

# Na drodze do neutralności węglowej w Europie

Przyspieszając transformację energetyczną dzięki połączeniu energii odnawialnej z gazem naturalnym

[www.ge.com/gas-power/future-of-energy](http://www.ge.com/gas-power/future-of-energy)



Building a world that works

# Przedmowa

*Przeciwdziałanie zmianom klimatycznym jest pilnym globalnym priorytetem i uważamy, że możemy osiągnąć lepsze wyniki w zakresie przyspieszenia postępu w tej dziedzinie – zaczynając już teraz, a nie za kilkadziesiąt lat. Wierzymy, że zarówno energia z gazu naturalnego, jak i źródła energii odnawialnej odgrywają krytyczną i znaczącą rolę. Energia z gazu naturalnego już teraz stanowi ważny element postępu na skalę światową w zakresie odchodzenia od energetyki węglowej i przechodzenia na gaz, a jednocześnie daje możliwość wyboru wielu ścieżek umożliwiających uzyskanie w przyszłości technologii o niskiej/zerowej emisji dwutlenku węgla. Europa jest liderem na drodze ku zrównoważonej i odpornej gospodarce i wierzymy, że sektor energetyczny, wspierany przez przejrzyste, przewidywalne i sprzyjające zasady ramowe, może odegrać kluczową rolę w dekarbonizacji Europy.*

SCOTT STRAZIK CEO, GE GAS POWER

## Podsumowanie

### Europa postawiła sobie za cel osiągnięcie zerowej emisji gazów cieplarnianych (GHG) netto do 2050 r.<sup>1</sup>

Choć jest to ogromne wyzwanie, cel ten precyzuje wysiłek transformacyjny niezbędny do osiągnięcia celów Porozumienia paryskiego i przeciwdziałania zmianie klimatu. Chociaż nie ma jednej drogi ku neutralności klimatycznej do 2050 r., a podejścia będą różne w poszczególnych krajach, osiągnięcie tego celu będzie wymagało elastyczności i zastosowania wielu technologii i rozwiązań.

Europa już osiągnęła znaczący postęp i zredukowała emisje GHG o ~24% względem poziomu z roku 1990<sup>2</sup> – dając przykład działań na rzecz zrównoważonej gospodarki. Sektor energetyczny stanowi główną siłę napędową procesu dekarbonizacji Europy<sup>3</sup>, spowodowany szybkim upowszechnianiem się energii odnawialnej i odejściem od węgla. Aby jeszcze bardziej przyspieszyć tempo redukcji emisji dwutlenku węgla i zrealizować ambicje dotyczące klimatu, konieczne będzie zaangażowanie wszystkich sektorów gospodarki. Branża energetyczna nie jest w stanie zrobić wszystkiego sama.

Konieczne będzie wykorzystanie wszystkich dostępnych narzędzi i infrastruktury w celu utrzymania niezawodności i przystępności cenowej, podczas gdy wzorce zużycia i wytwarzania energii będą się szybko zmieniać. Krytyczne znaczenie będą miały przejrzyste i przewidywalne polityki oraz regulacje. Ramy zaproponowane przez decydentów stwarzają środowisko inwestycyjne i polityczne, a ostatecznie poprowadzą kraje w kierunku dekarbonizacji. Najbardziej efektywne podejście będzie mierzyć i zachęcać do zmniejszania

intensywności emisji dwutlenku węgla, przynosząc krótkoterminowe korzyści, a jednocześnie utrzymując się na kursie prowadzącym do zerowych emisji netto.

Coraz przystępniejsze cenowo odnawialne źródła energii będą napędzać dekarbonizację wytwarzania energii, ale to samo w sobie nie wystarczy do uzyskania zerowej emisji dwutlenku węgla. Będą one zatem musiały zostać uzupełnione technologiami, które eliminują ograniczenia odnawialnych źródeł energii i są zgodne z ambicjami Europy dotyczącymi zerowej emisji do 2050 r. Dysponowalna energia gazowa zapewnia elastyczność niezbędną do tego, aby system energetyczny z dużym udziałem zmiennej energii wiatrowej i słonecznej był niezawodny. Ponadto turbiny gazowe, montowane teraz lub w przyszłości, można konwertować na generujące niskie lub prawie zerowe ilości dwutlenku węgla poprzez wykorzystanie systemu CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) lub wykorzystanie paliw niskoemisyjnych, takich jak wodór, co sprawia, że są to przyszłościowe inwestycje, zapewniające natychmiastową redukcję emisji.

Zarówno technologia CCUS, jak i wodór, odegrają istotną rolę w dekarbonizacji nie tylko sektora energetycznego, lecz również zintegrowanych systemów energetycznych oraz całej gospodarki. Rozwój obu tych technologii w klastrach przemysłowych, wykorzystujący korzyści skali, będzie opłacalną drogą do czasu, gdy obniżenie kosztów pozwoli na ich szersze zastosowanie w całej Europie.

*Poprzez równoczesne wykorzystanie energii z gazu naturalnego oraz ze źródeł odnawialnych Europa może uzyskać najszybszą i największą redukcję emisji i osiągnąć swój cel neutralności klimatycznej do 2050 roku, przy jednoczesnej najniższej możliwej skumulowanej emisji w trakcie okresu transformacji.*

Energia gazowa, dzięki jasnej drodze do niskoemisyjnego lub prawie bezemisyjnego funkcjonowania, może również ułatwić przyspieszone wycofywanie się z węgla w krajach, w których węgiel nadal stanowi ważną część miks energetycznego. Przyspieszone zastępowanie węgla będzie miało zasadnicze znaczenie dla zminimalizowania skumulowanych emisji w okresie przejściowym. Wpływ gazu ziemnego na dekarbonizację będzie jeszcze większy dzięki ukierunkowanym działaniom, mającym na celu ograniczenie ucieczki metanu w całym łańcuchu dostaw gazu.

Jako dostawca technologii i usług na całej długości energetycznego łańcucha wartości, GE ma unikalne spojrzenie na transformację energetyczną i dysponuje pakietem uzupełniających się technologii, w tym energetyką gazową z możliwością wykorzystania wodoru i CCUS oraz rozwiązaniami niezbędnymi do transformacji energetycznej. GE również postawiło sobie za cel osiągnięcie neutralności węglowej<sup>4</sup> w swoich zakładach i w zakresie swoich działań do 2030 roku. ■

<sup>1</sup> „Zerowa emisja netto GHG” oznacza, że emisje resztkowe (których nie udało się zredukować do zera) są równoważone usuwaniem takiej samej ilości dwutlenku węgla.

<sup>2</sup> Postępy uzyskane przed 2019 r., a więc przed wybuchem pandemii COVID-19.

<sup>3</sup> Termin „dekarbonizacja” w niniejszym dokumencie odnosi się do stopniowego obniżania intensywności emisji gazów cieplarnianych w gospodarce poprzez zmniejszenie lub wyeliminowanie emisji.

<sup>4</sup> Neutralność węglowa ma zostać osiągnięta poprzez bezwzględną redukcję bezpośrednich emisji i zużycia energii w ponad 1000 zakładach i placówkach GE na całym świecie do roku 2030.

# Cel – neutralność klimatyczna

*Wspólny cel Europy, jakim jest osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r., wyrażony w Europejskim Zielonym Ładzie i innych powiązanych wytycznych, będzie kształtował działania na rzecz dekarbonizacji w całym społeczeństwie. Nie będzie jednakowej, czy też unikalnej ścieżki właściwej dla wszystkich krajów. Osiągnięcie tego celu będzie wymagać elastycznego podejścia, umożliwiającego wykorzystanie wielu technologii.*

Unia Europejska (UE) postawiła klarowny cel osiągnięcia neutralności klimatycznej do roku 2050, który to cel zostanie wkrótce zapisany w Europejskim Prawie Klimatycznym. Kraje Europejskiego Obszaru Gospodarczego (EOG) oraz Wielka Brytania mają podobne cele. Osiągnięcie tego celu jest fundamentalnie niezbędne dla ochrony naszej planety, naszego stylu życia oraz zagwarantowania innowacji i transformacji niezbędnych dla zdekarbonizowanej gospodarki.

Bezprecedensowy zakres Europejskiego Zielonego Ładu odzwierciedla te fakty. Szczególnie ważne jest przyspieszenie realizacji celów średniookresowych, przy zwiększonych ambicjach dotyczących klimatu do 2030 r., wspartych przeglądem istniejących ram polityki klimatycznej i energetycznej. Aby to osiągnąć, nowe cele związane ze źródłami energii odnawialnej oraz efektywnością energetyczną będą wspierane poprzez rozszerzenie zasad rynkowych, takich jak system handlu uprawnieniami do emisji dwutlenku węgla. Łącznie, polityki te muszą dążyć do optymalnej ścieżki prowadzącej do szybkiej dekarbonizacji w najbliższym czasie, co

doprowadzi do możliwie najniższych łącznych emisji w miarę przechodzenia Europy do neutralności klimatycznej.

Inne kraje europejskie, nienależące do UE, również chcą osiągnąć ten ambitny cel. Wielka Brytania była pierwszym krajem na świecie, który wprowadził prawnie obowiązujące zobowiązanie do ograniczenia emisji. Norwegia, Szwajcaria, Islandia i Liechtenstein (członkowie Europejskiego Porozumienia o Wolnym Handlu, EFTA, European Free Trade Association) zobowiązały się – w sposób wiążący prawnie – do osiągnięcia zerowych emisji do 2050 roku lub wcześniej. Poprzez zawarcie tych celów w systemie prawnym, rządy zobowiązują się do ukierunkowania wszystkich przyszłych działań pod kątem neutralności klimatycznej. Chociaż oczywiście nie podlegają one szczególnemu stanowisku UE, pozostają ściśle zintegrowane z gospodarką i rynkami energetycznymi UE oraz są zasadniczo zgodne co do potrzeby skoordynowanych działań na rzecz klimatu. Mając to na względzie, wiele punktów odnoszących się do działań UE i omówionych w niniejszym materiale ma zastosowanie dla całej Europy, nawet jeżeli występują pewne rozbieżności.

Europa nie jest osamotniona w stawianiu czoła zmianom klimatu. Zobowiązania ze strony Stanów Zjednoczonych, Chin oraz innych krajów oznaczają możliwość dekarbonizacji dużej części światowej gospodarki nawet już w 2050 roku. Wyzwanie jest pilne, a korzyści dla obywateli i gospodarek europejskich mogą być znaczące, jeżeli transformacja będzie skutecznie zarządzana. Podnosi ono również stawkę dla własnej trajektorii Europy

## FORMUŁOWANIE EUROPEJSKICH WYZWAŃ KLIMATYCZNYCH

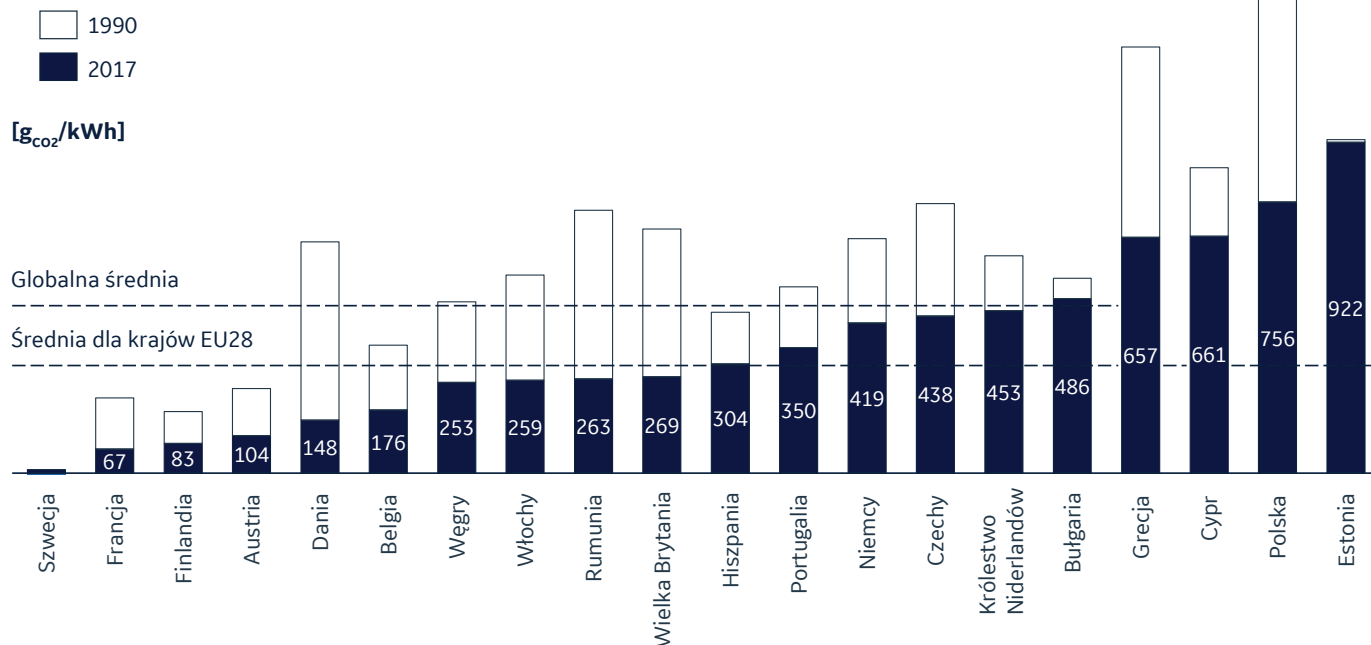
**Europa dokonała znaczącego postępu w zakresie redukcji emisji dwutlenku węgla i jest zdeterminowana, aby zrobić jeszcze więcej. Aby osiągnąć szybki postęp i zminimalizować wielkość skumulowanych emisji, należy rozważyć różne ścieżki dekarbonizacji w odniesieniu do różnorodnych potrzeb i możliwości poszczególnych krajów.**

Analiza przebiegu zmian w poszczególnych sektorach wyraźnie wskazuje, że postęp ten był w dużej mierze zasługą kilku podmiotów osiągających wysokie wyniki, a mianowicie sektorów energetycznego i przemysłowego. Dekarbonizacja sektora energetycznego, z prawie 30% redukcją emisji CO<sub>2</sub> jedynie pomiędzy latami 2010 i 2019,<sup>v</sup> stanowiła główny czynnik łącznej redukcji emisji na terenie UE, wynoszącej blisko 17% w tym samym okresie. W tym samym czasie pozostałe sektory odnotowały niższy postęp, np. doszło do wzrostu emisji związanych z transportem w ciągu tego samego okresu. Chociaż jest to oznaka większej globalizacji świata i bardziej zintegrowanej Europy, może to osłabić wysiłki na rzecz ochrony klimatu. W ramach Europejskiego Zielonego Ładu, nowe działania polityczne pozwolą sprostać temu wyzwaniu, na przykład poprzez rozwój paliw odnawialnych i nakładanie opłat za emisję dwutlenku węgla.

Kraje europejskie są zróżnicowane pod względem wielkości emisji dwutlenku węgla w związku z wytwarzaniem energii (patrz Ryc. 1 na następnej stronie). Chociaż średnia UE wynosi około 300 gCO<sub>2</sub>/kWh, kraje o wysokim udziale źródeł energii odnawialnej (Norwegia, Austria), energii jądrowej (Francja) lub łącznie obu tych źródeł energii (Szwecja, Finlandia) osiągają wartości wynoszące maksymalnie 100 gCO<sub>2</sub>/kWh. Z drugiej strony, kraje o wysokim udziale węgla w sektorze wytwarzania energii (Grecja, Polska) mogą generować dwukrotnie więcej emisji, przekraczając średnią dla UE.<sup>2</sup> Pilna konieczność zredukowania emisji oznacza, że droga stojąca przed takimi krajami, jak Grecja czy Polska, będzie musiała się różnić od rozwiązań stosowanych w krajach bardziej zaawansowanych w zakresie transformacji energetycznej. Muszą one nadać priorytet szybkim korzyściom prowadzącym do niższych skumulowanych emisji w okresie do 2050 r. Europejskie polityki powinny nie tylko zezwalać na szybkie opracowywanie technologii o mniejszym śladzie węglowym, ale przede wszystkim wspierać ten proces, jednocześnie nieustannie stojąc na straży długoterminowego celu neutralności klimatycznej.

<sup>v</sup> O ile nie podano inaczej, sformułowanie „pogląd IEA” stosowane w niniejszym dokumencie dotyczy wydanego przez IEA (Międzynarodowa Agencja Energetyczna, International Energy Agency) Scenariusza Ogłoszonych Polityk podczas konferencji IEA World Energy Outlook (2020), w którym jako punkt odniesienia wykorzystuje się istniejące ramy polityczne i ogłoszone zobowiązania.

## Natężenie wytwarzania energii i wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> (2017)



**RYC. 1:** Kraje europejskie są niezwykle zróżnicowane w zakresie intensywności emisji dwutlenku węgla w związku z wytwarzaniem energii

Źródła: Europejska Agencja Środowiska (2020) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-intensity-of-electricity-generation> (wartości dla UE, 2017)

IEA (2019) <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019/emissions> (wartości globalne, 2018)

Uwaga: Ostatnie wartości opublikowano w 2017 r.

Najskuteczniejszym podejściem będzie pomiar oraz system motywacyjny w zakresie redukcji emisji dwutlenku węgla, generowanych przez systemy wytwarzania energii, gwarantujący krótkoterminowe zyski, przy jednoczesnym utrzymaniu podejścia w stronę zerowych emisji netto do roku 2050. Ponadto będzie on wspierany przez wykonalne harmonogramy działań na rzecz zmniejszenia emisji, regularnie weryfikowane w świetle nowych osiągnięć nauki i technologii. Transformacja ta wymaga znaczących zmian w europejskim systemie energetycznym, technologiach i paliwach. Będzie to

również oznaczać zmianę w sposobie, w jaki europejscy obywatele i firmy zużywają energię. Zasada „Efektywność przede wszystkim” będzie musiała być podstawową regułą stosowaną we wszystkich procesach kształtowania polityki, planowania i inwestycji w sektorze energetycznym. W szczególności dla obywateli transformacja klimatyczna może być siłą napędową sprawiedliwszego społeczeństwa lub może zagrozić dobrobytowi osób wspieranych i zatrudnionych przez dotknięte sektory – czynnikiem decydującym będzie odpowiedzialne zarządzanie.

Zakres działań objętych Europejskim Zielonym Ładem i powiązаныmi programami odzwierciedla konieczność podejścia do systemu energetycznego jako całości, a nie żadnej konkretnej technologii. Tylko dzięki holistycznemu myśleniu o wszystkich tych elementach Europa może osiągnąć głęboką dekarbonizację w sposób efektywny kosztowo.

W dwóch kolejnych sekcjach tego dokumentu zostaną rozwinięte najpierw kwestie ewolucji systemów energetycznych, a następnie role, jakie odegrają różne technologie energetyczne i paliwa w procesie transformacji.

# System energetyczny

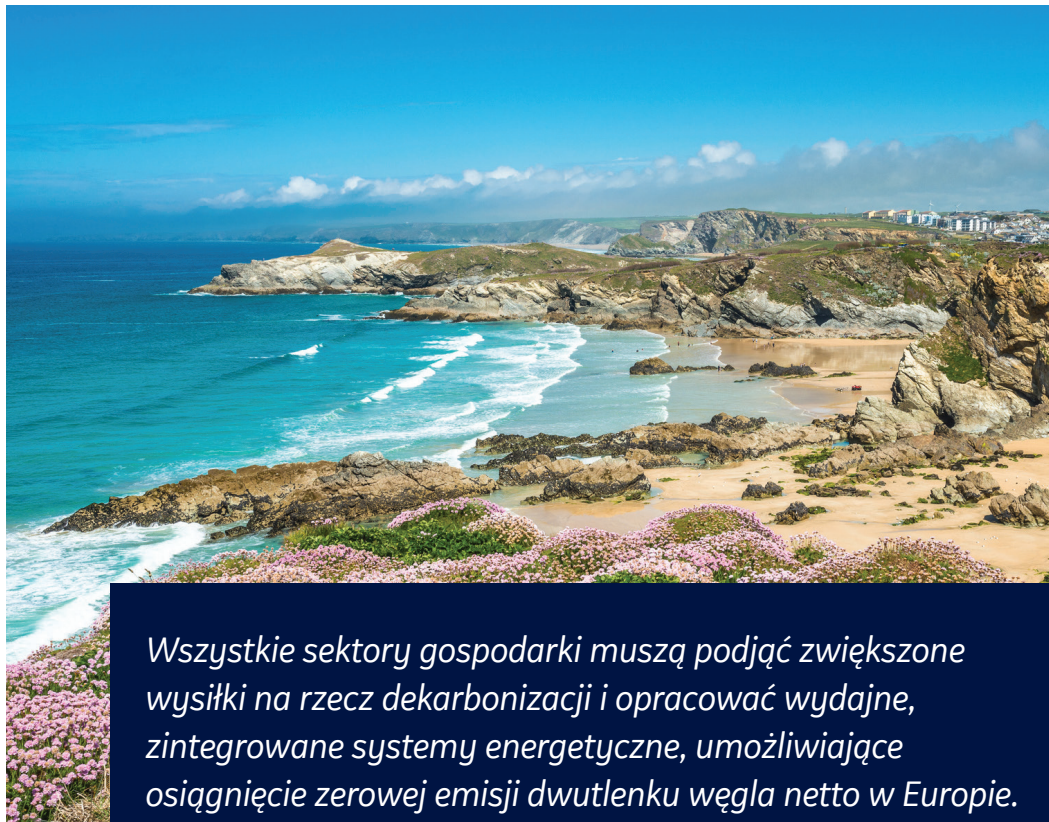
BRANŻA ENERGETYCZNA NIE JEST W STANIE ZROBIĆ WSZYSTKIEGO SAMĄ

Integracja systemów energetycznych będzie miała zasadnicze znaczenie dla przeprowadzenia transformacji klimatycznej, zapewniając, że zyski i wydajność osiągnięte w sektorze energetycznym będą mogły być wykorzystane w całej gospodarce.

Branża energetyczna stanowi główny czynnik przyczyniający się do obniżenia emisji w UE, w latach 1990-2018 udało jej się uzyskać redukcję w wysokości niemal 500 MtCO<sub>2</sub>e z łącznej ilości ~1400 MtCO<sub>2</sub>e zmiany emisji GHG netto. Jak podkreśla Europejska Agencja Środowiska, te redukcje były spowodowane „intensywnym wykorzystaniem źródeł energii odnawialnej, przechodzeniem od węgla do gazu w zakresie wytwarzania energii i ciepła oraz usprawnieniom w zakresie efektywności energetycznej.”<sup>73</sup> W tym czasie udział węgla w generowaniu energii spadł o około połowę z 40% do 20%, udział energii z gazu naturalnego uległ potrojeniu, z mniej niż 7% do ponad 18%, a udział energii z elektrowni wiatrowych i słonecznych wzrósł z wartości wyjściowej, która praktycznie nie stanowiła żadnego wkładu, do 14% całkowitej generowanej energii. Zobacz Ryc. 2.

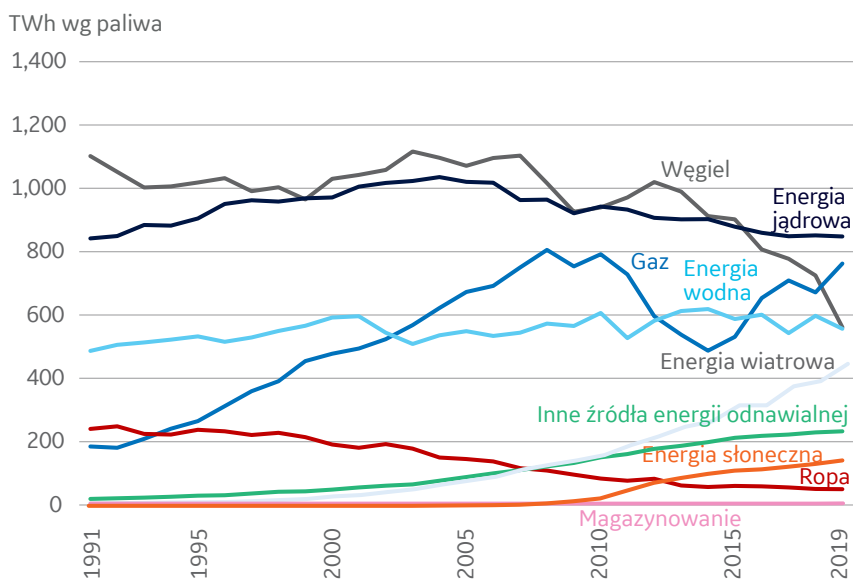
Tym niemniej, sama branża energetyczna nie jest w stanie zrealizować europejskich ambicji klimatycznych. Chociaż wytwarzanie energii o niskim śladzie węglowym stało się coraz bardziej ekonomiczne, nowe problemy będą ograniczać dalszy postęp. Gęstość zaludnienia w Europie sprawia, że coraz trudniej jest rozwijać projekty związane z energią odnawialną, które wymagają dużych nakładów gruntów. Ponadto blisko 40% elektryczności w Europie jest produkowane w elektrowniach jądrowych i wodnych, czyli ze źródeł energii wolnych od CO<sub>2</sub>, który to udział najprawdopodobniej nie będzie znacząco rosł w najbliższych latach. Te czynniki, połączone z koniecznością wyłączenia starych, zanieczyszczających elektrowni, nawet pomimo rosnącego zapotrzebowania Europy na prąd, oznaczają, że największe wyzwania stojące przed transformacją sektora energetycznego dopiero nadejdą, a nie są za nami.

Chociaż wiele sektorów polega na elektryfikacji, aby móc ograniczyć emisje, sama elektryfikacja nie zagwarantuje osiągnięcia celów związanych ze zrównoważonym rozwojem. Przejście ze spalania paliw na energię elektryczną przynosi wyraźne korzyści dla środowiska w miejscu użytkowania ze względu na zmniejszenie emisji lokalnych zanieczyszczeń powietrza. Jednakże, aby elektryfikacja przyniosła najlepsze rezultaty w redukowaniu emisji CO<sub>2</sub>, sektor energetyczny musi przejść transformację i jeszcze bardziej zmniejszyć intensywność emisji dwutlenku węgla.



*Wszystkie sektory gospodarki muszą podjąć zwiększone wysiłki na rzecz dekarbonizacji i opracować wydajne, zintegrowane systemy energetyczne, umożliwiające osiągnięcie zerowej emisji dwutlenku węgla netto w Europie.*

## Wytwarzanie energii w Europie według paliwa



**RYC. 2:** W Europie postępuje proces odchodzenia od wytwarzania energii z węgla rzecz technologii o mniejszym śladzie węglowym

Źródło: ENERDATA (2020)



*Rozwój źródeł energii odnawialnej będzie powodować nowe wyzwania w dostarczaniu energii tam, gdzie jest potrzebna i kiedy jest potrzebna. W świetle gwałtownie zmieniających się wzorców zużycia i wytwarzania energii Europejski system energetyczny musi wykorzystywać wszystkie narzędzia oraz całą dostępną infrastrukturę w celu utrzymania niezawodności.*

## ZARZĄDZANIE EWOLUJĄCYM SYSTEMEM ENERGETYCZNYM

Aby zrozumieć jak i dlaczego różne technologie przyczyniają się do dekarbonizacji naszego systemu energetycznego, musimy najpierw rozważyć konkretne potrzeby samego systemu energetycznego. Droga do gospodarki neutralnej pod względem emisji dwutlenku węgla nie zależy wyłącznie od intensywności emisji naszych aktywów wytwórczych, ale także od ich wydajności i specyfiki. W związku z tym w niniejszym opracowaniu pokrótce omówione zostaną podstawowe uwarunkowania, które będą miały wpływ na nasz miks energetyczny.

Przyszłość europejskiego systemu energetycznego to system wzajemnie połączony i zintegrowany. Aby to osiągnąć, decydenci i uczestnicy rynku muszą uwzględnić system energetyczny, obejmujący wiele źródeł energii, infrastrukturę i konsumentów energii.<sup>4</sup> Praktycznym przykładem takiego zagadnienia jest elektryfikacja transportu lekkiego. Pojazdy elektryczne zasilane z akumulatorów mogą wykorzystywać energię elektryczną wolną od CO<sub>2</sub> zamiast paliw płynnych, a w skali masowej mogłyby nawet stanowić magazyn dla sieci, działając zarówno jako odbiorcy, jak i dostawcy energii elektrycznej w prawdziwie zintegrowany sposób.

Spowoduje to wzrost zapotrzebowania na elektryczność i jeszcze większy nacisk na system energetyczny. Kluczowym rozwiązaniem tego problemu jest zwiększenie efektywności energetycznej. Po stronie podaży, jednoczesne wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej ("kogeneracja") oraz ukierunkowane zastąpienie aktywów wytwarzających energię może zapewnić maksymalną produkcję energii z paliw. W ramach uzupełnienia, normy dotyczące produktów i renowacje budynków mogą znacznie zmniejszyć zapotrzebowanie na energię.

Ponadto obsługa sieci energetycznej jest niezwykle złożonym zadaniem, gdyż moc wytwarzana i zużywana musi być równa w czasie rzeczywistym, aby zagwarantować delikatną równowagę częstotliwości. W tym celu operatorzy sieci energetycznych muszą dysponować kilkoma mechanizmami, które mają zasadnicze znaczenie dla utrzymania dostaw prądu i jakości energii, które Europejczycy zaczęli oczekiwać (i która jest wyższa niż w innych częściach świata).

## System kogeneracyjny

**Kogeneracja, czyli jednoczesne wytwarzanie ciepła i elektryczności, może zwiększyć efektywność energetyczną nawet do 90% w porównaniu do 60-65% w przypadku najbardziej zaawansowanych elektrowni pracujących w cyklu łączonym. Dzięki elektrowniom kogeneracyjnym ciepło generowane w procesie wytwarzania prądu elektrycznego można odzyskiwać i wykorzystywać do tworzenia pary dla przemysłu lub ciepła dla budynków mieszkalnych czy przemysłowych.**

Wiele krajów UE promuje kogenerację jako sposób na ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>. W Niemczech od 2002 r. obowiązuje ustawa krajowa, której celem jest wspieranie produkcji energii przez kogenerację. Dzięki połączeniu załącz z jasno określonym celem ustawa ta skutecznie promuje technologie kogeneracyjne w całej gospodarce, poprawiając efektywność energetyczną i obniżając koszty ponoszone przez przemysłowych odbiorców energii. Wysokowydajna kogeneracja jest jedną z krótkoterminowych dźwigni obniżenia emisyjności i konieczne będzie jej stałe wsparcie w całej Europie.

Podstawowy wymóg, związany z ciągłą zdolnością do radzenia sobie z wyzwaniami<sup>vi</sup>, z jakimi borykają się europejskie sieci elektroenergetyczne, dotyczy elastyczności reagowania i zdolności rezerwowych. Ponieważ sieci te zostały zbudowane w oparciu o wytwarzanie synchroniczne, bezwładność zapewniały wirniki turbin i generatorów synchronicznych jednostek wytwórczych. Szybki przyrost mocy wytwórczych niesynchronicznych, którego jesteśmy świadkami w ostatnich latach, skutkuje zmniejszeniem bezwładności systemu.

„Inercja syntetyczna”, wprowadzona technologiami połączonymi z falownikami, jak energia wiatrowa i słoneczna, zapewniła pewne niepowtarzalne usługi sieciowe, dostosowane do konkretnych potrzeb. Tym niemniej, w dalszym ciągu energia kinetyczna obracających się jednostek jest niezbędna do zapewnienia stabilności sieci. Jednakże ta energia kinetyczna jest ograniczana ciągiem wycofywaniem z eksploatacji starszych elektrowni (jądrowych i węglowych) oraz skracaniem czasu pracy pozostałych zasobów rotacyjnych. Jest to wyzwanie, któremu system energetyczny będzie musiał sprostać, aby zachować niezawodność i uniknąć przerw w dostawie prądu, automatycznego odłączania niektórych obszarów zapotrzebowania w przypadku spadku częstotliwości lub nawet przerw w dostawie prądu w całej sieci. Incydent w Wielkiej Brytanii z 9 sierpnia 2019 r. to drastyczny przykład konsekwencji braku zbilansowania częstotliwości po dwóch następujących po sobie usterkach systemu. Doszło wówczas do poważnych zaburzeń w transporcie publicznym w Londynie oraz odłączenia od sieci energetycznej blisko 1,1 miliona odbiorców.

<sup>vi</sup> Wyzwania te obejmują na przykład: nieprzewidziane wyłączenia dużych jednostek wytwórczych lub połączeń międzysystemowych, gwałtowne wzrosty/spadki dużych obciążeń przemysłowych, zmienność źródeł odnawialnych bez bezwładności obrotowej, awarie linii przesyłowych, zmniejszenie bezwładności w wyniku wycofania jednostek parowych/jądrowych lub pojawienie się pojazdów elektrycznych z funkcją szybkiego ładowania.

Oprócz wpływu na sieć, nowe moce ze źródeł odnawialnych stwarzają szczególne wyzwania w zakresie infrastruktury. Lokalizacje instalacji odnawialnych są często wybierane na podstawie ich przydatności, a nie wygody. Oznacza to, że często podaż może być daleka od źródeł zapotrzebowania. Przykładem takiej rozbieżności są Niemcy, które produkują dużą część swojej energii odnawialnej na północy kraju i w obrębie Morza Północnego, gdzie wiatr wieje silnie i często. Jednakże, z drugiej strony, wiele ośrodków przemysłowych potrzebujących energii znajduje się na południu kraju. Wymaga to znaczących inwestycji w nową infrastrukturę, gdzie oczekuje się, że do 2030 roku będą działać cztery wysokonapięciowe linie prądu stałego (HVDC), co stanowi część planu rozwoju sieci energetycznej o koszcie szacowanym na ponad 60 miliardów euro.<sup>5</sup>

Rozwój zmiennych źródeł energii odnawialnej zwiększa również konieczność całkowitego przechwytywania generowanej energii, kiedy wykracza ona poza zapotrzebowanie, oraz jej dostarczanie, kiedy zapotrzebowanie przekracza podaż. Rosnące wzajemne połączenia, coraz bardziej przystępne cenowo magazynowanie energii w akumulatorach, zarządzanie po stronie zapotrzebowania i rozwiązania cyfrowe pozwolą w przyszłości rozwiązać to wyzwanie. Kluczowymi czynnikami będą tu koszty i struktura rynku.

Przy rozważaniu sezonowej zmienności popytu i podaży wymagane są bardziej konkretne rozwiązania, a kluczową rolę będzie w tym odgrywać gaz, stanowiąc podstawę odporności systemu w nadchodzących dziesięcioleciach.

RAMY STRATEGICZNE BĘDĄ UKIERUNKOWYWAĆ INWESTYCJE.

*Chociaż nasz system energetyczny opiera się na infrastrukturze i wytwarzaniu energii, to właśnie regulacje zaproponowane przez decydentów politycznych ostatecznie poprowadzą rynki w kierunku dekarbonizacji.*

Rynki energetyczne Europy podlegają ścisłym regulacjom. Te wytyczne ramowe gwarantują konkurencję i uczciwość w obrębie całego systemu energetycznego i mają na celu nadanie wartości cechom wymaganym dla stabilności systemu i, oczywiście, zrównoważonego rozwoju. Nie przypisują one jednak systematycznie wyraźnej wartości do, na przykład, elastyczności lub odporności, które są coraz ważniejsze. Rozwiązania systemowe muszą gwarantować, że rynki energetyczne spełniają swoje zadanie, są w stanie zapewnić potrzebne inwestycje i ostatecznie są w stanie zrealizować cel Europy na rok 2050.

Wytyczne ramowe polityki energetycznej Europy muszą równoważyć transparentność i elastyczność. GE przestrzega przed tworzeniem strategii, które mają na celu przewidywanie przyszłości, wyznaczając wąskie ścieżki dla technologii i źródeł energii. Centralną zasadą UE stosowaną w celu regulowania emisji CO<sub>2</sub> sektora energetycznego są taryfy na emisję dwutlenku węgla, które dają sygnały cenowe operatorom i inwestorom rynkowym. Nadchodząca rewizja Dyrektywy UE dotyczącej Unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji (ETS) w ramach pakietu legislacyjnego „Fit for 55” musi wzmocnić bieżący system, aby zagwarantować przesłanie odpowiednich sygnałów rynkom na temat ekonomicznej transformacji energetycznej. Kolejne kroki powinny być zawsze skoordynowane z ETS, gdyż wycena emisji CO<sub>2</sub> umiejętnie łączy regulacje rządowe z przyjaznymi dla innowacji i ekonomicznymi procesami rynkowymi. Próby administracyjnego

podziału działań gospodarczych ze względu na ich wkład w transformację mogą zrobić więcej szkody niż pożytku, gdyż innowacje i realia gospodarcze są zbyt złożone i dynamiczne. Ustalanie cen emisji dwutlenku węgla powinno być dodatkowo uzupełnione polityką, która jest niezależna od technologii i która kładzie nacisk zarówno na działania krótkoterminowe, prowadzące do jak najszybszego osiągnięcia największych redukcji, jak i na długoterminową wizję ambitnych redukcji emisji dwutlenku węgla, prowadzących do neutralności klimatycznej do 2050 r. Wreszcie, ukierunkowane inicjatywy wspierające, na przykład, wodór, technologię CCUS i integrację sektora użytkowników końcowych będą miały kluczowe znaczenie dla rozwoju i wprowadzania nowych technologii.

Wdrażane polityki wpływają również na strukturę projektów rynkowych, które zależą nie tylko od samej ekonomii, lecz również od spełniania potrzeb energetycznych obywateli Europy. Oznacza to, że najlepsza energia nie zawsze jest najtańszą, czy w rzeczywistości obciążoną najmniejszą emisją dwutlenku węgla, a gracze rynkowi i decydenci mają obowiązek przygotować się na najbardziej ekstremalne scenariusze popytu. Wyważenie tych wszystkich kwestii z problematyką zrównoważonego rozwoju i granic możliwości finansowych często nazywa się „trylematem energetycznym”.

**Energia gazowa może zaspokoić potrzeby w zakresie elastyczności przy jednoczesnym dążeniu do wytwarzania energii w sposób neutralny pod względem emisji dwutlenku węgla poprzez dekarbonizację paliw i instalacji. Rynki prądu elektrycznego Europy muszą przyjąć do wiadomości ten fakt i dopilnować, aby generowanie energii z gazu naturalnego mogło odgrywać tę kluczową rolę, przy jednoczesnym utrzymaniu opłacalności gospodarczej.**

W związku z tym, istotnym elementem stabilnego i zrównoważonego systemu energetycznego jest zrekompensowanie elastycznych, rzetelnych możliwości, przykładowo mechanizmem pojemnościowym – lub, aby użyć lepszego słowa, „możliwościami”.



## Cena minimalna za emisję dwutlenku węgla

Polityki oraz regulacje muszą ponadto zapewnić systemowi energetycznemu możliwość zabezpieczenia znacznych inwestycji niezbędnych do dekarbonizacji. Chociaż szacunki dotyczące rozmiarów tych inwestycji potrafią się znacząco różnić, Komisja Europejska prognozuje, że do uzyskania neutralności klimatycznej do roku 2050 wymagane są roczne inwestycje przekraczające 500 miliardów euro.

Największą część inwestycji w dekarbonizację może – i powinno – pokrywać finansowanie prywatne. Te inwestycje będą powodowane siłami rynkowymi, uznającymi możliwości ekonomiczne zapewniane przez transformację energetyczną. Finansowanie publiczne będzie odgrywać bardzo ważną rolę we wspieraniu raczkujących technologii, uzupełniając inwestycje sektora prywatnego tam, gdzie siły rynkowe będą wystarczać i gwarantować sprawiedliwą transformację.<sup>vii</sup>

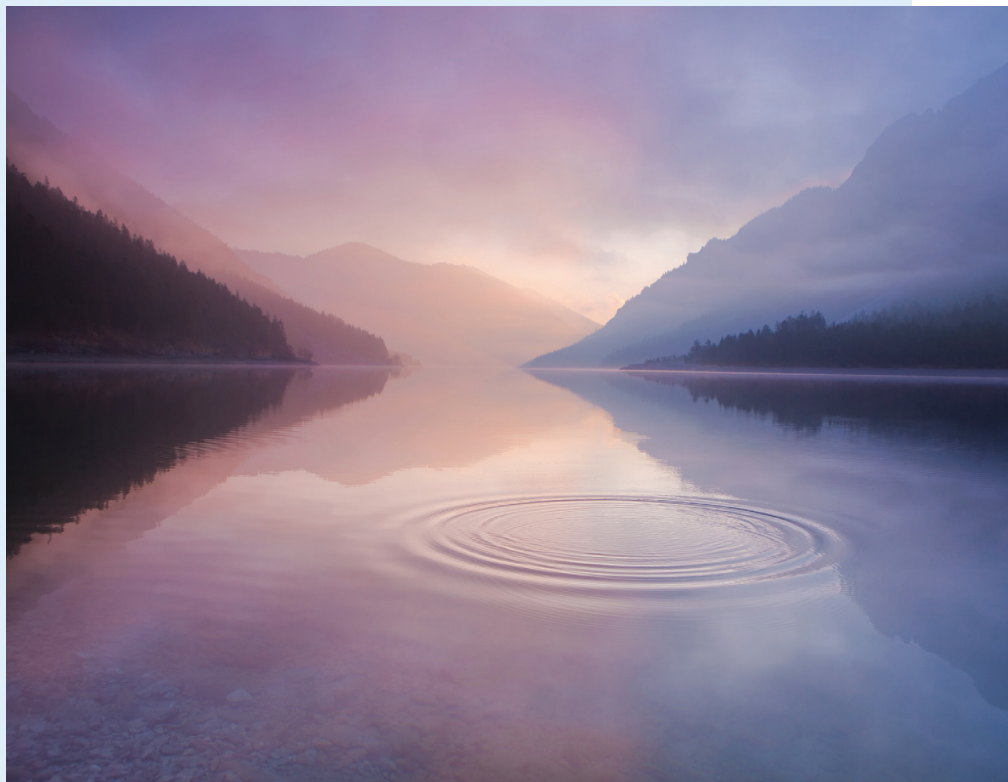
Przy rozważaniu działań publicznych mających na celu bezpośrednie inwestowanie lub mobilizowanie inwestycji sektora prywatnego niezwykle ważne jest, aby otoczenie inwestycyjne współgrało z systemem energetycznym, jaki Europa posiada obecnie, a nie z tym, który ma nadzieję osiągnąć w 2050 roku. Oznacza to, że finansowanie należy skierować tam, gdzie może ono przynieść maksymalne redukcje w perspektywie krótko- i średnioterminowej, przy jednoczesnym zachowaniu zgodności z długoterminowym celem neutralności klimatycznej.

Ramy polityk, funkcjonujące rynki oraz inwestycje będą najważniejszymi czynnikami decydującymi o sukcesie Europy. Ich wzajemne oddziaływanie i wpływ na siebie jest trudne, jeśli nie niemożliwe, do precyzyjnego przewidzenia. Mając to na uwadze, decydenci polityczni muszą unikać zbyt wąskich ram regulacji. Zamiast tego rynki mogą być kształtowane przez odpowiednie bodźce, takie jak ceny emisji dwutlenku węgla, aby mogły wprowadzać innowacje i eksperymenty na drodze do neutralnej pod względem emisji dwutlenku węgla przyszłości.

<sup>vii</sup> Sprawiedliwa transformacja to transformacja, która chroni dobrostan obywateli, zwłaszcza w głęboko dotkniętych regionach, które są uzależnione od gałęzi przemysłu niekompatybilnych z dekarbonizowaną gospodarką, takich jak górnictwo węglowe.

**Zastosowanie ceny minimalnej emisji dwutlenku węgla może być bardzo skuteczne i zostało wykorzystane przez różne państwa europejskie i pozaeuropejskie w celu szybkiego wycofania węgla z ich systemów energetycznych. Dolne pułapy cenowe mogą zagwarantować, że szkodliwe skutki wytwarzania energii z wykorzystaniem węgla zostaną odpowiednio uwzględnione w ekonomice cyklu życia elektrowni.**

Wprowadzenie takiego narzędzia daje również większą pewność inwestorom, gwarantując, że cena emisji dwutlenku węgla nie spadnie poniżej pewnej określonej ceny. W kwietniu 2013 r. rząd Wielkiej Brytanii zdecydował się wprowadzić cenę minimalną za emisję dwutlenku węgla w celu wspierania Unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji. Cena minimalna za emisję dwutlenku węgla podtrzymała wysokość cen za emisję, zmniejszyła niepewność związaną z dochodami z związku z wahaniami cen za emisję oraz poprawiła ekonomikę inwestycji w niskoemisyjne wytwarzanie energii. Od czasu wprowadzenia tego mechanizmu regulacyjnego w Wielkiej Brytanii nastąpił znaczny spadek produkcji energii elektrycznej z węgla. Udział węgla w całkowitym wytwarzaniu energii spadł z ~36% w 2013 r. do ~2% w 2019 r. Ponadto od 2017 r. Wielka Brytania doświadcza okresów, kiedy prąd w ogóle nie jest wytwarzany z użyciem węgla. W 2020 r. w Wielkiej Brytanii wystąpił rekordowy okres bez wytwarzania energii z węgla – miał on miejsce pomiędzy 10 kwietnia i 12 sierpnia i obejmował tylko jeden dzień, podczas którego taka energia była wytwarzana – jest to najdłuższy taki okres od momentu, gdy Wielka Brytania rozpoczęła wytwarzanie prądu elektrycznego ze spalania węgla w latach 80. XIX wieku. Oprócz Unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji, niemiecki rząd zdecydował się również wdrożyć od 2021 r. minimalną cenę na emisje GHG, zarówno w sektorze transportowym, jak i budowlanym. Berlin zamierza co roku podnosić cenę, aż do momentu sprzedaży uprawnień na aukcji od 2026 roku.





# Technologia i paliwa

ŹRÓDŁA ENERGII ODNAWIALNEJ I ENERGII Z GAZU NATURALNEGO RAZEM  
MOGĄ UŁATWIĆ TRANSFORMACJĘ ENERGETYCZNĄ EUROPY

*Coraz tańsze odnawialne źródła energii przyczynią się do dekarbonizacji wytwarzania energii, ale nie będą w stanie same osiągnąć zerowej emisji dwutlenku węgla.*

Źródła energii odnawialnej, zwłaszcza wiatr i fotowoltaika słoneczna (PV) to nieskończone źródło energii wolnej od CO<sub>2</sub>, która nie podlega wahaniom cen paliw i – w związku z tym – umożliwia wytwarzanie prądu elektrycznego przy bardzo niskich kosztach. Wdrożenie tych technologii stanowi kluczowy element stawienia czoła zmianom klimatycznym przy jednoczesnym rozwoju innowacyjnych i wysokowartościowych gałęzi przemysłu wokół produkcji i eksploatacji odnawialnych źródeł energii. Szybki wzrost produkcji energii ze źródeł odnawialnych w Europie w największym stopniu wynika z redukcji kosztów, usprawnień technologicznych poprawiających możliwości, korzystnych przepisów oraz pozytywnego nastawienia opinii publicznej do energii o zerowym śladzie węglowym.

GE zdecydowanie wspiera stały postęp w zakresie efektywnych kosztowo technologii energii odnawialnej. Nasz oddział energii odnawialnej z siedzibą w Paryżu jest wiodącym dostawcą turbin wiatrowych i urządzeń do produkcji energii wodnej.

Kluczowym czynnikiem w tej transformacji były koszty. W Europie technologie odnawialne często konkurują z wytwarzaniem energii cieplnej w otwartych przetargach na nowe moce wytwórcze. Pomiędzy rokiem 2010 i 2019, moc zainstalowanych w UE słonecznych instalacji fotowoltaicznych oraz turbin wiatrowych wzrosła z około 110 GW do 285 GW.<sup>6</sup>

W tym okresie koszty prądu elektrycznego produkowanego przez te źródła spadły odpowiednio o 82% i 40%,<sup>7</sup> co stanowi główny czynnik tego niezwykłego rozwoju. Taki spadek wynika zasadniczo z ogromnej redukcji kosztów, usprawnień w obrębie łańcucha dostaw oraz programów wsparcia. Ponadto zwiększa się również wydajność turbin wiatrowych przy niskich prędkościach wiatru. Wieże są coraz wyższe, a średnice łopatek większe, dzięki czemu mogą produkować więcej energii w przeliczeniu na jednostkę łądu.

Ponieważ punkty wyjścia oraz ograniczenia fizyczne bardzo się różnią na terenie całej Europy, optymalna droga do uzyskania najniższych możliwych emisji dwutlenku węgla będzie zupełnie inna dla każdego kraju.

**Dla wielu krajów najszybszym i najbardziej ekonomicznym sposobem na dekarbonizację będzie połączenie źródeł energii odnawialnych oraz z gazem naturalnym. Ponadto przejście od węgla do źródeł o niższej emisji może spowodować obniżenie skumulowanych emisji w trakcie okresu przejściowego.**

Jak już wcześniej omówiono w niniejszym dokumencie, nasz istniejący system energetyczny jest ograniczony w swoich możliwościach przesyłu i magazynowania energii ze źródeł odnawialnych. To z kolei oznacza albo wolniejsze przejście, albo znaczny wzrost kosztów inwestycyjnych, z niewielką przewagą nad przejściem wykorzystującym również paliwa gazowe.

**Szybkie upowszechnianie odnawialnych źródeł energii powinno być zatem uzupełnione technologiami, które przewyżczą ewentualne ograniczenia, a jednocześnie będą zgodne z europejskimi ambicjami uzyskania zerowej emisji do 2050 r**



## TURBINY GAZOWE STANOWIĄ ROZWIĄZANIE DO OSIĄGNIĘCIA NISKIEGO LUB PRAWIE ZEROWEGO POZIOMU EMISJI DWUTLENKU WĘGLA.

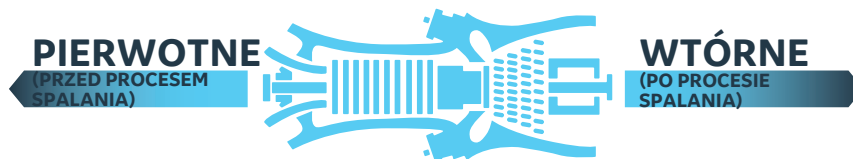
Zasilanie gazowe to technologia, która może uzupełniać zmienne źródła energii odnawialnych i stworzyć system energetyczny o wysokim udziale energii wiatrowej i słonecznej, który będzie niezawodny i gotowy do spełnienia potrzeb gospodarki europejskiej. Poprzez wykorzystanie solidnej europejskiej struktury transportu i przechowywania gazu, wytwarzanie energii z gazu może zabezpieczyć transformację do systemu neutralnego pod względem dwutlenku węgla, gwarantując bezpieczeństwo podaży, przy jednoczesnym ekonomicznym zagwarantowaniu głębokiej dekarbonizacji.

Elektrownie w cyklu łączonym (CCPP) zasilane gazem ziemnym to elektrownie o najniższych możliwych do uzyskania emisjach, mierzonych w zakresie CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, rtęci czy cząstek stałych. Jednakże w przyszłości dojdzie do konieczności jeszcze głębszego ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>, a istnieje błędne przekonanie, że wdrożenie nowej generacji rozwiązań związanych z gazem spowoduje „zablokowanie” emisji CO<sub>2</sub> na okres eksploatacji elektrowni. Turbiny gazowe, które są aktualnie stosowane lub zostaną dopiero zainstalowane, mogą zostać dostosowane do potrzeb dekarbonizacji i uniknięcia zablokowania emisji CO<sub>2</sub> poprzez wykorzystanie technologii wychwytu węgla lub paliw o niskiej zawartości węgla, jak wodór czy biopaliwa o niskim lub prawie zerowym śladzie węglowym.

Ponadto do wytwarzania energii z gazu naturalnego wymagana jest znacznie mniejsza ilość miejsca, dzięki czemu elektrownie gazowe można umieszczać bliżej miejsc zapotrzebowania, co może również pozwolić uniknąć konieczności inwestowania w infrastrukturę przesyłową. Porównywalnej mocy elektrownia CCPP wymaga prawie 400 razy mniej miejsca niż słoneczna instalacja fotowoltaiczna oraz 4000 razy mniej powierzchni od lądowej farmy wiatrowej.<sup>8</sup>

W GE jesteśmy przekonani, że technologie, które dziś wdrażamy, muszą być zgodne z długoterminowymi celami klimatycznymi Europy, nawet jeśli w krótkim czasie ograniczają emisje i wspierają stabilność sieci. Paliwa gazowe oraz wytwarzanie ciepła stanowią niezbędny składnik wszystkich systemów energetycznych, nawet we w pełni zdekarbonizowanej gospodarce. Zobacz Ryc. 3.

*Dzięki zastosowaniu technologii wodorowej i CCUS, turbiny gazowe zainstalowane obecnie mogą zostać przekształcone w nisko- lub prawie bezemisyjne źródła energii, zapewniając natychmiastową redukcję emisji, a jednocześnie umacniając drogę do zerowej emisji netto.*



**RYC. 3:** Środki umożliwiające dekarbonizację turbin gazowych – dwie ścieżki technologiczne do niskiego lub prawie zerowego wytwarzania gazowego węgla: metody pierwotne (wychwyt przed procesem spalania) i wtórne (wychwyt po procesie spalania)

Istnieją dwie kluczowe ścieżki technologiczne prowadzące do niskoemisyjnego lub prawie bezemisyjnego wytwarzania gazu – metody pierwotne (wychwyt przed procesem spalania) i wtórne (wychwyt po procesie spalania). Technologia CCUS (wychwytywanie, wykorzystywanie i składowanie dwutlenku węgla) oraz wodór to dwie powszechnie akceptowane opcje reprezentujące podejścia po- i przed-spaleniu. Miejsce i sposób wdrożenia każdej technologii będzie zależał w dużym stopniu od czynników powiązanych z kosztem, środowiskiem regulacyjnym, postrzeganiem przez opinię publiczną oraz istniejącą infrastrukturą. Z tego powodu tak istotne znaczenie ma, żeby europejskie środowisko regulacyjne umożliwiło operatorom na rynku energetycznym wybranie drogi technologicznej, która najlepiej pasuje do ich konkretnych potrzeb. W ten sposób Europa będzie mogła kierować się w stronę naszego wspólnego celu, jakim jest system bez emisji CO<sub>2</sub>, w najlepszy i najbardziej ekonomiczny sposób.

### TECHNOLOGIA CCUS UMOŻLIWI DEKARBONIZACJĘ CAŁEJ GOSPODARKI

**CCUS to dostępna technologia, która umożliwia praktycznie całkowitą dekarbonizację elektrowni. Może być wdrażana klastrami, wykorzystując efekt skali do wspierania branż o niskim śladzie węglowym.**

Technologia CCUS obejmuje wychwytywanie i składowanie emitowanego CO<sub>2</sub> zanim zostanie on uwolniony do atmosfery. Jak omówiono wcześniej, proces ten może być stosowany "przed spalaniem", czyli przetwarzaniem gazu ziemnego na wodór. Może być również stosowany po procesie spalania (metoda wtórna), co oznacza wychwyt i sekwestrację emisji z elektrowni gazowych. Te zanieczyszczenia mogą być następnie składowane pod ziemią, w odpowiednich solankowych warstwach wodonośnych, wyczerpanych złożach gazu lub wykorzystywane w innych procesach przemysłowych. Poprzez te procesy można wyeliminować do 90% CO<sub>2</sub> emitowanego przez elektrownie.

Chociaż system CCUS umożliwia znaczącą redukcję emisji, wpływa on na ekonomikę elektrowni. Uwzględnienie dodatkowego kosztu oraz obniżonej efektywności skutkuje wzrostem uśrednionego kosztu energii elektrycznej (LCOE) na poziomie od 30% do 50%, w zależności od oczekiwanego poziomu wychwytywanych emisji dwutlenku węgla.<sup>9</sup> Ponadto dodanie technologii CCUS może spowodować powiększenie rozmiarów elektrowni. Na całym świecie dokłada się wysiłków, aby zoptymalizować elektrownie oraz potrzeby termiczne systemu CCUS w taki sposób, aby ograniczyć jego wpływ na efektywność.

Samo oddzielanie CO<sub>2</sub> nie wystarczy do osiągnięcia ambitnych celów dekarbonizacyjnych. CO<sub>2</sub> musi być przechowywany w sposób bezpieczny i trwały. Jednym z największych ograniczeń we wdrażaniu dzisiaj technologii CCUS jest wyobrażenie opinii publicznej, że wychwyconego CO<sub>2</sub> nie można trwale sekwestrować. Na podstawie podobieństw do technologii wydobywania paliw kopalnych, naukowcy uważają, że Ziemia ma zdolność do przechowywania większej ilości CO<sub>2</sub> niż ludzie są w stanie wyprodukować i istnieją bardzo silne dowody na to, że można bezpiecznie przechowywać CO<sub>2</sub> pod ziemią przez setki milionów lat. Postrzeganie społeczne i nastroje polityczne są jednak faktem i należy się nad nimi pochylić, zanim sekwestracja dwutlenku węgla zostanie zastosowana na dużą skalę.

Zakłady z technologią CCUS działają w Europie od połowy lat 90. XX wieku. Tylko jeden z nich, pole gazowe Sleipner w Norwegii, do dnia dzisiejszego zasekwestrował ponad 20 milionów ton CO<sub>2</sub> w obrębie wyczerpanych złóż gazowych. Wykazało to skuteczność tej technologii, trwałość sekwestracji i skalę, na jaką można wdrożyć technologię CCUS w obrębie Europy.

Ponadto nie chodzi jedynie o inwestycje sektora energetycznego w technologii CCUS. Ta technologia stanowi niezbędny składnik procesu dekarbonizacji wielu sektorów przemysłowych, jak na przykład produkcji substancji chemicznych i cementu. Rozwój CCUS w węzłach przemysłowych może przynieść korzyści skali, tworząc niskoemisyjne klastry komplementarnych obiektów przemysłowych i energetycznych.

Aktualnie taryfy na emisję dwutlenku węgla są stosowane w stosunku do elektrowni oraz innych zakładów przemysłowych na mocy unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji oraz odpowiadającego systemu brytyjskiego. Według przeprowadzonych przez firmę GE analiz (dostępnych na żądanie) równowaga pomiędzy podatkiem węglowym za emisję oraz opłatą za wychwyt i sekwestrację dwutlenku węgla przechyliła się na stronę instalacji systemów wtórnego wychwyty dwutlenku węgla (po procesie spalania), który w niektórych warunkach występuje na tak niskim poziomie, jak od około 29 do około 41 euro za tonę metryczną CO<sub>2</sub>. Jest to ponadto wspierane przez fundusz innowacji unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji, który zapewnia wsparcie w wysokości około 10 miliardów euro w latach 2020-2030 na rzecz komercyjnych demonstracji innowacyjnych technologii o niskim śladzie węglowym. Razem polityki te mogą zapewnić redukcję kosztów i częstsze wdrażanie technologii CCUS.



## Wdrażanie CCUS w klastrach przemysłowych

**Chociaż UE planuje istotne przejście na odnawialne źródła energii w sektorze wytwarzania energii, w perspektywie krótko- i średnioterminowej paliwa kopalne nadal będą odgrywać znaczącą rolę. CO<sub>2</sub> emitowane przez spalanie paliw kopalnych stanowi blisko 30% całkowitych emisji GHG w obrębie UE. Celem technologii CCUS jest wychwytywanie około 90% tych emisji. Oczekuje się, że CCUS odegra istotną rolę w osiągnięciu celów klimatycznych na rok 2050 w sposób efektywny kosztowo.**

Poprzez rozwój i wdrażanie technologii CCUS w centrach przemysłowych można dzielić ich koszt na wielu uczestników projektu. Przykładem takiego rozwiązania jest port Rotterdam w Holandii, który współpracuje z konsorcjum partnerów przemysłowych w zakresie opracowania projektu składowania dwutlenku węgla Porthos.

Po wdrożeniu ten projekt umożliwi trwałą sekwestrację 2,5 miliona ton CO<sub>2</sub> rocznie w obrębie Morza Północnego. Oprócz dekarbonizacji zakładów przemysłowych, umożliwi również produkcję znaczących ilości niebieskiego wodoru. Na potrzeby tego projektu zabezpieczono ponad 100 milionów euro z funduszy UE i aktualnie uważa się, że jego działanie rozpocznie się już nawet w 2024 r. Projekt Porthos pokazuje, w jaki sposób centra CCUS mogą wspierać działanie centrów przemysłowych neutralnych dla klimatu. Elektrownie również wykorzystują tę istotną ścieżkę sekwestracyjną i wcześniej dołączają do klastrów przemysłowych jako kluczowi partnerzy.



## EUROPA JEST LIDEREM GLOBALNEGO RUCHU NA RZECZ ZIELONEGO WODORU

Wodór będzie odgrywał kluczową rolę w gospodarce przyszłości, zarówno jako nośnik energii, jak i surowiec przemysłowy. Wodór produkowany jest obecnie głównie poprzez przetwarzanie gazu ziemnego, jednak zastosowanie technologii CCUS w najbliższej przyszłości oraz wzrost produkcji wodoru z odnawialnej energii elektrycznej, w dłuższej perspektywie otworzy nowe możliwości.

Komisja Europejska wyraźnie potwierdziła ogromną rolę, jaką wodór odegra w gospodarce Europy. W swojej przełomowej strategii dotyczącej wodoru, opublikowanej latem 2020 r., Komisja Europejska przewiduje, że do 2050 r. wodór będzie stanowił około 14% miks energetycznego UE i będzie wspierany przez inwestycje o wartości do 470 mld euro. Oznacza to znaczący wzrost w stosunku do dzisiejszych wartości, gdzie wodór odpowiada za mniej niż 2% zużycia energii w UE. Udział ten jednak rośnie, a turbiny dostarczane przez GE już pracują na mieszankach i wariantach wodorowych.

Koszt niskowęglowego i odnawialnego wodoru spada, a UE szacuje, że koszty elektrolizerów spadły o 60% w ciągu ostatnich dziesięciu lat.<sup>10</sup> Oczekuje się, że ta tendencja spadkowa utrzyma się, chociaż zawsze istnieje niepewność co do długoterminowej fluktuacji cen w szybko rozwijającym się obszarze technologii. Ostateczna krzywa kosztów będzie zależała od połączenia skali wsparcia rządowego, rozwoju rynków końcowych oraz potencjału nowych procesów.

Chociaż w bliskiej przyszłości wykorzystanie wodoru w wytwarzaniu energii elektrycznej będzie najprawdopodobniej ograniczone do demonstracyjnych projektów pilotażowych, może on odgrywać kluczową rolę w magazynowaniu nadmiaru energii ze źródeł odnawialnych i zapewnieniu równowagi w dłuższym czasie, tam gdzie jest ona potrzebna. Może wówczas zapewnić zbliżone do zera emisje dwutlenku węgla na poziomie elektrowni, w taki sam sposób, jak dzisiaj robią to elektrownie wiatrowe i instalacje fotowoltaiczne. Firma GE jest przygotowana na taką przyszłość. Dostarczane przez nas dzisiaj turbiny gazowe lub zmodernizowane istniejące jednostki będą zdolne do pracy z paliwami o niskim śladzie węglowym po odpowiednich modyfikacjach układu zapłonowego, akcesoriów paliwowych oraz układów wydechowych i systemów elektrowni.

*Wodór pełni zasadniczą funkcję w dekarbonizacji różnych sektorów gospodarki i umożliwia niskoemisyjne, elastyczne wytwarzanie energii cieplnej.*

## Rola wodoru w dekarbonizacji



**Aby uzyskać neutralność klimatyczną do roku 2050, UE chce przekształcić swoją gospodarkę, zwłaszcza jej system energetyczny, który odpowiada za 75% całkowitej emisji GHG w obrębie UE. W tym kontekście Bruksela nakreśliła istotną rolę dla wodoru. W swojej strategii dotyczącej wodoru, opublikowanej w lipcu 2020 r., UE prognozuje zwiększenie udziału wodoru w miksie energetycznym Europy do 14% przed rokiem 2050.<sup>10</sup>**

Rozwijanie roli wodoru w gospodarce UE ma zapewnić zasilanie tych sektorów, które nie są podatne na elektryfikację, oraz zapewnić możliwość magazynowania w celu zrównoważenia zmienności produkcyjnej źródeł energii odnawialnych. Celem tej strategii jest wzmocnienie niegenerującej CO<sub>2</sub> produkcji z wykorzystaniem wodoru w obrębie całej UE i uzyskanie inwestycji w wysokości w przybliżeniu 550 miliardów euro w nadchodzących latach.

Wiele państw członkowskich UE już określiło wodór z niską emisją dwutlenku węgla jako podstawę swoich krajowych planów energetycznych i klimatycznych. W tym zakresie Niemcy mocno wierzą w potencjał wodoru do zapewnienia głębokiej dekarbonizacji w zakresie ich gospodarki i w lipcu 2020 r. opublikowały ambitną Krajową Strategię Wodorową. Zwiększając w najbliższym czasie udział wodoru niskoemisyjnego, a jednocześnie dążąc do uzyskania do 2050 roku wodoru w pełni odnawialnego, Niemcy mają nadzieję zapewnić sobie pozycję światowego lidera w dziedzinie technologii wodorowych.

Niemiecki rząd uznaje wodór za ważne narzędzie umożliwiające realizację celów klimatycznych do roku 2050 i promuje szybkie zwiększenie skali wytwarzania wodoru do poziomu 5 GW do 2030 r. Wodór będzie wykorzystywany w obrębie całej gospodarki, dekarbonizując przede wszystkim stanowiące wyzwanie sektory przemysłowe, takie jak przemysł stalowy i chemiczny. Razem ze wzrostem produkcji wodoru nastąpi głębsza integracja z sąsiadującymi krajami rozwijającymi rynki i projekty powiązane z wodorem.

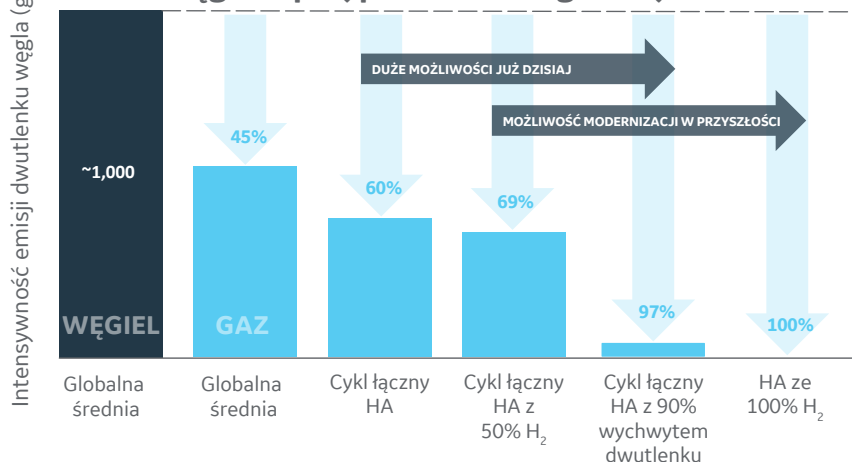
Aby móc zrealizować te ambitne plany, Niemcy aktywnie promują stworzenie projektu IPCEI (Important Project of Common European Interest – ważny projekt stanowiący przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania) dla wodoru, co odblokowałoby znaczące fundusze. Berlin ma nadzieję przydzielić ponad 7 miliardów euro, aby przyspieszyć wprowadzenie na rynek w Niemczech technologii wodorowych, oraz kolejne 2 miliardy euro na wspieranie partnerstwa międzynarodowego.

Inne kraje europejskie, w tym Francja, Holandia, Norwegia, Portugalia i Hiszpania, również zaprezentowały swoje strategie dotyczące wodoru i również planują wielomiliardowe inwestycje w tym obszarze.

Firma GE posiada bogate doświadczenie na tym polu, a jej turbiny gazowe pracują na wodorowych mieszaninach paliwowych w różnych zastosowaniach przemysłowych już od ponad 30 lat. Firma GE ponadto w dalszym

ciągu rozwija możliwości swoich gazowych turbin pracujących na wodór. Nasza biała księga dotycząca wykorzystywania wodoru w turbinach gazowych bardziej szczegółowo opisuje kwestie techniczne.<sup>11</sup> Patrz Ryc. 4 na kolejnej stronie.

## Droga do niskiej lub prawie zerowej ilości dwutlenku węgla w przypadku turbin gazowych



**RYC. 4:** Możliwość dekarbonizacji turbiny gazowej

Źródło: IEA WEO 2020, Analiza firmy GE

## ODCHODZENIE OD WĘGLA ZBLIŻA NAS DO ZDEKARBONIZOWANEJ PRZYSZŁOŚCI ENERGETYCZNEJ EUROPY

### Pomimo postępów w wycofywaniu węgla, jest on nadal istotnym elementem systemu energetycznego i konieczne są dalsze działania.

Chociaż udział węgla się zmniejsza, w dalszym ciągu odpowiada on za około 17% produkcji energii w UE w 2019 r. Chociaż UE nie określiła jeszcze daty odejścia od węgla, wytwarzanie energii z niego spadło o około 37% pomiędzy 2010 i 2019 r.<sup>6</sup> Tym niemniej, wytwarzanie energii z węgla nie podlega równomiernej dystrybucji na terenie Europy i utrzymuje się na niezwykle wysokim poziomie w systemach energetycznych niektórych krajów Europy Centralnej i Południowo-wschodniej, co będzie się utrzymywać przez długie lata. Przyspieszone wycofywanie węgla jako źródła energii jest niezbędne, jeżeli Europa ma zminimalizować całkowite emisje na drodze ku neutralności klimatycznej.

Całkowite odejście od węgla musi zostać podjęte w całej Europie ze zdecydowanym zaangażowaniem, w tempie znacznie szybszym niż obecnie. Ważnym pierwszym krokiem może być wyeliminowanie dotacji państwowych dla wytwarzania energii z węgla oraz wprowadzenie aukcji odwrotnych dla stopniowego wycofywania mocy wytwórczych. Również podmioty prywatne

mają tu do odegrania swoją rolę, a GE zobowiązało się do wycofania się z rynku nowo budowanych elektrowni węglowych. Przy ekonomicznych, niezawodnych i zrównoważonych technologiach, jakie są dzisiaj dostępne, nie ma powodów, dla których nie powinniśmy pilnie wyeliminować węgla z sektora energetycznego. W miarę zmniejszania ilości prądu wytwarzanego z węgla, konieczne będzie zastępowanie go opcjami o niższym śladzie węglowym – źródłami energii odnawialnej wspieranymi gazem ziemnym.

## ODPOWIEDZIALNE PODEJŚCIE DO EMISJI METANU

*Chociaż uzyskano znaczące postępy, bardzo ważne jest, aby rozwiązać kwestię emisji metanu w obrębie całego łańcucha wartości, zwłaszcza w zakresie produkcji i transmisji.*



Często podnoszoną obawą dotyczącą wytwarzania energii z gazu ziemnego jest odpowiedzialność za zwiększanie globalnych emisji metanu (gazu ziemnego czy CH<sub>4</sub>). Chociaż nie utrzymuje się on w atmosferze równie długo, co CO<sub>2</sub>, metan ma 28 razy większy potencjał wpływu na globalne ocieplenie niż CO<sub>2</sub> w przeliczeniu na kilogram,<sup>viii</sup> i obejmował 10% całkowitej emisji GHG w Europie w 2018 r.<sup>12</sup>

W sektorze energetycznym ponad trzy czwarte emisji metanu ma miejsce w związku z operacjami typu Upstream – w miejscu produkcji i transportu, a nie poprzez wykorzystanie w elektrowni. IEA szacuje, że w 2020 r. można było zapobiec około 10% wycieków przy zerowym koszcie netto, uwzględniając równowagę pomiędzy wychwytywaniem metanem oraz kosztami działań naprawczych. Według IEA koszt jest mniejszy niż w 2019 r. z powodu niskiej ceny gazu w 2020 r. Oczekuje się, że ta wartość wzrośnie w 2021 r., ponieważ ceny gazu będą rosły w miarę słabnięcia pandemii.<sup>13</sup>

GE wspiera polityki, które zobowiązują sektory energetyczny, naftowy i gazowy do wdrażania dostępnych, efektywnych kosztowo technologii i praktyk ograniczania emisji metanu. Z naszej strony poszukujemy środków umożliwiających ograniczenie wycieków metanu z produktów firmy GE i uznajemy to za bardzo ważny cel, lecz są to wycieki o kilka rzędów mniejsze niż występujące w operacjach typu Upstream. Uważamy, że wszyscy producenci i użytkownicy metanu powinni stosować najlepsze dostępne technologie do pomiaru i wychwytu emisji metanu.

<sup>viii</sup> Ponad 100-letni okres według IPCC [Raport syntezy AR5 \(2014\)](#)

GAZ ZIEMNY I ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII UZUPEŁNIAJĄ SIĘ I RAZEM PROWADZĄ DO DEKARBONIZACJI SYSTEMU ENERGETYCZNEGO

**Poprzez korzystanie równocześnie z energii gazowej oraz źródeł energii odnawialnej Europa może uzyskać najszybszą i największą redukcję emisji. W ten sposób UE może osiągnąć swój cel, jakim jest neutralność klimatyczna do 2050 r., wytwarzając jednocześnie możliwie najniższe łączne emisje w okresie przejściowym.**

Uwzględniając potrzeby naszego systemu energetycznego oraz dostępne dzisiaj dla nas technologie, na czoło stawki wyraźnie wybijają się wspomagająca rola gazu i źródeł energii odnawialnej na drodze prowadzącej do dekarbonizacji. Poprzez stworzenie odpowiedniego środowiska inwestycyjnego oraz odpowiednich polityk i regulacji i uwzględnienie takich kwestii, jak wycieki metanu i wykorzystanie terenu, Europa może stworzyć wydajny, zbilansowany i zrównoważony sektor energetyczny.

Wytwarzanie energii w oparciu o gaz ziemny jest elastyczne i możliwe do rozdysponowania. Elektrownie mogą być szybko włączane i wyłączane, regulować poziom mocy wyjściowej oraz zredukować ją do bardzo niskich poziomów w celu równoważenia popytu i podaży zgodnie z potrzebami. Mogą dostarczać więcej lub mniej mocy w miarę zmiennego zapotrzebowania i podaż na energię elektryczną w trakcie danego dnia, tygodnia, miesiąca czy pory roku – kiedy tylko jest to konieczne. Ta elastyczność ma szczególne znaczenie w utrzymaniu stabilności sieci w miarę wdrażania większej liczby źródeł energii wiatrowej i słonecznej.

Elektrownie gazowe są dostępne niezależnie od pory dnia czy warunków pogodowych i gwarantują niezawodną energię, kiedy jest potrzebna, czy to na minuty, godziny, dni lub tygodnie. Energia wiatrowa i słoneczna jest dostępna tylko wtedy, kiedy wieje wiatr czy świeci słońce. Dostępność zasobów energii wiatrowej i słonecznej nie zawsze pokrywa się z zapotrzebowaniem. Ponieważ podaż i popyt prądu elektrycznego muszą być zawsze zrównoważone, źródła energii odnawialnej wymagają dyspozycyjnych mocy rezerwowych, jak elektrownie na gaz czy akumulatory gwarantujące niezawodność systemu. Zasilanie gazowe jest przystępne cenowo dzięki niskiemu wymaganemu poziomowi CAPEX-u oraz dostępności konkurencyjnego cenowo gazu ziemnego.

W rzeczywistości, przy przeciętnym koszcie CAPEX w przedziale ~700-1200 USD/kW porównywalna elektrownia gazowa cyklu łączonego to aktualnie technologia o najniższym koszcie generowania energii (EUR/kW),<sup>14</sup> w porównaniu do ~1500 USD/kW w przypadku lądowych farm wiatrowych czy 1250 USD/kW w przypadku słonecznych instalacji fotowoltaicznych. Jest to szczególnie istotne, kiedy dostęp do kapitału jest ograniczony lub projekt wymaga finansowania.

**Jak podkreślono wcześniej, inwestowanie w wytwarzanie energii z gazu jest opcją przyszłościową, z jasnymi ścieżkami technologicznymi prowadzącymi do pełnej**

**dekarbonizacji. Niezależnie od tego, czy zostanie to uzyskane poprzez wodór czy systemy CCUS, czy też połączenie gazu i źródeł energii odnawialnej, możliwe jest zrównoważone, bezpieczne i niedrogi wytwarzanie prądu elektrycznego o neutralnym śladzie węglowym. Poprzez pilne inwestycje w połączenie wytwarzania energii ze źródeł wiatrowych, słonecznych, akumulatorów i gazu na dużą skalę, operatorzy rynkowi mogą pewnie wprowadzić Europę na kurs prowadzący do zerowych emisji netto. Zobacz Ryc. 5.**

**Zastąpienie węgla kombinacją różnych źródeł energii odnawialnej i akumulatorów, z możliwością przesyłania gazu, daje większą redukcję śladu węglowego niż stosowanie samych źródeł energii odnawialnej**



Potencjał redukcji emisji CO<sub>2</sub>  
▼ **25-45%**

**Zmniejszenie o 100% śladu węglowego... przez 25-45% czasu...**  
węgiel musi być używany, kiedy wiatr i słońce nie są dostępne na podstawie średnich czynników dostępności



▼ **50-60%**

**Zmniejszenie o 50-60% śladu węglowego... przez 100% czasu...**  
podstawą jest gaz, a zakłady pracujące na węglu można zamknąć



▼ **62-78%**

**Źródła energii odnawialnej zmniejszają emisję dwutlenku węgla o 100%... przez 25-45% czasu...**  
a gaz zmniejsza emisję węgla o 50-60% w pozostałym czasie.



**Źródła energii odnawialnej w połączeniu z 4-godzinnymi akumulatorami zmniejszają emisję dwutlenku węgla o 100%... przez 35-50% czasu...**  
a gaz zmniejsza emisję węgla o 50-60% w pozostałym czasie

**RYC. 5:** Analiza firmy GE dotycząca zrównoważenia źródeł zasilania i zapotrzebowania w czasie rzeczywistym na podstawie hipotetycznej bazowej elektrowni węglowej. Należy pamiętać, że w powyższej analizie nie uwzględniono wymaganego terenu oraz CAPEX. Źródło: Analiza firmy GE dostępna na żądanie



Zakład firmy GE w Birr, Szwajcaria

## Wnioski

# Przeciwdziałanie zmianom klimatu musi być pilnym priorytetem globalnym, wymagającym działań, zobowiązań krajowych oraz spójnych ram politycznych i regulacyjnych.

W tym kontekście Europa zajmuje stanowisko globalnego lidera, stawiającego czoła działaniom na rzecz klimatu i – jak oświadczyła Rada Europejska – UE będzie wykorzystywać swoją wiodącą rolę w dyplomacji klimatycznej, aby skłonić inne duże gospodarki do dostosowania się do ambicji klimatycznych UE.

Stawienie czoła wyzwaniu związanemu ze zmianami klimatu wymaga współpracy ogólnoeuropejskiej, obejmującej wszystkie sektory gospodarki i wszystkie siły polityczne w bloku UE-27 i poza nim. Jak oświadczył Fatih Birol, dyrektor wykonawczy Międzynarodowej Agencji Energetycznej, konieczne jest „stworzenie wielkiej koalicji obejmującej rządy, inwestorów, firmy oraz wszystkich oddanych idei walki ze zmianami klimatu.”

Najbardziej nagłym wyzwaniem jest przyspieszenie odchodzenia od węgla w systemie energetycznym Europy. Według najnowszego raportu EEA,<sup>15</sup> spośród 16 metod wytwarzania energii przebadanych przez Agencję, węgiel jest w dalszym ciągu najbardziej zanieczyszczającym źródłem paliwa o największym wpływie na środowisko. Przejście z węgla na gaz w wytwarzaniu

energii stanowiłoby istotny krok w kierunku osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku. W związku z tym wymagane jest wielowymiarowe podejście do dekarbonizacji, z wykorzystaniem jako podstawy źródeł energii odnawialnej oraz gazu ziemnego, a także podjęcie znaczących kroków mających szybko zredukować emisje GHG w tym sektorze.

W miejscach, gdzie z systemu usuwany jest węgiel, źródła energii odnawialnej i gaz ziemny mają możliwość zredukowania emisji GHG związanych z wytwarzaniem energii, jednocześnie maksymalizując możliwości systemu energetycznego jako całości. Elektrownie w cyklu łączonym (CCPP) zasilane gazem ziemnym mają najniższy wpływ na emisję dwutlenku węgla w porównaniu do elektrowni spalających inne paliwa kopalne. Ich wdrożenie w połączeniu z technologią CCUS i/lub wodorem pozwala na znaczące i długotrwałe ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>. Konieczne jest przyspieszenie ich rozwoju, aby spełnić cele dotyczące klimatu i uniknąć wzrostu średniej temperatury na świecie o 2°C w stosunku do poziomów sprzed ery przemysłowej, zgodnie z zapisami Umowy paryskiej COP 21.

**Walka ze zmianami klimatu wymaga działań rządowych i konsumenckich. Firma GE posiada unikalną pozycję do odegrania kluczowej roli dzięki swojej skali, zakresowi oraz różnorodności rozwiązań technologicznych.**

Jesteśmy kluczowym graczem w branży energetycznej od jej powstania ponad sto lat temu i dysponujemy pakietem uzupełniających się technologii, w tym dla energetyki gazowej, lądowej i morskiej energetyki wiatrowej, energetyki wodnej, małych reaktorów modułowych, magazynowania energii w akumulatorach, hybryd i rozwiązań sieciowych potrzebnych do transformacji energetycznej. Co więcej, wierzymy, że naszym obowiązkiem jest wspierać tę transformację poprzez nasze relacje z klientami, decydentami i konsumentami, współpracując w celu stworzenia systemu energetycznego, który będzie służył wszystkim.



## MATERIAŁY REFERENCYJNE

- <sup>1</sup> [Komisja Europejska – Raport z postępów w dziedzinie ograniczania emisji \(2021\)](#)
- <sup>2</sup> [Europejska Agencja Środowiska – Dane dotyczące generowania prądu elektrycznego i intensywność emisji CO<sub>2</sub> \(2020\) \(dane dotyczące emisji dwutlenku węgla z 2017 r.\)](#)
- <sup>3</sup> [Europejska Agencja Środowiska – Raport z tendencji i głównych czynników emisji gazów cieplarnianych w UE \(2020\)](#)
- <sup>4</sup> [Przekaz Komisji Europejskiej odnośnie strategii dotyczącej integracji systemu energetycznego \(2020\)](#)
- <sup>5</sup> [Niemiecki plan rozwoju sieci do roku 2030 \(2019\)](#)
- <sup>6</sup> [IEA World Energy Outlook \(2020\)](#)
- <sup>7</sup> [Raport dotyczący kosztów wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych 2019 IRENA \(2020\)](#)
- <sup>8</sup> [Analiza firmy GE – Przyspieszony rozwój źródeł energii odnawialnych i zasilania gazem może gwałtownie zmodyfikować sposób walki ze zmianami klimatu \(2020\)](#)
- <sup>9</sup> [Analiza firmy GE – Dekarbonizacja turbin gazowych poprzez wychwytywanie węgla – droga do redukcji emisji CO<sub>2</sub> \(2021\)](#)
- <sup>10</sup> [Komisja Europejska – Dotycząca wodoru strategia w celu uzyskania klimatycznie neutralnej Europy \(2020\)](#)
- <sup>11</sup> [Analiza firmy GE – Wodór jako paliwo turbin gazowych – droga do redukcji emisji CO<sub>2</sub> \(2021\)](#)
- <sup>12</sup> [Europejska Agencja Środowiska – gaz cieplarniany – przeglądarka danych \(2020\)](#)
- <sup>13</sup> [IEA, Śledzenie metanu 2021](#)
- <sup>14</sup> [Analiza uśrednionego kosztu energii elektrycznej \(LCOE\) wg Lazarda – wer. 13.0 \(2019\) – Analiza firmy GE Przyspieszony rozwój źródeł energii odnawialnych i zasilania gazem może gwałtownie zmodyfikować sposób walki ze zmianami klimatu \(2020\)](#)
- <sup>15</sup> [Konferencja Europejskiej Agencji Środowiska \(2021\)](#)



[ge.com/gas-power](https://www.ge.com/gas-power)