



Rada  
Unii Europejskiej

Bruksela, 17 listopada 2022 r.  
(OR. pl)

14916/22

ENER 605  
CLIMA 610  
RECH 604  
COMPET 915  
IND 483  
TRANS 719  
EMPL 435

**PISMO PRZEWODNIE**

---

Od: Sekretarz generalna Komisji Europejskiej (podpisała dyrektor Martine DEPREZ)

Data otrzymania: 15 listopada 2022 r.

Do: Thérèse BLANCHET, sekretarz generalna Rady Unii Europejskiej

---

Nr dok. Kom.: COM(2022) 643 final

---

Dotyczy: SPRAWOZDANIE KOMISJI DLA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY Postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych

---

Delegacje otrzymują w załączeniu dokument COM(2022) 643 final.

---

Zał.: COM(2022) 643 final



Bruksela, dnia 15.11.2022 r.  
COM(2022) 643 final

**SPRAWOZDANIE KOMISJI DLA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY**

**Postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych**

## Spis treści

1.	Wprowadzenie .....	1
2.	Ogólna konkurencyjność unijnego przemysłu czystej energii.....	3
<b>2.1</b>	<b>Ogólny zarys sytuacji: ostatnie wydarzenia</b>	3
2.1.1	<i>Ceny i koszty energii: najnowsze tendencje</i>	3
2.1.1	<i>Globalne łańcuchy dostaw zasobów i materiałów: słabości i zakłócenia</i>	6
2.1.2	<i>Wpływ COVID-19 i ożywienie</i>	8
2.1.3	<i>Kapitał ludzki i kwalifikacje</i>	10
<b>2.2</b>	<b>Tendencje w zakresie badań naukowych i innowacji</b>	14
<b>2.3</b>	<b>Sytuacja pod względem globalnej konkurencji w zakresie czystej energii</b>	17
<b>2.4</b>	<b>Sytuacja w zakresie finansowania innowacji w UE</b>	19
<b>2.5</b>	<b>Skutki zmian systemowych</b>	23
3.	Nacisk na kluczowe czyste technologie energetyczne i rozwiązania .....	25
<b>3.1.</b>	<b>Fotowoltaika</b>	25
<b>3.2.</b>	<b>Morska i lądowa energia wiatrowa</b>	28
<b>3.3.</b>	<b>Pompy ciepła do zastosowań w budynkach</b>	30
<b>3.4.</b>	<b>Baterie</b>	32
<b>3.5.</b>	<b>Produkcja wodoru odnawialnego w procesie elektrolizy wody</b>	34
<b>3.6.</b>	<b>Paliwa odnawialne</b>	37
<b>3.7.</b>	<b>Inteligentne technologie zarządzania energią</b>	39
<b>3.8.</b>	<b>Główne ustalenia dotyczące innych czystych technologii energetycznych</b>	43
4.	Wnioski.....	46
ZAŁĄCZNIK I Ramy metodyczne na potrzeby przeprowadzenia oceny konkurencyjności UE .....		50

## 1. WPROWADZENIE

Niczym niesprowokowana i nieuzasadniona agresja wojskowa Rosji wobec Ukrainy spowodowała poważne zakłócenia światowego systemu energetycznego. W jej wyniku dostrzeżono nadmierne uzależnienie UE od rosyjskich paliw kopalnych i zwrócono uwagę na potrzebę zwiększenia odporności unijnego systemu energetycznego, która została już zachwiana przez kryzys związany z COVID-19<sup>1</sup>. Rekordowo wysokie ceny energii i ryzyko niedoborów podaży w całej UE sprawiły, że jeszcze pilniejsze stało się przyspieszenie dwójakiej transformacji – ekologicznej i cyfrowej w ramach Europejskiego Zielonego Ładu<sup>2</sup> oraz zapewnienie bardziej bezpiecznego, korzystnego cenowo, odpornego i niezależnego systemu energetycznego.

W 2022 r. powstał plan REPowerEU<sup>3</sup>, który jest zasadniczym elementem reakcji politycznej UE na bezprecedensowy kryzys. REPowerEU jest planem działania mającym na celu jak najszybsze zmniejszenie zależności UE od importu energii z Rosji dzięki środkom w zakresie oszczędności energii, dywersyfikacji dostaw energii oraz przyspieszonemu upowszechnianiu energii odnawialnej.

Ponadto w komunikacie pt. „Oszczędzanie gazu na bezpieczną zimę”<sup>4</sup> Komisja przedstawiła plan zmniejszenia zużycia gazu w UE o 15 % do wiosny przyszłego roku. Rada przyjęła dwa rozporządzenia w sprawie, odpowiednio, magazynowania i skoordynowanych środków zmniejszających zapotrzebowanie na gaz<sup>5</sup>. We wrześniu 2022 r. Rada przyjęła wniosek Komisji dotyczący „rozporządzenia w sprawie interwencji w sytuacji nadzwyczajnej w celu rozwiązania problemu wysokich cen energii”<sup>6</sup>, aby złagodzić skutki wzrostu cen energii dla odbiorców w UE przy jednoczesnej reakcji na bezprecedensową zmienność i niepewność na unijnych i globalnych rynkach energii. Interwencja ta obejmuje w szczególności zmniejszenie zużycia energii elektrycznej, wprowadzenie pułapu dochodu z tytułu inframarginalnego wytwarzania energii oraz nałożenie tymczasowej, obowiązkowej składki solidarnościowej na przedsiębiorstwa z sektora paliw kopalnych.

Oprócz inwestycji niezbędnych już teraz w celu osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r. realizacja celów planu REPowerEU będzie wymagała dodatkowych łącznych inwestycji w wysokości 210 mld EUR od chwili obecnej do 2027 r.<sup>7</sup> Inwestycje te będą wspierać masowe zwiększanie skali i przyspieszanie wdrażania czystych technologii energetycznych (np. fotowoltaicznej energii słonecznej, energii wiatrowej, pomp ciepła, technologii energooszczędnych, biometanu i wodoru odnawialnego), co ma kluczowe znaczenie dla sprostania pilnej potrzebie związanej zarówno z energią, jak i klimatem.

---

<sup>1</sup> COM(2021) 952 final i SWD(2021) 307 final (postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych).

<sup>2</sup> COM(2019) 640 final („Europejski Zielony Ład”).

<sup>3</sup> COM(2022) 230 final („Plan REPowerEU”).

<sup>4</sup> COM(2022) 360 final („Oszczędzanie gazu na bezpieczną zimę”).

<sup>5</sup> Dz.U. L 173 z 30.6.2022. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2022/1032 z dnia 29 czerwca 2022 r. w sprawie zmiany rozporządzeń (UE) 2017/1938 i (WE) nr 715/2009 w odniesieniu do magazynowania gazu; Dz.U. L 206 z 8.8.2022. Rozporządzenie Rady (UE) 2022/1369 z dnia 5 sierpnia 2022 r. w sprawie skoordynowanych środków zmniejszających zapotrzebowanie na gaz.

<sup>6</sup> COM(2022) 473 final („Wniosek dotyczący rozporządzenia Rady w sprawie interwencji w sytuacji nadzwyczajnej w celu rozwiązania problemu wysokich cen energii”).

<sup>7</sup> COM(2021) 557 final (zmiana dyrektywy (UE) 2018/2001, rozporządzenia (UE) 2018/1999 i dyrektywy 98/70/WE w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych).

Przewyciężenie związanych z tym wyzwań technologicznych i nietechnologicznych będzie również wymagało silnego i konkurencyjnego sektora czystej energii w UE.

W planie REPowerEU potwierdzono zobowiązanie do osiągnięcia długoterminowego celu Europejskiego Zielonego Ładu, jakim jest osiągnięcie przez UE neutralności klimatycznej do 2050 r., oraz do pełnego wdrożenia pakietu „Gotowi na 55” przedstawionego w lipcu 2021 r.<sup>8</sup> Osiągnięcie celów Europejskiego Zielonego Ładu będzie wymagało od UE opracowania, wdrożenia i zwiększenia skali innowacyjnych rozwiązań w zakresie efektywności energetycznej i energii odnawialnej. Połowa oczekiwanej do 2050 r. redukcji emisji gazów cieplarnianych będzie wymagać technologii, które nie są jeszcze gotowe do wprowadzenia na rynek<sup>9</sup> – działania w zakresie badań naukowych i innowacji są więc kluczowym elementem zwiększania suwerenności technologicznej i globalnej konkurencyjności UE.

W tym kontekście i zgodnie z poprzednimi wydaniem w niniejszym trzecim sprawozdaniu rocznym z postępów w dziedzinie konkurencyjności<sup>10</sup> przedstawiono aktualną i przewidywaną sytuację w obszarze różnych czystych i niskoemisyjnych technologii i rozwiązań energetycznych<sup>11</sup>. Omówiono w nim także aspekty związane z badaniami naukowymi, innowacyjnością i konkurencyjnością unijnego czystego systemu energetycznego jako całości<sup>12</sup>.

Sprawozdanie z 2021 r. było ważne dla oceny ożywienia gospodarczego po pandemii COVID-19, ponieważ zwrócono w nim uwagę na to, jak poprawa konkurencyjności może złagodzić gospodarcze i społeczne skutki pandemii w krótkim i średnim okresie.

W tegorocznym sprawozdaniu należy uwzględnić wezwanie UE do wzmożonego upowszechniania czystych technologii energetycznych oraz wpływ kryzysu energetycznego na ten sektor. W tym kontekście w sprawozdaniu wykorzystano dostępne dane, by określić sposoby zwiększenia konkurencyjności UE w strategicznych łańcuchach wartości w dziedzinie energii, przy jednoczesnym zwiększeniu stopnia wykorzystania unijnych czystych technologii energetycznych. Jednocześnie zachodzące dynamiczne zmiany w zakresie geopolityki, energii i klimatu powodują, że najbardziej aktualne dane ilościowe nie zawsze są w stanie właściwie zobrazować zaistniałą bezprecedensową sytuację. Dlatego też w niniejszym sprawozdaniu skupiono się na postępach poczynionych do końca 2021 r.,

---

<sup>8</sup> COM(2021) 550 final („»Gotowi na 55«: osiągnięcie unijnego celu klimatycznego na 2030 r. w drodze do neutralności klimatycznej”).

<sup>9</sup> Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, „Research and innovation to REPower the EU” [„Badania naukowe i innowacje na rzecz wzmocnienia pozycji energetycznej UE”], Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/74947>

<sup>10</sup> Sprawozdanie Komisji dla Parlamentu Europejskiego i Rady z postępów w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych (wydanie pierwsze: COM(2020) 953 final; wydanie drugie: COM(2021) 952 final).

<sup>11</sup> Należą do nich: fotowoltaika, morska i lądowa energia wiatrowa, pompy ciepła do zastosowań w budynkach, baterie, produkcja wodoru odnawialnego w drodze elektrolizy wody, paliwa odnawialne, inteligentne technologie zarządzania energią, energia wodna, energia oceaniczna, energia geotermalna, wychwytywanie, składowanie i utylizacja dwutlenku węgla, bioenergia, koncentrowanie energii słonecznej, energia jądrowa.

<sup>12</sup> W niniejszym sprawozdaniu czysty system energetyczny obejmuje trzy segmenty rynku:

- 1) energię odnawialną, w tym produkcję, instalację i wytwarzanie;
- 2) efektywność energetyczną i systemy zarządzania energią, które obejmują technologie i działania takie jak inteligentne liczniki, inteligentne sieci energetyczne, magazynowanie i renowację budynków; oraz
- 3) elektromobilność, która obejmuje komponenty takie jak baterie i ogniwa paliwowe niezbędne dla pojazdów elektrycznych oraz infrastruktury ładowania.

posługując się skonsolidowanymi danymi dostępnymi dla tego okresu. Nowsze dane zostały wskazane, jeśli były dostępne i wiarygodne. Są one jednak niewystarczające i dlatego nie odzwierciedlają jeszcze w pełni wpływu obecnego kryzysu energetycznego na konkurencyjność czystych technologii energetycznych. W miarę możliwości oraz w celu uwzględnienia aktualnych wyzwań stojących przed sektorem czystej energii i ich skutków dla tego sektora w analizie wykorzystano już widoczne konsekwencje i oceny jakościowe dotyczące roku 2022, choć pełny wymiar skutków będzie można ocenić dopiero w przyszlórocznym sprawozdaniu z postępów.

Konkurencyjność jest pojęciem złożonym i wieloaspektowym, którego nie można zdefiniować za pomocą jednego wskaźnika<sup>13</sup>. W niniejszym sprawozdaniu oceniono zatem konkurencyjność unijnego czystego systemu energetycznego jako całości (sekcja 2) oraz poszczególnych czystych technologii i rozwiązań energetycznych (sekcja 3) poprzez analizę określonego zestawu wskaźników (załącznik I). Od tego roku działające przy Komisji Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych (CETO) będzie przeprowadzać szczegółową, opartą na faktach analizę stanowiącą podstawę kolejnych wydań sprawozdania<sup>14</sup>.

Niniejsze sprawozdanie zostaje opublikowane zgodnie z art. 35 ust. 1 lit. m) rozporządzenia w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu<sup>15</sup> i stanowi uzupełnienie sprawozdania na temat stanu unii energetycznej<sup>16</sup>.

## **2. OGÓLNA KONKURENCYJNOŚĆ UNIJNEGO PRZEMYSŁU CZYSTEJ ENERGII**

### **2.1 Ogólny zarys sytuacji: ostatnie wydarzenia**

#### *2.1.1 Ceny i koszty energii: najnowsze tendencje*

Jak stwierdzono w poprzednich sprawozdaniach z postępów w dziedzinie konkurencyjności, w ciągu ostatniej dekady ceny energii elektrycznej i gazu w przemyśle były wyższe w UE niż w większości krajów grupy G-20 nienależących do UE. Niczym niesprowokowana i nieuzasadniona agresja wojskowa Rosji wobec Ukrainy spowodowała wzrost i tak już rekordowo wysokich cen obserwowanych w 2021 r. w UE i wielu innych regionach świata. Hurtowe ceny gazu w Europie były w pierwszym kwartale 2022 r. pięciokrotnie wyższe niż rok wcześniej, a w sierpniu 2022 r. osiągnęły historycznie wysoki pułap, po czym spadły do niższych poziomów. Ze względu na to, że elektrownie gazowe często kształtują ceny na rynkach europejskich, przełożyło się to na podobną tendencję w zakresie hurtowych cen energii elektrycznej<sup>17</sup>. Ceny gazu i energii elektrycznej wpłynęły również na koszty produkcji w niektórych sektorach, w szczególności w sektorach energochłonnych. Rosną również ceny

<sup>13</sup> Na podstawie konkluzji Rady ds. Konkurencyjności z dnia 28 lipca 2020 r.

<sup>14</sup> [https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto\\_en](https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en)

<sup>15</sup> Dz.U. L 328 z 21.12.2018. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu.

<sup>16</sup> COM(2022) 547 final („Sprawozdanie na temat stanu unii energetycznej na 2022 r.”).

<sup>17</sup> Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Energii, Centrum Monitorowania Rynku Energii, „Kwartalne sprawozdanie na temat europejskich rynków gazu”, tom 15.

towarów. Zaktualizowane dane ilościowe i analiza zostaną przedstawione w piątym sprawozdaniu na temat cen i kosztów energii<sup>18</sup>, które ma zostać przyjęte pod koniec 2022 r.

Od 2021 r. UE i państwa członkowskie wprowadziły już kilka środków zmierzających do złagodzenia skutków wysokich cen energii<sup>19</sup>. Wniosek Komisji dotyczący rozporządzenia w sprawie interwencji w sytuacji nadzwyczajnej w celu rozwiązania problemu wysokich cen energii, przyjęty przez Radę we wrześniu 2022 r., zawiera narzędzia pozwalające na zmniejszenie zużycia gazu do produkcji energii o około 4 % w okresie zimowym, co zmniejszy presję na wzrost cen, oraz propozycję zebrania ponad 140 mld EUR dla państw członkowskich, aby pomóc złagodzić skutki wysokich cen energii dla konsumentów<sup>20</sup>.

Chociaż wpływ tej tendencji na łańcuch wartości czystych technologii energetycznych jest niejednoznaczny, może on wskazywać na poprawę ich konkurencyjności, w szczególności w porównaniu z alternatywnymi nieodnawialnymi źródłami energii<sup>21</sup>. Na przykład w coraz większej liczbie krajów wytwarzanie energii elektrycznej z wykorzystaniem ogniw fotowoltaicznych jest już najtańszym źródłem energii. W produkcji wodoru odnawialnego w drodze elektrolizy wody koszt energii elektrycznej jest jednak jednym z głównych czynników wpływających na efektywność ekonomiczną elektrolizerów.

Wykres 1 przedstawiono więcej informacji na temat kosztów czystych technologii energetycznych. Zawiera on zestawienie obliczeń łącznych uśrednionych kosztów wytworzenia energii na 2021 r. w odniesieniu do różnych reprezentatywnych warunków<sup>22</sup> w całej UE. Wyniki wskazują, że w 2021 r. floty technologiczne o niskich kosztach zmiennych (w tym zmiennych kosztach operacyjnych i kosztach paliwa) były wysoce konkurencyjne kosztowo. Stwierdzenie to jest najbardziej uzasadnione w odniesieniu do wytwarzania energii elektrycznej przy użyciu energii słonecznej i wiatrowej – w przypadku tych technologii łączne uśrednione koszty wytworzenia energii mieszczą się w przedziale 40–60 EUR/MWh. Z wykresu wynika ponadto, że w 2021 r. turbiny gazowe w cyklu kombinowanym były przeciętnie bardziej konkurencyjne niż elektrownie węglowe. Turbiny gazowe w cyklu kombinowanym korzystały z mechanizmu preferowanego wykorzystywania w pierwszych trzech kwartałach 2021 r., natomiast przestawienie się na inne paliwo zyskało na znaczeniu dopiero w czwartym kwartale 2021 r. Pozwoliło to na uzyskanie przez turbiny gazowe w cyklu kombinowanym znacznie wyższych współczynników wykorzystania mocy w 2021 r.<sup>23</sup> W pierwszym kwartale 2022 r. wzrost cen gazu nadal przyczyniał się do przechodzenia z gazu na węgiel, pomimo wzrostu opłat za emisję gazów cieplarnianych. Na początku drugiego kwartału 2022 r. wysokie ceny węgla zaczęły jednak niwelować tę

---

<sup>18</sup> Poprzednie wydanie z 2020 r.: COM(2020) 951 final („Ceny i koszty energii w Europie”).

<sup>19</sup> Do środków tych należą: komunikat Komisji COM(2021) 660 final („Reakcja na rosnące ceny energii: zestaw działań i środków wsparcia”) i komunikat Komisji COM(2022) 138 final („Bezpieczeństwo dostaw i przystępne ceny energii”).

<sup>20</sup> COM(2022) 473 final („Wniosek dotyczący rozporządzenia Rady w sprawie interwencji w sytuacji nadzwyczajnej w celu rozwiązania problemu wysokich cen energii”).

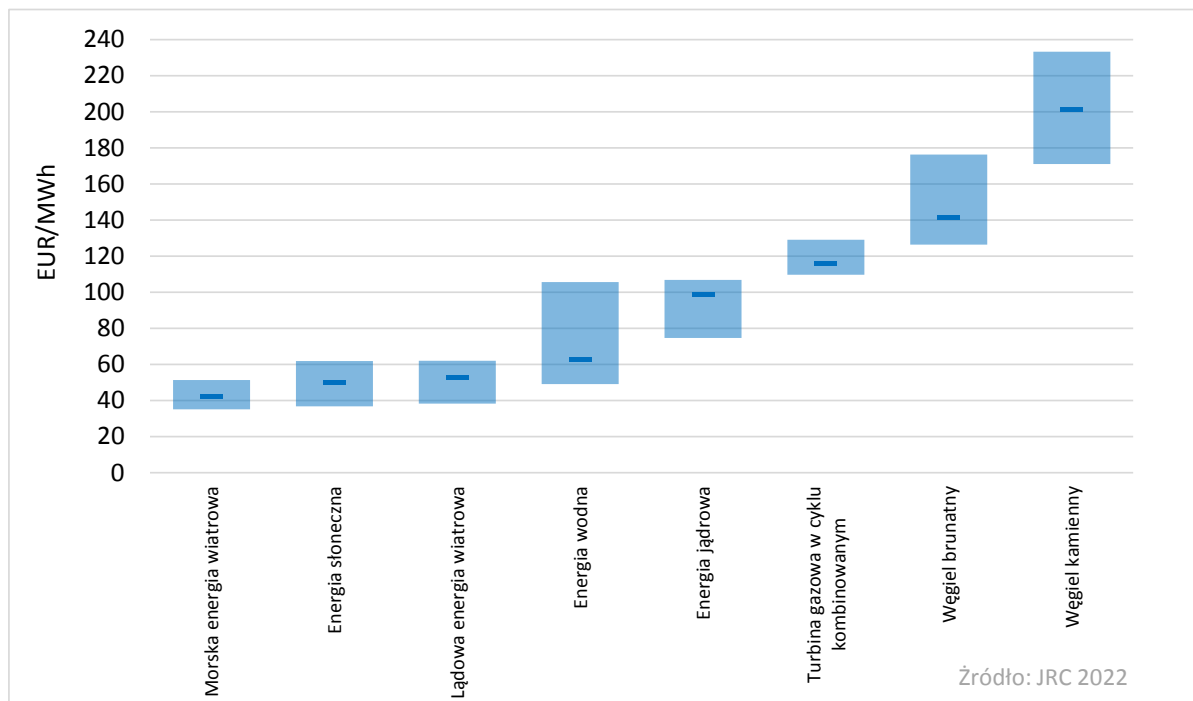
<sup>21</sup> Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej (IRENA), [World Energy Transitions Outlook 2022:1.5 °C Pathway](#) [„Perspektywa globalnych transformacji energetycznych w 2022 r.: ścieżka do 1,5 °C”], Abu Zabi.

<sup>22</sup> Punkty danych przedstawiono w odniesieniu do pierwszego do trzeciego rozstępu międzykwartyłowego w celu odfiltrowania wartości oddalonych.

<sup>23</sup> Modelowane współczynniki wykorzystania mocy mogą w pewnym stopniu zawyżać rzeczywiste znaczenie przestawienia się na inne paliwo, a tym samym różnice we współczynnikach wykorzystania mocy (zob. pkt 2.1 w Kanellopoulos, K., De Felice, M., Busch, S. i Kooleen, D., [Simulating the electricity price hike in 2021](#) [„Symulacja wzrostu cen energii elektrycznej w 2021 r.”], JRC127862, EUR 30965 EN, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2022).

różnicę, a ostatnie zapowiedzi niektórych państw członkowskich dotyczące tymczasowego zwiększenia wykorzystania elektrowni węglowych dają podstawy do oczekiwań, że w najbliższych miesiącach ceny węgla będą dalej rosły.

Wykres 1: Zestawienie łącznych uśrednionych kosztów wytworzenia energii elektrycznej przez różne floty technologiczne w 2021 r. Jasnoniebieskie słupki pokazują rozpiętość w obrębie UE-27. Grube niebieskie kreski oznaczają medianę.



Źródło: symulacja modelu METIS opracowana przez Wspólne Centrum Badawcze, 2022<sup>24</sup>.

Bardzo wysokie ceny energii wygenerowały duże zyski finansowe dla producentów energii elektrycznej o niższych kosztach krańcowych (np. działających w sektorze energii wiatrowej i słonecznej). Komisja przedstawiła zatem wniosek dotyczący rozporządzenia w sprawie interwencji w sytuacji nadzwyczajnej w celu rozwiązania problemu wysokich cen energii<sup>25</sup>, który został uzgodniony na szczeblu politycznym na nadzwyczajnym posiedzeniu Rady ds. Energii, które odbyło się w dniu 30 września. W rozporządzeniu tym przewidziano tymczasowe ograniczenie i redystrybucję dochodów osiągniętych z technologii inframarginalnych w celu złagodzenia trudności dla odbiorców energii i ogółu społeczeństwa. Obejmuje ono również obowiązkową tymczasową składkę solidarnościową mającą zastosowanie do zysku przedsiębiorstw działających w sektorze ropy naftowej, gazu ziemnego, węgla i rafinerii, który w porównaniu z poprzednimi latami znacznie wzrósł. Obecny kryzys energetyczny/w zakresie paliw kopalnych jest kolejnym przypomnieniem o konieczności zmiany paradygmatu, która pozwoli nam zapewnić sobie stabilność w przyszłości.

<sup>24</sup> JRC127862 Kanellopoulos, K., De Felice, M., Busch, S. i Koolen, D., Simulating the electricity price hike in 2021 [„Symulacja wzrostu cen energii elektrycznej w 2021 r.”], EUR 30965 EN, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2022.

<sup>25</sup> COM(2022) 473 final („Wniosek dotyczący rozporządzenia Rady w sprawie interwencji w sytuacji nadzwyczajnej w celu rozwiązania problemu wysokich cen energii”).

W planie REPowerEU wzywa się do zdecydowanego zwiększenia skali i tempa stosowania energii odnawialnej w sektorze wytwarzania energii elektrycznej, przemyśle, budynkach i transporcie – nie tylko w celu przyspieszenia osiągnięcia niezależności energetycznej UE i nadania impulsu transformacji ekologicznej, ale także w celu stopniowego obniżenia cen energii elektrycznej i zmniejszenia przywozu paliw kopalnych<sup>26</sup>. Środki będą obejmować zwiększenie udziału energii odnawialnej, co będzie wymagać zapewnienia odpowiedniej infrastruktury elektroenergetycznej. Aby osiągnąć cele planu REPowerEU, wdrażanie energii odnawialnej musi być połączone ze środkami na rzecz energooszczędności i efektywności energetycznej<sup>27</sup>.

### *2.1.1 Globalne łańcuchy dostaw zasobów i materiałów: słabości i zakłócenia*

Zarówno pandemia COVID-19, jak i obecny kontekst geopolityczny przyczyniły się do powstania obaw o niezawodność istniejących łańcuchów dostaw, w szczególności dostaw gazu ziemnego, a także doprowadziły do zakłóceń w niektórych światowych łańcuchach dostaw materiałów i zasobów, a tym samym wpłynęły na sektor czystej energii. UE jest w dużym stopniu uzależniona od dostaw z państw trzecich, a siłą napędową dwójakiej transformacji – ekologicznej i cyfrowej będzie dostęp do surowców. Najnowsze tendencje w globalnych łańcuchach dostaw materiałów i zasobów uwiarydliły pilną potrzebę wzmocnienia odporności UE i bezpieczeństwa dostaw energii poprzez zapewnienie niezależności w zakresie materiałów i zasobów oraz suwerenności technologicznej.

Dostępność materiałów i odporność łańcuchów dostaw jest warunkiem wstępnym realizacji planu REPowerEU, ponieważ zwiększony popyt na czyste technologie idzie w parze z większym popytem na zasoby takie jak metale i minerały. Do technologii, które w dużym stopniu korzystają z importowanych surowców lub komponentów zawierających te materiały, należą: generowanie energii wiatrowej (magnesy stałe, metale ziem rzadkich), fotowoltaika (srebro, german, gal, ind, kadm, krzem metaliczny) oraz baterie (kobalt, lit, grafit, mangan, nikiel)<sup>28</sup>. Międzynarodowa Agencja Energetyczna (MAE) prognozuje, że w związku z zapowiadaniem upowszechnieniem odnawialnych źródeł energii całkowity światowy popyt na surowce mineralne do 2040 r. wzrośnie dwu-, a nawet czterokrotnie<sup>29</sup>.

Gwałtowny wzrost cen surowców wpływa na koszty czystych technologii energetycznych. Ceny surowców niezbędnych do rozwoju tych technologii, takich jak lit i kobalt, wzrosły w 2021 r. ponad dwukrotnie, natomiast ceny miedzi i aluminium wzrosły o około 25 % do 40 %<sup>30</sup>. W tym samym roku odwróciła się utrzymująca się przez dziesięciolecia tendencja spadku kosztów turbin wiatrowych i modułów fotowoltaicznych: w stosunku do 2020 r. ich

<sup>26</sup> Zob. sekcja 3, s. 6 – COM(2022) 230 final („Plan REPowerEU”).

<sup>27</sup> COM(2022) 360 final („Oszczędzanie gazu na bezpieczną zimę”).

<sup>28</sup> Komisja Europejska, „Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU – A Foresight Study” [„Surowce krytyczne dla strategicznych technologii i sektorów w UE – badanie perspektywiczne”], 2020, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42882>

<sup>29</sup> Międzynarodowa Agencja Energetyczna, [The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions](#) [„Rola minerałów krytycznych w przejściu na czystą energię”], wersja zmieniona w maju 2022 r.

<sup>30</sup> Kim, T., [Critical minerals threaten a decades-long trend of cost declines for clean energy technologies](#) [„Minerały krytyczne zagrażają trwającej od dziesięcioleci tendencji spadku kosztów czystych technologii energetycznych”], strona internetowa MAE, maj 2022 r.

ceny wzrosły odpowiednio o 9 % i 16 %. Zestawy baterii będą w 2022 r. co najmniej o 15 % droższe niż w 2021 r.<sup>31</sup>.

Nowym wyzwaniem staje się to, aby uniknąć zastąpienia zależności od paliw kopalnych zależnością od importowanych surowców i technologicznej wiedzy fachowej w zakresie ich przetwarzania i wytwarzania komponentów. Na przykład Chiny mają praktycznie monopol na wydobycie i przetwarzanie metali ziem rzadkich, które są kluczowe dla czystych technologii energetycznych, co łączy się z silną pozycją rynkową w łańcuchu produkcji tych technologii.

Na wyzwanie związane z zależnością od zasobów składają się trzy elementy. Po pierwsze, UE stoi w obliczu zwiększonej konkurencji pod względem dostępu do surowców krytycznych, ponieważ inne kraje intensyfikują działania na rzecz budowy własnego potencjału i potencjalnie ograniczają eksport. Połowa z 30 surowców krytycznych wskazanych przez UE<sup>32</sup> jest importowana w ponad 80 %, co budzi szczególne zaniepokojenie, gdy podaż koncentruje się w bardzo niewielu krajach.

Po drugie, pomimo znacznych postępów w zakresie gospodarki o obiegu zamkniętym i współczynników recyklingu (recyklingowi poddawanych jest obecnie ponad 50 % niektórych metali<sup>33</sup>, co stanowi ponad 25 % ich zużycia<sup>34</sup>), same surowce wtórne nie wystarczą do zaspokojenia wysokiego – i wciąż rosnącego – popytu. Surowce wtórne niosą ze sobą również dodatkowe wyzwania (np. wyższe koszty recyklingu niektórych materiałów, techniczna wykonalność i niewystarczająca dostępność zespołów, których okres przydatności do użycia dobiegł końca). Jednak ekonomika recyklingu będzie się poprawiać w miarę wzrostu kosztów surowców pierwotnych i ilości dostępnych zespołów, których okres przydatności do użycia dobiegł końca. Surowce wtórne będą zatem ważnym źródłem podaży po 2030 r. – pod warunkiem, że już teraz rozpoczną się niezbędne inwestycje. Bardzo ważne jest również innowacyjne podejście do kwestii związanych ze zdolnością do recyklingu.

Po trzecie, teoretycznie możliwe jest pokrycie 5–55 % zapotrzebowania Europy w 2030 r. przez wydobycie surowców z gleb w UE<sup>35</sup>. Rozwój unijnego potencjału wydobywczego napotyka jednak na przeszkody związane z długimi procedurami wydawania zezwoleń i kwestiami ekologii, niewystarczającą mocą przerobową rafinerii oraz brakiem pracowników z odpowiednimi umiejętnościami i wiedzy fachowej. Nowy wniosek dotyczący rozporządzenia w sprawie baterii<sup>36</sup> jest przykładem inicjatywy przewodniej, która pomoże

---

<sup>31</sup> MAE, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions [„Rola minerałów krytycznych w przejściu na czystą energię”], wersja zmieniona z maja 2022 r.

<sup>32</sup> COM(2020) 474 final, „Odporność w zakresie surowców krytycznych: wytyczanie drogi do większego bezpieczeństwa i bardziej zrównoważonego rozwoju”.

<sup>33</sup> Takich jak żelazo, cynk czy platyna.

<sup>34</sup> Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Energii: Guevara Opińska, L., Gérard, F., Hoogland, O. i in., „Study on the resilience of critical supply chains for energy security and clean energy transition during and after the COVID-19 crisis: final report” [„Badanie dotyczące odporności łańcuchów dostaw o krytycznym znaczeniu dla bezpieczeństwa energetycznego i transformacji w kierunku czystej energii w trakcie kryzysu związanego z COVID-19 i po nim: sprawozdanie końcowe”], Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2021 r., <https://data.europa.eu/doi/10.2833/946002>

<sup>35</sup> KU Leuven, „Metals for Clean Energy: Pathways to solving Europe’s raw materials challenge” [„Metale dla czystej energii: sposoby rozwiązania problemu surowców krytycznych w Europie”], 2022.

<sup>36</sup> COM(2020) 798 final („Wniosek dotyczący rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie baterii i zużytych baterii, uchylające dyrektywę 2006/66/WE i zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/1020”).

Europie stać się liderem w gospodarce o obiegu zamkniętym w odniesieniu do baterii – począwszy od zrównoważonego wydobycia, a skończywszy na recyklingu.

Niedobór zasobów takich jak grunty i woda – zarówno w przypadku lokalizacji instalacji solarnych, wiatrowych lub bioenergetycznych, jak i elektrolizy wody w celu produkcji wodoru odnawialnego – mogłby ograniczyć dalsze wdrażanie czystych technologii energetycznych na pożądanym poziomie w UE. W przewyżczeniu tych ograniczeń może pomóc wspieranie wielorakiego wykorzystania przestrzeni, takiego jak agrofotowoltaika (połączenie rolnictwa i produkcji energii fotowoltaicznej) oraz wyznaczanie w morskim planowaniu przestrzennym obszarów do jednoczesnego prowadzenia różnych rodzajów działalności, np. rybołówstwa i energii z morskich źródeł odnawialnych. Jednocześnie ogromne znaczenie dla państw członkowskich przy projektowaniu koszyka energetycznego ma uwzględnienie dostępności wody.

Efektywne podejście do zależności UE od przywozu surowców niezbędnych do tworzenia czystych technologii energetycznych będzie miało fundamentalne znaczenie dla zapewnienia konkurencyjności sektora w przyszłości (pod względem kosztów, suwerenności technologicznej i odporności) oraz dla realizacji dwojakiej transformacji – ekologicznej i cyfrowej. W 2020 r. Komisja opublikowała plan działania<sup>37</sup> na rzecz zmniejszenia ryzyka dostaw. Przewidziano w nim działania mające na celu dywersyfikację źródeł dostaw spoza UE (np. poprzez strategiczne partnerstwa surowcowe); wspieranie gospodarki o obiegu zamkniętym (np. poprzez ekoprojekty, badania naukowe i innowacje lub określanie dostępności surowców krytycznych w górnictwie miejskim lub w odpadach przerobczych); oraz umożliwienie wykorzystania wewnętrznego potencjału Europy (np. przy użyciu technologii obserwacji Ziemi). Oprócz zabezpieczenia dostaw UE prawdopodobnie będzie także musiała stworzyć rezerwy strategiczne w obszarach, w których dostawy są zagrożone. W orędziu o stanie Unii wygłoszonym 14 września 2022 r. przewodnicząca Komisji Europejskiej zapowiedziała więc europejski akt w sprawie surowców krytycznych.

### *2.1.2 Wpływ COVID-19 i ożywienie*

Różnorodne skutki gospodarcze COVID-19 stanowiły główne zagrożenie dla unijnego sektora czystej energii w latach 2020–2021.

Z jednej strony w 2020 r. unijny przemysł energii odnawialnej osiągnął obroty w wysokości 163 mld EUR i wartość dodaną brutto w wysokości 70 mld EUR, co oznacza wzrost odpowiednio o 9 % i 8 % w porównaniu z danymi z 2019 r. Ogółem wytworzył on około cztery razy więcej wartości dodanej na jedno euro obrotu<sup>38</sup> niż przemysł paliw kopalnych i prawie 70 % więcej niż cały przemysł wytwórczy UE<sup>39</sup>. W 2020 r. wskaźnik ten uległ jednak nieznacznemu pogorszeniu, co wskazuje na większą nieszczelność (np. w postaci importu).

<sup>37</sup> COM(2020) 474 final („Odporność w zakresie surowców krytycznych: wytyczanie drogi do większego bezpieczeństwa i bardziej zrównoważonego rozwoju”).

<sup>38</sup> Wartość dodana brutto przemysłu paliw kopalnych na jedno euro obrotu wynosi niespełna 0,10 EUR (statystyki strukturalne Eurostatu dotyczące przedsiębiorstw).

<sup>39</sup> Stosunek wartości dodanej brutto do obrotu dla przemysłu wytwórczego (NACE C) w UE wynosi około 0,25 EUR (dane Eurostatu SBS\_NA\_IND\_R2).

W 2021 r. unijna produkcja<sup>40</sup> większości czystych technologii i rozwiązań energetycznych znacznie wzrosła, powodując odwrócenie trendu zaobserwowanego w 2020 r. Produkcja baterii w UE była w tym roku rekordowa – wartość produkcji wzrosła czterokrotnie w porównaniu z wartościami z 2020 r., ponieważ uruchomiono więcej mocy produkcyjnych. Produkcja pomp ciepła, turbin wiatrowych i ogniw fotowoltaicznych wzrosła w 2021 r. o 30 % (pompy ciepła odnotowały rekordowy rok; energia wiatrowa wróciła do poziomu sprzed pandemii; a w obszarze energii fotowoltaicznej nastąpiło odwrócenie tendencji spadkowej widocznej od 2011 r.). Produkcja biopaliw, głównie biodiesła, wzrosła o 40 % i zwiększyła się znacznie w wielu państwach członkowskich, natomiast produkcja bioenergii (np. pelet, pozostałości z produkcji skrobi i zrzębki) wzrosła o 5 %. Produkcja wodoru<sup>41</sup> wzrosła o prawie 50 %, ponieważ w 2021 r. Niderlandy zwiększyły swoją produkcję ponad dwukrotnie.

Jednoczesny wzrost cen, który rozpoczął się w 2021 r., może jednak dawać nadmiernie optymistyczny obraz wzrostu produkcji. Ponadto w przypadku niektórych technologii odnotowano wzrost importu w celu zaspokojenia rosnącego popytu w UE. Na przykład rok 2021 był rokiem o największym względnym wzroście deficytu handlowego UE w zakresie pomp ciepła (390 mln EUR w 2021 r. w porównaniu z 40 mln EUR w 2020 r., przy czym rok 2020 był pierwszym rokiem, który UE zakończyła deficytem, a nie nadwyżką), a także biopaliw (2,3 mld EUR w 2021 r.; 1,4 mld EUR w 2020 r.) i ogniw fotowoltaicznych (9,2 mld EUR w 2021 r.; 6,1 mld EUR w 2020 r.). Mimo to UE utrzymała dodatni bilans handlowy w zakresie technologii energii wiatrowej (2,6 mld EUR w 2021 r.; 2 mld EUR w 2020 r.) i technologii energii wodnej, pomimo tendencji spadkowej obserwowanej od 2015 r. (211 mln EUR w 2021 r.; 232 mln EUR w 2020 r.).

Instrumenty unijnej polityki ożywienia gospodarczego, takie jak Instrument na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności w ramach NextGenerationEU<sup>42</sup>, są kluczowym czynnikiem umożliwiającym przeorientowanie i zwiększenie inwestycji w sektorze czystej energii. W październiku 2022 r. Rada przyjęła<sup>43</sup> wniosek Komisji Europejskiej<sup>44</sup> dotyczący dodania specjalnego rozdziału o REPowerEU do planów odbudowy i zwiększania odporności (RRP) państw członkowskich w celu finansowania kluczowych inwestycji i reform, które pomogą osiągnąć cele REPowerEU<sup>45</sup>.

Reformy i inwestycje zaproponowane przez państwa członkowskie w planach odbudowy i zwiększania odporności przekroczyły już cele dotyczące wydatków zarówno w dziedzinie klimatu, jak i technologii cyfrowych (odpowiednio co najmniej 37 % i 20 % wydatków

<sup>40</sup> Dotyczy to wartości pieniężnej produkcji (EUR).

<sup>41</sup> Dane obejmują cały wodór, niezależnie od sposobu produkcji.

<sup>42</sup> COM(2020) 456 final („Decydujący moment dla Europy: naprawa i przygotowanie na następną generację”).

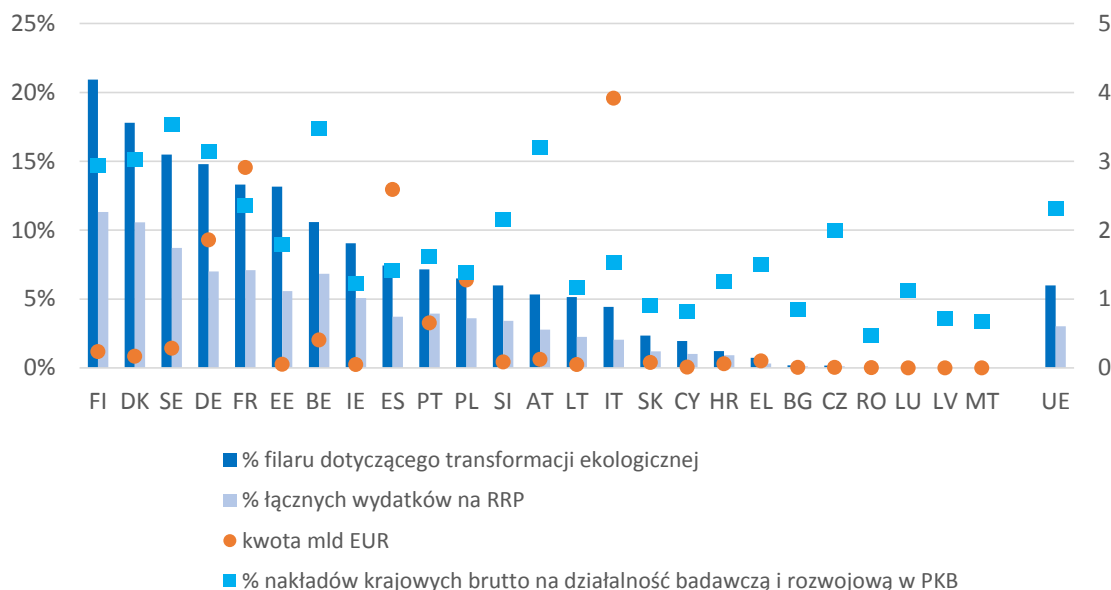
<sup>43</sup> <https://www.consilium.europa.eu/pl/press/press-releases/2022/10/04/repowereu-council-agrees-its-position/>

<sup>44</sup> COM(2022) 231 final, („Wniosek w sprawie rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającego rozporządzenie (UE) 2021/241 w odniesieniu do rozdziałów REPowerEU w planach odbudowy i zwiększania odporności oraz zmieniającego rozporządzenie (UE) 2021/1060, rozporządzenie (UE) 2021/2115, dyrektywę 2003/87/WE i decyzję (UE) 2015/1814”).

<sup>45</sup> We wniosku przewidziano dodatkowe przesunięcia budżetowe UE w celu zwiększenia kwoty dostępnych pożyczek w ramach Instrumentu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności, wynoszącej obecnie 225 mld EUR, i wezwano do zwiększenia środków finansowych na Instrument na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności. Komisja Europejska rozpoczęła dwustronne rozmowy z państwami członkowskimi, aby określić reformy i inwestycje, które potencjalnie mogłyby kwalifikować się do finansowania w ramach nowych rozdziałów dotyczących planu REPowerEU. Finansowanie unijne uzupełnia inne dostępne finansowanie publiczne i prywatne, które będzie odgrywało zasadniczą rolę w realizacji inwestycji niezbędnych do wykonania planu REPowerEU.

przewidzianych w planach odbudowy i zwiększania odporności)<sup>46</sup>. W 26 RRP<sup>47</sup> zatwierdzonych przez Komisję do dnia 8 września 2022 r. środki o wartości około 200 mld EUR zostały przeznaczone na transformację klimatyczną, a o wartości 128 mld EUR na transformację cyfrową<sup>48</sup>, co stanowi odpowiednio 40 % i 26 % całkowitego przydziału dla tych państw członkowskich (dotacje i pożyczki).

Wykres 2: Przewidziane w RRP środki z zakresu badań, rozwoju i innowacji w obszarze zielonej działalności, wyrażone jako udział (oś lewa) i jako kwota bezwzględna (oś prawa). Dla porównania podano również intensywność badań i rozwoju w stosunku do PKB (oś prawa)



Źródło: JRC na podstawie danych DG ds. Gospodarczych i Finansowych.

25 RRP zatwierdzonych przez Radę 8 września 2022 r. obejmuje środki związane z badaniami naukowymi i innowacjami o łącznym budżecie 47 mld EUR<sup>49</sup> (w tym inwestycje tematyczne i horyzontalne<sup>50</sup>). 14,9 mld EUR z tej kwoty przeznaczono na inwestycje w badania, rozwój i innowacje w obszarze zielonej działalności (Wykres 2).

<sup>46</sup> Postępy w realizacji RRP można śledzić na bieżąco na tablicy wyników w zakresie odbudowy i zwiększania odporności, platformie internetowej utworzonej przez Komisję w grudniu 2021 r.

<sup>47</sup> AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HR, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK.

<sup>48</sup> W planach odbudowy i zwiększania odporności należało określić i uzasadnić, w jakim stopniu każdy środek przyczynia się w pełni (100 %) lub częściowo (40 %) do osiągnięcia celu związanego z klimatem lub nie ma wpływu (0 %) na jego osiągnięcie. Wkład w osiągnięcie celu związanego z klimatem obliczono odpowiednio z wykorzystaniem załącznika VI do rozporządzenia ustanawiającego RRF. Połączenie współczynników z szacunkowymi kosztami każdego środka pozwala obliczyć, w jakim stopniu plany przyczyniają się do osiągnięcia celu związanego z klimatem.

<sup>49</sup> Dane liczbowe opierają się na metodyce znakowania filarów na potrzeby tabeli wyników w zakresie odbudowy i zwiększania odporności i odpowiadają działaniom przydzielonym do obszarów polityki „badania, rozwój i innowacje w obszarze zielonej działalności”, „środki związane z cyfryzacją w obszarze badań, rozwoju i innowacji” oraz „badania, rozwój i innowacje” jako głównych lub drugorzędnych obszarów polityki. Rada nie przyjęła jeszcze RRP złożonego przez Niderlandy, a zatem nie są jeszcze dostępne dane w ramach metodyki znakowania filarów. Więcej informacji na temat tablicy wyników w zakresie odbudowy i zwiększania odporności można znaleźć pod adresem: [https://ec.europa.eu/economy\\_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/index.html?lang=pl](https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/index.html?lang=pl)

<sup>50</sup> Inwestycje tematyczne w badania naukowe i innowacje obejmują inwestycje ukierunkowane na transformację ekologiczną, technologie cyfrowe i zdrowie, natomiast inwestycje horyzontalne w badania naukowe i innowacje obejmują środki przekrojowe, które np. wzmacniają ekosystemy innowacji, unowocześniają infrastrukturę badawczą

### 2.1.3 Kapitał ludzki i kwalifikacje

Najnowsze dane dotyczące światowego **kapitał ludzkiego** wskazują, że chociaż sektor czystej energii wykazał się odpornością podczas pandemii COVID-19, to w 2021 r. zwiększyły się braki i niedobory kwalifikacji i oczekuje się, że taki stan rzeczy będzie się utrzymywać w 2022 r.

W 2019 r. zatrudnienie w szeroko rozumianym sektorze czystej energii<sup>51</sup> osiągnęło 1,8 mln, przy średnim rocznym wzroście o 3 % od 2015 r.<sup>52</sup>, i stanowiło 1 % całkowitego zatrudnienia w UE. Dla porównania zatrudnienie w całej gospodarce rosło średnio o 1 % rocznie<sup>53</sup>, podczas gdy zatrudnienie w przemyśle energii ze źródeł kopalnych spadło w ostatniej dekadzie średnio o 2 %<sup>54</sup>. W 2020 r. pierwsze miejsce na świecie (39 %) w światowym zatrudnieniu w sektorze energii odnawialnej zajęły Chiny, a za nimi uplasowała się UE (11 %)<sup>55</sup>; całkowita światowa liczba miejsc pracy w tym sektorze wynosi 12 mln<sup>56</sup>.

Struktura miejsc pracy w szeroko rozumianym sektorze czystej energii w UE uległa kilku zmianom<sup>57</sup>. Branża pomp ciepła<sup>58</sup> wyprzedza jako największy pracodawca sektory biopaliw stałych<sup>59</sup> i energii wiatrowej. Wynika to głównie ze wzrostu liczby instalowanych pomp ciepła. Tendencja ta będzie się prawdopodobnie utrzymywać dzięki planowi REPowerEU i nowym produktom przeznaczonym dla sektora renowacji<sup>60</sup>. Ponadto sektor czystej energii jest średnio o 20 % bardziej produktywny niż cała gospodarka. Od 2015 r. wydajność pracy w sektorze czystej energii rośnie szybciej (2,5 % rocznie) niż w całej gospodarce (1,8 % rocznie). Wzrost ten wynikał z rozwoju sektora elektromobilności (5 % rocznie) i odnawialnych źródeł energii (4 % rocznie), przy czym obserwowane są różne tendencje w zależności od technologii.

---

i wspierają innowacje w biznesie. Więcej informacji – zob. tablica wyników w zakresie odbudowy i zwiększania odporności pod adresem: [https://ec.europa.eu/economy\\_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/index.html?lang=pl](https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/index.html?lang=pl)

<sup>51</sup> Dane dotyczące sektora czystej energii w sprawozdaniu odnoszą się do danych Eurostatu dla sektora towarów i usług środowiskowych (kategorie „CReMA 13A”, „CReMA 13B” i „CEPA 1”). „CReMA 13A” (produkcja energii ze źródeł odnawialnych) obejmuje realizację technologii potrzebnych do produkcji energii ze źródeł odnawialnych. „CReMA 13B” (oszczędzanie ciepła/energii i zarządzanie nimi) obejmuje pompy ciepła, inteligentne liczniki, działania związane z renowacją energetyczną, materiały izolacyjne oraz części inteligentnych sieci energetycznych. „CEPA 1” („ochrona powietrza atmosferycznego i klimatu”) obejmuje samochody elektryczne i hybrydowe, autobusy i inne czystsze i bardziej wydajne pojazdy oraz infrastrukturę ładowania, niezbędną do eksploatacji pojazdów elektrycznych (w tym także komponenty, takie jak baterie, ogniwa paliwowe i elektryczne układy napędowe niezbędne dla pojazdów elektrycznych).

<sup>52</sup> Eurostat [env\_ac\_egss1].

<sup>53</sup> Eurostat [lfsi\_emp\_a].

<sup>54</sup> Eurostat [sbs\_na\_ind\_r2].

<sup>55</sup> Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej i Międzynarodowa Organizacja Pracy, „Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021” [„Energia odnawialna a zatrudnienie – roczny przegląd z 2021 r.”], Abu Zabi i Genewa.

<sup>56</sup> Dane obejmują zarówno zatrudnienie bezpośrednie, jak i pośrednie.

<sup>57</sup> EurObserv'ER, [The State of Renewable Energies in Europe – Edition 2021 20th EurObserv'ER Report](#) [„Stan energii ze źródeł odnawialnych w Europie – 20. sprawozdanie EurObserv'ER, wydanie z 2021 r.”], 2022. Dane te obejmują pompy ciepła.

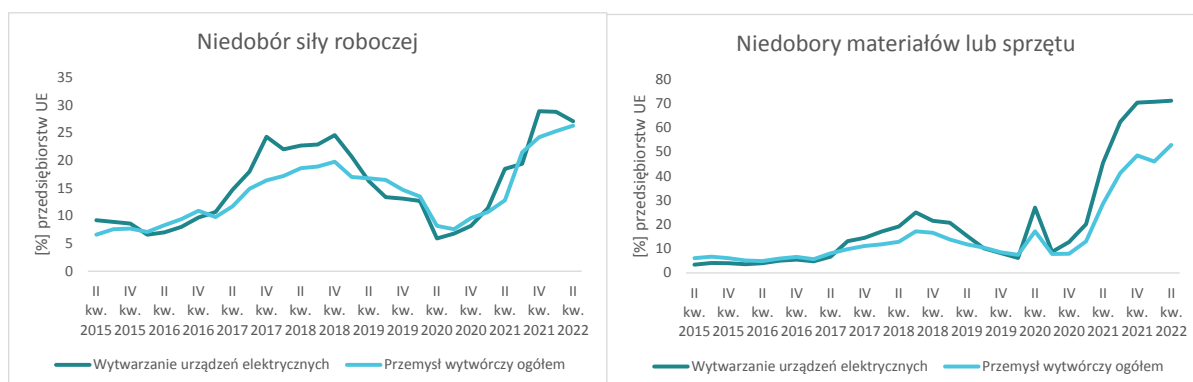
<sup>58</sup> Na pompy ciepła przypadało 24 % wszystkich miejsc pracy w sektorze odnawialnych źródeł energii, natomiast na biopaliwa stałe i energię wiatrową – po 20 %. Na podstawie: EurObserv'ER, [The State of Renewable Energies in Europe – Edition 2021 20th EurObserv'ER Report](#) [„Stan energii ze źródeł odnawialnych w Europie – 20. sprawozdanie EurObserv'ER, wydanie z 2021 r.”], 2022.

<sup>59</sup> Zmiany w metodyce wpłynęły w szczególności na dane dotyczące biopaliw, aktualizowane w oparciu o dane z projektu ADVANCEFUEL w ramach programu „Horyzont 2020”.

<sup>60</sup> Europejska Organizacja Pomp Ciepła (EHPA). „European Heat Pump Market and Statistics Report 2021” [„Sprawozdanie – informacje i statystyki dotyczące europejskiego rynku pomp ciepła za 2021 r.”], 2022.

W 2022 r. blisko 30 % unijnych przedsiębiorstw zajmujących się produkcją urządzeń elektrycznych<sup>61</sup> doświadczyło **niedoborów siły roboczej** – zjawisko to było jeszcze bardziej nasilone niż w 2018 r. Wynika to głównie z ogólnego ożywienia gospodarczego po pandemii w połączeniu z wolnym tempem budowania przez sektor czystej energii potencjału w zakresie kwalifikacji wymaganych w ramach transformacji ekologicznej i cyfrowej<sup>62</sup>. Biorąc pod uwagę, że w 2022 r. ponad 70 % unijnych przedsiębiorstw zajmujących się produkcją urządzeń elektrycznych stanie w obliczu niedoboru materiałów, tendencje te wskazują na coraz większe ryzyko zakłóceń w łańcuchu dostaw czystej energii (Wykres 3).

Wykres 3: Niedobory siły roboczej i materiałów doświadczane przez producentów urządzeń elektrycznych w UE i przez cały przemysł wytwórczy w UE [%]



Źródło: JRC na podstawie danych z badania statystycznego przedsiębiorstw DG ds. Gospodarczych i Finansowych<sup>63</sup>.

W planie REPowerEU wzywa się do wzmocnienia działań mających na celu przezwycięzenie niedoborów pracowników z odpowiednimi umiejętnościami w różnych segmentach rynku czystych technologii energetycznych. W tym celu, korzystając z już istniejących działań w ramach UE<sup>64</sup>, w planie zapowiedziano wspieranie zdobywania umiejętności za pośrednictwem programu ERASMUS+<sup>65</sup> oraz Wspólnego Przedsięwzięcia na rzecz Czystego Wodoru<sup>66</sup>. Konkretnie działania zaproponowano również w strategii UE na rzecz energii

<sup>61</sup> Kod NACE „27 – Produkcja urządzeń elektrycznych” służy jako odpowiednik przemysłu wytwarzania czystej energii, ponieważ w kategorii tej mieści się wiele czystych technologii energetycznych. Jest on również wykorzystywany jako wskaźnik zastępczy dla ekosystemu przemysłowego odnawialnych źródeł energii w strategii przemysłowej UE (COM(2020) 108 final i jej niedawna aktualizacja COM(2021) 350 final).

<sup>62</sup> To wolne tempo wynika z różnych niedostosowań związanych z zatrudnieniem (np. przestrzennych, sektorowych, zawodowych i czasowych). Szybki postęp transformacji ekologicznej i cyfrowej stoi w sprzeczności z czasem potrzebnym na budowanie potencjału kwalifikacji. Zob. na przykład:

- Czako, V., „Skills for the clean energy transition” [„Umiejętności potrzebne do przejścia na czystą energię”], 2022, (w przygotowaniu);
- Asikainen, T., Bitat, A., Bol, E., Czako, V., Marmier, A., Muench, S., Murauskaitė-Bull, I., Scapolo, F. i Stoermer, E., „The future of jobs is green” [„Przyszłość miejsc pracy jest zielona”], Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2021, [doi:10.2760/218792\\_JRC126047](https://doi.org/10.2760/218792_JRC126047);
- Cedefop (Europejskie Centrum Rozwoju Kształcenia Zawodowego), „Sojusznik w transformacji ekologicznej – Przez kształcenie i szkolenie zawodowe, a zwłaszcza przygotowanie zawodowe, można zdobyć umiejętności niezbędne dla zielonych miejsc pracy i przy tym mieć wpływ na ich kształt”, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2022, <https://op.europa.eu/pl/publication-detail/-/publication/3f0a6cad-d653-11ec-a95f-01aa75ed71a1/language-pl>

<sup>63</sup> Dane z badania statystycznego przedsiębiorstw i konsumentów [industry\_subsectors\_q8\_nace2]

<sup>64</sup> Na przykład europejski program na rzecz umiejętności z 2020 r., jego inicjatywa przewodnia – pakt na rzecz umiejętności oraz partnerstwa z ekosystemami przemysłowymi, a także mechanizm sprawiedliwej transformacji.

<sup>65</sup> Erasmus + <https://www.erasmuskills.eu/eskills/>

<sup>66</sup> Wspólne Przedsięwzięcie na rzecz Czystego Wodoru, „Strategic Research and Innovation Agenda 2021–2027” [„Strategiczny program badań i innowacji na lata 2021–2027”], <https://www.clean->

słonecznej<sup>67</sup>. Przemysłowe Forum Czystej Energii (CEIF) przyjęło w 2022 r. wspólną deklarację w sprawie umiejętności<sup>68</sup>, zobowiązując się do podjęcia konkretnych kroków w celu rozwiązania problemu zidentyfikowanych niedoborów pracowników z odpowiednimi umiejętnościami<sup>69</sup>. W 2022 r. Rada przyjęła również zalecenie, w którym zachęca państwa członkowskie do przyjęcia środków uwzględniających aspekty związane z zatrudnieniem i kwestiami społecznymi w polityce dotyczącej klimatu, energii i ochrony środowiska<sup>70</sup>. W dniu 12 października 2022 r. Komisja Europejska zaproponowała ogłoszenie 2023 r. Europejskim Rokiem Umiejętności, aby zwiększyć atrakcyjność UE dla wykwalifikowanych pracowników<sup>71</sup>.

Nadal utrzymuje się **brak równowagi płci** w odniesieniu do siły roboczej w sektorze energetycznym oraz w obszarze badań naukowych i innowacji związanych z energetyką, chociaż w dużej mierze brakuje spójnych i ciągłych danych z podziałem na płeć<sup>72</sup>. Niedostateczna reprezentacja kobiet w procesie decyzyjnym przedsiębiorstw energetycznych oraz w szkolnictwie wyższym w zakresie nauk przyrodniczych, technologii, inżynierii i matematyki znajduje odzwierciedlenie w niższym odsetku zgłoszeń patentowych składanych przez kobiety-wynalzców (tylko 20 % we wszystkich klasach patentów w 2021 r.<sup>73</sup> i nieco ponad 15 % w przypadku technologii łagodzenia zmiany klimatu<sup>74</sup>), niższym odsetku przedsiębiorstw typu *start-up* zakładanych lub współzakładanych przez kobiety (mniej niż 15 % w UE w 2021 r.)<sup>75</sup> oraz niższymi kwotami kapitału inwestowanego w przedsiębiorstwa kierowane przez kobiety (tylko 2 % w przedsiębiorstwach typu *start-up* zakładanych wyłącznie przez kobiety i 9 % w zakładanych wspólnie przez mężczyzn i kobiety w UE w 2021 r.<sup>76</sup>).

UE podejmuje wzmożone działania zmierzające do zapewnienia zrównoważonego i równego ekosystemu. Inicjatywy obejmują strategię na rzecz równouprawnienia płci na lata 2020–2025<sup>77</sup>, uruchomioną w 2022 r. inicjatywę „Women TechEU”<sup>78</sup>, nowe kryterium

---

[hydrogen.europa.eu/system/files/2022-02/Clean%20Hydrogen%20JU%20SRIA%20-%20approved%20by%20GB%20-%20clean%20for%20publication%20%28ID%2013246486%29.pdf](https://hydrogen.europa.eu/system/files/2022-02/Clean%20Hydrogen%20JU%20SRIA%20-%20approved%20by%20GB%20-%20clean%20for%20publication%20%28ID%2013246486%29.pdf)

<sup>67</sup> COM(2022) 221 final („Strategia UE na rzecz energii słonecznej”).

<sup>68</sup> „Joint Declaration on Skills in the Clean Energy Sector” [„Wspólna deklaracja w sprawie umiejętności w sektorze czystej energii”], opublikowana 16 czerwca 2022 r. Dokument dostępny pod adresem: [https://ec.europa.eu/info/news/clean-energy-industrial-forum-underlines-importance-deploying-renewables-2022-jun-16\\_pl](https://ec.europa.eu/info/news/clean-energy-industrial-forum-underlines-importance-deploying-renewables-2022-jun-16_pl)

<sup>69</sup> Na przykład szacuje się, że aby osiągnąć cele planu REPowerEU, konieczne będzie przeszkolenie 800 000 pracowników do pracy w łańcuchu wartości baterii. W łańcuchu wartości pomp ciepła niezbędne będzie przeszkolenie i podniesienie kwalifikacji około 400 000 pracowników, nie licząc specjalistów pracujących obecnie w tej branży, którzy w ciągu najbliższych kilku lat przejdą na emeryturę (zob. przypis 69).

<sup>70</sup> 2022/C 243/04, zalecenie Rady w sprawie zapewnienia sprawiedliwej transformacji w kierunku neutralności klimatycznej.

<sup>71</sup> COM(2022) 526 final.

<sup>72</sup> COM(2020) 953 final, COM(2021) 952 final (postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych).

<sup>73</sup> Dane dotyczą wynalazków, w przypadku których co najmniej jeden wynalazca prowadzi działalność w Europie. Na podstawie danych Europejskiego Urzędu Patentowego z 2022 r.

<sup>74</sup> Międzynarodowa Agencja Energetyczna, <https://www.iea.org/commentaries/gender-diversity-in-energy-what-we-know-and-what-we-dont-know>

<sup>75</sup> Agencja Wykonawcza Europejskiej Rady ds. Innowacji i ds. MŚP (Eisma), 2022.

<sup>76</sup> Sprawozdanie Międzynarodowego Centrum Danych „European Women in Venture Capital” [„Udział kobiet w sektorze kapitału wysokiego ryzyka w Europie”], 2022.

<sup>77</sup> Komisja Europejska, strategia na rzecz równouprawnienia płci.

<sup>78</sup> Agencja Wykonawcza Europejskiej Rady ds. Innowacji i ds. MŚP (Eisma), 2022. [https://eisma.ec.europa.eu/programmes/european-innovation-ecosystems/women-techeu\\_en](https://eisma.ec.europa.eu/programmes/european-innovation-ecosystems/women-techeu_en)

kwalifikowalności w ramach programu „Horyzont Europa”<sup>79</sup> oraz konkretne środki docelowe w Nowym europejskim planie na rzecz innowacji na 2022 r.<sup>80</sup> Niwelowanie różnic w traktowaniu kobiet i mężczyzn nie tylko pomoże sprostać wyzwaniom związanym z zatrudnieniem i kwalifikacjami w UE w celu osiągnięcia dwojakiej transformacji – ekologicznej i cyfrowej, ale także będzie wspierać włączenie kobiet do tych obszarów zatrudnienia, a tym samym odpowiadać na wyzwania społeczne.

## 2.2 Tendencje w zakresie badań naukowych i innowacji

Nasilająca się globalna niestabilność środowiskowa, geopolityczna, gospodarcza i społeczna wymaga skutecznej polityki UE w dziedzinie badań naukowych i innowacji, która będzie w stanie sprawnie reagować na sytuacje kryzysowe, a jednocześnie zapewni wdrożenie Europejskiego Zielonego Ładu.

Polityka UE w dziedzinie badań naukowych i innowacji wyznacza kierunek innowacji i wpływa na strukturę portfela czystych technologii energetycznych. Największy na świecie program badań naukowych i innowacji „Horyzont Europa” (którego budżet na badania naukowe i innowacje w latach 2021–2027 wynosi 95,5 mld EUR) i inne unijne programy zapewniające finansowanie (np. fundusz innowacyjny i finansowanie polityki spójności) mają za zadanie wzmocnienie unijnego ekosystemu badań naukowych i innowacji oraz wspieranie osiągnięcia celów polityki UE<sup>81</sup>. Wraz ze wspólnymi i skoordynowanymi staraniami państw członkowskich (zwłaszcza w ramach strategicznego planu w dziedzinie technologii energetycznych (plan EPSTE))<sup>82</sup> działania w zakresie badań naukowych i innowacji zwiększają odporność unijnego sektora czystej energii.

Większość państw członkowskich UE zwiększyła swoje publiczne inwestycje w badania naukowe i innowacje w zakresie priorytetów unii energetycznej UE w 2020 r.<sup>83,84</sup>; wartość zgłoszonych do tej pory inwestycji wynosi ponad 4 mld EUR. Przewiduje się, że ostateczne łączne dane liczbowe na rok 2020 będą w ujęciu bezwzględnym porównywalne z wartościami sprzed kryzysu finansowego. Pomimo tego, inwestycje w publiczne badania naukowe i innowacje na poziomie krajowym i unijnym, mierzone jako odsetek produktu krajowego brutto (PKB), pozostają poniżej poziomów z 2014 r. (Wykres 4).

---

<sup>79</sup> W programie „Horyzont Europa” wprowadzono nowe kryterium kwalifikowalności, zgodnie z którym organizacje badawcze ubiegające się o finansowanie muszą posiadać możliwy do wykonania plan dotyczący równowagi płci, zakładający osiągnięcie proporcji płci na poziomie 50 % we wszystkich organach decyzyjnych i oceniających związanych z programem „Horyzont Europa”. Więcej informacji można znaleźć pod adresem: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/democracy-and-rights/gender-equality-research-and-innovation\\_en#gender-equality-plans-as-an-eligibility-criterion-in-horizon-europe](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/democracy-and-rights/gender-equality-research-and-innovation_en#gender-equality-plans-as-an-eligibility-criterion-in-horizon-europe)

<sup>80</sup> COM(2022) 332 final („Nowy europejski plan na rzecz innowacji”).

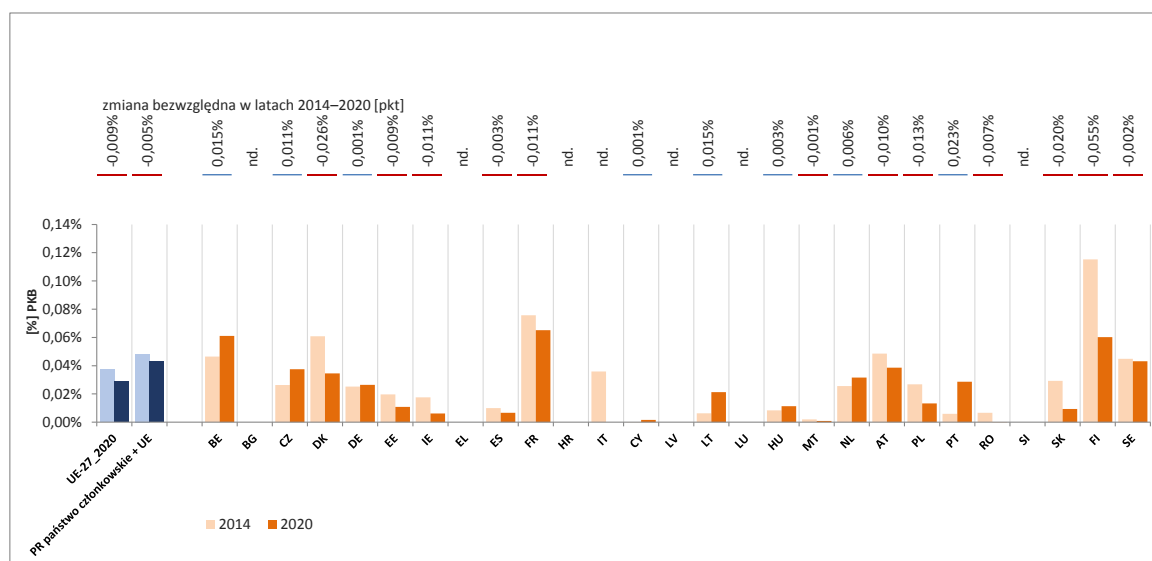
<sup>81</sup> Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, „Science, Research and Innovation Performance of the EU report 2022” [„Sprawozdanie na temat osiągnięć UE w dziedzinie nauki, badań i innowacji w 2022 r.”], Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2022.

<sup>82</sup> Plan EPSTE jest głównym narzędziem UE służącym do dostosowania polityki i finansowania w zakresie badań naukowych i innowacji w dziedzinie czystych technologii energetycznych na poziomie unijnym i krajowym oraz do pozyskiwania inwestycji prywatnych. Więcej informacji można znaleźć pod adresem: [https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/strategic-energy-technology-plan\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/strategic-energy-technology-plan_en)

<sup>83</sup> Odnawialne źródła energii, inteligentny system, wydajne systemy, zrównoważony transport, CCUS i bezpieczeństwo jądrowe, COM(2015) 80 final („Pakiet dotyczący unii energetycznej”).

<sup>84</sup> JRC SETIS [https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data\\_en](https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data_en)

Wykres 4: Publiczne inwestycje w badania naukowe i innowacje w zakresie czystej energii w państwach członkowskich UE jako udział w PKB od początku realizacji programu „Horyzont 2020”<sup>85</sup>



Źródło: JRC na podstawie MAE<sup>86</sup> i własnych opracowań<sup>87</sup>.

W 2020 r. fundusze programu „Horyzont 2020” przeznaczone na wsparcie priorytetów unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji zasilily wkłady pochodzące z programów krajowych państw członkowskich kwotą 2 mld EUR. Chociaż same wkłady krajowe dużych gospodarek pozostają niskie, po uwzględnieniu środków programu „Horyzont 2020” UE zajęła w 2020 r. drugie miejsce wśród dużych gospodarek w zakresie publicznych inwestycji w badania naukowe i innowacje dotyczące czystej energii (Wykres 5)<sup>88</sup>, zarówno pod względem wydatków bezwzględnych (6,6 mld EUR – pierwsze miejsce zajmują USA z kwotą 8 mld EUR), jak i udziału w PKB (0,046 % – pierwsze miejsce zajmuje Japonia z udziałem 0,058 %, tuż przed USA i Koreą Południową<sup>89</sup>).

Według ocen światowych, sektor przedsiębiorstw inwestuje średnio co najmniej trzy razy więcej w badania naukowe i innowacje w zakresie czystej energii niż sektor rządowy<sup>90</sup>. Inwestycje sektora przedsiębiorstw UE stanowią 80 % wydatków na badania naukowe i innowacje w ramach priorytetów unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji. W 2019 r. szacowane prywatne inwestycje w badania naukowe i innowacje w UE wyniosły 0,17 % PKB (Wykres 5) i 11 % całkowitych wydatków sektora przedsiębiorstw i biznesu na badania i rozwój. Szacunki dla UE wskazują, że inwestycje w ujęciu bezwzględnym (18–22 mld EUR rocznie) są od 2014 r. porównywalne z USA i Japonią. Jednak pod względem udziału procentowego w PKB, mimo że inwestycje UE są wyższe niż

<sup>85</sup> „EU FP” oznacza unijny program ramowy; a „na” odnosi się do państw, które nie dostarczyły danych.

<sup>86</sup> Dostosowane na podstawie edycji bazy danych MAE z 2022 r. dotyczącej budżetów na badania naukowe i rozwój w dziedzinie technologii energetycznych.

<sup>87</sup> JRC SETIS [https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data\\_en](https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data_en)

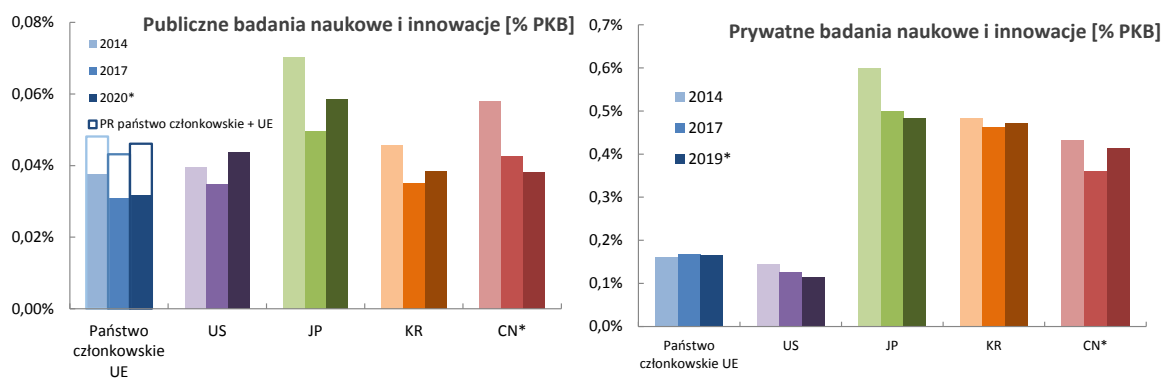
<sup>88</sup> Na wykresie nałożono dwie pierwsze kategorie z wykresu 4 dla UE. Wartości podane na obu wykresach różnią się nieznacznie, ponieważ dane dotyczące Włoch podane na Wykres 5 są szacunkowe.

<sup>89</sup> Dane te obejmują fundusze alokowane przez państwa członkowskie oraz pochodzące z programów ramowych UE. W ubiegłorocznym sprawozdaniu uwzględniono jedynie fundusze państw członkowskich, przedstawione również na wykresie 5 i – wyrażone jako udział w PKB – pozostające poniżej danych dotyczących innych dużych gospodarek.

<sup>90</sup> MAE, „Tracking clean energy innovation – A framework for using indicators to inform policy” [„Monitorowanie innowacji w zakresie czystej energii – ramy stosowania wskaźników na potrzeby kształtowania polityki”], 2020.

USA, UE pozostaje w tyle za innymi dużymi konkurującymi gospodarkami (Japonią, Koreą Południową i Chinami).

Wykres 5: Publiczne i prywatne finansowanie badań naukowych i innowacji w ramach priorytetów unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji w dużych gospodarkach jako udział w PKB



\*Dane dotyczące publicznych badań naukowych i innowacji dla Chin i Włoch (w UE ogółem) odnoszą się do 2019 r.; dane dotyczące prywatnych badań naukowych i innowacji za 2019 r. mają charakter szacunkowy.

Źródło: JRC na podstawie MAE<sup>91</sup>, inicjatywy „Mission Innovation”<sup>92</sup>, własnych opracowań.

Od 2014 r. połowa państw członkowskich UE zwiększyła swoją **działalność patentową** zgodnie z priorytetami unii energetycznej w zakresie badań naukowych i innowacji, przy czym liderzy w dziedzinie ekoinnowacji, tacy jak Niemcy i Dania, osiągnęli dobre wyniki zarówno pod względem liczb bezwzględnych, jak i udziału zielonych patentów w ogólnym portfelu innowacji. UE pozostała globalnym czołowym wnioskodawcą patentów w dziedzinie klimatu i środowiska (23 %), energii (22 %) i transportu (28 %).

Na całym świecie w 2020 r. ukazało się nieco mniej **publikacji naukowych** dotyczących niskoemisyjnych technologii energetycznych niż w latach 2016–2019. W UE liczba ta wzrosła bardziej umiarkowanie w latach 2016–2019 (w porównaniu ze średnią światową), a w 2020 r. odnotowała większy spadek. Wkład UE można było zaobserwować w nieco ponad 16 % artykułów naukowych opublikowanych na świecie, lecz w UE liczba opracowywanych publikacji przypadająca na mieszkańca była w dalszym ciągu ponad dwukrotnie wyższa niż średnia światowa<sup>93</sup>.

Tendencja ta wynika przede wszystkim z rosnącej liczby publikacji naukowych w innych dziedzinach oraz z faktu, że gospodarki o wysokich dochodach przestają dominować w zagadnieniach związanych z czystą energią i innowacjami<sup>94</sup>. 10 lat temu UE była liderem w badaniach w dziedzinie energetyki, ale spadła na drugą pozycję w związku z ogromnym wzrostem ilości i poprawą jakości badań realizowanych w Chinach. Naukowcy chińscy

<sup>91</sup> Dostosowane na podstawie edycji bazy danych MAE z 2022 r. dotyczącej budżetów na badania naukowe i rozwój w dziedzinie technologii energetycznych.

<sup>92</sup> Mission Innovation Country Highlights [„Najważniejsze osiągnięcia krajowe w ramach inicjatywy »Mission Innovation«"], szóste forum ministerialne inicjatywy „Mission Innovation” 2021, [http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/05/MI\\_2021v0527.pdf](http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/05/MI_2021v0527.pdf)

<sup>93</sup> Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, Provençal, S., Khayat, P. i Campbell, D., Publications as a measure of innovation performance in the clean energy sector: assessment of bibliometric indicators [„Publikacje jako miara innowacyjności w sektorze czystej energii: ocena wskaźników bibliometrycznych”], Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2022.

<sup>94</sup> Schneegans S., Straza, T. i Lewis, J. (red.), „UNESCO Science Report: the Race Against Time for Smarter Development” [„Raport naukowy UNESCO: wyścig z czasem o inteligentny rozwój”], UNESCO Publishing, Paryż, 2021.

wiodą prym pod względem najczęściej cytowanych publikacji dotyczących energetyki (z udziałem na poziomie 39 %) <sup>95</sup>. Niemniej jednak naukowcy z UE współtworzą i publikują na arenie międzynarodowej prace dotyczące czystej energii w stopniu znacznie przewyższającym średnią światową. Ponadto w UE obserwuje się bardziej intensywną współpracę w tym zakresie między sektorem publicznym i prywatnym. Program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji „Horyzont 2020”, Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego oraz siódmy program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji znalazły się w światowej czołówce 20 uznanych systemów finansowania wspierających naukę w dziedzinie czystej energii w latach 2016–2020 <sup>96</sup>.

Potrzeba poprawy monitorowania publicznej i prywatnej działalności w zakresie badań naukowych i innowacji dotyczących czystej energii oraz ilościowej oceny konkurencyjności, na którą zwrócono uwagę w poprzednim wydaniu sprawozdania <sup>97</sup>, od tego czasu nabrała jeszcze większego znaczenia. Przegląd planu EPSTE i planowana aktualizacja krajowych planów w dziedzinie energii i klimatu (NECP) <sup>98</sup>, która ma nastąpić w czerwcu 2024 r. <sup>99</sup>, stanowią bodziec do wzmocnienia dialogu między UE i państwami członkowskimi na temat badań naukowych i innowacji w zakresie czystej energii i konkurencyjności.

### 2.3 Sytuacja pod względem globalnej konkurencji w zakresie czystej energii

Na całym świecie pilne zobowiązanie do przyspieszenia transformacji energetycznej doprowadziło do rozwoju wielu rozwiązań w zakresie czystej energii, od technologii niszowych po globalne gałęzie przemysłu i międzynarodowe łańcuchy wartości. Szacuje się, że do 2050 r. wartość światowych rynków energii odnawialnej wyniesie 24 bln EUR, a efektywności energetycznej – 33 bln EUR <sup>100</sup>.

Wiodąca pozycja UE w dziedzinie nauki, jej solidna baza przemysłowa oraz ambitne warunki ramowe dotyczące czystej energii stanowią dobrą bazę technologiczną dla przewidywanego rozwoju rynku szeregu czystych technologii energetycznych. UE od 2014 r. utrzymuje silną pozycję w zakresie **patentów objętych ochroną międzynarodową**, potwierdzając tym samym tendencję wskazaną w ubiegłorocznym sprawozdaniu <sup>101</sup>. UE ustępuje wyłącznie

<sup>95</sup> Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Badań Naukowych i Innowacji, „Science, Research and Innovation Performance of the EU report 2022” [„Sprawozdanie na temat osiągnięć UE w dziedzinie nauki, badań i innowacji w 2022 r.”], Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2022.

<sup>96</sup> Elsevier, „Pathways to Net Zero: The Impact of Clean Energy Research” [„Drogi do zeroemisyjności netto: wpływ badań nad czystą energią”], 2021. Dokument dostępny pod adresem: [https://www.elsevier.com/data/assets/pdf\\_file/0006/1214979/net-zero-2021.pdf](https://www.elsevier.com/data/assets/pdf_file/0006/1214979/net-zero-2021.pdf). Publikacje zalicza się do badań nad zeroemisyjnością netto, jeśli poszerzają one wiedzę na temat badań naukowych i innowacji w zakresie czystej energii oraz i pomagają w dążeniu do zeroemisyjności netto w przyszłości. Dane pochodzą z bazy Scopus.

<sup>97</sup> COM(2021) 952 final i SWD(2021) 307 final (postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych).

<sup>98</sup> Szczegółowe informacje na temat krajowych planów w dziedzinie energii i klimatu: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en)

<sup>99</sup> Dz.U. L 328 z 21.12.2018. W rozporządzeniu (UE) 2018/1999 w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu przewidziano przeprowadzanie regularnych przeglądów krajowych planów w dziedzinie energii i klimatu w celu dostosowania ich do najnowszych zmian polityki. Oczekuje się, że projekty krajowych planów w dziedzinie energii i klimatu zostaną opracowane do czerwca 2023 r.

<sup>100</sup> IRENA, „Global energy transformation: a roadmap to 2050” [„Globalna transformacja energetyczna: plan działania do 2050 r.”], Abu Zabi, 2019.

<sup>101</sup> COM(2021) 952 final (postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych).

Japonii pod względem wynalazków o wysokiej wartości<sup>102</sup>, jest liderem w dziedzinie odnawialnych źródeł energii i razem z Japonią zajmuje pierwsze miejsce w dziedzinie efektywności energetycznej, głównie dzięki specjalizacji UE w zakresie materiałów i technologii dla budynków. Dane dotyczące patentów zgłaszanych przez podmioty z UE wskazują również na jej wiodącą pozycję w dziedzinie paliw odnawialnych; baterii i elektromobilności; oraz technologii wychwytywania, składowania i utylizacji dwutlenku węgla.

Oczekuje się, że większość nowych inwestycji w czyste technologie energetyczne będzie miała miejsce poza UE, a niezbędne surowce są przedmiotem handlu międzynarodowego<sup>103</sup>. Z tego względu zasadnicze znaczenie ma silna obecność i dobre wyniki UE w globalnych łańcuchach wartości oraz jej dostęp do rynków państw trzecich. Intensyfikacja środków podejmowanych przez rządy państw trzecich (wprowadzających bariery w dostępie do rynku, wymogi stosowania materiałów miejscowego pochodzenia i inne środki lub praktyki dyskryminacyjne) może jednak zakłócić **dynamikę międzynarodowego handlu i inwestycji**. Środki te mogą mieć negatywny wpływ na zatrudnienie, wzrost gospodarczy i bazę podatkową w UE oraz osłabić korzyści, jakie UE mogłaby czerpać z pierwszeństwa w danej dziedzinie. Stwarzają one również wyraźne ryzyko „zakażenia”, ponieważ mogą skłonić inne państwa trzecie do wprowadzenia podobnych środków, co powoduje zakłócenia w międzynarodowych łańcuchach dostaw i w dłuższej perspektywie wpływa na zachęty do inwestowania w sektorze. To z kolei podniosłoby ogólne koszty transformacji i mogłoby osłabić obecne zaangażowanie społeczeństwa w globalną dekarbonizację.

Ponadto na całym świecie utrzymują się i rosną obawy dotyczące wpływu dominacji technologii wspieranej przez państwo i dotacje; zamkniętych rynków; różnych przepisów dotyczących ochrony praw własności intelektualnej; polityki w zakresie innowacji i konkurencyjności w tym sektorze, zwłaszcza wdrażanej przez Chiny, a także inne państwa trzecie. Obecny kryzys geopolityczny również wpłynął na konkurencję na światowym rynku czystej energii i dopiero w przyszłości okaże się, jaki będzie negatywny wpływ nowych środków krajowych dotyczących przyspieszenia upowszechniania czystych technologii energetycznych na rynkach krajowych (np. amerykańska ustawa o zmniejszeniu inflacji<sup>104</sup>) na sytuację pod względem globalnej konkurencji w zakresie czystej energii.

W tych ramach **współpraca międzynarodowa w dziedzinie badań naukowych i innowacji** nie tylko przyspieszy transformację w kierunku czystej energii, ale także będzie przeciwdziałać zakłóceniom na światowym rynku energii. Programy i polityki UE, takie jak „Horyzont Europa” i Erasmus+, konsekwentnie wspierają współpracę w zakresie badań naukowych i innowacji z zaufanymi partnerami z całego świata. Komunikat Komisji pt. „Globalne podejście do badań naukowych i innowacji”<sup>105</sup> zapewnia lepsze ramy do rozwoju współpracy międzynarodowej. W komunikacie Komisji pt. „Zewnętrzne zobowiązania energetyczne UE w zmieniającym się świecie”<sup>106</sup> przewiduje się zacieśnienie takiej

<sup>102</sup> Rodziny patentów (wynalazki) o wysokiej wartości to te, które obejmują zgłoszenia do więcej niż jednego urzędu (tj. te, w przypadku których wnioskuje się o ochronę w odniesieniu do więcej niż jednego państwa lub rynku).

<sup>103</sup> Międzynarodowa Agencja Energetyczna, „Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector” [„Zeroemisyjność netto do 2050 r. – plan działania dla światowego sektora energii”], 2021.

<sup>104</sup> [FACT SHEET: The Inflation Reduction Act Supports Workers and Families | The White House](#) [„Broszura informacyjna: ustawa o zmniejszeniu inflacji wspiera pracowników i rodziny”, Biały Dom].

<sup>105</sup> COM(2021) 252 final („Strategia Europy na rzecz współpracy międzynarodowej w zmieniającym się świecie”).

<sup>106</sup> JOIN(2022) 23 final („Zewnętrzne zobowiązania energetyczne UE w zmieniającym się świecie”).

współpracy i rozwój partnerstw na rzecz wsparcia transformacji ekologicznej w kluczowych kwestiach, takich jak odnawialne źródła energii i wodór niskoemisyjny oraz dostęp do surowców i innowacji. Ponadto w komunikacie Komisji pt. „Nowa europejska przestrzeń badawcza na rzecz badań naukowych i innowacji”<sup>107</sup> wezwano do aktualizacji i opracowania zasad przewodnich dotyczących podnoszenia wartości wiedzy. Kodeks postępowania w zakresie umiejętnego korzystania z praw własności intelektualnej ma powstać do końca 2022 r.<sup>108</sup> Komisja uczestniczy w zacieśnianiu współpracy międzynarodowej w zakresie innowacji i technologii energetycznych poprzez dalsze zaangażowanie w inicjatywę „Mission Innovation”<sup>109</sup> i forum ministerialne dotyczące czystej energii. Ponadto w nowej globalnej strategii UE dotyczącej konektywności, strategii Global Gateway<sup>110</sup>, komunikacie Komisji pt. „Przegląd polityki handlowej”<sup>111</sup> oraz międzynarodowym partnerstwie na rzecz sprawiedliwej transformacji energetycznej z Republiką Południowej Afryki<sup>112</sup> podkreślono znaczenie pogłębienia współpracy międzynarodowej i stosunków handlowych w celu wykorzystania konkurencyjności czystych technologii energetycznych w synergii z otwartością i atrakcyjnością jednolitego rynku UE.

Międzynarodowa współpraca badawcza, transfer technologii, polityka handlowa i dyplomacja energetyczna będą musiały ze sobą współgrać, aby zapewnić niezakłócony handel i inwestycje w technologie, usługi i surowce niezbędne do przeprowadzenia transformacji zarówno w UE, jak i poza nią. UE będzie musiała również dalej wykorzystywać swój potencjał w zakresie zwiększania innowacyjności, aby uniknąć ryzyka zwiększenia zależności od innych dużych gospodarek w zakresie importu technologii niezbędnych w procesie transformacji energetycznej i w nowej architekturze systemu energetycznego.

## 2.4 Sytuacja w zakresie finansowania innowacji w UE<sup>113</sup>

**Rozwiązania technologiczne w dziedzinie klimatu**<sup>114</sup> sprzyjają konkurencyjności i suwerenności technologicznej UE. Oprócz przyjęcia bardziej dojrzałych technologii

---

<sup>107</sup> COM(2020) 628 final („Nowa europejska przestrzeń badawcza na rzecz badań naukowych i innowacji”).

<sup>108</sup> Nowy przewodnik dotyczący waloryzacji wyników programu „Horyzont Europa” jest już dostępny pod adresem: <https://data.europa.eu/doi/10.2826/437645>

<sup>109</sup> <http://mission-innovation.net/>. Po pierwszych pięciu udanych latach uruchomiono inicjatywę „Mission Innovation” 2.0 z nowym pakietem „misji”.

<sup>110</sup> JOIN(2021) 30 final („Strategia Global Gateway”), wspólny komunikat Komisji Europejskiej i Wysokiego Przedstawiciela Unii do Spraw Zagranicznych i Polityki Bezpieczeństwa do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego, Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego.

<sup>111</sup> COM(2021) 66 final („Przegląd polityki handlowej – otwarta, zrównoważona i asertywna polityka handlowa”).

<sup>112</sup> Partnerstwo na rzecz sprawiedliwej transformacji energetycznej z Republiką Południowej Afryki (europa.eu).

<sup>113</sup> Analizę przedstawioną w niniejszej sekcji opracowano na podstawie danych PitchBook. W bazie danych PitchBook widnieje obecnie ponad 2 750 przedsiębiorstw *venture capital* w pionie technologii klimatycznych (w porównaniu z ponad 2 250 w czasie publikacji sprawozdania z postępów w dziedzinie konkurencyjności za 2021 r.). Dane dotyczące historycznych inwestycji wysokiego ryzyka w sprawozdaniach z postępów w dziedzinie konkurencyjności za lata 2020 i 2021 nie są zatem bezpośrednio porównywalne.

<sup>114</sup> Pion technologii klimatycznych PitchBook obejmuje 2 760 wybranych przedsiębiorstw, które rozwijają technologie służące łagodzeniu skutków zmian klimatu lub adaptacji do nich. Większość przedsiębiorstw w tym pionie skupia się na łagodzeniu wzrostu emisji poprzez zastosowanie technologii i procesów dekarbonizacji. Zastosowania w tym pionie przemysłu obejmują: produkcję energii odnawialnej; długoterminowe magazynowanie energii; elektryfikację transportu; innowacje w rolnictwie; usprawnienia procesów przemysłowych i technologie górnicze.

wytwarzania energii będą one odgrywać kluczową rolę w osiągnięciu neutralności pod względem emisji dwutlenku węgla do 2050 r.<sup>115</sup>

Unijna branża technologii klimatycznych w ciągu ostatnich 6 lat przyciągała coraz więcej inwestycji z udziałem kapitału wysokiego ryzyka<sup>116</sup>, który zajmuje czołowe miejsce w dziedzinie innowacji. Technologie klimatyczne mogą wymagać długich okresów wdrażania do momentu osiągnięcia dojrzałości, dlatego też zachodzi zasadnicza potrzeba: zapewnienia znacznej ilości kapitału w całym cyklu finansowania przedsiębiorstw typu *start-up*; dokonywania inwestycji w badania naukowe i innowacje<sup>117</sup>; podejmowania przez agendy rządowe działań zmierzających do zmniejszenia ryzyka związanego z rozwojem rozwiązań w zakresie technologii klimatycznych oraz dalszego zachęcania sektora prywatnego do udziału w tym procesie.

Na całym świecie inwestycje wysokiego ryzyka w **dzielinie klimatu** wykazały się wyjątkową odpornością na pandemię; poziom tych inwestycji był wyższy już w 2020 r. (i osiągnął 20,2 mld EUR), a w 2021 r. osiągnie nowy rekord (40,5 mld EUR, czyli wzrost o 100 % w porównaniu z 2020 r.<sup>118</sup>). W ramach tej liczby unijne przedsiębiorstwa typu *start-up* i *scale-up* działające w obszarze technologii klimatycznych przyciągnęły w 2021 r. 6,2 mld EUR inwestycji wysokiego ryzyka, czyli ponad dwukrotnie więcej niż w 2020 r.<sup>119</sup> Stanowi to 15,4 % globalnych inwestycji wysokiego ryzyka w zakresie technologii klimatycznych. Rok 2021 był również pierwszym rokiem, w którym inwestycje na późniejszym etapie w technologii klimatyczne w UE były wyższe niż w Chinach<sup>120</sup>. Inwestycje na wczesnym etapie osiągnęły jednak w 2021 r. niespotykane dotychczas wartości w USA i Chinach, a w UE osiągnęły szczyt (Wykres 6).

---

<sup>115</sup> Treść sekcji opracowano w ścisłej współpracy z Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych Komisji Europejskiej: Georgakaki, A. i in., Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych, „Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union – 2022 Status Report” [„Ogólna analiza strategiczna czystych technologii energetycznych w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, JRC131001.

<sup>116</sup> Transakcje z udziałem kapitału wysokiego ryzyka są definiowane jako transakcje na wczesnym etapie (w tym transakcje typu *pre-seed*, akcelerator/inkubator, anioły biznesu, kapitał załóżkowy, rundy A i B przeprowadzane w ciągu 5 lat od daty założenia przedsiębiorstwa) oraz transakcje na późniejszym etapie (zazwyczaj rundy od rundy B do rundy Z+ lub przeprowadzane w ciągu ponad 5 lat od daty założenia przedsiębiorstwa, rundy nieujawnione oraz wzrost/zwiększenie kapitału prywatnego).

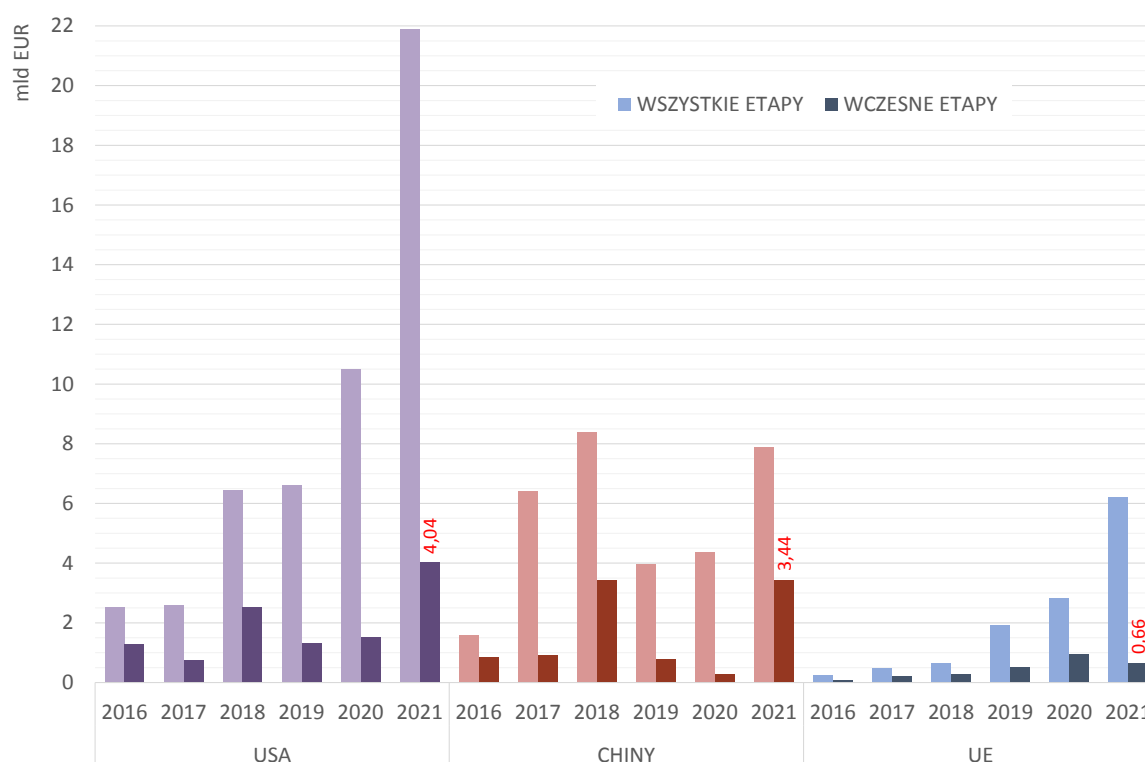
<sup>117</sup> W ten sposób powstało pojęcie przedsiębiorstw typu *start-up* w dziedzinie głębokiej ekologii, które wykorzystują najnowocześniejsze technologie ukierunkowane na przewyżczenie wyzwań środowiskowych, takich jak produkcja ekologicznych baterii, elektryczne statki powietrzne. Przedsiębiorstwa w dziedzinie głębokiej ekologii znajdują się na styku technologii klimatycznych i najbardziej zaawansowanych technologii (najbardziej zaawansowane technologie wykorzystują odkrycia naukowe w dziedzinie inżynierii, matematyki, fizyki i medycyny. Charakteryzują się długimi cyklami badawczo-rozwojowymi i niesprawdzonymi modelami biznesowymi).

<sup>118</sup> Stanowi to 5,2 % całkowitego finansowania z kapitału wysokiego ryzyka w 2021 r. według opracowania JRC na podstawie danych PitchBook (4,6 % w 2020 r.).

<sup>119</sup> COM(2021) 952 final (postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych).

<sup>120</sup> Same tylko inwestycje w szwedzkie przedsiębiorstwo Northvolt zajmujące się produkcją baterii do pojazdów elektrycznych mają w ostatnich latach znaczący wpływ na ogólne trendy w zakresie inwestycji wysokiego ryzyka w unijnych przedsiębiorstwach z sektora technologii klimatycznych. W miarę przechodzenia na późniejsze etapy rozwoju, inwestycje na wczesnym etapie w unijne przedsiębiorstwa z sektora technologii klimatycznych zmniejszyły się w 2021 r., natomiast inwestycje na późniejszym etapie wzrosły, osiągając po raz pierwszy wartość wyższą niż ta raportowana dla Chin.

Wykres 6: Inwestycje wysokiego ryzyka w przedsiębiorstwa typu start-up i scale-up w dziedzinie technologii klimatycznych



Źródło: opracowanie JRC na podstawie danych PitchBook.

Na **dziedzinę energetyczną** przypadło 22 % globalnych inwestycji wysokiego ryzyka w technologie klimatyczne w 2021 r. (na produkcję czystej energii<sup>121</sup> i technologie sieciowe<sup>122</sup> przypadło odpowiednio 13,2 % i 8,7 %). Przy poziomach prawie czterokrotnie wyższych (x3,8) niż w 2020 r.<sup>123</sup> dziedzina energetyczna pozostaje w tyle za dziedziną mobilności i transportu (46 %), ale po raz pierwszy wyprzedziła dziedzinę żywności i użytkowania gruntów (19,6 %).

W UE inwestycje wysokiego ryzyka w przedsiębiorstwa z branży energetycznej kontynuowały wzrost obserwowany w ciągu ostatnich 4 lat (wzrost o 60 % w stosunku do 2020 r.). Pomimo tego dobrego wyniku względny udział unijnych inwestycji wysokiego ryzyka w energię w 2021 r. zmniejszył się o połowę. Udział inwestycji wysokiego ryzyka w przedsiębiorstwa energetyczne wynosi w UE 10 % – Unia zajmuje pod tym względem trzecie miejsce na świecie, daleko za Stanami Zjednoczonymi (62 %) i Chinami (13,3 %), które w 2021 r. wykazały się wyjątkowo wysokim poziomem inwestycji, stymulowanym przez megatransakcje w zakresie produkcji czystej energii.

<sup>121</sup> W tym energia słoneczna, wiatrowa, jądrowa, odzysk energii, energia oceaniczna i wodna oraz geotermalna.

<sup>122</sup> Takie jak długoterminowe magazynowanie energii, zarządzanie siecią, analityka, technologia baterii, inteligentna sieć energetyczna i produkcja czystego wodoru.

<sup>123</sup> Głównym czynnikiem stymulującym ten wzrost są inwestycje w technologie produkcji czystej energii. Dzięki dużym inwestycjom w syntezę jądrową w USA i energetykę wiatrową w Chinach wzrost ten był 2,4 raza szybszy niż inwestycje w technologie sieciowe i ogólnie inwestycje wysokiego ryzyka w technologie klimatyczne.

Pomimo pozytywnej dynamiki finansowania z kapitału wysokiego ryzyka w UE i atrakcyjności unijnej branży technologii klimatycznych dla inwestorów z sektora kapitału wysokiego ryzyka bariery strukturalne i wyzwania społeczne<sup>124</sup> nadal hamują rozwój unijnych przedsiębiorstw *scale-up* z branży technologii klimatycznych w porównaniu z innymi dużymi gospodarkami. Unijna systematyka dotycząca zrównoważonego rozwoju zapewnia jednak ramy ułatwiające trwałe inwestycje oraz zawiera definicję zrównoważonej środowiskowo działalności gospodarczej. Ponadto z biegiem lat unijna polityka innowacyjności uległa rozszerzeniu, a wraz z jej zmianami zmienił się również krajobraz instytucjonalny<sup>125</sup>.

W filarze III „Innowacyjna Europa” programu „Horyzont Europa” zapewniono narzędzia wspierające przedsiębiorstwa typu *start-up*, *scale-up* oraz małe i średnie przedsiębiorstwa (MŚP). W tym kontekście Europejska Rada ds. Innowacji, dysponująca budżetem w wysokości 10,1 mld EUR w latach 2021–2027, jest inicjatywą przewodnią UE w zakresie innowacji, służącą do określania, opracowywania i zwiększania skali przełomowych technologii i nowatorskich rozwiązań. W programie „Horyzont Europa” wspiera się również inicjatywę na rzecz europejskich ekosystemów innowacji oraz Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT). „InnoEnergy” Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii zbudowała największy na świecie ekosystem innowacji w dziedzinie zrównoważonej energii, a także prowadzi działaniom zmierzającym do dekarbonizacji UE do 2050 r. poprzez kierowanie trzema przemysłowymi łańcuchami wartości (europejski sojusz na rzecz baterii, Europejskie Centrum Wspierania Rozwoju Ekologicznego Wodoru i Europejska Inicjatywa Solarna).

Jeśli chodzi o **unijne programy finansowania**, fundusz innowacyjny jest jednym z największych na świecie<sup>126</sup> funduszy umożliwiających prezentowanie czystych, innowacyjnych technologii i wdrażanie ich na skalę przemysłową. Program InvestEU jest głównym elementem unijnego planu odbudowy, wspierającym dostęp do finansowania i jego dostępność dla MŚP, spółek o średniej kapitalizacji i innych przedsiębiorstw. Polityka spójności zapewnia zakrojone na szeroką skalę i długoterminowe inwestycje, zwłaszcza dla MŚP, w innowacje i przemysłowe łańcuchy wartości w celu pobudzenia rozwoju technologii odnawialnych i niskoemisyjnych oraz modeli biznesowych. Co więcej, Europejski Bank Inwestycyjny (EBI) oraz Europejski Fundusz Inwestycyjny (EFI) skutecznie wspierają rozwój najbardziej zaawansowanych technologii, których UE potrzebuje, aby osiągnąć cele w zakresie zrównoważonego rozwoju. Celem utworzenia innych programów finansowania, takich jak fundusz modernizacyjny i proponowany Społeczny Fundusz Klimatyczny<sup>127</sup>, jest wsparcie w kierowaniu przychodów z polityki związanej z klimatem na wsparcie transformacji energetycznej.

Te programy oraz inne inicjatywy UE, takie jak unia rynków kapitałowych<sup>128</sup>, mają na celu dalszą mobilizację inwestorów prywatnych do finansowania przedsiębiorstw typu *start-up*

---

<sup>124</sup> COM(2020) 953 final („Sprawozdanie z postępów w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystej energii”) i COM(2022) 332 final („Nowy europejski plan na rzecz innowacji”).

<sup>125</sup> COM(2022) 332 final („Nowy europejski plan na rzecz innowacji”).

<sup>126</sup> Wsparcie w wysokości 38 mld EUR w latach 2020–2030, przy założeniu opłaty za emisję gazów cieplarnianych na poziomie 75 EUR/tCO<sub>2</sub>.

<sup>127</sup> [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/social-climate-fund\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/social-climate-fund_en)

<sup>128</sup> [https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/capital-markets-union\\_pl](https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/capital-markets-union_pl)

w sektorze (najbardziej zaawansowanych<sup>129</sup>) technologii klimatycznych. Na przykład pionierskie partnerstwo między Komisją Europejską a siecią Breakthrough Energy<sup>130</sup> jest kolejnym przykładem na to, jak pobudzić inwestycje w krytyczne technologie klimatyczne, łącząc sektor publiczny i prywatny.

Tworzenie synergii między programami i instrumentami UE oraz zwiększanie spójności między lokalnymi ekosystemami innowacji w UE może pomóc UE w osiągnięciu pozycji światowego lidera w dziedzinie technologii klimatycznych, eliminując w ten sposób różnice w skali między UE a innymi dużymi gospodarkami poprzez wykorzystanie różnorodnych talentów, aktywów intelektualnych i możliwości przemysłowych Unii. W Europejskim Rankingu Innowacyjności z 2022 r.<sup>131</sup> podkreślono znaczenie ustanowienia ogólnoeuropejskiego ekosystemu innowacji, a krok w tym kierunku stanowi już komunikat Komisji z 2022 r. pt. „Nowy europejski plan na rzecz innowacji”<sup>132</sup>, ponieważ ma na celu wykorzystanie mocnych stron unijnego ekosystemu innowacji<sup>133</sup>.

## 2.5 Skutki zmian systemowych

Aby dokonać dwojakiej transformacji – ekologicznej i cyfrowej oraz osiągnąć cele Europejskiego Zielonego Ładu i pakietu „Gotowi na 55”, unijny sektor czystej energii musi przyspieszyć już dokonującą się zmianę paradygmatu: konieczność zniesienia barier między sektorami i wzmocnienia współpracy w obszarach horyzontalnych (np. krytyczna rola surowców, transformacja cyfrowa systemu energetycznego i interakcja różnych technologii w procesach przemysłowych, budynkach i miastach). Przykładami transformacji systemowej są: czyste technologie energetyczne przeznaczone do wykorzystania w budynkach; transformacja cyfrowa systemu energetycznego; oraz wspólnoty energetyczne i współpraca na szczeblu regionalnym.

Czyste technologie energetyczne przeznaczone do wykorzystania w budynkach: obowiązkowe montowanie instalacji fotowoltaicznych na dachach oraz dwukrotne zwiększenie obecnego tempa wdrażania indywidualnych pomp ciepła<sup>134</sup> pomoże w osiągnięciu celów w zakresie klimatu i energii. Osiągnięcie tych celów będzie również wymagało od sektora budowlanego zintegrowania w nowych budynkach szerokiego zestawu rozwiązań uzupełniających, takich jak efektywne metody izolacji i systemy sterowania, ale również środki zasobooszczędne. Powinno to iść w parze ze zwiększeniem wskaźnika renowacji i wspieraniem gruntownej renowacji. Magazynowanie energii na miejscu (baterie)

---

<sup>129</sup> Przedsiębiorstwa typu *start-up* w dziedzinie najbardziej zaawansowanych technologii wykorzystują wiedzę naukową i mają zwykle długie cykle badawczo-rozwojowe i niesprawdzone modele biznesowe. Przedsiębiorstwa typu *start-up* w dziedzinie najbardziej zaawansowanych technologii klimatycznych to przedsiębiorstwa wykorzystujące najnowocześniejsze technologie do rozwiązywania wyzwań środowiskowych.

<sup>130</sup> Partnerstwo między Komisją a siecią Breakthrough Energy (europa.eu); [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/IP\\_21\\_2746](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/IP_21_2746)

<sup>131</sup> Komisja Europejska, Europejski Ranking Innowacyjności 2022, sprawozdanie roczne, 2022.

<sup>132</sup> COM(2022) 332 final („Nowy europejski plan na rzecz innowacji”).

<sup>133</sup> W komunikacie zadeklarowano, że UE wprowadzi konkretne środki w celu poprawy dostępu do finansowania dla unijnych przedsiębiorstw typu *start-up* i *scale-up*; wprowadzi zmiany w przepisach, które pozwolą innowatorom na eksperymentowanie z nowymi pomysłami; będzie pomagać w tworzeniu „regionalnych dolin innowacji”; będzie przyciągać i zatrzymywać talenty w UE; i poprawi kształtowanie polityki innowacyjności dzięki jasnej terminologii oraz odpowiednim wskaźnikom i zbiorom danych, a także przez wsparcie polityczne dla państw członkowskich.

<sup>134</sup> COM(2022) 230 final („Plan REPowerEU”).

jest kolejnym ważnym elementem umożliwiającym większy udział pomp ciepła i zapobieganie występowaniu ekstremalnych wartości szczytowych w produkcji energii elektrycznej oraz jej przesyłu/dystrybucji. Oprócz dostępności produktów kompetencje w zakresie instalacji i obsługi eksploatacyjnej różnych technologii mają kluczowe znaczenie dla sektora czystej energii w UE i jego konkurencyjności.

Transformacja cyfrowa systemu energetycznego: tempo transformacji cyfrowej wzrasta wykładniczo: wielkość ruchu internetowego wzrosła trzykrotnie tylko w ciągu ostatnich 5 lat, a około 90 % danych na świecie powstało w ciągu ostatnich 2 lat<sup>135</sup>. Decentralizacja energii – na poziomie wytwarzania, jak również poprzez miliony podłączonych inteligentnych urządzeń, pomp ciepła i samochodów elektrycznych – przeobraża lokalne systemy energetyczne. Ocena przeprowadzona dla Hamburga (Niemcy) wykazała znaczny potencjał oszczędności kosztów: zainwestowanie 2 mln EUR w systemy inteligentnego ładowania w celu zmniejszenia obciążenia szczytowego może zapobiec konieczności zainwestowania 20 mln EUR w niezbędne wzmocnienie sieci umożliwiające zaspokojenie zapotrzebowania ze strony samochodów elektrycznych, które będą stanowić 9 % pojazdów poruszających się po mieście<sup>136</sup>. W przypadku braku inteligentnego zarządzania lokalnymi potrzebami energetycznymi ograniczenia przepustowości sieci dystrybucyjnych mogą spowolnić transformację w kierunku czystej energii. Niektóre rozwiązania cyfrowe mogą jednak zwiększyć zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych, jeżeli nie zostaną zastosowane odpowiednie środki zwiększające efektywność energetyczną, jak np. wykorzystanie ciepła odpadowego z ośrodków przetwarzania danych.

Wspólnoty energetyczne i współpraca na szczeblu regionalnym: od 2000 r. co najmniej dwa miliony obywateli Unii zaangażowały się w ponad 8 400 wspólnot energetycznych i zrealizowały ponad 13 000 projektów<sup>137</sup>. Wspólnoty energetyczne stanowią ważny poligon doświadczalny i obszar zastosowania czystych technologii i rozwiązań energetycznych. Całkowitą moc odnawialną zainstalowaną przez wspólnoty energetyczne w Europie szacuje się obecnie na co najmniej 6,3 GW (tj. około 1–2 % całej krajowej mocy zainstalowanej). Znaczna część mocy zainstalowanej przypada na energię fotowoltaiczną. Druga w kolejności jest lądowa energia wiatrowa. Opracowanie modeli partycypacyjnych umożliwiających szersze zastosowanie czystych technologii energetycznych, w szczególności w odniesieniu do gospodarstw domowych o niższych dochodach, może spowodować rozwój większej liczby wspólnot energetycznych w całej UE, a jednocześnie przyczynić się do rozwiązania problemu ubóstwa energetycznego.

Wzmocnienie interakcji w obszarach horyzontalnych, przy jednoczesnym uwzględnieniu współzależności między różnymi sektorami zarówno na poziomie państw członkowskich, jak i UE, ma kluczowe znaczenie dla przyspieszenia wdrażania i zwiększania skali czystych

<sup>135</sup> Międzynarodowa Agencja Energetyczna, „Digitalization and Energy” [„Cyfryzacja i energetyka”], 2017, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf>

<sup>136</sup> Stromnetz Hamburg „Elektromobilität – Netzausbaustrategie und Restriktionen im Hamburger Verteilnetz”, Hamburg, 2018, <https://www.hamburg.de/contentblob/10993526/1f90214d9b07e4de6323c078ff779d9d/data/d-anlage-13-pra%CC%88sentation-snh-20180504-energienetzbeirat-snh.pdf>

<sup>137</sup> Schwanitz, V.J., Wierling, A., Zeiss, J.P., von Beck, C., Koren, I.K., Marcroft, T. i Dufner, S., „The contribution of collective prosumers to the energy transition in Europe – Preliminary estimates at European and country-level from the COMETS inventory” [„Wkład prosumentów zbiorowych w transformację energetyczną w Europie – wstępne szacunki na poziomie europejskim i krajowym na podstawie katalogu COMETS”], sierpień 2021 r., <https://doi.org/10.31235/osf.io/2ymuh>

technologii energetycznych oraz dla wzmocnienia konkurencyjności UE na światowym rynku czystej energii<sup>138</sup>.

### 3. NACISK NA KLUCZOWE CZYSTE TECHNOLOGIE ENERGETYCZNE I ROZWIĄZANIA

W niniejszej sekcji przedstawiono ocenę konkurencyjności różnych czystych technologii i rozwiązań energetycznych, które mają kluczowe znaczenie dla produkcji i magazynowania energii oraz integracji systemów. Sekcja zawiera również przegląd przeobrażeń, jakim podlegają technologie i rynki, aby możliwe stało się osiągnięcie celów Europejskiego Zielonego Ładu i planu REPowerEU. W niniejszej sekcji zawarta została analiza fotowoltaiki, energii wiatrowej, pomp ciepła do zastosowań w budynkach, baterii, produkcji wodoru w drodze elektrolizy, paliw odnawialnych oraz infrastruktury cyfrowej. Omówiono też inne ważne technologie<sup>139</sup>. Ta oparta na faktach analiza – opracowana na podstawie wskaźników wymienionych w załączniku I – została przeprowadzona w ramach wewnętrznego, powołanego przez Komisję Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych (CETO), prowadzonego przez Wspólne Centrum Badawcze. Szczegółowe sprawozdania dotyczące poszczególnych technologii są dostępne na stronie internetowej CETO<sup>140</sup>.

#### 3.1. Fotowoltaika<sup>141</sup>

Fotowoltaika jest w ostatniej dekadzie najszybciej rozwijającą się technologią wytwarzania energii elektrycznej na świecie. Fotowoltaika odgrywa główną rolę we wszystkich scenariuszach dotyczących neutralnego dla klimatu systemu energetycznego<sup>142</sup>. W niedawno opublikowanym komunikacie dotyczącym europejskiej strategii na rzecz energii słonecznej<sup>143</sup> wezwano do utworzenia nowych systemów fotowoltaicznych o mocy około 450 GW<sub>AC</sub> w latach 2021–2030. Biorąc pod uwagę obecną tendencję do instalowania mocy prądu stałego o wartości od 1,25 do 1,3 razy większej od mocy prądu przemiennego w celu optymalizacji wykorzystania połączenia z siecią<sup>144</sup>, całkowita nominalna moc instalacji fotowoltaicznych w UE wyniosłaby około 720 GW<sub>p</sub>. W strategii UE na rzecz energii słonecznej podejmuje się kwestię najpoważniejszych wąskich gardeł i barier dla inwestycji, zmierzając do przyspieszenia wdrażania, zapewnienia bezpieczeństwa dostaw i maksymalizacji korzyści społeczno-gospodarczych płynących z energii fotowoltaicznej

<sup>138</sup> SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies), „A systemic approach to the energy transition in Europe” [„Systemowe podejście do transformacji energetycznej w Europie”], Berlin, 2021, <https://doi.org/10.26356/energytransition>

<sup>139</sup> Energia wodna, energia oceaniczna, energia geotermalna, skupianie światła i ciepła słonecznego, wychwytywanie, składowanie i utylizacja dwutlenku węgla, bioenergia, energia jądrowa.

<sup>140</sup> [https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto\\_en](https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en)

<sup>141</sup> Oparta na faktach analiza przeprowadzona przez CETO (Chatzipanagi, A. i in., Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych: „Photovoltaics in the European Union 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets” [„Fotowoltaika w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu rozwoju technologii, tendencji, łańcuchów wartości i rynków w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, doi: 10.2760/812610 JRC130720), o ile nie wskazano inaczej.

<sup>142</sup> Przede wszystkim scenariusze przewidywane przez organizacje pozarządowe, takie jak Greenpeace, Energy Watch Group, Bloomberg New Energy Finance, Międzynarodowa Agencja Energetyczna, Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej, a także stowarzyszenia branży fotowoltaiki.

<sup>143</sup> COM(2022) 221 final („Strategia UE na rzecz energii słonecznej”).

<sup>144</sup> Kougias I. i in., „The role of photovoltaics for the European Green Deal and the recovery plan” [„Rola fotowoltaiki w Europejskim Zielonym Ładzie i planie odbudowy”], 2021 (doi: [10.1016/j.rser.2021.111017](https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111017)). AC: prąd przemienny; DC: prąd stały.

w całym łańcuchu wartości<sup>145</sup>. Sojusz przemysłowy UE na rzecz fotowoltaiki słonecznej, jedna z konkretnych inicjatyw w ramach unijnej strategii na rzecz energii słonecznej, został formalnie zatwierdzony przez Komisję w październiku 2022 r., a jego celem jest zwiększenie skali technologii wytwarzania innowacyjnych produktów i komponentów fotowoltaicznych<sup>146</sup>.

Analiza technologii: średnia sprawność modułów opartych na ogniwach krzemowych wzrosła z 15,1 % w 2011 r. do 20,9 % w 2021 r.<sup>147</sup> Wynika to z zastosowania większych płytek oraz ogniw słonecznych o wyższej sprawności, w tym ogniw wielozłączowych. Europa posiada znaczną wiedzę specjalistyczną i jest liderem w obiecującej technologii perowskitów, w której kilka unijnych przedsiębiorstw, w tym Evolar (Szwecja), Saule Technologies (Polska) i Solaronix (Francja), uruchamia obecnie linie produkcyjne.

Unijna strategia na rzecz energii słonecznej<sup>148</sup> ma na celu odwrócenie tendencji spadkowej obserwowanej w publicznym i prywatnym finansowaniu branży fotowoltaiki<sup>149</sup>. UE pozostaje jednak znaczącym innowatorem w tej dziedzinie – w latach 2017–2019 odnotowano znaczną liczbę publikacji i zgłoszeń patentowych. Same tylko Niemcy zajmują piąte miejsce na świecie pod względem liczby patentów na wynalazki o wysokiej wartości w dziedzinie fotowoltaiki.

Analiza łańcucha wartości: zarówno dane dotyczące produkcji, jak i nowe projekty inwestycyjne potwierdzają dominację Azji, a w szczególności Chin, w dziedzinie produkcji modułów fotowoltaicznych. Całe ogłoszone na początku 2021 r. dodatkowe—moce produkcyjne w zakresie polikrzemu w wysokości 80 000 t (które powiększą całkowite moce produkcyjne wynoszące ~650 000 t w 2020 r.), a także 118 000 t będące już w budowie, powstają w Chinach<sup>150</sup>. Chiny są głównym producentem krzemowych ogniw słonecznych i dostarczają ponad 95 % światowej produkcji. UE zachowuje jednak znaczny udział w segmentach wytwarzania urządzeń do produkcji paneli fotowoltaicznych (50 %) i inwerterów (15 %) w łańcuchu wartości związanym z fotowoltaiką.

---

<sup>145</sup> Do inicjatyw przewodnich zapowiedzianych w unijnej strategii na rzecz energii słonecznej należy unijna inicjatywa na rzecz dachowych paneli słonecznych; pakiet Komisji dotyczący wydawania zezwoleń – zawierający wniosek ustawodawczy, zalecenia i wytyczne; wielkoskalowe partnerstwo UE na rzecz umiejętności w dziedzinie lądowej energii odnawialnej, w tym energii słonecznej; i sojusz przemysłowy UE na rzecz fotowoltaiki słonecznej. W szczególności unijna inicjatywa na rzecz dachowych paneli słonecznych wprowadziłaby obowiązek dotyczący instalacji systemów energii słonecznej na dachach budynków w przypadku: (i) wszystkich nowych budynków publicznych i komercyjnych o powierzchni użytkowej większej niż 250 m<sup>2</sup> – do 2026 r.; (ii) wszystkich istniejących budynków publicznych i komercyjnych o powierzchni użytkowej większej niż 250 m<sup>2</sup> – do 2027 r.; i (iii) wszystkich nowych budynków mieszkalnych – do 2029 r. Oczekuje się, że środki te w połączeniu znacznie zwiększą poziom inwestycji w instalacje fotowoltaiczne i możliwości wytwarzania energii fotowoltaicznej w UE.

<sup>146</sup> [https://ec.europa.eu/info/news/commission-kicks-work-european-solar-photovoltaic-industry-alliance-2022-oct-11\\_en](https://ec.europa.eu/info/news/commission-kicks-work-european-solar-photovoltaic-industry-alliance-2022-oct-11_en)

<sup>147</sup> VDMA, „International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV)” [„Międzynarodowy plan działania dotyczący technologii fotowoltaicznych”], 2022.

<sup>148</sup> Jej celem jest w szczególności opracowanie inicjatywy przewodniej w dziedzinie badań naukowych i innowacji poświęconej energii słonecznej w ramach kolejnego programu „Horyzont Europa”, stworzenie filaru badań naukowych i innowacji w proponowanym sojuszu przemysłowym UE na rzecz fotowoltaiki słonecznej oraz opracowanie wspólnego programu działań w dziedzinie badań naukowych i innowacji w zakresie energii słonecznej z państwami członkowskimi w ramach europejskiej przestrzeni badawczej.

<sup>149</sup> Najnowsze dane dostępne za lata 2018 i 2019.

<sup>150</sup> Jäger-Waldau, Arnulf (2022), „Overview of the Global PV Industry” [„Przegląd globalnej branży fotowoltaiki”], [w:] Letcher, Trevor, M. (red.), „Comprehensive Renewable Energy” [„Kompedium wiedzy o energii odnawialnej”], wydanie II, tom 1, s. 130–143. Oxford: Elsevier. Doi: 10.1016/B978-0-12-819727-1.00054-6.

Analiza rynku globalnego: światowe inwestycje w nowe instalacje solarne wzrosły w 2021 r. o 19 %, osiągając łączną wartość 205 mld USD (242,5 mld EUR<sup>151</sup>). W 2021 r. nastąpiło jednak dalsze pogorszenie bilansu handlowego UE, ponieważ import do UE wzrósł, podczas gdy jednocześnie eksport z UE pozostał na niezmiennym poziomie i stanowił 13 % światowego eksportu. Wyższe koszty materiałów występujące w wielu sektorach przemysłu w latach 2021 i 2022 doprowadziły do wyjątkowego i bezprecedensowego wzrostu kosztów produkcji ogniw i modułów, odwracając trwający od dekady trend redukcji kosztów. Mimo to konkurencyjność fotowoltaiki zwiększyła się jeszcze bardziej w porównaniu z nieodnawialnymi źródłami energii elektrycznej<sup>152</sup>. Rośnie więc liczba krajów, w których fotowoltaika jest najtańszym źródłem wytwarzania energii elektrycznej. Wzrost cen paliw kopalnych spowodowany klęskami żywiołowymi, wypadkami lub konfliktami międzynarodowymi może tylko umocnić tę tendencję.

Podsumowując, na podstawie najnowszych dostępnych danych za lata 2021 i 2022 można potwierdzić obserwowaną wcześniej tendencję<sup>153</sup>. UE potwierdziła swoją pozycję jednego z największych rynków w dziedzinie fotowoltaiki oraz silnego innowatora, zwłaszcza w zakresie nowych technologii i zastosowań fotowoltaiki (takich jak agrofotowoltaika, fotowoltaika zintegrowana z budynkiem i pływające instalacje fotowoltaiczne). UE jest jednak w dużym stopniu uzależniona od importu z Azji kilku kluczowych komponentów (płytek, wlewków, ogniw i modułów) i utrzymuje znaczącą obecność jedynie w segmencie urządzeń do produkcji paneli i w segmencie produkcji inwerterów (które obecnie borykają się z problemem wąskiego gardła z powodu niedoboru chipów<sup>154</sup>). Dodatkowe wąskie gardła wynikające z ograniczonej przystępności cenowej (zwłaszcza w przypadku gospodarstw domowych o niskich dochodach i MŚP) i nadmiernie wydłużonego czasu oczekiwania (np. związanego z niewystarczającą liczbą wykwalifikowanych instalatorów) już teraz mają niekorzystny wpływ na rozpowszechnienie fotowoltaiki na szeroką skalę. Środki i inicjatywy przewodnie ogłoszone w unijnej strategii na rzecz energii słonecznej stwarzają zasadnicze możliwości inwestowania w zasoby fotowoltaiczne i rozwijania mocy produkcyjnych w zakresie fotowoltaiki w UE, a także dywersyfikacji przywozu. Jednocześnie ciągły postęp technologiczny w kierunku bardziej wydajnych i zrównoważonych konstrukcji ogniw i procesów produkcyjnych umożliwił dalszą poprawę konkurencyjności technologii fotowoltaicznych w porównaniu z nieodnawialnymi źródłami energii – nawet pomimo wzrostu kosztów surowców. Elementy te wzmacniają uzasadnienie biznesowe dla zwiększenia zarówno produkcji, jak i wykorzystania fotowoltaiki w UE, w tym zastosowań innowacyjnych.

---

<sup>151</sup> Do obliczeń użyto średniego kursu 1,1827 EUR za 1 USD dla całego roku 2021. Zob. [https://www.ecb.europa.eu/stats/policy\\_and\\_exchange\\_rates/euro\\_reference\\_exchange\\_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html](https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html)

<sup>152</sup> Wynika to z faktu, że w tym samym okresie znacznie szybciej rosły ceny gazu ziemnego, ropy i węgla. Zob. <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-may-2022>

<sup>153</sup> COM(2021) 952 final (postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych).

<sup>154</sup> Sprawozdanie z badania UE dotyczącego chipów. [European Chips Report | Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/economy_finance/european-chips-report-internal-market-industry-entrepreneurship-and-smes) [„Europejskie sprawozdanie na temat chipów” – Rynek wewnętrzny, przemysł, przedsiębiorczość i MŚP (europa.eu)].

### 3.2. Morska i lądowa energia wiatrowa<sup>155</sup>

Energia wiatrowa odgrywa centralną rolę w polityce klimatycznej i energetycznej UE, ponieważ przyspieszenie wdrażania energii wiatrowej jest niezbędne do realizacji celów Europejskiego Zielonego Ładu, pakietu „Gotowi na 55” i planu REPowerEU. W planie REPowerEU wezwano do szybszej instalacji mocy w zakresie energii wiatrowej, zakładając, że do 2030 r. zainstalowane zostanie 510 GW mocy w zakresie energii wiatrowej<sup>156</sup>, co według prognoz będzie odpowiadać 31 % udziału w zdolnościach wytwórczych energii elektrycznej zainstalowanych w UE<sup>157</sup>.

UE od 2014 r. jest światowym liderem w dziedzinie badań naukowych i innowacji w zakresie energii wiatrowej i w okresie 2014–2021 przeznaczyła na ten cel wydatki publiczne opiewające na 883 mln EUR. Obecnie w UE działalność prowadzi 38 % wszystkich innowacyjnych przedsiębiorstw; w niej również znajduje się największa baza przedsiębiorstw typu *start-up* i przedsiębiorstw innowacyjnych. W 2021 r. w UE zainstalowano jednak tylko 11 GW energii wiatrowej (10 GW lądowej; 1 GW morskiej), a z perspektyw na 2022 r. nadal wynika, że tempo jest niższe niż to, które byłoby potrzebne do osiągnięcia celów planu REPowerEU. Chiny są obecnie liderem pod względem skumulowanej liczby instalacji energii wiatrowej, a ich moc wynosi 338 GW – wynika to głównie ze zwiększonego tempa wdrażania w 2021 r. W tym samym roku UE osiągnęła około 190 GW łącznej mocy zainstalowanej.

Aby osiągnąć cele REPowerEU, przyspieszenie wdrażania energii wiatrowej będzie kwestią kluczową i będzie wymagało zdefiniowania katalogów inwestycji oraz przełożenia celów politycznych na rzeczywiste środki wykonawcze, w tym przyjęcia zobowiązań ułatwiających wydawanie zezwoleń na budowę farm wiatrowych.

Analiza technologii: całkowita globalna moc zainstalowana w zakresie lądowej energetyki wiatrowej wyniosła w 2021 r. 769 GW, czyli prawie trzykrotnie więcej niż dekadę wcześniej<sup>158</sup>, przy czym tylko w 2021 r. zainstalowano 72 GW mocy. Rok 2021 był również rekordowy dla morskiej energetyki wiatrowej – na całym świecie zainstalowano 21 GW nowej mocy, czyli ponad trzykrotnie więcej, niż wynosił dotychczasowy rekord z roku 2020. W 2021 r. całkowita globalna moc zainstalowana wyniosła 55 GW<sup>159</sup>. Największy wzrost globalnej mocy zainstalowanej odnotowały Chiny, gdzie w 2021 r. zainstalowano 30,6 GW mocy w lądowej energetyce wiatrowej i 16,9 GW w morskiej energetyce wiatrowej.

---

<sup>155</sup> Oparta na faktach analiza przeprowadzona przez CETO (Telsnig, T. i in., Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych: „Wind energy in the European Union – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets” [„Energia wiatrowa w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu rozwoju technologii, tendencji, łańcuchów wartości i rynków w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, doi:10.2760/855840, JRC130582), o ile nie wskazano inaczej.

<sup>156</sup> SWD(2022) 230 final (wdrażanie planu działania REPowerEU: potrzeby inwestycyjne, przyspieszenie wykorzystania wodoru i realizacja celów w zakresie biometanu). Dokument dostępny pod adresem: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230&from=EN>

<sup>157</sup> SWD(2022) 230 final (zgodnie z zawartymi w planie REPowerEU prognozami modelu PRIMES dotyczącymi mocy zainstalowanej netto w 2030 r.), rys. 3: Moc zainstalowana netto w 2030 r. zgodnie z planem REPowerEU (GWe). Dokument dostępny pod adresem: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230&from=EN>

<sup>158</sup> „Renewable Capacity Statistics 2022” [„Statystyki dotyczące zdolności produkcyjnych w zakresie energii odnawialnej”], IRENA, Abu Zabi, 2022.

<sup>159</sup> „Renewable Capacity Statistics 2022” [„Statystyki dotyczące zdolności produkcyjnych w zakresie energii odnawialnej”], IRENA, Abu Zabi, 2022.

Pod koniec 2021 r. UE dysponowała łącznie 173 GW mocy zainstalowanej w lądowej energetyce wiatrowej i 16 GW w energetyce morskiej. Całkowita moc elektrowni wiatrowych odpowiadała za około 14 % całkowitego zużycia energii elektrycznej w UE. W 2021 r. odnotowano również drugi najwyższy roczny wkład w moc lądowej energii wiatrowej w UE od 2010 r. (zwiększenie mocy o 10 GW<sup>160</sup>). W 2021 r. w UE zainstalowano jednak tylko 1 GW morskiej energii wiatrowej<sup>161</sup>. Przedstawiciele branży podkreślają, że wydawanie zezwoleń jest jednym z głównych wąskich gardeł dla dalszego i masowego wdrażania energii wiatrowej, ponieważ powoduje opóźnienia i skutkuje mniejszą liczbą ukończonych projektów. To z kolei wywiera presję na rentowność łańcucha dostaw. Komisja przedstawiła wnioski prawne i wskazówki dotyczące przyspieszenia wydawania zezwoleń w ramach pakietu REPowerEU.

Analiza łańcucha wartości: sektor energii wiatrowej rozwinął się w globalną branżę obejmującą około 800 zakładów produkcyjnych. Większość z nich znajduje się w Chinach (45 %) i Europie (31 %)<sup>162</sup>. UE utrzymała pozycję lidera pod względem liczby patentów o wysokiej wartości w zakresie technologii energii wiatrowej: jej udział w wynalazkach o wysokiej wartości wyniósł 59 % w latach 2017–2019. Producenci turbin z UE nadal są liderami pod względem jakości, rozwoju technologicznego i inwestycji w badania naukowe i innowacje. Unijna branża energii wiatrowej posiada również duże moce produkcyjne w zakresie elementów o wysokiej wartości dodanej (np. wież, przekładni i śmigieł) oraz urządzeń, które mogą być również wykorzystywane przez inne sektory przemysłu (np. generatory, konwertery mocy i systemy sterowania). Unijny łańcuch wartości w zakresie produkcji morskiej energii wiatrowej pozyskuje komponenty głównie od producentów z UE. Natomiast w przypadku lądowej energii wiatrowej unijni producenci oryginalnego sprzętu (OEM) zaopatrują się w komponenty u wielu różnych dostawców zagranicznych.

Wiele surowców do produkcji generatorów jest importowanych, głównie z Chin. Wyzwaniem dla unijnego sektora energii wiatrowej mogą być potencjalne trudności w zwiększeniu produkcji surowców na potrzeby osiągnięcia celów wyznaczonych na 2030 r. Przeszkodą jest również wzrost cen zasobów w 2021 r. oraz niepewność dostaw. W branży pojawiły się też obawy dotyczące wpływu na środowisko w związku z recyklingiem śmigieł kompozytowych. Z tego powodu zarówno w krajowych, jak i unijnych programach badawczych w dziedzinie energii wiatrowej można zauważyć coraz większe skoncentrowanie na kwestiach związanych z obiegiem zamkniętym.

Analiza rynku globalnego: na przestrzeni ostatnich dziesięciu lat UE utrzymuje dodatni bilans handlowy z pozostałymi krajami świata, wynoszący od 1,8 mld EUR do 2,8 mld EUR. Zarazem jednak od 2018 r. UE notuje ujemny bilans handlowy z Chinami i Indiami. W 2020 r. chińscy OEM po raz pierwszy wyprzedzili swoich konkurentów z UE pod względem

---

<sup>160</sup> „Wind Energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022–2026” [„Energia wiatrowa w Europie: statystyki za rok 2021 i perspektywy na lata 2022–2026”], WindEurope, Belgia, 2022.

<sup>161</sup> „Wind Energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022–2026” [„Energia wiatrowa w Europie: statystyki za rok 2021 i perspektywy na lata 2022–2026”], WindEurope, Belgia, 2022.

<sup>162</sup> Na kolejnych miejscach znajdują się Indie (7 %), Brazylia (5 %) i Ameryka Północna (4,5 %). Zob. również: WindEurope/Wood Mackenzie, „Wind energy and economic recovery in Europe” [„Energia wiatrowa a ożywienie gospodarcze w Europie”], Belgia, 2020.

udziału w rynku globalnym. Na wiodących rynkach UE działa jednak znaczna liczba producentów krajowych<sup>163</sup>.

Podsumowując, unijny sektor energii wiatrowej pozostaje światowym liderem pod względem badań naukowych i innowacji oraz patentów o wysokiej wartości. Wynika to z posiadanych mocy produkcyjnych, siły roboczej i kwalifikacji. Aby osiągnąć cele wyznaczone na 2030 r., sektor ten będzie musiał jednak ponad dwukrotnie zwiększyć obecne roczne tempo instalacji mocy w UE.

Oczekuje się, że wdrożenie dyrektywy w sprawie energii odnawialnej<sup>164</sup>, opracowany niedawno wniosek dotyczący jej zmiany<sup>165</sup>, jak również odnośne zalecenie i wytyczne Komisji z 2022 r.<sup>166</sup> pozwolą na pokonanie głównych barier związanych z wydawaniem zezwoleń, które powstrzymują powszechne wprowadzenie źródeł energii odnawialnej. Uzyskanie z wyprzedzeniem dokładnych informacji o planach państw członkowskich dotyczących instalacji wiatrowych pozwoli również na terminowe przygotowanie przyszłych mocy. Równoległe badania naukowe i innowacje w zakresie obiegu zamkniętego przyczynią się do postępu w branży poprzez rozwiązanie problemów środowiskowych i zakłóceń w dostawach, zwiększając tym samym konkurencyjność unijnego sektora energii wiatrowej.

### **3.3.Pompy ciepła do zastosowań w budynkach**

Na poziomie UE pompy ciepła obejmuje się coraz większym wsparciem w ramach Europejskiego Zielonego Ładu, pakietu „Gotowi na 55” i planu REPowerEU<sup>167</sup>. W planie REPowerEU wezwano do podwojenia obecnego tempa instalowania indywidualnych pomp ciepła, co skutkowałoby zainstalowaniem łącznie 10 mln pomp ciepła w ciągu najbliższych 5 lat i 30 mln do 2030 r., czemu towarzyszyłoby zwiększenie mocy produkcyjnych UE. Plan zawiera również apel o szybsze wdrażanie dużych pomp ciepła w sieciach ciepłowniczych i chłodniczych. Powszechne łączne wprowadzenie dachowych instalacji fotowoltaicznych (i słonecznej energii cieplnej) oraz pomp ciepła z inteligentnymi sterownikami reagującymi na obciążenie sieci i sygnały cenowe przyczyniłoby się do dekarbonizacji ogrzewania i zmniejszyło wyzwania związane z integracją sieci.

Analiza technologii: pompy ciepła do zastosowań w budynkach są produktami powszechnie dostępnymi w handlu. Można je sklasyfikować ze względu na źródło, z którego pobierają energię cieplną (powietrze, woda lub grunt), medium, do którego przekazują ciepło (powietrze lub woda), przeznaczenie (ogrzewanie lub chłodzenie pomieszczeń, przygotowanie ciepłej wody użytkowej) oraz segmenty rynku (budynki komercyjne lub mieszkalne oraz sieci).

---

<sup>163</sup> WindEurope/Wood Mackenzie, „Wind energy and economic recovery in Europe” [„Energia wiatrowa a ożywienie gospodarcze w Europie”], 2020.

<sup>164</sup> Dz.U. L 328 z 21.12.2018. Dyrektywa (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.

<sup>165</sup> COM(2021) 557 final („Wniosek w sprawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającej dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001, rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 i dyrektywę 98/70/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz uchylającej dyrektywę Rady (UE) 2015/652”).

<sup>166</sup> SWD(2022) 149 final („Wytyczne dla państw członkowskich w sprawie dobrych praktyk w zakresie przyspieszenia procedur wydawania zezwoleń na projekty dotyczące energii odnawialnej”).

<sup>167</sup> COM(2022) 230 final („Plan REPowerEU”).

Jeśli chodzi o pompy ciepła wykorzystywane głównie do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej, na koniec 2021 r. w Europie było zainstalowanych prawie 17 mln takich urządzeń, a sprzedaż w 2021 r. osiągnęła 2,18 mln sztuk, co oznacza średnioroczną stopę wzrostu w wysokości 17 % w ciągu ostatnich 5 lat i 20 % w ciągu ostatnich 3 lat<sup>168</sup>.

Działania związane z badaniami naukowymi i innowacjami dla indywidualnych pomp ciepła są stymulowane przez zapotrzebowanie na: bardziej wydajne, kompaktowe i ciche urządzenia; większe zakresy temperatur otoczenia; cyfryzację zapewniającą optymalną integrację z sieciami energetycznymi; oraz produkcję i magazynowanie energii na szczeblu lokalnym. Wynikają one również ze zmieniających się przepisów UE dotyczących większej efektywności energetycznej i mniejszego wpływu na środowisko w całym cyklu życia, w tym obiegu zamkniętego materiałów i czynników chłodniczych o niskim współczynniku globalnego ocieplenia (GWP). Badania naukowe i innowacje w zakresie komercyjnych pomp ciepła dotyczą na przykład integracji jednoczesnego dostarczania ciepła i chłodu z przechowywaniem energii cieplnej.

Pozycja UE w dziedzinie badań naukowych i innowacji jest silna i stale się umacnia. UE jest liderem w zakresie patentów w dziedzinie pomp ciepła „do zastosowań głównie grzewczych” w budynkach. W latach 2017–2019 w UE zgłoszono 48 % patentów na „wynałazki o wysokiej wartości”, a kolejne miejsca zajęły Japonia (12 %), Stany Zjednoczone (8 %), Korea (7 %) i Chiny (5 %)<sup>169</sup>. W latach 2014–2022 w ramach programu „Horyzont 2020” przekazano łącznie 277 mln EUR środków na finansowanie projektów dotyczących pomp ciepła do zastosowań w budynkach.

Analiza łańcucha wartości: w 2020 r. obroty sektora produkcji, instalacji i konserwacji pomp ciepła w UE wyniosły 41 mld EUR, a w ciągu ostatnich 3 lat rosły w średnim tempie 21 % rocznie. W 2020 r. liczba bezpośrednich i pośrednich miejsc pracy wyniosła 318 800, co oznacza średnioroczną wzrost o 18 % w ciągu ostatnich 3 lat. Dane te obejmują wszystkie rodzaje pomp ciepła, w tym pompy ciepła powietrze-powietrze wykorzystywane do chłodzenia lub ogrzewania<sup>170</sup>.

Do produkcji pomp ciepła nie są wymagane surowce krytyczne, ale ma na nią wpływ obecny światowy niedobór półprzewodników.

Analiza rynku globalnego: w UE łańcuch wartości pomp ciepła „do zastosowań głównie grzewczych” złożony jest z wielu MŚP i kilku dużych podmiotów. Rośnie udział importowanych pomp ciepła, a deficyt handlowy UE osiągnął w 2021 r. 390 mln EUR, w odróżnieniu od nadwyżki 202 mln EUR odnotowanej 5 lat wcześniej<sup>171</sup>. Wartość przywozu z Chin podwoiła się w 2021 r. i osiągnęła 530 mln EUR.

Podsumowując, wprowadzanie pomp ciepła już teraz postępuje szybko, ale musi jeszcze bardziej przyspieszyć, aby osiągnąć cele REPowerEU. Dostawcy z UE muszą zwiększyć

---

<sup>168</sup> Europejska Organizacja Pomp Ciepła (EHPA), 2022, <https://www.ehpa.org/market-data/>

<sup>169</sup> Lyons, L. i in., Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych, „Heat Pumps in the European Union – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets” [„Pompy ciepła w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu rozwoju technologii, tendencji, łańcuchów wartości i rynków w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, JRC130874.

<sup>170</sup> Na podstawie danych EurObserv'ER, 2020.

<sup>171</sup> COMEXT, kod 841861.

produkcję, aby móc uczestniczyć w zaspokajaniu rosnącego popytu na pompy ciepła w UE. Niektóre stowarzyszenia branżowe twierdzą, że szybsze wycofanie czynników chłodniczych o wysokim współczynniku globalnego ocieplenia spowodowałoby wzrost liczby zastosowań, ale daty zakazu zawarte we wniosku dotyczącym zmiany rozporządzenia w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych<sup>172</sup> zostały zaplanowane tak, aby dać branży wystarczający czas na przystosowanie się. Brak wyszkolonych instalatorów i wysokie koszty wstępne mogą spowolnić wdrażanie technologii pomp ciepła w UE.

Przedstawiciele branży wzywają do utworzenia platformy promującej wdrażanie pomp ciepła, która skupiałaby Komisję, państwa członkowskie i podmioty z sektora. Platforma byłaby wspierana przez jasne i konsekwentne sygnały polityczne, które tworzyłyby grunt pod planowanie długoterminowe; zapewniłaby korzystne ramy regulacyjne; przyczyniałaby się do obniżenia kosztów przez intensyfikację współpracy oraz badań naukowych i innowacji; i wypracowałaby pakt na rzecz umiejętności ukierunkowany na sektor pomp ciepła. Realizując plan REPowerEU, Komisja będzie wspierać działania państw członkowskich zmierzające do połączenia środków publicznych w ramach potencjalnych ważnych projektów stanowiących przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania (projektów IPCEI) koncentrujących się na wprowadzaniu przełomowych technologii i innowacji w całym łańcuchu wartości pomp ciepła i do ustanowienia partnerstwa na rzecz umiejętności na dużą skalę w ramach paktu na rzecz umiejętności.

### 3.4. Baterie

Baterie będą odgrywać kluczową rolę w osiągnięciu celów Europejskiego Zielonego Ładu i wdrażaniu planu REPowerEU<sup>173</sup>, ponieważ mogą zmniejszyć zależność od importu paliw w transporcie, a także zapewnić maksymalne wykorzystanie odnawialnej energii elektrycznej i zmniejszyć ograniczenia w dostępności paliw i energii. Przewiduje się, że do 2030 r. po drogach UE będzie jeździć ponad 50 mln pojazdów elektrycznych<sup>174</sup> (przy czym pojemność ich baterii będzie wynosić co najmniej 1,5 TWh), w użyciu będą także baterie stacjonarne o łącznej pojemności ponad 80 GW/160 GWh<sup>175</sup>. UE stopniowo zmierza do tego, by do 2035 r. wszystkie nowe pojazdy w Europie były zeroemisyjne, zgodnie z celem, jakim jest osiągnięcie do 2050 r. zeroemisyjności całej floty samochodowej UE liczącej 270 mln pojazdów (w większości elektrycznych). Głównym czynnikiem napędzającym popyt na baterie jest elektromobilność. Przewiduje się, że baterie litowo-jonowe będą dominować na rynku jeszcze długo po 2030 r., ale równolegle rozwijane są inne technologie.

Analiza technologii: pomimo zakłóceń w dostawach chipów i magnezu wdrażanie technologii produkcji baterii w UE osiągnęło historycznie wysoki poziom: w 2021 r. sprzedano 1,7 mln nowych pojazdów elektrycznych, co pozwoliło na zdobycie 18 % rynku

---

<sup>172</sup> COM(2022) 150 final („Wniosek dotyczący rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych zmieniającego dyrektywę (UE) 2019/1937 i uchylającego rozporządzenie (UE) nr 517/2014”).

<sup>173</sup> COM(2022) 230 final („Plan REPowerEU”).

<sup>174</sup> „Policy scenarios for delivering the European Green Deal” [„Scenariusze polityczne dotyczące realizacji Europejskiego Zielonego Ładu”], Komisja Europejska, 2021. Dokument dostępny pod adresem: [https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal\\_en](https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_en)

<sup>175</sup> „Policy scenarios for delivering the European Green Deal” [„Scenariusze polityczne dotyczące realizacji Europejskiego Zielonego Ładu”], Komisja Europejska, 2021. Dokument dostępny pod adresem: [https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal\\_en](https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_en)

(w porównaniu z 3 % w 2019 r. i 10,5 % w 2020 r.<sup>176</sup>) i wyprzedzenie Chin (16 %). Sprzedaż pojazdów elektrycznych w poszczególnych państwach wahała się od 1,3 % na Cyprze do 45 % w Szwecji. Szybko rośnie również unijny rynek baterii stacjonarnych, który według prognoz osiągnie 8 GW/13,7 GWh do końca 2022 r.<sup>177</sup> Konieczne jest jednak dalsze przyspieszenie tego wzrostu, aby zmniejszyć zależność od elektrowni gazowych wykorzystywanych podczas szczytowego zapotrzebowania, zgodnie z celami planu REPowerEU.

W 2021 r. średnia cena baterii spadła o 6 % do około 116 EUR/kWh<sup>178</sup> na rynku globalnym i do około 150 EUR/kWh na rynku unijnym. Jest to kontynuacja utrzymującej się od wielu lat tendencji. Wraz ze wzrostem cen w 2022 r. spowodowanym wstrząsami po stronie podaży obecnie tendencja ta się jednak odwraca (np. wiosną 2022 r. cena węgla litu wzrosła o 974 % w stosunku do 2021 r.<sup>179</sup>). Zestawy baterii będą w 2022 r. co najmniej o 15 % droższe niż w 2021 r.<sup>180</sup> Koszt systemu w przypadku zastosowań baterii litowo-jonowych w skali sieci wynosił w 2021 r. ok. 350 EUR/kWh<sup>181</sup>, a w przypadku domowych systemów magazynowania był mniej więcej dwukrotnie wyższy.

Analiza łańcucha wartości: za niemal całą masową produkcję baterii litowo-jonowych w UE w 2021 r. nadal odpowiadali azjatyccy producenci mający siedziby w UE (Węgry i Polska). Dzięki budowie nowych gigafabryk UE (zwłaszcza Niemcy i Szwecja) będzie stopniowo zyskiwać znaczenie na rynku. Szwedzkie przedsiębiorstwo Northvolt pod koniec 2021 r. wyprodukowało pierwsze ogniwo baterii wykonane w 100 % z niklu, manganu i kobaltu pochodzących z recyklingu, a w 2022 r. rozpoczęło dostawy komercyjne takich ogniw. Producent deklaruje, że dysponuje wysoce wydajnym procesem recyklingu z odzyskiem do 95 % metali z baterii<sup>182</sup>.

Oczekuje się, że do końca 2022 r. UE osiągnie ponad 75 GWh<sup>183</sup> mocy zainstalowanej (w porównaniu z 44 GWh w połowie 2021 r.). Na podstawie realizowanych obecnie projektów można stwierdzić, że UE jest na dobrej drodze do zaspokojenia 69 % popytu na baterie

<sup>176</sup> Europejskie Stowarzyszenie Producentów Samochodów (ACEA), luty 2022 r., <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-9-1-hybrid-19-6-and-petrol-40-0-market-share-full-year-2021/>

<sup>177</sup> „European Market Monitor on Energy Storage” [„Europejski monitor rynku magazynowania energii”], szóste wydanie (EMMES 6.0), <https://ease-storage.eu/publication/emmes-6-0-june-2022/>

<sup>178</sup> BNEF, „Battery Pack Prices Fall to an Average of \$132/kWh” [„Ceny zestawów baterii spadają do średnio 132 USD/kWh”], 30 listopada 2021 r. Kurs wymiany: 0,8826 EUR za 1 USD z 30 listopada 2021 r.

<sup>179</sup> Energy Storage News, „BloombergNEF predicts 30 % annual growth for global energy storage market to 2030” [„BloombergNEF prognozuje 30 % roczny wzrost globalnego rynku magazynów energii do 2030 r.”], 4 kwietnia 2022 r.

<sup>180</sup> MAE, „Global EV outlook 2022” [„Globalne perspektywy dla pojazdów elektrycznych na 2022 r.”], 2022.

<sup>181</sup> Na podstawie webinarium Aurora Energy Research z 21 kwietnia 2022 r. „How high can battery costs get?” [„Jak bardzo mogą wzrosnąć koszty baterii?”].

<sup>182</sup> NorthVolt.com, „Northvolt produces first fully recycled battery cell” [„Northvolt produkuje pierwsze ogniwa baterii z wykorzystaniem materiałów pochodzących wyłącznie z recyklingu”], 12 listopada 2021 r.

<sup>183</sup> W tym LG Chem (Polska): 32 GWh; Samsung SDI (Węgry): 20 GWh; Northvolt (Szwecja): 16 GWh; SK Innovation (Węgry): 7,5 GWh („Benchmark Minerals: Europe’s EV gigafactory capacity pipeline to grow 6-fold to 789.2 GWh to 2030 – Green Car Congress” [„Moce produkcyjne gigafabryki pojazdów elektrycznych w Europie wzrosną 6-krotnie do 789,2 GWh do 2030 r. – Kongres Zielonych Samochodów”]). Inni producenci, np. SAFT, MES i Leclanché, wnoszą wkład w postaci mniejszych mocy, ale zwiększając wielkość produkcji.

do 2025 r. i 89 % do 2030 r.<sup>184</sup> Dzieje się tak w dużej mierze dzięki inicjatywom europejskiego sojuszu na rzecz baterii<sup>185</sup>.

Segment wyższego szczebla surowców nadal charakteryzuje się najmniejszą odpornością w łańcuchu wartości baterii. Pomimo szeregu inicjatyw na szczeblu UE luka w dostawach surowców do produkcji baterii zwiększyła się w 2021 r.<sup>186</sup> Zużyte baterie są nadal w większości wysyłane do Azji w celu recyklingu<sup>187</sup>.

UE szybko rozwija technologię litowo-jonową (w szczególności najbardziej wydajny komponent NMC<sup>188</sup>), lecz robi zbyt wolne postępy w przypadku technologii baterii stacjonarnych opartych na powszechnie dostępnych surowcach (np. baterii przepływowymi i baterii sodowo-jonowych – te ostatnie mają również duży potencjał, jeżeli chodzi o produkcję pojazdów elektrycznych, biorąc pod uwagę m.in. zmiany w Chinach). UE wolniej wdraża również tańszą technologię litowo-(jonowo)-żelazowo-fosforanową (LFP), która jest coraz częściej stosowana w Azji i mniej zależna od surowców krytycznych.

Analiza rynku globalnego: Chiny kontrolują 80 % globalnej mocy przerobowej rafinerii surowców do produkcji baterii litowo-jonowych, 77 % zdolności produkcyjnych w zakresie ogniw i 60 % mocy produkcyjnych w zakresie komponentów baterii<sup>189</sup>. Deficyt handlowy UE w zakresie baterii litowo-jonowych nadal rósł w 2021 r. i osiągnął 5,3 mld EUR<sup>190</sup> (wzrost o 25 % w stosunku do 2020 r.). UE odpowiada za około 19 % światowej produkcji pojazdów elektrycznych<sup>191</sup>, ale jej udział w łańcuchu dostaw wyższego szczebla jest bardzo mały (z wyjątkiem przetwarzania kobaltu). Produkcja i wprowadzanie autobusów elektrycznych w UE (na koniec 2021 r. w użyciu było 7 356 autobusów elektrycznych) jest nieznaczną w porównaniu z Chinami, które posiadają ponad 90 % światowego zasobu 670 000 autobusów elektrycznych<sup>192</sup>.

Podsumowując, UE w coraz większym stopniu buduje bardzo potrzebne zdolności technologiczne w zakresie tańszego magazynowania/długoterminowego magazynowania (np. technologie produkcji baterii sodowo-jonowych; baterii cynkowych; baterii przepływowych) i ma silną pozycję, jeśli chodzi o produkty końcowe (zwłaszcza produkcję i wdrażanie pojazdów elektrycznych, z wyjątkiem segmentu autobusów elektrycznych). UE szybko nadrabia również zaległości w produkcji ogniw, jeśli chodzi o technologię litowo-jonową, i jest na dobrej drodze, aby stać się prawie samowystarczalną w produkcji baterii do 2030 r. Pomimo prowadzonych obecnie inicjatyw stałym problemem jest brak produkcji krajowej surowców i materiałów zaawansowanych. UE dąży do zwiększenia wysiłków, aby sprostać

---

<sup>184</sup> EIT InnoEnergy, „Contribution for High-Level ministerial meeting on batteries” [„Wkład w spotkanie ministerialne wysokiego szczebla w sprawie baterii”], luty 2022 r.

<sup>185</sup> [Europejski sojusz na rzecz baterii \(europa.eu\)](https://europejski-sojusz-na-rzecz-baterii.eu).

<sup>186</sup> EIT Innoenergy, „Contribution for High-Level ministerial meeting on batteries” [„Wkład w spotkanie ministerialne wysokiego szczebla w sprawie baterii”], luty 2022 r.

<sup>187</sup> EBA250, program rozwoju przemysłowego europejskiego sojuszu na rzecz baterii, <http://www.eba250.com/>

<sup>188</sup> NMC = nikiel-mangan-kobalt.

<sup>189</sup> Willuhn, M., „National lithium-ion battery supply chains ranked” [„Ranking krajowych łańcuchów dostaw baterii litowo-jonowych”], PV Magazine, 16 września 2020 r.

<sup>190</sup> Dane COMEXT z 2022 r.

<sup>191</sup> Na podstawie danych produkcyjnych Prodcom z 2021 r. dla UE i danych MAE dotyczących globalnej sprzedaży pojazdów elektrycznych w 2021 r.

<sup>192</sup> MAE, „EV Outlook”, 2022.

tym wyzwaniom, począwszy od wydobycia po rafinację, od przetwarzania po recykling, np. poprzez przyjęcie europejskiego aktu w sprawie surowców krytycznych.

### 3.5. Produkcja wodoru odnawialnego w procesie elektrolizy wody

Wodór odnawialny<sup>193</sup> ma ogromny potencjał, aby przyczynić się do osiągnięcia celów UE w zakresie klimatu i energii. Może być używany jako paliwo w sektorach trudnych do elektryfikacji (np. w transporcie dalekobieżnym i ciężkim); jako surowiec chemiczny (np. nawozy i inne chemikalia); oraz w procesach przemysłowych (np. produkcja stali lub cementu). Przewiduje się, że wodór i jego pochodne będą stanowić 12 % światowego koszyka energetycznego w 2050 r.<sup>194</sup>, jednak obecnie wodór odnawialny wykorzystujący elektrolizę wody stanowi zaledwie 0,1 % całkowitej produkcji UE.

REPowerEU jeszcze bardziej wzmocnił cele polityczne strategii wodorowej z 2020 r.<sup>195</sup>, wyznaczając cele na 2030 r. w zakresie odnawialnego i niskoemisyjnego wodoru – 10 Mt z produkcji unijnej i 10 Mt z importu (częściowo w postaci amoniaku). Utworzenie Europejskiego Banku Wodoru przyspieszy produkcję i wykorzystanie wodoru odnawialnego oraz pomoże w skoordynowanym rozwoju niezbędnej infrastruktury<sup>196</sup>.

Komisja i wiodący unijni producenci elektrolizerów zobowiązali się, że do 2025 r. dziesięciokrotnie zwiększą moce produkcyjne w zakresie produkcji wodoru – do 17,5 GW<sup>197</sup>. Ponadto w krajowych planach odbudowy i zwiększania odporności państw członkowskich przeznaczono około 10,6 mld EUR na technologie wodorowe, a w 2022 r. (w lipcu i we wrześniu) Komisja zatwierdziła dwa ważne projekty stanowiące przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania na inwestycje o wartości 5,4 mld EUR i 5,2 mld EUR, w których realizację zaangażowanych jest odpowiednio 15 i 13 państw członkowskich.

Analiza technologii: z 300 MW mocy na całym świecie w 2020 r.<sup>198</sup> Europa (w tym Zjednoczone Królestwo i państwa EFTA) odpowiadała za 135 MW mocy zainstalowanej w 2021 r. Elektrolizery membranowe typu PEM i elektrolizery alkaliczne stanowią odpowiednio 55 % i 44 % mocy zainstalowanej na terytorium Europy (w tym w państwach EFTA i Zjednoczonym Królestwie)<sup>199</sup>.

Łączne uśrednione koszty wytworzenia energii są głównym czynnikiem wpływającym na rentowność inwestycji w elektrolizery, a rosnące ceny energii elektrycznej pozostają jednym z kluczowych wyzwań dla efektywności ekonomicznej konkurencyjnej produkcji elektrolizerów wodoru.

Koszt produkcji wodoru ze źródeł odnawialnych w Europie waha się (w 2020 r.) od mediany 6,8 EUR/kgH<sub>2</sub> (produkcja oparta na energii fotowoltaicznej) do mediany 5,5 EUR/kgH<sub>2</sub>

<sup>193</sup> KE definiuje wodór odnawialny jako wodór produkowany przy użyciu odnawialnej energii elektrycznej lub uzyskiwany z biomasy, która spełnia wymogi redukcji emisji CO<sub>2</sub> o 70 % (w porównaniu z paliwami kopalnymi). KE określiła próg dla „wodoru niskoemisyjnego” w pakiecie dotyczącym dekarbonizacji gazu i wodoru z dnia 15 grudnia 2021 r. (COM(2021) 803 final).

<sup>194</sup> IRENA, „Geopolitics of Energy Transformation: the Hydrogen Factor” [„Geopolityka transformacji energetycznej: wodór jako czynnik”], Abu Zabi, 2022.

<sup>195</sup> COM(2020) 301 („Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu”).

<sup>196</sup> Zgodnie z orędziem o stanie Unii za 2022 r. wygłoszonym 14 września 2022 r.: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/SPEECH\\_22\\_5493](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/SPEECH_22_5493)

<sup>197</sup> Wspólna deklaracja z dnia 5 maja 2022 r., <https://ec.europa.eu/documents/50014/>.

<sup>198</sup> „Global Hydrogen Review” [„Globalny przegląd sektora wodoru”], MAE, 2021.

<sup>199</sup> „The Clean Hydrogen Monitor”, Hydrogen Europe, 2021.

(produkcja oparta na energii wiatrowej)<sup>200</sup>. Oczekuje się, że koszty elektrolizerów spadną w związku z zastosowaniem elektrolizy wysokotemperaturowej: z 2 130 EUR/kW w 2020 r. do 520 EUR/kW w 2030 r. W 2030 r. docelowe koszty elektrolizerów membranowych typu PEM i elektrolizerów alkalicznych wyniosą odpowiednio 500 EUR/kW i 300 EUR/kW<sup>201</sup>.

Analiza łańcucha wartości: moc produkcyjną elektrolizerów wodnych w 2021 r. w Europie oszacowano na 2,5 GW/rok<sup>202</sup>. Globalne moce produkcyjne oszacowano na około 6–7 GW/rok (zarówno na rynku europejskim, jak i światowym około dwie trzecie stanowią elektrolizery alkaliczne, a około jedna trzecia to elektrolizery membranowe typu PEM)<sup>203</sup>.

Wielkość produkcji w Europie jest niższa niż w Chinach i Stanach Zjednoczonych. Szacuje się, że chińskie firmy posiadają połowę światowych mocy produkcyjnych w zakresie elektrolizy alkalicznej, a amerykańskie firmy odpowiadają za większość światowej produkcji w zakresie elektrolizy PEM. Europa jest liderem pod względem liczby przedsiębiorstw produkcyjnych i elektrolizy tlenków stałych, ale jest zależna od krajów takich jak Chiny, Rosja i Republika Południowej Afryki w zakresie dostaw niezbędnych surowców krytycznych, których jest w stanie pozyskać tylko 1–3 % na własnym terenie<sup>204</sup>.

Zużycie wody (obecnie około 17 l/kgH<sub>2</sub>) związane z wdrożeniem większej produkcji wodoru odnawialnego zwiększy obciążenie zasobów wody słodkiej, dlatego nowe lokalizacje elektrolizerów powinny być zgodne z ramową dyrektywą wodną<sup>205</sup>, aby chronić również przed wąskimi gardłami produkcyjnymi związanymi z wodą.

Analiza rynku globalnego: handel międzynarodowy zaspokaja jedynie 0,2 % całkowitego rocznego popytu na wodór (nieodnawialny) w Europie wynoszącego 8,4 mln ton<sup>206</sup>. Mimo że międzynarodowy obrót wodorem jeszcze nie funkcjonuje, dostępne są znaczne możliwości handlowe w zakresie przyszłych dostaw wodoru odnawialnego do UE, jak określono w planie REPowerEU.

Podsumowując, bez większych systemów montażowych, większej automatyzacji i korzyści skali UE nie może konkurować z Chinami w dziedzinie technologii alkalicznych.

Obecnie wysokie ceny energii elektrycznej i uzależnienie od importu surowców krytycznych skoncentrowanych u kilku dostawców stanowią podstawowe słabości łańcuchów wartości elektrolizerów w UE. Potrzebne są długoterminowe umowy o współpracy. Istnieje również potrzeba przeprowadzenia wyspecjalizowanych badań nad alternatywami dla metali ziem rzadkich i innych surowców krytycznych, które są obecnie niezbędne do elektrolizy wody. Ponadto powodzenie w dłuższej perspektywie zależy od zrównoważonych dostaw wody i wystarczających zdolności w zakresie recyklingu w UE, a także od kompleksowego

<sup>200</sup> „The Clean Hydrogen Monitor”, Hydrogen Europe, 2021.

<sup>201</sup> „Strategiczny program badań i innowacji na lata 2021–2027”, partnerstwo na rzecz czystego wodoru.

<sup>202</sup> „Joint Declaration of the European Electrolyser Summit” [„Wspólna deklaracja europejskiego szczytu dotyczącego elektrolizerów”], Bruksela, 5 maja 2022 r.

<sup>203</sup> BNEF, 2021. Należy zauważyć, że różne źródła podają różne szacunki rocznej zdolności produkcyjnej.

<sup>204</sup> Dolci, F. i in., „Clean Energy Technology Observatory: Hydrogen Electrolysis – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets” [„Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych: Elektroliza wodoru – sprawozdanie dotyczące stanu rozwoju technologii, tendencji, łańcuchów wartości i rynków w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, JRC130683.

<sup>205</sup> Dz.U. L 327 z 22.12.2000. Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.

<sup>206</sup> Hydrogen Europe, „Clean Hydrogen Europe”, 2021. Roczny popyt na wodór uwzględnia Islandię, Norwegię, Szwajcarię i Zjednoczone Królestwo.

podejścia do przyciągania popytu i podaży. Wsparcie unijnych ram regulacyjnych i finansowych, a także duże inwestycje za pośrednictwem funduszy odbudowy, projektów IPCEI, polityki spójności, programu „Horyzont Europa”, Wspólnego Przedsięwzięcia na rzecz Czystego Wodoru<sup>207</sup> i funduszu innowacyjnego mają kluczowe znaczenie dla konkurencyjności unijnego przemysłu wodoru odnawialnego.

### 3.6. Paliwa odnawialne

Technologie paliw odnawialnych mogą w perspektywie krótkoterminowej znacząco przyczynić się do obniżenia emisyjności transportu oraz zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii i dywersyfikacji źródeł energii. W planie REPowerEU<sup>208</sup> wskazano w szczególności, że biometan<sup>209</sup> ma kluczowe znaczenie dla dywersyfikacji dostaw gazu w UE poprzez dwukrotne zwiększenie jego produkcji powyżej unijnych wartości docelowych na 2030 r., co stawia biometan na szczycie priorytetów w zakresie energii odnawialnej.

Wnioski ustawodawcze zawarte w pakiecie „Gotowi na 55”<sup>210</sup> spowodują powstanie znacznego popytu na energię odnawialną w sektorze transportu w 2030 r., który znacznie przekroczy wartości docelowe dotyczące udziału zaawansowanych biopaliw i paliw odnawialnych pochodzenia niebiologicznego określone w zmienionym wniosku dotyczącym przekształconej dyrektywy w sprawie energii odnawialnej<sup>211</sup>. Wynika to z celu polegającego na ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych o 13 % w sektorze transportu (prawdopodobnie nie zostanie on osiągnięty wyłącznie poprzez elektryfikację) oraz wyższych celów w zakresie ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, które wynosiły odpowiednio 40 % i 61 % w zmienionych wnioskach dotyczących rozporządzenia w sprawie wspólnego wysiłku redukcyjnego<sup>212</sup> i dyrektywy o handlu emisjami<sup>213</sup> (jeżeli miałyby one zostać osiągnięte przy równym udziale sektora transportu). W planie REPowerEU zaproponowano dalsze zwiększenie wymaganych ilości paliw odnawialnych. W przeciwieństwie do transportu drogowego, którego dekarbonizacja ma się w dużej mierze opierać na energii elektrycznej i wodrze<sup>214</sup>, we wnioskach RefuelEU Aviation i FuelEU Maritime przewiduje się, że paliwa

---

<sup>207</sup> Do połowy 2022 r. w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia na rzecz Czystego Wodoru przeznaczono na ten cel 150,5 mln EUR, ze środków programu „Horyzont 2020” udostępniono 130 mln EUR, a w ramach funduszu innowacyjnego objęto wsparciem cztery projekty, przeznaczając na ten cel 240 mln EUR.

<sup>208</sup> COM(2022) 230 final („Plan REPowerEU”).

<sup>209</sup> Zwłaszcza gdy jest produkowany z odpadów organicznych i pozostałości – powstaje wówczas zaawansowane biopaliwo stosowane w sektorze transportu.

<sup>210</sup> COM(2021) 550 final („Gotowi na 55«: osiągnięcie unijnego celu klimatycznego na 2030 r. w drodze do neutralności klimatycznej”).

<sup>211</sup> COM(2021) 557 final (zmiana dyrektywy 2018/2001, rozporządzenia 2018/1999 i dyrektywy 98/70/WE w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych).

<sup>212</sup> COM(2021) 555 final („Wniosek dotyczący rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającego rozporządzenie (UE) 2018/842 w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r. przyczyniających się do działań na rzecz klimatu w celu wywiązania się z zobowiązań wynikających z porozumienia paryskiego”).

<sup>213</sup> COM(2021) 551 final („Wniosek dotyczący dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającej dyrektywę 2003/87/WE ustanawiającą system handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych w Unii, decyzję (UE) 2015/1814 w sprawie ustanowienia i funkcjonowania rezerwy stabilności rynkowej dla unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych i rozporządzenie (UE) 2015/757”).

<sup>214</sup> Głównymi czynnikami politycznymi w tym sektorze są normy emisji CO<sub>2</sub> i rozporządzenie w sprawie infrastruktury paliw alternatywnych (AFIR) zaproponowane w ramach pakietu „Gotowi na 55”.

odnawialne będą stanowiły 5 % i 6,5 % całkowitego zużycia paliwa w sektorze lotniczym i morskim w UE<sup>215, 216</sup>.

Analiza technologii: istnieją ścieżki komercyjne (np. fermentacja beztlenowa do biometanu, produkcja uwodornionego oleju roślinnego i etanolu lignocelulozowego), lecz moc zainstalowana jest niewielka (0,43 Mt/rok), a planowana produkcja jest ograniczona (1,85 Mt/rok). W środowisku przemysłowym zademonstrowano szereg innowacyjnych technologii (np. zgazowanie biomasy na paliwa syntetyczne metodą Fischera-Tropscha, paliwa otrzymane w wyniku pirolizy i produkcję biometanolu), które są gotowe do rozpoczęcia produkcji. Zauważalny postęp dokonuje się w kilku technologiach nowej generacji. UE koncentruje swoje działania na zaawansowanych biopaliwach, produkowanych głównie z odpadów i pozostałości nienadających się do recyklingu, i ogranicza wsparcie dla biopaliw produkowanych z roślin spożywczych i pastewnych.

Technologie w zakresie innych odnawialnych paliw syntetycznych (paliwa słoneczne, paliwa mikrobiologiczne 2. generacji i paliwa z mikroalg) w większości nadal znajdują się na etapie laboratoryjnym. Nawet w przypadku e-paliw najbardziej zaawansowane technologie nie zostały jeszcze wprowadzone na skalę komercyjną ze względu na utrzymujące się wyzwania technologiczne, obecnie wysokie koszty elektrolizy, wysokie straty konwersji (50 %) oraz wysokie koszty transportu i dystrybucji<sup>217</sup>.

Analiza łańcucha wartości: głównym wyzwaniem dla wprowadzenia na rynek zaawansowanych biopaliw jest ich konkurencyjność w stosunku do istniejących konwencjonalnych biopaliw pochodzących z upraw roślin spożywczych. Koszt zaawansowanych biopaliw szacuje się na 1,5–3 razy wyższy od ceny rynkowej tradycyjnych biopaliw takich jak biodiesel i bioetanol (koszt ustalony na poziomie 50–100 EUR/MWh). Zaawansowane biopaliwa wiążą się również z wysokimi nakładami inwestycyjnymi (do 500 mln EUR na pojedynczy zakład) i są powiązane z dostępnością zrównoważonych surowców do biomasy. Istnieje znaczny potencjał obniżenia kosztów kapitałowych o 25–50 % i kosztów surowców o 10–20 %, w szczególności poprzez badania naukowe i innowacje, wdrażanie na dużą skalę i wspólne przetwarzanie w istniejących zakładach.

Prywatne finansowanie badań naukowych i innowacji w dziedzinie biopaliw przy użyciu kapitału wysokiego ryzyka<sup>218</sup> wynosiło średnio 250 mln EUR rocznie w latach 2010–2021. W ciągu ostatnich 5 lat prym wiodły Stany Zjednoczone i Kanada (choć ich definicje biopaliw są różne), natomiast udział UE wynosił zaledwie 6 %. UE jest jednak liderem, który może poszczycić się dwukrotnie większą liczbą patentów o wysokiej wartości niż USA. Chiny posiadają najwięcej patentów o niskim poziomie innowacyjności, a liczba zgłoszeń patentowych UE rośnie w USA i Chinach.

---

<sup>215</sup> SWD(2021) 633 final („Ocena skutków towarzysząca wnioskowi dotyczącemu rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie zapewnienia równych warunków działania dla zrównoważonego transportu lotniczego”).

<sup>216</sup> COM(2021) 562 final („Wniosek dotyczący rozporządzenia w sprawie stosowania paliw odnawialnych i niskoemisyjnych w transporcie morskim”).

<sup>217</sup> 50 % w przypadku e-paliw. Oczekuje się, że koszty e-paliwa wynoszące obecnie 7 EUR/litr spadną do 1–3 EUR/litr do 2050 r. ze względu na korzyści skali, efekty uczenia się i przewidywany spadek cen energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.

<sup>218</sup> Inwestycje prywatne obejmują kapitał wysokiego ryzyka, anioły biznesu i kapitał załączkowy oraz dotacje. 57 % inwestycji od 2010 r. miało miejsce w USA, 28 % w Kanadzie i tylko 10 % w całej UE (Sprawozdanie opracowane przez JRC CETO dotyczące zaawansowanych biopaliw za 2022 r.).

Analiza rynku globalnego: w UE koncentruje się około 7 % wartości światowego rynku biopaliw (tj. około 105 mld EUR w 2020 r.), która generowana jest głównie przez biodiesla pierwszej generacji. Moment szczytowy przypadł na 2018 r.<sup>219</sup> – obroty osiągnęły wówczas poziom 14,4 mld EUR, z czego większość została wygenerowana we Francji, Niemczech i Hiszpanii. W całym łańcuchu wartości w UE utworzono 250 000 bezpośrednich i pośrednich miejsc pracy. W UE siedzibę ma również 29 % innowacyjnych przedsiębiorstw na świecie, przy czym najwięcej przedsiębiorstw ma siedzibę w Stanach Zjednoczonych i Japonii.

Sektor zaawansowanych biopaliw dopiero się rozwija. Liczba zakładów komercyjnych jest nadal dość niska, a handel międzynarodowy – bardzo ograniczony. UE jest światowym liderem – dysponuje 19 z 24 działających komercyjnych zakładów produkujących zaawansowane biopaliwa. Najwięcej z nich znajduje się w Szwecji i Finlandii (łącznie 12)<sup>220</sup>.

Wszystkie biopaliwa mogą być przedmiotem handlu międzynarodowego. Handel międzynarodowy jest mniejszy niż w przypadku ich kopalnych odpowiedników i prawie nie istnieje w przypadku zaawansowanych biopaliw. Import biopaliw do UE stale rośnie od 2014 r. W 2021 r. deficyt w handlu biopaliwami wyniósł ponad 2 mld EUR, a import pochodził głównie z Argentyny, Chin i Malezji. Niderlandy i Niemcy są największymi producentami w UE i światowymi eksporterami biopaliw.

Podsumowując, mimo że zainstalowana i planowana zdolność produkcyjna w zakresie paliw odnawialnych do 2030 r. jest minimalna, a potencjał zaawansowanych biopaliw ze zrównoważonych surowców w UE jest ograniczony, sektor ten może jednak przyczynić się do osiągnięcia celów w zakresie dostosowania emisji gazów cieplarnianych określonych w pakiecie „Gotowi na 55” i w wystarczającym stopniu wyrównać wszelkie opóźnienia w elektryfikacji transportu. Aby w pełni wykorzystać potencjał paliw odnawialnych w transporcie, należy przezwyciężyć niektóre zagrożenia techniczne i ekonomiczne. Koszt wszystkich paliw odnawialnych, a w szczególności paliw syntetycznych, jest nadal wysoki, ponieważ opierają się one na cenach energii odnawialnej i wodoru. Niemniej jednak zaawansowane biopaliwa opierają się na lokalnych zrównoważonych zasobach biomasy i krótkich łańcuchach dostaw, które tworzą dużą liczbę miejsc pracy dla wykwalifikowanych pracowników, zmniejszają ubóstwo energetyczne i napędzają konkurencyjność przemysłu. UE jest zdecydowanym liderem rynku w zakresie działających komercyjnych zakładów produkujących zaawansowane biopaliwa i innowacji o wysokiej wartości. Przedsiębiorstwa z UE należą obecnie do pierwszej dziesiątki na świecie, grozi im jednak utrata pozycji lidera w dziedzinie technologii ze względu na brak prywatnego finansowania. Z tego powodu – oprócz energii produkowanej w UE – należy rozważyć również możliwości eksportowe bazowych technologii europejskich.

---

<sup>219</sup> W sprawozdaniu dotyczącym zaawansowanych biopaliw podano, że w 2020 r. najwyższe obroty odnotowano we Francji (nieco ponad 2 500 mln EUR), następnie w Niemczech i Hiszpanii (po około 1 500 mln EUR) oraz na Węgrzech, w Rumunii i Polsce (nieco mniej niż 1 000 mln EUR w każdym z tych państw) (zob. „Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych: zaawansowane biopaliwa w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu rozwoju technologii, tendencji, łańcuchów wartości i rynków w 2022 r.”, JRC130727).

<sup>220</sup> Szwecja ma 8 zakładów, Finlandia 4, Hiszpania i Włochy po 2, a Francja i Niderlandy po 1. Poza UE USA mają 2 zakłady, a Chiny, Indonezja, Japonia i Norwegia po 1 (Sprawozdanie opracowane przez JRC CETO dotyczące zaawansowanych biopaliw za 2022 r.).

### 3.7. Inteligentne technologie zarządzania energią

W ostatnich latach w unijnych i krajowych strategiach politycznych wyraźnie uznano znaczenie inteligentnych sieci elektroenergetycznych. W strategii UE dotyczącej integracji systemu energetycznego z 2020 r.<sup>221</sup> dostrzeżono znaczenie inteligentnych sieci dla osiągnięcia celów unijnej polityki energetycznej i klimatycznej. W zmienionym rozporządzeniu w sprawie wytycznych dotyczących transeuropejskiej infrastruktury energetycznej z 2022 r.<sup>222</sup> wskazano wdrożenie inteligentnych sieci elektroenergetycznych jako jeden z priorytetowych obszarów tematycznych<sup>223</sup>. W swoich planach odbudowy i zwiększania odporności (RRP) państwa członkowskie uznały potencjał rozwiązań cyfrowych w zakresie uczynienia sieci elektroenergetycznych bardziej inteligentnymi<sup>224</sup>. Odnotowano postępy w dziedzinie elektryfikacji i uczynienia sieci bardziej inteligentną, ale konieczne jest dalsze wzmacnianie infrastruktury elektroenergetycznej w celu wdrożenia planu REPowerEU. Do wyzwań należą redukcja, wymiana danych między różnymi podmiotami, elastyczność, interoperacyjność i gotowość technologiczna. Plan działania UE na rzecz cyfryzacji systemu energetycznego<sup>225</sup> obejmuje szereg środków mających na celu pokonanie tych barier.

Ze względu na znaczną liczbę inteligentnych technologii w dziedzinie energii oraz ich szeroki zakres w niniejszej sekcji skoncentrowano się na przedstawieniu oceny istotnych zmian technologicznych i rynkowych w odniesieniu do wyłącznie trzech kluczowych technologii: (i) zaawansowanej infrastruktury pomiarowej; (ii) systemów zarządzania energią w domach; oraz (iii) inteligentnego ładowania pojazdów elektrycznych.

#### i) Zaawansowana infrastruktura pomiarowa

Systemy zaawansowanej infrastruktury pomiarowej<sup>226</sup> przynoszą – zarówno dostawcom usług energetycznych, jak i konsumentom – szereg korzyści, takich jak: obniżenie rachunków za energię elektryczną dzięki lepszemu zarządzaniu jej zużyciem; lepsza obserwowalność sieci, a co za tym idzie – lepsze zarządzanie wyłączeniami; zmniejszenie kosztów aktualizacji sieci dzięki lepszemu zarządzaniu szczytowymi poziomami zapotrzebowania na energię elektryczną; oraz lepsza kontrola konsumentów dzięki wykorzystaniu zaawansowanej infrastruktury konsumenckiej (tj. inteligentnych aplikacji oraz portali internetowych)<sup>227</sup>.

<sup>221</sup> COM(2020) 299 final („Impuls dla gospodarki neutralnej dla klimatu: strategia UE dotycząca integracji systemu energetycznego”).

<sup>222</sup> Dz.U. L 152 z 3.6.2022. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2022/869 z dnia 30 maja 2022 r. w sprawie wytycznych dotyczących transeuropejskiej infrastruktury energetycznej, zmiany rozporządzeń (WE) nr 715/2009, (UE) 2019/942 i (UE) 2019/943 oraz dyrektyw 2009/73/WE i (UE) 2019/944 oraz uchylecia rozporządzenia (UE) nr 347/2013.

<sup>223</sup> Zgodnie z rozporządzeniem wymaga się, aby projekty inteligentnych sieci energetycznych przyczyniały się do spełnienia co najmniej dwóch z następujących kryteriów: (i) bezpieczeństwo dostaw; (ii) integracja rynku; (iii) bezpieczeństwo sieci, elastyczność i jakość dostaw; oraz (iv) integracja inteligentnych sektorów.

<sup>224</sup> Komisja Europejska, tablica wyników w zakresie odbudowy i zwiększania odporności. „Thematic Analysis: Digital public services” [„Analiza tematyczna: publiczne usługi cyfrowe”], grudzień 2021 r.

<sup>225</sup> COM(2022) 552 final, Transformacja cyfrowa systemu energetycznego – plan działania UE.

<sup>226</sup> Systemy zaawansowanej struktury pomiarowej składają się z różnych elementów. Ich zasadniczą częścią są inteligentne liczniki, a ich uzupełnienie stanowią sieci komunikacyjne i systemy zarządzania danymi.

<sup>227</sup> „Advanced Metering Infrastructure and Customer Systems, Results from the Smart Grid Investment Grant Program” [„Zaawansowana infrastruktura pomiarowa i systemy konsumenckie, wyniki programu dotacji inwestycyjnych dla inteligentnych sieci energetycznych”], Biuro Dostaw Energii Elektrycznej i Niezawodności Energetycznej, Departament Energetyki USA, [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/AMI%20Summary%20Report\\_09-26-16.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/AMI%20Summary%20Report_09-26-16.pdf)

W UE trwa proces wdrażania inteligentnych systemów pomiarowych, ale wymaga on dalszego przyspieszenia. W 2020 r. zaledwie 43 % konsumentów posiadało inteligentny licznik elektryczny (co odpowiada ok. 123 mln sztuk w UE i Zjednoczonym Królestwie)<sup>228</sup>. Zaawansowana infrastruktura pomiarowa ma różne funkcjonalności: w większości krajów udostępnia za pośrednictwem interfejsu licznika szczegółowe informacje dotyczące zużycia (np. poziom/data/czas zużycia) lub informacje dotyczące łącznego zużycia.

Wykorzystanie pełnego potencjału zaawansowanej infrastruktury pomiarowej będzie wymagało dalszej integracji z systemami zarządzania energią w domach i z inteligentnymi urządzeniami (w tym z inteligentnym ładowaniem pojazdów elektrycznych), a także z nowymi usługami energetycznymi.

## ii) Systemy zarządzania energią w domach

Coraz powszechniejsze wdrażanie inteligentnych urządzeń<sup>229</sup> wskazuje, że systemy zarządzania energią w domach powinny stać się węzłem agregacji i optymalizacji danych oraz przekazywania ich osobom trzecim (np. pośrednikom w sprzedaży energii i dostawcom usług energetycznych). Komisja prowadzi prace nad kodeksem postępowania dla producentów inteligentnych urządzeń energetycznych, w którym określone zostaną wymogi interoperacyjności oraz zasady wymiany danych między urządzeniami; systemami automatyki domowej i budynkowej; ładowarkami do pojazdów elektrycznych; agregatorami; oraz operatorami systemu dystrybucyjnego<sup>230</sup>.

Obecne rozwiązania w zakresie zarządzania energią w domach obejmują aplikacje do monitorowania zużycia energii kierowane bezpośrednio do konsumentów oraz platformy oprogramowania komputerowego *white label* kierowane do konsumentów mediów, które mogą być później udostępnione użytkownikom końcowym. Oprócz „tradycyjnych” przedsiębiorstw, które mają doświadczenia w branży energetycznej lub elektronicznej<sup>231</sup>, dystrybucją systemów zarządzania energią w domach zajmują się duże przedsiębiorstwa produkujące oprogramowanie komputerowe, takie jak Google, Apple czy Cisco<sup>232</sup>. Tendencja ta podkreśla rosnącą rolę inżynierii oprogramowania komputerowego w urządzeniach internetu rzeczy (IoT).

Przewiduje się, że popyt na systemy zarządzania energią w domach znacznie wzrośnie w najbliższych latach. Przykładowo przewiduje się, że wartość rynku niemieckiego, który

<sup>228</sup> Estonia, Hiszpania, Włochy, Finlandia i Szwecja: 90 %; Dania, Francja, Luksemburg, Malta, Niemcy i Słowenia: 70–90 %; Łotwa i Portugalia: 50–70 %; Grecja, Austria i Zjednoczone Królestwo: 20–50 % (Vitiello, S., Andreadou, N., Ardelean, M. i Fulli, G., „Smart Metering Roll-Out in Europe: Where Do We Stand? Cost Benefit Analyses in the Clean Energy Package and Research Trends in the European Green Deal” [„Wdrożenie inteligentnych systemów pomiarowych w Europie: jaka jest obecna sytuacja? Analizy kosztów i korzyści pakietu »Czysta energia dla wszystkich Europejczyków« i trendy badawcze w Europejskim Zielonym Ładzie”], *Energies*, tom 15, s. 2340, 2022, <https://doi.org/10.3390/en15072340>)

<sup>229</sup> Przykładami są inteligentne termostaty, inteligentne wtyczki, inteligentne oświetlenie, a także urządzenia energii rozproszonej, takie jak energia fotowoltaiczna, pojazdy elektryczne.

<sup>230</sup> [Wsparcie przy opracowywaniu propozycji polityki dla inteligentnych urządzeń energetycznych | Sekcja ds. inteligentnej sieci energetycznej i interoperacyjności Wspólnego Centrum Badawczego \(europa.eu\)](#).

<sup>231</sup> Np. Fortum (Finlandia), ENEL X (Włochy), Bosch (Niemcy), NIBE (Szwecja) i Schneider Electric (Francja). Sprzedawców systemów zarządzania energią w domach przedstawiono szczegółowo w sporządzonym przez Komisję w 2021 r. sprawozdaniu na temat konkurencyjności (SWD(2021) 307 final, [dokument roboczy służb Komisji](#)).

<sup>232</sup> Przykładami usług zarządzania energią w domach są Google Home, Siri firmy Apple lub usługa zarządzania energią firmy Cisco.

jest największym krajowym rynkiem systemów zarządzania energią w domach w UE, wzrośnie do prawie 460 mln USD (544 mln EUR<sup>233</sup>) do 2027 r., a francuski rynek systemów zarządzania energią w domach może osiągnąć średnioroczną stopę wzrostu (CAGR) na poziomie 20,3 % w okresie od 2021 r. do 2027 r.<sup>234</sup> Sytuacja ta stanowi odzwierciedlenie tendencji ogólnoświatowych. Wartość ogólnoświatowego rynku systemów zarządzania energią w domach w 2021 r. oszacowano na 2,1 mld USD (2,5 mld EUR<sup>235</sup>) i przewiduje się, że do 2027 r. może ona wzrosnąć do 6 mld USD (7 mld EUR<sup>236</sup>) (przy 16,5 % CAGR w okresie 2022–2027 r.)<sup>237</sup>. Na tym etapie nie jest jednak jasne, czy systemy zarządzania energią w domach pomogą konsumentom jedynie w optymalizacji ich zużycia energii i komfortu czy także umożliwią odpowiedź odbioru oraz elastyczność na dużą skalę.

### iii) Inteligentne ładowanie pojazdów elektrycznych

Inteligentne ładowanie pojazdów elektrycznych będzie miało kluczowe znaczenie dla zwiększenia synergii między pojazdami elektrycznymi, produkcją energii ze źródeł odnawialnych i usługami związanymi z siecią. Biorąc pod uwagę tempo wdrażania pojazdów elektrycznych, nie należy się spodziewać, że w perspektywie krótko- lub średnioterminowej<sup>238</sup> wywołają one kryzys w zakresie zapotrzebowania na energię elektryczną, ale mogą wpłynąć na krzywą obciążenia<sup>239</sup>. Wpływ inteligentnego ładowania pojazdów elektrycznych może być większy w regionach i na obszarach na szczeblu lokalnym, w których wysoka koncentracja pojazdów elektrycznych zderza się ze słabiej rozbudowaną infrastrukturą sieciową. Techniki inteligentnego ładowania pojazdów elektrycznych mogą potencjalnie zapewnić usługi bilansujące na potrzeby sieci oraz zmniejszyć ograniczenia w zakresie energii odnawialnej, zmniejszając tym samym potrzebę modernizacji sieci.

Inteligentne ładowanie obejmuje szereg zróżnicowanych pod względem cenowym i technicznym opcji ładowania i występuje w trzech formach: jednokierunkowy interfejs pojazd-sieć (V1G), dwukierunkowy interfejs pojazd-sieć (V2G) i pojazd-dom lub budynek (V2H-B). Do kluczowych podmiotów działających na rynku inteligentnego ładowania

<sup>233</sup> Na potrzeby niniejszego akapitu zastosowano średni kurs wymiany w 2021 r. – 1,1827 EUR za 1 USD. [https://www.ecb.europa.eu/stats/policy\\_and\\_exchange\\_rates/euro\\_reference\\_exchange\\_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html](https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html)

<sup>234</sup> Delta-EE, <https://www.delta-ee.com/research-services/home-energy-management/>

<sup>235</sup> Na potrzeby niniejszego akapitu zastosowano średni kurs wymiany w 2021 r. – 1,1827 EUR za 1 USD. [https://www.ecb.europa.eu/stats/policy\\_and\\_exchange\\_rates/euro\\_reference\\_exchange\\_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html](https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html)

<sup>236</sup> Na potrzeby niniejszego akapitu zastosowano średni kurs wymiany w 2021 r. – 1,1827 EUR za 1 USD. [https://www.ecb.europa.eu/stats/policy\\_and\\_exchange\\_rates/euro\\_reference\\_exchange\\_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html](https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html)

<sup>237</sup> Grupa IMARC: „Home Energy Management System Market Size and Share 2022–2027” [„Wielkość rynku systemów zarządzania energią w domach i ich udział w rynku w latach 2022–2027”] <https://www.imarcgroup.com/home-energy-management-systems-market?msclid=5440b237b02f11ecae445030f049ab37>

<sup>238</sup> Na podstawie symulacji systemu dystrybucyjnego w Niemczech można stwierdzić, że wymogi dotyczące modernizacji sieci są raczej niskie do czasu, gdy pojazdy elektryczne będą stanowić około 20 % wszystkich pojazdów (VertgeWall, C.M. i in., „Modelling Of Location And Time Dependent Charging Profiles Of Electric Vehicles Based On Historical User Behaviour” [„Modelowanie zależnych od lokalizacji i czasu profili ładowania pojazdów elektrycznych w oparciu o historyczne zachowania użytkowników”], CIRED 2021, 26. Międzynarodowa konferencja i wystawa poświęcona dystrybucji energii elektrycznej, 2021).

<sup>239</sup> McKinsey&Company, Centrum McKinsey na rzecz mobilności przyszłości, „The potential impact of electric vehicles on global energy systems” [„Potencjalny wpływ pojazdów elektrycznych na ogólnoświatowe systemy energetyczne”], 2018.

pojazdów elektrycznych należą: ABB (Szwecja/Szwajcaria), Bosch Automotive Service Solutions Inc. (Niemcy), Schneider Electric (Francja), GreenFlux i Alfen N.V. (Niderlandy), Virta (Finlandia), Driivz i Tesla (Stany Zjednoczone).

Ogólnosiwiatowy rynek inteligentnego ładowania pojazdów elektrycznych wyraźnie nabiera rozpędu – w 2020 r. jego szacowana wartość wyniosła 1,52 mld USD (1,77 mld EUR<sup>240</sup>), a średnioroczna stopa wzrostu w latach 2021–2031 to 32,42 %<sup>241</sup>. Jednak – w przeciwieństwie do bardziej zaawansowanych rozwiązań V1G – V2G i V2H-B nie osiągnęły jeszcze etapu szerokiego wdrażania na rynek mimo rosnącej liczby wersji pilotażowych i demonstracyjnych.

Wdrożenie infrastruktury inteligentnego ładowania na dużą skalę spowoduje powstanie dwóch wyzwań: po pierwsze, konieczna będzie wzmocniona normalizacja interfejsów komunikacyjnych pomiędzy punktami ładowania, pojazdami elektrycznymi i siecią dystrybucyjną; po drugie, konieczne będzie zaspokojenie rosnącego popytu na surowce<sup>242</sup>.

Przewiduje się dalszy postęp w zakresie systemów zaawansowanej infrastruktury pomiarowej, systemów zarządzania energią w domach i inteligentnego ładowania pojazdów elektrycznych. Wdrażanie systemów zaawansowanej infrastruktury pomiarowej przebiega wolniej, niż początkowo zakładano. Aby w pełni skorzystać z możliwości systemów zaawansowanej infrastruktury pomiarowej, konieczna jest dalsza integracja z systemami zarządzania energią w domach oraz z inteligentnymi urządzeniami. Coraz powszechniejsze korzystanie z inteligentnych urządzeń powinno spowodować znaczny wzrost popytu na systemy zarządzania energią w domach. Ogólnosiwiatowy rynek inteligentnego ładowania pojazdów elektrycznych również powinien się rozwijać, ale konieczne będzie stawienie czoła wyzwaniom.

### **3.8.Główne ustalenia dotyczące innych czystych technologii energetycznych**

Powyższe sekcje poświęcono czystym technologiom i rozwiązaniom energetycznym przeanalizowanym w 2021 r.<sup>243</sup> Pozostałe główne rozwiązania z zakresu czystej energii przedstawione w niniejszej sekcji omówiono w sprawozdaniach CETO towarzyszących niniejszemu dokumentowi<sup>244</sup>. Technologie te znajdują się na różnych etapach rozwoju i kształtują się w różnych kontekstach. Oznacza to, że każda z nich ma swój własny zestaw wyzwań i możliwości dotyczących konkurencyjności.

<sup>240</sup> Na potrzeby niniejszego akapitu zastosowano średni kurs wymiany w 2021 r. – 1,1827 EUR za 1 USD.

[https://www.ecb.europa.eu/stats/policy\\_and\\_exchange\\_rates/euro\\_reference\\_exchange\\_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html](https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html)

<sup>241</sup> Transparency Market Research, „Smart EV Charger Market: 2021–2031” [„Rynek inteligentnych ładowarek do samochodów elektrycznych: lata 2021–2031”], 2021.

<sup>242</sup> Surowce takie jak stal nierdzewna, miedź, aluminium, poliwęglany, elastomery, poliuretan termoplastyczny wykorzystuje się do produkcji kluczowych elementów stacji ładowania samochodów elektrycznych (obudów, kabli, złącz, izolacji oraz elastycznych przewodów). Krzem i german są kluczowymi surowcami wykorzystywanymi do produkcji obwodów i płytek elektronicznych.

<sup>243</sup> COM(2021) 952 final (postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych).

<sup>244</sup> [https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto\\_en](https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en)

**Energię wodną**<sup>245</sup>, na przykład, w znacznym stopniu wdrożono w całej UE. W 2021 r. moc zainstalowana wynosiła 151 GW, co stanowi wzrost o 6 GW w porównaniu z 2011 r. i odpowiada około 12 % produkcji energii elektrycznej netto w UE. Unijne elektrownie szczytowo-pompowe o mocy 44 GW odpowiadają za prawie całą zdolność magazynowania energii elektrycznej UE i zapewniają elastyczność sieci elektrycznej oraz zdolność magazynowania wody. W obliczu starzejącej się floty zrównoważona renowacja istniejących mocy elektrowni wodnych stale zyskuje na znaczeniu, a także stanowi szansę na zwiększenie odporności floty energii wodnej na zmiany klimatyczne i rynkowe. UE jest liderem w dziedzinie badań naukowych i innowacji, jako że przypada na nią 33 % wszystkich wynalazków o wysokiej wartości w skali ogólnoswiatowej (2017–2019), a ponadto ma w niej siedzibę 28 % spośród wszystkich innowacyjnych przedsiębiorstw. Na rynku rozwijającym się na skalę światową UE w latach 2019–2021 odpowiadała również za 50 % światowego eksportu energii wodnej o wartości 1 mld EUR. Pełne wykorzystanie potencjału będzie jednak wymagało od UE stawienia czoła wyzwaniom związanym z akceptacją społeczną i wpływem nowych instalacji i zbiorników wodnych na środowisko. Skutki zmiany klimatu wpływają także na różne sposoby na energię wodną w Europie, a zbiorniki wodne tworzone na potrzeby wytwarzania energii wodnej mogą odgrywać rolę w łagodzeniu niektórych z tych skutków. Konieczne jest uznanie dodatkowych korzyści (poza produkcją energii) oferowanych przez wielofunkcyjne zbiorniki wodne tworzone na potrzeby produkcji energii wodnej oraz zachęcanie do stosowania bardziej zrównoważonych (tj. wywołujących mniejszy wpływ) technologii i środków dotyczących energii wodnej.

Wzrasta skala wdrażania **energii oceanicznej**<sup>246</sup>. Biorąc pod uwagę potencjał zasobów, energia oceaniczna może w perspektywie długoterminowej pokryć do 10 % potrzeb energetycznych UE. W strategii UE na rzecz energii z morskich źródeł odnawialnych z 2020 r.<sup>247</sup> zaproponowano konkretne cele w zakresie zdolności energii oceanów, przy czym długoterminowym celem jest osiągnięcie co najmniej 40 GW do 2050 r. Przedsiębiorstwa z UE są liderami w sektorze energii oceanicznej, przy czym większość z nich ma swoje siedziby w państwach UE. Zarówno w UE, jak i poza nią wzrasta liczba wdrożeń pod względem mocy zainstalowanej. Pojedyncze urządzenia już teraz zasilają sieć przez dłuższy czas<sup>248</sup>. Aby technologie energii fal i pływów mogły zaistnieć na rynku energii elektrycznej oraz stać się konkurencyjne w stosunku do innych odnawialnych źródeł energii, konieczne jest jednak stałe obniżanie kosztów oraz zapewnienie zrównoważoności. Aby umożliwić ich wdrożenie na szeroką skalę, konieczne jest również dalsze finansowanie przeznaczone na badania i wprowadzanie na rynek.

---

<sup>245</sup> Quaranta, E. i in., Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych, „Hydropower and Pumped Hydropower Storage in the European Union – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets” [„Energia wodna i elektrownie szczytowo-pompowe w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu rozwoju technologii, tendencji, łańcuchów wartości i rynków w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, JRC130587.

<sup>246</sup> Z uwzględnieniem technologii konwersji energii falowej, gradientu zasolenia pływów i termicznej energii oceanicznej.

<sup>247</sup> COM(2020) 741 final, („Strategia UE mająca na celu wykorzystanie potencjału energii z morskich źródeł odnawialnych na rzecz neutralnej dla klimatu przyszłości”).

<sup>248</sup> Projekt Meygen 1A w dziedzinie energii pływów (Zjednoczone Królestwo) działa od kwietnia 2018 r., projekt Mutriku w dziedzinie energii fal (Hiszpania) – od lipca 2011 r., a projekt Shetland w dziedzinie energii pływów – od 2016 r.

**Wykorzystanie energii geotermalnej**<sup>249</sup> wzrosło zarówno w elektrowniach, jak i w ciepłownictwie oraz chłodnictwie, choć w porównaniu z innymi czystymi technologiami energetycznymi tempo wzrostu jest powolne. W 2021 r. w Niemczech uruchomiono dwie dodatkowe elektrownie geotermalne o mocy 1 MWe i 5 MWe<sup>250</sup>, dzięki czemu łączna moc UE osiągnęła wartość 0,877 GWe, podczas gdy całkowita moc zainstalowana w skali ogólnoswiatowej wyniosła około 14,4 GWe. W 2021 r. całkowita zainstalowana geotermalna zdolność ciepłownicza i chłodnicza w UE osiągnęła 2,2 GWth, przy ponad 262 systemach. Największy wzrost ma miejsce we Francji, w Niderlandach i Polsce. Wspomagane systemy geotermalne nadal stoją przed pewnymi wyzwaniami w zakresie innowacji, a stawienie im czoła będzie wymagało dodatkowych badań naukowych i innowacji. Obniżenie ryzyka inwestowania w projekty związane z energią geotermalną jest kluczowe dla wykorzystania ogromnego potencjału energii geotermalnej. W UE największe wyzwania wiążą się z oszczędnością kosztową i efektywnością środowiskową.

**Skupianie światła słonecznego i ciepła**<sup>251</sup> może w znacznym stopniu przyczynić się do wytwarzania energii elektrycznej w miejscach o dużym nasłonecznieniu bezpośrednim, ale jak dotąd wykorzystano tylko część jego potencjału. W 2021 r. światowa moc zainstalowana wynosiła około 6,5 GW, przy czym w UE osiągnęła ona 2,4 GW. Istnieje również znaczny unijny rynek wytwarzania ciepła na potrzeby procesów przemysłowych, który może być częściowo wykorzystywany przez systemy skoncentrowanego ciepła słonecznego. Wykorzystanie tego potencjału w odniesieniu do energii elektrycznej i wytwarzania ciepła na potrzeby procesów przemysłowych za pomocą środków finansowych i innych środków wsparcia pozwoliłoby UE lepiej sprostać międzynarodowej konkurencji. Jest to szczególnie ważne ze względu na to, że chińskie organizacje zaczynają działać jako międzynarodowi wykonawcy projektów w dziedzinie skupiania światła słonecznego, w której to dziedzinie przedsiębiorstwa z UE tradycyjnie zajmowały wiodącą pozycję. W dziedzinie skupiania światła słonecznego dokonały się znaczne postępy w zakresie obniżania kosztów i ugruntowania jego pozycji jako niezawodnej opcji. Europejskie organizacje odgrywają kluczową rolę w badaniach i rozwoju technologicznym. Naukowcy z UE to czołowi wydawcy prac naukowych i autorzy patentów o wysokiej wartości, które umożliwiają zwiększenie wydajności i obniżenie kosztów, zgodnie z założeniami planu wdrożenia skupiania światła słonecznego w ramach strategicznego planu w dziedzinie technologii energetycznych (plan EPSTE)<sup>252</sup>. Kluczową rolę odegrają tu badania naukowe i innowacje, a na szczeblu UE nadal będzie udzielane konkretne wsparcie, zgodnie z zapowiedzią zawartą w nowej strategii UE na rzecz energii słonecznej.

W ostatnich latach odnotowano większy postęp w zakresie **wychwytywania, składowania i utylizacji dwutlenku węgla (CCUS)**, ale w UE nadal działa niewielka liczba instalacji.

<sup>249</sup> Bruhn, D. i in., Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych: „Deep Geothermal Energy in the European Union – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets” [„Głęboka energia geotermalna w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu rozwoju technologii, tendencji, łańcuchów wartości i rynków w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, JRC130585.

<sup>250</sup> Europejska Rada Energii Geotermalnej, „2021 EGEN Geothermal Market Report” [„Sprawozdanie Europejskiej Rady Energii Geotermalnej dotyczące rynku geotermalnego w 2021 r.”].

<sup>251</sup> Taylor, N. i in., Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych: „Concentrated Solar Power and Heat in the European Union – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets” [„Skupianie światła słonecznego i ciepła w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu rozwoju technologii, tendencji, łańcuchów wartości i rynków w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, doi: 10.2760/080204, JRC130811.

<sup>252</sup> [https://setis.ec.europa.eu/implementing-actions/csp-ste\\_en](https://setis.ec.europa.eu/implementing-actions/csp-ste_en)

Francja, Niemcy i Niderlandy są liderami w dziedzinie publicznych i prywatnych inwestycji w badania naukowe i innowacje. W tych krajach działają też najlepsze przedsiębiorstwa patentujące. Istnieją pewne stałe bariery dla rozwoju CCUS, przede wszystkim w odniesieniu do wdrażania przepisów<sup>253</sup>, gospodarki, ryzyka i niepewności oraz akceptacji społecznej. Wybrano 11 projektów CCS i CCU na dużą skalę, aby udzielić im wsparcia UE z funduszu innowacyjnego.

**Bioenergia**<sup>254</sup> stanowi obecnie źródło niemal 60 %<sup>255</sup> dostaw energii ze źródeł odnawialnych w UE. Bioenergia nadal ma istotne znaczenie dla transformacji sektorów energetycznych kilku państw członkowskich, ponieważ pomaga w dekarbonizacji gospodarki, zwiększając jednocześnie bezpieczeństwo energetyczne i dywersyfikację. Przewidywany wzrost ilości biomasy oznacza, że dla UE ważne jest zapewnienie, aby bioenergia była pozyskiwana i wykorzystywana w sposób zrównoważony, a także uniknięcie negatywnego wpływu na różnorodność biologiczną oraz pochłaniacze dwutlenku węgla i zasoby węgla. We wniosku dotyczącym zmiany dyrektywy w sprawie energii odnawialnej uwzględniono bardziej rygorystyczne kryteria zrównoważoności w odniesieniu do bioenergii i wprowadzono wymóg stosowania przez państwa członkowskie zasady wykorzystania kaskadowego w ich systemach wsparcia finansowego. Zrównoważona produkcja biometanu, w szczególności na bazie odpadów organicznych i pozostałości, może przyczynić się do osiągnięcia celu wyznaczonego w planie REPowerEU, jakim jest zmniejszenie zależności UE od importowanych paliw kopalnych. Obowiązek selektywnej zbiórki odpadów organicznych od 2024 r. stanowi dużą szansę dla zrównoważonej produkcji biogazu w najbliższych latach. Bioenergia daje możliwość elastycznego wytwarzania energii elektrycznej, równoważąc przy tym sieć elektroenergetyczną, a także odgrywa kluczową rolę w umożliwieniu wysokiego udziału zmiennych energii odnawialnych, takich jak energia wiatrowa i energia słoneczna, w sieciach elektroenergetycznych.

**Energia jądrowa**, produkowana w 2022 r. w UE w 103 reaktorach energetycznych (101 GWe), odpowiada za wytwarzanie około jednej czwartej energii elektrycznej UE i zapewnia około 40 % niskoemisyjnej energii elektrycznej UE<sup>256</sup>. Energię jądrową uwzględniono w strategicznym długoterminowym planie UE na rzecz gospodarki neutralnej dla klimatu do 2050 r. wraz z odnawialnymi źródłami energii. W planie REPowerEU uznano ponadto rolę wodoru produkowanego w oparciu o energię jądrową w zastępowaniu gazu ziemnego w produkcji wodoru bez udziału paliw kopalnych. Potencjalny udział energii jądrowej w przyszłym niskoemisyjnym koszyku energetycznym opiera się na badaniach naukowych i innowacjach mających na celu opracowanie coraz bezpieczniejszych i czystszych technologii jądrowych (zarówno konwencjonalnych, jak i zaawansowanych). Szereg przedsiębiorstw i organizacji badawczych z co najmniej siedmiu państw członkowskich UE wykazało zainteresowanie nowymi małymi i modułowymi reaktorami jądrowymi<sup>257</sup>, łącząc je z dekarbonizacją produkcji energii elektrycznej i energii nieelektrycznej, takiej jak

<sup>253</sup> Na przykład ratyfikacja protokołu londyńskiego.

<sup>254</sup> Motola, V. i in., Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych: „Bioenergy in the European Union – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets” [„Bioenergia w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu rozwoju technologii, tendencji, łańcuchów wartości i rynków w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, JRC130730.

<sup>255</sup> Liczba ta obejmuje biopaliwa, które stanowią około 7 %.

<sup>256</sup> Światowe Stowarzyszenie Jądrowe, „Nuclear Power in the European Union” [„Energia Jądrowa w Unii Europejskiej”], tabela „Energia jądrowa w UE”, dostęp do strony internetowej: 14 października 2022 r.

<sup>257</sup> Komisja Europejska, „Small Modular Reactors and Medical Applications of Nuclear technologies” [„Małe reaktory modułowe i zastosowania technologii jądrowych w medycynie”], Urząd Publikacji UE, Luksemburg, 2022.

ogrzewanie przemysłowe i komunalne oraz produkcja wodoru. Zainteresowane podmioty przemysłowe i państwowe w UE prowadzą proces zmierzający do stworzenia europejskiego modelu przemysłowego na potrzeby wdrożenia małych i modułowych reaktorów jądrowych na początku lat 30 XXI w.

#### 4. WNIOSKI

Szybki rozwój i wdrażanie czystych technologii energetycznych pochodzących z UE umożliwiają udzielenie racjonalnej pod względem kosztów, przyjaznej dla klimatu i sprawiedliwej pod względem społecznym odpowiedzi na obecny kryzys energetyczny.

W odpowiedzi na rekordowo wysokie ceny energii UE niezwłocznie przedstawiła zestaw środków, które będą **chronić konsumentów i przedsiębiorstwa**, w tym gospodarstwa domowe znajdujące się w trudnej sytuacji oraz podmioty działające w branży czystych technologii energetycznych, zapewniając jednocześnie osiągnięcie celów w zakresie energii i klimatu na lata 2030 i 2050.

UE powinna jednocześnie kontynuować starania na rzecz **zmniejszenia zależności od surowców oraz skutecznej dywersyfikacji sposobów ich pozyskiwania** z uwagi na fakt, że ich rosnące ceny wywierają znaczący wpływ na konkurencyjność czystych technologii energetycznych. Zapowiadany europejski akt w sprawie surowców krytycznych<sup>258</sup> ma przyczynić się do osiągnięcia tych ambitnych celów. UE musi również **zacieśniać współpracę międzynarodową oraz rozwiązać problem niewystarczającej liczby pracowników z odpowiednimi umiejętnościami** w różnych segmentach czystej technologii energetycznej, zapewniając przy tym zrównoważone pod względem płci i gwarantujące równość środowisko. Propozycja ustanowienia 2023 r. Europejskim Rokiem Umiejętności stanowi krok w kierunku zwiększenia liczby pracowników z odpowiednimi umiejętnościami.

Zasadnicze znaczenie mają **zwiększenie publicznych i prywatnych inwestycji w badania naukowe i innowacje w dziedzinie czystych technologii energetycznych, zwiększanie skali ich wykorzystania oraz ich przystępne cenowo wdrażanie**. Ramy regulacyjne i finansowe UE mają do odegrania kluczową rolę w tym zakresie. Poza wdrożeniem nowego europejskiego planu innowacji unijne programy finansowania, **zacieśniona współpraca** między państwami członkowskimi oraz stałe **monitorowanie działań w zakresie krajowych badań naukowych i innowacji** mają zasadnicze znaczenie dla zaprojektowania skutecznego unijnego ekosystemu badań naukowych i innowacji oraz zniwelowania luki między badaniami naukowymi i innowacjami a wprowadzaniem ich na rynek, zwiększając tym samym konkurencyjność UE.

W niniejszym sprawozdaniu potwierdzono<sup>259</sup>, że **UE pozostała w czołówce pod względem badań naukowych nad czystą energią** oraz że poziom inwestycji w badania naukowe i innowacje stale rośnie (choć nadal znajduje się na poziomie niższym niż przed kryzysem finansowym). Na poziomie ogólnoświatowym UE pozostaje liderem w dziedzinie „zielonych” wynalazków i patentów o wysokiej wartości, będąc przy tym czołowym

<sup>258</sup> Zgodnie z zapowiedzią przewodniczącej Komisji Europejskiej zawartej w orędziu o stanie Unii wygłoszonym w dniu 14 września 2022 r.: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/SPEECH\\_22\\_5493](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/SPEECH_22_5493)

<sup>259</sup> Jak w poprzedniej edycji: COM(2021) 952 final i SWD(2021) 307 final (postępy w dziedzinie konkurencyjności w zakresie czystych technologii energetycznych).

wnioskodawcą w dziedzinie klimatu i środowiska (23 %), energii (22 %) i transportu (28 %) na świecie. Mimo spadku udziału UE w publikacjach naukowych na świecie naukowcy z UE współtworzą i publikują na arenie międzynarodowej prace dotyczące czystej energii w tempie znacznie przewyższającym średnią światową. Co więcej, UE wykazuje wyższy poziom współpracy publiczno-prywatnej.

Obrót oraz wartość dodana brutto unijnego sektora energii ze źródeł odnawialnych rosną nieprzerwanie od 2019 r., a unijna produkcja większości czystych technologii i rozwiązań energetycznych również wykazuje tendencję wzrostową w 2021 r. Chociaż UE utrzymuje dodatni bilans handlowy w przypadku szeregu technologii, takich jak energia wiatrowa, jej deficyt handlowy zwiększył się w odniesieniu do innych technologii, takich jak pompy ciepła, biopaliwa i energia fotowoltaiczna. Ta ogólna tendencja wynika częściowo z rosnącego popytu na tego typu technologie w UE.

Odnosnie do konkretnych czystych technologii energetycznych, w sprawozdaniu wykazano, że w 2022 r. unijny sektor **energii wiatrowej** pozostaje światowym liderem w zakresie badań naukowych i innowacji oraz patentów o wysokiej wartości. Konkurencja jest jednak nadal bardzo silna, a przemysł energii wiatrowej będzie musiał przezwyciężyć obecną niekorzystną sytuację wynikającą również z rosnącego ogólnoświatowego popytu na metale ziem rzadkich oraz zakłóceń w łańcuchu dostaw. Aby osiągnąć cele zawarte w planie REPowerEU, sektor ten będzie musiał podwoić swoją obecną moc zainstalowaną. W 2022 r. UE potwierdziła również swoją pozycję jako jednego z największych rynków **fotowoltaiki**, a także znaczącego innowatora, w szczególności w dziedzinie nowo powstających technologii fotowoltaiki. Z punktu widzenia łańcucha wartości UE nadal pozostaje w tyle za Azją ze względu na zależność od kilku kluczowych elementów. Innowacyjne rozwiązania i ciągły postęp technologiczny stwarzają dodatkowe możliwości wdrażania w UE.

UE znajduje się na rozdrożu pod względem szeregu technologii. Aby w pełni je wykorzystać, należy sprostać jeszcze kilku wyzwaniom. W sektorze **pomp ciepła** konieczne będzie przyspieszenie już i tak szybko rosnącego tempa wdrażania oraz zapewnienie przystępności cenowej systemów (w szczególności dla gospodarstw domowych o niskich dochodach oraz małych i średnich przedsiębiorstw), a dostawcy z UE będą musieli zwiększyć produkcję, aby utrzymać swoje udziały w rynku w porównaniu z państwami trzecimi. Jeżeli chodzi o **produkcję baterii**, UE jest na dobrej drodze do osiągnięcia samowystarczalności do 2030 r., ale brak surowców pozyskiwanych na terenie UE oraz zdolności produkcyjnych w zakresie materiałów zaawansowanych nadal stanowi wyzwanie. Konieczna jest dodatkowa koncentracja na zwiększeniu możliwości recyklingu i stworzenia potencjału technologicznego w zakresie tańszego składowania/dłuższego magazynowania. **Jeżeli chodzi o produkcję wodoru w drodze elektrolizy**, UE może skorzystać na swoim stanowczym, kompleksowym podejściu do przyciągania popytu i podaży. Pozycja UE w łańcuchu wartości jest zróżnicowana (np. UE jest liderem w dziedzinie elektrolizy tlenków stałych, ale nie konkuruje w dziedzinie technologii alkalicznej). Gwałtowny wzrost cen energii elektrycznej i zależność od surowców krytycznych to niektóre z poważnych wyzwań. UE jest zdecydowanym liderem rynku w dziedzinie działających komercyjnie zakładów produkujących **paliwa odnawialne** oraz innowacji o wysokiej wartości. Nawet przy ograniczeniach produkcji zainstalowanej i planowanej do 2030 r. paliwa odnawialne mogą przyczynić się do osiągnięcia wszystkich celów w zakresie ograniczenia emisji określonych w pakiecie „Gotowi na 55”, pod warunkiem że zostaną uwzględnione pewne zagrożenia

techniczne i gospodarcze. Innowacje w dziedzinie **cyfrowej infrastruktury energetycznej** będą miały kluczowe znaczenie dla zapewnienia, aby sieć elektroenergetyczna była dostosowana do przyszłego systemu energetycznego. Popyt na systemy zarządzania energią w domach oraz inteligentne ładowanie samochodów elektrycznych zaczyna wzrastać, przy czym przewiduje się jego dalszy wzrost, a wdrażanie inteligentnego systemu pomiarowego postępuje w UE (choć w wolniejszym tempie niż przewidywano).

Zasadniczo – mimo obiecujących pozytywnych tendencji zaobserwowanych w unijnym ekosystemie innowacji – konieczne są dalsze wysiłki w celu rozwiązania problemu barier strukturalnych i wyzwań społecznych, które w większym stopniu niż w innych dużych gospodarkach powstrzymują działania unijnych przedsiębiorstw typu *start-up* i *scale-up* w dziedzinie technologii klimatycznych. Aby wykorzystać swój potencjał i stać się ogólnosiwiatowym liderem w dziedzinie technologii klimatycznych i najbardziej zaawansowanych technologii, UE musi wykorzystać swoje różnorodne talenty, zasoby intelektualne i zdolności przemysłowe, a także skłonić inwestorów prywatnych do bardziej aktywnego uczestnictwa w finansowaniu przedsiębiorstw typu *start-up* działających w dziedzinach technologii klimatycznych i najbardziej zaawansowanych technologii klimatycznych.

Komisja będzie nadal monitorować postępy w przemyśle czystej energii oraz we współpracy z państwami członkowskimi i zainteresowanymi stronami będzie dalej rozwijać swoją metodykę i gromadzić dane. W tym kontekście Komisja przeprowadzi aktualizację swojej opartej na dowodach metodyki na potrzeby kolejnych wersji sprawozdania z postępów w dziedzinie konkurencyjności. Będzie to źródłem informacji dla decyzji politycznych i pomoże uczynić UE konkurencyjną, zasobooszczędną, odporną, niezależną i neutralną dla klimatu do 2050 r.

## ZAŁĄCZNIK I RAMY METODYCZNE NA POTRZEBY PRZEPROWADZENIA OCENY KONKURENCYJNOŚCI UE<sup>260</sup>

Część 1: Ogólna konkurencyjność unijnego przemysłu czystej energii	Część 2: Czyste technologie i rozwiązania energetyczne		
Analiza makroekonomiczna (zagregowana według poszczególnych państw członkowskich i poszczególnych rodzajów czystej technologii)	1. Analiza technologii Bieżąca sytuacja i perspektywy	2. Analiza łańcucha wartości w sektorze technologii energetycznej	3. Analiza rynku globalnego
<b>Ostatnie wydarzenia</b>  - ceny i koszty energii: najnowsze tendencje - wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem i obiegiem zamkniętym w zakresie czystych technologii energetycznych zależność unijnego przemysłu czystej energii od surowców (krytycznych) oraz jej wpływ na konkurencyjność UE - wpływ COVID-19 i ożywienie - kapitał ludzki i umiejętności	<b>Zainstalowana moc, wytwarzanie/produkcja</b> (obecnie i w 2050 r.)	<b>Obrót</b>	<b>Handel (przywóz, wywóz)</b>
<b>Tendencje w zakresie badań naukowych i innowacji</b>  - publiczne i prywatne inwestycje w badania naukowe i innowacje - patentowanie i patenty o wysokiej wartości w UE i w poszczególnych państwach członkowskich	<b>Koszty/Łączne uśrednione koszty wytworzenia energii elektrycznej<sup>261</sup></b> (obecnie i w 2050 r.)	<b>Wzrost wartości dodanej brutto</b> Rocznie, zmiana w %	<b>Liderzy rynku globalnego a liderzy rynku UE</b> (udział w rynku)
<b>Sytuacja pod względem globalnej konkurencji w zakresie czystej energii</b>	<b>Publiczne finansowanie badań naukowych i innowacji (w państwach członkowskich i UE)</b>	<b>Liczba przedsiębiorstw w łańcuchu dostaw, w tym liderów rynku UE</b>	<b>Zasobooszczędność i zależność<sup>262</sup></b>
<b>Sytuacja w zakresie finansowania innowacji w UE</b> (w stosunku do głównych gospodarek)	<b>Prywatne finansowanie badań naukowych i innowacji</b>	<b>Zatrudnienie w segmencie łańcucha wartości</b>	
Rola zmiany systemowej w sektorze czystej energii (np. cyfryzacja, budynki, wspólnoty energetyczne oraz współpraca na szczeblu niższym niż krajowy)	<b>Tendencje w patentowaniu</b> (z uwzględnieniem patentów o wysokiej wartości)	<b>Energochłonność/wydajność pracy</b>	

<sup>260</sup> Ocenę przeprowadzono w ścisłej współpracy z Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych Komisji Europejskiej: szczegóły dotyczące części 1 przedstawiono w: Georgakaki, A. i in., Obserwatorium Czystych Technologii Energetycznych, „Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union – 2022 Status Report” [„Ogólna analiza strategiczna czystych technologii energetycznych w Unii Europejskiej – sprawozdanie dotyczące stanu w 2022 r.”], Komisja Europejska, 2022, JRC131001. Jeżeli chodzi o część 2, sprawozdania dotyczące poszczególnych technologii są dostępne pod adresem: [https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto\\_en](https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_en)

<sup>261</sup> Oraz, jeżeli jest dostępny, łączny uśredniony koszt magazynowania energii elektrycznej.

<sup>262</sup> Segmenty łańcucha wartości, które zależą od surowców krytycznych.

	<b>Poziom publikacji naukowych</b>	<b>Produkcja wspólnotowa</b> Roczne wartości produkcji	