

Raport trendów:

Wyścig w stronę zielonego i odpornego przemysłu

Rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym może ograniczyć emisję CO₂ z przemysłu ciężkiego o 56% do 2050. Kluczowe są nowe modele biznesowe i formy współpracy.



Postęp technologiczny nabiera tempa, powstają innowacyjne modele biznesowe i formy współpracy, pojawiają się nowe technologie neutralne emisyjnie.



Najnowszy dodatek do Europejskiego Zielonego Ładu, czyli akt o przemyśle neutralnym emisyjnie (Net-Zero Industry Act, NZIA), ma na celu wspieranie rozwoju czystych technologii. UE chce w ten sposób przygotować się do przejścia na czystą energię.



Z szacunków wynika, że w ciągu najbliższych 30 lat popyt na stal wzrośnie o 30%, na cement i amoniak (wykorzystywany między innymi do produkcji wodoru) o 40%, a na aluminium aż o 80%.

Wyścig w stronę zielonego i odpornego przemysłu

Spis treści

Wstęp	4	- Nowe rozwiązania w energetyce podstawą zielonej transformacji w przemyśle	27
Procesy przemysłowe - aktualny krajobraz	6	- Energia odnawialna - warunek konieczny udanej transformacji	29
Siły napędowe prowadzące do sektora przemysłowego o zerowej emisji netto	8	- Rewolucja w elektryfikacji	30
- Nieustająca fala regulacji	9	- Magazynowanie energii - Święty Graal	31
- Siły rynkowe: rośnie popyt na „zielone” produkty, a wraz z nim konkurencja	10	- Efektywność energetyczna – wciąż jest wiele do zrobienia	36
- Kapitału jest coraz więcej, ale czy to wystarczy?	11	- Sieci elektroenergetyczne - punkt krytyczny dla zielonej transformacji	37
Innowacyjne technologie i modele biznesowe - czas pionierów	12	- Nowe ryzyka wynikające z zielonej transformacji przemysłu	39
- Przemysł stalowy na czele	13	- Nowe modele biznesowe i formy współpracy	40
- Zielona transformacja szansą dla startupów	15	- Cyrkularne procesy przemysłowe	41
- Nowe rozwiązania wymagają nowych źródeł energii	16	- Symbioza przemysłowa	42
- Rośnie zapotrzebowanie na nowe surowce	17	- Nowe oblicze terenów przemysłowych	43
- Nowe konflikty na horyzoncie	18	- Strefy przemysłowe jako zrównoważone i produktywne ekosystemy - podejście systemowe	44
- Przemysł cementowy wyłania się jako kolejny wiodący sektor	19		
- CCS/CCU - niezbędny dodatek do transformacji	22	Wnioski, najważniejsze spostrzeżenia i zalecenia	46
- Pozostałe sektory przemysłu na drodze do transformacji	25	Współpracujący eksperci	50
- Przemysł chemiczny	25		
- Transport i logistyka	25	Bibliografia	51

Wstęp

Jeszcze kilka lat temu zmiany klimatu uważano przede wszystkim za problem, wyzwanie i zagrożenie. Dzisiaj natomiast zielona transformacja postrzegana jest głównie przez pryzmat szans, jakie niesie za sobą zrównoważony rozwój.

W centrum tej transformacji znajduje się sektor przemysłowy. Same procesy technologiczne generują około 5% globalnej emisji CO₂, ale trzeba też uwzględnić emisję z energii zużywanej przez przemysł, stanowiącą jedną trzecią światowego zużycia. Łącznie daje to 25-30% całkowitej emisji CO₂ na świecie.¹

Jeszcze dziesięć lat temu tempo zielonej transformacji w przemyśle było powolne. Obecnie jednak poszczególne branże prześcigają się w dążeniu do zerowej emisji netto. Żadne przedsiębiorstwo, ani państwo, nie chce pozostać w tyle.

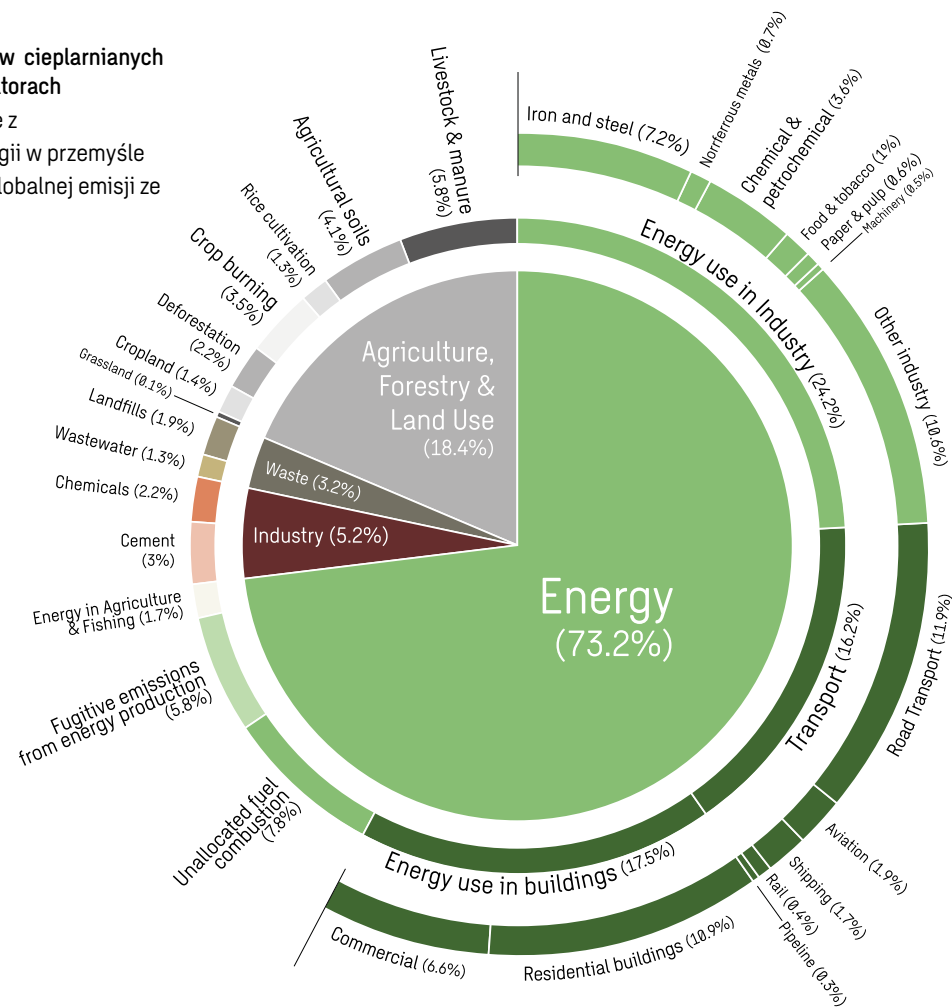
Istnieje wiele powodów, dla których dzieje się to właśnie teraz. „Przemysł zaczyna zauważać rosnące ceny emisji CO₂. Wiele podmiotów i krajów zobowiązało się do osiągnięcia zerowej emisji netto. W życie weszły nowe przepisy, a wraz z nimi opłaty za emisję dwutlenku węgla. Towarzyszy im rosnący popyt w łańcuchu wartości, rosnąca konkurencja i – co nie mniej ważne – napływ kapitału, zarówno publicznego, jak i prywatnego” - wyjaśnia Björn Nykvist, badacz ze Sztokholmskiego Instytutu Środowiska (SEI).

Obecnie kładzie się mniejszy nacisk na rozwiązywanie problemu emisji CO₂ z przemysłu za pomocą technologii wychwytywania i składowania (CCS), a większy na wszelkiego rodzaju innowacje.

Jednak aby przemysł stał się zrównoważony, musi nie tylko osiągnąć zerowy poziom emisji netto, ale także stać się bardziej odporny.

Globalne emisje gazów cieplarnianych w poszczególnych sektorach

Emisje CO₂ związane z wykorzystaniem energii w przemyśle stanowią około 1/3 globalnej emisji ze źródeł energii.²



Źródło: Hannah Ritchie (2020) - "Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?" Artykuł dostępny online na stronie OurWorldInData.org. Ścieżka dostępu: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector> [Zasoby online]

Czym jest zielony i odporny przemysł?

Odporność to jeden z czynników odgrywających kluczową rolę w przeciwdziałaniu zmianom klimatycznym i osiągnięciu zerowej emisji netto, zwanej też neutralnością emisyjną. Odporne sektory przemysłu potrafią radzić sobie z niepewnością, spowolnieniem gospodarczym, zmianami technologicznymi i innymi wyzwaniami, nieustannie ewoluując, wprowadzając innowacje i napędzając gospodarkę. Potrzeba zwrócenia szczególnej uwagi na odporność i zrównoważony rozwój, oprócz rentowności, jest częścią prac prowadzonych przez Komisję Europejską w ramach koncepcji Przemysłu 5.0.³ Koncepcja ta w szczególności zakłada „zdolność przemysłu do osiągania celów społecznych wykraczających poza tworzenie miejsc pracy i wzrostu gospodarczego. Przemysł musi stać się odpornym źródłem dobrobytu, funkcjonującym z poszanowaniem granic naszej planety i traktującym dobro pracownika jako priorytetowy aspekt procesu produkcyjnego”.

W perspektywie krótkoterminowej zielona transformacja przemysłowa oznacza zwiększone ryzyko - firmy testują nowe technologie, które nigdzie na świecie nie były stosowane na skalę przemysłową. Natomiast w dłuższej perspektywie zmiana ta umożliwi przetrwanie przemysłu.

Björn Nykvist, badacz z SEI

Niniejszy raport z cyklu Urban Insight, czyli realizowanej przez Sweco inicjatywy międzynarodowej wymiany wiedzy, skupia się na sektorach przemysłowych. Podkreślamy w nim, że przemysł musi stać się bardziej ekologiczny i bardziej odporny, a także wskazujemy na związane z tym wyzwania, szanse, zagrożenia i niezamierzone konsekwencje. Zmierzenie się z nimi jest niezbędne, aby transformacja była skuteczna i sprawiedliwa.



Procesy przemysłowe - aktualny krajobraz



90%

Jednym z najważniejszych kamieni milowych wskazanych przez Komisję Europejską jest 90-procentowa redukcja emisji gazów cieplarnianych do 2040 r. Cel w postaci zerowej emisji netto wyznaczono z kolei na 2050 rok.

Emisje z paliw i procesów technologicznych w przemyśle stanowią obecnie ponad 30% globalnej emisji gazów cieplarnianych.⁴ Wraz ze wzrostem gospodarczym i rosnącą liczbą ludności, popyt na produkty przemysłowe będzie utrzymywał się na wysokim poziomie. Z szacunków wynika, że przez najbliższe 30 lat popyt na stal wzrośnie o 30%, na cement i amoniak (wykorzystywany między innymi do produkcji wodoru) o 40%, a na aluminium aż o 80%.

Szczególnie radykalnej zmiany wymagają te sektory, w których redukcja emisji jest obecnie bardzo trudna, takie jak produkcja stali, cementu, chemikaliów i aluminium. Łącznie odpowiadają one za 75% wszystkich przemysłowych emisji.

Opracowany przez Komisję ds. Transformacji Energetycznej raportu Mission Possible pokazuje, że osiągnięcie zerowej emisji netto przez te sektory jest wykonalne technicznie, a przy odpowiednim wsparciu także ekonomicznie. Osiągnięcie tego celu do 2050 oznaczałoby dla gospodarki koszt poniżej 0,5% światowego PKB i miałyby niewielki wpływ na standard życia konsumentów.⁵ Będzie to jednak wymagało znacznych inwestycji. Komisja Europejska szacuje koszt ciągłej transformacji energetycznej i przemysłowej na 1200 miliardów euro rocznie.

”Aby cała gospodarka mogła stać się zeroemisyjna, sektory o wysokim poziomie emisji muszą ją obniżyć o 90 procent. Czy to możliwe? A jeśli tak, to jak to zrobić?” - pyta Aaron Maltais, badacz z SEI.

Zielona transformacja w Europie

CZYNNIKI STYMULUJĄCE:

Geopolityka

Priorytety regulacyjne i polityczne

Popyt i oczekiwania konsumentów

Nastroje wśród inwestorów

Postęp techniczny

SZANSE:

Transformacja energetyczna

300 mld EUR

wartość pakietu inwestycyjnego RePowerEU

Transformacja w transporcie

2x

Europejska infrastruktura kolei dużych prędkości ma się podwoić do 2030 r.

Transformacja w przemyśle

40 mld EUR

Kapitał do wykorzystania z programu UE Innovation Fund w ciągu nadchodzącej dekady.

Transformacja miast

580 mld EUR

z budżetu UE zostanie przeznaczony na działania związane ze zmianami klimatu w latach 2021 - 2027.

Siły napędowe prowadzące do sektora przemysłowego o zerowej emisji netto



Nieustająca fala regulacji

Od dziesięciu lat nieustannie rośnie presja w postaci nowych celów i regulacji dotyczących zielonej transformacji. Punktem wyjścia były Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ na 2015 r., po których zaczęto ustanawiać kolejne cele i wdrażać nowe przepisy.

Europejski Zielony Ład, czyli przyjęty w 2019 r. szandarowy plan Komisji Europejskiej, ma na celu uzyskanie neutralności klimatycznej do 2050 r. Jeden z jego celów pośrednich zakłada, że do roku 2030 emisja gazów cieplarnianych netto spadnie o co

najmniej 55% w porównaniu z 1990 r. Ten pośredni cel nosi nazwę Fit for 55. Po ich włączeniu do europejskiego prawa o klimacie, cele te stały się prawnie obowiązujące. Niedawno Komisja przyjęła kolejny cel pośredni, zakładający 90% redukcję emisji netto gazów cieplarnianych do 2040 r.

Aby zrealizować unijne cele klimatyczne i energetyczne przyjęte na 2030 r., a także cele określone w Europejskim Zielonym Ładzie, konieczna jest realizacja inwestycji ukierunkowanych na

Potrzebne jest środowisko regulacyjne, które pozwoli nam szybko zwiększyć skalę transformacji energetycznej. Właśnie temu służy akt UE w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie.

Ursula von der Leyen, Przewodnicząca Komisji Europejskiej



zrównoważone projekty i działania. Jednym z narzędzi do osiągnięcia tego celu jest przyjęta w 2020 r. Taksonomia UE. Z kolei od 1 stycznia 2024 r. wszystkie spółki giełdowe i inne duże podmioty podlegają przepisom dyrektywy w sprawie sprawozdawczości dotyczącej zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw (CSRD). Dyrektywa, którą aktualnie jest objętych około 50 000 firm w całej Europie, rozszerza i standaryzuje zakres raportowania dotyczącego zrównoważonego rozwoju.

W tyle nie chcą pozostać Stany Zjednoczone. Przyjęta w sierpniu 2022 r. ustawę o redukcji inflacji uznano za najbardziej znaczący

głos Kongresu w sprawie czystej energii i zmian klimatu w historii USA. Z kolei najnowszy dodatek do Europejskiego Zielonego Ładu, czyli akt o przemyśle neutralnym emisyjnie (Net-Zero Industry Act, NZIA), ma na celu wspieranie rozwoju czystych technologii. UE chce w ten sposób przygotować się do przejścia na czystą energię.⁶

“Potrzebne jest środowisko regulacyjne, które pozwoli nam szybko zwiększyć skalę transformacji energetycznej. Właśnie temu służy akt UE w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie. Stworzy on korzystne warunki dla sektorów mających zasadnicze znaczenie w kontekście osiągnięcia neutralności emisyjnej w 2050 roku. Dotyczy to takich

technologii jak turbiny wiatrowe, pompy ciepła, panele słoneczne, odnawialny wodór, a także magazynowanie CO₂. Popyt rośnie w Europie i na świecie. Działamy już teraz, aby móc go zaspokoić własnymi siłami” – powiedziała Ursula von der Leyen, Przewodnicząca Komisji Europejskiej, przy okazji prezentacji aktu NZIA w marcu 2023 r.

Coraz więcej przedstawicieli przemysłu ciężkiego wyznacza własne cele i strategie dotyczące zerowej emisji netto. Na przykład GCCA, czyli stowarzyszenie skupiające ponad 40 największych producentów z branży cementowo-betoniarńskiej, zapowiedziało, że produkcja betonu stanie się neutralna pod względem emisji do 2050 r.

Siły rynkowe: rośnie popyt na „zielone” produkty, a wraz z nim konkurencja

Zieloną transformację w coraz większym stopniu napędza rosnący popyt. Jeśli branża motoryzacyjna chce sprzedawać samochody jako „zielone”, to pilnie potrzebuje baterii i „zielonej” stali. Zamówienia na stal złożono u jej producentów z wieloletnim wyprzedzeniem. Niektórzy odbiorcy stali są w stanie zaakceptować dodatkowy koszt wynikający z niskoemisyjności surowca.

Przykładowo, branża transportowa odpowiada za około 20% globalnego zużycia stali, ale stanowi ona stosunkowo niewielką część całkowitego kosztu pojazdu. Dzięki temu producentom pojazdów łatwiej jest ponieść dodatkowy koszt lub przenieść go na klientów. Bloomberg NEF szacuje, że wzrost ceny stali o 25% spowodowałby wzrost kosztów produkcji pojazdów o 1%.

Zwiększony popyt ze strony klientów oznacza nasilenie konkurencji między Europą, USA i Chinami oraz wewnątrz poszczególnych sektorów. Szerokim echem odbiła się zwłaszcza amerykańska ustawa o redukcji inflacji, gdy okazało się, że zapisano w niej zielone dotacje. Stawiają one w niekorzystnej sytuacji przemysł europejski, gdyż – w porównaniu do funduszy unijnych – procedury ich przyznawania są prostsze, bardziej przejrzyste i przewidywalne.



20%

udział branży transportowej w światowym zużyciu stali.

25%

wzrost ceny stali spowodowałby wzrost kosztów produkcji pojazdów o 1% (wg Bloomberg NEF).

Kapitału jest coraz więcej, ale czy to wystarczy?

Światowy przemysł dostrzega już potrzebę zapobiegania zmianom klimatycznym, dzięki czemu inwestycje w transformację przemysłową w kierunku zrównoważonego rozwoju i zerowej emisji netto są już spore i nadal rosną. Zakres tematyczny tych inwestycji jest bardzo szeroki i obejmuje energetykę odnawialną, efektywność energetyczną, elektryfikację, postęp technologiczny i budowanie gospodarki o obiegu zamkniętym. Transformacja gospodarek uprzemysłowionych będzie jednak wymagała ogromnych nakładów

kapitałowych i dostępu do technologii niskoemisyjnych, a także niezbędnej infrastruktury dedykowanej zielonej energii, produkcji wodoru i sekwestracji dwutlenku węgla.

Według szacunków KE, aby zrealizować cele transformacji energetycznej i skutecznie przeciwdziałać zmianom klimatu w samej Europie, trzeba będzie inwestować ponad 700 miliardów euro rocznie.⁷

"Ogólnie rzecz biorąc, aby osiągnąć cele Zielonego Ładu i planu REPowerEU, potrzebne będą dodatkowe inwestycje rządu 620 mld EUR rocznie. Dodatkowo realizacja założeń aktu w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie (NZIA) będzie kosztować łącznie 92 mld EUR w latach 2023–2030" – stwierdziła Komisja w sprawozdaniu dotyczącym prognozy strategicznej z 2023 r.



700 miliardów EUR

Według Komisji Europejskiej, aby zrealizować cele transformacji energetycznej i skutecznie przeciwdziałać zmianom klimatu w samej Europie trzeba będzie inwestować ponad 700 mld euro rocznie.

620 miliardów EUR

Aby osiągnąć cele Zielonego Ładu i planu REPowerEU, potrzebne będzie zainwestowanie ponad 620 mld EUR rocznie.

92 miliardów EUR

Osiągnięcie celów założonych w akcie w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie (NZIA) będzie kosztować 92 mld EUR.

Innowacyjne technologie i modele biznesowe – czas pionierów



Postęp technologiczny nabiera tempa. Powstają innowacyjne koncepcje biznesowe i modele współpracy, pojawiają się nowe technologie neutralne emisyjnie. Elektryfikacja, obieg zamknięty, symbioza przemysłowa, rozwiązania w zakresie energii odnawialnej, baterie, wodór, wychwytywanie, wykorzystywanie i magazynowanie dwutlenku węgla, magazynowanie energii, technologie power-to-x, elektropaliwa, inteligentna produkcja z wykorzystaniem czujników, maszyn połączonych, AI i analizy danych... Jeśli chodzi o innowacje, energetyka i przemysł radzą sobie nad wyraz dobrze. Poniżej opisujemy przykłady sektorów przemysłu ciężkiego, które są na dobrej drodze do zielonej transformacji. Pokazujemy też stojące przed nimi nowe zagrożenia i wyzwania.

Przemysł stalowy na czele

Stal występuje praktycznie we wszystkim – budynkach, mostach, samochodach, samolotach, statkach, pralkach... Jednak ten proces produkcyjny jest jednym z "najbrudniejszych" na świecie i przyczynia się do około 8% całkowitej globalnej emisji dwutlenku węgla, czyli więcej niż jakikolwiek inny przemysł ciężki. Z danych Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IAE) wynika, że w ciągu ostatniej dekady emisja ta stale rośnie, wraz z nieustannie rosnącym zapotrzebowaniem na stal. Szacuje się, że do 2050 r. popyt na wzrośnie o kolejne 30%.⁸

Obecnie na świecie działa około 1000 hut stali, w których łącznie pracuje około 1400 wielkich pieców.⁹ W piecach tych, w procesie redukcji rudy żelaza przy wykorzystaniu węgla (pod postacią koksu), wytapia się surówkę. To właśnie na tym etapie powstaje większość emisji pochodzących z przemysłu stalowego. Wyzwanie

związane z transformacją sektora jest zatem spore, ponieważ węgiel jest tu integralną częścią całego procesu produkcji.

Istnieją co najmniej trzy rozwiązania techniczne, które pozwolą branży stalowej przestawić produkcję stali na zeroemisyjne tory: bezpośrednia redukcja za pomocą wodoru w postaci gazowej (technologia stosowana na przykład przez SSAB/Hybrit, a także Arcelor Mittal i Salzgitter), wychwytywanie dwutlenku węgla, a także proces elektrochemiczny podobny do rozwiązania stosowanego przy produkcji aluminium. Niewykluczone, że pojawią się kolejne technologie, więc poszczególni gracze z branży z pewnością znajdą coś dla siebie. Choć zielona transformacja w europejskim przemyśle stalowym jest już faktem, to nie wszyscy jej uczestnicy są na tym samym etapie.

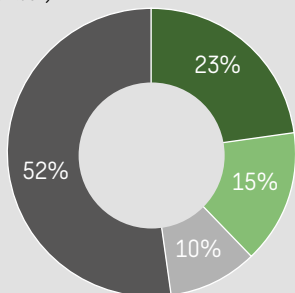


Z perspektywy europejskiej kluczowe jest podjęcie natychmiastowych działań związanych ze zmianami klimatu i szybsze przejście na zrównoważoną, niskoemisyjną gospodarkę. Wymaga to skutecznych i sprawnych procesów wydawania pozwoleń, które ułatwią rozwój oraz wdrażanie innowacyjnych, przyjaznych środowisku technologii.

Globalne projekty w obszarze "zielonej" stali

Skala projektu	Liczba proj.
Partnerstwo B+R	21
Pilotaż	13
Demo	9
Pełnoskalowy	46

(W procentach)



Źródło: The Leadership Group for Industry Transition Vogl, V. Sanchez, F. Torres Morales, E. Gerres, T. Lettow, F. Bhaskar, A. Swalec, C. Mete, G. Åhman, M. Lehne, J. Schenk, S. Witecka, W. Olsson, O. Rootzén, rok 2023, Green Steel Tracker, wersja 04/2023, S Zbiór danych w Sztokholmie, www.industrytransition.org/green-steel-tracker

Pełnoskalowe projekty w Europie (działające i w budowie)

Kraj	Liczba proj.
Austria	2
Belgia	2
Finlandia	2
Francja	4
Niemcy	3
Włochy	1
Holandia	2
Norwegia	1
Rumunia	1
Rosja	1
Hiszpania	5
Szwecja	3
Zjednoczone Królestwo WB	1



8%

światowej emisji dwutlenku węgla pochodzi z przemysłu stalowego.

30%

szacowany wzrost zapotrzebowania na stal do 2050 r.

61%

wszystkich projektów w zakresie stali niezawierającej paliw kopalnych na świecie, zlokalizowanych jest w Europie.

Zielona transformacja szansą dla startupów

Nadchodząca rewolucji w mocno doinwestowanym przemyśle przetwórczym, funkcjonującym w zasadniczo niezmienny sposób od stuleci, stanowi szansę dla nowych graczy.

W związku z tym od kilku lat w stronę sektora stalowego spogląda coraz więcej startupów. Mają one sporą przewagę nad tradycyjnymi graczami, ponieważ były w stanie zbudować Przemysł 5.0 od podstaw.

Stosowane w nowopowstających fabrykach metody produkcji są diametralnie inne, a to dzięki zastosowaniu czujników, maszyn połączonych, AI i narzędzi do analizy danych umożliwiających konserwację predykcijną, zoptymalizowaną produkcję i monitorowanie w czasie rzeczywistym.

Przemysł ciężki przechodzi radykalną zmianę. Jej skala przypomina rewolucję przemysłową. Pojawienie się nowych przedsiębiorstw może zmienić cały rynek, z reguły kosztem starszych firm. Nowi gracze mają również zupełnie inną strukturę i zupełnie inny sposób zarządzania" - zauważa Fredrik Axby ze Sweco.

Norweska firma Blastr Green Steel planuje budowę fabryki pelletu z rudy żelaza. Ma ona powstać w Wielkiej Brytanii i będzie dostarczać surowiec do huty, która powstanie w Finlandii i będzie produkować „zieloną” stal. Blastr musi jeszcze domknąć finansowanie projektu, który zgodnie z planami firmy ma wejść w fazę testów najpóźniej do 2028 r.

Kolejny ciekawy startup to francuski Gravithy, który również planuje budowę zasilanych wodorem hut produkujących stal wolną od paliw kopalnych. Mają one powstać w Finlandii oraz we Francji, w okolicach Marsylii. Także w tym przypadku do rozwiązania pozostaje kwestia finansowania. Innym nowym graczem w Europie jest hiszpańska firma Hydnum Steel, która planuje otworzyć pierwszą hutę do 2026 r. Począwszy od 2030 r. spółka planuje wytwarzać 2,6 mln ton „zielonej” stali rocznie.

Jedna ze szwedzkich firm należy do tych, które najdalej posunęły się w planach budowy zupełnie nowej huty stali. Zapewnili finansowanie w wysokości 75 miliardów SEK i spodziewają się, że pełna produkcja zostanie uruchomiona przed wcześniej planowanym terminem rozpoczęcia, czyli w 2030 r.



Dzięki automatyzacji, procesy produkcyjne, takie jak produkcja zielonej stali, będą powracać do Europy. W przeszłości Szwecja eksportowała dużo nieprzetworzonej rudy, ponieważ, ze względu na pracołłonność procesu, produkcja stali w Szwecji była zbyt droga. Możliwość realizacji pełnego cyklu produkcyjnego w granicach jednego kraju ma wiele zalet, nie tylko z punktu widzenia odporności.

Nowe rozwiązania wymagają nowych źródeł energii

Zastosowanie nowatorskich rozwiązań sprawia, że niektóre przedsiębiorstwa wytwarzające „zieloną” stal są uzależnione od wodoru. Z kolei produkcja wodoru wymaga dużych ilości energii. Aby stal mogła być uznana za wolną od paliw kopalnych, wodór wykorzystany w procesie musi być wyprodukowany w sposób ekologiczny. W perspektywie krótkoterminowej właśnie na tym polega największe wyzwanie w transformacji sektora stalowego. Wielkoskalowa produkcja „zielonego wodoru” wymaga dostępu do wystarczającej ilości energii elektrycznej powstającej bez udziału paliw kopalnych.

“W całej Europie obserwujemy zwiększone zapotrzebowanie na energię elektryczną. W północnej Szwecji wzrost ten jest wyjątkowo silny, a zużycie energii może się nawet podwoić. Głównym powodem jest powrót hutnictwa stali do Szwecji i towarzyszące mu nowe procesy wytwórcze” - mówi Fredrik Axby.

Także w Niemczech zielona transformacja przemysłu oznacza nowe wymagania dla energetyki. W Duisburgu firma Thyssenkrupp zamierza zbudować zieloną hutę stali wykorzystującą bezpośrednią redukcję przy użyciu wodoru. Instalacja ma ruszyć najwcześniej w 2029 r. Do wyprodukowania odpowiedniej ilości wodoru potrzeba będzie ilości energii elektrycznej stanowiącej ekwiwalent produkcji 500 turbin wiatrowych.

Przemysł stalowy już teraz podjął działania, dzięki którym nie będzie na szarym końcu transformacji klimatycznej. Istnieją jednak obawy o dostępność niedrogiej energii elektrycznej i optymalny wybór technologii. Z drugiej strony, ze względu na globalny charakter branży współistnienie kilku różnych technologii jest jak najbardziej możliwe.



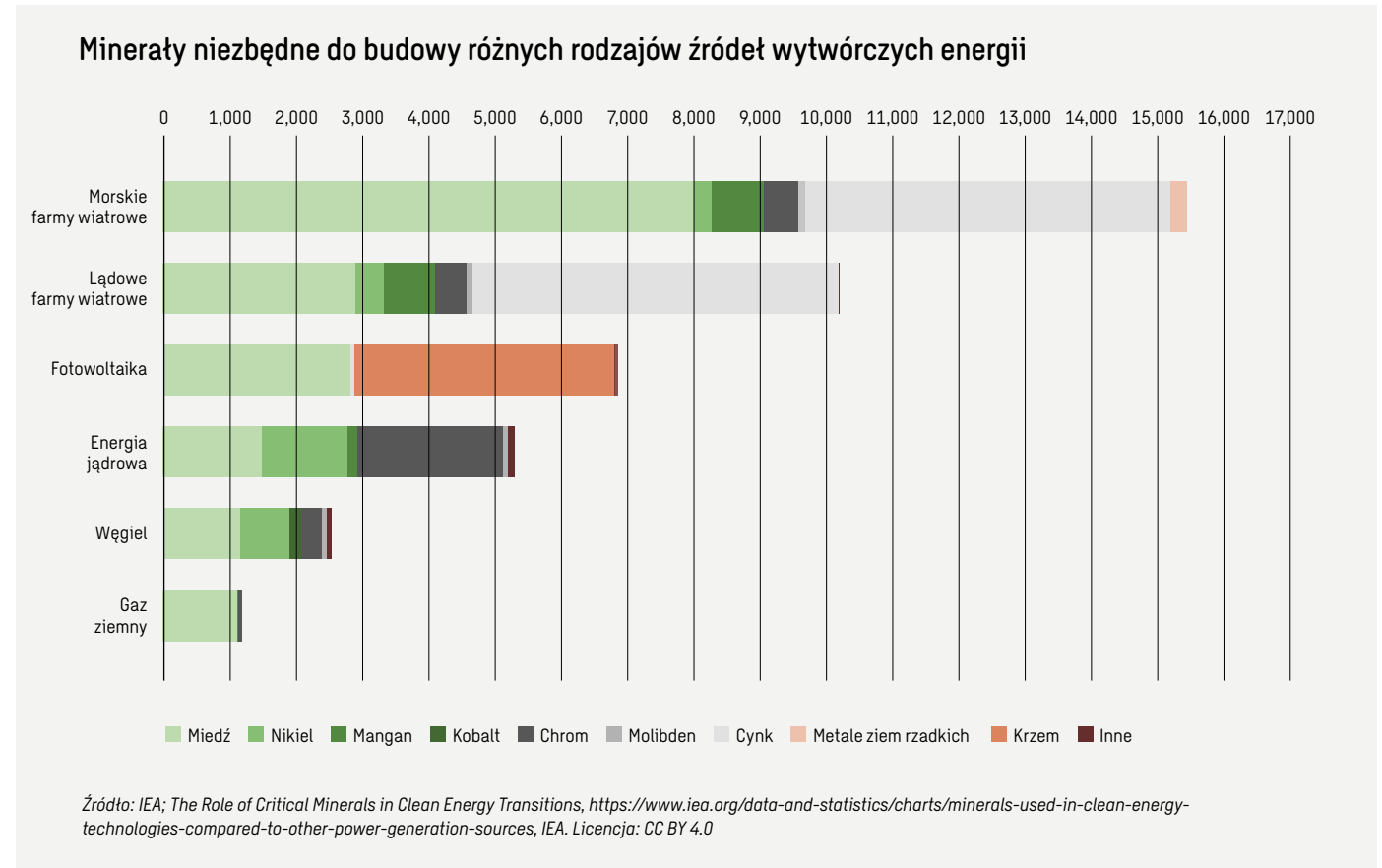
„Tak wiele uwagi poświęciliśmy przemysłowi stalowemu, ponieważ jego reakcja nastąpiła bardzo wcześnie. Branża zrozumiała, co się dzieje i dostrzegła, że w dłuższej perspektywie wczesne podjęcie działania jest mniej ryzykowne niż brak działania. Ale sama transformacja również niesie ze sobą ryzyka, na przykład związane z dostępnością konkurencyjnej cenowo zielonej energii elektrycznej. Do tego dochodzi wyzwanie polegające na optymalnym wyborze technologii spośród kilku możliwości. Z drugiej strony, sektor stalowy jest ogromny, więc prawdopodobnie w różnych częściach świata stosowane będą różne technologie” - dodaje Björn Nykvist, badacz z instytutu SEI.

Dostępność taniej, wolnej od paliw kopalnych energii elektrycznej w wystarczająco dużych ilościach mogłaby zatem pomóc w transformacji i ewentualnie doprowadzić do geograficznej zmiany położenia ciężkiego, energochłonnego przemysłu. Według raportu Instytutu Ekonomiki Energii i Analiz Finansowych IEEFA Bliski Wschód i Afryka Północna mogą stać się światowymi liderami w dziedzinie "zielonej" stali i rozwijającego się handlu "zielonym" żelazem.¹⁰

Wykorzystując obfite zasoby energii słonecznej do produkcji "zielonego" wodoru do bezpośredniej redukcji żelaza, produkcja stali w oparciu o DRI, w połączeniu z bogatymi dostawami wysokiej jakości rudy żelaza w regionie MENA, oznacza, że region ten jest doskonale przygotowany do zaopatrywania Indii, jako kluczowego rynku wzrostu stali, a także zaspokajania popytu na "zieloną" stal w Europie, stwierdzono w raporcie IEEFA.¹⁰

Rośnie zapotrzebowanie na nowe surowce

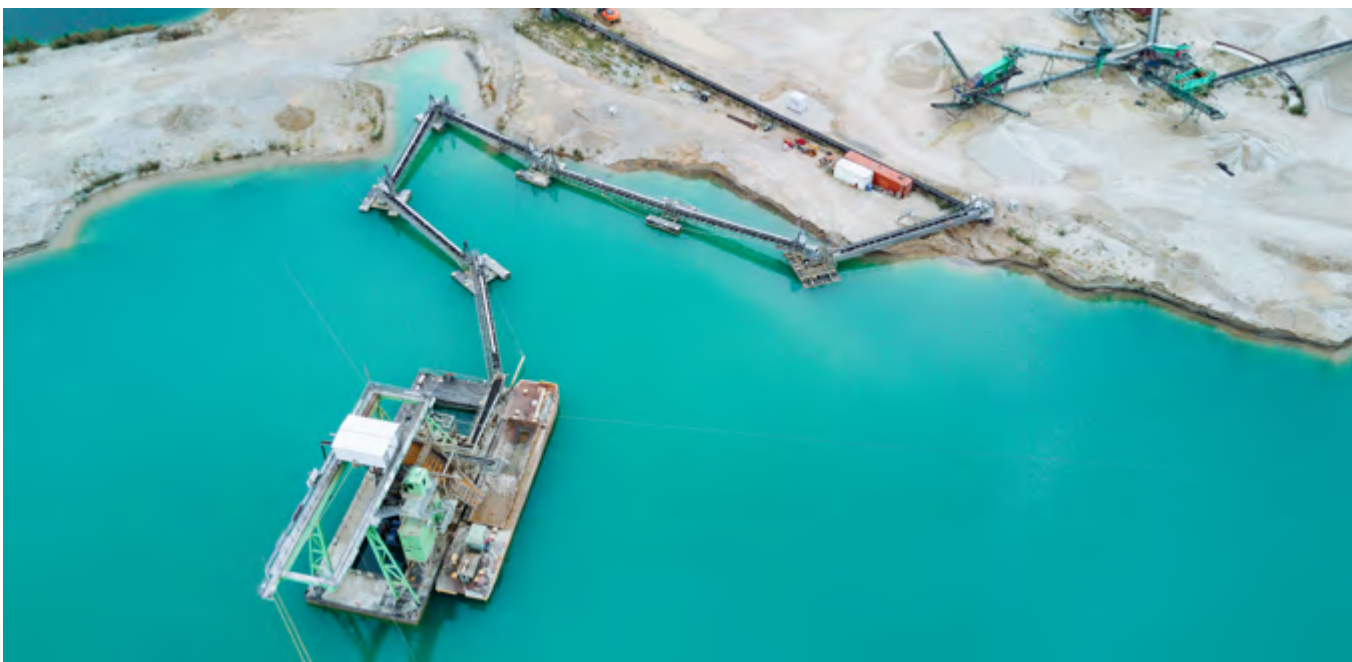
Dostęp do surowców może zmienić reguły gry w światowym przemyśle. W miarę jak świat przygotowuje się na erę neutralności emisyjnej, zapotrzebowanie na surowce będzie gwałtownie rosło. Zaspokojenie istniejącego popytu już teraz wymaga podwojenia podaży surowców. Aby osiągnąć neutralność emisyjną do 2050 r., ich ilość będzie musiała wzrosnąć sześciokrotnie. Przykładowo, produkcja samochodu elektrycznego wymaga



sześciokrotnie więcej surowców niż pojazd konwencjonalnego, a lądowa elektrownia wiatrowa wymaga dziewięciokrotnie więcej minerałów niż elektrownia gazowa.¹³

Na wykresie pokazujemy skalę zapotrzebowania na surowce niezbędne do osiągnięcia celów produkcji czystej energii, w różnych strategiach klimatycznych, w porównaniu z 2020 r.

Transformacja energetyczna stanowi wyzwanie dla firm z branży metalurgicznej i wydobywczej. Konieczne będzie wprowadzenie innowacji i zmiana strategii rozwoju. Jeśli jednak niezbędne do zielonej transformacji surowce nie będą pozyskiwane w sposób zrównoważony, to skutki mogą być opłakane: począwszy od zanieczyszczenia środowiska, poprzez utratę bioróżnorodności, aż po emisję dwutlenku węgla spowodowaną niszczeniem szaty roślinnej i gleby.



Nowe konflikty na horyzoncie

Pogodzenie różnych interesów często będzie niezwykle trudne. Przykładowo, wydobycie materiałów na potrzeby technologii niskoemisyjnych może wiązać się ze zniszczeniem lasów tropikalnych, będących ostoją bioróżnorodności.¹⁴ Niektóre kraje analizują też możliwość górnictwa głębinowego i wydobywania minerałów z dna morskiego, co może negatywnie wpłynąć na rybołówstwo i inne źródła dochodu. Kolejnym zagrożeniem dla pozyskiwania niezbędnych minerałów są coraz silniej odczuwane skutki zmian klimatycznych, zwłaszcza powodzi i niedoborów wody.

Co więcej, ponad połowa światowych złóż minerałów pozyskiwanych na potrzeby transformacji energetycznej znajduje się na ziemiach należących do rdzennej ludności lub na obszarach o trudnej sytuacji ekonomicznej.¹³ Ponad 80% projektów wydobywczych litu i ponad połowa projektów wydobywczych niklu, miedzi i cynku znajduje się na terytoriach zajmowanych przez rdzennych mieszkańców.¹⁴

Aby zmniejszyć zależność od Chin, UE chce znacznie zwiększyć wydobycie metali ziem rzadkich. Doprowadziło to na przykład do konfliktów w Szwecji z Samami - jedyną rdzenną ludnością w Europie.

Rosnący w błyskawicznym tempie popyt na surowce może pogłębić nierówności i problemy społeczno-środowiskowe.

Ponad **80%**

projektów wydobywczych litu i ponad połowa projektów wydobywczych niklu, miedzi i cynku znajduje się na terytoriach zajmowanych przez rdzennych mieszkańców.

Przemysł cementowy wyłania się jako kolejny wiodący sektor

Szacuje się, że w 2022 r. na świecie wyprodukowano 4,1 mld ton cementu.¹⁵ W 1995 r. było to zaledwie 1,39 mld ton, co jasno pokazuje tempo rozwoju branży budowlanej.

Sporym wyzwaniem będzie dalsza produkcja cementu w ilości adekwatnej do zapotrzebowania, przy jednoczesnym ograniczeniu emisji CO₂.

“Cement to środek wiążący, który nadaje betonowi wytrzymałość. Z kolei betonu zużywamy na świecie więcej niż jakiegokolwiek innego materiału. Mówimy o ogromnych ilościach, a zapotrzebowanie będzie stale rosnąć” – mówi Aaron Maltais, badacz z SEI.

Cement Według danych Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) emisje CO₂.¹⁶ Jaka jest zatem rola cementu w transformacji w kierunku czystej energii?

Strategie redukcji emisji dwutlenku węgla w produkcji cementu zakładają poprawę efektywności energetycznej, przejście na bardziej ekologiczne paliwa, wzrost efektywności materiałowej (zarówno poprzez zmniejszenie zużycia, jak i poprzez obniżenie zawartości klinkieru w cemencie) oraz rozwój innowacyjnych technologii produkcji o niemal zerowej emisji. Największy potencjał redukcji emisji drzemie w dwóch ostatnich pozycjach z tej listy, przy czym osiągnięcie neutralności emisyjnej wymagało będzie opracowania i wdrożenia technologii, które na razie nie są dostępne.

Wielu przedsiębiorców mierzy się z tym dylematem, próbując znaleźć nowe rozwiązania. Jednym z pomysłów jest mieszanie betonu z produktami ubocznymi produkcji węgla i żelaza, co zmniejsza ilość zużywanego cementu. Innym możliwym rozwiązaniem jest dodawanie do betonu dwutlenku węgla. Powoduje to mineralizację betonu, dzięki czemu staje się on twardszy, co z kolei obniża zużycie materiału. Dodatkową korzyścią jest fakt, że w tym rozwiązaniu beton pochłania CO₂. Taką funkcję może pełnić dowolny materiał, który absorbuje więcej dwutlenku węgla niż uwalnia. Liderem w tej dziedzinie jest kanadyjska firma Carboncure.



Kluczowe znaczenie w kontekście ograniczenia emisji CO₂ ma również recykling. Jedną z firm zajmujących się tą technologią jest szwedzki startup Cemvision, założony w 2020 roku. Pierwsza linia produktów firmy obejmuje dwa spoiwa cementowe, w których wapien zastąpiono przemysłowymi produktami ubocznymi. W ubiegłym roku firma rozpoczęła pilotażową produkcję "pierwszego na świecie w 100% cyrkularnego, wolnego od paliw kopalnych i zdekarbonizowanego klinkieru cementowego".

Kolejnym trendem jest produkcja betonu zawierającego alternatywne spoiwa, takie jak żużel z produkcji stali.

Według Karin Comstedt Webb, wiceprezes szwedzkiego oddziału

Heidelberg Materials, wielu szwedzkich producentów oferuje już beton, którego wpływ na klimat jest nawet o 40% mniejszy niż w przypadku betonu standardowego. Obecnie jednak, redukcja emisji CO₂ z cementu nadal w dużym stopniu polega na technologii CCS, ze względu na reakcje chemiczne zachodzące podczas podgrzewania wapienia przy produkcji klinkieru.

Firma Heidelberg Materials wprowadziła niedawno na rynek pierwszy na świecie cement o zerowej emisji, wyprodukowany z wykorzystaniem technologii wychwytu CO₂, w zakładzie w Brevik w Norwegii. Zgodnie z obecnym harmonogramem produkcji, pierwsze partie cementu neutralnego emisyjnie będą dostarczane w 2025r. Ponadto, do 2030 r. firma planuje zrealizować 4-krotnie większą

instalację CCS w Slite. Dwutlenek węgla będzie wychwytywany na wylocie z komina, sprężony do postaci ciekłej i wysyłany do Norwegii, gdzie będzie trwale składowany na dnie Morza Północnego.

„Jeśli w Szwecji pojawi się producent zielonego cementu, to moim zdaniem firmy budowlane będą na niego wprost skazane, biorąc pod uwagę cele i działania w zakresie zrównoważonego rozwoju” – uważa Aaron Maltais.

„Pamiętajmy, że dla sektora cementowego równie ważne są zielone zamówienia publiczne. Skoro rząd uznał, że naszym celem jest zerowa emisja netto, to należałoby oczekiwać, że państwo zacznie kupować zielony cement, tworząc w ten sposób rynek dla tego materiału” – dodaje Björn Nykvist badacz z SEI.

Pionierski projekt CCS w branży cementowej

Sweco wspiera cementownię Brevik Heidelberg Materials w Porsgrunn w Norwegii w realizacji programu zakładającego osiągnięcie neutralności emisyjnej do 2030 r. Sposobem na osiągnięcie tego celu ma być instalacja do wychwytu dwutlenku węgla, której uruchomienie zaplanowano na 2024r. Wychwyt dwutlenku węgla w Brevik jest częścią projektu CCS „Langskip”. Za transport i składowanie odpowiadać będzie firma Northern Lights, posiadająca składowiska na Morzu Północnym.

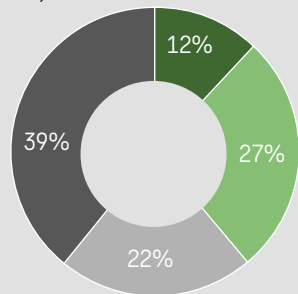
Czytaj więcej na www.swecogroup.com



Projekty w obszarze zielonego cementu

Skala projektu	Liczba proj.
Studium wykonalności	6
Instalacje demonstracyjne	14
Projekty pilotażowe	11
Projekty pełnoskalowe	20

(w procentach)



Źródło: The Leadership Group for Industry Transition.
Lorea, C; Sanchez, F; Torres-Morales, E. 2023. Green Cement Technology Tracker, Version 07/2023, Stockholm, Dataset,
<https://www.industrytransition.org/green-cement-technology-tracker>

Pełnoskalowe projekty w budowie na terenie Europy

Kraj	Liczba proj.
Austria	1
Belgia	2
Bułgaria	1
Chorwacja	1
Dania	1
Francja	2
Niemcy	5
Grecja	1
Norwegia	1
Polska	1
Hiszpania	1
Szwecja	1
Zjednoczone Królestwo	1



Wielu szwedzkich producentów betonu oferuje już beton "ulepszony klimatycznie", który ma nawet o

40%

mniejszy wpływ na klimat w porównaniu ze standardowym betonem, twierdzi Karin Comstedt Webb, Wiceprezes Heidelberg Materials w Szwecji.

95%

pełnoskalowych projektów dotyczących "zielonego" cementu na całym świecie realizowanych jest obecnie w Europie.

Całkowity wolumen produkcji cementu na świecie wyniósł szacunkowo

4.1

miliarda ton w 2022 r.

CCS/CCU - niezbędny dodatek do transformacji

Historia wychwytywania, transportu i składowania CO₂ w Europie rozpoczęła się w 1996 r., wraz z uruchomieniem projektu Sleipner w Norwegii. Oprócz przemysłu ciężkiego, z technologii wychwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS) mogą korzystać elektrownie gazowe, zapewniające elastyczność sieciom energetycznym w większym stopniu korzystającym ze źródeł odnawialnych.

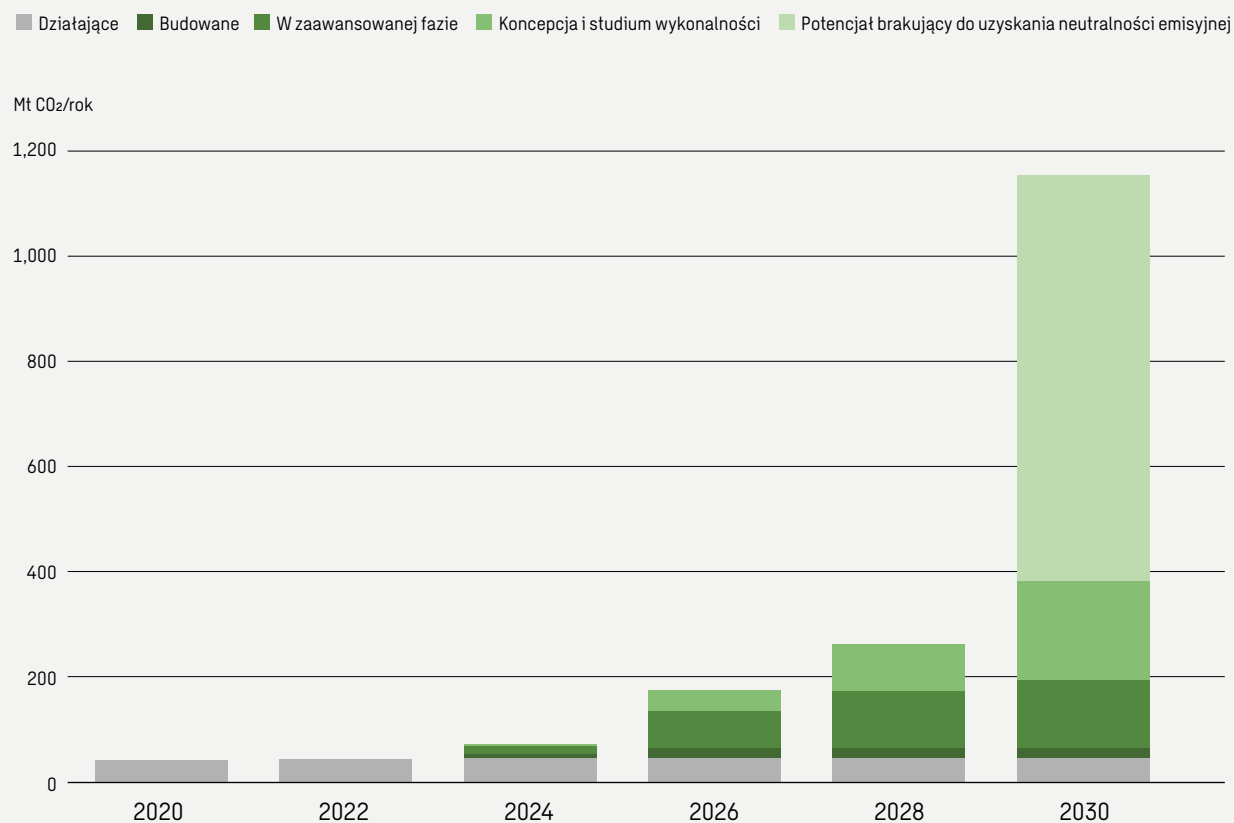
Technologia CCS jest ważnym elementem polityki klimatycznej UE. Przyjęty niedawno w unijnym prawodawstwie cel zakłada osiągnięcie do 2030 r. zdolności do składowania co najmniej 50 milionów ton CO₂ rocznie. Jak pokazano na mapie poniżej, łączna wydajność istniejących i aktualnie planowanych instalacji CCS pozwoli w tym terminie uzyskać 35 milionów ton CO₂ rocznie. W marcu 2023 r. Dania stała się pierwszym krajem na świecie,

który zrealizował transgraniczne składowisko CO₂. Do wyrobiska po wyczerpanym polu naftowym w duńskiej części Morza Północnego trafia CO₂ transportowane z Belgii. Jeśli tę technologię będzie można w przyszłości wykorzystywać do magazynowania biogenicznego dwutlenku węgla pochodzącego ze spalania wielkoskalowego, to możliwe stanie się osiągnięcie ujemnych poziomów emisji. Oddzielony od innych substancji dwutlenek węgla może być wykorzystywany jako surowiec w przemyśle wytwórczym; zabieg taki określa się skrótem CCU, w którym litera U oznacza wykorzystanie (ang. *utilisation*).

CCS to wciąż wschodząca technologia. Zdaniem niektórych, wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (CCS) wprawdzie ogranicza emisję CO₂ e, ale nie zmniejsza zużycia paliw kopalnych. Rodzi to wątpliwości co do roli tej technologii w szerszym kontekście przechodzenia na odnawialne źródła energii.¹⁷

Ponadto składowanie dwutlenku węgla w utworach geologicznych wiąże się z pewnymi zagrożeniami. Najpoważniejszym z nich jest jego wyciek. Wyróżnia się dwa typy możliwych wycieków CO₂ - do atmosfery i podpowierzchniowy. Może dojść do powolnego wycieku z powodu przepuszczalności skały wierzchniej albo gwałtownego, wskutek pęknięcia rurociągu, awarii odwiertu lub powstania uskoku.

CCS - ile brakuje do neutralności emisyjnej?

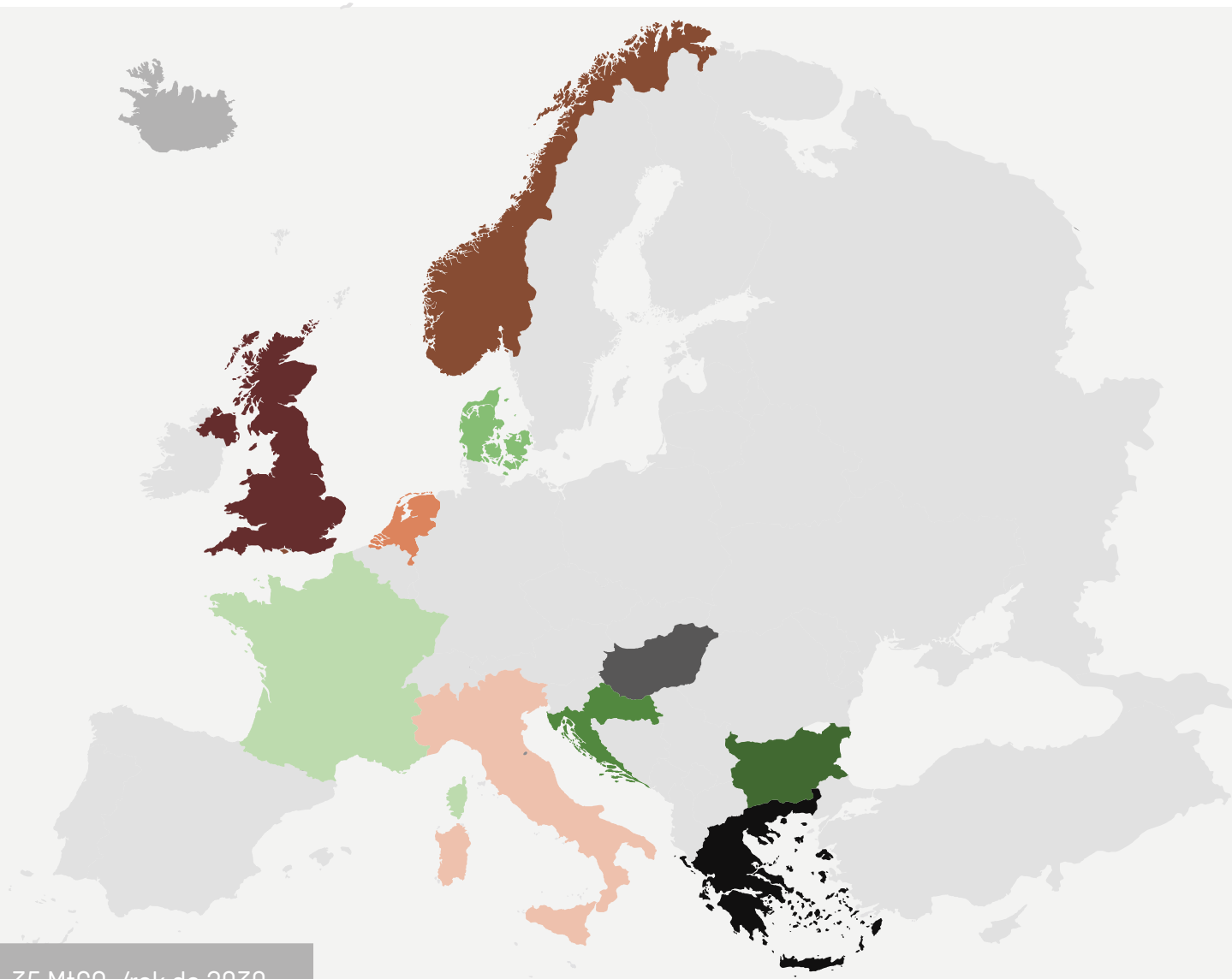


Źródło: IEA. Licencja: CC BY 4.0 International Energy Agency (2023). Opublikowane na stronie [iea.org](https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage). Pobrane z: <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage> [źródło online]

Istniejące i planowane instalacje składowania CO₂ w Europie

- Bułgaria (1)
- Chorwacja (4)
- Dania (5)
- Francja (1)
- Grecja (1)
- Węgry (1)
- Islandia (4)
- Włochy (1)
- Holandia (3)
- Norwegia (8)
- Zjednoczone Królestwo (7)

() liczba projektów



EU	17 projektów – 35 MtCO ₂ /rok do 2030
Europe	36 projektów – 110 MtCO ₂ /rok do 2030

IOGP, Międzynarodowe Stowarzyszenie Producentów Ropy i Gazu, opublikowano na stronie iogp.org,
Pobrane z: <https://iogpeurope.org/wp-content/uploads/2023/10/Map-CO2-Storage-Projects-in-Europe.pdf>

Smeaheia - rurociąg CO₂

Firma Equinor we współpracy ze Sweco realizuje koncepcyjną fazę projektu rurociągu CO₂, łączącego kontynentalną część Europy ze składowiskami w norweskiej części Morza Północnego. Zakres prac Sweco obejmuje opracowanie map na potrzeby uzyskania pozwoleń, analizę warunków gruntowych i innych czynników potencjalnie wpływających na lokalizację wyjść na ląd we Francji, Belgii, Holandii i Niemczech. Ponadto Sweco będzie również świadczyć usługi w zakresie doboru metod wyjścia na ląd, obejmujące branże geotechniczne i budowlane oraz tunelowanie.



Jaka jest rola wychwytywania, utylizacji i składowania dwutlenku węgla (CCUS) w przejściu na czystą energię?

Instalację CCUS można zamontować w istniejących elektrowniach i zakładach przemysłowych, umożliwiając im tym samym dalszą pracę. Technologia ta może rozwiązać problem emisji w sektorach, w których jej redukcja jest szczególnie trudna, przede wszystkim w przemyśle ciężkim, np. produkcji cementu, stali czy wyrobów chemicznych. Zastosowanie CCUS umożliwia produkcję niskoemisyjnego wodoru przy niskich kosztach, co z kolei może przyspieszyć dekarbonizację innych energochłonnych obszarów, takich jak przemysł czy transport ciężarowy i morski. Równie ważne jest to, że dzięki technologii CCUS można usuwać z CO₂ z powietrza. Pozwoli to zbilansować emisje, które są nieuniknione lub technicznie trudne do ograniczenia.

Pozostałe sektory przemysłu na drodze do transformacji

Przemysł chemiczny

Przemysł chemiczny jest największym przemysłowym odbiorcą ropy i gazu, a także największym przemysłowym odbiorcą energii ogółem. Wynika to z faktu, że wykorzystuje on paliwa kopalne nie tylko jako źródło energii, ale także jako surowiec. Zrównoważone wykorzystanie odpadów lub materiałów organicznych, np. roślinnych, cukru, ligniny, hemicelulozy, skrobi, kukurydzy, glonów, może być sposobem na osiągnięcie neutralności węglowej i tzw. symbiozy przemysłowej przez sektor chemiczny. Symbioza przemysłowa jest jednym z elementów gospodarki o obiegu zamkniętym i oznacza wykorzystanie odpadów z jednego sektora jako surowca w innym.

Transport i logistyka

W latach 1990 - 2022 emisje CO₂ z transportu rosły średnio o 1,7% rocznie. Tempo to było wyższe niż w jakimkolwiek innym sektorze, który jest końcowym odbiorcą energii, oprócz przemysłu (tam wzrost również wynosił ok. 1,7%). Aby zrealizować scenariusz neutralności emisji netto do 2050 r. (NZE), emisje CO₂ z sektora transportu muszą spadać o ponad 3% rocznie do 2030 roku. W tym celu niezbędne będą rygorystyczne przepisy i silne zachęty podatkowe, a także znaczne inwestycje w infrastrukturę i nowe paliwa pozwalające na nisko- i bezemisyjną jazdę.

Przemysł motoryzacyjny

Odejście od paliw kopalnych w przemyśle motoryzacyjnym jest operacją dalekosiężną, na szeroką skalę i złożoną. Zasadniczą rolę odgrywa tu elektryfikacja, obejmująca między innymi opracowanie i produkcję nowych systemów bateryjnych. Budowa dużej fabryki baterii stawia przed lokalną społecznością szereg wyzwań w zakresie infrastruktury, dostaw energii, uzyskania pozwoleń, pozyskania wykwalifikowanej kadry i zapewnienia jej zakwaterowania.

Branża motoryzacyjna jest także jednym z większych odbiorców zielonej stali, co skłoniło przemysł stalowy do realizacji dalekosiężnych zmian technologicznych. Znaczna część presji związanej z tymi zmianami

spada na podwykonawców. 70% pojazdu jest dostarczane przez przemysł dostawców, podczas gdy sami producenci odpowiadają za jedynie 30%.

Branża musi również wypracować nowe modele biznesowe, oparte na obiegu zamkniętym. Według Skandynawskiego Stowarzyszenia Dostawców Przemysłu Motoryzacyjnego, przemysł motoryzacyjny w Europie jest cyrkularny tylko na poziomie 1%.

„Często zadaję takie pytanie: jak długo trwa demontaż samochodu? I nikt nie zna odpowiedzi! Budowaniu nowych rzeczy poświęca się wiele prac badawczo-rozwojowych, natomiast nikt nie zajmuje się kwestią ich rozbiórki” - zauważa Peter Bryntesson.

Nowe paliwa

Kluczową rolę w łagodzeniu zmian klimatycznych i transformacji energetycznej odegra technologia Power-to-X, która umożliwi przekształcanie nadwyżek energii odnawialnej w paliwa, takie jak wodór lub metanol, a następnie ich wykorzystanie w transporcie i wielu innych gałęziach przemysłu. Power-to-X może pełnić rolę pewnego rodzaju magazynu energii, którego podstawową ideą jest przekształcenie energii elektrycznej w inny nośnik energii i przekształcenie go z powrotem do energii elektrycznej, kiedy wystąpi taka potrzeba. Technologia ta ma kluczowe znaczenie w transformacji energetycznej, ponieważ wraz ze wzrostem produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych rośnie znaczenie zdolności magazynowania energii i elastyczności systemu. Czystą energię elektryczną można przekształcić w paliwa syntetyczne, które mogłyby zastąpić ropę naftową wykorzystywaną jako surowiec w przemyśle chemicznym.

Elektropaliwa

Coraz bardziej popularną alternatywą dla paliw kopalnych stają się elektropaliwa, w skrócie zwane e-paliwami (ang. eFuels). Są to



W branży motoryzacyjnej istnieją cztery obszary o zasadniczym znaczeniu w kontekście zmniejszenia śladu węglowego: stal, baterie, żeliwo i aluminium. Obszary te odpowiadają za około 70-80% śladu węglowego powstającego przy produkcji nowych pojazdów.

Peter Bryntesson, Dyrektor Generalny Skandynawskiego Stowarzyszenia Dostawców Przemysłu Motoryzacyjnego.

zasadniczo paliwa syntetyczne oparte na wodorze (H₂) i dwutlenku węgla (CO₂). Można je produkować w postaci gazowej (e-wodór lub e-metan) lub ciekłej (e-diesel lub e-metanol). E-paliwa są z reguły wytwarzane przy użyciu energii elektrycznej pozyskiwanej ze źródeł odnawialnych, takich jak energia słoneczna, wiatrowa lub wodna. Stanowią one praktyczne rozwiązanie w sektorach, w których bezpośrednia elektryfikacja jest utrudniona, takich jak żegluga, lotnictwo i niektóre procesy przemysłowe.

E-paliwa można również wykorzystywać do magazynowania energii odnawialnej. W okresach wysokiej produkcji pozwalają one na konwersję nadwyżki na energię chemiczną, magazynowanie, a następnie wykorzystanie w momencie, gdy bieżąca produkcja energii odnawialnej jest zbyt niska lub niemożliwa.

Niektóre e-paliwa, takie jak e-metanol, mają postać płynną w temperaturze i ciśnieniu otoczenia. Ułatwia to ich transport i przechowywanie przy użyciu istniejącej infrastruktury, takiej jak rurociągi, ciężarówki, tankowce i kolej.

Do rozwiązania pozostaje szereg wyzwań utrudniających powszechne stosowanie e-paliw. Ich koszt mocno zależy od ceny wodoru, który – aby spełnić kryteria paliwa ekologicznego – musi być produkowany z odnawialnych źródeł energii. Zapewnienie stabilnej i opłacalnej produkcji wodoru i infrastruktury do przesyłu jest kluczowe dla rozpowszechnienia e-paliw.

Zrównoważone paliwa lotnicze

Zrównoważone paliwa lotnicze (SAF, ang. *sustainable aviation fuels*) to odnawialne lub pochodzące z odpadów paliwa lotnicze, spełniające kryteria zrównoważonego rozwoju. Jednym z projektów pracujących nad takimi paliwami jest Skyfuel H2 w szwedzkim Långsele. Do ich produkcji wykorzystuje się tu biomasę ze szwedzkich lasów i zielony wodór.



Największa instalacja do produkcji elektropaliw w Europie

Sweco zajmowało się uzyskiwaniem pozwoleń środowiskowych dla jednej z pierwszych na świecie pełnoskalowych instalacji do produkcji e-metanolu, całkowicie wolnego od paliw kopalnych paliwa płynnego dla transportu ciężkiego (także morskiego). Operatorem zbudowanej w szwedzkiej miejscowości Örnköldsvik instalacji jest firma Liquid Wind. Produkcję oparto o energię elektryczną z wiatru oraz dwutlenek węgla wychwytywany ze spalin z Hörneborgsverket (opalanej biopaliwem elektrocieplowni). Dzięki temu produkowany tam eMethanol jest paliwem neutralnym pod względem emisji dwutlenku węgla. Decyzję środowiskową wydano w sierpniu 2022 r. Pod koniec 2022 r. firma Liquid Wind sprzedała przedsięwzięcie duńskiemu koncernowi energetycznemu Ørsted. Jest to największe tego typu przedsięwzięcie w Europie, które doszło do etapu ostatecznej decyzji inwestycyjnej. Instalacja w Örnköldsvik to dopiero początek, ponieważ do 2030 r. firma Liquid Wind zamierza zbudować w Skandynawii dziesięć kolejnych instalacji.

Nowe rozwiązania w energetyce podstawą zielonej transformacji w przemyśle

Aby przemysł stał się zielony i zrównoważony, konieczne są daleko idące zmiany w energetycznym krajobrazie Europy. W tym rozdziale podkreślone zostały najistotniejsze trendy, szanse i zagrożenia, jakie niesie ze sobą transformacja energetyczna.

Podczas szczytu COP28 ponad sto krajów zobowiązało się znacząco zwiększyć efektywność i moc odnawialnych źródeł energii. Podczas konferencji przyjęto Globalne Zobowiązanie dotyczące Odnawialnych Źródeł Energii i Efektywności Energetycznej (ang. Global Renewables and Energy Efficiency Pledge), podpisane przez 130 krajów (w tym UE). Sygnatariusze dążą do potrojenia mocy zainstalowanej źródeł odnawialnych do co najmniej 11 000 GW i podwojenia rocznego tempa wzrostu efektywności energetycznej, co będzie skutkowało przekroczeniem 4% w 2030 roku.

Celem transformacji energetycznej jest przebudowa światowego sektora energetycznego w taki sposób, aby do roku 2050 odszedł od paliw kopalnych i stał się zeroemisyjny. U podstaw tej transformacji leży potrzeba ograniczenia emisji CO₂ związanych z energią, niezbędna do złagodzenia skutków zmian klimatycznych. Transformacja energetyczna to nie tylko stopniowe zamykanie elektrowni wykorzystujących paliwa kopalne i rozwój czystej energii, to także ogólnosystemowa zmiana paradygmatu.

Sektor przemysłowy odpowiada za około jedną trzecią obecnego zużycia energii na świecie. W ostatnich latach zużycie to stale rośnie - w latach 2010 - 2022 tempo wzrostu wynosiło ok. 1,3% rocznie.

- Od roku 2000 całkowite zużycie energii przez światowy przemysł wzrosło o prawie 70%.
- Za około 38% globalnego zużycia energii w przemyśle odpowiadają Chiny, czyli więcej niż Unia Europejska, Stany Zjednoczone, Indie i Japonia łącznie (28%).
- W latach 2010 - 2022 zużycie rośnie w tempie 2% rocznie w Chinach, 4,5% w Indiach i 0,7% w Stanach Zjednoczonych, podczas gdy w Unii Europejskiej spadało o 0,8%, a w Japonii o 1,4%.¹⁸

Według BloombergNEF, w 2023 roku globalne inwestycje w zieloną energię (w energię odnawialną, elektromobilność, projekty wodorowe itp.) wzrosły o 17%, jednak aby osiągnąć neutralność emisyjną do 2050 r., w latach 2024 – 2030 muszą one być dwukrotnie wyższe.

Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych (wiatru, słońca, wody, wodoru) to jedynie część transformacji energetycznej. Rozpoczęcie elektryfikacji i poprawy efektywności energetycznej, dzięki rozwojowi technologii i cyfryzacji to również kluczowe czynniki napędzające transformację energetyczną.



Kluczem do osiągnięcia celu 1,5°C jest potrojenie mocy źródeł odnawialnych i podwojenie efektywności energetycznej do 2030 roku.

Wg szacunków IEA, od roku 2000 całkowite zużycie energii przez światowy przemysł wzrosło o blisko 70%.



Energia odnawialna - warunek konieczny udanej transformacji

Przejsięcie na odnawialne źródła energii, takie jak energia słoneczna i wiatrowa, to jeden z priorytetów światowej energetyki.

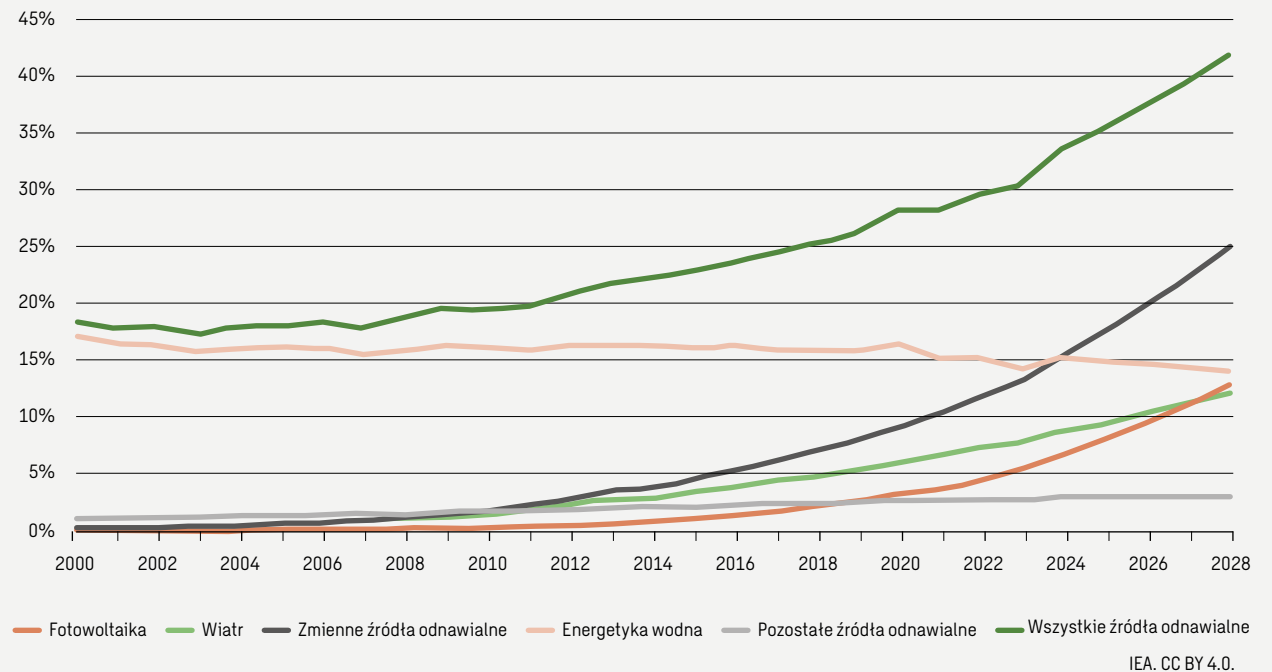
Aktualnie jesteśmy świadkami szybkiej ekspansji globalnego sektora OZE. IEA szacuje, że w 2023 r. łączna moc wzrosła o prawie 510 gigawatów, czyli o 50%.¹⁹ Za trzy czwarte tego wzrostu odpowiada fotowoltaika. Jednym z czynników napędzających jej wzrost był spadek ceny paneli fotowoltaicznych o blisko 50% w porównaniu z 2022 r.

Na początku roku 2025 udział energii odnawialnej światowej produkcji energii elektrycznej przekroczy jedną trzecią.

Przewiduje się również rekordowy udział energii jądrowej, kiedy jej produkcja wzrośnie we Francji i Japonii, a ponadto uruchomione zostaną nowe reaktory w Chinach, Indiach, Korei i kilku krajach europejskich. Pozwoli to uzyskać rekordowy poziom produkcji energii elektrycznej ze źródeł niskoemisyjnych, tj. źródeł odnawialnych (energia słoneczna, wiatrowa i wodna) oraz z elektrowni jądrowych. Szacuje się, że do 2026 r. te ostatnie produkować będą prawie połowę światowej energii elektrycznej, przy czym w 2023 r. ich udział wynosił nieco poniżej 40%.

Budowa morskich farm wiatrowych (MFW) może znacząco wpływać na środowisko morskie, jeżeli nie zostaną zaprojektowane i zaplanowane z poszanowaniem dla lokalnych ekosystemów. Możliwe konsekwencje budowy MFW to m.in. potencjalny spadek bioróżnorodności i degradacja morskich ekosystemów, zarówno na etapie budowy, jak i eksploatacji farm wiatrowych.

Produkcja energii elektrycznej w podziale na technologie (2000-2028)



Uwaga: W przypadku farm wiatrowych i fotowoltaicznych podano potencjalną produkcję, zakładającą aktualny poziom wyłączeń przymusowych (tzw. curtailment). Wyłączeń tych nie uwzględniono jednak w danych prognostycznych, przy czym do roku 2028 ich skala w niektórych krajach może znacząco wzrosnąć.

Rewolucja w elektryfikacji

Z szacunków wynika, że roczny wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną przyspieszy w ciągu najbliższych trzech lat (do 2026r.) do poziomu 3,4%.²⁰ Szacuje się, że w 2023 r. udział energii elektrycznej w końcowym zużyciu energii wyniósł 20%, podczas gdy w 2015 r. było to 18%. Zgodnie z opracowanym przez IAE scenariuszem zakładającym osiągnięcie neutralności emisyjnej do 2050 r., w 2030 r. udział ten musi wzrosnąć do 30%.

W 2023 r. stawki za jednostkę energii elektrycznej w energochłonnych gałęziach przemysłu były w UE prawie dwukrotnie wyższe niż w USA i Chinach, pomimo ich spadku o 50% w porównaniu z 2022 r. Wprawdzie różnice w cenach energii elektrycznej istniały już wcześniej, ale wojna w Ukrainie i kryzys energetyczny jeszcze bardziej je pogłębiły. IAE podkreśla, że obniża to konkurencyjność unijnego przemysłu ciężkiego.

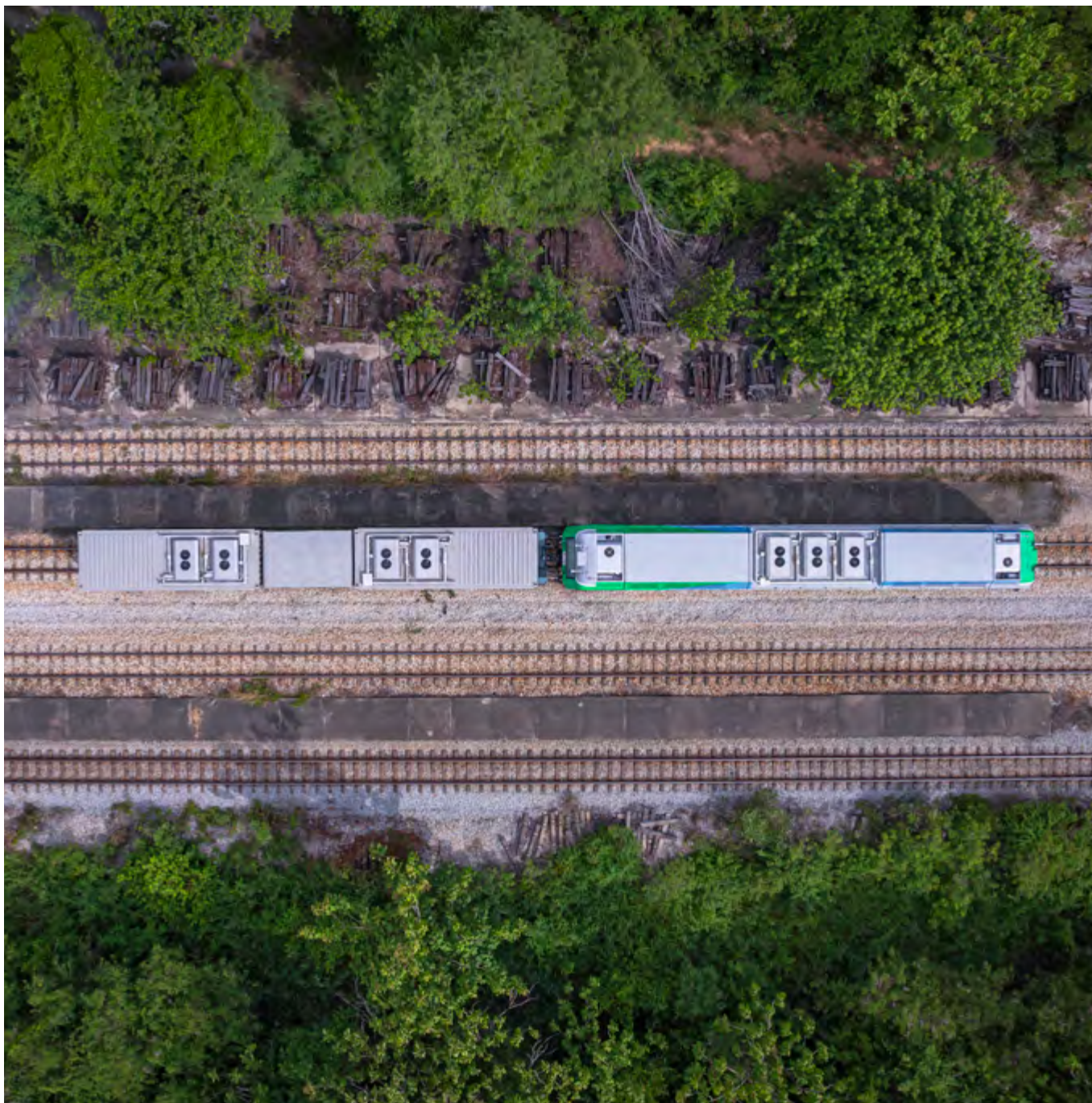
Wraz z przyspieszeniem elektryfikacji i rosnącym uzależnieniem popytu i podaży energii od pogody, rośnie znaczenie bezpieczeństwa i niezawodności systemu elektroenergetycznego. Wiele sieci elektroenergetycznych na całym świecie nadal boryka się z problemami niedoboru energii w okresach zwiększonego zapotrzebowania podczas ekstremalnych mrozów lub upałów i zwiększonej częstotliwości przerw w dostawach prądu spowodowanych czynnikami pogodowymi.

W miarę postępów w cyfryzacji sieci elektroenergetycznych coraz bardziej istotna staje się także ich ochrona przed cyberzagrożeniami. Według IAE, w latach 2020-2022 liczba cyberataków na przedsiębiorstwa energetyczne na całym świecie wzrosła ponad dwukrotnie.²¹

Udział energii elektrycznej w całkowitym zużyciu energii musi wzrosnąć do

30% do 2030

zgodnie ze scenariuszem IAE zakładającym osiągnięcie zerowej emisji netto w roku 2050 (NZE).



Magazynowanie energii - Święty Graal

Kolejnym warunkiem kluczowym dla sukcesu energii odnawialnej, elektryfikacji, a tym samym transformacji energetycznej, jest możliwość magazynowania energii odnawialnej. Pozwoli ono rozwiązać szereg problemów, z którymi boryka się wiele technologii OZE. Choć magazynowanie energii już od dawna postrzegane jest jako brakujące ogniwo, mogące ustabilizować dostępność energii odnawialnej, obecnie rozwiązania bateryjne, wodorowe i inne dopiero zyskują na znaczeniu, odgrywając coraz ważniejszą rolę w transformacji energetycznej.

W 2020 r. w UE (włącznie z Wielką Brytanią) łączna moc elektrowni szczytowo-pompowych przekraczała 48 gigawatów.²² Projekty, które wtedy były w fazie planowania, dodałyby dodatkowe 20 gigawatów, a obiekty w budowie kolejne 2,4 GW pojemności elektrowni szczytowo-pompowych w UE. Największą zainstalowaną moc elektrowni szczytowo-pompowych w Europie mają Włochy. W 2022 r. ich łączna moc wynosiła blisko 7,9 gigawata. Na drugim miejscu uplasowały się Niemcy, z około 6,4 gigawata mocy elektrowni szczytowo-pompowych.

Elektrownie szczytowo-pompowe stanowią obecnie ponad 90% pojemności magazynów energii w Unii Europejskiej. W porównaniu z wodorem cechuje je znacznie wyższa wydajność, a w porównaniu z bateriami - większa skala.

„Wielkoskalowe magazynowanie energii przy pomocy wody będzie coraz bardziej istotne dla odbiorców przemysłowych, chcących optymalizować produkcję w taki sposób, aby korzystać z prądu po jak najniższych stawkach. Inną opcją dla przemysłu jest możliwość pośredniego magazynowania energii pomiędzy różnymi etapami procesu technologicznego” - uważa Fredrik Axby.

Obecnie realizowanych jest szereg inwestycji w energetykę wodną. W Szwecji zapewnia ona dzisiaj ponad połowę produkcji energii elektrycznej i ma ogromne znaczenie w kontekście zielonej transformacji. Na przykład europejski koncern energetyczny Vattenfall inwestuje w elektrownię szczytowo-pompową Juktan. Instalacja o mocy 315 MW jest największą tego typu w Szwecji i może zmagazynować tyle samo energii co 300 000 samochodów elektrycznych.



Obecnie energię wodną wykorzystuje się na potrzeby bilansowania systemu. Ilość energii produkowana z elektrowni wodnych w szwedzkim regionie Norrland jest obecnie kilkakrotnie większa niż lokalne zapotrzebowanie, natomiast w przyszłości to się zmieni i mocy na eksport do bilansowania systemu w południowej części kraju zabraknie. Wówczas trzeba będzie pójść za przykładem Danii, gdzie istnieją elektrownie dedykowane bilansowaniu.

Fredrik Axby, p.o. Kierownika Działu Energii i Przemysłu w szwedzkim oddziale Sweco

W 2022 r. Komisja Europejska uruchomiła program badawczy ETIP Hydropower. W ten sposób Komisja planuje pozyskać oparte na konsensusie doradztwo strategiczne, obejmujące analizę szans rynkowych, potrzeb w zakresie finansowania badań i rozwoju, ochrony bioróżnorodności i ciągłości ekologicznej.²³

Według IAE, aby osiągnąć zerowe emisje netto znacząco musi wzrosnąć pojemność magazynów energii. Coraz więcej uwagi poświęca się technologii akumulatorów, ze względu na spadające nakłady inwestycyjne. Przewiduje się, że w Europie w ciągu następnej dekady pojemność zainstalowanych akumulatorów wzrośnie niemal sześciokrotnie.²⁴

Kluczowe znaczenie ma dostępność surowców. Na potrzeby samych akumulatorów do pojazdów elektrycznych i systemów magazynowania energii, UE będzie do 2030 r. potrzebować nawet 18 razy więcej litu i pięć razy więcej kobaltu niż pozyskuje obecnie.

Alternatywną technologią magazynowania energii jest zielony wodór, choć w jego przypadku współczynnik konwersji jest obecnie niezbyt imponujący. Szacuje się, że do 2030 r. zapotrzebowanie na magazynowanie energii w postaci wodoru

wzrośnie w Europie do około 72 terawatogodzin. Z kolei do 2050 r. potrzeby w zakresie magazynowania w 28 krajach należących do inicjatywy European Hydrogen Backbone (EHB) przekroczą 466 terawatogodzin.²⁵ Gaz można magazynować pod ziemią w kawernach solnych, wyczerpanych złożach gazu, warstwach wodonośnych i kawernach skalnych. Wielkoskalowe magazynowanie energii w postaci wodoru ma oczywistą przewagę nad akumulatorami litowymi pod względem kosztu instalacji.

Wśród innych technologii magazynowania energii warto wymienić sprężone powietrze i magazynowanie grawitacyjne, przy czym rozwiązania te odgrywają obecnie stosunkowo niewielką rolę.

Baterie muszą być bardziej wydajne

Prace nad akumulatorami do magazynowania wielkoskalowego są wciąż na stosunkowo wczesnym etapie. BloombergNEF szacuje, że do 2030 r. ich łączna pojemność w skali ogólnoswiatowej wzrośnie dziesięciokrotnie, czyli do 411 gigawatów.²⁶ Nadal jednak sporo brakuje do 680 gigawatów, a właśnie tyle potrzebujemy do 2030 r., aby spełnił się opracowany przez MAE scenariusz neutralności emisyjnej.

Obecnie nadal dominuje technologia litowo-jonowa, choć pojawiają się akumulatory o nowym składzie chemicznym, na przykład sodowo-jonowe. W porównaniu z litowo-jonowymi mają one szereg zalet: kosztują mniej, a surowce do ich produkcji są łatwiej dostępne i bardziej przyjazne dla środowiska. Dzięki temu akumulatory sodowo-jonowe mogą nadawać się do magazynowania wielkoskalowego.

Rozwiązaniem od samego początku tworzonym z myślą o magazynowaniu wielkoskalowym są natomiast akumulatory przepływowo. Można je eksploatować bez utraty wydajności przez 25-30 lat, a uzyskanie odpowiednio dużej pojemności wymaga stosunkowo niewielkich nakładów inwestycyjnych.

Pierwsza wielkoskalowa instalacja do produkcji zielonego wodoru w krajach Beneluksu

Wodór jest postrzegany jako ważny element zapewniający bardziej zrównoważony charakter naszego koszyka energetycznego i jest jednym z kamieni węgielnych transformacji energetycznej, któremu w nadchodzących latach będzie poświęcone znacznie więcej uwagi. Obecnie wodór jest jednak w dużej mierze produkowany z gazu ziemnego. Dwie planowane elektrownie wodorowe będą wytwarzać ekologiczny wodór, wykorzystując energię elektryczną z energii wiatrowej na morzu. Firma VoltH2 zleciła Sweco wykonanie projektu budowlanego i opracowanie planu pozyskania dotacji dla dwóch instalacji produkujących zielony wodór. Mają one powstać w rejonie Portu Morza Północnego nieopodal miast Vlissingen i Terneuzen w Holandii. Zasilane energią wiatrową instalacje o mocy 25 MW za kilka lat zaczną produkować tysiące ton wodoru.

Budowana przez VoltH2 we Vlissingen instalacja wodorowa o mocy 25 MW może produkować do 3500 ton zielonego wodoru rocznie. Projekt zakłada możliwość zwiększenia skali instalacji do 100 MW (14 000 ton). Dla porównania, auto wodorowe potrzebuje jednego kilograma wodoru do przejechania 100 km. Instalacja może zostać podłączona do sieci European Hydrogen Backbone, czyli transeuropejskiej sieci wodorowej. VoltH2 realizuje obecnie podobne instalacje także w Belgii, Francji i Niemczech.

Czytaj więcej na www.swecogroup.com



Wodór - uniwersalne rozwiązanie

Zielony wodór powstaje poprzez rozszczepienie cząsteczki wody przy użyciu odnawialnej energii elektrycznej. Jest powszechnie postrzegany jako wielofunkcyjne narzędzie transformacji energetycznej, które pomoże obniżyć emisję dwutlenku węgla, zwłaszcza w sektorach, w których jest to szczególnie trudne.

Finlandia chce osiągnąć neutralność węglową do roku 2035, czyli o 15 lat wcześniej niż Unia Europejska. Narzędzia do realizacji tego celu zapisano w planie przyjętym przez fiński rząd. Zakłada on, że w 2030 r. Finlandia będzie produkować co najmniej 10% unijnego zielonego wodoru. Szacuje się, że w ciągu najbliższych 10-15 lat ilość wodoru wykorzystywanego w Finlandii wzrośnie dwukrotnie z obecnego poziomu około 140 tys. ton rocznie. Dzięki dużej dostępności niskoemisyjnej energii elektrycznej i sprawnej sieci elektroenergetycznej Finlandia może odnieść spore korzyści rozwoju technologii wodorowych. Ponadto posiada duży potencjał w zakresie rozwoju energetyki wiatrowej, co z kolei powoduje znaczny potencjał rozwoju instalacji wodorowych i elektropaliw zarówno do wykorzystania lokalnego, jak i na eksport.

Holandia i Belgia planują łącznie importować nawet 10 mln ton wodoru rocznie, co stanowi 62% celu UE. W Holandii trwa przystosowywanie wybudowanej 50 lat temu infrastruktury w postaci tysięcy kilometrów gazociągu. Teraz ma on umożliwić drugą rewolucję gazową, w której paliwa kopalne zastąpi zielony wodór.

Wodór reprezentuje znaczący trend. Jako kluczowe rozwiązanie wielkoskalowe o znacznym potencjale, jest on jednak jedną z wielu możliwości na drodze w poszukiwaniu rozwiązań dla zrównoważonej energii.

Erik Skogström, Dyrektor Działu Przemysłu i Energii w fińskim oddziale Sweco



Niskoemisyjny wodór z plastikowych odpadów

Klient: Hydrogen Utopia International PLC

Odpady z tworzyw sztucznych stanowią globalny problem – w skali całego świata zaledwie 16 procent podlega recyklingowi materiałowemu, natomiast aż 40 procent trafia na wysypiska. W centralnej Polsce trwają obecnie prace nad instalacją przetwarzania takich odpadów w wodór. Zakład będzie wykorzystywał nowatorską technologię, dzięki której powstanie niskoemisyjny wodór napędzający transformację energetyczną.

Modułowe instalacje będą w ciągu doby przetwarzać 40 ton odpadów z tworzyw sztucznych nienadających się do recyklingu na ok. 2,7 tony niskoemisyjnego wodoru o czystości na poziomie 99,9% (w zależności od wsadu). W zależności od rodzaju surowca, linia jest w stanie wyprodukować od 2,5 do 3 ton wodoru dziennie. Proces technologiczny będzie w pełni zelektryfikowany, z możliwością zasilania energią odnawialną. Przewiduje się, że przez cały okres eksploatacji instalacja pozwoli zaoszczędzić setki tysięcy tCO₂e, a powstające w procesie produkcji ciepło zastąpi wytwarzane obecnie z węgla brunatnego i zwiększy wykorzystanie wodoru. Gaz odlotowy będzie zasilał silniki gazowe wykorzystywane do produkcji prądu i ciepła. W przyszłości będzie go można także wykorzystywać jako surowiec w przemyśle chemicznym i petrochemicznym.

Czytaj więcej na: www.swecogroup.com

Pierwszy w Finlandii zakład produkujący zielony wodór na skalę przemysłową

Na zlecenie firmy P2X Solutions, Sweco projektuje zakład produkcji zielonego wodoru w Parku Przemysłowym Harjavalta. Obiekt, którego ukończenie zaplanowano na rok 2024, będzie pierwszym w Finlandii zakładem produkującym zielony wodór na skalę przemysłową.

Instalacja typu Power-to-X o mocy 20 MW będzie przekształcać energię odnawialną w paliwo wodorowe. Szacuje się, że zakład w Harjavalta zmniejszy emisję CO₂ w Finlandii o 40 000 ton rocznie, czyli mniej więcej tyle, ile wytwarza 20 000 samochodów benzynowych. Wodór oraz paliwa syntetyczne rafinowane w zakładzie, takie jak metan, odgrywają kluczową rolę w dostosowaniu energochłonnego transportu drogowego, lotniczego i morskiego do bardziej rygorystycznych limitów emisji.

Zakład jest jednym z kilku aktualnie realizowanych projektów, przy czym żaden inny nie wszedł jeszcze w fazę budowy. Podobne instalacje będą w przyszłości w stanie jeszcze bardziej obniżyć emisję CO₂, co świadczy o potencjale technologii P2X i zielonego wodoru w kontekście dążenia do neutralności węglowej.

Czytaj więcej na www.swecogroup.com

Obecnie 95% produkowanego na świecie wodoru stanowi wodór szary, czyli wytwarzany z surowców kopalnych, takich jak gaz ziemny i węgiel kamienny. Aby wodór mógł odgrywać kluczową rolę w transformacji energetycznej, musimy przede wszystkim zwiększyć produkcję wodoru zielonego, otrzymywanego dzięki OZE. W tym wypadku kluczowa jest energia wiatrowa. Holandia zobowiązała się, że do roku 2030 zbuduje morskie farmy wiatrowe o mocy 11 GW, a kolejne 35 TWh energii odnawialnej planuje produkować na lądzie.

W ramach przemysłowej transformacji kraju Niemcy również inwestują w wodór. Chcą go wykorzystywać m. in. do produkcji stali. Ich celem jest uruchomienie 10 GW mocy produkcyjnych zielonego wodoru do 2030, jednak potrzeba znacznie więcej. Aż 50-70% krajowej podaży będzie pochodzić z importu,

transportowane głównie statkami pod postacią amoniaku (związku bogatego w wodór, łatwiejszego do przechowywania i transportu niż ciekły wodór).

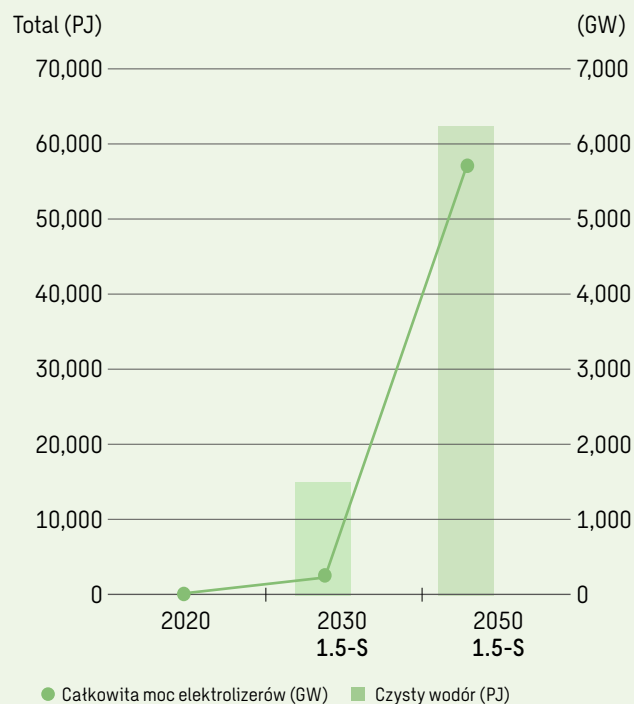
Istniejące plany importu wodoru do Niemiec obejmują import z Kanady, krajów sąsiednich, takich jak Norwegia i Dania, czy nawet rurociągiem z Afryki Północnej, biegnącym przez Włochy i Austrię. W tym celu kraj inwestuje 20 miliardów euro w porty wodorowe, zbiorniki i renowację starych i budowę nowych rurociągów, których łączna długość wyniesie blisko 10 000 kilometrów i będą one przebiegać przez wszystkie 16 landów.

Głównym problemem związanym z importem zielonego wodoru jest strata energii na każdym etapie konwersji. Szacuje się, że w procesie produkcji wodoru traci się aż 45-60 procent energii



elektrycznej. Cały proces przekształcenia energii elektrycznej w wodór, jego magazynowanie i transport, a następnie przekształcenie z powrotem w energię elektryczną w ogniwie paliwowym, bywa wysoce nieefektywny. W niektórych przypadkach ilość energii uzyskanej z wodoru spada poniżej 30% energii elektrycznej użytej do jego produkcji.²⁷

Globalna podaż czystego wodoru w roku 2020, 2030 i 2050 w scenariuszu 1,5°C



Legenda: 1.5-S = scenariusz 1.5°C; GW = gigawat; PJ = petadžoul.

Źródło: Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej (2023) - "World Energy Transitions Outlook 2023 VOLUME 1". Opublikowano na stronie irena.org. Ścieżka dostępu: "<https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023#page-2>" [Zasoby online]



Efektywność energetyczna – wciąż jest wiele do zrobienia

Podczas zeszłorocznej konferencji COP28 ponad 120 krajów zobowiązało się do podwojenia średniej rocznej efektywności energetycznej w skali globalnej. Wg IAE jest to niezbędne do osiągnięcia zerowych emisji netto sektora energetycznego do 2050 r. i pozwoli ograniczyć globalne ocieplenie do zapisanego w porozumieniu paryskim poziomu 1,5°C. Wskaźnik poprawy energochłonności, będący podstawowym miernikiem efektywności energetycznej, musi zatem wzrosnąć z poziomu 2% w 2022 r. do ponad 4% (średniorocznie do 2030 r.). Niestety w ubiegłym roku energochłonność w skali globalnej poprawiła się jedynie o 1,3%.²⁸

Z drugiej strony, w następstwie rosyjskiej inwazji na Ukrainę i związanego z nią kryzysu energetycznego, w wielu częściach świata obserwuje się impuls polityczny w stronę poprawy efektywności energetycznej. Według IAE, od 2020 r. inwestycje w efektywność energetyczną wzrosły o 45%.

Według branżowego forum Energy Efficiency Movement, największy potencjał obniżenia emisji CO₂ przez poprawę efektywności energetycznej drzemie w działaniach systemowych, takich jak Internet rzeczy (ang. *Internet of Things*), inteligentne zarządzanie budynkami i wykorzystanie ciepła przemysłowego.²⁹ Jeśli chodzi o zmniejszanie energochłonności przemysłu lekkiego, eksperci forum największy potencjał dostrzegają w wykorzystywanych tam silnikach przemysłowych.

100%

efektywności energetycznej do 2030 r. umożliwi osiągnięcie zerowych emisji netto sektora energetycznego do 2050 r., co jest kluczowe dla ograniczenia globalnego ocieplenia do poziomu 1,5°C, zgodnie z zapisami porozumienia paryskiego.



Sieci elektroenergetyczne - punkt krytyczny dla zielonej transformacji

Ekspansja odnawialnych źródeł energii wymaga rozbudowy sieci przesyłowych i dystrybucyjnych. Cyfryzacja inteligentnych sieci i rozbudowa wzajemnych połączeń może być odpowiedzią na nieciągłą pracę odnawialnych źródeł energii i poprawić stabilność sieci.

W wielu miejscach coraz wyraźniej widać oznaki przeciążenia sieci i ograniczenia systemu, utrudniające przyłączenie nowych instalacji OZE. Choć w ciągu ostatniej dekady inwestycje w odnawialne źródła energii wzrosły niemal dwukrotnie, to inwestycje w sieci elektroenergetyczne pozostają na niezmiennym poziomie. IAE szacuje, że w ciągu najbliższych dwudziestu lat należy wybudować lub wymienić 80 mln km sieci. Dokładnie tyle wynosi łączna długość wszystkich sieci elektroenergetycznych na świecie. Oznacza to, że do 2030 r. inwestycje w sieci muszą ulec podwojeniu.³⁰

Rozbudowa sieci elektroenergetycznej to proces złożony, wieloletni i wymagający współpracy wielu interesariuszy. Jego realizacja przebiega znacznie wolniej niż proces budowy nowych instalacji OZE, w związku z czym niezbędne jest podejmowanie szeregu decyzji z dużym wyprzedzeniem.

Budowa typowej linii przesyłowej wysokiego napięcia lub linii dystrybucyjnej może zająć ponad dekadę, co wynika z m. in. z konieczności przeprowadzenia konsultacji społecznych, ochrony praw obywateli, czy ochrony praw własności. Budowa infrastruktury o długim czasie realizacji wiąże się ze sporym ryzykiem, co z kolei wpływa na jej uwarunkowania ekonomiczne. W wietrzny, letni dzień w Niemczech nawet 70% energii pochodzi z wiatru i słońca, a z kolei w bezwietrzny zimowy dzień odsetek ten spada prawie do zera. W tym pierwszym

przypadku instalacje OZE mogą produkować więcej energii niż pozwala sieć elektroenergetyczna. Aby uniknąć przeciążenia systemu, jego operator musi przymusowo wyłączać lub ograniczać produkcję energii odnawialnej. Rozwiązanie problemu wymaga daleko idącej modernizacji sieci, w wyniku której stanie się ona nie tylko większa, ale także lepiej połączona, inteligentniejsza i bardziej elastyczna. Inwestycje w dystrybucję i przesył muszą drastycznie wzrosnąć. Przez ostatnie 10 lat światowe inwestycje w sieci elektroenergetyczne utrzymywały się na stałym poziomie około 300 mld USD rocznie. W scenariuszu 1,5°C, do roku 2030 będą one musiały wzrosnąć do około 700 mld USD rocznie.

W Szwecji oczekuje się gwałtownego wzrostu zużycia energii elektrycznej, głównie ze strony dużych odbiorców na północy, co



W ciągu ostatnich 10 lat globalne inwestycje w sieci elektroenergetyczne wyniosły

300 mld USD

W scenariuszu 1,5°C, muszą one wzrosnąć do około 700 mld USD rocznie do 2030 r.

80 mln km

to łączna długość sieci, którą wg szacunków IAE należy wybudować lub wymienić w ciągu najbliższych dwudziestu lat. Oznacza to, że do 2030 r. inwestycje w sieć elektroenergetyczną muszą ulec podwojeniu.

oznacza duże zmiany w krajobrazie energetycznym kraju. Bardziej szczegółowo mówi o tym raport pt. "Ile kosztuje przyszłość?", opracowany przez Sweco na zlecenie firmy Ellevio.³¹ W raporcie opisano, jak wyglądać będzie zużycie energii elektrycznej w 2045 r., a także związane z tym inwestycje i nakłady na sieć elektroenergetyczną. Zdaniem autorów raportu sytuacja w Szwecji niemalże dosłownie stanie na głowie – jest to nawiązanie do faktu, że obecnie zużycie energii elektrycznej jest wyższe na południu kraju, natomiast jej produkcja odbywa się na północy. Pojawienie się nowych, dużych odbiorców prądu, zwłaszcza w północnej Szwecji, zmieni ten krajobraz. Szacowana do 2045 r. wartość inwestycji w sieć elektroenergetyczną to 668 mld SEK, a lwią część z nich, a także inwestycje w rozbudowę związanej z siecią infrastruktury, trzeba

będzie zrealizować w ciągu najbliższych 10-12 lat.

Ustabilizowanie sytuacji podaży-popytu w systemie energetycznym będzie w przyszłości wymagało wielkoskalowego magazynowania energii. Można to zrobić na kilka sposobów, a w zależności od wybranych rozwiązań może to oznaczać zwiększone zapotrzebowanie na przepustowość sieci. Przykładowo, jeśli cel ten będzie osiągnięty poprzez zwiększenie elastyczności popytu wśród odbiorców przemysłowych, którzy będą wykorzystywać wodór wytwarzany w procesie elektrolizy, to niezbędny będzie wzrost wykorzystania elektrolizerów. To z kolei oznacza większe zapotrzebowanie na inwestycje sieciowe.

Choć w ciągu ostatniej dekady inwestycje w odnawialne źródła energii wzrosły niemal dwukrotnie, to inwestycje w sieci elektroenergetyczne pozostają na niezmiennym poziomie. IAE szacuje, że w ciągu najbliższych dwudziestu lat należy wybudować lub wymienić 80 mln km sieci. Dokładnie tyle wynosi łączna długość wszystkich sieci elektroenergetycznych na świecie. Oznacza to, że do 2030 r. inwestycje w sieci muszą ulec podwojeniu.



Projekt: Rhein-Main-Link. Zdjęcie: Amprion



Analiza dostępności zielonej energii w duńskich portach

Na zlecenie Duńskiego Urzędu Transportu firma Sweco przeanalizowała dostępność energii elektrycznej i ekopaliw w 39 portach handlowych. Opracowanie to jest częścią realizowanej przez Ministerstwo Transportu inicjatywy mapowania portów. Multidyscyplinarny zespół ekspertów Sweco analizuje infrastrukturę energetyczną w portach pod kątem potrzebnych inwestycji w zieloną energię

Inwestycje w sieć przesyłową w Norwegii

Aby ułatwić osiągnięcie norweskich celów klimatycznych, koncern Statnett chce znacząco zwiększyć inwestycje w tamtejszą sieć przesyłową. Ponadto, inwestycje te mają przynieść wartość dodaną odbiorcom i społeczeństwu. Sweco ma możliwość kontynuowania współpracy z Statnett, której celem jest zwiększenie niezawodności dostaw energii elektrycznej w Norwegii i wspieranie zrównoważonego rozwoju kraju.

Projekt Rhein-Main-Link w Niemczech

Koncern Amprion powierzył firmie Sweco zarządzanie projektem Rhein-Main-Link na etapie planistycznym. Projekt ten ma zasadnicze znaczenie w kontekście osiągnięcia przez Niemcy neutralności klimatycznej, co zgodnie z planem ma nastąpić do 2045 r. Inwestycja ta to 600-kilometrowe połączenie, które umożliwi przesyłanie energii produkowanej z wiatru na Morzu Północnym do Hesji. Pozwoli to zaspokoić rosnące potrzeby energetyczne regionu. Uruchomienie łączy planowane jest na 2033 r.

Czytaj więcej na www.swecogroup.com

Nowe ryzyka wynikające z zielonej transformacji przemysłu

Każda działalność zawsze wiąże się z pewnym ryzykiem, jak decyzje o finansowaniu lub rozwoju technologii, która może nie przynieść oczekiwanych efektów. Czasem jednak, mimo intencji poszukiwania rozwiązań, powstają kolejne problemy. Może się to zdarzyć również w trakcie dążenia do zazielenienia przemysłu, jeżeli kwestia odporności nie będzie brana pod uwagę. Na liście poniżej przedstawiono kilka nowych ryzyk i wyzwań, które mogą się pojawić w następstwie zielonej transformacji przemysłu.

- 1 Energia elektryczna: niedobory, przerwy w dostawach, wzrost cen.
- 2 Niedobór wykwalifikowanej siły roboczej niezbędnej do transformacji.
- 3 Niedobór surowców niezbędnych do transformacji.
- 4 Wykluczenie społeczne regionów i pracowników z branż uzależnionych od paliw kopalnych.
- 5 Negatywne skutki nieodpowiedzialnego pozyskania surowców niezbędnych do zielonej transformacji: zanieczyszczenie środowiska, utrata bioróżnorodności, emisja dwutlenku węgla spowodowana niszczeniem szaty roślinnej i gleby.
- 6 Wpływ na rdzennych mieszkańców terenów zajmowanych pod OZE i nowe kopalnie.
- 7 Wpływa przemysłu na wykorzystanie gruntów, wody, surowców itp. Ryzyko negatywnego wpływu na środowisko naturalne, w tym na środowisko i ekosystemy morskie.
- 8 Wzrost liczby cyberataków na przedsiębiorstwa energetyczne na całym świecie – obecnie ponad dwukrotny.
- 9 Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (CCS) odgrywa kluczową rolę w dążeniu do złagodzenia zmian klimatu, ale samo w sobie nie jest rozwiązaniem problemu. Technologia ta może uzupełniać, a nie zastępować przejście na energię odnawialną. Ponadto należy podjąć działania minimalizujące długoterminowe ryzyko związane ze składowaniem dwutlenku węgla w utworach geologicznych.
- 10 Dobre intencje towarzyszące zielonej transformacji w Europie mogą mieć niezamierzone konsekwencje dla zrównoważonego rozwoju i sprawiedliwości w krajach o niskich i średnich dochodach. Szybko rosnący popyt na określone towary często wpływa negatywnie na kwestie społeczno-środowiskowe i pogłębia nierówności.



Nowe modele biznesowe i formy współpracy

Ważnym, a czasem kluczowym aspektem przyspieszenia zielonej transformacji jest wielostronna współpraca między dostawcami i klientami, między różnymi branżami oraz w ramach szeroko rozumianego ekosystemu interesariuszy przemysłowych.

W Szwecji realizacja dużych zielonych projektów przemysłowych, takich jak te realizowane przez producenta baterii Northvolt oraz przedsiębiorstwa stalowe SSAB/Hybrit, była możliwa między innymi dzięki wsparciu ze strony klientów. Złożone przez nich zamówienia pomogły sfinansować niezwykle kosztowne przedsięwzięcia. Utworzony w 2015 r. Northvolt miał na koniec 2023 r. portfel zamówień o wartości 600 mld SEK. Pochodziły one od takich klientów jak BMW, Scania, Volkswagen i Volvo Cars.

„Dla inwestorów angażujących się w technologie wysokiego ryzyka bardzo ważne są tak zwane umowy odbioru, na mocy których klient zobowiązuje się do zakupu produktów po ich wyprodukowaniu. Mając w rękę takie umowy, można udać się do banku i uzyskać pożyczkę” - mówi Aaron Maltais badacz z SEI.

Aby skutecznie przeciwdziałać zmianom klimatycznym, trzeba myśleć całościowo, biorąc pod uwagę zarówno wyzwania globalne, jak i uwarunkowania lokalne. Istniejące branże muszą się dostosować, aby umożliwić powstawanie nowych przedsiębiorstw. Wyzwanie jest ogromne, a czas ucieka. Wymaga to aktywnego zaangażowania ze strony wszystkich sektorów o wysokim i trudnym do ograniczenia poziomie emisji.

Martina Söderström, Kierownik Działu Środowiska i Planowania w szwedzkim oddziale Sweco

Dobrym przykładem znaczenia współpracy w obliczu poważnych zmian i wyzwań społecznych jest szwedzka firma Hybrit, inwestująca w zieloną stal. Firma umiejętnie współpracuje z innymi firmami, klientami oraz sektorem publicznym. Hybrit jest spółką joint venture utworzoną przez koncern stalowy SSAB, przedsiębiorstwo górnicze LKAB oraz grupę energetyczną Vattenfall. Dla SSAB, kluczowymi czynnikami warunkującymi przejście na stal wolną od paliw kopalnych jest ruda o wysokiej zawartości żelaza (dostarcza ją LKAB) oraz dostęp do zielonej energii elektrycznej niezbędnej do produkcji wodoru (tu dostawcą jest Vattenfall).

Podobnie było wówczas, gdy współpraca Ericssona i Televerket stworzyła rozwiązania, które dały Szwecji telefonię i wiodącego na świecie producenta telefonów komórkowych, czy też gdy Asea wraz z Vattenfall zelektryfikowały cały kraj. Kolejny przykład to współpraca koncernu Saab z FMV i armią, dzięki której Szwecja ma dzisiaj jeden z najbardziej zaawansowanych myśliwców na świecie.

Modernizacja Værket ved Sønde

Aby zapewnić mieszkańcom Kopenhagi czystą i bardziej miękką wodę pitną, przedsiębiorstwo wodociągowe HOFOR przekształca wodociąg Værket w Søndersø w nowoczesny, w pełni zautomatyzowany system korzystający z najnowocześniejszych technologii. Sweco jest jednym z konsultantów w tym przedsięwzięciu i jest odpowiedzialne za zarządzanie budową nowej stacji zmiękczenia wody i zapewnienie wykonalności projektu wodociągu. Celem nowego systemu Værket w Søndersø jest stworzenie zrównoważonego rozwiązania zapewniającego bezpieczną wodę pitną i jak najmniejszy wpływ na środowisko.



Cyrkularne procesy przemysłowe

Gospodarka cyrkularna jest kluczem do zaspokojenia światowych potrzeb materialnych bez przekraczania dostępnego budżetu na emisję dwutlenku węgla. Gospodarka o bardziej zamkniętym obiegu może do 2050 r. zmniejszyć emisję CO₂ pochodzącą z przemysłu ciężkiego o 56%.³²

Znaczna część surowców, których gospodarka UE będzie potrzebować do tego czasu, została już wyprodukowana: 75% stali, 50% aluminium i 56% tworzyw sztucznych. Recykulacja surowców zmniejsza emisję CO₂ i wymaga znacznie mniej energii niż produkcja nowych.

W Europie i w innych gospodarkach rozwiniętych, które zgromadziły już sporo surowców, obieg zamknięty jest niezwykle ważny. Im więcej odzyskamy materiału i zawartej w nim energii, tym mniejszy będzie wpływ przemysłu ciężkiego na środowisko” - zauważa Björn Nykvist badacz z SEI.

„Nawet jeśli problem rozwiążemy w Europie i w USA, to zostaje nam jeszcze reszta świata. Obecnie 70% całej produkcji stali odbywa się w Chinach. Musimy więc spojrzeć szerzej na globalne cele klimatyczne i czas niezbędny do ich osiągnięcia. Pozwoli to nam zrozumieć, że priorytetem jest opracowanie nowych technologii produkcji stali”.

Recykling stali już teraz osiąga znaczące poziomy, które będą rosnać wraz ze wzrostem globalnej podaży złomu.³³ Taką samą skalę i stopień zamknięcia obiegu musimy osiągnąć także dla pozostałych surowców.

„Obecnie recyklingowi poddaje się 80-85% stali. Dzięki zastosowaniu elektrycznych pieców łukowych, żel stalowy można z powodzeniem wykorzystywać w procesach produkcyjnych. W sektorze tworzyw sztucznych recykling jest bardzo trudny ze względu na ich zróżnicowanie i rozproszenie. Tym niemniej, nie wolno nam z niego zrezygnować. Potrzebne są dalsze inwestycje i nowe przepisy” - dodaje Björn Nykvist.

Ogromne znaczenie ma uwzględnienie zasad obiegu zamkniętego już na etapie projektowania produktów, zarówno przemysłowych, jak i konsumenckich. Wymaga to wzięcia pod uwagę wpływu produktu nie tylko na etapie jego pierwszego użycia, ale także przy założeniu, że zostanie on odsprzedany, zregenerowany lub naprawiony w celu przedłużenia jego żywotności. Projektowanie z myślą o obiegu zamkniętym wymaga przestrzegania określonych zasad i wiedzy z zakresu stosowania materiałów.

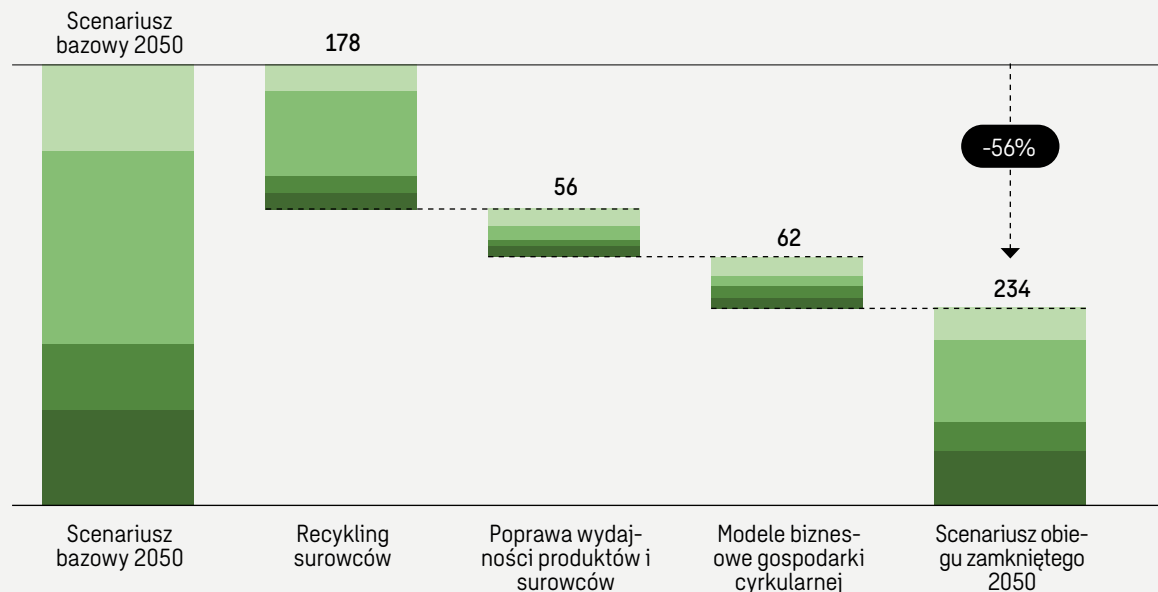
„Obieg zamknięty daje większe możliwości biznesowe i większą niezależność. Nie możemy bez końca pozyskiwać surowców

z innych krajów. Przemysł musi wykazać się znacznie większą rozważą” – uważa Erik Skogström, Dyrektor Działu Przemysłu i Energii w fińskim oddziale Sweco. Powołuje się przy tym na fińską koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym, opracowaną przez firmy Honkajoki Oy i GMM Finland Oy. Ta agroekologiczna koncepcja polega na wykorzystaniu składników odżywczych z produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego w rozmaitych produktach, takich jak karmy i pasze dla zwierząt czy biopaliwa. Dodatkowo, koncepcja zakłada współpracę z innymi partnerami, np. z miejscowym plantatorem pomidorów, który wykorzystuje ciepło powstające w procesie technologicznym.

Możliwa redukcja emisji w UE do roku 2050 dzięki rozwojowi gospodarki o obiegu zamkniętym

Megaton CO₂ rocznie

■ Stal ■ Tworzywa sztuczne ■ Aluminium ■ Cement



Źródło: Material Economics, "The Circular Economy - a Powerful Force for Climate Mitigation". Opublikowane na stronie materialeconomics.com. Ścieżka dostępu: <https://materialeconomics.com/publications/publication/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation> [zasoby online]

Symbioza przemysłowa

Czym jest symbioza przemysłowa? Oznacza ona wykorzystanie odpadów powstających w innym sektorze. Jest to jeden z elementów gospodarki o obiegu zamkniętym. W przemyśle jest to sposób na domykanie obiegu poprzez wymianę informacji i produktów ubocznych lub odpadowych w celu uzyskania synergii ekonomicznej i środowiskowej w ramach sieci podmiotów przemysłowych.

Jednym z najwcześniejszych przykładów symbiozy przemysłowej na dużą skalę w Europie jest park przemysłowy Kalundborg w Danii.³⁴ Skupia on coraz większą liczbę partnerów, którzy obecnie wymieniają

się 20 zasobami, od biomasy, poprzez gips, aż po parę wodną.

Dzięki cyrkulacji zasobów, każdego roku park Kalundborg oszczędza 635 000 ton emisji dwutlenku węgla. Tyle samo emisji wygenerowałby samochód okrążając świat 63 000 razy. Roczna oszczędność wody pitnej to 3,5 miliona metrów sześciennych, a roczne korzyści biznesowe wynikające z symbiozy szacuje się na 28 milionów dolarów. Z kolei szacowane korzyści społeczno-ekonomiczne w gminie Kalundborg to 15,6 miliona dolarów.

Firmy wchodzące w skład tego ekosystemu są bardzo zróżnicowane: od giganta farmaceutycznego Novo Nordisk, przez koncerny energetyczne, biogazownie, przedsiębiorstwo zajmujące się odpadami komunalnymi, aż po Gyproc, producenta lekkich materiałów budowlanych. Za infrastrukturę i uzdatnianie wody w głównej mierze odpowiada spółka wodno-kanalizacyjna Kalundborg Utility.

Zwiększona efektywność wykorzystania zasobów to jeden z warunków udanej transformacji przemysłowej w kierunku neutralności emisyjnej.



Nowe oblicze terenów przemysłowych

W kontekście zielonej transformacji pojęcie odporności wykracza poza samą adaptację do zmian klimatu. Odporność wymaga holistycznego podejścia do wielu różnych wyzwań i zagrożeń. Polega na równoważeniu postępu i ochrony oraz dwutorowym wsparciu zarówno starszych gałęzi przemysłu, jak i sektorów wschodzących. Zmienia się profil hubów przemysłowych, takich jak porty, centralne sieci transportowe i strefy produkcyjne – zaczynają one oferować swoim klientom możliwości ponownego wykorzystania materiałów i energii oraz dzielenia się zasobami.

Multidyscyplinarne, zintegrowane podejście

Branże chcące ograniczyć swój wpływ na środowisko muszą brać pod uwagę nie tylko własne procesy technologiczne, ale także procesy zachodzące w całym systemie, w obrębie którego funkcjonują. Wymaga to holistycznych działań, opartych na współpracy wielu interesariuszy, takich jak przedsiębiorstwa, organy administracji i społeczności lokalne. Umiejętność współpracy na różnych płaszczyznach transformacji przemysłowej ma fundamentalne

znaczenie w kontekście zwiększenia efektywności środowiskowej oraz minimalizowania przyszłych zagrożeń. Ponadto zintegrowane podejście do rozwoju przemysłowego może podnieść odporność innych obszarów gospodarczych, środowiskowych i społecznych.

Redukcja emisji gazów cieplarnianych leży u podstaw zielonej transformacji, ale podobnie jak w przypadku serca, nie będzie działać bez reszty ciała. Transformacja musi obejmować wspieranie bioróżnorodności i wzmacnianie pozycji lokalnych społeczności. W przeciwnym razie transformacja, o ile w ogóle dojdzie do skutku, nie będzie ani zielona, ani sprawiedliwa. Przechodzące zieloną transformację branże muszą zatem zrozumieć, że to one tworzą nowe społeczeństwo. Zasada jest ta sama, co w przypadku firm deweloperskich, które niegdyś zrozumiwały, że nie tylko wznoszą budynki, ale także rozwijają miasta. Taką samą zmianę myślenia obserwujemy obecnie w sektorach przemysłowych.

Andreas Gyllenhammar, Dyrektor ds. Zrównoważonego rozwoju, Sweco



Strefy przemysłowe jako zrównoważone i produktywne ekosystemy - podejście systemowe

Strefy produkcyjne mają kluczowe znaczenie dla codziennego funkcjonowania miast i ich gospodarek. Współczesną produkcją przemysłową coraz łatwiej jest pogodzić z potrzebami miast i środowiska naturalnego. Jest to możliwe dzięki nowym formom produkcji dostosowanym do lokalnych uwarunkowań - zwiększonej elektryfikacji, automatyzacji i cyfryzacji, zmniejszeniu emisji zanieczyszczeń i nowoczesnej logistyce multimodalnej.

Wspieranie pozytywnej transformacji terenów przemysłowych w zrównoważone, produktywne ekosystemy wymaga zintegrowanego podejścia do różnych obszarów funkcjonowania miasta. Powinno ono uwzględniać następujące cele:

Modele zarządzania transformacją i współtwórczego dialogu

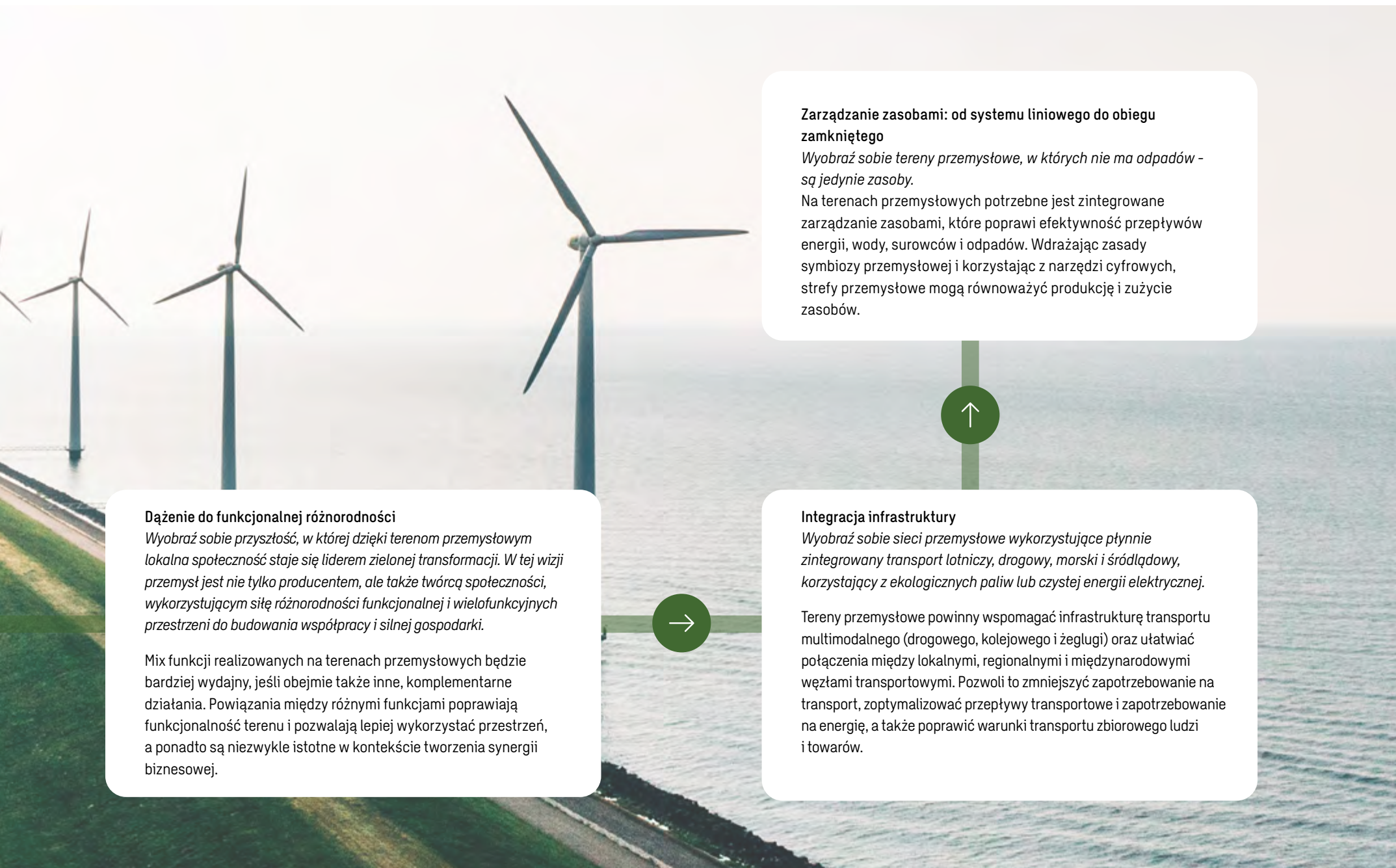
Wyobraź sobie przyszłość, w której tereny przemysłowe stają się tętniącą życiem przestrzenią, napędzającą wzrost gospodarczy miasta poprzez współtwórczy dialog i inkluzywne zarządzanie transformacją.

Tereny przemysłowe powinny być funkcjonalnie i przestrzennie powiązane z lokalnymi społecznościami, dając im korzyści gospodarcze wynikające z zaangażowania lokalnych przedsiębiorstw i mieszkańców. Potrzebne jest odpowiednie zarządzanie transformacją, umożliwiające znalezienie wspólnej płaszczyzny porozumienia pomiędzy interesariuszami i opracowanie planu ułatwiającego efektywne prowadzenie transformacji.

Ekologia regeneracyjna

Wyobraź sobie przyszłość, w której tereny przemysłowe rozwijają się dzięki ekologii regeneracyjnej, nie tylko naprawiając wcześniejsze zniszczenia, ale także zwiększając odporność, wzbogacając bioróżnorodność, przywracając miejsce dla dzikiej przyrody i regenerując ekosystemy.

Tereny przemysłowe powinny być w maksymalny sposób zintegrowane z ponadlokalnymi sieciami ekologicznymi, takimi jak sieci niebieskie i zielone. W podejściu do systemów przyrodniczych należy kierować się rozwiązaniami opartymi na naturze i zasadami obiegu zamkniętego.



Dążenie do funkcjonalnej różnorodności

Wyobraź sobie przyszłość, w której dzięki terenom przemysłowym lokalna społeczność staje się liderem zielonej transformacji. W tej wizji przemysł jest nie tylko producentem, ale także twórcą społeczności, wykorzystującym siłę różnorodności funkcjonalnej i wielofunkcyjnych przestrzeni do budowania współpracy i silnej gospodarki.

Mix funkcji realizowanych na terenach przemysłowych będzie bardziej wydajny, jeśli obejmie także inne, komplementarne działania. Powiązania między różnymi funkcjami poprawiają funkcjonalność terenu i pozwalają lepiej wykorzystać przestrzeń, a ponadto są niezwykle istotne w kontekście tworzenia synergii biznesowej.

Zarządzanie zasobami: od systemu liniowego do obiegu zamkniętego

Wyobraź sobie tereny przemysłowe, w których nie ma odpadów - są jedynie zasoby.

Na terenach przemysłowych potrzebne jest zintegrowane zarządzanie zasobami, które poprawi efektywność przepływów energii, wody, surowców i odpadów. Wdrażając zasady symbiozy przemysłowej i korzystając z narzędzi cyfrowych, strefy przemysłowe mogą równoważyć produkcję i zużycie zasobów.

Integracja infrastruktury

Wyobraź sobie sieci przemysłowe wykorzystujące płynnie zintegrowany transport lotniczy, drogowy, morski i śródlądowy, korzystający z ekologicznych paliw lub czystej energii elektrycznej.

Tereny przemysłowe powinny wspomagać infrastrukturę transportu multimodalnego (drogowego, kolejowego i żeglugi) oraz ułatwiać połączenia między lokalnymi, regionalnymi i międzynarodowymi węzłami transportowymi. Pozwoli to zmniejszyć zapotrzebowanie na transport, zoptymalizować przepływy transportowe i zapotrzebowanie na energię, a także poprawić warunki transportu zbiorowego ludzi i towarów.

Wnioski, najważniejsze spostrzeżenia i zalecenia



Niniejszy raport podkreśla potrzebę zazielenienia i zwiększenia odporności przemysłu, zwracając uwagę na wyzwania i szanse, jak również potencjalne ryzyka i niezamierzone konsekwencje związane z transformacją, z którymi trzeba się zmierzyć, aby zapewnić skuteczną i sprawiedliwą zmianę.

Zagrożenia i wyzwania

Do nowopowstałych potencjalnych ryzyk, które muszą zostać zaadresowane w ramach zielonej transformacji, należą różnego rodzaju niedobory, np.: energii elektrycznej, wykwalifikowanej siły roboczej i surowców niezbędnych do transformacji. Niedoborom tym towarzyszy rosnące zapotrzebowanie na nowe rodzaje energii i nowe surowce, a także nowe technologie, które mogą negatywnie wpływać na klimat, środowisko i bioróżnorodność oraz na ludzi i społeczeństwa. Stworzenie przyszłości wolnej od paliw kopalnych i zbudowanie odpornego sektora przemysłowego wymaga starannego podejścia do wszystkich ryzyk i wyzwań.

Nie ulega jednak wątpliwości, że ze względu na zagrożenia klimatyczne transformacja przemysłu jest niezbędna i coraz pilniejsza. Procesy przemysłowe odpowiadają za około 5% globalnych emisji i jedną trzecią emisji CO₂ z globalnego zużycia energii. Łącznie daje to od 25% do 30% całkowitej emisji CO₂ na świecie. Pośrednio przemysł wpływa też na emisje CO₂ z transportu i rolnictwa.

Zwiększone zapotrzebowanie rynku, kapitał i postęp techniczny

Zielona transformacja przemysłowa bez wątplenia jest już w toku, ściśle powiązana z dekarbonizacją i transformacją sektora energetycznego. Zmiany wymuszają także przepisy i zwiększone zapotrzebowanie ze strony rynku – zwłaszcza w sektorze stalowym, gdzie na zielony surowiec mocno naciskają producenci aut. Sprzyjającym czynnikiem, który przyspiesza zmianę, jest też napływ kapitału i postęp technologiczny.

Innowacji i nowych technologii umożliwiających odejście od paliw kopalnych jest naprawdę sporo. Najważniejsze z nich to elektryfikacja, OZE, technologie bateryjne, energia wodorowa, wychwytywanie i magazynowanie dwutlenku węgla, systemy magazynowania energii, procesy power-to-x, paliwa syntetyczne, gospodarka o obiegu zamkniętym, inteligentna produkcja wykorzystująca czujniki, wzajemnie połączone urządzenia i sztuczna inteligencja.

Liderzy transformacji

Globalne dążenie do zerowych emisji netto jest szczególnie dużym wyzwaniem dla tych firm, które muszą zmienić technologię produkcji. Być może właśnie dlatego niektóre z nich stają się dziś liderami zielonej transformacji, na przykład w przemyśle stalowym, cementowym i transportowym. Ze względu na złożoność transformacji przemysłowej, warunkiem jej powodzenia jest świadome przywództwo, charakteryzujące się zintegrowanym, systemowym i multidyscyplinarnym podejściem do tematu. Podejście takie nie tylko podniesie efektywność środowiskową i pomoże lepiej zapobiegać ryzyku, ale także sprawi, że branża jako taka stanie się bardziej odporna.

Niniejszy raport podkreśla złożony charakter zielonej transformacji. Wyjaśnia, dlaczego przemysł musi stać się bardziej ekologiczny i odporny. Wskazuje związane z nią wyzwania, szanse i potencjalne ryzyka. W kontekście zielonej transformacji pojęcie odporności wykracza poza samą adaptację do zmian klimatu. Odporność wymaga holistycznego podejścia do wielu różnych wyzwań i zagrożeń – polega na równoważeniu postępu, ochrony i dwutorowym wsparciu zarówno starszych gałęzi przemysłu, jak i sektorów wschodzących.

Postęp technologiczny sprawia, że produkcję przemysłową coraz łatwiej jest zgrać z funkcjonowaniem miast. Współczesna produkcja jest dostosowana do indywidualnych potrzeb, w większym stopniu zelektryfikowana, zautomatyzowana i cyfrowa. Obecnie zarządzanie transformacją w coraz większym stopniu polega na angażowaniu lokalnych społeczności i tworzeniu wspólnej wizji przyszłości dla terenów przemysłowych.

Jak wielokrotnie wskazaliśmy w niniejszym raporcie, przywództwo w procesie zielonej transformacji nie jest jedynie koncepcją teoretyczną, ale również jej siłą napędową.

Razem możemy sprawić, że zielona transformacja przestanie być jedynie wizją, a stanie się rzeczywistością. Niech niniejszy raport będzie nie tylko zbiorem spostrzeżeń, ale także impulsem do działania. Przywództwo w procesie transformacji to klucz otwierający drzwi do zrównoważonej przyszłości. Wykorzystajmy ten klucz mądrze i pilnie.



Kluczowe wnioski i działania

1 Pojawiają się przepisy i napływa kapitał – ale czy to wystarczy?

Sektor przemysłowy jest w samym centrum zielonej transformacji. Odpowiada za około 5% globalnych emisji i jedną trzecią emisji CO₂ z globalnego zużycia energii. Łącznie daje to od 25% do 30% całkowitej emisji CO₂ na świecie.

RKrajobraz przemysłowy kształtują obecnie regulacje, siły rynkowe i zwiększone inwestycje. Przyjętą w sierpniu 2022 r. ustawę o redukcji inflacji uznano za najbardziej znaczący głos Kongresu w sprawie czystej energii i zmian klimatu. Z kolei najnowszy dodatek

do Europejskiego Zielonego Ładu, czyli akt o przemyśle neutralnym emisyjnie (Net-Zero Industry Act, NZIA), ma na celu wspieranie rozwoju czystych technologii. UE chce w ten sposób przygotować się do przejścia na czystą energię.

Choć w zieloną transformację zainwestowano już miliardy euro, obecne nakłady są nadal zbyt niskie w porównaniu z kwotami potrzebnymi do osiągnięcia neutralności emisyjnej. Sektor przemysłowy musi przyspieszyć wysiłki i wypełnić tę lukę. Rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym mógłby ograniczyć emisję CO₂ z

przemysłu ciężkiego o 56% do 2050 r.

2 Przemysł stalowy na czele, przemysł cementowy tuż za nim

Nowe, innowacyjne metody produkcji i spore inwestycje sprawiły, że branża stalowa znalazła się w czołówce zielonej transformacji przemysłu. Także w branży cementowej można zaobserwować spore przyspieszenie, choć w tym przypadku transformacja nadal w dużym stopniu polega na technologii wychwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS).

W niektórych branżach Europa jest światowym liderem. Na przykład 95% realizowanych na świecie petnoskalowych projektów związanych z zielonym cementem znajduje się w Europie, a w przypadku projektów związanych z produkcją zielonej stali odsetek ten wynosi 61%.

3 Kluczowa jest transformacja sektora energetycznego

Transformacja w przemyśle wymaga dekarbonizacji i transformacji sektora energetycznego. Obserwujemy tu szereg nowych rozwiązań i innowacji, takich jak elektryfikacja, systemy bateryjne, technologie wodorowe, wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla, technologie power-to-x i wiele innych.

IW niektórych obszarach procesy inwestycyjne przebiegają zbyt wolno, aby osiągnąć neutralność emisyjną do 2030 r. Przykładowo, podwojeniu musi ulec tempo inwestycji w sieci elektroenergetyczne. Kluczem do realizacji scenariusza 1,5°C jest potrojenie podaży energii odnawialnej i podwojenie efektywności energetycznej do 2030 r. Ogromne znaczenie ma energia ze źródeł odnawialnych (słoneczna, wiatrowa i wodna) oraz z elektrowni jądrowych. Szacuje się, że do 2026 r. te ostatnie produkować będą prawie połowę światowej energii elektrycznej, podczas gdy w 2023 r. ich udział wynosił nieco poniżej 40%.



4 Przyspieszenie zielonej transformacji: dynamiczna interakcja regulacji, siły rynkowe i innowacje w przemyśle

Siłą napędową zielonej transformacji są przepisy i zwiększone zapotrzebowanie ze strony rynku – zwłaszcza w sektorze stalowym, gdzie na zielony surowiec mocno naciskają producenci aut. Sprzyjającym czynnikiem jest też napływ kapitału i postęp technologiczny.

Aby skutecznie przeciwdziałać zmianom klimatycznym, trzeba myśleć całościowo, biorąc pod uwagę zarówno wyzwania globalne, jak i uwarunkowania lokalne. Z europejskiego punktu widzenia, aby przyspieszyć przejście na zrównoważoną i niskoemisyjną gospodarkę, poszczególne kraje muszą usprawnić procedury wydawania pozwoleń, co umożliwi szybki postęp i wdrażanie innowacyjnych, przyjaznych dla środowiska technologii.

5 Kluczowa rola odporności

Odporność w kontekście transformacji przemysłowej oznacza umiejętność przystosowania się do zmian i wyzwań oraz regeneracji po spowodowanych nimi trudnościach, bez większego uszczerbku dla podstawowej działalności. Koncepcja ta jest szczególnie istotna w obliczu zmian środowiskowych, gospodarczych, technologicznych i społecznych.

Odporne branże potrafią radzić sobie z niepewnością, spowolnieniem gospodarczym, zmianami technologicznymi i innymi wyzwaniami, nieustannie ewoluując, wprowadzając innowacje i napędzając gospodarkę.

W przemyśle odporność ma kilka wymiarów:

- **Umiejętność adaptacji:** zdolność do modyfikowania procesów produkcyjnych, modeli biznesowych i strategii w odpowiedzi na zmieniające się oczekiwania rynku, przepisy lub postęp technologiczny.

- **Wytrzymałość:** systemy i infrastrukturę należy projektować tak, aby były odporne na takie zdarzenia jak przerwanie łańcucha dostaw, cyberataki czy klęski żywiołowe.
- **Nadmiar:** posiadanie systemów zapasowych zapewniających ciągłość działania podczas zdarzeń nieprzewidzianych. Jest to szeroka koncepcja, obejmująca np. posiadanie alternatywnych dostawców, dodatkowych zapasów lub awaryjnych źródeł zasilania.
- **Efektywne gospodarowanie zasobami:** efektywne wykorzystanie zasobów zmniejszające zależność od rzadkich surowców. Dodatkową korzyścią jest tu odporność na wahania cen i braki dostępności zasobów.
- **Współpraca:** współpraca z innymi przedsiębiorstwami, sektorami i organizacjami; utworzona w ten sposób sieć wsparcia może w razie potrzeby zapewnić pomoc i niezbędne zasoby. Transformacja wymaga symbiozy przemysłowej i nowych modeli biznesowych.
- **Zrównoważony rozwój:** stworzenie ładu środowiskowego i społecznego zapewniającego długoterminową rentowność i zbieżność z ogólnoswiatowymi dążeniami, takimi jak Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ. Przejście na bardziej zrównoważone praktyki wymaga innowacyjnej strategii. Chodzi tu nie tylko o zmianę technologiczną, ale także o fundamentalną zmianę leżących u podstaw organizacji konstrukcji ekonomicznych, określających jej działalność przemysłową.

Podsumowując, odporność w transformacji przemysłowej polega na budowaniu systemów, które są nie tylko wytrzymałe na zakłócenia, ale także elastyczne i zdolne do ewolucji. Tylko takie systemy zachowają sprawność w obliczu wyzwań i szans jutra.

Zalecenia

- 1 Przemysł musi nie tylko osiągnąć zerowy poziom emisji netto, ale także stać się bardziej odporny.
- 2 Aby dobre intencje nie doprowadziły do niezamierzonych konsekwencji dla ludzi, środowiska i społeczeństw, konieczna jest wiedza umożliwiająca radzenie sobie ze złożonością problemu i godzeniem sprzecznych ze sobą celów.
- 3 Ważnym aspektem przyspieszenia zielonej transformacji są nowe, wielostronne modele współpracy między dostawcami i klientami, między różnymi branżami oraz w ramach szeroko rozumianego ekosystemu interesariuszy przemysłowych.
- 4 Konkurencja jest duża, więc zasadniczą rolę odgrywa przywództwo w transformacji. Kraje i firmy, które zwlekają z transformacją, mogą pozostać w tyle.
- 5 Mamy nadzieję, że przedstawione w tym raporcie przykłady wiodących branż, nowych technologii i innowacji okażą się inspiracją do działania. Dzięki temu zielona transformacja przestanie być jedynie wizją, a stanie się rzeczywistością.

Współpracujący eksperci

Andreas Gyllenhammar, Dyrektor ds. Zrównoważonego Rozwoju, Grupa Sweco
Martina Söderström, Kierownik Działu Środowiska i Planowania, Sweco, Szwecja
Tom Van Den Noortgaete, Kierownik Działu Energii i Środowiska, Sweco, Belgia
Erik Skogstrom, Dyrektor Działu Przemysłu i Energii, Sweco, Finlandia
Fredrik Axby, p.o. Kierownika Działu Energii i Przemysłu, Sweco, Szwecja
Gaëlla Delcour, Dyrektor Działu Przemysł, Sweco, Belgia
Björn Nykvist, badacz Sztokholmskiego Instytutu Środowiska (SEI)
Aaron Maltais, badacz Sztokholmskiego Instytutu Środowiska (SEI)
Peter Bryntesson, CEO Skandynawskiego Stowarzyszenia Dostawców Przemysłu Motoryzacyjnego
Kathleen Van de Werf, Kierownik ds. Rozwoju Biznesu, Sweco, Belgia
Diego Luna Quintanilla, Lider Ekspertów w Urban Insight, Sweco, Belgia

Specjalne podziękowania:

Kristina Jakobsen, Kierownik ds. Budowlanych, Sweco, Norwegia
Erkki Härö, Ekspert ds. Transformacji Energetycznej, Sweco, Finlandia
Marek Kolasiński, Kierownik Działu Rozwoju Technologii, Sweco, Polska
Monica Welander, Dyrektor ds. Komunikacji w obszarze zrównoważonego rozwoju, Grupa Sweco
René Salomon, Dyrektor Projektu, Sweco, Dania
Linn Arvidsson, Specjalistka ds. Pozwoleń i Przepisów Środowiskowych, Sweco, Szwecja
Ludmilla Wedel, Lider Projektu, Sweco, Niemcy
Sara Vander Beken, Dyrektor Obszaru Biznesowego, Sweco, Belgia
Anders Bostad, Dyrektor Obszaru Biznesowego, Sweco, Norwegia
Jill Bederoff, dziennikarka i pisarka
Per Olof Lindsten, dziennikarz i pisarz
Emma Sterner Oderstedt, Kierownik Projektu Urban Insight, Grupa Sweco



Bibliografia

- 1) Crippa, M., et al. (2023). GHG emissions of all world countries. Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg. Pobrane z: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0cde0e23-5057-11ee-9220-01aa75ed71a1/language-en>
- 2) Ritchie, H. (2020). Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?. Pobrane z: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- 3) Bregue, M. De Nul, L. Petridis, A. (2021). Industry 5.0 - Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Komisja Europejska. Pobrane z: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en
- 4) Breakthrough Energy. (2022). The Data, Sectoral Analysis. Pobrane z: <https://breakthroughenergy.org/our-approach/the-data/sectoral-analysis/>
- 5) Mission Possible Partnership. (2021). The Power of Partnership. Pobrane z: <https://missionpossiblepartnership.org/about/>
- 6) Komisja Europejska. (2023). Net-Zero Industry Act: Making the EU the home of clean technologies manufacturing and green jobs. Pobrane z: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_1665
- 7) Payne, J. (2023). EU needs over \$760 bln/yr to hit green transition targets – Commission. Pobrane z: <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/eu-needs-over-760-bln-yr-hit-green-transition-targets-commission-2023-07-06/>
- 8) Bloomberg NEF. (2023). Green Steel Demand is Rising Faster Than Production Can Ramp Up. Pobrane z: <https://about.bnef.com/blog/green-steel-demand-is-rising-faster-than-production-can-ramp-up/>
- 9) Global Energy Monitor. (2023). Global Steel Plant Tracker. Pobrane z: <https://globalenergymonitor.org/projects/global-steel-plant-tracker/>
- 10) The Institute for Energy Economics (IEEFA). (2023). MENA poised to become a leading green iron and steel hub. Pobrane z: <https://ieefa.org/articles/mena-poised-become-leading-green-iron-and-steel-hub>
- 11) International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). Geopolitics of the Energy Transition - Critical Materials. Pobrane z: <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transition-Critical-Materials>
- 12) Dikau, S. Miller, H. Nobletz, C. Svartzman, R. Kyriacou, G. (2023). What are 'critical minerals' and what is their significance for climate change action?. LSE (The London School of Economics and Political Science). Pobrane z: <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/what-are-critical-minerals-and-what-is-their-significance-for-climate-change-action/>
- 13) Fern. (2021). Critical minerals. Pobrane z: <https://www.fern.org/issues/critical-minerals/>
- 14) International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). Geopolitics of the Energy Transition - Critical Materials. Pobrane z: <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transition-Critical-Materials>
- 15) Morgado, A. Hugues, P. Vass, T. (2023). Cement – Tracking Cement. IEA, Paris. Pobrane z: <https://www.iea.org/energy-system/industry/cement>
- 16) IEA. (2023). Cement. IEA, Paris. Pobrane z: <https://www.iea.org/reports/cement-3>, Licence: CC BY 4.0
- 17) Stephens, J. C. (2014). Time to stop investing in carbon capture and storage and reduce government subsidies of fossil fuels. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 5(2), 169-173. Pobrane z: <https://www.problemshifting.directory/case/carbon-capture-and-storage-ccs/>
- 18) IEA. (2023). Energy Efficiency 2023. IEA, Paris. Retrieved from: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>, Licence: CC BY 4.0
- 19) IEA. (2024). Renewables 2023. IEA, Paris. Pobrane z: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>, Licence: CC BY 4.0
- 20) IEA. (2024). Electricity 2024. IEA, Paris. Pobrane z: <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>, Licence: CC BY 4.0
- 21) IEA. (2023). Cybersecurity – is the power system lagging behind?. IEA, Paris. Pobrane z: <https://www.iea.org/commentaries/cybersecurity-is-the-power-system-lagging-behind>, Licence: CC BY 4.0
- 22) Jaganmohan M. (2024). Pumped hydropower storage capacity in the European Union as of 2020, by facility status. Statista. Pobrane z: <https://www.statista.com/statistics/1336074/eu-pumped-hydro-storage-power-capacity-by-status/>
- 23) The International Hydropower Association (IHA) (2022). Region profile Europe. Pobrane z: <https://www.hydropower.org/region-profiles/europe>
- 24) Statista Research Department. (2024). Energy storage in Europe – statistics & facts. Statista. Pobrane z: <https://www.statista.com/topics/10030/energy-storage-in-europe/#topic0verview>
- 25) Statista Research Department. (2024). Forecast need for hydrogen storage in Europe in 2023 and 2050. Statista. Pobrane z: <https://www.statista.com/statistics/1336052/forecast-hydrogen-storage-demand-europe/>
- 26) BloombergNEF. (2022). Global Energy Storage Market to Grow 15-Fold by 2030. Pobrane z: <https://about.bnef.com/blog/global-energy-storage-market-to-grow-15-fold-by-2030/>
- 27) Umbach, F. (2020). Hydrogen: Decarbonization's silver bullet?. GIS-reports. Pobrane z: <https://www.gisreportsonline.com/r/eu-hydrogen-strategy/>
- 28) IEA. (2023). Energy Efficiency 2023. IEA, Paris. Pobrane z: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>, Licence: CC BY 4.0
- 29) The Energy Efficiency Movement. (2021). IEA Executive summary. Pobrane z: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023/executive-summary>
- 30) IEA. (2023). Electricity Grids and Secure Energy Transitions, IEA, Paris. Pobrane z: <https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions>, Licence: CC BY 4.0
- 31) Krönert, F. Bergerlind, J. (2022). Elnätet blir nyckeln när elanvändningen i Sverige vänds upp och ner. Sweco. Pobrane z: <https://www.sweco.se/aktuellt/nyheter/ny-rapport-fran-sweco-elanvandningen-i-sverige-vands-upp-och-ner/>
- 32) Material Economics. (2023). The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation. Pobrane z: <https://materialeconomics.com/publications/publication/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation>
- 33) NetZeroClimate. (2023). Heavy Industry. Pobrane z: https://netzeroclimate.org/sectors/heavy_industry/
- 34) Dalväg, E. Jansson, T. (2022). Symbios: om hur avfall blir resurser i den cirkulära ekonomin. Emma Dalväg & Tobias Jansson. ISBN: 9789152716236

Urban Insight

By Sweco

Urban Insight to utworzona przez Sweco międzynarodowa platforma wiedzy, w ramach której eksperci wypracowują i dzielą się spostrzeżeniami, faktami i rozwiązaniami dotyczącymi planowania i projektowania zrównoważonych miast i społeczeństw przyszłości.

Przez cały rok organizowane są w jej ramach globalne i lokalne inicjatywy, które mają inspirować i zachęcać do dyskusji o tym, jak planować miasta w sposób zrównoważony.

W tym raporcie skupiamy się na zielonej transformacji przemysłu. Pokazujemy w nim najważniejsze przykłady, projekty i trendy w przemyśle, które odgrywają kluczową rolę w dążeniu do emisyjnej neutralności i budowaniu odporności.

Więcej informacji można znaleźć na naszej stronie internetowej: swecogroup.com/urban-insight