

Odnawialne Źródła **Energii** w napędzie urządzeń i **maszyn** roboczych

Spis treści

Abstrakt	3
1. Wzrost znaczenia Odnawialnych Źródeł Energii.....	4
2. Odnawialne Źródła Energii – klasyfikacja, statystyki i wyzwania	5
3. Odnawialne Źródła Energii w praktycznych zastosowaniach	6
1) OZE w napędzie maszyn transportowych.....	6
2) Elektryfikacja sektora transportowego	6
4) Technologie wodorowe	7
5) Inne technologie OZE w sektorze transportowym	8
6) OZE w napędzie maszyn przeróbczych.....	8
4. Podsumowanie	10
5. Źródła:	13

Abstrakt: Współczesne aspiracje dotyczące ograniczenia globalnego ocieplenia skutkują coraz szerszym wdrażaniem Niskoemisyjnych oraz Odnawialnych Źródeł Energii (OZE). Tempo tego procesu wzrosło jeszcze bardziej wskutek pandemii COVID-19 i dążeń do zwiększenia konkurencyjności i innowacyjności gospodarki. Artykuł pokazuje przekrojowe spojrzenie na plany, możliwości i statystyki wdrażania OZE do globalnego miksu energetycznego, zarówno w postaci makroskalowej, jak i z punktu widzenia instalacji rozproszonych. Skupia się także na wdrażaniu OZE w obrębie urządzeń i maszyn roboczych, w sektorach transportu i szeroko pojętego przemysłu.

1. Wzrost znaczenia Odnawialnych Źródeł Energii

Współczesne zmiany klimatu, następujące na niespotykaną dotychczas naturalnie skalę, są kolektywnie określane mianem globalnego ocieplenia. Zgodnie z Knutsenem i in. ponad 50% globalnego wzrostu temperatury od 1951 należy przypisać działalności człowieka. Są to najbardziej ostrożne estymacje, gdyż wiele badań szacuje ten udział na ponad 90%. Jak wskazuje Lynas i in., w środowisku naukowym nie ma sporu dotyczącego antropogeniczności zjawiska globalnego ocieplenia. Zgodnie ze stanem na rok 2021, ponad 99% recenzowanych prac naukowych w tej tematyce wskazuje argumenty na poparcie tej tezy. Co ciekawe, jak wskazuje Supran i in., świadomość tego faktu była przez lata (przynajmniej od lat 60. XX wieku) niekwestionowana nawet w środowisku wydobywania i przetwórstwa paliw kopalnych oraz produkcji samochodów. Dla przykładu, poprawność predykcji wewnętrznych modeli klimatycznych ExxonMobil można oszacować na poziomie 63% - 83%. Estymowany przez nie wzrost temperatury o ok. 0,2°C co dekadę od 1970 pokrywa się z wartościami uzyskiwanymi przez niezależne badania naukowe. Każde to zadać pytanie dotyczące motywacji wieloletniego negocjowania, a potem umniejszania efektów globalnego ocieplenia w oficjalnych stanowiskach tych firm (szeroką analizę tego zjawiska przedstawia materiał).

Antropogeniczne ocieplenie klimatu nie jest bynajmniej wyłącznie spowodowane emisjami dwutlenku węgla. Jak wskazuje Howarth i in. wysokim ryzykiem jest obciążona także energetyka oparta na spalaniu gazu ziemnego. Jego głównym składnikiem jest metan, który może akumulować 84 razy więcej ciepła na jednostkę masy, niż CO₂. Pomimo, iż ten ostatni znacznie dłużej utrzymuje się w atmosferze (300 do 1000 lat, w porównaniu do ok. 10 lat dla metanu), Howarth i in. szacuje, że dla gazu łupkowego emisje metanu podczas procesu jego wydobywania mają większy wpływ na globalne ocieplenie, niż emisje CO₂ w procesie spalania tego gazu; zaś sama eksploatacja gazu łupkowego ma większy ślad węglowy, niż wykorzystanie węgla (o około 20%) i ropy naftowej. Cytowane analizy wpływają na potrzebę zmian w sposobie myślenia o wykorzystaniu gazu łupkowego (np. w USA) i naturalnego (np. w UE) jako tzw. „paliwa przejściowego” pomiędzy energetyką opartą na węglu i ropie naftowej a szerokim zastosowaniu Odnawialnych Źródeł Energii (OZE). Dla wspólnoty europejskiej stosowanie gazu ziemnego na szeroką skalę stanowi dodatkowy problem w kontekście konfliktu w Ukrainie. Jeszcze w 2021 roku 25% ropy naftowej, 20% węgla i 37% gazu ziemnego pochodziło z Rosji (por.). Sankcje, nałożone na ten kraj w związku z wywołaniem wojny, spowodowały konieczność poszukiwania innych kierunków importu surowców energetycznych, przypominając o wadze niezależności energetycznej i skutkując europejską inicjatywą REPowerEU (por.).

Odnawialne Źródła Energii są także motorem zmian gospodarki. Pakiet Rady Europejskiej Gotowi na 55 (ang. Fit for 55) obejmuje wnioski ustawodawcze, których celem jest aktualizacja i unifikacja istniejących przepisów UE i inicjalizacja nowych inicjatyw w tematyce OZE. 42% budżetu (ponad 5,7 miliarda EUR) inicjatywy badawczej Horyzont Europa na lata 2023 – 2024 przeznaczono na osiągnięcie kluczowych celów działań w dziedzinie klimatu, znalezienie innowacyjnych rozwiązań w celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i przystosowania się do zmiany klimatu. Raport think-tanków E3G i EMBER (por.) wskazuje, że od marca do września 2022 24% energii elektrycznej wygenerowanej w UE pochodziło z OZE, co pozwoliło ograniczyć import gazu ziemnego o ok. 8 milionów m³, przekładając się na oszczędność ok. 11 miliardów EUR. Raport Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej (IRENA, por.) wskazuje na szybki spadek cen energii generowanej przez OZE. Według stanu na 2021 LCOE (ang. Wyrównany koszt energii) energetyki wodnej i wiatrowej były odpowiednio o 11% i 39% niższe, niż dla energetyki konwencjonalnej.

Wzrost znaczenia OZE jest faktem, niezależnie od tego, czy jako jego motywację wskaże się globalne ocieplenie, chęć uniezależnienia od importu surowców energetycznych czy potrzebę wzrostu innowacyjności i konkurencyjności gospodarki. Należy spodziewać się, że wraz z rozwojem technologii

OZE i sposobów magazynowania energii, ich udział w globalnym miksie energetycznym będzie systematycznie rósł.

2. Odnawialne Źródła Energii – klasyfikacja, statystyki i wyzwania

Do grupy OZE zalicza się ogół źródeł energii, których odnawianie następuje naturalnie w skalach czasowych zbliżonych lub krótszych do czasu życia człowieka. Według definicji przyjętej przez UE, OZE obejmują „energię z odnawialnych źródeł niekopalnych, a mianowicie energię wiatru, energię promieniowania słonecznego (energię słoneczną termiczną i energię fotowoltaiczną) oraz energię geotermalną, energię otoczenia, energię pływów, fal i inną energię oceanów, hydroenergię, biomasę oraz gaz pochodzący z wysypisk śmieci, oczyszczalni ścieków i ze źródeł biologicznych (biogaz)”.

Według raportu BP Statistical Review of World Energy 80,2 EJ (13,5%) energii skonsumowanej globalnie w 2021 roku pochodziło z OZE, z czego 40,3 EJ z samej energetyki wodnej. OZE dostarczyły w tym okresie 27,8% skonsumowanej energii elektrycznej, tym samym plasując się za dominującą energetyką węglową (36,0%) i wyprzedzając energetykę gazową (22,9%) oraz nuklearną (9,8%). Sama energetyka wodna dostarczyła w tym czasie 15,0% energii elektrycznej, co wskazuje na wysoką dojrzałość i popularność tej technologii. Jednakże, na przestrzeni lat 2011 – 2021 globalna produkcja energii hydroelektrycznej wzrosła zaledwie o 1,5% (w samym roku 2021 spadła o 1,8%), zaś z innych OZE – o 12,6% (w samym roku 2021 o 15,0%). Szybki wzrost znaczenia energetyki solarnej (o 22,3% w 2021) i wiatrowej (17,0%) jest napędzany przez rozwój technologii i efekt skali, skutkujący redukcją kosztów. Na tym tle inne technologie OZE (przede wszystkim geotermia i biomasa) mają zdecydowanie mniejsze znaczenie – w 2021 zanotowano przyrost ich produkcji o 8,7% r/r, co daje 20,8% udziału w miksie OZE. Szczególnie interesująco rysuje się jednak rozwój energetyki opartej na biogazie, szczególnie w krajach o relatywnie intensywnej działalności rolniczej, np. Francja, Niemcy czy Polska. Ważnym narzędziem, kształtującym mikś energetyczny w Polsce, jest dokument Polityka energetyczna Polski do 2040 roku. Jako główne kierunki rozwoju technologii energetycznych wskazuje on technologie wodorowe i magazynowania energii, a także inteligentne zarządzanie energią i elektromobilność. Obok założeń ograniczenia udziału węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej do 56% w 2030 roku oraz wprowadzenia energetyki atomowej do krajowego miksu energetycznego, ważne miejsce w polskiej polityce energetycznej zajmują OZE, których udział w końcowym zużyciu energii brutto ma do 2030 roku wzrosnąć do minimum 23%. Lwia część tej transformacji energetycznej ma być zapewniona przez fotowoltaikę (moc zainstalowana w 2040 r. na poziomie 10 – 16 GW) i energetykę wiatrową offshore (11 GW). Niestety, ambitne cele dotyczące OZE nie idą w parze z konkretnymi dotyczącymi ważnego aspektu bilansowania sieci elektroenergetycznej i magazynowania energii. Relatywnie ogólnikowe zapisy i brak szczegółowo skwantyfikowanego celu każą poddać w wątpliwość realność realizacji sprawiedliwej i wiarygodnej transformacji energetycznej.

Szybkie tempo rozwoju technologii OZE i związane z nim potencjalnie ryzyko dobrze obrazuje wspomniana już energetyka offshore. Według raportu IRENA LCOE spadł na przestrzeni lat 2010 – 2021 o około 60% i choć pozostaje ponad dwukrotnie wyższy, niż dla farm wiatrowych na lądzie, to można się spodziewać dalszego wzrostu ekonomiczności tych rozwiązań. Nie bez znaczenia jest fakt, że przeniesienie turbin wiatrowych na morze, z dala od siedzib ludzkich, niesie dodatkowe korzyści: redukuje ryzyko wypadków z udziałem osób postronnych i nie skutkuje obniżeniem wartości okolicznych terenów. Jednocześnie, energetyka offshore generuje zaawansowane problemy inżynierskie. Naukowcy z Uniwersytetu Maine identyfikują wśród nich przede wszystkim wpływ fal i obciążenia zmęczeniowego na turbiny o poziomej i pionowej osi obrotu. Oddzielnymi problemami są

także infrastruktura kablowa i portowa oraz kotwiczenie turbin wiatrowych w dnie morskim. W tym ostatnim przypadku podwodne prace wiertnicze mogą prowadzić do wzmożonej emisji akustycznej, skutkując koniecznością rozwijania specjalistycznych zabezpieczeń, np. kurtyn bąbelkowych. Ich rolą jest pochłanianie i tłumienie energii akustycznej. Przeciwnicy energetyki wiatrowej próbują wskazywać na wpływ takiej emisji na zwiększenie śmiertelności wielorybów, co jednak obalają specjaliści, wskazując na wzmożony ruch morski jako główne źródło problemu. Realnym przykładem oddziaływania na siebie energetyki offshore i środowiska naturalnego są migracje ptaków. W dniu 13 maja 2023 na 4 godziny wstrzymano pracę holenderskich farm wiatrowych Borsele i Egmond aan Zee, aby umożliwić migrację ptaków nad Morzem Północnym. W celu redukcji ryzyka kolizji, prowadzi się badania nad malowaniem pojedynczych łopat wirnika na czarno, co ma zwiększyć ich widoczność za dnia.

Podsumowując, energetyka OZE obejmuje szeroki zakres technologii o różnym stopniu dojrzałości i wiarygodności. Obserwacja dotychczasowych trendów oraz trwające badania pozwalają prognozować dalszy spadek LCOE tych rozwiązań przy jednoczesnym wzroście ich niezawodności, prowadząc do ich jeszcze większej konkurencyjności i obecności w globalnym miksie energetycznym.

3. Odnawialne Źródła Energii w praktycznych zastosowaniach

Zgodnie z przytoczonymi danymi, integracja OZE w systemach energetycznych stanowi – na mniejszą lub większą skalę – globalną codzienność, szczególnie w odniesieniu do wytwarzania elektryczności. Niniejsze opracowanie skupi się na wykorzystaniu OZE w możliwie bezpośredni sposób, do zasilania urządzeń i maszyn roboczych. Na potrzeby artykułu przyjęto, że obejmują one maszyny transportowe i technologiczne, wykonujące określone zadania z wykorzystaniem maszyny napędowej.

1) OZE w napędzie maszyn transportowych

Zgodnie z raportem REN21, udział sektora transportowego w globalnym zapotrzebowaniu na energię do zastosowań końcowych wynosi prawie 1/3 i szybko rośnie (o 7.8% w 2021). Jednocześnie jest to jeden z sektorów najslabiej spenetrowanych przez OZE (4.1% w 2020), które do tego ograniczają się prawie wyłącznie (ok. 88%) do biopaliw. 78% konsumpcji energii w sektorze transportowym przypada na transport drogowy, 11% na transport morski, zaś 8% na lotnictwo; podobny podział procentowy obejmuje emisje CO₂.

Raport DNV podsumowuje główne perspektywy rozwoju transportowego pod kątem OZE:

- Elektryfikacja wszędzie tam, gdzie to możliwe,
- Zastąpienie paliw kopalnych biopaliwami,
- Przygotowanie na szerokie wprowadzenie technologii wodorowych.

2) Elektryfikacja sektora transportowego

Według prognoz DNV, 23% zapotrzebowania sektora transportowego na energię w 2050 roku będzie zaspokajane przez elektryczność (ang. EV). Napędzi ona 80% pojazdów lądowych, ale tylko 4% ruchu morskiego i 2% ruchu lotniczego. Wynika to z dużo łatwiejszego dostępu samochodów i ciężarówek do punktów ładowania, ale także mniejszego nacisku na gęstość energii niż w lotnictwie oraz na zapotrzebowanie energetyczne niż w transporcie morskim. 70% ciężarówek w Europie pokonuje mniej niż 250 km w ciągu pojedynczej trasy, ich elektryfikacja nie powinna zatem nastęrczać problemów. Trudniejsze do zelektryfikowania wydają się być samochody ciężarowe wykorzystywane w międzynarodowym transporcie dalekobieżnym, jednak w tym segmencie opracowuje się rozwiązania

szybkiego ładowania typu Megawatt Charging System (MCS) i/lub stacje wymiany akumulatorów na trasach tranzytowych.

Głównym wyzwaniem dla rozwoju sektora elektromobilności są koszty inwestycji, które obecnie przewyższają znacząco technologie spalinowe. Ważnym wsparciem są w tym przypadku subsydia, których celem jest wygenerowanie efektu skali, który sprawi, że ceny będą spadać wraz ze wzrostem popularności EV. Również pod tym kątem ważne znaczenie ma edukacja społeczna i popularyzacja technologii. Elektromobilność może stanowić ważne ogniwo prosumenckich systemów OZE, co pokazuje przykład Tesla Powerwall. Doświadczenia producenta samochodów elektrycznych wykorzystano w tym przypadku do zaprojektowania magazynu energii, mogącego być elementem domowej instalacji prosumenckiej. Wykorzystanie w tym przypadku mikroźródeł, np. małych turbin wiatrowych czy domowej instalacji fotowoltaicznej, pozwala na znaczne zredukowanie kosztów transportu, szczególnie w obszarach zurbanizowanych. Produkcja elektryczności z OZE na własne potrzeby transportowe ogranicza także konieczność korzystania z ładowarek, których instalacja stanowi zresztą bardzo duże wyzwanie ze względu na bardzo duże wymagania mocy.

3) Nowoczesne biopaliwa

Co oczywiste, perspektywy szerokiej elektryfikacji nie mają racji bytu w regionach, gdzie nie istnieje odpowiednia infrastruktura produkcji i dystrybucji energii elektrycznej. W takich miejscach (np. w niektórych krajach Afryki Subsaharyjskiej czy Ameryki Łacińskiej) preferowanym rozwiązaniem jest zastępowanie konwencjonalnych paliw biopaliwami, szczególnie trzeciej i czwartej generacji.

Obecnie najpopularniejszymi biopaliwami (pod kątem produkcji) w Europie jest biodiesel na bazie olejów roślinnych (80%), zaś w USA – etanol kukurydziany (70%). Te tak zwane biopaliwa pierwszej generacji wykorzystują jednak biomasę jadalną lub leśną, co spotyka się z głosami krytyki dotyczącymi zrównoważonego rozwoju upraw energetycznych i konsumpcyjnych i ekstensywnej eksploatacji zasobów leśnych. Duże nadzieje są przez to pokładane w biopaliwach produkowanych z alg (np. biodiesel, bioetanol, biogaz, zależnie od metody przetwarzania). Rośliny te mogą być hodowane na gruntach nierolnych, w ściekach, w kolektorach i systemach hybrydowych. Nie muszą zatem konkurować z uprawami konsumpcyjnymi, a rozmiary hodowli są relatywnie prosto skalowalne. Krokiem dalej są biopaliwa czwartej generacji, obejmujące technologie tzw. sztucznej fotosyntezy. Zaliczyć do nich można organizmy (algi, cyjanobakterie) zmodyfikowane genetycznie i wytwarzające biopaliwo na bazie wody, CO₂ i energii słonecznej. Pokrewną klasą rozwiązań jest syntetyczne paliwo wytwarzane z energii słonecznej, przekształcanej w energię chemiczną, zwykle poprzez redukcję protonów do wodoru lub dwutlenku węgla do związków organicznych. Czwarta generacja biopaliw to także e-paliwa, magazynujące energię elektryczną w wiązaniach chemicznych cieczy (butanol, biodiesel) i gazów (metan, butan).

Wspólnym mianownikiem wszystkich opisanych technologii są jednak koszty, skutkujące nawet nawoływaniem do całkowitego „wycięcia” tej gałęzi energetyki. W 2023 roku ceny biodiesla w Europie były o około 70% do 130% wyższe niż oleju napędowego, zaś bioetanolu o około 50% do 100% wyższe niż ceny benzyny. Pomimo wielu lat badań i pilotażów, rozwój wydajnych i opłacalnych procesów uprawy, zbioru i przetwarzania alg na paliwo wciąż znajduje się na wczesnym etapie. Biopaliwa czwartej generacji są natomiast wciąż w większości koncepcjami naukowymi. Wydaje się jednak, że biopaliwa jeszcze przez wiele lat będą stanowić ważny środek zwiększania udziału OZE w transporcie, szczególnie w regionach, gdzie inne rozwiązania nie mogą mieć zastosowania ad hoc.

4) Technologie wodorowe

W warunkach atmosferycznych wodór jest łatwopalnym gazem, którego wykorzystanie energetyczne kojarzy się ze znacznymi kosztami i złożonością procesów/technologii oraz wyzwaniami pod kątem

wydajności i bezpieczeństwa. Do tego – tradycyjnie produkowany jest na bazie węgla i gazu, z wydzielaniem CO₂ (tzw. wodór szary). Obecnie produkcja odbywa się w znakomitej większości u kluczowych konsumentów przemysłowych lub w ich pobliżu.

Myślenie o wodorze zmienia się jednak znacząco wraz ze wzrostem jego znaczenia jako magazynu energii. Wodór można wytwarzać na kilka sposobów, z różną wydajnością, emisją gazów cieplarnianych i wpływem na środowisko, w zależności od zastosowanej metody i surowca. Wykorzystanie technologii wychwytywania i magazynowania CO₂ (ang. CCS) umożliwi produkcję tzw. wodoru błękitnego z paliw kopalnych, bez emisji gazów cieplarnianych. Wodór zielony powstaje natomiast z wykorzystaniem energii OZE, najczęściej poprzez elektrolizę. Ze względu na relatywnie niską gęstość energii wodoru gazowego preferencyjnym rozwiązaniem jest jego skraplanie lub dalsze przetwarzanie, np. na amoniak, e-metanol i e-kerozynę. Wykorzystanie takich paliw przejściowych albo bezpośrednie spalanie wodoru w ogniach paliwowych na szeroką skalę jest jednak wciąż daleką perspektywą, wymagającą odpowiedniej infrastruktury i metod wytwarzania – według stanu na rok 2023 wodór błękitny i zielony stanowią poniżej 1% całej produkcji tego paliwa. W 2021 roku liczba pojazdów elektrycznych napędzanych wodorem na ogniwa paliwowe wynosiła 51600 sztuk, z czego 82% to samochody. Postępy w technologii ogniw paliwowych umożliwiły obecnie wzrost zasięgu pojazdów do ok. 1500 kilometrów i szybsze tankowanie. Prym w technologiach wodorowych wiedzie ChRL, gdzie większość floty wodorowej to autobusy i ciężarówki, korzystające z sieci 146 stacji ładowania (stan na 2021). Błękitny i zielony wodór są także wskazywane jako realne sposoby dekarbonizacji transportu morskiego i lotniczego.

5) Inne technologie OZE w sektorze transportowym

W ostatnich latach szerokie zainteresowanie wzbudza zastosowanie energii wiatrowej w transporcie morskim. Żagloskrzydła to rozwiązanie stosowane od dekad w żeglarstwie, szczególnie sportowym, np. w Regatach o Puchar Ameryki. Wykorzystanie tego rozwiązania w morskim transporcie przemysłowym proponuje Oceanbird. Proponowany prom typu RO-RO będzie miał pojemność ok. 7000 samochodów, ok. 220 metrów długości, 40 metrów szerokości i 70 metrów wysokości nad wodą. Ambicją jest rozpoczęcie żeglowania na początku 2027 roku. Innym sposobem na częściowe wykorzystanie energii wiatru są tzw. rotorowce, wykorzystujące rotory Flettnera: wirujące cylindry, wytwarzające siłę nośną podczas ruchu mas powietrza (efekt Magnus). Przykładem jest E-Ship 1 o nośności 10000 ton, posiadający 4 wirniki o wysokości 27 m i średnicy 4 m, co pozwala osiągnąć oszczędności zużycia paliwa od 30 do 40 procent przy prędkości 16 węzłów.

W lotnictwie rozważano możliwość wykorzystania energii słonecznej. Na dużych wysokościach ogniwa fotowoltaiczne mogą uzyskiwać większą wydajność ze względu na zmniejszone zakłócenia atmosferyczne. Koncepty takie nie wyszły jednak obecnie poza etap koncepcji, takich jak SolarFlight, zaś napęd solarny wydaje się być mało korzystny z aerodynamicznego punktu widzenia – powierzchnia paneli fotowoltaicznych wymagałaby znacznego zwiększenia powierzchni skrzydeł, co przełożyłoby się na drastyczny wzrost oporów ruchu. Rozwiązanie to może być jednak wsparciem w locie dla samolotów napędzanych energią elektryczną z akumulatorów.

6) OZE w napędzie maszyn przerobczych

Przemysł jest jedną z najważniejszych gałęzi gospodarki: w 2021 roku odpowiadał za wygenerowanie około ¼ światowego PKB, ¼ emisji CO₂, i 1/3 końcowego zużycia energii. Najbardziej energochłonnymi sektorami są przemysł stalowy i chemiczny; wraz z przemysłem cementowym i petrochemicznym odpowiadają one także za ok. 70% przemysłowej emisji CO₂. W zastosowaniach przemysłowych główną formą energii jest ciepło procesowe, odpowiadające za około 75% konsumpcji. Pozostałe obszary

zastosowania obejmują zasilanie urządzeń i maszyn a także czynności pozaprodukcyjne (np. oświetlenie). Według stanu na rok 2020, 16.8% energii skonsumowanej przez przemysł pochodziło ze źródeł odnawialnych – np. poprzez wykorzystanie biomasy odpadowej w przemyśle papierniczym czy eksploatację źródeł geotermalnych.

Kluczowym hasłem zielonej transformacji w zagadnieniach przemysłowych jest – podobnie jak w transporcie – elektryfikacja. Trend ten dotyczy przede wszystkim produkcji ciepła niski- i średnotemperaturowego (np. w przetwórstwie żywności czy w przemyśle farmaceutycznym), ale także wysokotemperaturowego (np. poprzez stosowanie pieców łukowych w przemyśle hutniczym). W 2022 r. producent stali ArcelorMittal zainwestował w elektrownie wiatrowe i słoneczne w Argentynie i Indiach, a producenci stali (GMH Group, Salzgitter) i cementu (Cemex, Suez Cement, Lafarge) oraz firmy chemiczne (BASF) podpisują długoterminowe kontrakty o zakupie energii z operatorami OZE. Ze względu na relatywnie wysoki koszt początkowy inwestycji w OZE, ich zastosowanie w sektorze Małych i Średnich Przedsiębiorstw (MŚP) stanowi często zbyt duży ciężar finansowy. W związku z tym wiele krajów rozszerza programy finansowania zdecentralizowanych źródeł OZE o MŚP. Przykładem jest Chile, które w 2021 roku rozszerzyło swój program wsparcia filozofii prosumenckiej o MŚP, a nowa francuska pożyczka na działania w dziedzinie klimatu wspiera transformację energetyczną MŚP.

Ciekawe inicjatywy dotyczące zdecentralizowanych projektów OZE zostały opracowane przez niektóre przedsiębiorstwa wydobywcze w Australii, na Madagaskarze i Mali. Zapewniają one niezawodną i przystępną cenowo energię zarówno kopalniom, jak i społecznościom lokalnym. Dzięki temu dostarczają one energię elektryczną w rejonach wcześniej najczęściej wykluczonych energetycznie. Inną, gwałtownie zyskującą na popularności koncepcją, jest symbioza przemysłowa i parki ekoprzemysłowe. Ich idea opiera się na grupowaniu przemysłu w zasobooszczędne parki przemysłowe, które są bardziej konkurencyjne, odporne na ryzyko i atrakcyjne dla inwestycji. Dzięki integracji generowania taniej energii i ciepła z OZE w ramach takiego klastra branże mogą dzielić się strumieniami energii i materiałów.

Produkcja energii (również elektrycznej) z OZE w przemyśle opiera się przede wszystkim o biomasę. Jej udział w miksie energetycznym wzrósł o 46% w latach 2011-2021. W przemyśle papierniczym, firma Sappi zastąpiła kotły węglowe na opalane biomasą, a Stora Enso ogłosiła zastąpienie oleju opałowego odnawialnym olejem pakowym. Wykorzystanie biogazu można znaleźć głównie w sektorze spożywczym, gdzie kilku wiodących producentów prowadzi zakłady fermentacji beztlenowej do wytwarzania ciepła i energii elektrycznej dla fabryk. W roku 2022 firma Danone zobowiązała się do zwiększenia wykorzystania biogazu (a także energii słonecznej i biomasy) w ramach swojego planu dekarbonizacji, a w 2021 Unilever i Starbucks przystąpiły do US Biogas Alliance. W przemyśle chemicznym biochemikalia, takie jak metanol, mogą zostać wykorzystane jako kluczowe substytuty ropy naftowej w procesie dekarbonizacji.

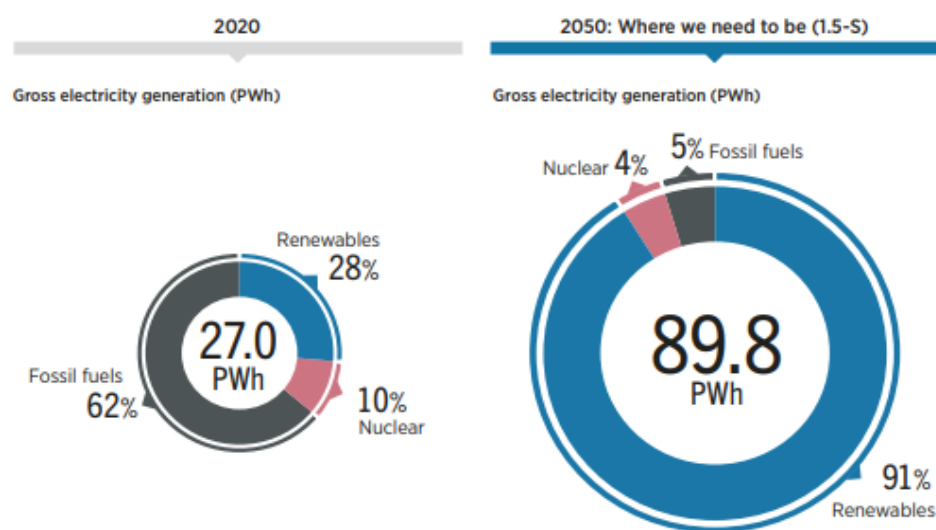
W procesach dekarbonizacji i elektryfikacji przemysłu, szczególnie petrochemii i hutnictwa, duże nadzieje wiążą się z zielonym wodorem. Jego zastosowania są jednak nadal ograniczone ze względu na wysokie koszty produkcji i potrzebę związanej z tym infrastruktury. W 2022 r. w planie REPowerEU zatwierdzono dwa ważne projekty stanowiące przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania, których celem jest włączenie zielonego wodoru do przemysłowych procesów produkcji stali, cementu i szkła. Wytwarzanie produktów o wysokiej wartości dodanej, takich jak odnawialny amoniak (lub stal), na potrzeby wewnętrzne i eksportowe jest postrzegana jako sposób na zrównoważone uprzemysłowienie krajów UE i zwiększenie wykorzystania odnawialnego wodoru w Afryce, zwłaszcza w Afryce Południowej, Egipcie, Kenii i Maroku. Zielony wodór jest także obiektem zainteresowania czołowych producentów stali z Europy i Chin. Miasto Tangshan ogłosiło w 2022 roku, że zamierza stać się centrum produkcji wodoru i wspierać lokalnych producentów stali w stosowaniu żelaza z

bezpośredniej redukcji rud na bazie wodoru. Większość wodoru będzie produkowana przy użyciu gazu koksowniczego, ale powstaną również elektrownie słoneczne do produkcji wodoru odnawialnego. Z punktu widzenia produkcji ciepła procesowego istotne miejsce mają także solary (energia cieplna ze słońca) i pompy ciepła. Na podstawie przedstawionej analizy trzeba natomiast zwrócić uwagę na fakt, że wykorzystanie OZE w przemyśle różni się znacznie w zależności od konkretnego podsektora oraz specyfiki stosowanych przezeń procesów i technologii.

4. Podsumowanie

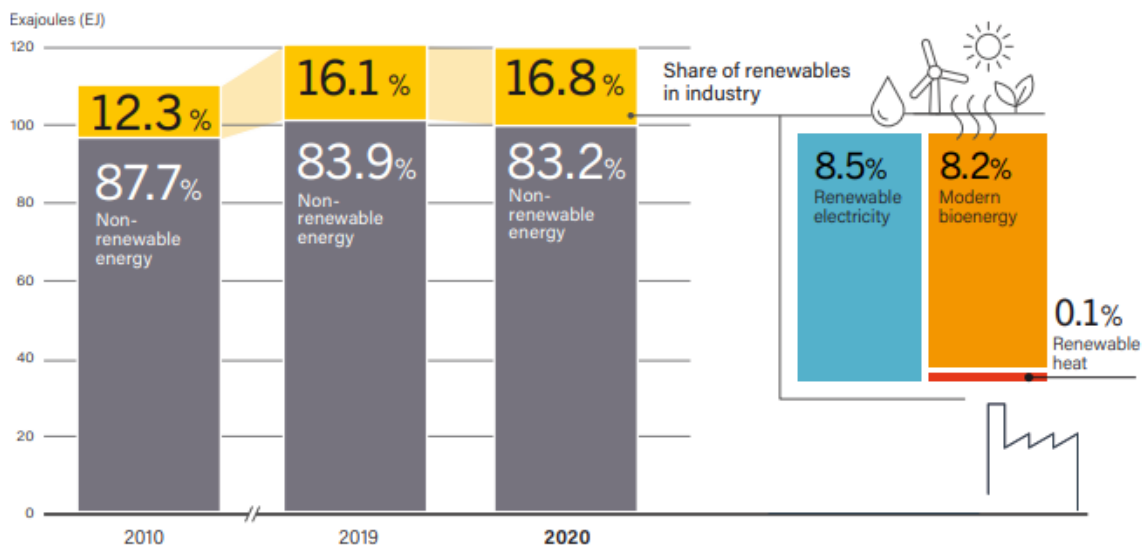
Postulat dekarbonizacji gospodarki nie jest nowy, podobnie jak naukowe teorie tłumaczące jej potrzebę. Kluczowe jest jednak nie tylko szybkie, ale także odpowiedzialne i zrównoważone przeprowadzenie procesu zielonej transformacji. Wymaga on nie tylko stosowania Odnawialnych Źródeł Energii, ale możliwie także łączenia ich w klastry, obejmujące kilka typów urządzeń, a także systemy magazynowania energii. Choć szerokie zastosowanie OZE w globalnym miksie energetycznym staje się faktem, to postulat stu procentowej dekarbonizacji procesów energetycznych wydaje się wciąż daleki od spełnienia. Aby osiągnąć ten cel potrzebne będzie w przyszłości myślenie o przemyśle i energetyce jako o dwóch symbiotycznych organizmach, podobnie jak dziś myśli się o energetyce prosumenckiej.

FIGURE 5 Power generation needs to more than triple by 2050



Notes: PWh = petawatt hours.

FIGURE 7.
Renewable Share of Total Final Energy Consumption in Industry, 2010, 2019 and 2020



Note: Modern bioenergy includes heat supplied by district energy networks.

Source: See endnote 7 for this module.

Ideologia Zero waste w kontekście robotyki i produkcji zautomatyzowanej

Nie ma wątpliwości, że świat stoi w obliczu kilku kryzysów środowiskowych - od zanieczyszczenia, przez nadmierne marnotrawstwo energii i zasobów, po zbyt wiele produktów po prostu wyrzucanych i wyrzucanych pod koniec ich życia. Marnowanie energii i materiałów, a następnie produkowanie lub wydobywanie ich w celu wytworzenia jeszcze większej ilości produktów jest nie tylko niezrównoważone, ale także wyczerpuje światową zdolność do dostarczania większej ilości zasobów i pochłaniania wytwarzanych przez nas odpadów. Sugeruje to konieczność istnienia gospodarki o obiegu zamkniętym - takiej, która wykorzystuje odpady i wyrzucone produkty i materiały jako cenne zasoby, pozwalając nam zmniejszyć ilość pierwotnego materiału, który musimy wydobyć, przetworzyć i przetransportować.

Wydłużona żywotność

Dzięki powtarzalności swojej pracy, roboty odgrywają ważną rolę w ograniczaniu marnotrawstwa materiałów. W rezultacie sprzedaż robotów na całym świecie stale rośnie, a najnowszy raport Międzynarodowej Federacji Robotów (IFR) określa rok 2021 jako rekordowy, z rekordową liczbą ponad 500000 nowych robotów przemysłowych zainstalowanych w fabrykach na całym świecie.

Ten wzrost jest zachęcający dla producentów robotów, takich jak ABB, Staubli, Kuka, Mitsubishi i innych, a korzystanie z robotów niewątpliwie przynosi ogromne korzyści użytkownikom - ale co dzieje się pod koniec okresu eksploatacji robota?

Dążenie ABB do zapewnienia długoterminowego zrównoważonego rozwoju swoich robotów rozpoczyna się na etapie projektowania, niektóre roboty ABB są używane od ponad 35 lat. Na przykład szwedzka firma inżynierska Magnussons otrzymała swojego pierwszego robota ABB w 1974 roku. Po 42 latach ciągłej pracy robot ten przestał działać dopiero, gdy firma zamknęła swój zakład produkcyjny w 2016 roku.

ABB oferuje kilka rozwiązań, które wydłużają żywotność robotów, takich jak usługi oparte na danych, które umożliwiają użytkownikom podejmowanie działań, które zmaksymalizują żywotność ich robotów. Usługi te obejmują konserwację zapobiegawczą, konserwację opartą na stanie (CBM) i usługi Connected Services.

Usługa CBM umożliwia klientom zrozumienie, które roboty są najbardziej obciążone. W przemyśle usługa ta pomogła dużemu producentowi z branży motoryzacyjnej zidentyfikować najbardziej obciążone roboty w jego zakładzie, opracowując zapobiegawcze działania konserwacyjne, które pomogą 280 robotom kontynuować pracę do 2035 r., pomimo zgromadzenia już 25 000 godzin produkcyjnych.

Dawanie robotom drugiego życia

Gdy robot osiągnie koniec okresu eksploatacji, ABB oferuje usługę regeneracji i odkupu, w ramach której produkty i komponenty są ponownie wykorzystywane lub poddawane recyklingowi. Zazwyczaj od 60 do 80 procent robota może być ponownie wykorzystane, podczas gdy reszta jest wysyłana do certyfikowanych partnerów zajmujących się recyklingiem. Przykładowo, prawie wszystkie roboty ABB wykorzystywane w przemyśle motoryzacyjnym otrzymują drugie życie, a jedna piąta nawet trzecie.

Sześć centrów regeneracji ABB w Azji, Europie i Stanach Zjednoczonych odbiera około 250 robotów rocznie, dając im drugie życie u nowych lub tych samych klientów.

Przed oznaczeniem jako robot regenerowany z certyfikatem ABB, każda używana jednostka przechodzi rygorystyczne kontrole, w tym szczegółową inspekcję i co najmniej 16-godzinny test funkcjonalny. Każdy regenerowany robot objęty jest dwuletnią gwarancją i może zostać zmodernizowany do pracy z najnowszym kontrolerem.

Zakup odnowionych robotów może zmniejszyć o 75 procent emisję CO₂ podczas produkcji, w porównaniu do zakupu nowych robotów. Na przykład wyrzucenie robota ABB IRB 6640 na złom spowodowałoby zmarnowanie 1,4 tony materiału, głównie metalu, którego odzyskanie i ponowne przetworzenie wymaga dużo energii, a tym samym emisji.

Podobną strategię stosuje firma Stäubli. Już sama bardzo wysoka jakości wykonania ich robotów wydłuża ich żywotność - a jeśli robot osiągnie koniec swojego cyklu życia, nie jest po prostu wyrzucany i wymieniany, ale odnawiany i ponownie wykorzystywany.

Efektywność energetyczna

Kolejnym szalenie istotnym aspektem jest kwestia wydajności zasilania w przemyśle. Wśród dużych producentów robotów przemysłowych coraz bardziej zauważalna staje się chęć poprawy tego aspektu.

Yaskawa oferuje rozwiązanie techniczne do odzyskiwania energii hamowania robota do sieci energetycznej - w standardzie i bez dodatkowego sprzętu. W swoich bardzo zróżnicowanych zadaniach - takich jak przenoszenie, paletyzacja, łączenie i przetwarzanie - roboty przemysłowe wykonują wiele ruchów w dół lub na boki, podczas których serwomotory rozpraszają energię i potencjalnie generują energię elektryczną. Do tej pory, w starszych lub innych modelach robotów dostępnych na rynku, używana energia była przekształcana w ciepło odpadowe przez technologię sterowania poprzez opór elektryczny i tracona do środowiska.

Wszystkie większe serie robotów Motoman o udźwigu do ok. 50 kg i najnowsze sterowniki robotów YRC1000 są w stanie przekształcać energię kinetyczną z ruchów w dół i na boki bezpośrednio w prąd zmienny 400 V przy częstotliwości 50 Hz i dostarczać ją z powrotem do sieci operatora bez dodatkowego sprzętu i ponownie wykorzystywaną. W zależności od wzorca ruchu, zapotrzebowanie robota na energię jest znacznie zmniejszone. Zakres oszczędności w każdym przypadku zależy zasadniczo od zadania i indywidualnych wzorców ruchu robota. Można oczekiwać oszczędności w zakresie od 8% do 25%. Może to skutkować rocznym poborem około 2800 kWh, przy oszczędności około 1600 kg CO₂ i

1200 euro. W firmie Yaskawa energooszczędne rozwiązania są integralną częścią globalnej strategii korporacyjnej. Na przykład, dzięki swoim produktom firma dąży do 100-krotnego zmniejszenia globalnej emisji CO2 do 2025 roku.

Jak widać zastosowanie robotyki pomaga na wiele sposobów obniżyć zużycie energii w produkcji. Dzięki szeroko zakrojonym badaniom i rozwojowi, same systemy zrobotyzowane stają się coraz bardziej precyzyjne i wydajne, co zmniejsza zużycie energii.

W nowej generacji robotów TX2-TS2 firma Stäubli Robotics opracowała nową funkcję programowania trybu czuwania robota. Ta nowa funkcja oszczędza energię, zmniejszając zużycie energii przez robota nawet o 50%. Nowa generacja kontrolerów Stäubli CS9 zużywa mniej energii niż poprzednie generacje. Jest to najbardziej energooszczędny system oparty na normie VDMA 24608, 10% mniejsze zużycie energii w porównaniu z poprzednią generacją.

Stäubli wnosi również ogromny wkład w zrównoważony rozwój dzięki swojej ofensywie cyfryzacji. Wszystkie roboty są kompatybilne z Industry 4.0 i mogą być łatwo zintegrowane z inteligentnymi środowiskami. Posiadają również wszystkie niezbędne interfejsy do wirtualnego uruchamiania, aplikacji AI i tym podobnych. Oszczędza to czas i pieniądze użytkowników, a także zmniejsza emisję CO2.

Budowanie gospodarki o obiegu zamkniętym z robotami

W miarę jak świat zaczyna zdawać sobie sprawę z problemów środowiskowych, coraz więcej użytkowników robotów zaczyna stosować zasadę gospodarki o obiegu zamkniętym. Pomagając zmaksymalizować żywotność swoich robotów - ponownie je wykorzystując i odpowiedzialnie utylizując po zakończeniu ich eksploatacji.

5. Źródła:

<https://new.abb.com/news/detail/101281/prsrl-bringing-robots-into-the-circular-economy>

https://www.yaskawa.eu.com/header-meta/news-events/article/yaskawa-robots-with-regenerative-braking_n18865

<https://www.staubli.com/africa/en/robotics/automatica/sustainability.html>