growth* [Sprawozdanie na temat zatrudnienia w sektorze energii słonecznej w UE w 2024 r. – siła robocza gotowa na silniejszy wzrost gospodarczy], 2024.

⁴⁸ European Heat Pump Association, [European Heat Pump Market and Statistics Report 2024](#) [Europejski rynek pomp ciepła i sprawozdanie statystyczne za 2024 r.], 2024.

⁴⁹ Eurostat ([jvs_q_nace2](#)), dostęp 13.02.2025 r.

2024 r.⁵⁰ W tym względzie kluczowym czynnikiem, który może pogłębić strukturalne niedobory siły roboczej w nadchodzących latach, jest starzenie się siły roboczej w wielu państwach członkowskich⁵¹.

Szereg polityk i inicjatyw na różnych szczeblach już teraz pomaga rozwiązać problem niedoboru siły roboczej i kwalifikacji, ale należy kontynuować działania. Państwa członkowskie przywiązują dużą wagę do zmiany kwalifikacji i realokacji pracowników w różnych zawodach, sektorach i regionach. W miarę możliwości cele i środki dotyczące umiejętności stanowią część polityki w zakresie badań naukowych, innowacji i konkurencyjności ujętej w krajowych planach w dziedzinie energii i klimatu⁵². Na szczeblu UE, po Europejskim Roku Umiejętności w 2023 r., program na rzecz umiejętności pozostaje obszarem priorytetowym. W planie działania w sprawie niedoborów pracowników i umiejętności w UE na 2024 r. określono nowe działania dla UE, państw członkowskich i partnerów społecznych mające na celu wspieranie podnoszenia i zmiany kwalifikacji, zwłaszcza w sektorach, na które wpływa transformacja ekologiczna i cyfrowa⁵³. Aby zaradzić konkretnym niedoborom wykwalifikowanej siły roboczej w kluczowych sektorach czystych technologii energetycznych, ustanowiono trzy partnerstwa na dużą skalę w ramach paktu na rzecz umiejętności (w sektorze energii z morskich źródeł odnawialnych, lądowych odnawialnych źródeł energii i cyfryzacji energii) oraz trzy akademie umiejętności przemysłu neutralnego emisyjnie (Europejska Akademia Baterii w 2022 r., Europejska Akademia Energii Słonecznej w czerwcu 2024 r. i Akademia Surowców w grudniu 2024 r.). Ponadto planuje się ustanowienie kolejnych akademii technologii wiatrowej i wodorowej.

Konkurencyjny przemysł czystej energii i transformacja energetyczna wymagają zatem znacznych, wzmocnionych i ukierunkowanych działań na rzecz koordynacji, zarówno publicznych, jak i prywatnych, w celu przyciągnięcia, zmiany kwalifikacji i podnoszenia kwalifikacji pracowników, aby dysponować wystarczającą liczbą pracowników. Konieczne będą dalsze działania na rzecz zwiększenia udziału kobiet pracujących przy opracowywaniu, produkcji i wdrażaniu czystych technologii energetycznych, przyciągania osób młodych do zawodów związanych z energią oraz rozwijania puli talentów w dziedzinie czystej energii. W Kompasie konkurencyjności dla UE Komisja podkreśla potrzebę rozwiązania problemu niedoboru umiejętności i siły roboczej oraz przedstawia służące temu dalsze środki, aby wesprzeć sektory objęte kompasem. Działania w tym zakresie obejmą utworzenie unii umiejętności, a także ponowne skoncentrowanie się na finansowaniu umiejętności z budżetu UE, ze szczególnym uwzględnieniem sektorów zaangażowanych w transformację ekologiczną i cyfrową. Środki te będą miały szczególne znaczenie dla czystych technologii energetycznych i powodzenia transformacji energetycznej.

⁵⁰ Komisja Europejska, DG ECFIN, [baza danych badań przedsiębiorstw i konsumentów, dane podsektorowe](#). „NACE 27: Produkcja urządzeń elektrycznych” służy jako odpowiednik przemysłu wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych, ponieważ w kategorii tej mieści się wiele czystych technologii energetycznych.

⁵¹ MAE, *World Energy Employment* [Zatrudnienie w sektorze energetycznym na świecie], 2024; Cedefop, *Electroengineering workers: skills opportunities and challenges* [Pracownicy branży elektrotechnicznej: możliwości i wyzwania w zakresie umiejętności], 2023.

⁵² Sprawozdania państw członkowskich dotyczące krajowych planów w dziedzinie energii i klimatu, w których przedstawiono informacje.

⁵³ COM(2024) 131 final.

2.3. Krajobraz innowacji w sektorze czystej energii

2.3.1. Tendencje w zakresie badań naukowych i innowacji

Z historycznego punktu widzenia UE dążyła do doskonałości naukowej i technicznej w dziedzinie czystych technologii energetycznych i osiągnęła ją, co przełożyło się również na sukces rynkowy dzięki przewadze pioniera. W ostatnich latach ta przewaga konkurencyjna zaczęła się jednak zmniejszać. Inne gospodarki nadrabiają zaległości lub wyprzedzają UE pod względem innowacyjności – przez postępy w zakresie badań naukowych i innowacji, wykorzystywanie rynków sprzedaży wewnętrznej do transferu technologii czy uczenie się przez działanie – co ma jednocześnie wpływ na konkurencyjność. Dlatego też eliminowanie luki innowacyjnej jest jednym z trzech elementów Kompasów konkurencyjności dla UE, w którym określono środki mające na celu wzmocnienie wyników UE w zakresie innowacji.

Jednocześnie UE nadal ma silną bazę w dziedzinie czystych technologii energetycznych i w wielu sektorach utrzymuje dobrą pozycję. UE pozostaje jednak w tyle za Stanami Zjednoczonymi i Chinami w dziedzinach cyfrowych, zarówno w ujęciu ogólnym, jak i w odniesieniu do czystych technologii⁵⁴. Biorąc pod uwagę horyzontalne znaczenie cyfryzacji w różnych technologiach, ma to również wpływ na konkurencyjność UE.

Jeśli chodzi o wydatki na badania naukowe i innowacje w dziedzinie czystych technologii energetycznych wyrażone jako udział w PKB w dużych gospodarkach, UE wykazuje wysoki poziom badań naukowych i innowacji finansowanych ze środków publicznych, ale kontrastuje to ze stosunkowo niższymi poziomami wydatków na prywatne badania naukowe i innowacje. Najnowsze dostępne dane pokazują, że połowa państw członkowskich, które przekazały już dane za 2023 r.⁵⁵, zwiększyła swoje publiczne wydatki na badania naukowe i innowacje. Gdyby ta częściowa sprawozdawczość była reprezentatywna, oznaczałoby to – zakładając, że wszystkie inne czynniki pozostałyby niezmienione – dodatkowe 0,7 mld EUR (wzrost o 9 %) na wsparcie priorytetów unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji⁵⁶.

Inwestycje publiczne w badania naukowe i innowacje w ramach priorytetów unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji stale rosną, a dane liczbowe zgłoszone przez państwa członkowskie w 2022 r. były o 23 % wyższe niż w 2021 r.⁵⁷ Około połowa państw członkowskich, które dostarczyły dane⁵⁸, zwiększyła swoje publiczne inwestycje w badania naukowe i innowacje w priorytety unii energetycznej w 2022 r. w porównaniu z 2021 r. Inwestycje publiczne zadeklarowane w 2022 r., uzupełnione funduszami UE,

⁵⁴ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Science, research and innovation performance of the EU 2024](#) [Wyniki UE w zakresie nauki, badań naukowych i innowacji w 2024 r.], 2024.

⁵⁵ Aktualne, solidne i porównywalne informacje na temat tendencji w zakresie badań naukowych i innowacji w dziedzinie czystych technologii energetycznych nie są łatwo dostępne. Wynika to częściowo z opóźnienia związanego z dostępnością pewnych danych statystycznych, ale także z faktu, że nie zawsze istnieje klarowna definicja odnośnych dziedzin technologii, które często są rozproszone w szerszych obszarach tematycznych, takich jak energia, transport lub środowisko zbudowane. Fragmentacja sprawozdawczości utrudnia uzyskanie spójnego obrazu i jest jednym z obszarów wymagających uwagi, aby poprawić monitorowanie i koordynację badań naukowych i innowacji. Zob. również SWD(2023) 646 final.

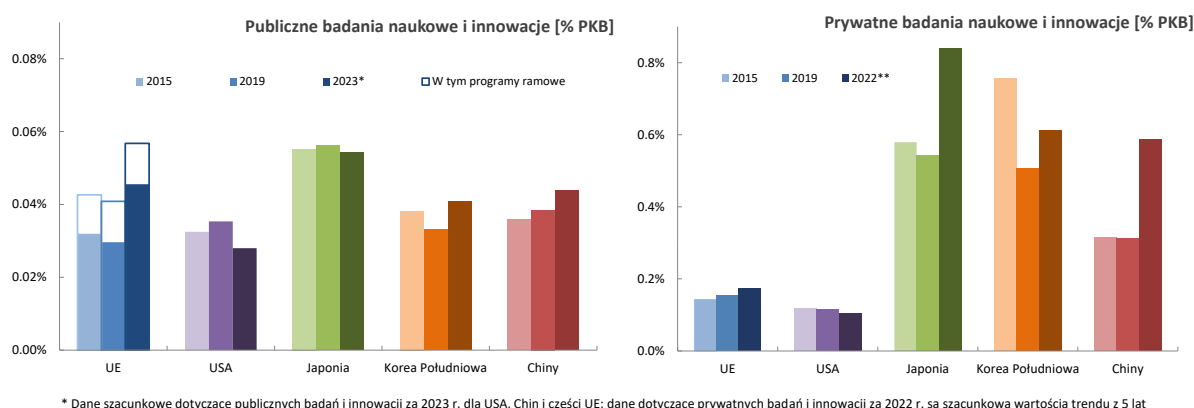
⁵⁶ COM(2015) 80 final.

⁵⁷ Znaczna część wzrostu w latach 2021 i 2022 wynikała ze zmiany w sprawozdawczości ze strony Hiszpanii i korekt dokonanych przez Francję. Te dwa państwa członkowskie odpowiadają za dodatkowe inwestycje w badania i rozwój o wartości 1 mld EUR w 2022 r., Francja odpowiada również za większą część wzrostu w 2023 r. Źródło: Międzynarodowa Agencja Energetyczna (MAE), [Energy Technology RD&D Budgets - Database documentation](#) [dokumentacja bazy danych dotyczącej budżetów na badania naukowe i rozwój w dziedzinie technologii energetycznych], 2024.

⁵⁸ Członkami MAE są 22 państwa członkowskie: AT, BE, CZ, DE, DK, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, NL, PL, PT, SE, SK (EL i LU nie zgłaszają danych, nadal brak danych w przypadku IT). W 2022 r. BE, DE, EE, ES, FR, LT, IE, PL, PT, FI zgłosiły MAE wzrost w 2022 r. Do tej pory AT, BE, FR, LT, IE, SK zgłosiły wzrost w 2023 r.

przekroczyły 9 mld EUR. Zgodnie z tymi danymi i szacunkami dotyczącymi Chin i USA UE przoduje w wydatkach publicznych na badania naukowe i innowacje w dziedzinie czystych technologii energetycznych wśród największych gospodarek, zarówno w ujęciu bezwzględnym, jak i w odniesieniu do udziału w PKB (0,057 %, a następnie Japonia 0,055 %).

Wykres 2: Publiczne/prywatne inwestycje w badania naukowe i innowacje w ramach priorytetów unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji w dużych gospodarkach jako udział w PKB



Źródło: JRC na podstawie MAE⁵⁹, inicjatywa „Mission Innovation”⁶⁰, analiza własna⁶¹.

Ostatnie wzrosty oznaczają, że począwszy od 2021 r. inwestycje państw członkowskich przekroczyły szczytową wartość zaobserwowaną dziesięć lat temu – przed skutkami pogorszenia koniunktury gospodarczej – zarówno w ujęciu nominalnym, jak i po uwzględnieniu inflacji. W tym samym okresie nastąpiła znaczna zmiana udziału publicznych inwestycji w badania naukowe i innowacje w ramach priorytetów unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji. Najważniejszym obszarem było bezpieczeństwo jądrowe, przyciągając prawie jedną trzecią publicznych inwestycji w badania naukowe i innowacje. W ostatnich latach podobną część przyciągnął zrównoważony transport, ze szczególnym uwzględnieniem technologii baterii i technologii wodorowych.

Inwestycje publiczne państw członkowskich są uzupełniane funduszami UE. Unijny program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji „Horyzont Europa” nadal wspiera czyste technologie energetyczne i ich konkurencyjność. Na przykład w ramach kłastera 5 „Klimat, energia i mobilność” programu „Horyzont Europa” zainwestowano około 320 mln EUR w badania naukowe i innowacje w dziedzinie energii fotowoltaicznej, 70 mln EUR w dziedzinie energii geotermalnej i ponad 230 mln EUR w rozwój zaawansowanych technologii w dziedzinie zrównoważonych paliw alternatywnych dla lotnictwa i transportu morskiego w latach 2021–2024. Program „Horyzont Europa” obejmuje również działania na

⁵⁹ Na podstawie: Międzynarodowa Agencja Energetyczna (MAE), [baza danych MAE dotycząca budżetów na badania naukowe i rozwój w dziedzinie technologii energetycznych](#), 2024. Publiczne szacunki dotyczące badań naukowych i innowacji dla USA, na podstawie MAE i Myslikova, Z., Gallagher, K.S., Zhang, F., Narassimhan, E., Oh, S. i Chi, K., [Global Public Energy RD&D Expenditures Database](#) [Globalna publiczna baza danych wydatków na badania naukowe i rozwój w dziedzinie energii], 2024.

⁶⁰ Inicjatywa „Mission Innovation”, [Country Highlights](#) [Najważniejsze osiągnięcia krajowe], 2020. Publiczne badania naukowe i innowacje oszacowano w odniesieniu do Chin na podstawie danych przekazanych w poprzednich latach i dodatkowych źródeł.

⁶¹ Komisja Europejska, Wspólne Centrum Badawcze, [system informacyjny planu EPSTE, dane dotyczące badań i innowacji](#); badania naukowe i innowacje w sektorze prywatnym szacuje się na okres 5 lat.

rzecz pobudzenia inwestycji prywatnych za pośrednictwem partnerstw europejskich, takich jak partnerstwo na rzecz czystego wodoru, BATT4EU i partnerstwo na rzecz fotowoltaiki.

Inwestycje prywatne nadal zapewniają większość (ponad trzy czwarte) finansowania badań naukowych i innowacji w dziedzinie czystych technologii energetycznych zarówno w UE, jak i we wszystkich dużych gospodarkach, przy czym udział inwestycji w PKB pozostaje znacznie wyższy w głównych gospodarkach azjatyckich niż w UE i USA. Większość prywatnych inwestycji w badania naukowe i innowacje w dziedzinie czystych technologii energetycznych w UE przeznacza się na zrównoważone technologie transportowe. Sektor motoryzacyjny ma największy udział w przemysłowych inwestycjach w badania i rozwój w UE. Jest liderem w zakresie inwestycji w badania i rozwój w przemyśle motoryzacyjnym na całym świecie, inwestując 8 razy więcej niż przemysł energetyczny (czyste technologie i inne technologie)⁶². Prawie jedna czwarta innowacyjnych działań sektora jest ukierunkowana na bardziej zrównoważone technologie, z których na przykład ponad jedna trzecia dotyczyła elektromobilności (w tym baterii)⁶³.

W raporcie Dragiego zwrócono uwagę na kluczową rolę innowacji w zwiększaniu wydajności, podkreślając jednocześnie potrzebę wspólnych działań na rzecz usunięcia barier dla innowacji i zniwelowania różnic między UE a Chinami i USA w zakresie kluczowych technologii. W związku z tym w sprawozdaniu podkreślono, że przewaga UE w zakresie zielonych technologii znajduje się pod coraz większą presją⁶⁴. Jednocześnie analiza wiodących unijnych inwestorów w badania i rozwój wskazuje na malejący zwrot z inwestycji w badania i rozwój, co sugeruje, że samo dążenie do zwiększenia inwestycji może być niewystarczającym środkiem, jeśli nie uwzględni się innych czynników, takich jak zatrzymanie talentów⁶⁵. W 2024 r. niezależna grupa ekspertów pod przewodnictwem Manuela Heitora określiła szereg środków, które UE może wprowadzić, aby zapewnić sobie wiodącą pozycję w zakresie badań naukowych i innowacji oraz wsparcie konkurencyjności w szybko zmieniającym się krajobrazie technologicznym. Obejmują one zwiększenie finansowania i ponowne zdefiniowanie współpracy po restrukturyzacji polityk i instrumentów w zakresie badań naukowych i innowacji⁶⁶. Stałe monitorowanie wyników w zakresie badań naukowych i innowacji oraz pozycji konkurencyjnej pomoże wprowadzić zmiany w praktyce i w razie potrzeby ocenić ich skutki.

Chociaż UE nadal osiąga dobre wyniki, Chiny w coraz większym stopniu przodują pod względem wyników badań nad czystymi technologiami. Jeśli chodzi o publikacje naukowe, UE jest bardziej wyspecjalizowana niż USA, ale pozostaje w tyle za Chinami w odniesieniu do inteligentnego, ekologicznego i zintegrowanego transportu oraz bezpiecznej, czystej i wydajnej energii. Niemniej jednak nadal jest liderem w dziedzinie specjalizacji, gdy wyniki

⁶² Komisja Europejska, Wspólne Centrum Badawcze, [unijna tablica wyników inwestycji w badania i rozwój w przemyśle z 2024 r.](#), 2024.

⁶³ Komisja Europejska, Wspólne Centrum Badawcze, [unijna tablica wyników inwestycji w badania i rozwój w przemyśle z 2023 r.](#), 2023.

⁶⁴ Mario Draghi, [The future of European competitiveness](#) [Przyszłość europejskiej konkurencyjności], 2024.

⁶⁵ Komisja Europejska, Wspólne Centrum Badawcze, [unijna tablica wyników inwestycji w badania i rozwój w przemyśle z 2024 r.](#), 2024.

⁶⁶ Komisja Europejska: Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Align, act, accelerate – Research, technology and innovation to boost European competitiveness](#) [Dostosowywać, działać, przyspieszać – badania, technologie i innowacje w celu zwiększenia konkurencyjności Europy], 2024.

naukowe są grupowane w ramach celu zrównoważonego rozwoju dotyczącego dostępnej i czystej energii⁶⁷.

Odsetek wniosków patentowych dotyczących ochrony technologii łagodzenia zmiany klimatu we wszystkich wynalazkach osiągnął najwyższy poziom w 2011 r. Równolegle do spowolnienia „zielonej” działalności patentowej od tego czasu wzrosła liczba zgłoszeń dotyczących powiązanych znaków towarowych, co wskazuje na przesunięcie nacisku na realizację i rozmieszczanie, a nie badania naukowe i innowacje⁶⁸. UE nadal utrzymuje pozycję lidera w globalnej liczbie wniosków patentowych o wysokiej wartości⁶⁹ w ramach priorytetów unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji dotyczących odnawialnych źródeł energii (29 %) i efektywności energetycznej (23 %). Znajduje się na drugim miejscu za Japonią pod względem zrównoważonego transportu i za USA pod względem wychwytywania, składowania i utylizacji dwutlenku węgla (CCUS) oraz bezpieczeństwa jądowego, ale nie odzyskała pozycji w odniesieniu do inteligentnych systemów. Chiny, po poświęceniu wielu lat na dostosowanie wniosków do swojego rynku krajowego, w coraz większym stopniu koncentrują się na ochronie międzynarodowej innowacji w dziedzinie czystej energii. Są już liderem w zakresie wniosków patentowych o wysokiej wartości dotyczących inteligentnych systemów (33 %) i poprawiają swoją pozycję we wszystkich innych obszarach. Niemniej jednak UE stale utrzymuje poziom specjalizacji powyżej średniej światowej w dziedzinie odnawialnych źródeł energii, zrównoważonego transportu i CCUS. UE zachowuje również przewagę w zakresie specjalizacji w kilku technologiach, takich jak energia wiatrowa, wodór dla transportu i bioenergia.

W ramach strategicznego planu w dziedzinie technologii energetycznych (plan EPSTE) – głównego instrumentu wdrażania komponentu unii energetycznej dotyczącego badań naukowych, innowacji i konkurencyjności – państwa członkowskie i Komisja współpracują ze sobą i w ścisłym partnerstwie z przemysłem i instytucjami badawczymi w celu ustanowienia wspólnych programów badań naukowych i innowacji w dziedzinie technologii neutralnych emisyjnie. W następstwie przeglądu planu EPSTE w 2023 r.⁷⁰ akt w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie dodatkowo wzmocnił rolę planu EPSTE i jego grupy sterującej, aby pomóc we wspieraniu rozwoju czystych, wydajnych i konkurencyjnych pod względem kosztów technologii energetycznych poprzez koordynację i współpracę⁷¹.

W latach 2023 i 2024 odnotowano stałe postępy w pracach w ramach planu EPSTE. Odzwierciedlając silne powiązania tematyczne między grupami roboczymi ds. planu EPSTE, zintensyfikowano współpracę w ramach planu EPSTE, przy czym w 2024 r. odnotowano największą liczbę działań opartych na współpracy między grupami roboczymi od czasu powstania planu EPSTE. Na przykład nawiązano ścisłą współpracę między grupą ds. systemów energetycznych a grupą ds. zrównoważonego i efektywnego zużycia energii w przemyśle. Grupy robocze działające w ramach planu EPSTE wciąż aktualizują i rewidują plany wdrażania poszczególnych technologii. Na przykład w dziedzinie technologii prądu stałego w 2024 r. opublikowano nowy plan wdrażania niskonapięciowego prądu stałego (LVDC), którego celem jest opracowanie i demonstracja mikrosieci LVDC w budynkach

⁶⁷ Tamże.

⁶⁸ Cervantes, M. i in., „[Driving low-carbon innovations for climate neutrality](#)” [Wdrażanie innowacji niskoemisyjnych na rzecz neutralności klimatycznej], *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, nr 143, 2023.

⁶⁹ JRC na podstawie wszystkich zgłoszeń ujętych w wydaniu wiosennym EPO Patstat 2024. Wyniki zgłoszone za trzy ostatnie lata z kompletnymi danymi statystycznymi (2018-2020) w celu uniknięcia zniekształcenia tendencji ze względu na opóźnienia w przekazywaniu danych. Aby uzyskać więcej informacji, zob.: [Patent-Based Indicators: Main Concepts and Data Availability](#) [Wskaźniki oparte na patentach: główne koncepcje i dostępność danych].

⁷⁰ COM(2023) 634 final.

⁷¹ Dz.U. L, 2024/1735, 28.6.2024.

i zakładach przemysłowych. W sprawozdaniu z postępów w realizacji planu EPSTE z 2024 r.⁷² bardziej szczegółowo przedstawiono ostatnie osiągnięcia, w tym na przykład wizję opracowaną w ramach planu dotyczącego sektora geotermalnego do 2050 r.

W swoim nowym Kompasie konkurencyjności dla UE Komisja podkreśliła potrzebę umieszczenia badań naukowych i innowacji – będących kluczową siłą napędową konkurencyjności – w centrum gospodarki UE. Wśród środków mających na celu zlikwidowanie luki innowacyjnej Komisja przedstawi akt o europejskiej przestrzeni badawczej w celu pobudzenia inwestycji w badania i rozwój oraz zwiększenia ich do 3 % PKB. Ponadto Europejska Rada ds. Badań Naukowych i Europejska Rada ds. Innowacji zostaną rozszerzone⁷³.

2.3.2. Tendencje w zakresie inwestycji kapitału wysokiego ryzyka

Finansowanie przedsiębiorstw zajmujących się czystą energią ma kluczowe znaczenie dla wspierania odporności energetycznej i suwerenności technologicznej UE. Kapitał wysokiego ryzyka, który znajduje się w centrum ekosystemu finansowania innowacyjnych przedsiębiorstw typu start-up i scale-up, ma do odegrania zasadniczą rolę w zapewnieniu, aby UE wykorzystała możliwości przemysłowe oferowane przez powstające czyste technologie energetyczne.

Rozwój inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w unijnym sektorze czystej energii świadczy o skuteczności działań podjętych przez UE w celu rozwoju sektora kapitału wysokiego ryzyka, zmobilizowania inwestorów publicznych do zlikwidowania dużych luk w finansowaniu oraz przyciągnięcia innych podmiotów finansujących, takich jak inwestorzy korporacyjni i instytucjonalni. UE ma najwyższy względny udział kapitału wysokiego ryzyka pochodzącego od rządu (w porównaniu z całkowitym kapitałem wysokiego ryzyka)⁷⁴, co świadczy o silnej roli inwestycji publicznych w porównaniu z inwestycjami prywatnymi.

Wyłaniający się obraz sytuacji na lata 2023 i 2024 jest niejednoznaczny – można w nim dostrzec zarówno szanse, jak i wyzwania dla UE. W 2023 r., w obliczu globalnego spadku finansowania kapitału wysokiego ryzyka, UE wykazała swoją zdolność do przyciągania strategicznych transakcji na rzecz wzrostu dla zakładów produkujących na dużą skalę baterie i stal na bazie wodoru. Te wyjątkowe transakcje przyczyniły się do zwiększenia inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w czyste technologie energetyczne w UE – w 2023 r. inwestycje te osiągnęły wartość 9,2 mld EUR (+20 % w porównaniu z 2022 r.)⁷⁵.

W 2024 r. utrzymujące się niekorzystne otoczenie makroekonomiczne doprowadziło do ograniczenia działalności związanej z transakcjami i znacznego spadku łącznych inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w UE. Ten gwałtowny spadek (-34 % w porównaniu z 2023 r.)

⁷² Komisja Europejska, Wspólne Centrum Badawcze, Kuzov, T., Letout, S., Georgakaki, A., Volt, S., Tumara, D., Martinez Castilla, G., Lauritzen, A., Sobczak, A., Paunescu, G., Fromentin, M., Degiorgis, E., Volkanovski, A., Tzimas, E., [SET Plan Progress Report](#) [Sprawozdanie z postępów w realizacji planu EPSTE], 2024.

⁷³ Wytoczne polityczne na następną kadencję Komisji Europejskiej (2024–2029); COM(2025) 30 final.

⁷⁴ Komisja Europejska, [Science, research and innovation performance of the EU – A competitive Europe for a sustainable future](#) [Wyniki UE w dziedzinie nauki, badań naukowych i innowacji – konkurencyjna Europa dla zrównoważonej przyszłości], 2024.

⁷⁵ Wybór dokonany przez JRC na podstawie klasyfikacji sektorowej PitchBook i szczegółowych analiz przeprowadzonych dla CETO oraz tablicy wyników z zakresu konkurencyjności europejskiego przemysłu neutralnego dla klimatu. Dodatkowe informacje można znaleźć w publikacji Komisji Europejskiej: JRC, Georgakaki, A., Taylor, N., Ince, E., Koukoulakis, G., Kuokkanen, A., Kuzov, T., Letout, S., Mountraki, A., Murauskaite-Bull, I., Mancini, L., Miletic, M., Pennington, D., Ozdemir, E. i Terça, G., CETO, *Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union* [Ogólna analiza strategiczna czystych technologii energetycznych w Unii Europejskiej], 2024.

ujawnił znaczne uzależnienie od bardzo niewielu transakcji na dużą skalę (ponad 1 mld EUR w finansowaniu wysokiego ryzyka). W 2023 r. trzy przedsiębiorstwa pozyskały takie kwoty, które łącznie stanowiły 43 % całkowitych inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w czyste technologie energetyczne w UE. Wśród nich przypadek szwedzkiego producenta baterii Northvolt, który złożył wniosek o ochronę przed upadłością w listopadzie 2024 r., zwraca uwagę na wyzwanie związane z szybkim zwiększeniem skali produkcji. Ta zależność od dużych transakcji była jeszcze bardziej widoczna w 2024 r., kiedy to miała miejsce tylko jedna transakcja tego rodzaju o wartości 2,4 mld EUR, co stanowiło 39 % inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w czyste technologie energetyczne w UE⁷⁶.

Ze względu na te duże transakcje rok 2023 był rokiem najmniejszej luki inwestycyjnej między UE – gdzie udział czystych technologii energetycznych w całkowitych inwestycjach kapitału wysokiego ryzyka w UE wzrósł – a USA i Chinami, gdzie inwestycje kapitału wysokiego ryzyka spadły. W związku z tym w 2023 r. UE odpowiadała za 28 % – co stanowi rosnący udział – globalnych inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w czyste technologie energetyczne i znalazła się w rankingu między USA (30 %) a Chinami (24 %). W 2024 r. udział ten utrzymywał się na stosunkowo stabilnym poziomie.

Ogólnie rzecz biorąc, dostęp do finansowania pozostaje główną barierą dla większości unijnych przedsiębiorstw opracowujących i produkujących czyste technologie energetyczne. Należy powielać przykłady udanych działań, w tym w odniesieniu do kolejnych technologii, w przypadku których UE jest obecnie wyprzedzana.

Jednocześnie w UE wzrosły inwestycje kapitału wysokiego ryzyka w technologie fotowoltaiczne, które w latach 2021–2023 stanowiły 20 % całkowitych światowych inwestycji. Inwestycje te przyniosły jednak korzyści głównie integratorom rozwiązań fotowoltaicznych i nie przyczyniły się do rozwoju krajowej produkcji modułów fotowoltaicznych. Chińskie przedsiębiorstwa pozyskały 2,7 raza więcej inwestycji kapitału wysokiego ryzyka niż ich odpowiednicy w UE, z których większość przyniosła korzyści przedsiębiorstwom scale-up opracowującym i produkującym nowe rodzaje ogniw słonecznych i modułów fotowoltaicznych.

W latach 2021–2023 UE odpowiadała również za 15 % światowych inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w technologie wodorowe. Jej pozycja została jednak osłabiona w wyniku spadku inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w 2023 r. oraz szeregu większych transakcji z udziałem chińskich producentów ogniw paliwowych w latach 2021 i 2022 oraz amerykańskich producentów elektrolizerów w 2023 r. W 2023 r. na prowadzenie wysunęły się przedsiębiorstwa typu start-up ze Stanów Zjednoczonych opracowujące technologie elektrolizerów, uzyskując 8 razy większe finansowanie ze strony kapitału wysokiego ryzyka niż ich konkurenci z UE w celu zwiększenia swoich mocy produkcyjnych, obniżenia kosztów produkcji i wejścia na rynki zagraniczne.

Przedsiębiorstwa typu start-up w Ameryce Północnej tradycyjnie przeważają we wszystkich innych technologiach neutralnych emisyjnie i przyciągnęły większość powiązanych inwestycji kapitału wysokiego ryzyka. Dotyczy to technologii CCUS, skupiania światła słonecznego, energii geotermalnej, wodnej, jądrowej, paliw odnawialnych pochodzenia niebiologicznego i zrównoważonych paliw alternatywnych, natomiast udział UE w łącznych inwestycjach kapitału wysokiego ryzyka realizowanych na całym świecie w tych dziedzinach jest niezmiennie niski.

⁷⁶ Na podstawie PitchBook, częściowe dane z 2024 r. pobrane w styczniu 2025 r. na podstawie wyboru JRC dla CETO.

UE rozwinęła jednak odpowiednią bazę przedsięwzięć w zakresie bioenergii, ładowania pojazdów elektrycznych, pomp ciepła, nowatorskiego magazynowania energii, technologii oceanicznych, energii słonecznej termicznej i technologii wiatrowych. Łącznie stanowią one 18,5 % (przy czym ładowanie pojazdów elektrycznych stanowi połowę) inwestycji kapitału wysokiego ryzyka w technologie neutralne emisyjnie w UE w latach 2021–2023. W 2023 r. UE miała największy udział w łącznych inwestycjach w każdą z tych technologii na świecie, na równi z USA. Pomimo wzrostu poziomu inwestycji od 2021 r. przedsiębiorstwom z UE opracowującym takie technologie i komponenty nadal brakuje większych transakcji, które umożliwią im uzyskanie przewagi konkurencyjnej i wspieranie wprowadzania tych technologii na dużą skalę.

Istnieje kilka unijnych instrumentów finansowania, które wspierają innowacyjne inwestycje w czyste technologie, takich jak Fundusz Innowacyjny, InvestEU oraz podmiot odpowiedzialny za inwestycje kapitału wysokiego ryzyka z ramienia Europejskiej Rady ds. Innowacji (EIC) – Fundusz EIC. Od wejścia w życie w 2024 r. Platforma na rzecz Technologii Strategicznych dla Europy (STEP) wspiera inwestycje w unijne przedsiębiorstwa typu start-up, MŚP i małe spółki o średniej kapitalizacji opracowujące i produkujące krytyczne czyste technologie energetyczne⁷⁷.

Uwolnienie pełnego potencjału unijnego ekosystemu przedsiębiorczości w zakresie czystej energii wymaga usunięcia barier inwestycyjnych i przeprowadzenia ukierunkowanej interwencji publicznej⁷⁸. W raporcie Dragiego wskazano słabo rozwinięty rynek kapitału wysokiego ryzyka jako jedną z barier dla rozwoju czystych technologii w UE i zaapelowano o stymulowanie inwestycji prywatnych⁷⁹. Jak zasugerowano w tym raporcie, zwiększenie skali inwestycji w czyste technologie energetyczne wiąże się ze zwiększeniem i optymalizacją budżetu na szczeblu UE oraz wprowadzeniem systemów finansowania w celu wspierania inwestycji prywatnych i inwestycji o podwyższonym ryzyku w innowacyjne przedsiębiorstwa, aby można było zwiększyć skalę unijnych przedsiębiorstw strategicznych lub długoterminowych projektów w zakresie transformacji.

W wytycznych politycznych Komisji uznano potrzebę dalszych działań w zakresie inwestycji publicznych i ograniczania ryzyka związanego z kapitałem prywatnym. Szczególnie istotne jest ułatwienie finansowania szybko rozwijających się przedsiębiorstw przez banki, inwestorów i kapitał wysokiego ryzyka. Na podstawie raportu Letty⁸⁰ Komisja proponuje europejską unię oszczędności i inwestycji, obejmującą rynki bankowe i kapitałowe⁸¹. Pogłębienie unijnych rynków bankowych i kapitałowych jest niezbędnym warunkiem wstępnym uwolnienia dodatkowych źródeł finansowania, wspierania inwestycji transgranicznych i zwiększenia atrakcyjności przedsiębiorstw scale-up dla inwestorów poprzez poprawę ich możliwości wyjścia.

Aby zapewnić przepływy finansowe na skalę niezbędną do wyeliminowania luki inwestycyjnej w UE, czyste technologie energetyczne będą musiały zostać uznane za priorytet strategiczny. W związku z tym Komisja ogłosiła utworzenie Europejskiego Funduszu Konkurencyjności w kolejnych wieloletnich ramach finansowych, którego celem jest odblokowanie inwestycji w czyste i strategiczne technologie. Specjalna unijna strategia na rzecz przedsiębiorstw typu

⁷⁷ Dz.U. L, 2024/795, 29.2.2024. Aby uzyskać więcej informacji, zob.: <https://strategic-technologies.europa.eu>.

⁷⁸ Europejski Bank Inwestycyjny, *The scale-up gap* [Luka w zwiększaniu skali działalności], 2024.

⁷⁹ Mario Draghi, *The future of European competitiveness* [Przyszłość europejskiej konkurencyjności], 2024.

⁸⁰ Enrico Letta, *Much more than a market* [Znacznie więcej niż rynek], 2024.

⁸¹ Aby uzyskać więcej informacji, zob.: [Zaproszenie do zgłaszania uwag na temat europejskiej unii oszczędności i inwestycji](#).

start-up i przedsiębiorstw scale-up będzie dotyczyć przeszkód, które uniemożliwiają powstanie i rozwój nowych przedsiębiorstw⁸².

3. OCENA KONKURENCYJNOŚCI UE W ZAKRESIE TECHNOLOGII NEUTRALNYCH EMISYJNIE

3.1. Fotowoltaika

Fotowoltaika jest najszybciej rozwijającą się technologią produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. W 2024 r. UE była na dobrej drodze do osiągnięcia celu strategii UE na rzecz energii słonecznej, jakim jest osiągnięcie mocy fotowoltaicznej 600 GW_{ac} (~720 GW_p) zainstalowanej do 2030 r.⁸³ Ze wstępnych danych za 2024 r. wynika, że roczny wzrost uległ spowolnieniu, ale instalacje nadal znacznie wzrosły z ponad 56 GW_p w 2023 r. do 63 GW_p w 2024 r. W obu latach pod względem wdrażania UE zajmowała drugie miejsce za Chinami (374 GW_p w 2024 r.), a na trzecim miejscu znalazły się Stany Zjednoczone (45 GW_p w 2024 r.)⁸⁴. W większości krajów koszty wytwarzania energii elektrycznej z ogniw fotowoltaicznych są obecnie niższe niż w przypadku alternatywnych źródeł energii opartych na paliwach kopalnych⁸⁵.

Akt w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie odnosi się do celu europejskiego sojuszu na rzecz przemysłu fotowoltaicznego, jakim jest osiągnięcie rocznej mocy produkcyjnej fotowoltaiki na poziomie 30 GW_p w łańcuchu wartości do 2025 r.⁸⁶ Cel ten przekroczono już w przypadku falowników (82 GW_p w 2023 r.) i jest bliski osiągnięcia w przypadku polikrzemu (29 GW_p w 2024 r.)⁸⁷. Sytuacja jest jednak inna w przypadku pozostałych części łańcucha wartości. Obecna moc produkcyjna UE w zakresie fotowoltaiki w przypadku wlewków i płytek wynosi poniżej 1 GW_p, natomiast w przypadku ogniw i modułów wartość ta wynosi poniżej 3 GW_p, przy czym faktyczna produkcja w 2023 r. wynosiła około 2 GW_p w odniesieniu do tych ostatnich⁸⁸. Ogólnie rzecz biorąc, UE jest w dużym stopniu uzależniona od importu energii fotowoltaicznej z Chin, gdzie znajduje się 91 % oddanych do użytku zakładów produkcyjnych. Natomiast UE, USA i Indie mają po 1 % udziału⁹⁰.

Szacuje się, że koszt produkcji modułu fotowoltaicznego w UE jest o około 60 % wyższy niż w Chinach⁹¹. Różnice te wynikają z wyższych kosztów inwestycji, pracy i energii, a także z mniejszej skali produkcji i braku integracji pionowej. Dodatkowe wyzwania dla europejskich producentów to wysoki poziom zapasów i nadwyżka podaży z Chin prowadząca do gwałtownego spadku cen modułów na rynku kasowym, które zmniejszyły się o ponad 25 % w ujęciu rok do roku do 0,105 EUR/W_p w styczniu 2025 r.⁹² Wywiera to dużą presję na

⁸² COM(2025) 30 final.

⁸³ COM(2022) 221 final.

⁸⁴ Jaeger-Waldau, A., *Snapshot of Photovoltaics* [Przegląd dotyczący fotowoltaiki], 2025 (w przygotowaniu).

⁸⁵ MAE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [Rozwój produkcji czystych technologii], 2024.

⁸⁶ Dz.U. L, 2024/1735, 28.6.2024, motyw 16.

⁸⁷ Solar Power Europe, *Inverter Explained 2.0* [O falownikach 2.0], czerwiec 2024 r.

⁸⁸ Komisja Europejska, JRC, Chatzipanagi, A., Jaeger-Waldau, A., Letout, S., Mountraki, A., Gea Bermudez, J., Georgakaki, A., Ince, E. i Schmitz, A., CETO, *Photovoltaics in the European Union* [Fotowoltaika w Unii Europejskiej], 2024.

⁸⁹ ESMC, *pismo do Komisji Europejskiej*, styczeń 2024 r.

⁹⁰ CETO, *Photovoltaics in the European Union* [Fotowoltaika w Unii Europejskiej], 2024.

⁹¹ MAE, *Renewables 2023 - Analysis and forecast to 2028* [Odnawialne źródła energii 2023 - analiza i prognoza do 2028 r.], 2024.

⁹² PV Exchange, *Solar Market Analysis January 2025 – PV module prices at crossroads* [Analiza rynku energii słonecznej na styczeń 2025 r. – ceny modułów fotowoltaicznych na rozdrożu], 2025.

producentów, choć przyspiesza wdrażanie. Zakłady produkujące ogniwa i moduły odnotowują niski średni wskaźnik wykorzystania wynoszący około 50 % na całym świecie⁹³.

Ogólnie rzecz biorąc, unijni producenci fotowoltaiki mają trudności z konkutowaniem na skalę światową, w szczególności pod względem cen. Koncentracja mocy produkcyjnych w sektorze fotowoltaicznym w jednym kraju – Chinach – stwarza ryzyko dla odporności łańcucha wartości i stabilności cen⁹⁴. UE nadal odgrywa istotną rolę w badaniach naukowych i innowacjach w dziedzinie fotowoltaiki, zwłaszcza w odniesieniu do konkretnych zastosowań, takich jak fotowoltaika zintegrowana z budynkami, rolnictwem, infrastrukturą lub pojazdami⁹⁵.

Aby UE zyskała konkurencyjność w produkcji energii fotowoltaicznej, musiałaby zwiększyć skalę innowacyjnych technologii w dużych fabrykach działających na skalę gigawatową zintegrowanych z całym łańcuchem wartości. Podpisując w kwietniu 2024 r. Europejską kartę słoneczną⁹⁶, Komisja, 23 państwa członkowskie i przedstawiciele branży zobowiązali się do podjęcia szeregu dobrowolnych działań wspierających przemysł wytwórczy energii fotowoltaicznej w UE.

3.2. Energia słoneczna termiczna

W strategii UE na rzecz energii słonecznej⁹⁷ wyznaczono cel, jakim jest potrojenie zapotrzebowania na słoneczną energię ciepłą w latach 2022–2030. Do tej pory sektor ten poczynił jednak ograniczone postępy i w latach 2023 i 2024 borykał się z szeregiem wyzwań. Inwestycje spowolniły ze względu na konkurencję ze strony fotowoltaiki i pomp ciepła jako alternatywnego rozwiązania w zakresie odnawialnych źródeł energii oraz skutki tańszego gazu i zmiany w zachętach do wdrażania⁹⁸. W 2023 r. UE zwiększyła o 1,3 GWth moc wytwarzania ciepła z energii słonecznej termicznej, co stanowi spadek o 24 % w porównaniu z 2022 r. Wynikający z tego wzrost mocy produkcyjnych netto o 1,3 % (wliczając likwidację starszych systemów) jest znacznie niższy od poziomu wymaganego do potrojenia mocy do 2030 r.⁹⁹

Spadek odnotowano również na rynku światowym, z 21 GWth nowych instalacji w 2023 r. w porównaniu z 23 GWth w 2022 r.¹⁰⁰ Co jest bardziej obiecujące, segment produkcji ciepła na potrzeby procesów przemysłowych wzrósł na całym świecie trzykrotnie w ujęciu rok do roku, osiągając w 2023 r. łączną moc 0,95 GWth. Jednym z powstałych zakładów była nowa największa w UE elektrociepłownia skoncentrowanej energii słonecznej (30 MWh z magazynem 68 MWh) w Hiszpanii. Jeśli chodzi o skupianie światła słonecznego (CSP), nie odnotowano wzrostu mocy wytwórczych w UE, która pozostaje prawie niezmieniona od 2013 r. (2,30 GW, prawie w całości w Hiszpanii)¹⁰¹. Tymczasem Chiny stały się wiodącym

⁹³ MAE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [Rozwój produkcji czystych technologii], 2024.

⁹⁴ [Europejska karta słoneczna](#), 2024.

⁹⁵ CETO, [Photovoltaics in the European Union](#) [Fotowoltaika w Unii Europejskiej], 2024.

⁹⁶ [Europejska karta słoneczna](#), 2024.

⁹⁷ COM(2022) 221.

⁹⁸ EurObserv'ER, *Solar thermal and concentrated solar power barometer* [Barometr energii słonecznej termicznej i skupiania światła słonecznego], 2024.

⁹⁹ Tamże.

¹⁰⁰ Weiss, W., Spörk-Dür, M., [Solar Heat Worldwide](#) [Ciepło słoneczne na świecie], 2024.

¹⁰¹ Eurostat ([nrg_inf_epcrw](#)), dostęp 12.02.2025 r. i Komisja Europejska, JRC, Carlsson, J., Taylor, N., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E., Schmitz, A. i Gea Bermudez, J., CETO, [Solar Thermal Energy in the European Union](#) [Energia słoneczna termiczna w Unii Europejskiej], 2024.

podmiotem opracowującym CSP na świecie, dysponującym 1 GW nowej mocy w eksploatacji i dalszymi 2 GW w fazie rozwoju¹⁰².

W UE funkcjonuje silny przemysł wytwórczy słonecznych podgrzewaczy wody użytkowej i wcześniej szacowano, że pokrywa on do 90 % popytu krajowego, czyli znacznie powyżej poziomu referencyjnego dla produkcji określonego w akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie. Pomimo konsolidacji sektora w ostatnim dziesięcioleciu, zwłaszcza w Niemczech i Hiszpanii, sektor ten nadal charakteryzuje się różnorodną gamą podmiotów oferujących różne produkty. Grecy producenci systemów termosyfonowych byli w stanie skorzystać z silnego wzrostu rynku, również dzięki znacznemu wywozowi¹⁰³. Kilka unijnych przedsiębiorstw wchodzi na rynek dużych ciepłowni miejskich i przemysłowego ciepła z energii słonecznej termicznej, który według przewidywań znacznie wzrośnie w nadchodzącym dziesięcioleciu. Dane handlowe dotyczące słonecznych i nieelektrycznych podgrzewaczy wody wskazują na znaczny wzrost przywozu, chociaż w 2023 r. UE utrzymała ogólny dodatni bilans handlowy wynoszący 27 mln EUR¹⁰⁴.

Technologia energii słonecznej termicznej jest dojrzałą opcją dekarbonizacji, ale nie wiadomo, czy może ona zdobyć znaczny udział w rynku. Obecnie energia słoneczna termiczna pokrywa zaledwie 0,9 % światowego zapotrzebowania na energię ciepłą¹⁰⁵. Uśredniony koszt ciepła słonecznego może być konkurencyjny w stosunku do źródeł konwencjonalnych, zwłaszcza na obszarach o znacznych zasobach energii słonecznej. Technologia energii słonecznej termicznej jest jednak często instalowana w systemie wraz z innym źródłem ciepła, podczas gdy pompy ciepła mogą zapewniać samodzielne rozwiązania dla wielu zastosowań. Rozwój energii słonecznej termicznej mogą wspomóc skoordynowane działania i przejrzyste plany działania, które pozwolą ukierunkować wzrost na ścieżkę prowadzącą do osiągnięcia celu na 2030 r.

Przedsiębiorstwa z UE znajdują się w dobrej sytuacji jako dostawcy technologii, ale konieczne są dalsze działania na rzecz normalizacji i rozwoju sieci instalatorów posiadających wiedzę fachową w zakresie opłacalnych rozwiązań, w tym hybrydyzacji z innymi technologiami energii odnawialnej. W przypadku skupiania światła słonecznego rozwój rynku UE będzie w dużej mierze zależał od realizacji propozycji Hiszpanii, aby dodać 2,5 GW do 2030 r.¹⁰⁶ Również w tym przypadku normalizacja w zakresie projektowania i produkcji będzie miała zasadnicze znaczenie dla osiągnięcia konkurencyjnego poziomu kosztów.

3.3. Lądowa i morska energia wiatrowa

UE jest liderem światowego przemysłu energii wiatrowej i do tej pory zajmowała silną pozycję. Jej konkurencyjność odczuwa jednak rosnącą presję ze strony Chin. Energia wiatrowa odgrywa kluczową rolę w transformacji energetycznej UE, przy czym do 2023 r. zainstalowano 219 GW całkowitej mocy wiatrowej, z czego 91 % na lądzie i 9 % na morzu¹⁰⁷. W 2023 r. zainstalowano 16,8 GW nowej mocy, z czego 83 % w lądowych instalacjach wiatrowych i 17 % na morzu¹⁰⁸. Działania te oznaczają szybsze tempo instalacji (instalacja połączona w 2022 r. wynosiła 15,5

¹⁰² REN21, *Renewables 2024 Global Status Report Collection: Energy Supply* [Zbiór globalnych sprawozdań na temat sytuacji w zakresie energii ze źródeł odnawialnych z 2024 r.: dostawy energii], 2024.

¹⁰³ EurObserv'ER, *Concentrated Solar Power and Solar Thermal Barometer 2023* [Barometr skupiania światła słonecznego i energii słonecznej termicznej 2023].

¹⁰⁴ CETO, *Solar Thermal Energy in the European Union*, [Energia słoneczna termiczna w Unii Europejskiej]2024.

¹⁰⁵ MAE, *Renewables 2023* [Odnawialne źródła energii w 2023 r.], 2024.

¹⁰⁶ Rząd Hiszpanii, zintegrowany krajowy plan w dziedzinie energii i klimatu, aktualizacja 2023–2030, 2024.

¹⁰⁷ Eurostat ([nrg_inf_epcrw](#)), dostęp 12.02.2025 r.

¹⁰⁸ Eurostat ([nrg_inf_epc](#)), dostęp 12.02.2025 r.

GW) i sprawiają, że rok 2023 jest rekordowy pod względem rocznej instalacji. Wstępne dane za 2024 r. pokazują, że UE zainstalowała dodatkowe 13,6 GW mocy w zakresie energii wiatrowej, w tym 10,7 GW na lądzie i 2,9 GW na morzu¹⁰⁹.

Zgodnie z aktem w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie UE dąży do osiągnięcia do 2030 r. zdolności produkcji w przypadku energii wiatrowej na poziomie co najmniej 36 GW¹¹⁰. W 2024 r. UE odpowiadała za 12,6 % światowej produkcji łopat (~25 GW), 12,5 % światowego montażu gondoli (~35 GW) i 21,8 % produkcji wież (~38 GW)¹¹¹. W 2023 r. unijne przedsiębiorstwa dostarczyły na całym świecie ponad 27 GW turbin wiatrowych¹¹². Udział producentów unijnych w rynku światowym zmniejszył się jednak w 2023 r. do 23 % z 30 % w poprzednim roku, natomiast chińscy producenci zwiększyli swój udział z 46 % do 55 %. Na rynku europejskim przedsiębiorstwa z UE nadal dominują, a ich udział w rynku w 2023 r. wyniósł 89 %. Konieczne będzie zwiększenie zdolności produkcyjnych UE, aby sprostać przyszłemu popytowi w oparciu o spodziewany wzrost liczby instalacji. Ma to kluczowe znaczenie dla zmniejszenia wydatków kapitałowych na nowe instalacje, zapewnienia, aby podaż zaspokajała popyt po konkurencyjnych cenach, oraz dla uniknięcia wąskich gardeł w dostawach lub wzrostu kosztów.

Główne wyzwania stojące przed przedsiębiorstwami UE dotyczą w szczególności intensywnej konkurencji ze strony Chin. Chińscy producenci są w stanie oferować znacznie niższe ceny niż ich europejscy konkurenci, przy czym turbiny wywożone z Chin są o około 32 % tańsze niż ich konkurentów¹¹³, w sytuacji gdy ceny turbin wiatrowych i ich komponentów wzrosły na całym świecie o około 26 % w porównaniu z poziomami sprzed pandemii¹¹⁴. Może to doprowadzić do powstania nierównych warunków działania dla przedsiębiorstw z UE i utrudnić ich przyszlą konkurencyjność na rynku światowym.

Wraz z poprawą otoczenia makroekonomicznego inwestycje w energię wiatrową zaczęły rosnąć¹¹⁵, a w 2023 r. w UE odnotowano rekordowe inwestycje w wysokości 48 mld EUR (w porównaniu z inwestycjami o wartości poniżej 20 mld EUR w 2022 r.). W 2023 r. inwestycje w lądową energię wiatrową utrzymały się na poziomie porównywalnym z poziomem inwestycji w 2022 r., czyli około 18 mld EUR, natomiast inwestycje w morską energię wiatrową wzrosły z 0,4 mld EUR zainwestowanych w 2022 r. do 30 mld EUR w 2023 r.

Światowy przemysł energii wiatrowej w dużym stopniu opiera się na złożonych łańcuchach dostaw, które mogą być podatne na zakłócenia, napięcia handlowe i niedobory surowców krytycznych. Zapotrzebowanie na materiały takie jak miedź i stal jest istotne, ponieważ są one wykorzystywane w różnych komponentach turbin, takich jak generatory, wieże, łopaty i przekładnie. Szczególnie niepokojące jest silne uzależnienie od chińskich metali ziem

¹⁰⁹ JRC na podstawie GWEC i Rystad, 2025.

¹¹⁰ Dz.U. L, 2024/1735, 28.6.2024, motyw 16.

¹¹¹ JRC na podstawie BloombergNEF i Rystad.

¹¹² Komisja Europejska, JRC, Mc Govern, L., Tapoglou, E., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Ince, E., Gea Bermudez, J., Schmitz, A. i Grabowska, M., CETO, [Wind Energy in the European Union](#) [Energetyka wiatrowa w Unii Europejskiej], 2024.

¹¹³ BloombergNEF, *Wind Turbine Price Index 2H 2024* [Indeks cen turbin wiatrowych drugiej połowie 2024 r.], 27 grudnia 2024 r.

¹¹⁴ BloombergNEF, *Rising costs dampen the outlook for offshore wind* [Rosnące koszty pogarszają perspektywy dla morskiej energetyki wiatrowej], 3 lipca 2024 r.

¹¹⁵ Rystad i WindEurope, sprawozdanie: [Rebound in wind energy financing in 2023 shows that the right policies attract investors](#) [Wzrost finansowania energii wiatrowej w 2023 r. pokazuje, że odpowiednia polityka przyciąga inwestorów], 21 marca 2024 r.

rzadkich¹¹⁶, które mają kluczowe znaczenie dla produkcji magnesów trwałych stosowanych w turbinach wiatrowych. Problemy występują również w odniesieniu do komponentów i podkomponentów, takich jak generatory, co zwiększa ryzyko zakłóceń w łańcuchu dostaw. Pozyskiwanie zarówno materiałów, jak i komponentów może być skoncentrowane w kilku krajach, co może stwarzać ryzyko dla łańcuchów dostaw ze względu na zależności geopolityczne. Należy zatem podkreślić potrzebę zapewnienia zróżnicowanych i odpornych łańcuchów dostaw w celu wspierania wzrostu przemysłu energii wiatrowej.

W europejskim planie działania na rzecz energii wiatrowej Komisja zaproponowała środki mające na celu wspieranie konkurencyjności unijnego przemysłu produkcji energii wiatrowej¹¹⁷. Jedną z powiązanych inicjatyw, Europejska karta wiatru¹¹⁸, została podpisana w grudniu 2023 r. Karta skupia 26 państw członkowskich, które zobowiązały się do wspierania unijnego sektora energii wiatrowej, m.in. poprzez zwiększenie zdolności produkcyjnych w UE oraz usprawnienie i uproszczenie procesu aukcji i wydawania pozwoleń. Należy kontynuować obecne działania służące wspieraniu wdrażania, w tym na rzecz szybszego wydawania pozwoleń, widoczności przygotowywanych projektów i inwestycji w sieci, w celu zapewnienia, by inwestycje w przyszłe farmy wiatrowe pozostały atrakcyjne, a unijny przemysł energii wiatrowej będzie w stanie korzystać z możliwości wynikających z globalnej ekspansji w dziedzinie energii wiatrowej.

3.4. Energia oceaniczna

Energia oceaniczna obejmuje szereg technologii, przy czym najbardziej zaawansowanymi są energia prądów pływowych i energia fal. Chociaż niektóre z tych technologii osiągnęły wysoki poziom gotowości technologicznej, technologie energii oceanicznej nie są jeszcze wdrażane na skalę przemysłową.

UE jest liderem w rozwoju technologii energii oceanicznej, zwłaszcza w dziedzinie energii pływów i fal. Stoi jednak w obliczu rosnącej konkurencji ze strony innych dużych gospodarek, takich jak Stany Zjednoczone i Chiny. W ciągu ostatnich pięciu lat Stany Zjednoczone zainwestowały 546 mln EUR¹¹⁹ w energię oceaniczną. W latach 2023 i 2024 rynek odnotował bezprecedensowe finansowanie i zainteresowanie. Ze wstępnych danych za 2024 r. wynika, że w 2024 r. w Europie zainstalowano co najmniej 1 230 kW nowych mocy w zakresie energii oceanicznej¹²⁰. W UE w 2022 r. zainstalowano 878 kW, a w 2023 r. – 250 kW¹²¹. W latach 2023/2024 głównymi czynnikami przyciągającymi inwestycje prywatne i pobudzającymi rozwój tych projektów w Europie były: krajowe wsparcie dochodów (np. kontrakty różnicowe lub taryfy gwarantowane) oraz finansowanie unijne i krajowe. Przedstawiciele branży spodziewają się, że w fazie pilotażowej i przedkomercyjnej powstanie 15 farm o łącznej mocy 165 MW¹²². Spośród państw członkowskich, Francja, Dania i Niemcy posiadają największy skumulowany potencjał mocy zainstalowanej w zakresie energii prądów pływowych, podczas gdy Portugalia i Hiszpania przodują we wdrażaniu urządzeń do wykorzystania energii fal.

¹¹⁶ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Rynku Wewnętrznego, Przemysłu, Przedsiębiorczości i MŚP, [Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023:Final Report](#) [Badanie dotyczące surowców krytycznych dla UE 2023: sprawozdanie końcowe], 2023.

¹¹⁷ COM(2023) 669 final.

¹¹⁸ [Europejska karta wiatru](#), 2023.

¹¹⁹ Do obliczeń użyto średniego kursu 0,9239 EUR za 1 USD dla całego 2024 r. w oparciu o [EBC](#).

¹²⁰ Wstępne dane Ocean Energy Europe.

¹²¹ Eurostat ([nrg_inf_epc](#)), dostęp 12.02.2025 r.

¹²² ETIP Ocean, [Strategic Research and Innovation Agenda for Ocean Energy](#) [Strategiczny program badań i innowacji w zakresie energii oceanicznej], 2024.

Przemysł UE odgrywa wiodącą rolę w rozwoju tego sektora, z 41 % przedsiębiorstw zajmujących się rozwojem technologii energii prądów pływowych i 52 % przedsiębiorstw zajmujących rozwojem technologii energii fal z siedzibą w UE¹²³. Produkcja przekładni, generatorów i systemów sterowania odbywa się głównie w Europie, przy czym szacuje się, że projekty zapewniają w UE co najmniej 415 stanowisk w przeliczeniu na ekwiwalenty pełnego czasu pracy. W skali globalnej UE posiada 20 % wynalazków o wysokiej wartości, plasując się na drugim miejscu po Chinach (32 %) ¹²⁴.

Głównym wyzwaniem pozostaje wysoki koszt kapitału, który spowalnia inwestycje i wdrażanie, co powoduje efekt domina, wpływając na industrializację. W europejskim strategicznym planie w dziedzinie technologii energetycznych (plan EPSTE) określono cele w tym zakresie, aby obniżyć koszty produkcji do 0,10 EUR/kWh do 2030 r. w przypadku strumienia pływów i do 0,15 EUR/kWh do 2030 r. w przypadku energii fal¹²⁵. Cel ten ma zostać osiągnięty w szczególności poprzez prowadzenie aukcji dotyczących poszczególnych technologii dla farm pilotażowych i przedkomercyjnych, których nadal brakuje w niektórych państwach członkowskich. Realizacja przygotowanych projektów i osiągnięcie tego celu wymaga instrumentów służących zmniejszeniu ryzyka inwestycji. Takie instrumenty ograniczania ryzyka mogłyby obejmować gwarancje kredytowe dla pierwszych przedkomercyjnych farm w celu obniżenia kosztów kapitału, przyciągnięcia inwestorów i przyspieszenia wdrażania. Umożliwi to uwolnienie korzyści skali i dalsze obniżenie kosztów, co już miało miejsce w przypadku ugruntowanych odnawialnych źródeł energii.

3.5. Baterie i magazynowanie energii

Realizacja ambicji Europy, by przeprowadzić przechodzenie na czystą energię na świecie, zależy od jej zdolności do opracowywania, produkcji i integracji zaawansowanych technologii produkcji baterii w szybkim tempie i na dużą skalę. Akt w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie odnosi się do celu, jakim jest osiągnięcie unijnej zdolności produkcji baterii na poziomie co najmniej 550 GWh do 2030 r. ¹²⁶

Na początku 2024 r. wydawało się, że UE znajduje się na dobrej drodze do osiągnięcia swoich celów na 2030 r. Niemniej jednak w listopadzie 2024 r. szwedzkie przedsiębiorstwo Northvolt złożyło wniosek o ochronę przed upadłością. Z szacunków wynika, że około 616 GWh planowanych mocy produkcyjnych w Europie zgłoszono jako anulowane, opóźnione lub zmniejszone, co może zagrozić celom na 2030 r. ¹²⁷ W rezultacie udział UE w światowej operacyjnej produkcji baterii, wynoszący 7 % w 2024 r., jest niższy niż wcześniejsze szacunki. Jednocześnie oczekuje się, że ogólna produkcja globalna wzrośnie niemal pięciokrotnie w ciągu najbliższych pięciu lat, a prognozowany 10 % udział UE w produkcji światowej w pełni pokryłby przewidywane potrzeby UE w 2030 r., gdyby miał zostać zrealizowany ¹²⁸.

¹²³ Komisja Europejska, JRC, Tapoglou, E., Mc Govern, L., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Ince, E., Gea Bermudez, J., Schmitz, A. i Grabowska, M., CETO, [Ocean Energy in the European Union](#) [Energia oceaniczna w Unii Europejskiej], 2024 r.

¹²⁴ CETO, [Ocean Energy in the European Union](#) [Energia oceaniczna w Unii Europejskiej], 2024.

¹²⁵ Plan EPSTE, [Ocean energy implementation plan](#) [Plan wdrażania energii oceanicznej], 2021; CETO, [Ocean Energy in the European Union](#) [Energia oceaniczna w Unii Europejskiej], 2024.

¹²⁶ Dz.U. L, 2024/1735, 28.6.2024, motyw 16.

¹²⁷ BloombergNEF, *Northvolt Collapse Underscores Importance of Supply Chains* [Upadek Northvolt podkreśla znaczenie łańcuchów dostaw], 2024.

¹²⁸ 237 GWh mocy produkcyjnych w UE w porównaniu z globalnymi mocami produkcyjnymi wynoszącymi 3 347 GWh w 2024 r. i szacunkową wartością 1 510 GWh mocy produkcyjnych w UE w porównaniu z globalnymi mocami produkcyjnymi wynoszącymi 14 903 GWh w 2030 r., na podstawie danych BloombergNEF, dostęp 20.02.2025 r.

Produkcja ogniw w UE wiąże się z krytycznymi zagrożeniami w łańcuchu dostaw, w szczególności ze względu na dużą zależność od Chin w zakresie katod i anod oraz wyższe koszty produkcji – zazwyczaj o 70–130 % wyższe na jednostkę mocy produkcyjnych niż w Chinach¹²⁹. Rosnąca globalna nadprodukcja ogniw i spadający popyt na pojazdy elektryczne doprowadziły do tego, że europejskie zakłady produkcyjne pracowały poniżej swoich zdolności lub wstrzymywały bądź odkładały pracę linii produkcyjnych, na przykład fabryka Volkswagena Salzgitter (tylko 20 GWh zamiast 40 GWh)¹³⁰. W prognozach na 2030 r. przewiduje się globalną nadwyżkę podaży ogniw baterii. Ponadto wzrasta liczba środków ochronnych w handlu, z uwzględnieniem na przykład amerykańskich cel na chińskie pojazdy elektryczne. Dalsza eskalacja napięć w handlu może potencjalnie zwiększyć koszty i wpłynąć na decyzje dotyczące zamówień w łańcuchu dostaw¹³¹. W UE Komisja zakończyła w 2024 r. dochodzenie antysubsydyjne dotyczące przywozu pojazdów elektrycznych o napędzie akumulatorowym z Chin, w wyniku którego nałożono cła wyrównawcze na przywożone pojazdy¹³².

W 2024 roku globalna moc systemów magazynowania energii w skali sieci (BESS) osiągnęła 168 GWh, co stanowi znaczny wzrost w porównaniu z 96,1 GWh zainstalowanymi w 2023 r.¹³³ Chiny odpowiadały za 67 % globalnych wdrożeń BESS, za nimi uplasowały się Stany Zjednoczone i Kanada, przy czym Europa obecnie pozostaje w tyle pod względem wdrażania BESS. W 2024 r. magazynowanie energii za punktem pomiarowym (BTM) osiągnęło globalnie poziom 40 GWh. Oczekuje się, że do 2035 r. 16 % instalowanych baterii na świecie będzie wykorzystywanych w zastosowaniach stacjonarnych, co stanowi wzrost w porównaniu z 6 % w 2020 r.¹³⁴ Większość wiodących dostawców baterii BESS ma siedzibę w Azji.

Aby dotrzymać kroku swoim konkurentom, UE musi szybciej wykorzystywać zdolności produkcyjne i budować niezawodne łańcuchy wartości, inwestować więcej w badania i rozwój w zakresie nowych technologii baterii oraz wyeliminować krytyczne luki w swoim łańcuchu wartości za pomocą alternatywnych rozwiązań.

3.6. Technologie pomp ciepła

Producenci pomp ciepła dokonujący montażu końcowego, zlokalizowani w UE, należą do światowych liderów w zakresie zaawansowanych rozwiązań hydraulicznych do użytku domowego, podczas gdy chińskie przedsiębiorstwa dominują na rynku klimatyzatorów o odwróconym obiegu powietrze-powietrze¹³⁵. Producenci z UE zapowiedzieli zwiększenie swoich mocy produkcyjnych w zakresie końcowego montażu w tym dziesięcioleciu o ponad 30 GWth w porównaniu z istniejącymi mocami produkcyjnymi wynoszącymi około 24 GWth

¹²⁹ MAE, *Advancing Clean Technology Manufacturing Report* [Sprawozdanie dotyczące rozwoju produkcji czystych technologii], 2024.

¹³⁰ Reuters, *Volkswagen's German battery plant to stay at half capacity amid cost pressures* [Niemiecka fabryka baterii Volkswagena utrzyma produkcję na poziomie 50 % mocy ze względu na presję kosztową], 2024.

¹³¹ BloombergNEF, *Energy Storage: 10 Things to Watch in 2025* [Magazynowanie energii: 10 kwestii, na które warto zwrócić uwagę w 2025 r.], 2025.

¹³² Dz.U. L, 2024/2754, 29.10.2024.

¹³³ Energy Storage News, [„Global BESS deployments soared 53 % in 2024”](#) [W 2024 r. globalne wdrożenia BESS wzrosły o 53 %], 2025.

¹³⁴ Na podstawie BloombergNEF, styczeń 2025 r.

¹³⁵ Dane COMEXT/COMTRADE dla kodu HS 841861 – pompy ciepła; inne niż klimatyzatory: wywóz z UE do wszystkich krajów świata: 3 837 mln EUR, z czego 603 mln EUR poza UE; wywóz z Chin do wszystkich krajów świata 971 mln EUR. Oraz dane COMEXT/COMTRADE dla kodu HS 841581 – klimatyzatory: wywóz z UE do wszystkich krajów świata: 782 mln EUR, z czego 177 mln EUR poza UE; wywóz z Chin do wszystkich krajów świata 549 mln EUR.

w 2023 r. Biorąc pod uwagę to planowane zwiększenie mocy, przemysł UE jest bliski zaspokojenia potrzeb UE w zakresie wdrożenia na 2030 r. wynoszących około 60 GWth, które zostały określone przez Międzynarodową Agencję Energetyczną¹³⁶. Chociaż UE jest na dobrej drodze do osiągnięcia celu określonego w akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie, jakim jest zapewnienie co najmniej 31 GW zdolności produkcyjnej w zakresie montażu końcowego pomp ciepła, przedsiębiorstwa unijne nie mają obecnie tak silnej pozycji w produkcji niektórych komponentów.

Deficyt bilansu handlowego UE w zakresie hydronicznych pomp ciepła zmniejszył się o jedną trzecią w 2023 r. ze względu na spadek przywozu o 13 % i wzrost wywozu o 14 %¹³⁷. Jednocześnie sprzedaż pomp ciepła w UE spadła w 2023 r. o 7,2 % w porównaniu z 2022 r. po dziesięciu latach stałego wzrostu¹³⁸. Tendencja ta utrzymywała się w 2024 r., ponieważ sprzedaż w Europie spadła o 31 % w porównaniu z 2023 r.¹³⁹ Sytuacja ta spowodowała skrócenie czasu pracy i redukcję zatrudnienia w sektorze oraz niepewność co do decyzji inwestycyjnych dotyczących produkcji. W 2023 r. zaobserwowano również spowolnienie wzrostu zdolności produkcyjnych UE¹⁴⁰. Aby odwrócić tę tendencję, przedstawiciele przemysłu apelują o wyznaczenie ambitnych celów UE w zakresie dekarbonizacji ogrzewania pomieszczeń, stabilnych długoterminowych ram polityki krajowej oraz korzystnego stosunku cen energii elektrycznej do gazu¹⁴¹.

Szacuje się, że etap montażu końcowego pomp ciepła kosztuje obecnie około 184–230 EUR/KW¹⁴² w Europie i USA, czyli około dwukrotnie więcej niż szacowany koszt w przypadku Chin. Ponieważ komponenty stanowią 75 % kosztów końcowych, producenci zintegrowani pionowo są bardziej konkurencyjni¹⁴³. Przemysł UE pozostaje w dużej mierze uzależniony od przywozu komponentów, takich jak sprężarki, wymienniki ciepła, zawory i czynniki chłodnicze. Aby zwiększyć konkurencyjność i odporność w zakresie produkcji pomp ciepła do budynków mieszkalnych, konieczna byłaby większa dywersyfikacja dostaw i wzmocnienie łańcuchów wartości UE, co pozwoliłoby zmniejszyć te zależności.

Jeżeli chodzi o **przemysłowe pompy ciepła**, unijni producenci odgrywają wiodącą rolę w skali światowej i obejmują cały łańcuch dostaw¹⁴⁴. Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej do 2050 r. około 30 % zapotrzebowania na ciepło przemysłowe o temperaturze do 400 °C powinno być zaspokajane przez przemysłowe pompy ciepła, a połowa z tego do 2030 r.¹⁴⁵ Przemysłowe pompy ciepła mogą również zaspokoić zapotrzebowanie na ciepło

¹³⁶ MAE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [Rozwój produkcji czystych technologii], 2024. Scenariusz zerowych emisji netto do 2050 r.; zakres: pompy ciepła do ogrzewania pomieszczeń i ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych i komercyjnych, uwzględniając klimatyzatory o odwróconym obiegu, jeśli są stosowane jako główne źródło ciepła.

¹³⁷ HS 841861–Pompy ciepła (z wyłączeniem klimatyzatorów). Aby uzyskać więcej informacji, zob.: Komisja Europejska, JRC, Toleikyte, A., Lecomte, E., Volt, J., Lyons, L., Roca Reina, J.C., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Wegener, M., Schmitz, A., CETO, [Heat Pumps in the European Union](#) [Pompy ciepła w Unii Europejskiej], 2024.

¹³⁸ Europejska Organizacja Pomp Ciepła (EHPA), „Market Report 2024” [„Sprawozdanie na temat rynku za 2024 r.”], ograniczone do AT, BE, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, NL, PL, PT, SE, SK. Obejmuje głównie pompy ciepła do ogrzewania pomieszczeń i do przygotowania ciepłej wody użytkowej.

¹³⁹ BloombergNEF, *Europe's Heat Pump Market Collapse Triggers Spending Dip* [Załamanie się europejskiego rynku pomp ciepła powoduje spadek wydatków], 2025.

¹⁴⁰ MAE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [Rozwój produkcji czystych technologii], 2024.

¹⁴¹ EHPA, *EU Heat Pump Accelerator* [Przyspieszenie wprowadzania pomp ciepła], 2023.

¹⁴² Do obliczeń użyto średniego kursu 0,9239 EUR za 1 USD dla całego 2024 r. w oparciu o [EBC](#).

¹⁴³ MAE, *Advancing Clean Technology Manufacturing* [Rozwój produkcji czystych technologii], 2024.

¹⁴⁴ MAE, HPT TCP, [Annex 58 High-Temperature Heat Pumps](#) [Załącznik 58 Pompy ciepła wysokotemperaturowe], 2023. 20 w UE i 7 w Japonii, w tym 9 instalacji technologii mechanicznej rekompresji oparów (MVR); a także instalacje MVR w Chinach.

¹⁴⁵ MAE, *Net Zero by 205* [Zeroemisyjność netto do 2050 r.], 2021.

poniżej temperatury 200 °C, co stanowi 37 % zapotrzebowania na ciepło przemysłowe¹⁴⁶. Obecnie istnieją zastosowania w sektorach żywności i napojów oraz celulozy i papieru.

Aby dalej rozwijać przemysłowe pompy ciepła, potrzebne są projekty badawczo-rozwojowe w celu rozszerzenia zakresu zastosowań i możliwie najszybszego stosowania technologii i normalizacji¹⁴⁷. Ponadto potrzebne są inwestycje w uniijny łańcuch dostaw, aby zwiększyć zdolności produkcyjne i obniżyć koszty produktów. Branża dostrzega w przemysłowych pompach ciepła potencjał, który można przekuć na europejską historię sukcesu.

3.7. Energia geotermalna

W 2024 r. energia geotermalna zyskała zainteresowanie opinii publicznej i polityczny impuls. Ten polityczny impuls przejawiał się w rezolucji Parlamentu Europejskiego w sprawie energii geotermalnej¹⁴⁸ oraz konkluzjach Rady w sprawie promowania energii geotermalnej¹⁴⁹. W 2023 r. zainstalowana moc netto elektrowni geotermalnych w UE wynosiła około 0,9 GWe¹⁵⁰ (globalnie 14,8 GWe¹⁵¹). Bezpośrednie wykorzystanie ciepła geotermalnego stale rosło – w 2023 r. funkcjonowało 298 systemów ciepłowniczych i chłodniczych¹⁵².

Przedsiębiorstwa z UE odgrywają istotną rolę na jednolitym rynku, od badania lokalizacji po wycofanie z eksploatacji, ponieważ łańcuchy wartości w zakresie są zazwyczaj w całości krajowe¹⁵³. Jeżeli chodzi o produkcję produktów końcowych, szacuje się, że sektor ten osiągnie cel określony w akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie, zgodnie z którym 40 % potrzeb w zakresie wdrażania musi zostać pokryte z produkcji krajowej¹⁵⁴. Natomiast światowy rynek komponentów, takich jak turbiny, turboekspandery, pompy, zawory i systemy sterowania, jest zdominowany przez przedsiębiorstwa spoza UE. Japonia produkuje 82 % turbin parowych typu flash, a Izrael 74 % ekspanderów w cyklu binarnym. Europejscy producenci tych technologii prowadzą działalność głównie we Włoszech, a w mniejszym stopniu w Niemczech i we Francji¹⁵⁵. W odniesieniu do badań naukowych i innowacji UE była światowym liderem w zakresie wynalazków o wysokiej wartości, zanim w 2019 r. wyprzedziły ją Chiny¹⁵⁶.

Równoczesne wydobycie litu i innych surowców może zwiększyć rentowność elektrowni geotermalnych. Jeżeli chodzi o zależności materiałowe, sama technologia w dużym stopniu opiera się na stali, z której znaczna część pochodzi z Azji. W mniejszym stopniu sektor geotermalny wymaga również surowców krytycznych, takich jak aluminium¹⁵⁷, miedź

¹⁴⁶ TNO, [Strengthening Industrial Heat Pump Innovation](#) [Wzmocnienie innowacji w zakresie przemysłowych pomp ciepła], 2020.

¹⁴⁷ Program współpracy technologicznej MAE w zakresie technologii pomp ciepła (HPT TCP), [Annex 58 High-Temperature Heat Pumps](#) [Załącznik 58 Pompy ciepła wysokotemperaturowe], 2023.

¹⁴⁸ Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 18 stycznia 2024 r. w sprawie energii geotermalnej (2023/2111(INI)).

¹⁴⁹ Rada Unii Europejskiej, konkluzje w sprawie promowania energii geotermalnej, 16 grudnia 2024 r.

¹⁵⁰ Eurostat ([nrg_inf_epcrw](#)), dostęp 12.02.2025 r.

¹⁵¹ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), *Renewables Global Status Report* [Sprawozdanie o sytuacji w zakresie odnawialnych źródeł energii na świecie], 2024.

¹⁵² Europejska Rada Energii Geotermalnej (EGEC), *Geothermal Market Report 2023* [Sprawozdanie dotyczące rynku energii geotermalnej w 2023 r.], 2024.

¹⁵³ EGEC, *Geothermal Market Report 2023* [Sprawozdanie dotyczące rynku energii geotermalnej w 2023 r.], 2024.

¹⁵⁴ Komisja Europejska, JRC, Taylor, N., Georgakaki, A., Ince, E., Letout, S., Mountraki, Gea Bermudez, J. i Schmitz, A., CETO, [Geothermal Energy in the European Union](#) [Energia geotermalna w Unii Europejskiej], 2024.

¹⁵⁵ EGEC, *Geothermal Market Report 2023* [Sprawozdanie dotyczące rynku energii geotermalnej w 2023 r.], 2024.

¹⁵⁶ CETO, [Geothermal Energy in the European Union](#) [Energia geotermalna w Unii Europejskiej], 2024.

¹⁵⁷ EGEC, [Geothermal Market Report 2023](#) [Sprawozdanie dotyczące rynku energii geotermalnej w 2023 r.], 2024.

i tytan¹⁵⁸. W niedawnym sprawozdaniu z własnej inicjatywy Parlamentu Europejskiego¹⁵⁹ i konkluzjach Rady¹⁶⁰ zaleca się między innymi: (i) zwiększenie widoczności politycznej i ogólnej świadomości na temat potencjału energii geotermalnej i związanych z nią wyzwań; (ii) zajęcie się kwestią dostępności danych; (iii) ograniczenie ryzyka inwestycyjnego poprzez wdrożenie systemów gwarancji; (iv) usprawnienie i przyspieszenie procedur wydawania pozwoleń; (v) promowanie najlepszych praktyk; (vi) rozwiązanie problemu niedoboru wykwalifikowanych pracowników oraz (vi) zwiększenie akceptacji społecznej.

3.8. Technologie wodorowe: elektrolizery i ogniwa paliwowe

Elektroliza wody to proces, w wyniku którego wodór jest pozyskiwany z wody za pomocą energii elektrycznej. Jeżeli energia elektryczna pochodzi ze źródeł odnawialnych i niskoemisyjnych, technologia ta może odegrać kluczową rolę w dekarbonizacji sektorów przemysłu, w których emisje trudno zredukować, w szczególności produkcji energochłonnych materiałów (np. stali, cementu), nawozów oraz sektora morskiego i sektora lotnictwa. Zdolności produkcyjne elektrolizerów rosną w Europie dzięki ramom regulacyjnym i finansowym¹⁶¹. Pierwsza aukcja Europejskiego Banku Wodoru w 2024 r. zapewniła 720 mln EUR na siedem projektów. Chociaż pozwala to na podejmowanie ostatecznych decyzji inwestycyjnych w przypadku większej liczby projektów, przedsiębiorstwa europejskie nadal napotykały przeszkody finansowe i operacyjne.

Zainstalowana moc elektrolizerów w Europie wzrosła z 228 MWe w 2023 r. do 663 MWe w 2024 r. (projekty w eksploatacji lub z podjętą decyzją inwestycyjną), przy czym w krajach UE wyniosła 517 MWe¹⁶². Moc zainstalowana na całym świecie wzrosła z 1,4–1,7 GWe w 2023 r. do 5 GWe w 2024 r.¹⁶³ Z tego 2,7 GWe znajduje się w Chinach, a około 300 MWe w USA.

Moce produkcyjne europejskich stosów elektrolizerów szacuje się na 10–15,7 GWe rocznie w 2024 r.¹⁶⁴, podczas gdy światowe moce produkcyjne szacuje się na 40–54 GWe rocznie¹⁶⁵.

¹⁵⁸ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, Schleker, T., Hicks, M., Cressida Howard, I., Ohrvik-Stott, J. i in., *Study on clean energy R&I opportunities to ensure European energy security by targeting challenges of distinct energy value chains for 2030 and beyond* [Badanie na temat możliwości w zakresie badań naukowych i innowacji dotyczących czystej energii w celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego Europy poprzez skierowanie uwagi na wyzwania związane z odrębnymi energetycznymi łańcuchami wartości na rok 2030 i kolejne lata], 2024.

¹⁵⁹ Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 18 stycznia 2024 r. w sprawie energii geotermalnej (2023/2111(INI)).

¹⁶⁰ Rada Unii Europejskiej, konkluzje w sprawie promowania energii geotermalnej, 16 grudnia 2024 r.

¹⁶¹ M.in. cele dotyczące zużycia określone w dyrektywie (UE) 2023/2413 w sprawie odnawialnych źródeł energii, cel partnerstwa na rzecz elektrolizerów, jakim jest osiągnięcie mocy produkcyjnej wynoszącej 25 GWe rocznie do 2025 r., oraz 4 projekty IPCEI dotyczące wodoru i ogniw paliwowych, zob.: https://competition-policy.ec.europa.eu/state-aid/ipcei/approved-ipceis_en?prefLang=pl&ettrans=pl.

¹⁶² Na podstawie zbioru danych dotyczących projektów w zakresie wodoru MAE, do którego dostęp uzyskano w styczniu 2025 r. dla UE, NO, UK i CH.

¹⁶³ Komisja Europejska, JRC, Bolard, J., Dolci, F., Gryc, K., Eynard, U., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E., Shtjefni, D., Rózsai, M. i Wegener, M., CETO, *Water Electrolysis and Hydrogen in the European Union* [Elektroliza wody i wodór w Unii Europejskiej], 2024; MAE, *Global Hydrogen Review* [Globalny przegląd sektora wodoru], 2024. MAE raportuje w 2024 r. znacznie niższą moc zainstalowaną dla Stanów Zjednoczonych niż w przypadku bazy danych projektów w 2023 r., zgodnie z którą wyniosła 717 MWe.

¹⁶⁴ MAE, *Global Hydrogen Review* [Globalny przegląd sektora wodoru], 2024. CETO, *Water Electrolysis and Hydrogen in the European Union* [Elektroliza wody i wodór w Unii Europejskiej], 2024. Górny zakres odnosi się do Rystadt Energy i obejmuje zdolności produkcyjne w budowie (październik 2024 r.).

¹⁶⁵ MAE, *Global Hydrogen Review* [Globalny przegląd sektora wodoru], 2024. Dane z wyższego zakresu prognozowane w BloombergNEF, *Electrolysers, too many fish in the Pond* [Elektrolizery, zbyt wielu graczy], 2024.

Chiny mają najwyższe moce produkcyjne, które według prognoz w 2024 r. wyniosą około 20 GWe¹⁶⁶.

Pomimo zwiększenia zdolności produkcyjnych i rozmiaru systemu, oczekiwane redukcje kosztów nie zostały jeszcze osiągnięte. Jest to spowodowane inflacją i innymi kosztami, takimi jak komponenty pomocnicze, przyłącza energetyczne i koszty pośrednie. Z najnowszych badań wynika, że koszty związane z wydatkami kapitałowymi w przypadku systemów alkalicznych o mocy 100 MW wynoszą 3 050 EUR za kW i 2 630 EUR za kW w przypadku systemów o mocy 200 MW¹⁶⁷, czyli co najmniej cztery razy więcej niż w Azji. Niektórzy europejscy producenci wskazują, że brakuje im wystarczającej liczby nabywców na ich produkcję, co ogranicza ich możliwości obniżenia kosztów inwestycyjnych na kW oraz wpływa na opłacalność wielu uzasadnień biznesowych związanych z wodorem odnawialnym i niskoemisyjnym.

Wzrost podaży w Europie ulega spowolnieniu. Wynika to z niedoborów w łańcuchu dostaw na wcześniejszych etapach, braku odpowiedniej wielkości popytu oraz zależności od surowców krytycznych (np. platynowców)¹⁶⁸ i komponentów¹⁶⁹. Czynniki te przyczyniają się również do wyższych kosztów produkcji. Konkurencyjność europejskich przedsiębiorstw zajmujących się elektrolizerami jest zatem umiarkowana. Z jednej strony dostępne są komercyjnie produkty dla głównych grup elektrolizerów¹⁷⁰, a unijne podmioty mają silną pozycję pod względem patentów o wysokiej wartości¹⁷¹. Z drugiej strony terminy realizacji montażu stosów są długie, w łańcuchu wartości występują słabości na wcześniejszych etapach, a systemy są droższe, co negatywnie wpływa na konkurencyjność europejskich producentów. Na uzasadnienie biznesowe mogą również wpływać inne aspekty, takie jak gwarancje poprodukcyjne oraz wysokie koszty operacyjne produkcji wodoru odnawialnego.

Koszty energii elektrycznej odgrywają istotną rolę w uśrednionym koszcie wodoru (LCOH). Wynika to z faktu, że energia elektryczna stanowi znaczną część kosztów całkowitych, przy czym jej względny udział różni się w zależności od lokalizacji i specyfikacji elektrolizerów¹⁷². Na przykład w przypadku niedawnych projektów w Niderlandach LCOH¹⁷³ wynosił 12–14 EUR/kg wodoru w przypadku morskiej energii elektrycznej na potrzeby systemów elektrolizerów o mocy 100–200 MWe. LCOH będzie w znacznym stopniu zależał od projektu, realizacji i lokalizacji przedsięwzięć.

Pozostałe wyzwania w zakresie badań naukowych i innowacji to zastąpienie trwałych chemikaliów stosowanych w membranach, zmniejszenie kosztów systemów, poprawa ich

¹⁶⁶ MAE, *Global Hydrogen Review* [Globalny przegląd sektora wodoru], 2024. Górny zakres odnosi się do lokalizacji siedzib głównych producentów oryginalnego sprzętu w Chinach.

¹⁶⁷ Na podstawie BloombergNEF, *Electrolyser Price Survey* [Badanie cen elektrolizerów], 2024; TNO, *Evaluation of the levelised cost of hydrogen based on proposed electrolyser projects in the Netherlands* [Ocena uśrednionego kosztu wodoru w oparciu o proponowane projekty dotyczące elektrolizerów w Niderlandach], 2024.

¹⁶⁸ Na podstawie JRC, [Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU](#) [Analiza łańcucha dostaw i prognoza popytu na materiały w strategicznych technologiach i sektorach w UE], 2023. 1–5 % surowców krytycznych na potrzeby elektrolizerów pochodzi z Europy.

¹⁶⁹ Na podstawie BloombergNEF, *Electrolyser Overcapacity* [Nadmiar zdolności produkcyjnych elektrolizerów], 2024.

¹⁷⁰ Cztery główne technologie komercjalizowane to: alkaliczna, membranowa wymiany protonów, tlenkowa oraz membranowa wymiany anionów. Elektroliza ceramiczna z wykorzystaniem ceramicznych przewodników protonowych jest kolejną technologią w fazie rozwoju.

¹⁷¹ Tablica wyników z zakresu konkurencyjności europejskiego przemysłu neutralnego dla klimatu (CIndECS). 31 % wynalazków o wysokiej wartości w UE.

¹⁷² CETO, [Water Electrolysis and Hydrogen in the European Union](#) [Elektroliza wody i wodór w Unii Europejskiej], 2024.

¹⁷³ TNO, [Evaluation of the levelised cost of hydrogen based on proposed electrolyser projects in the Netherlands](#) [Ocena uśrednionego kosztu wodoru w oparciu o proponowane projekty dotyczące elektrolizerów w Niderlandach], 2024.

wydajności i cyklu życia, zmniejszenie zużycia wody słodkiej i wprowadzenie ich do sektora zastosowań końcowych po konkurencyjnych cenach.

Ogniwa paliwowe to systemy wydajnej produkcji energii elektrycznej z czystego wodoru. Mają wartość dodaną, gdy zapewniają rozwiązania dekarbonizacyjne dla transportu, ogrzewania lub zasilania poza siecią. Wykorzystuje się je głównie w pojazdach elektrycznych zasilanych ogniwami paliwowymi, autobusach, pociągach regionalnych, a rzadziej w ogrzewaniu, maszynach i stacjonarnych systemach zasilania poza siecią. W UE normy emisji i opłaty za emisję gazów cieplarnianych tworzą dodatkowe zachęty do inwestycji. W 2023 r. szacowana moc zainstalowana wynosiła 7,8 GW na całym świecie, a na czele znalazły się Azja (72 %), Stany Zjednoczone i Kanada (18 %) oraz Europa – 0,6 GW (8 %)¹⁷⁴, przy czym większość rynku przypada na mobilność¹⁷⁵.

Europejscy producenci oferują autobusy zasilane ogniwami paliwowymi, ale ogniwa paliwowe są w większości przypadków nabywane od innych dostawców, zwłaszcza z Kanady i Japonii. W UE są opracowywane prototypy ogniw paliwowych dla pojazdów ciężkich, ponieważ zainteresowanie czystym transportem rośnie, a całkowity koszt własności może zrównać się z kosztami samochodów ciężarowych z silnikami wysokoprężnymi po 2035 r. Szacuje się, że pojazdy ciężkie zasilane ogniwami paliwowymi pozostaną droższe niż pojazdy elektryczne o napędzie akumulatorowym. Ogniwa paliwowe w ogrzewaniu prawdopodobnie będą odgrywać jedynie niszową rolę w UE.

Należy wzmocnić odporność łańcuchów wartości zarówno w odniesieniu do elektrolizerów, jak i ogniw paliwowych, od pozyskiwania surowców po produkcję i dostawy komponentów, aby skrócić czas dostawy pełnych systemów w Europie po konkurencyjnych cenach. Priorytetem politycznym pozostaje dostępność dużych ilości konkurencyjnego kosztowo wodoru odnawialnego i niskoemisyjnego.

3.9. Zrównoważone technologie biogazu i biometanu

W Europie istnieje dojrzały przemysł, głównie w zakresie wytwarzania energii elektrycznej z biogazu, z rozwijającymi się rynkami w ciepłownictwie i transporcie dzięki zatłaczaniu biometanu do sieci. Prawie 50 % produkcji odbywa się w Europie, a same Niemcy zaspokajają 20 % światowego popytu¹⁷⁶. Fermentacja beztlenowa pozostaje główną komercyjną technologią wykorzystywaną do produkcji biogazu, który jest następnie uszlachetniany do biometanu. UE jest wiodącym producentem biogazu i biometanu, którego łączna produkcja wyniosła około 22,1 mld metrów sześciennych w 2023 r.¹⁷⁷ Jest również liderem w produkcji sprzętu. Moce produkcyjne UE w zakresie biometanu z fermentacji beztlenowej wyniosły w 2023 r. 3,8 mld m³, a rzeczywista roczna produkcja szacowana jest na 3,5 mld m³, przy czym przewiduje się, że do 2030 r. wzrost mocy produkcyjnych zwiększy się pięciokrotnie¹⁷⁸. Aktualna stopa wzrostu produkcji biometanu w UE jest w dużej mierze zgodna z celami na

¹⁷⁴ Na podstawie Rystad Energy, zestaw danych dotyczących mocy zainstalowanej ogniw paliwowych, 2024.

¹⁷⁵ Europejskie Obserwatorium Wodoru, *zbiór danych dotyczących rynku ogniw paliwowych*, 2021.

¹⁷⁶ MAE, *Renewables 2023* [Odnawialne źródła energii w 2023 r.], „[Special section: Biogas and biomethane](#)” [Sekcja specjalna: biogaz i biometan], 2024.

¹⁷⁷ Na podstawie danych Europejskiego Stowarzyszenia Biogazu (EBA), *Statistical report (Sprawozdanie statystyczne)*, 2024.

¹⁷⁸ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, *Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels* [Opracowanie perspektywy niezbędnych środków do budowy potencjału przemysłowego w zakresie zaawansowanych biopaliw typu „drop-in”], załącznik 3, 2024.

rok 2030 określonymi w krajowych planach w dziedzinie energii i klimatu, co odpowiada celowi REPowerEU.

W UE działają wiodące na świecie przedsiębiorstwa zajmujące się produkcją biogazu i biometanu oraz komponentami produkcyjnymi (np. komory fermentacyjne, urządzenia do oczyszczania biogazu, gazyfikatory)¹⁷⁹. Opracowywane są nowatorskie ścieżki, a UE odgrywa wiodącą rolę¹⁸⁰. W ramach unijnego programu „Horyzont Europa” zainwestowano ponad 120 mln EUR w 20 innowacyjnych projektów, rozwijając technologię w tej dziedzinie. Innowacyjne technologie bezpośredniej produkcji biometanu, takie jak zgazowanie pozostałości i odpadów biomasy, nie są jeszcze powszechne w UE (w 2023 r. zainstalowana i operacyjna zdolność produkcyjna wynosiła 2000 ton rocznie, chociaż oczekuje się, że produkcja biometanu wzrośnie do 0,7 mld m³ w 2030 r.¹⁸¹). Zakłady produkcji skroplonego biometanu stanowią cenną opcję w UE, o zdolności produkcyjnej wynoszącej około 7,3 TWh w 2023 r., która ma wzrosnąć do 15,4 TWh do 2025 r.¹⁸²

UE odpowiada za znaczną część inwestycji w biogaz i jest liderem w dziedzinie patentów o wysokiej wartości¹⁸³. Technologie biogazu (fermentacja beztlenowa i uszlachetnianie biogazu) nie wykazują krytycznych zależności w odniesieniu do materiałów, komponentów lub dostawców i nie występuje uzależnienie od sprzętu, materiałów ani dostawców technologii specyficznych dla gazyfikatora¹⁸⁴. W UE nie występują również zależności od przywozu surowców biologicznych¹⁸⁵. Niemniej jednak zależności od dostawców spoza UE istnieją w przypadku silników gazowych i turbin do wytwarzania energii elektrycznej, tak jak w przypadku wszystkich paliw gazowych.

Wysokie koszty obecnie utrudniają dalsze wdrażanie biometanu, ponieważ koszt kapitałowy wytwórni biogazu z fermentacją beztlenową wynosi około 1500-2000 EUR/KW¹⁸⁶, a całkowity koszt produkcji i uszlachetniania biogazu szacuje się na około 100 EUR/MWh¹⁸⁷. Podobnie w przypadku zakładu zgazowania biometanu koszt kapitałowy wynosi 2 000–3 600 EUR/KW, a koszt produkcji – około 89–112 EUR/MWh¹⁸⁸.

Aby utrzymać konkurencyjność UE w tym sektorze, należy dalej wspierać innowacje w zakresie technologii zrównoważonej produkcji biometanu w drodze zgazowania i wzbogacania biogazu uzyskanego w wyniku fermentacji beztlenowej, aby zwiększyć

¹⁷⁹ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Study on energy technology dependence](#) [Badanie dotyczące zależności od technologii energetycznych], 2020.

¹⁸⁰ Komisja Europejska, JRC, Motola, V., Scarlat, N., Buffi, M., Hurtig, O., Rejtharova, J., Georgakaki, A., Mountraki, A., Letout, S., Salvucci, R., Rózsai, M. i Schade, B., CETO, [Bioenergy in the European Union](#) [Bioenergia w Unii Europejskiej], 2024.

¹⁸¹ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) [Opracowanie perspektywy niezbędnych środków do budowy potencjału przemysłowego w zakresie zaawansowanych biopaliw typu „drop-in”], załącznik 3, 2024.

¹⁸² CETO, [Bioenergy in the European Union](#) [Bioenergia w Unii Europejskiej], 2024.

¹⁸³ CETO, [Bioenergy in the European Union](#) [Bioenergia w Unii Europejskiej], 2024.

¹⁸⁴ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Study on energy technology dependence](#) [Badanie dotyczące zależności od technologii energetycznych], 2020.

¹⁸⁵ CETO, [Bioenergy in the European Union](#) [Bioenergia w Unii Europejskiej], 2024.

¹⁸⁶ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) [Opracowanie perspektywy niezbędnych środków do budowy potencjału przemysłowego w zakresie zaawansowanych biopaliw typu „drop-in”], 2023.

¹⁸⁷ MAE, [Outlook for Biogas and Biomethane](#) [Perspektywy dla biogazu i biometanu], 2020; Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) [Opracowanie perspektywy niezbędnych środków do budowy potencjału przemysłowego w zakresie zaawansowanych biopaliw typu „drop-in”], załącznik 3, 2024.

¹⁸⁸ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) [Opracowanie perspektywy niezbędnych środków do budowy potencjału przemysłowego w zakresie zaawansowanych biopaliw typu „drop-in”], załącznik 3, 2024.

zdolność produkcyjną i obniżyć koszty produkcji. Ponadto należy ułatwić zakładom wytwarzającym biogaz i biometan dostęp do sieci.

3.10. Technologie wychwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS)

W swojej strategii na rzecz przemysłowego zarządzania emisjami dwutlenku węgla¹⁸⁹ przyjętej w lutym 2024 r. UE przedstawia wizję solidnych ram regulacyjnych i inwestycyjnych dotyczących technologii wychwytywania, transportu, wykorzystywania i składowania dwutlenku węgla oraz technologii usuwania dwutlenku węgla z atmosfery. Bazując na akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie, w którym określono cel dotyczący rocznej mocy zatłaczania wynoszącej co najmniej 50 mln ton w składowiskach w UE do 2030 r.¹⁹⁰, w strategii określono konkretne działania mające na celu wsparcie technologii CCS.

Unia Europejska zajmuje silną pozycję w dziedzinie technologii wychwytywania CO₂, ponieważ pięć z 16 wiodących dostawców technologii wychwytywania CO₂ to przedsiębiorstwa unijne¹⁹¹. Jeśli chodzi jednak o transport CO₂, jego składowanie i cały łańcuch wartości, Europa pozostaje w tyle za Stanami Zjednoczonymi i Kanadą i bardzo niewiele przedsiębiorstw dostarcza te technologie¹⁹². W ostatnich latach UE nadrobiła zaległości w odniesieniu do wydatków publicznych na badania i rozwój. W 2022 r. UE odpowiadała za około 22 % globalnych wydatków, nieco wyprzedzając Kanadę i Japonię¹⁹³, przy czym większość inwestycji dotyczyła składowania CO₂.

W 2023 r. liczba projektów CCS na różnych etapach rozwoju wzrosła dwukrotnie w porównaniu z poprzednim rokiem i osiągnęła 392 obiekty na całym świecie (w tym 119 projektów w Europie), co odpowiada 361 Mtpa CO₂¹⁹⁴. W Europie projekty CCS na różnych etapach rozwoju wspierają sektory takie jak produkcja wodoru, amoniaku i nawozów (20 obiektów), wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła (19 obiektów), produkcja cementu (17 obiektów) oraz biomasa do produkcji energii elektrycznej/ciepła (15 obiektów)¹⁹⁵.

W Europie, spośród 35 projektów transportu i sieci CO₂ będących w trakcie realizacji, kilka to kluczowe projekty będące przedmiotem wspólnego zainteresowania (PCI) stanowiące podstawę transgranicznej sieci dwutlenku węgla w UE¹⁹⁶. Chociaż zidentyfikowane zdolności w zakresie składowania nadal skoncentrowane są na Morzu Północnym, w państwach członkowskich, takich jak Bułgaria, Chorwacja, Grecja i Włochy, określono nowe lokalizacje dla lądowych i morskich projektów CCS. W 2024 r. przyznano pierwsze pozwolenia na poszukiwanie lądowych składowisk CO₂ w Danii, co spowodowało dwukrotny wzrost łącznej

¹⁸⁹ COM(2024) 62.

¹⁹⁰ Dz.U. L, 2024/1735, 28.6.2024, motyw 36.

¹⁹¹ Komisja Europejska, JRC, Martinez Castilla, G., Tumara, D., Mountraki, A., Letout, S., Jaxa-Rozen, M., Schmitz, A., Ince, E. i Georgakaki, A., CETO, [Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union](#) [Wychwytywanie, składowanie i utylizacja dwutlenku węgla w Unii Europejskiej], 2024.

¹⁹² CETO, [Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union](#) [Wychwytywanie, składowanie i utylizacja dwutlenku węgla w Unii Europejskiej], 2024.

¹⁹³ Tamże.

¹⁹⁴ Obiekty w przygotowaniu, w budowie lub w eksploatacji, nie uwzględniając zdolności projektów transportu lub składowania CO₂ (aby uniknąć podwójnego liczenia), z wyjątkiem tych obiektów transportu lub składowania CO₂, które nie posiadają własnego źródła wychwytywania CO₂.

¹⁹⁵ Global CCS Institute, *Global Status of CCS 2023, Scaling up through 2030* [Stan rozwoju CCS w 2023 r., rozwój do 2030 r.].

¹⁹⁶ Takie jak projekty PORTHOS i ARAMIS w Niderlandach oraz Antwerp@C w Belgii. [Nowy wykaz projektów energetycznych UE będących przedmiotem wspólnego i wzajemnego zainteresowania \(europa.eu\)](#) obejmuje 14 projektów sieci CO₂.

liczby pozwoleń na poszukiwanie składowisk CO₂¹⁹⁷. W styczniu 2025 r. Komisja przyznała finansowanie w wysokości 250 mln EUR w ramach programu „Energia” instrumentu „Łącząc Europę” w celu wsparcia budowy trzech projektów i sfinansowania dziewięciu badań przygotowawczych w zakresie projektów infrastrukturalnych dotyczących CO₂ będących przedmiotem wspólnego zainteresowania¹⁹⁸.

UE ma dobrą pozycję w sektorach przemysłu wytwórczego kluczowych komponentów CCS do technologii wychwytywania, takich jak rozpuszczalniki aminowe wykorzystywane do absorpcji (najbardziej dojrzała technologia). Nie działa jednak na dużą skalę ani nie posiada jeszcze specjalistycznych łańcuchów wartości. Po okresie stagnacji w ostatnim dziesięcioleciu produkcja rozpuszczalników aminowych w UE w 2023 r. wyniosła 260 mln EUR, co stanowi wzrost o 8 % w porównaniu z poprzednim rokiem. UE jest dobrze przygotowana do opracowywania innowacyjnych metod, w tym w zakresie membran (polimerowych, ceramicznych) i adsorbentów, podczas gdy Chiny są światowym liderem pod względem recenzowanych artykułów naukowych. Oczekuje się, że projekty w ramach unijnego programu „Horyzont 2020” pozwolą znacznie usprawnić procesy i przekierować te metody na etap komercyjny¹⁹⁹.

Pomimo dynamicznego rozwoju CCS w UE w ubiegłym roku tempo wdrażania składowania CO₂ będzie musiało rosnąć wykładniczo, aby zapewnić znaczne ilości wychwytywania CO₂ niezbędne do osiągnięcia celów na lata 2030, 2040 i 2050. UE wprowadza środki mające na celu zwiększenie widoczności popytu i podaży w zakresie składowania oraz ustanowienie niezbędnych ram dla niedyskryminacyjnej, otwartej i multimodalnej infrastruktury CO₂. Środki te pozwolą sprostać głównym wyzwaniom związanym z wdrażaniem rozwiązań w zakresie przemysłowego zarządzania emisjami dwutlenku węgla, zwiększyć przewidywalność dla inwestorów i zmniejszyć ryzyko inwestycji. Komisja proponuje dalsze środki zachęcające do stosowania technologii wychwytywania, składowania i utylizacji dwutlenku węgla (CCUS) i zwiększające ich wykorzystanie²⁰⁰.

3.11. Technologie sieci elektroenergetycznej: linie elektroenergetyczne i transformatory

W unijnym planie działania na rzecz sieci²⁰¹ określono globalne tendencje (np. rosnące zużycie energii elektrycznej, cyfryzacja i integracja odnawialnych źródeł energii), które przyczyniają się do zwiększenia światowego zapotrzebowania na komponenty sieci, w tym linie elektroenergetyczne i transformatory²⁰². Z przeprowadzonej przez Europacable analizy dziesięcioletnich planów rozwoju sieci na 2024 r.²⁰³ wynika, że w latach 2024–2033 w Europie powstanie prawie 100 000 km nowych linii przesyłowych i kabli (korekta w górę o 10 % w stosunku do danych z 2022 r.). W odniesieniu do systemu dystrybucyjnego Eurelectric przewiduje, że w latach 2025–2050 trzeba będzie zainstalować średnio 262 000 km przewodów

¹⁹⁷ Duńskie Ministerstwo Klimatu, Energii i Usług Komunalnych, „[Przyznano pierwsze pozwolenia na poszukiwanie ładowych składowisk CO₂ w Danii](#)”, 20 czerwca 2024 r.

¹⁹⁸ Zob. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/ip_25_377.

¹⁹⁹ CETO, [Carbon Capture, Utilisation and Storage in the European Union](#) [Wychwytywanie, składowanie i utylizacja dwutlenku węgla w Unii Europejskiej], 2024.

²⁰⁰ Pismo określające zadania Dana Jørgensena, komisarza do spraw energii i mieszkalnictwa, 17 września 2024 r.

²⁰¹ COM(2023) 757 final.

²⁰² W niniejszym sprawozdaniu skoncentrowano się na liniach elektroenergetycznych i transformatorach, natomiast w ostatnim na systemach wysokiego napięcia prądu stałego (HVDC) i stacjach przekształtnikowych, zob. COM(2023) 652 final.

²⁰³ Entsog i Entsoe, *Ten-Year Network Development Plans (TYNDP)* [Dziesięcioletnie plany rozwoju sieci (TYNDP)], maj 2024 r.

rocznie, z uwzględnieniem nowych linii i wymiany istniejących²⁰⁴. Ponadto rozwój sieci dystrybucyjnej w samej tylko UE i Norwegii może wymagać aż 172 000 jednostek transformatorów, dodawanych każdego roku w latach 2025–2050, co pozwoli podwoić ich liczbę z 4,5 mln do 9 mln do połowy stulecia²⁰⁵. Ogólnie rzecz biorąc, modernizacja europejskiej infrastruktury przesyłu i dystrybucji energii może wymagać aż 730 mld EUR inwestycji do 2040 r.²⁰⁶

W UE od lat działają liderzy rynkowi i technologiczni zarówno w dziedzinie linii elektroenergetycznych, jak i transformatorów. Unijny rynek przewodów i kabli jest głównie zaopatrywany przez przedsiębiorstwa europejskie, chociaż presja konkurencyjna ze strony podmiotów międzynarodowych może wzrosnąć w perspektywie krótko- i średnioterminowej. Jeśli chodzi o europejski rynek transformatorów, sytuacja jest nieco inna: podczas gdy kilka dużych przedsiębiorstw wielonarodowych dominuje w segmencie dużych transformatorów przesyłowych, w segmencie transformatorów średniej wielkości i produkcji transformatorów dystrybucyjnych działają zarówno krajowi producenci o ugruntowanej pozycji, jak i przedsiębiorstwa rodzinne z Europy, a także konkurenci międzynarodowi.

Łańcuchy dostaw miedzi i aluminium mają kluczowe znaczenie dla produkcji. Mimo oczekiwań, że utrzymają się one przy stale rosnącym popycie w perspektywie krótkoterminowej, wysoki popyt i koncentracja produkcji miedzi rafinowanej stwarzają ryzyko zakłóceń w perspektywie długoterminowej²⁰⁷. Główny, najbardziej wartościowy komponent transformatorów, rdzeń, jest wytwarzany ze stali elektrotechnicznej o zorientowanym ziarnie (GOES). Szacuje się, że do 2032 r. wartość światowego rynku GOES wzrośnie niemal dwukrotnie²⁰⁸, co wynika z zapotrzebowania na ten rodzaj stali w produkcji transformatorów. Chociaż UE jest głównym producentem, wielu unijnych producentów transformatorów polega na przywozie stali rdzeniowej²⁰⁹.

Rosnące zapotrzebowanie na komponenty sieci, takie jak linie elektroenergetyczne i transformatory, doprowadziło do opóźnień w dostawach, długich terminów realizacji zamówień i dalszych wzrostów cen. W odpowiedzi kilku wiodących europejskich producentów kabli rozpoczęło według doniesień wdrażanie decyzji inwestycyjnych o wartości 4 mld EUR, co przyczyniło się do podwojenia zdolności produkcyjnych w zakresie kabli wysokiego i bardzo wysokiego napięcia w Europie²¹⁰. Z badania przeprowadzonego wśród producentów transformatorów z UE i spoza Unii wynika, że w perspektywie krótkoterminowej (do 2026 r.) można spodziewać się wzrostu mocy produkcyjnych o 10 %, a do 2030 r. nawet o 30 %, jeżeli potwierdzi się tendencja wzrostowa popytu²¹¹. Oczekuje się jednak, że popyt będzie nadal rósł szybciej niż podaż w nadchodzących latach i w latach 30. XXI wieku.

Jednym z największych wyzwań stojących przed przemysłem jest niedobór wykwalifikowanej siły roboczej. Prawie połowa uczestniczących w badaniu producentów transformatorów zgłosiła niepełne wykorzystanie mocy produkcyjnych ze względu na brak wykwalifikowanych

²⁰⁴ Oczekuje się, że doprowadzi to do rozszerzenia sieci UE i Norwegii z 10 mln km w 2025 r. do 16,8 mln km do 2050 r.

²⁰⁵ Eurelectric, *Grids for speed* [Szybkie sieci], 2024.

²⁰⁶ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Energii, Finesso, A., Kralli, A., Bene, C., Goodall, F. i in., *Investment needs of European energy infrastructure to enable a decarbonised economy* [Potrzeby inwestycyjne europejskiej infrastruktury energetycznej w kontekście przejścia na zdekarbonizowaną gospodarkę], 2025.

²⁰⁷ MAE, *Critical Minerals Market Review* [Przegląd rynku minerałów krytycznych], 2023.

²⁰⁸ Fortune Business Insights, *Grain Oriented Electrical Steel Market Size, Share & Industry Analysis* [Wielkość rynku stali elektrotechnicznej o ziarnie zorientowanym, udział i analiza branży], 2024.

²⁰⁹ T&D Europe, *Transformer Commodities Indices* [Indeksy materiałów transformatorowych], kwiecień 2024 r.

²¹⁰ Europacable, *pismo do wiceprzewodniczącego wykonawczego Komisji Europejskiej Maroša Šefčoviča*, 5 marca 2024 r.

²¹¹ Transformers Magazine's Industry Navigator, *Investments 2024 – Outlook to 2033* [Inwestycje 2024 – Perspektywy do 2033], 2024.

pracowników²¹². W swoim planie działania na rzecz sieci Komisja określiła środki mające na celu zapewnienie, aby unijne sieci elektroenergetyczne działały efektywniej i były szybciej wdrażane²¹³. Ścisła współpraca między organami publicznymi, operatorami sieci i dostawcami technologii będzie miała kluczowe znaczenie dla opracowania wspólnych specyfikacji technologicznych, poprawy widoczności portfeli projektów sieciowych, ułatwienia inwestycji w zdolności wytwórcze i zabezpieczenia łańcuchów dostaw. W trakcie obecnej kadencji Komisja rozważy ramy prawne dotyczące europejskich sieci w celu wsparcia elektryfikacji i przyspieszenia procedur wydawania pozwoleń²¹⁴. Komisja przedstawi plan działania na rzecz elektryfikacji, aby wesprzeć elektryfikację we wszystkich sektorach zastosowań końcowych, oraz zaproponuje europejski pakiet dotyczący sieci w celu modernizacji i rozbudowy sieci infrastruktury przesyłu i dystrybucji energii.

3.12. Technologie energii pochodzącej z rozszczepienia jądrowego

Elektrownie jądrowe są jedną z technologii zapewniających sterowalną niskoemisyjną energię elektryczną²¹⁵. Koszt jednostkowy energii elektrycznej z elektrowni jądrowych mieści się zazwyczaj w przedziale między kosztem energii ze źródeł odnawialnych a kosztem energii wytworzonej przy wykorzystaniu technologii kopalnych. W 2023 r. elektrownie jądrowe wyprodukowały 22,8 % energii elektrycznej w UE, czyli nieznacznie więcej niż w 2022 r. (21,9 %) ²¹⁶, a do zwiększenia zdolności w tym zakresie służą trzy dźwignie: wydłużenie okresu eksploatacji, budowa nowych dużych elektrowni jądrowych oraz wdrażanie małych reaktorów modułowych (SMR).

Większość nowych reaktorów w budowie znajduje się w Azji. Na początku 2024 r. na całym świecie w budowie było około 61 GW mocy reaktorów, z czego ponad połowa znajdowała się w Chinach i Indiach. W UE jest jeden aktywny dostawca reaktorów²¹⁷, który buduje 5,3 % wyżej wspomnianej mocy²¹⁸. Ilustruje to konieczność zwiększenia konkurencyjności przemysłu UE zgodnie z celami aktu w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie.

W 2024 r. Komisja uruchomiła europejski sojusz przemysłowy na rzecz małych reaktorów modułowych, aby ułatwić ich wdrożenie do początku lat 30. XXI wieku i wesprzeć konkurencyjny europejski ekosystem²¹⁹. Małe reaktory modułowe charakteryzują się innowacyjnymi projektami i są oparte na modułowych komponentach, które potencjalnie można produkować seryjnie. Nie zostały one jeszcze wdrożone w UE, chociaż pierwsze małe reaktory modułowe działają już w Chinach i Rosji²²⁰.

²¹² Tamże.

²¹³ COM(2023) 757 final.

²¹⁴ Pismo określające zadania Dana Jørgensena, komisarza do spraw energii i mieszkalnictwa, 17 września 2024 r.

²¹⁵ Państwa członkowskie mają swobodę wyboru swojego koszyka energetycznego zgodnie z Traktatami.

²¹⁶ Analiza Komisji na podstawie danych Eurostatu, *Produkcja energii elektrycznej netto według rodzaju paliwa – dane miesięczne*, kod danych online: [nrg_cb_pem](#), ostatnia aktualizacja 28.01.2025 r.; ENTSO-E, *Statistical Factsheet 2023* [Arkusze danych statystycznych 2023], 2024; Biuro Analiz Parlamentu Europejskiego, *Strategic autonomy and the future of nuclear energy in the EU* [Autonomia strategiczna i przyszłość energii jądrowej w UE], 2024; SWD(2024) 63 final, część 1/5.

²¹⁷ W latach 80. XX wieku działało czterech europejskich producentów reaktorów: ABB (Szwecja/Szwajcaria), Framatome (Francja), Kraftwerk Union/Siemens (Niemcy) i National Nuclear Corp. (Zjednoczone Królestwo). Obecnie działa tylko Framatome. Agencja Energii Jądrowej, *Nuclear New build: Insights into Financing and Project Management* [Budowa nowych elektrowni jądrowych: Informacje na temat finansowania i zarządzania projektami], 2015.

²¹⁸ Analiza Komisji na podstawie danych z PRIS MAEA (31 grudnia 2023 r.). Framatome zakończyło budowę elektrowni jądrowej Olkiluoto 3 (Finlandia), która rozpoczęła działalność komercyjną w maju 2023 r.

²¹⁹ [Europejski sojusz przemysłowy na rzecz małych reaktorów modułowych](#), 2024.

²²⁰ Dane z PRIS MAEA (31 grudnia 2023 r.).

Osiągnięcie prognozowanych mocy w UE wymaga zwiększenia zdolności produkcyjnych²²¹. Ponadto należy zająć się problemem starzenia się siły roboczej w tym sektorze poprzez przyciąganie osób wchodzących na rynek pracy i przekwalifikowanie specjalistów z innych branż. Należy wspierać programy rozwoju umiejętności w dziedzinie jądrowej. Dywersyfikacja łańcucha dostaw paliwa jądrowego, usług cyklu paliwowego i części zamiennych musi być kontynuowana, aby zniwelować zależność od pojedynczych, niewiarygodnych partnerów, w szczególności od Rosji²²². Należy stale koncentrować się na utrzymaniu bezpieczeństwa jądrowego, zapewnieniu zróżnicowanych dostaw, bezpiecznym gospodarowaniu odpadami i rozwoju nowych technologii²²³. Jakikolwiek wykorzystanie energii jądrowej w przyszłości musi być uzależnione od przestrzegania najsurowszych norm bezpieczeństwa jądrowego, a także od bezpiecznego składowania wszystkich rodzajów odpadów jądrowych i wypalonego paliwa jądrowego.

3.13. Energia wodna

W 2023 r. światowe zdolności produkcyjne w zakresie energii wodnej wynosiły 1 416 GW²²⁴, a do około 2030 r. oczekuje się dodatkowej mocy rzędu 160 GW (z czego około 15–16 GW w Europie)²²⁵. Elektrownie szczytowo-pompowe są nadal najpowszechniejszą technologią magazynowania energii, stanowiąc ponad 90 % wszystkich magazynów energii na skalę sieciową na świecie i dysponując 46 GW zainstalowanej mocy pomp w UE²²⁶. Chociaż unijne przedsiębiorstwa prowadzą aktywną działalność w zakresie nowatorskich projektów w dziedzinie energii wodnej na całym świecie, w UE kładzie się znaczący nacisk na modernizację i odnawianie istniejących instalacji o mocy zainstalowanej wynoszącej około 153 GW²²⁷.

Unijny przemysł produkcji komponentów na potrzeby energii wodnej utrzymuje silną pozycję w 2024 r., co wskazuje na pozytywne perspektywy pod względem postępów w osiągnięciu poziomów referencyjnych określonych w akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie. Chociaż łańcuch dostaw UE jest dobrze rozwinięty, istnieje ryzyko przyszłej zależności od magnesów trwałych jako komponentu²²⁸. Wartość części i turbin wyprodukowanych w UE

²²¹ Ponadto zgodnie z analizami Agencji Dostaw Euratomu (ESA) do 2030 r. na globalnym Zachodzie wystąpi niedobór mocy wzbogacania rzędu 2 500 tSWU, a zachodnie reaktory, w scenariuszu stabilnego zapotrzebowania, będą miały deficyt mocy konwersji wynoszący około 6 000 tU rocznie. Agencja Dostaw Euratomu, *Sprawozdanie roczne Agencji Dostaw Euratomu*, 2022.

²²² Pięć państw członkowskich eksploatuje reaktory typu VVER. Dotychczas istniał tylko jeden dostawca usług paliwowych dla tych reaktorów – rosyjski, co stanowi zagrożenie dla bezpieczeństwa dostaw. W 2022 r. Komisja rozpoczęła konsultacje z państwami członkowskimi eksploatującymi reaktory VVER, aby przyspieszyć proces dywersyfikacji dostaw paliwa zgodnie z celami REPowerEU.

²²³ Pismo określające zadania Dana Jørgensena, komisarza do spraw energii i mieszkalnictwa, 17 września 2024 r.

²²⁴ Komisja Europejska, JRC, Quaranta, E., Georgakaki, A., Letout, S., Mountraki, A., Ince, E. i Gea Bermudez, J., CETO, *Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union* [Energia wodna i elektrownie szczytowo-pompowe w Unii Europejskiej], 2024.

²²⁵ IRENA, *The changing role of hydropower: Challenges and opportunities* [Zmieniająca się rola energii wodnej: wyzwania i możliwości], 2023; MAE, *Hydropower Special Market Report Analysis and forecast to 2030* [Raport specjalny na temat rynku energii wodnej: analiza i prognoza do 2030 r.], 2021.

²²⁶ CETO, *Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union* [Energia wodna i elektrownie szczytowo-pompowe w Unii Europejskiej], 2024.

²²⁷ Eurostat ([nrg_inf_epc](https://nrg-inf.epc)), dostęp 12.02.2025 r.

²²⁸ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, Schleker, T., Hicks, M., Cressida Howard, I., Ohrvik-Stott, J. i in., *Study on clean energy R&I opportunities to ensure European energy security by targeting challenges of distinct energy value chains for 2030 and beyond* [Badanie na temat możliwości w zakresie badań naukowych i innowacji dotyczących czystej energii w celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego Europy poprzez skierowanie uwagi na wyzwania związane z odrębnymi energetycznymi łańcuchami wartości na rok 2030 i kolejne lata], 2024.

wyniosła w 2023 r. 605 mln EUR, ale nadwyżka handlowa zmniejszyła się znacznie w ostatnich kilku latach do 213 mln EUR w 2023 r., podczas gdy w 2015 r. wartość szczytowa wyniosła 466 mln EUR. Znajduje to również odzwierciedlenie w udziale UE w światowym wywozie, który w latach 2021–2023 utrzymywał się jednak na wysokim poziomie 44 %²²⁹. Spadek wartości produkcji w ciągu ostatnich kilku lat pokazuje, że chociaż przemysł UE pozostaje konkurencyjny, stoi w obliczu rosnącej światowej konkurencji, ponieważ zwłaszcza Chiny rozwijają swoją pozycję w dziedzinie technologii energii wodnej²³⁰.

Chociaż unijny przemysł energii wodnej nadal odgrywa wiodącą rolę na świecie, można się spodziewać, że w perspektywie średnio- i długoterminowej będzie napotykał kolejne wyzwania. W związku z tym szczególnym problemem dla przemysłu UE jest mniejszy potencjał w zakresie nowych projektów dotyczących energii wodnej w Europie, gdzie znalezienie nowych lokalizacji dla zrównoważonych instalacji energii wodnej pozostaje poważnym wyzwaniem. Kolejnym wyzwaniem dla unijnej produkcji energii wodnej jest utrzymanie umiejętności w tym sektorze.

UE musi utrzymać wiodącą pozycję na świecie w dziedzinie energii wodnej, inwestując w badania naukowe i innowacje więcej niż światowi konkurenci oraz utrzymując swój rynek za pomocą nowych inwestycji. W szczególności istnieje niewykorzystany potencjał rozbudowy elektrowni szczytowo-pompowych, aby przyczynić się do zwiększenia elastyczności sieci, w tym poprzez modernizację istniejących elektrowni wodnych.

3.14. Zrównoważone paliwa alternatywne

Zrównoważone paliwa alternatywne, zdefiniowane w akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie, są paliwami zrównoważonymi i niskoemisyjnymi, które mają pomóc w redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorach lotniczym i morskim²³¹. UE zajmuje silną pozycję w dziedzinie tych technologii, ale konieczne będą dalsze działania, aby stworzyć konkurencyjną produkcję na masową skalę w UE. Ogólnie UE posiada obecnie przewagę technologiczną w zakresie produkcji: posiada większość obiektów komercyjnych na świecie i odgrywa istotną rolę w rozwoju nowatorskich i innowacyjnych technologii.

Paliwo z hydroprzetworzonych estrów i kwasów tłuszczowych (HEFA) jest obecnie jedyną w pełni komercyjną technologią paliw dla lotnictwa. Chociaż obecnie w UE nie ma istotnej produkcji zrównoważonych paliw lotniczych, istniejące zakłady produkcji hydorafinowanego oleju roślinnego (HVO) mogłyby zostać zmodernizowane do produkcji około 1,07 Mtoe zaawansowanych paliw HEFA rocznie. Stanowiłoby to ponad dwukrotność całkowitej produkcji zrównoważonych paliw lotniczych na świecie w 2023 r.²³² i mniej niż połowę popytu wynikającego z polityki UE. Przewiduje się, że do 2030 r. produkcja w UE z odpowiednich surowców z biomasy wzrośnie do 1,5 Mtoe rocznie. W przypadku zastosowań morskich UE aktualnie produkuje 0,1 Mtoe rocznie z surowców pochodzących z odpadów.

²²⁹ CETO, [Hydropower and Pumped Storage Hydropower in the European Union](#) [Energia wodna i elektrownie szczytowo-pompowe w Unii Europejskiej, 2024].

²³⁰ MAE, *Hydropower Special Market Report Analysis and forecast to 2030* [Raport specjalny na temat rynku energii wodnej: analiza i prognoza do 2030 r.], 2021.

²³¹ Dz.U. L, 2024/1735, 28.6.2024, art. 3, zgodnie z definicjami zawartymi w rozporządzeniu ReFuelEU Aviation i rozporządzeniu FuelEU Maritime. Niniejsza sekcja obejmuje wyłącznie biopaliwa i syntetyczne paliwa odnawialne pochodzenia niebiologicznego.

²³² IATA, [Roczny przegląd](#), 2024.

Przewiduje się wzrost do 2,1 Mtoe rocznie w 2030 r.²³³, co stanowi około połowę popytu wynikającego z polityki UE. W zapowiedzianych planach branżowych szacuje się, że do 2023 r. produkcja e-nafty osiągnie 1 129 Mtoe rocznie, natomiast produkcja e-metanolu i e-amoniaku wyniesie 1 464 Mtoe rocznie²³⁴. Stanowi to odpowiednio około 3 % i 4 % przewidywanego popytu w UE.

Spośród 28 obiektów komercyjnych (TRL 9) produkujących zrównoważone paliwa lotnicze na całym świecie 15 znajduje się w UE (z czego 14 to obiekty HEFA), a 6 w USA. W UE istnieje również 6 zakładów przedkomercyjnych (TRL 8) zajmujących się produkcją HEFA i zaawansowanych technologii, w porównaniu z 4 w USA. W odniesieniu do zastosowań morskich działają tylko 3 innowacyjne zakłady biometanu (TRL 8) (1 w UE)²³⁵. Świadczy to o obecnej konkurencyjności UE w rozwijającym się sektorze i potrzebę przyspieszenia komercjalizacji zaawansowanych technologii w celu jej utrzymania.

Nie występują krytyczne zależności w odniesieniu do technologii, ponieważ wiele podmiotów opracowujących technologie i producentów sprzętu znajduje się w UE, a ryzyko uzależnienia od materiałów krytycznych jest niskie²³⁶. W przypadku technologii zaawansowanych biopaliw nie istnieje krytyczna zależność od przywozu surowców. Natomiast w przypadku paliw odnawialnych pochodzenia niebiologicznego istnieje krytyczna zależność od państw spoza UE produkujących materiały katalityczne (kobalt, chrom, wanad i wolfram) oraz od dostępności energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, wodoru odnawialnego (zob. sekcja 3.8 dotycząca technologii wodorowych) oraz surowców CO₂.

Koszty produkcji różnią się w zależności od technologii i pozostają wyzwaniem, ponieważ technologie te nadal wymagają zwiększenia skali do poziomu komercyjnego. Koszt HEFA z surowców zaawansowanych wynosi 15–32 EUR/MWh, a w przypadku biometanolu otrzymanego w procesie zgazowania – 89–112 EUR/MWh²³⁷. Koszt paliw odnawialnych pochodzenia niebiologicznego zależy w dużej mierze od kosztu wodoru odnawialnego, energii elektrycznej i CO₂ i wynosi 90–180 EUR/MWh w przypadku zastosowań morskich, ale jest znacznie wyższy w przypadku e-nafty produkowanej z e-metanolu²³⁸.

Ceny SAF są obecnie 3–10 razy wyższe niż ceny paliwa konwencjonalnego, chociaż oczekuje się ich znacznego zmniejszenia wraz z rozwojem technologii produkcyjnych. Dalsze badania naukowe i innowacje mogłyby umożliwić znaczną obniżkę kosztów. Wraz z wdrożeniem demonstracyjnych i wczesnych komercyjnych instalacji w celu obniżenia kosztów inwestycyjnych i operacyjnych można osiągnąć redukcję całkowitych kosztów produkcji o 5–27 %²³⁹. Ponadto rynki i zakłady produkcyjne odnawialnych paliw drogowych, lotniczych

²³³ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) [Opracowanie perspektywy niezbędnych środków do budowy potencjału przemysłowego w zakresie zaawansowanych biopaliw typu „drop-in”], załącznik 3, 2024.

²³⁴ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) [Opracowanie perspektywy niezbędnych środków do budowy potencjału przemysłowego w zakresie zaawansowanych biopaliw typu „drop-in”], załącznik 4, 2024.

²³⁵ Zob. baza danych [Task 39, Biofuels to decarbonize transport](#) [Zadanie 39: biopaliwa na rzecz dekarbonizacji transportu].

²³⁶ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Study on energy technology dependence](#) [Badanie dotyczące zależności od technologii energetycznych], 2020.

²³⁷ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) [Opracowanie perspektywy niezbędnych środków do budowy potencjału przemysłowego w zakresie zaawansowanych biopaliw typu „drop-in”], załącznik 3, 2024.

²³⁸ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, [Development of outlook for the necessary means to build industrial capacity for drop-in advanced biofuels](#) [Opracowanie perspektywy niezbędnych środków do budowy potencjału przemysłowego w zakresie zaawansowanych biopaliw typu „drop-in”], załącznik 4, 2024.

²³⁹ IEA Bioenergy Technology Cooperation Programme (Program współpracy w dziedzinie technologii bioenergetycznych MAE), [Advanced Biofuels - Potential for Cost Reduction](#) [Zaawansowane biopaliwa – potencjał redukcji kosztów], 2020.

i żeglugowych mogłyby być rozwijane równolegle, aby tworzyć synergie we wszystkich sektorach transportu. Na przykład produkcja paliw lotniczych poprzez wiele ścieżek dotyczących zaawansowanych biopaliw tworzy rynek produktów ubocznych dla zielonego oleju napędowego (dla ciężarówek) i ropy ciężkiej (dla statków). Wykorzystanie wartości ekonomicznej produktów ubocznych może prowadzić do obniżenia kosztów paliwa pierwotnego. Synergia między zaawansowanymi biopaliwami a paliwami odnawialnymi pochodzenia niebiologicznego ma również kluczowe znaczenie dla wykorzystania zielonego wodoru, biogenicznego CO₂ i powiązanych technologii.

3.15. Technologie odzysku nadmiaru ciepła z procesów przemysłowych

Technologie odzyskiwania nadmiaru ciepła z procesów przemysłowych mają kluczowe znaczenie dla zwiększenia efektywności energetycznej w przemyśle²⁴⁰. Istnieje kilka technik w tym zakresie. Ogólnie rzecz biorąc, ciepło najpierw odzyskuje się (np. ze spalin) za pomocą wymienników ciepła. Następnie ciepło może być przekazane lokalnie do innego procesu (np. podgrzewania surowca), bezpośrednio lub za pomocą płynu, albo przeniesione do sieci ciepłowniczej. Można podwyższyć temperaturę odzyskanego ciepła (np. za pomocą pomp ciepła, zob. sekcja 3.6), aby wykorzystać je w wyższej temperaturze lub przekształcić je do celów chłodzenia. Ewentualnie ciepło można przekształcić w energię mechaniczną lub elektryczną.

W niniejszej sekcji skoncentrowano się na odzysku ciepła i przekształcaniu go w energię elektryczną za pomocą technologii opartej na obiegu Rankine'a, która wykorzystuje ciepło do rozprężenia płynu napędzającego turbinę i generator elektryczny. Zarówno organiczny (ORC), jak i parowy (SRC) obieg Rankine'a są dostępne na rynku i w ramach badań naukowych i innowacji w dalszym ciągu dąży się do usprawnienia ORC. Technologia cyklu nadkrytycznego CO₂ (sCO₂) może być bardziej wydajna i kompaktowa, ale nie jest jeszcze dojrzała.

W UE teoretyczny potencjał przemysłowego nadmiaru ciepła oszacowano na 920 TWh rocznie, co odpowiada potencjałowi Carnota wynoszącemu 279 TWh²⁴¹. Szacuje się, że elektrownie wykorzystujące organiczny obieg Rankine'a mogłyby przekształcić nadmiar energii z procesów przemysłowych w UE w 150 TWh energii elektrycznej rocznie²⁴².

Światowy rynek organicznego obiegu Rankine'a oszacowano na 750 mln EUR w 2023 r. i prognozuje się jego wzrost²⁴³. Technologię tę stosuje się głównie w dziedzinie energii geotermalnej (77 %), odzysku nadmiaru ciepła z procesów przemysłowych (11 %) i biomasy (10 %)²⁴⁴. Głównymi komponentami systemów opartych na organicznym i parowym obiegu Rankine'a są wymienniki ciepła, skraplacze, pompy zasilające i turbiny z generatorami.

²⁴⁰ Chociaż w literaturze tradycyjnie odnoszono się do odzysku „ciepła odpadowego” (ang. *waste heat*) z procesów przemysłowych, obecnie preferuje się termin „nadmiar ciepła” (ang. *excess heat*), ponieważ po odzyskaniu ciepło nie jest już marnowane.

²⁴¹ Bianchi, G., Panayiotou, G.P., Aresti, L. i in. „[Estimating the waste heat recovery in the European Union Industry](#)” [Oszacowanie odzysku ciepła odpadowego w przemyśle Unii Europejskiej]. *Energy, Ecology and Environment*, 2019.

²⁴² KCORC, [Thermal Energy Harvesting](#) [Odzyskiwanie energii cieplnej], 2025.

²⁴³ Grand View Research, [Organic Rankine Cycle Market Size & Trends](#) [Wielkość rynku organicznego obiegu Rankine'a i panujące na nim tendencje], 2024. Do obliczeń użyto średniego kursu 0,9239 EUR za 1 USD dla całego 2024 r. w oparciu o [EBC](#).

²⁴⁴ Wieland, C., Schiffelechner, C., Dawo, F., Astolfi, M., „[The organic Rankine cycle power systems market: Recent developments and future perspectives](#)” [Rynek systemów energetycznych opartych na organicznym obiegu Rankine'a: najnowsze osiągnięcia i perspektywy na przyszłość], *Applied Thermal Engineering*, 2023.

Stosowane materiały to stal, aluminium i płyny (organiczne), a także miedź i magnesy do generatora oraz inne komponenty elektroniki sterowniczej.

W Europie działa duża liczba producentów systemów opartych na organicznym obiegu Rankine'a i wprowadza się liczne innowacje w tej dziedzinie. Jedno przedsiębiorstwo z USA i dwa przedsiębiorstwa z UE przodują na światowym rynku organicznego obiegu Rankine'a i zajmują większość tego rynku (78 % w latach 2016–2020)²⁴⁵. Europa jest liderem w powiązanych działaniach badawczo-rozwojowych w zakresie organicznego obiegu Rankine'a²⁴⁶, choć zainteresowanie tą kwestią wzrosło na całym świecie, a liczba publikacji naukowych na temat organicznego obiegu Rankine'a zwiększyła się ponad dwukrotnie w porównaniu z latami 2014–2018 i w latach 2019–2023 było ich już 3 329. Spośród tych publikacji 523 wydano w UE, która uplasowała się za Chinami (860), ale przed Iranem (368), Zjednoczonym Królestwem (176) i USA (165)²⁴⁷.

Nadal istnieją pewne przeszkody we wdrażaniu obiegu Rankine'a i innych technologii odzysku ciepła, co utrudnia dalszy rozwój branży. Koszty początkowe i koszty utrzymania technologii odzysku ciepła, a także cena wytworzonej energii elektrycznej mogą być bardzo zróżnicowane, co skutkuje różnymi okresami zwrotu z inwestycji²⁴⁸. Ponadto przyszła dostępność dostaw ciepła może być niepewna ze względu na potencjalne zmiany w danym procesie przemysłowym (np. elektryfikacja).

Uwarunkowania specyficzne dla procesu i miejsca instalacji zwiększają nakład pracy wymagany do zaplanowania, zaprojektowania i zainstalowania systemów odzysku ciepła. Zarówno wdrażanie, jak i łańcuch dostaw systemów odzysku nadmiaru ciepła mogłyby zostać usprawnione dzięki bardziej znormalizowanym komponentom, które są projektowane w celu zaspokojenia potrzeb większości zakładów w danym podsektorze przemysłowym. Na szczeblu UE dalsza wymiana informacji między dostawcami technologii a sektorami użytkowników końcowych, potencjalnie w ramach strategicznego planu w dziedzinie technologii energetycznych, mogłaby przyczynić się do przyspieszenia wdrażania i wzmocnienia konkurencyjności UE.

4. WNIOSKI

Sektor technologii neutralnych emisyjnie stanowi dla UE istotną szansę gospodarczą i ma zasadnicze znaczenie dla transformacji energetycznej. Do 2035 r. światowy rynek kluczowych czystych technologii energetycznych może wzrosnąć niemal trzykrotnie i osiągnąć wartość około 1,9 bln EUR²⁴⁹. Przemysł UE może odegrać kluczową rolę w dostarczaniu tych technologii, w oparciu o wciąż silną bazę przemysłową oraz wyniki w zakresie badań naukowych i innowacji. Prawdopodobnie nie ma innej dziedziny technologii rozwijającej się równie dynamicznie, w której UE miałaby tak dobrą pozycję.

UE pozostaje jednym z największych światowych rynków technologii neutralnych emisyjnie. Odnawialne źródła energii są w UE wysoce konkurencyjne pod względem kosztów

²⁴⁵ Tamże.

²⁴⁶ KCORC, [Thermal Energy Harvesting](#) [Odzyskiwanie energii cieplnej], 2025.

²⁴⁷ Elsevier, baza danych Scopus, przy wykorzystaniu ciągu wyszukiwania „Organic AND Rankine AND Cycle AND Power”, 31.01.2025 r.

²⁴⁸ CE-Delft, [ORC Plants for Thermal Energy Harvesting](#) [Zakłady ORC do odzysku energii cieplnej], 2023.

²⁴⁹ MAE, *Energy Technology Perspectives* [Perspektywy rozwoju technologii energetycznych], 2024. Szacunki dotyczące globalnego rynku energii fotowoltaicznej, wiatrowej, pojazdów elektrycznych, baterii, elektrolizerów i pomp ciepła. Sprawozdanie odnosi się do kwoty 2 bln USD, przeliczonej na EUR na koniec 2024 r.

i osiągnęły rekordowe poziomy wdrożenia, zapewniając 48 % energii elektrycznej w UE w 2024 r. Jednocześnie ceny energii w UE są nadal znacznie wyższe niż w wielu innych dużych gospodarkach, w szczególności w USA i Chinach. Jest to strukturalny problem dla przemysłu UE, zwłaszcza dla sektorów energochłonnych, ale także dla konkurencyjności wielu producentów w unijnym sektorze technologii neutralnych emisyjnie. W miarę jak UE kontynuuje transformację energetyczną, zwiększa elektryfikację i odchodzi od zależności od paliw kopalnych, technologie neutralne emisyjnie staną się jeszcze bardziej istotne. To konkurencyjność producentów z UE rozstrzygnie, czy istotna część tej transformacji będzie realizowana w UE, czy też będzie importowana. Jest to kwestia nie tylko bezpieczeństwa dostaw, ale również dobrobytu i zatrudnienia.

UE nadal zajmuje dobrą pozycję w badaniach nad czystymi technologiami energetycznymi, ale wciąż pozostaje w tyle pod względem prywatnych inwestycji w badania naukowe i innowacje. W ramach programu „Horyzont Europa” nadal wspiera się badania naukowe i innowacje w dziedzinie czystych technologii energetycznych oraz ich konkurencyjność, w tym działania na rzecz pobudzenia inwestycji prywatnych za pośrednictwem partnerstw europejskich. Jednocześnie od dawna znane wyzwania związane z inwestycjami prywatnymi w badania naukowe i innowacje oraz zwiększaniem skali działalności przedsiębiorstw nadal hamują UE. W 2023 r. UE osiągnęła lepsze wyniki pod względem przyciągania kapitału wysokiego ryzyka do sektora czystych technologii energetycznych, ale wynikało to z ograniczonej liczby dużych transakcji. Jest to kluczowy czynnik wyjaśniający spadek kapitału wysokiego ryzyka w tym sektorze, jak pokazują wstępne dane za 2024 r. Podkreśla to również potrzebę kontynuowania przez UE działań na rzecz uruchomienia finansowania prywatnego umożliwiającego przedsiębiorstwom zwiększenie skali działalności.

W obliczu coraz większej konkurencji kosztowej UE jest zagrożona dalszą utratą pozycji pod względem konkurencyjności i produkcji. Chiny już teraz dominują w światowej produkcji fotowoltaiki i baterii i przewiduje się, że w nadchodzących latach znacznie zwiększą swoje zdolności produkcyjne w zakresie kolejnych czystych technologii energetycznych. Obecne problemy rozwijającego się przemysłu baterii w UE w zakresie zwiększania produkcji uwypuklają ogromne wyzwania związane z budowaniem zdolności produkcyjnych na dużą skalę dla technologii, w przypadku których baza i *know-how* w zakresie produkcji nie znajdują się już w Europie, pomimo znacznych inwestycji publicznych i prywatnych. Nadchodzące lata będą miały kluczowe znaczenie dla sprawdzenia, czy istniejąca wiedza fachowa w UE w zakresie badań naukowych i innowacji w dziedzinie energii słonecznej i baterii może pomóc w ożywieniu tych sektorów w UE, na przykład poprzez zbadanie rozwiązań wymagających mniej surowców krytycznych.

UE nadal zajmuje silną pozycję w produkcji kilku technologii neutralnych emisyjnie, w tym energii wiatrowej i pomp ciepła. Obie technologie będą nadal zyskiwać na znaczeniu na świecie, a szacunki wskazują na potencjalne niedobory mocy produkcyjnych w porównaniu z oczekiwanym globalnym popytem. Podczas gdy przemysł wiatrowy UE nadal utrzymuje dobrą pozycję, chińscy konkurenci zaczęli zdobywać rynki globalne, w których przedsiębiorstwa z UE straciły już udziały w ciągu ostatnich kilku lat. Rozwiązania w zakresie pomp ciepła odegrają kluczową rolę w zaspokajaniu w przyszłości potrzeb grzewczych zarówno gospodarstw domowych, jak i przemysłu. UE nadal zajmuje silną pozycję, ale sektor ten potrzebuje nowego impulsu. Aby wzmocnić unijne łańcuchy wartości, konieczne będzie dalsze wsparcie dla tych strategicznych gałęzi przemysłu.

Istnieją dalsze ugruntowane technologie, w których konkurencyjny przemysł UE wykazuje potencjał wzrostu. W UE istnieje dojrzały przemysł biogazu i biometanu.

Przedsiębiorstwa z siedzibą w UE mają również silną pozycję w zakresie dostaw komponentów sieci elektroenergetycznej, na które popyt globalny rośnie w miarę postępu elektryfikacji. W przyszłości sektor ten prawdopodobnie będzie jednak doświadczał dalszej presji konkurencyjnej. Podobnie jak wiele innych technologii neutralnych emisyjnie produkcja komponentów sieci wykazuje silną zależność od materiałów, takich jak miedź i stal do specjalnych zastosowań. Przemysł UE ma długą tradycję w zakresie energii wodnej, ale w ciągu ostatnich kilku lat tracił udział w rynku światowym. W UE istnieje również niewykorzystany potencjał w zakresie energii wodnej. Rozbudowa elektrowni szczytowo-pompowych, w tym poprzez modernizację istniejących obiektów, mogłaby przyczynić się do zwiększenia elastyczności sieci.

Ponadto istnieje kilka technologii, które wciąż się rozwijają i potrzebują dalszego wsparcia, aby wykazać swój potencjał komercyjny. Dotyczy to takich technologii jak technologie energii oceanicznej, małe reaktory modułowe, zrównoważone paliwa alternatywne oraz wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla. Technologie te wymagają ukierunkowanego wsparcia, aby zwiększyć ich rentowność handlową i wdrażać je na większą skalę.

Innowacje mają do odegrania kluczową rolę w zwiększaniu konkurencyjności UE, zarówno w zakresie wprowadzania na rynek nowych technologii, jak i ulepszenia istniejących rozwiązań. Badania naukowe i innowacje są potrzebne do zwiększenia efektywności i mogą umożliwić ograniczenie zależności od surowców krytycznych, takich jak lit w technologii baterii. Konieczne są również dalsze działania na rzecz zwiększenia obiegu zamkniętego i zrównoważoności, na przykład poprzez zajęcie się kwestią stosowania substancji PFAS w elektrolizerach. W miarę wzrostu globalnych inwestycji w technologie neutralne emisyjnie konieczne będą dalsze działania, aby UE utrzymała tempo w dziedzinie badań naukowych i innowacji. Jest to odzwierciedlone w niedawnym Kompasie konkurencyjności dla UE, który koncentruje się na eliminowaniu luki innowacyjnej. Niedawno wzmocniony strategiczny plan w dziedzinie technologii energetycznych ma do odegrania kluczową rolę w koordynowaniu i dostosowywaniu priorytetów badawczych, łącząc zainteresowane strony z sektora publicznego i prywatnego, oraz w zwiększaniu efektywności wydatków państw członkowskich na badania naukowe i innowacje, w tym w ramach partnerstwa na rzecz przejścia na czystą energię²⁵⁰.

Aby w pełni czerpać korzyści gospodarcze z globalnej transformacji energetycznej, UE musi zwiększyć swoje zdolności produkcyjne. Kluczowe znaczenie ma podejście oparte na łańcuchu wartości, uwzględniające cały łańcuch, począwszy od surowców, przez sektory energochłonne materiałów, aż po produkcję i instalację końcową. W nadchodzących latach niedobory wykwalifikowanej siły roboczej pozostaną kolejnym istotnym wyzwaniem, którym należy się zająć, aby zapewnić rozwój sektora.

Wdrożenie aktu w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie (NZIA) może odegrać kluczową rolę w zapewnianiu skoordynowanego wsparcia dla unijnej produkcji technologii neutralnych emisyjnie. Będzie to wymagało wykorzystania wszystkich narzędzi, które zapewnia, począwszy od zezwolenia na stosowanie kryteriów pozacenowych w postępowaniach o udzielenie zamówienia publicznego i w aukcjach. Platforma Europy Neutralnej Emisyjnie ma do odegrania istotną rolę w koordynowaniu polityki w UE i we współpracy z przemysłem. Po wejściu w życie NZIA niniejsze sprawozdanie z postępów w dziedzinie konkurencyjności zostało uznane za główne narzędzie monitorowania.

²⁵⁰ Aby uzyskać więcej informacji, zob.: [Partnerstwo na rzecz czystych technologii energetycznych](#).

W nadchodzących latach sprawozdanie będzie nadal służyć do celów uważnego śledzenia sytuacji w zakresie konkurencyjności UE pod względem technologii neutralnych emisyjnie oraz analizowania problemów związanych z wdrażaniem NZIA.

Poprzez przyjęcie Kompasów konkurencyjności dla UE, Paktu dla czystego przemysłu i Planu działania na rzecz przystępnej cenowo energii Komisja umieściła wzmocnienie konkurencyjności UE w centrum swoich planów na nadchodzące lata. Łącznie w tych trzech dokumentach przedstawiono kluczowe działania na rzecz rozwoju i wzmocnienia sektora technologii neutralnych emisyjnie. Obejmują one wspólny plan działania na rzecz dekarbonizacji i konkurencyjności przemysłu UE przewidziany w Pakcie dla czystego przemysłu oraz działania na rzecz poprawy dostępu do przystępnej cenowo energii określone w Planie działania na rzecz przystępnej cenowo energii.

W tym kontekście Komisja będzie nadal wspierać technologie neutralne emisyjnie, zarówno jako ważny sektor przemysłowy, jak i technologie wspomagające dekarbonizację całej gospodarki. Będzie to wymagało dalszych skoordynowanych działań na szczeblu unijnym i krajowym.