POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA – KLUCZOWE TRENDY

● Łączne emisje CO_2 w 2023 roku sięgnęły 41,5 Gt CO_2. Do 37,4 Gt CO_2 produkowanych przy spalaniu kopalin trzeba jeszcze doliczyć emisję związaną z tzw. zmianami użytkowania gruntów, takimi jak wylesianie.

● Od początku wieku poziom stężenia CO_2 w powietrzu wzrósł z 369,5 do 419 ppm (parts per million). Aby utrzymać wzrost temperatury na Ziemi poniżej 1,5 st. C, konieczne jest utrzymanie stężenia dwutlenku węgla poniżej 465 ppm (przedindustrialny poziom wynosił 280 ppm).

● Trzema kluczowymi sposobami na ograniczenie emisji CO_2 są rozwój OZE, zwiększenie efektywności energetycznej i elektryfikacja wszystkiego, co się da – od transportu aż po gotowanie. Razem przyczynią się do spadku emisji o 70 proc.

● Rosną też oczekiwania wobec systemów wychwytywania CO_2 (CCS), które mocno promują dziś producenci ropy, m.in. kraje arabskie.

● Międzynarodowa Agencja Energii (IEA) szacuje, że do 2050 roku systemy wychwytywania węgla będą w stanie przejąć 6 Gt CO_2. To około 16 proc. obecnych emisji przemysłowych.

● Obok systemów CCS/CCUS działających m.in. w elektrowniach, hutach i cementowniach rośnie popularność urządzeń do bezpośredniego przechwytywania powietrza (DAC). W połowie wieku będą odpowiadać za przejęcie 1 Gt CO_2. Już dziś takie firmy jak Climeworks i Heirloom rozwijają tę technologię, robiąc z niej biznes.

● Dużym wyzwaniem pozostaje rolnictwo odpowiedzialne za 8,5 proc. emisji CO_2. Odpowiedzią na to wyzwanie ma być tzw. rolnictwo regeneratywne (regeneracyjne). Chodzi o to, by zmaksymalizować efektywność naturalnego procesu, w którym rośliny wychwytują CO_2 podczas fotosyntezy, a następnie przenoszą pod ziemię przez swoje korzenie. Konieczny jest też kontrolowany wypas bydła.

● Ogromny potencjał magazynowania gazów cieplarnianych ma woda morska, która zatrzymuje około 150 razy więcej CO_2 na jednostkę objętości niż powietrze. Stąd według najnowszych szacunków oceany mogą umożliwić redukcję niemal 35 proc. emisji CO_2 do 2050 roku (dotychczas mówiło się o 21 proc.).

● Zmienia się przy tym myślenie o CO_2 – nie jako o problemie, ale surowcu do wykorzystania. Według IEA pod koniec dekady już około 23 proc. wychwyconego dwutlenku węgla (234 Mt) może być przetwarzane. Dziś podstawowym produktem powstającym z CO_2 jest etanol. To bardzo uniwersalny surowiec: służy m.in. do produkcji paliwa, ale Beiersdorf używa go w kremach Nivea dla mężczyzn, a Zara wykorzystuje w przędzy poliestrowej.

● Dwutlenek węgla wykorzystuje się także w produkcji żywności – przekształca się go m.in. w tłuszcze, zamienniki oleju palmowego.

● Drugim problematycznym gazem cieplarnianym jest metan, odpowiedzialny za blisko 30 proc. wzrostu globalnych temperatur liczonego od czasu rewolucji przemysłowej. Od 1983 roku, gdy zaczęto go mierzyć, stężenie CH_4 w powietrzu wzrosło o 18 proc.

● Sektor energetyczny szczyt emisji metanu ma już jednak za sobą – w 2019 roku – a IEA szacuje, że dzięki istniejącej technologii przemysł paliw kopalnych bez dużego wysiłku mógłby uniknąć ponad 70 proc. obecnych emisji metanu.

● Coraz większym wyzwaniem stają się niedobory wody. Stąd zwiększone inwestycje w zakłady desalinizacyjne. Na całym świecie jest już 16 tys. instalacji do odsalania wody, których łączna globalna zdolność operacyjna wynosi około 95,37 mln m sześc. dziennie. Dotychczas była to specjalność krajów pustynnych i Kalifornii, ale po rozwiązania te sięgają już także Hiszpanie.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

CO_2 dzieli świat

Kolejny rok i kolejny wzrost emisji dwutlenku węgla z paliw kopalnych. Chociaż niewielki – o 1,1 proc., do 37,4 Gt CO_2 (dane Międzynarodowej Agencji Energii – IEA) – Global Carbon Project, międzynarodowe konsorcjum naukowców z ponad 90 instytucji, wskazuje przy tym siedem istotnych trendów i wartości:

1. Wzrost emisji CO_2 o 1,1 proc. oznacza dalsze wypłaszczenie się tego zjawiska, w porównaniu z poziomem sprzed pandemii wzrost wynosi bowiem 1,5 proc., wciąż pozostajemy więc na coraz dłuższym plateau.

2. Świat coraz wyraźniej pozostaje w chwiejnej równowadze. Na jednej szali są regiony, w których emisje spadają, jak UE (spadek o 7,4 proc.) czy USA (3 proc.), a na drugiej duże kraje rozwijające się, jak Indie (wzrost o 8,2 proc.) czy Chiny (4 proc.), których emisje wciąż są większe niż redukcje krajów starających się powstrzymać ocieplenie klimatu. Fakt, że największe gospodarki Azji ciążą najwięcej, potwierdza, że całej reszcie świata per saldo udało się zredukować emisje o 0,4 proc.

3. Węglowodory wciąż nie ustępują, nawet węgiel, z którego globalne emisje wzrosły o 1,1 proc. Jeszcze więcej CO_2 przyniosło spalanie ropy naftowej (1,5 proc.), a w mniejszym stopniu gazu (0,5 proc.).

4. Obecny poziom CO_2 w atmosferze, wynoszący średnio 419,3 części na milion w 2023 r., jest o 51 proc. powyżej poziomu sprzed epoki przemysłowej.

5. Blisko połowa całego emitowanego CO_2 jest nadal pochłaniana przez lądy i oceany, a reszta pozostaje w atmosferze, gdzie powoduje zmiany klimatyczne.

6. Globalna emisja CO_2 z pożarów w 2023 roku była większa niż średnia z powodu ekstremalnego sezonu pożarowego w Kanadzie, gdzie emisje były sześć do ośmiu razy wyższe niż średnia.

7. Obecne poziomy usuwania dwutlenku węgla opartego na technologii (tj. z wyłączeniem środków opartych na przyrodzie, takich jak ponowne zalesianie) wynoszą około 0,01 miliona ton CO_2, ponad milion razy mniej niż emisje CO_2 z paliw kopalnych.

Do 37,4 Gt CO_2 produkowanych przy spalaniu kopalin trzeba jeszcze doliczyć emisję związaną z tzw. zmianami użytkowania gruntów, takimi jak wylesianie. W 2023 wartość ta nieznacznie spadła, ale w ocenie Global Carbon Project skala zjawiska nadal jest zbyt wysoka, aby można je było zrównoważyć obecnym poziomem ponownego odtwarzania lasów (reforestacji) i nowego zalesiania (aforestacji). Łączna emisja CO_2 w 2023 roku sięgnęła więc 41,5 Gt CO_2.

Globalny średni wzrost temperatury powierzchni wynosi obecnie około 1,2 st. C w stosunku do poziomu sprzed epoki przemysłowej. Tymczasem porozumienie paryskie zakłada ograniczenie wzrostu temperatury do 1,5 st. C do 2050 roku.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

CO_2 niebawem nas przydusi

● Jeśli emisje CO_2 nie zostaną zdecydowanie ograniczone, w ciągu 15 lat przekroczymy poziom dwutlenku węgla, który może być niebezpieczny dla klimatu. W latach 1984-1994, czyli pierwszej dekadzie pomiarów globalnego stężenia dwutlenku węgla, średnioroczny przyrost sięgał 1,4 ppm (parts per million, czyli liczby cząsteczek CO_2 na milion cząsteczek powietrza). Pod koniec pierwszej dekady XXI wieku sięgnął już 2 ppm, a w kolejnej dekadzie, która za nami, dotarł do poziomu 2,48 ppm. Sprawia to, że od początku wieku poziom samego CO_2 wzrósł z 369,5 do 419 ppm – dane z opublikowanego w grudniu 2023 w „Science" artykułu „Geoscientists map changes in atmospheric carbon dioxide over past 66 million years".

● Nieustannemu wzrostowi stężenia dwutlenku węgla towarzyszy też zwiększenie analogicznych wartości tlenku diazotu i metanu. W ciągu ostatnich dwóch dekad szczególnego tempa nabrał zwłaszcza ten drugi gaz, którego stężenie w latach 2003--2006 nawet nieznacznie spadło. Później zaczął jednak rosnąć w coraz szybszym tempie – na początku po 5 ppm rocznie, a w 2021 roku aż 19 ppm. Dane są niepokojące o tyle, że zgodnie z raportami IPCC (Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu), aby utrzymać wzrost temperatury na Ziemi poniżej 1,5 st. C w porównaniu z okresem przedindustrialnym, konieczne jest utrzymanie stężenia dwutlenku węgla poniżej 465 ppm. Jeśli tempo wzrostu stężenia CO_2 nie spadnie, próg ten osiągniemy w 2038 roku.

● Stężenie CO_2 na poziomie 419 ppm według konsorcjum geologów publikujących na łamach „Science" nie było notowane od 14 mln lat. Co więcej, jeśli nie nastąpią poważne zmiany, oczekuje się, że do 2100 roku stężenia wzrosną do poziomu 600--1000 ppm, w zależności od tempa przyszłych emisji. Nie jest jasne, jaki dokładnie wpływ na klimat będą miały takie wartości emisji. Wiadomo jednak, że równie wysoki poziom po raz ostatni występował w eocenie, około 30-40 milionów lat temu. Wówczas niemal nie było lodu, nawet na Antarktydzie, a maksymalny poziom mórz był o 150 metrów wyższy od obecnego – pod wodą była znaczna część terenów Polski (na obszarze Zatoki Gdańskiej zaczęły formować się wówczas bursztyny). Pomiary TEX86 BAYSPAR wskazują przy tym na ekstremalnie wysokie temperatury powierzchni morza od 40 do 45 st. C (w stosunku do dzisiejszych wartości temperatura wody dennej była wyższa o 10 st. C).

● Noelle Selin, profesor nadzwyczajny w Instytucie Danych, Systemów i Społeczeństwa MIT oraz Wydziale Nauk o Ziemi, Atmosferze i Planetach, zwraca przy tym uwagę, że nasz gatunek powstał w świecie o znacznie mniejszym CO_2. W miarę jak ludzkość ewoluowała w ciągu ostatnich kilkuset tysięcy lat, atmosferyczne CO_2 krążyły między około 200 a 300 ppm. Przedindustrialny poziom CO_2, zanim ludzie zaczęli spalać paliwa wytwarzające CO2 na skalę przemysłową, wynosił około 280 ppm. Prof. Selin przekonuje, że można wysunąć dobry argument, iż 280 jest idealnym poziomem CO_2 dla ludzkiego życia, ponieważ tworzy zakresy temperatur, które są wygodne dla ludzkiego ciała i pozwalają na rozwój cywilizacji. „Zmiany, które widzieliśmy od tego czasu, po prostu nie miały miejsca w czasie, w którym można by ewoluować zmiany u ludzi".

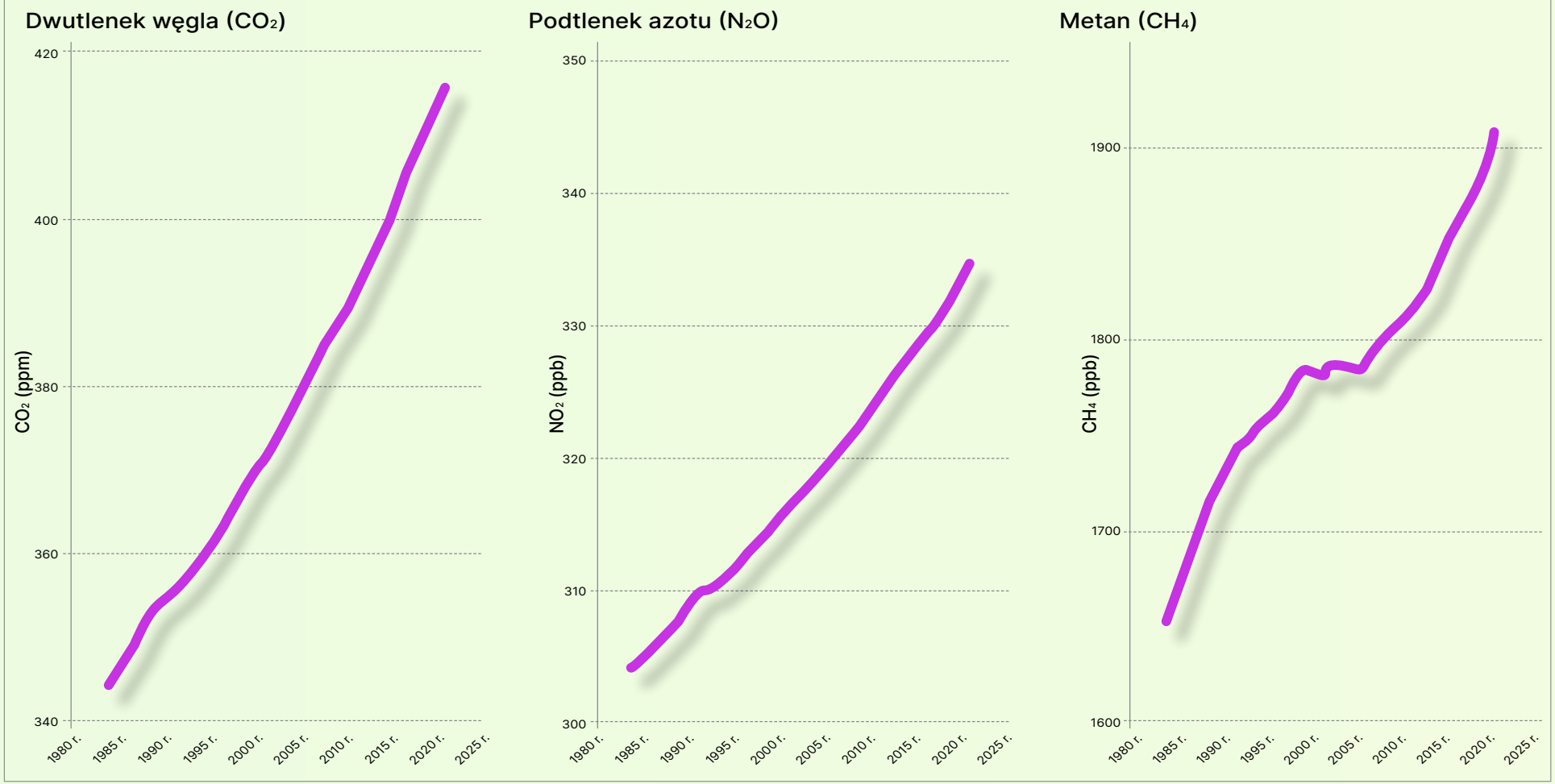
● Dopuszczalną ewentualnością wg Noelle Selin jest powrót do XX--wiecznych poziomów CO_2, sprzed kilkudziesięciu lat, gdzieś pomiędzy 300 a 350 ppm. Wówczas rozwój gospodarczy na całym świecie przyspieszył, ale pierwsze skutki zmian klimatycznych były ledwo widoczne.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Niestety zjawiska tego nie da się szybko zawrócić. Chociaż planeta ma naturalne „pochłaniacze” dwutlenku węgla, takie jak oceany, lasy i gleby, które usuwają część CO_2 z atmosfery, proces ten jest bardzo powolny.

● Badacze tacy jak John Sterman z MIT nazwali to „efektem wanny”. Jako analogię zaproponował pełną wody wannę z niezbyt drożnym odpływem: nawet jeśli zakręci się kran, wypuszczenie wody znajdującej się w wannie zajmie dużo czasu. W przypadku atmosfery oznacza to, że nawet gdyby ludzkość natychmiast wstrzymała emisję CO_2, dodatkowy węgiel, który już wprowadziliśmy do atmosfery, nadal zmieniałby nasz klimat w miarę jego powolnego wyczerpywania się – a „osuszanie” zdaniem naukowców z MIT może zająć stulecia lub tysiąclecia. Cały proces może przyspieszyć technologia wychwytywania CO_2 z powietrza (to tak jakby z tej wanny dodatkowo kubkiem wybierać nadmiar wody) wciąż jest jednak we wczesnej fazie rozwoju. Pokazuje to jednak jak bardzo ważne jest nie tylko inwestowanie w systemy CCS w elektrowniach czy fabrykach, ale także instalacje Direct Air Capture (DAC) które z CO_2 filtrują otaczające nas powietrze.

Stężenie gazów cieplarnianych



POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Krok po kroku lub do zera

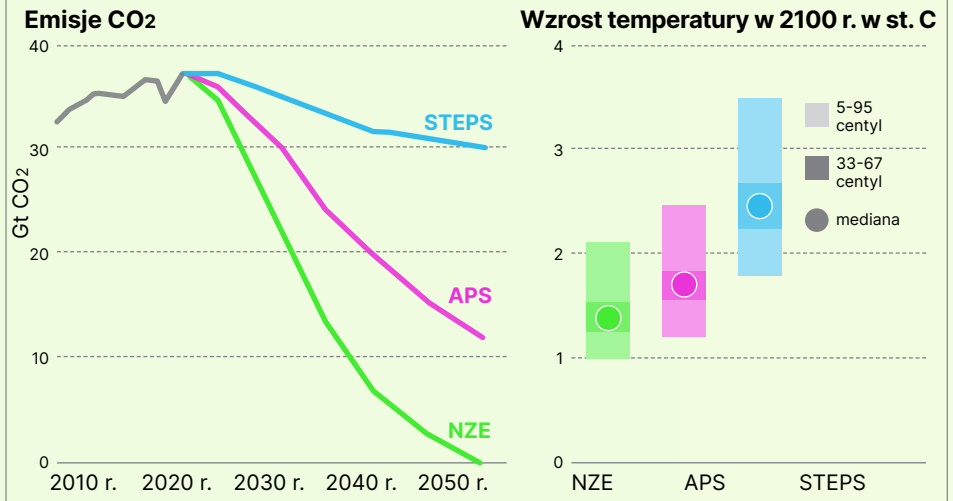
Fot.: Lars Plougmann

● Perspektywy dalszej emisji dwutlenku węgla Międzynarodowa Agencja Energii (IEA) rozpatruje w trzech scenariuszach (podobnie jak większość aspektów zielonej transformacji). W tzw. scenariuszu określonych polityk STEPS (zakładającym realizację wyłącznie przyjętych programów redukcji CO_2) emisje utrzymują się na zasadniczo stałym poziomie do końca dekady, a następnie powoli spadają do 30 Gt CO_2 w 2050 roku. W scenariuszu ogłoszonych zobowiązań APS (czyli zadeklarowanych, ale jeszcze nieprzyjętych działań) emisje spadają o nieco ponad 2 proc. rocznie, do 31 Gt CO_2 w 2030 roku, a następnie do 12 Gt CO_2 w 2050 roku. W scenariuszu zerowych emisji netto do 2050 roku (NZE), zgodnego z celami porozumienia paryskiego, emisje spadają o ponad 5 proc. rocznie, do 24 Gt CO_2 w 2030 roku, a następnie w 2050 roku – do zera. Scenariusz NZE zakłada także szybką redukcję emisji CO_2 z użytkowania gruntów, która tuż po 2030 roku osiągnie poziom zerowy netto, oraz emisji wszystkich gazów cieplarnianych innych niż CO_2.

● IEA oszacowała też, jak postęp w ograniczeniu emisji wpłynie na temperaturę. W sytuacji realizacji scenariusza STEPS średnia globalna temperatura powierzchni wzrośnie do 1,9 st. C w stosunku do poziomu przedindustrialnego około 2050 roku i osiągnie 2,4 st. C w 2100 roku, a potem dalej będzie rosła. Reakcja Ziemi na przyszłe emisje jest jednak obarczona sporą niepewnością, stąd istnieje prawdopodobieństwo jak 1 do 3, że przy realizacji scenariusza STEPS w 2100 roku wzrost temperatury przekroczy 2,6 st. C. Znacznie mniejsza jest możliwość – 1 do 20 – że przekroczy ona 3,5 st. C. Z kolei w scenariuszu APS temperatura rośnie wolniej, szczególnie po 2030 roku, i osiąga około 1,7 st. C w 2100 roku. W scenariuszu NZE wzrost temperatury osiąga wartość szczytową tuż poniżej 1,6 st. C około 2040 roku, po czym ponownie spada do około 1,4 st. C w 2100 roku.

Globalna emisja CO_2 z procesów energetycznych i przemysłowych według scenariusza i wzrostu temperatury powyżej poziomu przedindustrialnego w 2100 roku

Wzrost temperatury w 2100 roku wyniesie 2,4 st. C w STEPS i 1,7 st. C w APS; osiąga szczyt przy nieco poniżej 1,6 st. C około 2040 roku w scenariuszu NZE, a następnie spada do około 1,4 st. C do 2100 roku.



Źródło: Analiza IEA oparta na wynikach MAGICC 7.5.3.
Uwagi: Gt CO_2 = gigatony dwutlenku węgla; STEPS = Stated Policies Scenario; APS = Annouced Pledges Scenario; NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Zbyt duże luki i zbyt małe ambicje

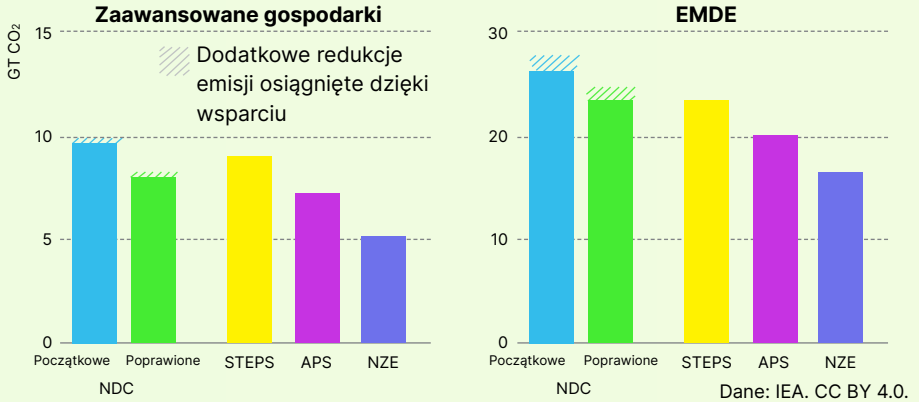
Fot.: veeterzy

● Porozumienie paryskie na wszystkie kraje nałożyło obowiązek opracowania, przedłożenia i wdrożenia ustalonych na szczeblu krajowym zobowiązań do redukcji emisji (NDC – Nationally Determined Contributions) oraz ustalenia harmonogramu ich aktualizacji, tak aby cele z czasem stawały się bardziej ambitne. Do września 2023 roku złożono 168 NDC obejmujących 195 stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC), a prawie 90 proc. z nich zostało zaktualizowanych od czasu pierwszej rundy NDC.

● W najnowszych zgłoszeniach obniżono prognozowane emisje w 2030 roku o blisko 5 Gt CO_2 w stosunku do NDC przedstawionych po raz pierwszy w 2016 roku. W przypadku gospodarek rozwiniętych

Prognozowane emisje CO_2 ze spalania paliw w ramach pierwszych i poprawionych NDC oraz według scenariusza 2030 roku

Osiągnięcie celów określonych w zmienionych NDC zmniejszyłoby emisję CO_2 o 5 Gt w stosunku do poziomu z pierwszej rundy, niemniej jednak nadal istnieją znaczne luki we wdrażaniu i ambicjach



Dane: IEA. CC BY 4.0.

Uwagi: EMDE = rynki wschodzące i gospodarki rozwijające się. Dodatkowe redukcje emisji osiągnięte dzięki wsparciu różnicy między bezwarunkowymi i warunkowymi NDC.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

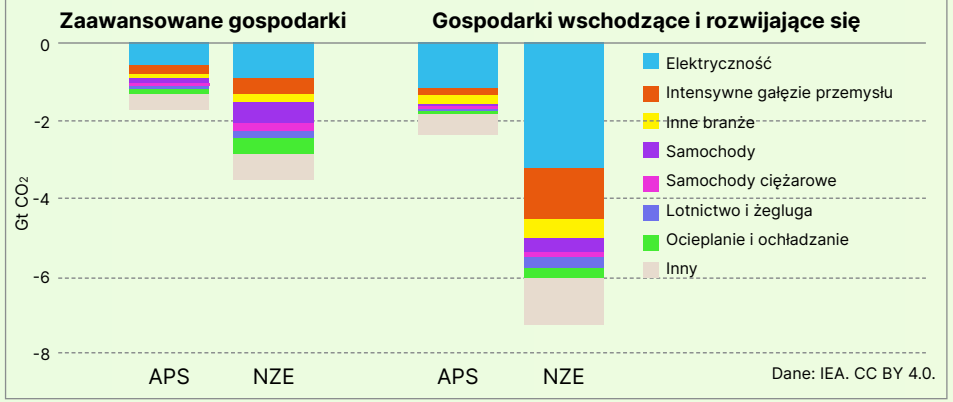
realizacja nowych celów zawartych w Nationally Determined Contributions obniżyłaby emisję w 2030 roku o jakieś 2,1 Gt CO_2 w porównaniu z pierwszymi założeniami. Większe przyspieszenie widać na rynkach wschodzących i w gospodarkach rozwijających się. Tutaj w ramach zmienionych NDC emisji będzie około 2,8 Gt CO_2 mniej niż w pierwszej rundzie składania wniosków – mowa rzecz jasna o 2030 roku.

● W gospodarkach rozwiniętych różnica między emisjami przewidywanymi na 2030 rok w skorygowanych NDC i w scenariuszu STEPS (zakładającym realizację wyłącznie przyjętych programów redukcji CO_2) wynosi 0,7 Gt CO_2. Wskazuje to, że kraje nie wprowadziły jeszcze wszystkich szczegółowych polityk niezbędnych do osiągnięcia swoich NDC. Na rynkach wschodzących i w gospodarkach rozwijających się sytuacja jest odwrotna, a emisje określone w prognozach STEPS są o 1 Gt CO_2 niższe w 2030 roku niż w przypadku skorygowanych bezwarunkowych NDC. Oznacza to, że ich bieżąca polityka zapewnia możliwość zwiększenia redukcji ustalonych przez nie w planach krajowych.

● Zarówno w gospodarkach rozwiniętych, jak i we wschodzących oraz rozwijających się istnieje duża luka pomiędzy scenariuszem STEPS i APS (czyli zadeklarowanymi, ale jeszcze nieprzyjętymi działaniami na rzecz redukcji emisji) oraz duża „luka ambicji" pomiędzy APS i scenariuszem NZE, zakładającym realizację celów porozumienia paryskiego. W gospodarkach rozwiniętych luka we wdrażaniu (pomiędzy STEPS a APS) wynosi 1,7 Gt CO_2 w 2030 roku, a „luka ambicji" (między APS a NZE) – 1,8 Gt CO_2. Na rynkach wschodzących i w gospodarkach rozwijających się luka we wdrażaniu wynosi 2,5 Gt CO_2 w 2030 roku, a „luka ambicji" blisko 5 Gt CO_2. Wskazuje to, że kraje na całym świecie z większą atencją muszą podejść do zobowiązań dotyczących zerowej emisji netto oraz zaproponować nowe, konkretne działania.

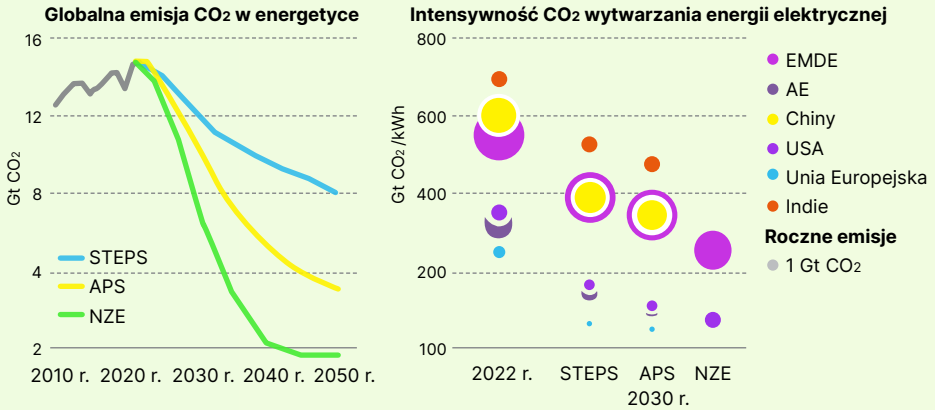
Redukcje emisji CO_2 związanych z energią według regionów i scenariuszy, 2022-2030

W obu scenariuszach około 40 proc. całkowitych redukcji emisji na rynkach wschodzących i w gospodarkach rozwijających się pochodzi z odnawialnych źródeł energii zastępujących energię węglową



Globalne emisje z sektora elektroenergetycznego, lata 2010-2050, oraz intensywność CO_2 wytwarzania energii elektrycznej według regionów i scenariuszy, lata 2022 i 2030

Globalne emisje z sektora elektroenergetycznego osiągną szczyt w najbliższej perspektywie, a następnie do 2030 roku spadną o blisko 15 proc. w STEPS i 30 proc. w APS; spadają szybciej we wszystkich regionach scenariusza NZE



Uwagi: Gt CO_2 = gigatony dwutlenku węgla; g CO_2/kWh = gramów dwutlenku węgla na kilowatogodzinę; EMDE = rynki wschodzące i gospodarki rozwijające się; AE = zaawansowane gospodarki. W scenariuszu NZE emisje ze spalania paliw kopalnych są równoważone przez usuwanie dwutlenku węgla poprzez bioenergię z wychwytywaniem i składowaniem dwutlenku węgla. Dane: IEA. CC BY 4.0.

● Największy pojedynczy wkład w wypełnienie tych ambicji i luk we wdrażaniu w scenariuszu zarówno APS, jak i NZE to efekt decyzji o odchodzeniu od energetyki węglowej i zastępowanie jej OZE. W gospodarkach wschodzących i rozwijających się przejście na czyste źródła energii elektrycznej odpowiada w obu scenariuszach za 40 proc. całkowitej redukcji emisji od dnia dzisiejszego do roku 2030. W APS większość pozostałych redukcji emisji w porównaniu ze STEPS wynika z szybszej poprawy efektywności energetycznej i elektryfikacji zastosowań końcowych. Największy udział w redukcji emisji ma przemysł ciężki, co odzwierciedla bardziej

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

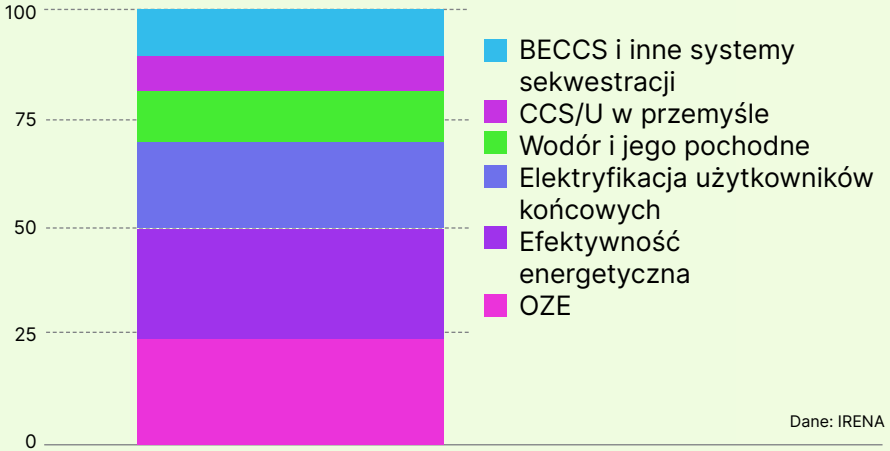
rygorystyczne normy wydajności niż w ramach programu STEPS oraz szersze wdrażanie wielkoskalowych zakładów o niemal zerowej emisji w energochłonnych gałęziach przemysłu.

● W scenariuszu NZE przewiduje się duże dodatkowe redukcje emisji z samochodów osobowych i ciężarowych, szczególnie w gospodarkach rozwiniętych, co odzwierciedla szybsze wprowadzanie pojazdów elektrycznych (EV) i infrastruktury towarzyszącej. W sektorach, gdzie redukcje emisji są zadaniem trudnym – jak w lotnictwie czy żegludze – ryzyko związane z byciem pionierem na rynku odstrasza niektóre firmy od przyjmowania w tej dekadzie innowacyjnych technologii niskoemisyjnych (tak przewiduje APS), niemniej działania podjęte w scenariuszu NZE przeciwdziałają temu ryzyku i mogą się przyczynić do redukcji emisji CO_2 o 0,5 Gt na całym świecie.

● Za niemal 40 proc. emisji CO_2 odpowiada sektor elektroenergetyczny, który rocznie generuje blisko 15 Gt CO_2 (uwzględniając produkcję zarówno energii elektrycznej, jak i ciepła). Według Międzynarodowej Agencji Energii emisje z tego sektora nie osiągnęły jednak jeszcze szczytu – ma się to wydarzyć w najbliższych latach, a następnie zaczną spadać. Warunki pogodowe na głównych rynkach będą miały wpływ na dokładny termin, np. susze mogą obniżyć produkcję energii wodnej i tymczasowo zwiększyć wykorzystanie paliw kopalnych. Do 2030 roku globalne emisje z sektora elektroenergetycznego spadną o blisko 15 proc. w scenariuszu STEPS, 30 proc. w APS i 45 proc. w scenariuszu NZE (o różnicach pomiędzy scenariuszami czytaj na końcu rozdziału pierwszego). Ten ostatni zakłada, że emisje z sektora elektroenergetycznego w rozwiniętych gospodarkach spadną do zera netto już w 2035 roku, w Chinach do 2040 roku, a tuż przed 2045 rokiem na całym świecie. To sprawiłoby, że elektroenergetyka jako pierwsza osiągnęłaby zerową emisję netto.

● Według The International Renewable Energy Agency (IRENA) sektor produkcji energii elektrycznej w 2050 roku osiągnie wręcz ujemną emisję 0,2 Gt CO_2 rocznie. OZE ma przy tym mieć największy wkład w globalną redukcję emisji sięgający około 25 proc. Równie dużym potencjałem dysponuje tylko wzrost efektywności energetycznej, który

Redukcja emisji dwutlenku węgla w ramach scenariusza 1,5 st. C w 2050 roku (proc.)



na obecnym etapie nie przyciąga dostatecznej uwagi i wymaga zdecydowanego zwiększenia nakładów inwestycyjnych – przede wszystkim w budynkach, ale także w przemyśle i transporcie. Trzecim kluczowym działaniem, które przyniesie 19 proc. redukcji, jest elektryfikacja, czyli wypieranie paliw kopalnych na poziomie użytkowników końcowych – w największym stopniu dotyczy to transportu, ale także ogrzewania. Potencjał rozwoju energetyki wodorowej szacuje się z kolei na 12 proc. redukcji, a ogromnym, długo niedocenianym gamechangerem mają szanse stać się systemy wychwytywania dwutlenku węgla. Łącznie instalacje działające w przemyśle CCS/U (8 proc.) i bioenergii BECCS oraz wychwytujące CO_2 z innych źródeł, m.in. bezpośrednio z powietrza (11 proc.), mają do odegrania taką samą rolę jak elektryfikacja.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Wielkie odkurzanie CO_2

Fot.: Mike Lewelling National Park Service

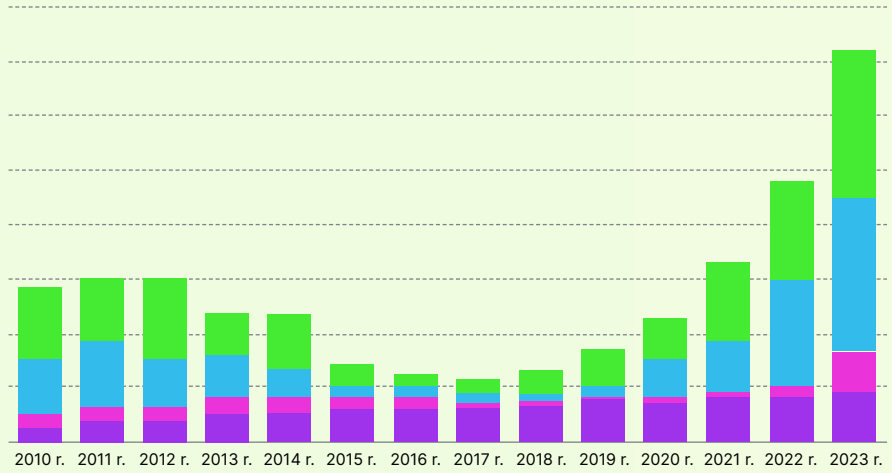
● Po raz pierwszy od dziesięciu lat na całym świecie realizowanych jest wiele projektów CCS służących do wychwytywania i przechowywania CO_2 powstającego w procesach spalania paliw (głównie w energetyce i przemyśle). Łączne inwestycje w projekty osiągnęły rekordową kwotę 3 miliardów dolarów w 2022 roku, a kolejny, 2023 rok był jeszcze mocniejszy. Według danych Global CCS Institute zdolność wychwytywania CO_2 wszystkich rozwijających się obiektów wzrosła o niemal połowę (48 proc.), z 244 do 361 Mt CO_2 rocznie.

● Jeszcze bardziej optymistyczne dane przedstawia Międzynarodowa Agencja Energii (IEA). Według niej globalna lista projektów, które zostaną uruchomione do 2030 roku, sięga już ponad 400 Mt zdolności wychwytywania CO_2. To znaczący wzrost wobec poprzednich prognoz – w 2022 roku BloombergNEF szacował, że ich potencjał na koniec dekady sięgnie 279 Mt CO_2, czyli o prawie jedną trzecią mniej.

● Bardzo szybko przybywa projektów CCS we wczesnej fazie przygotowania do rozwoju. Według stanu na lipiec 2023 roku wszystkich instalacji – zarówno działających, jak i projektowanych – było 392, co stanowi wzrost o 102 proc. rok do roku. W sumie do pipeline'u dodano 198 nowych obiektów, co daje obecnie 41 instalacji działających, 26 w budowie i 325 na zaawansowanym oraz wczesnym etapie projektowym.

● CCS Institute zwraca przy tym uwagę, że w 2023 roku poziom wsparcia politycznego ze strony rządów – zwłaszcza w Europie i Ameryce Północnej – osiągnął historyczny szczyt. W Ameryce hojniejsze ulgi podatkowe i nowe programy finansowania dotacji stały się siłą napędową do ogłoszenia ponad 100 nowych projektów w obszarze CCS/U (od stycznia 2022 roku). W Stanach Zjednoczonych, gdzie dostępna jest stała kwota finansowania na tonę bezpiecznie składowanego CO_2, wiele projektów koncentruje się na wychwytywaniu CO_2 z produkcji bioetanolu i wodoru, ponieważ są to jedne z najtańszych opcji. Znaczący postęp osiąga się także gdzie indziej, dzięki inwestycjom w projekty na dużą skalę w Kanadzie i Chinach oraz kluczowym postępom regulacyjnym w Kanadzie, Danii, Indonezji i Japonii.

Wydajność instalacji CCS (MTPA CO_2)



POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

● Instalacje CCS/U to obszar, który dotychczas był najmniej doceniany i dofinansowywany, na co wskazują wyliczenia IEA.
Jeśli przyjmiemy scenariusz STEPS, zakładający wyłącznie realizację przyjętych już programów redukcji emisji, na koniec dekady przewidziano, że działać będą instalacje CCS/U o zdolności wychwytywania na poziomie 115 Mt CO_2. To niemal czterokrotnie mniej niż potencjał już uruchomionych projektów inwestycyjnych.
Realny potencjał znacznie lepiej odzwierciedla scenariusz APS, który zakłada, że wdrożone zostaną wszystkie zobowiązania klimatyczne podjęte przez rządy i przemysł. W tym przypadku mowa o blisko 450 Mt CO_2 pod koniec dekady. Najbardziej ambitny scenariusz NZE – który zakłada ograniczenie ocieplenia o 1,5 st. C zgodnie z porozumieniem paryskim – przewiduje jednak uruchomienie w roku 2030 przeszło dwa razy większych mocy na poziomie 1 Gt wychwyconego CO_2.

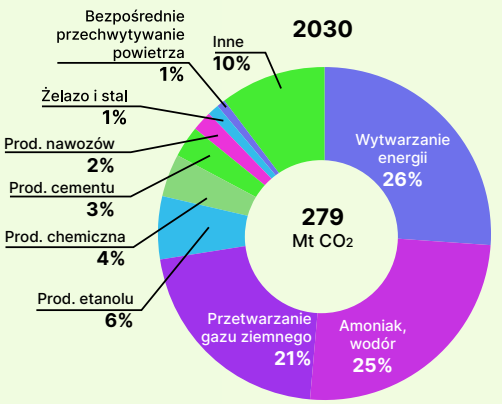
● Obecne polityki są jednak całkowicie niewystarczające, aby zapewnić wyniki odpowiadające rządowym zobowiązaniom dotyczącym zerowej emisji netto. Niemniej według IEA, jeśli cała ogłoszona zdolność wychwytywania CO_2 zostanie zrealizowana, a obecny trend wzrostu będzie się utrzymywał, globalna zdolność może osiągnąć poziom NZE do 2030 roku. Na dziś ograniczeniem jest jednak tempo inwestycji, które według Global CCS Institute trwają średnio siedem lat i dłużej. Teoretycznie w 2023 roku zamknęło się więc okienko na uruchomienie projektów, które mogłyby działać pod koniec dekady. Dlatego według ekspertów IEA skrócenie czasu realizacji projektu, szczególnie związanego z rozwojem magazynowania CO_2, będzie miało kluczowe znaczenie dla osiągnięcia poziomów przyjętych w scenariuszu NZE.

● Jak zauważają eksperci IEA, osiągnięcie poziomów CCS/U przewidywanych w scenariuszu APS, a zwłaszcza NZE, wymaga silnego wsparcia politycznego, w tym środków ułatwiających strategiczne inwestycje w infrastrukturę. Na przykład całkowita długość istniejących rurociągów CO_2 wynosi 9,5 tys. km, tymczasem należy ją zwiększyć do 100-600 tys. km, aby w połowie wieku umożliwić składowanie 5,5 Gt CO_2 i wykorzystanie w produkcji 0,6 Gt CO_2 (w scenariusz NZE). Punktem odniesienia, jeśli chodzi o potencjał, jest 1 mln km rurociągów przesyłowych gazu ziemnego, które zostały uruchomione w ciągu ostatniego stulecia.

● Spokojni możemy być za to o techniczną zdolność geologicznego składowania CO_2 co najmniej 1 km pod powierzchnią ziemi. Potencjał tych pułapek szacowany jest na mniej więcej 1000 Gt CO_2. Przy konsekwentnej dekarbonizacji i założeniu ograniczenia globalnego ocieplenia do 1,5 st. C jest to więcej, niż potrzeba składowania CO_2 do 2100 roku. Chociaż regionalna dostępność geologicznego składowania może być czynnikiem ograniczającym, szacuje się, że przy odpowiednim doborze i zagospodarowaniu geologicznego składowiska można trwale odizolować CO_2 od atmosfery.

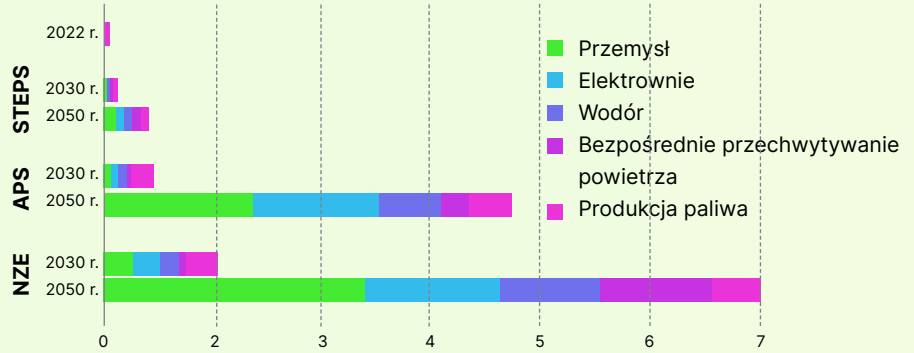
● Szacunki BloombergNEF w długim terminie są jeszcze bardziej optymistyczne niż w przypadku IEA – w połowie wieku ma być przechwytywane już 7 Gt CO_2 rocznie. W jego ocenie do końca tej dekady systemy do sekwestracji mają towarzyszyć przede wszystkim instalacjom w energetyce (26 proc.), w produkcji wodoru oraz amoniaku (25 proc.) i w przetwarzaniu gazu ziemnego (21 proc.). Znacznie słabiej będą wykorzystywane przy produkcji etanolu, chemikaliów, cementu, nawozów czy też w hutnictwie. Według BNEF dwie trzecie przechwyconych emisji w 2030 roku będzie składowane pod ziemią. Około 20 proc. CO_2 wykorzystane ma być przy wydobyciu ropy (co dziś jest ich głównym sposobem wykorzystania – przez zatłaczanie gazu pod ziemię, aby wypchnąć węglowodory), a 12 proc. utylizowane jako surowiec.

Globalna zdolność wychwytywania CO_2 według źródła pochodzenia, 2021 i 2030



Globalna ilość wychwyconego CO_2 według źródła i scenariusza, lata 2022-2050 (Gt CO_2)

Więcej projektów CCS/U stanie się konkurencyjnych w miarę wzrostu ambicji klimatycznych i konieczności pełnego łagodzenia emisji przez sektory; scenariusz NZE przewiduje wychwytywanie i składowanie 6 Gt CO_2 rocznie do 2050 roku



Dane: CC BY 4.0.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Emisje schowane do sieci

● Historycznie rzecz biorąc, instalacja CCS była zintegrowana pionowo – pojedyncza instalacja wychwytywania CO_2 z dedykowanymi systemami sprężania, rurociągów i magazynowania CO_2. Dziś dominującym modelem rozwoju stają się jednak sieci CCS. Obejmują zakłady wychwytujące wykorzystujące wspólną infrastrukturę transportową i magazynową. Wiele obiektów do transportu i składowania CO_2 objętych planem wdrożenia nie jest powiązanych z konkretnym źródłem wychwytywania CO_2. Te same obiekty do transportu oraz składowania CO_2 wciąż mają jednak projektowaną przepustowość i ogłaszają maksymalną roczną wielkość zatłaczania, która będzie wykazywana jako ich pojemność.

● Wdrażanie CCS za pośrednictwem sieci bierze górę, ponieważ zapewniają one korzyści skali, które zmniejszają koszty, ryzyko i oferują synergię modeli biznesowych. Rozwijane są węzły wychwytywania i sieci transportowe do obsługi regionalnych źródeł CO_2. Źródła te znajdują się zwykle w odległości mniejszej niż 1000 km od zasobu składowania, ale mogą być znacznie dalej, jeśli pozwala na to skala i ekonomika projektu, szczególnie gdy głównym środkiem transportu jest statek.

● Według informacji CCS Institute modelowanie sugeruje, że można by wychwycić i składować do 4,2 Gt CO_2 poprzez utworzenie 160 węzłów na całym świecie przy kosztach poniżej 85 dolarów za tonę CO_2. Oczywiste jest, że rozwój sieci i węzłów CCS ma kluczowe znaczenie, ponieważ do osiągnięcia celów zerowej emisji netto do połowy stulecia wymagane jest składowanie około 10 Gt CO_2 rocznie.

● Ciągły rozwój sieci CCS zaowocował powstaniem nowej kategorii branżowej – infrastruktury do transportu i składowania CO_2. Liderem tego segmentu jest norweski Northern Lights, a w 2023 roku mieliśmy ogromne wzmożenie na rynku. Dziś jest to największa kategoria sektorowa CCS: na całym świecie zidentyfikowano 101 obiektów tego typu, podczas gdy największa pojedyncza branża, czyli producenci etanolu, pracuje nad 70 projektami (w samej energetyce jest ich 55).

● To niezależne obiekty, które reprezentują nowy model branżowy CCS. Nie są powiązane z żadną inną branżą, którą dotychczas definiowano na podstawie źródła wychwytywania. Przykłady obiektów do transportu i składowania CO_2 obejmujących wielu użytkowników i wiele branż to:

– rurociąg i sprężarka CO_2 Alberta Carbon Trunk Line firmy Wolf w Kanadzie, eksploatowane już od 2020 roku

– CarbonNet w Australii, obiekt skupiający się na składowaniu CO_2

– system transportu i magazynowania CO_2 CarbFix CODA, przesyła CO_2 z całej Europy przed składowaniem CO_2 w skałach

– otwarta sieć transportowa i magazynowa Northern Lights w Norwegii, która ma zostać uruchomiona w 2024 roku i głęboko pod dnem morskim na Morzu Północnym będzie składować 0,8 Mt CO_2 rocznie z cementowni w Brevik i zakładu utylizacji odpadów w Oslo. W maju 2023 roku w ramach projektu podpisano kolejną umowę transgraniczną z Ørsted na transport i magazynowanie kolejnych 430 tysięcy ton rocznie z dwóch elektrowni w Danii.

● Podobnie jak w branży paliwowej uzupełnieniem dla sieci przesyłu CO_2 będzie morski transport dwutlenku węgla w postaci skroplonej. To LCO_2 (Liquid CO_2), który jako pierwsza postanowiła przewozić norweska spółka Northern Lights. W grudniu 2022 roku uruchomiła

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

projekt, zamawiając dwa statki LCO_2 o pojemności 7,5 tys. m sześc. W tym roku zaczną już pływać, przewożąc skroplony gaz cieplarniany z instalacji Norcem Brevik i Hafslund Oslo Celsio do terminala odbiorczego Northern Lights w Øygarden.

● Co więcej, w czerwcu 2023 roku firma Knutsen NYK Carbon Carriers AS (KNCC) otrzymała pierwszą w branży morskiej aprobatę do stosowania na statkach systemów LCO_2-EP, które pozwalają utrzymywać temperaturę otoczenia i podwyższonego ciśnienia potrzebne do transportu skroplonego CO_2. To rozwiązanie, które może być wprowadzane na działających już jednostkach. W tym samym miesiącu zgody na użytkowanie projektowanych statków do przewozu LCO_2 otrzymały także dwa konsorcja Mitsui O.S.K. Lines-Petronasu-SDARI oraz Mitsubishi Shipbuilding-Nippon Yusen Kabushiki Kaisha (ten ostatni będzie też przewoził amoniak). Z kolei w lipcu południowokoreański koncern HD Hyundai otrzymał pierwsze zamówienie na budowę największych jednostek LCO_2 dla greckiej Capital Maritime Group. Każdy ze statków przewiezie po 22 tys. m sześc. LCO_2, a pierwsza dostawa nastąpi w 2025 roku.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Wszystkie pułapki na CO_2

Systemy wychwytywania dwutlenku węgla (CCS) po raz pierwszy uruchomiono w 1972 roku w Stanach Zjednoczonych, gdzie w elektrowni gazu ziemnego Terral NGPP w Teksasie wychwycono i składowano pod ziemią ponad 200 milionów ton CO_2. Od tego czasu technologia mocno się rozwinęła i zróżnicowała. Mamy więc pełen wachlarz rozwiązań:

CCS (Carbon Capture and Storage) – to system do wychwytywania, przesyłu i gromadzenia strumienia dwutlenku węgla ze źródeł przemysłowych.

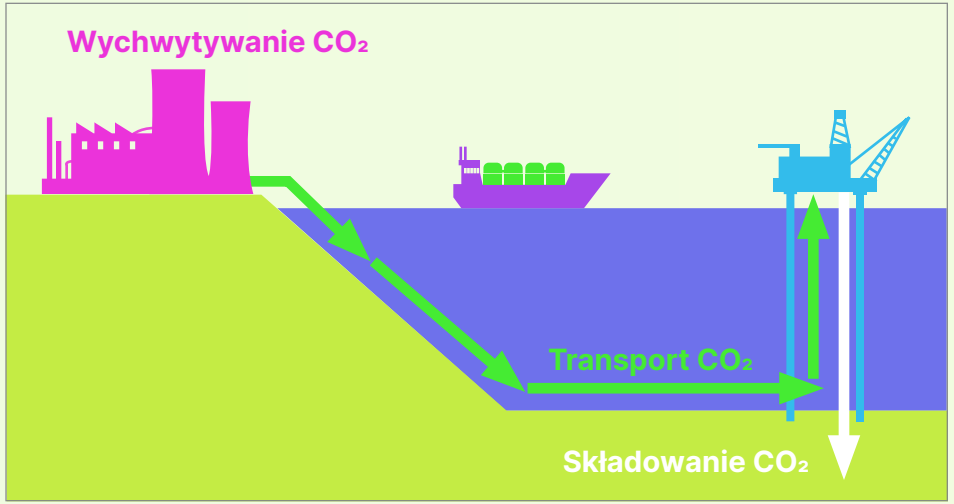
CCUS lub **CCS/U** (Carbon Capture, Utilization, and Storage) – analogicznie jak w CCS dwutlenek węgla jest wychwytywany, ale może być nie tylko magazynowany, lecz także używany jako surowiec.

BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) – to proces wydobywania energii z biomasy przy jednoczesnym wychwytywaniu i gromadzeniu CO_2. Może być to więc elektrownia zasilana biomasą lub biogazem z dedykowanym systemem CCS. Takie rozwiązanie jest negatywne, jeśli chodzi o emisję (usuwa ją z atmosfery), bo sekwestruje CO_2 wcześniej przechwycony z atmosfery przez rośliny w czasie ich wzrostu (z dzisiejszego punktu widzenia klasyczny CCS jest neutralny, bo przechwytuje CO_2 zgromadzony w gazie, węglu lub ropie miliony lat temu).

DAC (Direct Air Capture) – to instalacje wychwytujące emisje bezpośrednio z powietrza (patrz na kolejnych stronach). Jeśli mają przestrzeń do gromadzenia CO_2, używa się wówczas skrótu **DACCS**.

NET (Negative Emissions Technology) – tak określa się technologię o negatywnej emisji, która tak jak w przypadku BECCS czy DAC wpływa na zmniejszenie ilości CO_2 w atmosferze. W tym kontekście pojawiają się także pojęcia usuwanie dwutlenku węgla **CDR** (Carbon Dioxide Removal) lub usuwanie gazów cieplarnianych **GGR** (Greenhouse Gas Removal).

Sekwestracja węgla w glebie, mineralizacja CO_2 lub gromadzenie go w oceanie to kolejne dopiero rozwijające się techniki wychwytywania dwutlenku węgla, o których dalej.



POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

W scenariuszu, w którym realizujemy postulaty porozumienia paryskiego i do połowy wieku ograniczamy wzrost temperatury o 1,5 st. C, skala procesów wychwytywania musi wzrosnąć aż 120-krotnie. Obecnie jest to 45 Mt CO_2, a mówimy o instalacjach sekwestrujących ponad 6 Gt CO_2. Co więcej, już pod koniec tej dekady powinniśmy dysponować instalacjami o mocy przekraczającej 1 Gt wychwyconego CO_2. W tabeli obok widać, jak będzie się to rozwijać w podziale na poszczególne technologie.

→ Największy potencjał tkwi w instalacjach **CCS i CCUS**, które według szacunków IEA mają odpowiadać za ponad połowę wychwyconego dwutlenku węgla – 3,7 Gt CO_2 w 2050 roku. Najszybciej mają się też rozwijać, bo pod koniec dekady powinny pochłaniać 759 Mt CO_2, czyli trzy czwarte wychwyconego dwutlenku węgla. Co istotne, od początku wiodącą branżą nie będzie tu energetyka, stopniowo przestawiająca się na czyste źródła, ale przemysł. Na znaczeniu ma też zyskiwać sekwestracja CO_2 przy produkcji wodoru.

→ Do końca dekady nieco wolniej rozwijać się mają instalacje **BECCS**, które wyraźnie przyspieszą po 2030 roku. W ich przypadku największy potencjał tkwi w produkcji energii – np. w biogazowniach – oraz przy wytwarzaniu biopaliw.

→ Systemy bezpośrednie przechwytywania CO_2 z powietrza (**DAC**) są jeszcze w powijakach i przez najbliższą dekadę mogą rozwijać się znacznie wolniej, ale docelowo mają szansę wychwytywać ponad 1 Gt CO_2, czyli niewiele mniej niż BECCS.

Towarzyszyć temu powinien proces wykorzystania CO_2. Już pod koniec dekady jedna czwarta wychwyconego dwutlenku węgla może być wykorzystana w procesach technologicznych i na stałe usunięta z atmosfery. Według IEA jest potencjał, aby do połowy wieku wykorzystywać w ten sposób niemal jedną trzecią gazu – 1,7 Gt CO_2.

KAMIENIE MILOWE	2022	2030	2035	2050
Całkowity wychwytywany CO_2 (Mt CO_2)	**45**	**1024**	**2421**	**6040**
Wychwyt CO_2 z paliw kopalnych i procesów przemysłowych (CCS/CCUS), w tym:	**44**	**759**	**1712**	**3736**
– produkcja energii	1	188	568	811
– przemysł	4	247	769	2152
– produkcja wodoru	0	161	285	756
– inne przemiany paliwowe	38	163	90	17
Wychwytywanie CO_2 z bioenergii (BECCS), w tym:	**1**	**185**	**506**	**1263**
– produkcja energii	0	44	204	438
– przemysł	0	23	77	232
– produkcja biopaliw	1	114	213	474
– inne przemiany paliwowe	0	5	13	121
Bezpośrednie przechwytywanie powietrza (DAC)	**0**	**80**	**203**	**1041**
Całkowity usunięty CO_2 (Mt CO_2)	**1**	**234**	**632**	**1710**

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Sekwestranci: Energetyka **TREND**

Dość niespodziewanie temat rozwoju systemów CCS zdominował ostatni szczyt klimatyczny COP28 w Dubaju. To propozycja mocno forsowana przez kraje naftowe, które w ten sposób chcą przedłużyć „żywotność” paliw kopalnych.

Fot.: UNclimatechange

ROZWÓJ

Saudowie już podczas poprzedniego COP27 przedstawili proponowany przez siebie model circular economy, w którym emisję CO_2 towarzyszącą spalaniu węglowodorów w całości wychwytują. Stąd plan Aramco postawienia relatywnie dużej instalacji, która będzie mieć jednak ograniczone możliwości – w 2027 wychwyci 9 Mt CO_2, a w 2035 około 44 Mt CO_2. To nie starczy nawet na pokrycie 672 Mt CO_2 produkowanych przez samą Arabię Saudyjską. Już dziś wiadomo zresztą, że technologia CCS nie zneutralizuje wielu ważnych źródeł emisji – np. UE nie udziela wsparcia instalacjom dla elektrowni węglowych jako technologii odchodzącej w przeszłość.
Z punktu widzenia Saudów jeszcze ważniejszy jest transport. Nikt na poważnie nie wziął dotychczasowych projektów wychwytywania CO_2 z rur wydechowych i cała motoryzacja jest poddawana stopniowej elektryfikacji. Nawet w najbardziej optymistycznym scenariuszu inwestycyjnym NZE instalacje CCS pod koniec dekady będą w stanie „wciągnąć” 2,8 proc. obecnie emitowanego CO_2, a w połowie wieku około 16,3 proc. Resztę emisji będziemy musieli po prostu ograniczyć.

TECHNOLOGIA

Wychwytywanie dwutlenku węgla z kominów elektrowni i fabryk odbywa się głównie przez skierowanie spalin do komór wypełnionych roztworem wychwytującym – jest to zwykle mieszanka amin lub związków na bazie amoniaku, które wiążą się z CO_2, tworząc stabilną formę, którą można oddzielić od reszty spalin. Następnie przykłada się wysoką temperaturę – zazwyczaj w postaci pary wytwarzanej przez paliwa kopalne – aby CO_2 uwolnić z wiązania aminowego.
Jedną z kluczowych wad jest energochłonność obecnej technologii, stąd rozwój nowych, znacznie bardziej efektywnych rozwiązań. Takich jak zaproponowane przez Verdox, który przedstawił rodzaj baterii. To elektrody pokryte związkiem zwanym poliantrachinonem, który w pewnych warunkach zyskuje chemiczne właściwości przyciągania dwutlenku węgla, a po ich zmianie może go uwalniać. Akumulator ładuje się prądem o niskim natężeniu, przyciągając przepływające cząsteczki CO_2. Kiedy się nasyci, wystarczy odwrócić napięcie, a CO_2 zostaje uwolnione jako strumień czystego gazu.

GRACZE

Drax Power Station
Klemetsrud Waste-to-Energy CCS
Glacier CCS Project – Entropy
Bayu-Undan
Verdox

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Sekwestranci: Przemysł **TREND**

Docelowo to nie energetyka, ale przemysł będzie głównym beneficjentem rozwoju technologii CCS/U. W scenariuszu NZE już pod koniec dekady fabryki mają wychwytywać 31 proc. więcej CO_2 niż elektrownie, a w połowie wieku ich przewaga będzie niemal trzykrotna.

Fot: Jean Beaufort

ROZWÓJ

Historycznie wykorzystanie systemów CCS skupiało się na przetwórstwie gazu ziemnego – w 2021 tutaj gromadzono 62 proc. CO_2. Z biegiem czasu ten segment produkcji będzie jednak schodził na dalszy plan – wg BNEF w 2030 roku udział spadnie do 21 proc. Pod względem liczby instalacji (45 obiektów projektowanych i działających) już dziś znacząco ustępuje producentom etanolu (70), którzy dystansują także firmy energetyczne (53) oraz producentów wodoru, amoniaku i nawozów sztucznych (50). Dalej plasują się projekty z branży cementowej (22) lokowane przede wszystkim w Europie (17). Projekty te wdrażają m.in. Holcim, Cemex oraz Heidelberg, a jednym z największych jest warta 400 mln euro instalacja Norcem. Oczekuje się zresztą, że cementownia Heidelberg Materials Brevik rozpocznie działalność w 2024 roku i stanie się pierwszą na świecie komercyjną cementownią wyposażoną w CCS. Obecnie przemysł odpowiada za 9 proc. wychwytywanego CO_2, ale udział ten będzie stale rósł, do 26 proc. w 2030 roku i 35 proc. w 2035 roku (w scenariuszu NZE).

TECHNOLOGIA

W branży produkcyjnej dużym wyzwaniem jest hutnictwo odpowiedzialne za 7 proc. emisji CO_2. Jednym z rozwiązań jest większe wykorzystanie bezpośredniej redukcji żelaza (DRI), co eliminuje bezpośrednie emisje dwutlenku węgla, oraz pieców łukowych, które potrzebują znacznie mniej energii niż klasyczne (więcej w rozdziale Budownictwo – Ślad węglowy: Budowanie – Stal).
Innowacyjne podejście do sekwestracji w przemyśle mają naukowcy z MIT Department of Mechanical Engineering, sugerując, aby proces wychwytywania połączyć z przekształceniem go w surowiec do dalszej produkcji. Proces polega na użyciu elektrody do przyciągania dwutlenku węgla uwalnianego z sorbentu i przekształcania go w formę nadającą się do użytku. Kluczowym czynnikiem jest tu czystość CO_2, co zwiększa efektywność procesu i najlepiej działa w instalacjach przemysłowych emitujących dwutlenek węgla w dużym stężeniu.

GRACZE

Heidelberg
Holcim
Cemex
Summit (Mid West Express)
Navigator (Heartland Greenway)
Prinos
Helios

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Sekwestranci: Rolnictwo **TREND**

Rolnictwo jest jednym z kluczowych emitentów CO_2: wg danych IPCC uprawy bezpośrednio odpowiadają za 8,5 proc. emisji gazów cieplarnianych. Rozwiązaniem ma być tzw. rolnictwo regeneratywne (regeneracyjne).

JAK TO SIĘ ROBI

Szacuje się, że od początku istnienia rolnictwa do atmosfery wyemitowało ono 133 Gt CO_2. Rolnictwo regeneratywne stara się odwrócić ten proces, przekazując węgiel z powrotem do gleby. Chodzi o to, by zmaksymalizować efektywność naturalnego procesu, w którym rośliny wychwytują CO_2 w wyniku fotosyntezy, a następnie przenoszą pod ziemię przez swoje korzenie. Naukowcy Rutgers University--New Brunswick i University of Maine wskazują, że do sekwestracji gazów cieplarnianych może się przyczynić m.in. kontrolowany wypas bydła i uprawa roślin okrywowych pomiędzy uprawami dochodowymi, dzięki czemu pola nie są w tym czasie puste i mogą magazynować więcej węgla. Inną metodą jest uprawa roślin o długich korzeniach. Jeszcze inną – płodozmian, czyli rotacyjna uprawa roślin. Na znaczeniu zyskuje tzw. uprawa zerowa oparta na przygotowaniu pola pod zasiew bez użycia pługa. Według amerykańskiej National Academy of Sciences tylko w USA rolnictwo mogłoby usuwać z atmosfery 250 Gt CO_2 rocznie, co stanowi ok. 4 proc. emisji.

ROZWIĄZANIA

O tym, jak nowe niskoemisyjne techniki upraw zyskują na znaczeniu, dobitnie świadczy wart 3 mld dol. program wsparcia uruchomiony przez Departament Rolnictwa USA. Dziś biorą się za to największe koncerny, głównie spożywcze. Zajmujący się dostawą produktów i usług dla przemysłu rolno-spożywczego Cargill pomaga rolnikom zarabiać na kompensacjach węglowych. Gigant chemiczny BASF reklamuje część swoich produktów jako odpowiednie dla rolnictwa regeneracyjnego. General Mills zamierza do 2030 roku przeznaczyć pod tego rodzaju uprawy milion akrów. PepsiCo zapowiada, że w tym samym czasie zwiększy areał regeneracyjnych upraw o 7 mln akrów. Heineken testuje tego rodzaju praktyki przy uprawie jęczmienia do produkcji piwa. Nestlé ma zainwestować ponad miliard dolarów w zastosowanie ujemnego węglowo rolnictwa w swoim łańcuchu dostaw, a Unilever do spółki z ubezpieczeniową firmą Axa tworzą wart miliard euro fundusz equity, który ma inwestować w regeneracyjne projekty. Według szacunków firmy badawczej Pitchbook start-upy, które powstają w tej dziedzinie, zebrały w ubiegłym roku ponad 700 mln dol.

GRACZE

Cargill
BASF
General Mills
PepsiCo
Heineken
Nestlé
Unilever

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Sekwestranci: Powietrze **TREND**

Sekwestracja dwutlenku węgla od początku rozwijana przez branżę energetyczną stała się działalnością niezależną. CO_2 jest w całej atmosferze i wychwytywać można go nie tylko w zakładach spalających paliwa kopalne, ale też z powietrza, które nas otacza.

ROZWÓJ

Pionierem w tej działalności jest firma Climeworks, która pierwszą instalację Direct Air Capture (DAC) uruchomiła w 2017 roku w szwajcarskim Hinwil, a największy dotychczasowy projekt Orca działa od jesieni 2021 roku w Islandii. Jego możliwości to 4 Kt CO_2 rocznie, a cała instalacja jest ekologiczna, zasilana energią geotermalną. Climeworks w 2022 roku pozyskał 650 mln franków finansowania i prowadzi już kolejny, znacznie większy projekt Mammoth, także w Islandii będzie przechwytywał 36 Kt CO_2. Na jeszcze większą skalę działają Amerykanie: Occidental w Teksasie uruchamia w tym roku instalację o mocy 500 Kt CO_2, a Heirloom dwa razy większy zakład już zbudował w Bay Area. Departament Energii USA na regionalne centra wychwytywania CO_2 przeznaczył 1,2 mld dol., a w ub.r. prowadzonych było 19 studiów wykonalności instalacji DAC.

BARIERY

Największą słabością projektów bezpośredniego wychwytywania CO_2 z powietrza (DAC) jest duża energochłonność (około 1,2 tys. kWh na tonę CO_2), co przekłada się na wysokie koszty pozyskania CO_2 – wahają się między 500 a 1000 euro za tonę. Dla porównania cena uprawnień do emisji CO_2 w ub.r. sięgała 80-90 euro. Na razie Climeworks oferuje więc dobrowolne offsety dla firm i osób fizycznych – analogiczne np. do zielonych offsetów sprzedawanych z biletami lotniczymi. Są to pakiety miesięczne 30, 50, 100 dol. za wychwycenie odpowiednio 30, 50 i 100 kg CO_2, co odpowiada kosztom sekwestracji. Przedsiębiorstwa inwestujące w DAC nie zrażają się tym jednak – Occidental do 2035 roku chce mieć 70 takich instalacji, a Heirloom przekonuje, że w przyszłej dekadzie zejdzie z kosztami do poziomu 100 dol. za tonę. Z kolei Noya pracuje nad tanim, modułowym systemem o małej mocy. To rodzaj klimatyzatora (cooling tower), który będzie nie tylko chłodzić, ale też zbierać CO_2. To ma obniżyć koszty sekwestracji.

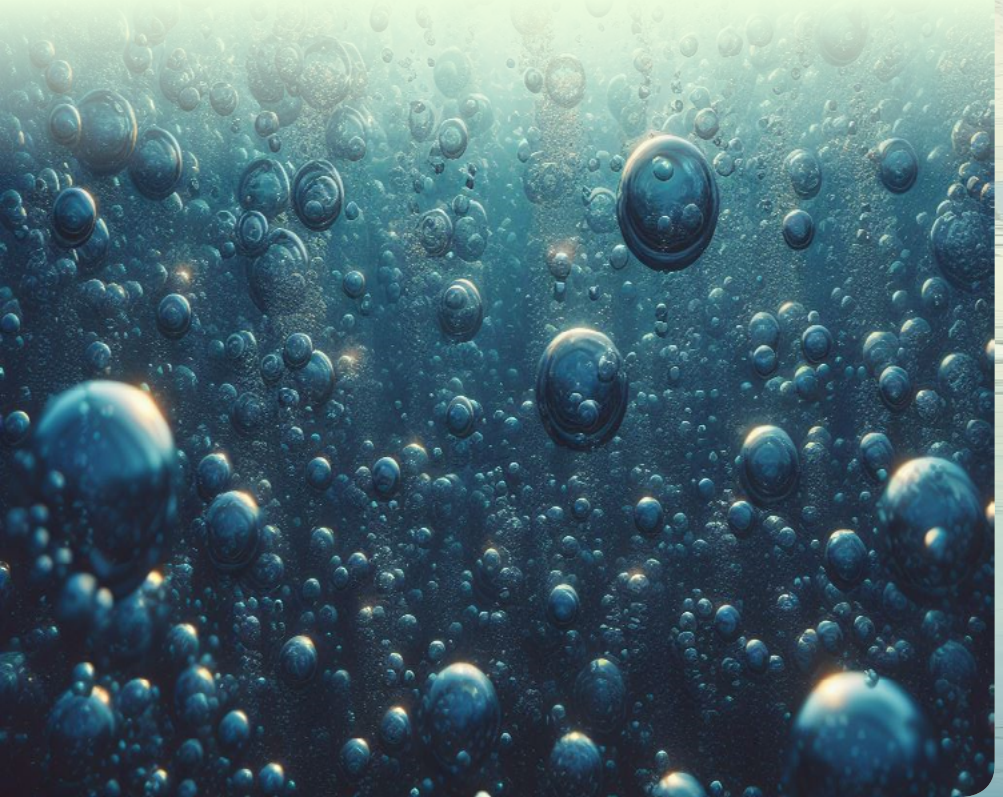
GRACZE

Climeworks
Heirloom
Battelle
Occidental
1PointFive
Carbon Engineering
Noya
Oxy
Carbfix

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Sekwestranci: Woda **TREND**

Woda morska ma ogromne możliwości magazynowania dwutlenku węgla, zatrzymując około 150 razy więcej CO_2 na jednostkę objętości niż powietrze. Szacuje się, że oceany zaabsorbowały już ok. jednej trzeciej ilości CO_2 wyprodukowanego przez ludzi. Stąd pomysł, aby dwutlenek węgla przechwytywać właśnie w słonej wodzie.



JAK TO SIĘ ROBI

Oceanu można użyć jako nośnika CO_2, który da się odfiltrować. Proces zaczyna się od odsolenia wypompowanej wody, którą poddaje się elektrolizie. Tu rozdziela się na dwa roztwory: zasadowy zawierający wodorotlenek sodu (NaOH) i kwasowy z chlorowodorem (HCl). Kwas wykorzystuje się w procesach przemysłowych, a odkwaszony roztwór jest zawracany do oceanu, zwiększając jego zdolność do pochłaniania większej ilości atmosferycznego CO_2 – NaOH w morzu reaguje z CO_2 z powietrza, tworząc wodorowęglan. Na UCLA opracowano z kolei reaktor przepływowy wyposażony w siatkę, który umożliwiałby przenikanie ładunku elektrycznego do wody, w ten sposób czyniąc ją alkaliczną. Rozpuszczony dwutlenek węgla łączy się tu z wapniem i magnezem występującymi w wodzie morskiej, tworząc wapień i magnezyt. Wyczyszczona z niego woda opuszczająca reaktor gotowa jest do przyjęcia większej ilości CO_2. Do wody morskiej można dodać też np. oliwinu (rodzaj krzemianu), który zwiększa możliwości wychwytywania CO_2.

KORZYŚCI

Instalacja do sekwestracji CO_2 w wodzie morskiej jest przede wszystkim znacznie mniejsza niż fabryki wychwytujące dwutlenek węgla z powietrza, przez co mniejsza jest też skala inwestycji. Może przy tym funkcjonować jako dodatkowy element w działających już obiektach przemysłowych wykorzystujących wodę morską, na przykład uzdatniających ją do picia – wykorzystują wodę, którą te obiekty pompują z powrotem do oceanu. Tutaj proces sekwestracji jest też znacznie mniej energochłonny, przez co jest tańszy. Heimdel, jeden z pionierów w tej branży, szacuje, że koszt wychwycenia tony CO_2 w jego pilotażowym projekcie to 472 dol., czyli nawet połowa tego, co w przypadku sekwestracji z atmosfery. Ambitny cel jest jednak taki, aby w pięć lat zbić go do 100 dol.
Elektroliza wody ma także dodatkową korzyść środowiskową – nie tylko przechwytuje dwutlenek węgla, ale także zmniejsza zakwaszenie wód, które niszczy morskie ekosystemy.

KLUCZOWI GRACZE

Heimdel
Ebb Carbon
ClimateWorks
UCLA Institute for Carbon Management
The Liveability Challenge
Chan Zuckerberg Initiative
Vesta

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

RATUNEK PRZYJDZIE ZNAD OCEANU

Oceany mają ogromny potencjał w walce z ociepleniem klimatu. Mogą umożliwić **redukcję niemal 35 proc. emisji CO_2** do 2050 roku. To znacznie więcej, niż sądzono wcześniej – dotychczasowe szacunki mówiły o 21 proc. Badania zlecone przez Ocean Panel, czyli Panel Wysokiego Szczebla ds. Zrównoważonej Gospodarki Oceanicznej, opierają się na rozwiązaniach, które są gotowe do wdrożenia i ekonomicznie opłacalne już dziś. Chodzi o zastosowanie nowych rozwiązań i zastąpienie technologii emisyjnych rozwiązaniami nieobciążającymi tak bardzo klimatu. W szczegółach opisują je przedstawiciele Światowego Instytutu Zasobów. Tak jak widać na poniższym wykresie, wyliczają siedem obszarów, które mogą przynieść najwięcej oszczędności. Jest wśród nich:

1. Rozwój energetyki oceanicznej, głównie farm wiatrowych, które mogą obniżyć emisję gazów cieplarnianych nawet o 3,60 Gt rocznie w 2050 roku. To więcej niż całkowite łączne emisje wszystkich 27 państw członkowskich UE w 2021 roku.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

RATUNEK PRZYJDZIE ZNAD OCEANU

2. Zmniejszenie emisji z transportu morskiego – gdyby był liczony jako kraj, transport morski (który realizuje 80 proc. wymiany handlowej), znalazłby się w pierwszej dziesiątce największych emitentów na świecie. Tutaj wciąż bazuje się na ropie naftowej i trzeba przejść na czystszą energię. Biopaliwa to pierwszy krok, poza tym pozostają trzy opcje – elektryfikacja, napędzanie floty wodorem lub produkowanym z niego amoniakiem, ale także używanie energii wiatru.

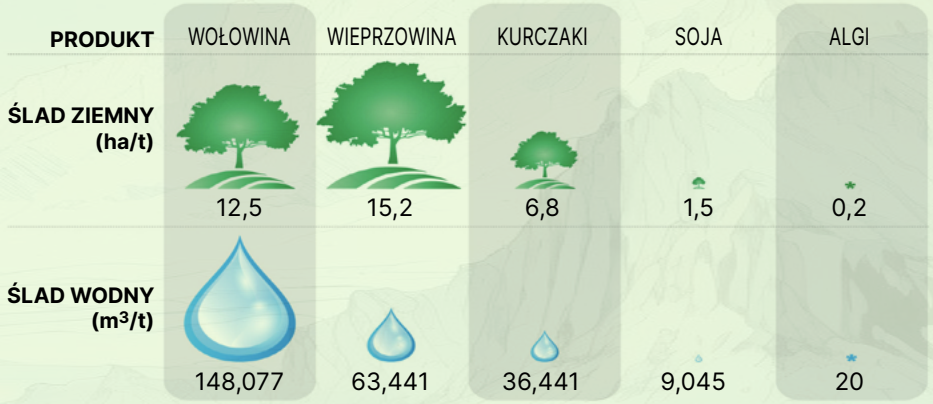
3. Zachowanie i odnawianie ekosystemów przybrzeżnych i morskich – lasy namorzynowe, łąki trawy morskiej i bagna pływowe są potężnymi pochłaniaczami węgla, które mogą magazynować pięć razy więcej CO_2 na obszar niż lasy tropikalne i absorbować go z atmosfery blisko trzy razy szybciej.

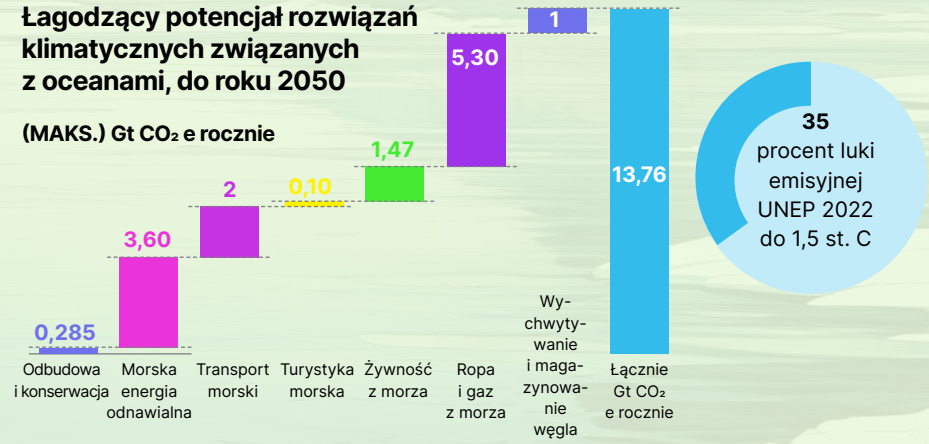
4. Rozwój zrównoważonej oceanicznej produkcji żywności – bardziej niż o skorupiaki chodzi tu o glony, takie jak algi, które są najbardziej ekonomicznym „warzywem" przyszłości – do produkcji tej samej ilości niezbędnych aminokwasów algi potrzebują tylko około 13 proc. gruntów, które zajmuje soja, ale co jeszcze ważniejsze, niespełna 0,2 proc. wody, którą pochłaniają jej uprawy. Jak widać w zestawieniu obok, z mięsem w ogóle nie ma ich co porównywać.

5. Wykorzystanie potencjału oceanu do usuwania i przechowywania dwutlenku węgla – wysokie ciśnienie, jakie panuje w oceanie, jest doskonałą pułapką, a i sama woda oceaniczna bardzo sprawnie może wychwytywać CO_2. Na głębokości 2,7 km i większej CO_2 staje się gęstszy niż woda morska i opada na dno oceanu, gdzie pozostaje uwięziony na stałe. Jest to więc pułapka równie dobra jak zatłaczanie gazu pod ziemię i ma podobne możliwości, jeśli chodzi o pojemność – szacuje się, że około 1000 Gt CO_2 mogłoby zostać wtłoczone bez powodowania znaczących zmian w chemii oceanów. Niesie to jednak ze sobą ryzyko istotnych skutków ubocznych – badanie przeprowadzone na dnie morskim Monterey Bay w Kalifornii wykazało, że wysokie stężenie CO_2 może być śmiertelne dla stworzeń głębinowych.

6. Dekarbonizacja morskiej turystyki – połowa urlopów, jakie spędza ludzkość, odbywa się na plaży, jest to więc cały sektor, który musi przejść dekarbonizację. I nie chodzi tylko o paliwo w statkach, ale także wykorzystanie energii morskiej do zasilania ośrodków wypoczynkowych.

7. Zmniejszenie wydobycia ropy i gazu na morzu – to najbardziej oczywiste działanie, które potencjalnie może odpowiadać za 38 proc. całej redukcji CO_2, jaką oferują oceany.





POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Sekwestranci: Skały **TREND**

Dopiero rodzącą się technologią gromadzenia CO_2 poza atmosferą jest wykorzystywanie minerałów. To tzw. mineral carbonation, co można dość niezgrabnie tłumaczyć jako karbonatyzacja mineralna (ew. mineral sequestration).

Fot.: Joe deSousa

POTENCJAŁ

W tym przypadku wychwycony CO_2 reaguje z materiałami zawierającymi tlenki metali, tworząc w ten sposób odpowiednie węglany i stały produkt uboczny, na przykład krzemionkę. Produkty karbonatyzacji minerałów to naturalnie występujące, stabilne ciała stałe, które zapewniają zdolność magazynowania w geologicznej skali czasu. Złoża krzemianu magnezu i wapnia wystarczą do wiązania CO_2, który mógłby powstać w wyniku spalania wszystkich zasobów paliw kopalnych. Aby związać tonę CO_2, potrzeba około 1,6 do 3,7 tony skał. Co więcej, z termodynamicznego punktu widzenia nieorganiczne węglany reprezentują niższy stan energetyczny niż CO_2, stąd reakcja karbonatyzacji jest egzotermiczna i teoretycznie może dostarczyć energię. Proces jest jednak powolny. Technologia wciąż jest w fazie rozwoju i nie jest jeszcze gotowa do wdrożenia. Najlepszym zbadanym dotychczas przypadkiem jest mokra karbonatyzacja naturalnego oliwinu krzemianowego, która wg danych IPCC kosztuje od 50 do 100 dol. za tonę zmagazynowanego CO_2 i przekłada się na 30-50 proc. oszczędności energii w pierwotnej elektrowni.

JAK TO SIĘ ROBI

Bardzo dobrym absorberem CO_2 są skały bazaltowe. Wykorzystuje to m.in. CarbFix, firma, która dwutlenek węgla łączy z wodą, tworząc coś w rodzaju wody gazowanej. Tę wtłacza pod ziemię, gdzie znajduje się bazalt. Dzięki wysokiemu ciśnieniu gaz się nie ulatnia, a w kontakcie ze skałą woda gazowana uwalnia dostępne kationy, takie jak wapń, magnez i żelazo, które łączą się z rozpuszczonym CO_2 i tworzą węglany wypełniające puste przestrzenie (pory) w bazalcie. Skala czasowa tego procesu okazała się bardzo krótka – co najmniej 95 proc. wstrzykniętego CO_2 ulega mineralizacji w ciągu dwóch lat. Pułapką na CO_2 jest także wapień. Pod wpływem ciepła rozpada się na tlenek wapnia i dwutlenek węgla. Następnie tlenek wapnia jest rozprowadzany na specjalnych tacach, gdzie jak gąbka może pochłaniać CO_2 z powietrza. Pozostały z rozpadu skały gaz jest izolowany, by zostać zmagazynowany pod ziemią. Na razie technologia wciąż jest droga – wg danych z 2022 roku koszty oscylują między 250 a 600 dol. za tonę CO_2, ale jej autorzy chcą je obniżyć do 100 dol. za tonę.

GRACZE

CarbFix
Lithos Carbon
Heirloom
Carbon Direct
Caltex
ADNOC

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

CASE: RAFOWANIE CO_2

Zmniejszenie śladu węglowego to trudny i żmudny proces, wymagający wielu wyrzeczeń. Dlatego ludzkość z taką nadzieją patrzy na wszelkie technologie, które pozwoliłyby nam zrobić od razu krok dalej, wychwytując i usuwając CO_2 bezpośrednio z atmosfery. Zresztą bez względu na to, do jakiej perfekcji dojdziemy w ograniczeniu emisji, i tak zostanie go w atmosferze całkiem sporo i będziemy jakoś musieli usunąć z niej miliardy ton węgla. Na dzień dzisiejszy największym wyzwaniem są koszty takich technologii oraz znalezienie metody trwałego pozbycia się wychwyconego CO_2.

Zdając sobie z tego sprawę, Mary Yap i Chris Reinhard, twórcy start-upu Lithos Carbon, postanowili opracować naturalną metodę redukującą gaz cieplarniany z atmosfery. Punktem wyjścia jest bazalt, czarna magmowa skała powszechnie występująca na wyspach wulkanicznych, takich jak Hawaje czy Islandia. Lithos przetwarza skałę na pył bazaltowy, który następnie jest rozprowadzany na polach uprawnych. Kiedy woda deszczowa miesza się z pyłem bazaltowym, wyzwala reakcję chemiczną, która wychwytuje i zatrzymuje CO_2 w postaci wodorowęglanu.

Wodorowęglan wpływa następnie do rzek i otwartego oceanu, gdzie odżywia rafy koralowe i muszle krabów, ostryg i innych organizmów. Kiedy te stworzenia umierają, węgiel jest trwale sekwestrowany jako skała na dnie oceanu. „Wysysamy dwutlenek węgla z atmosfery i przechowujemy go na stałe przez 10 000 do 100 000 lat”, mówi Mary Yap, współzałożycielka i szefowa Lithos Carbon.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

CO_2 jako surowiec

TREND

Wykorzystanie CO_2 jako surowca do produkcji jest dziś marginalne, ale wg IEA pod koniec dekady już około 23 proc. wychwyconego dwutlenku węgla (234 Mt) może być przetwarzane każdego roku.

Fot.: On

ROZWÓJ

Jedną z kluczowych barier są koszty. Średnia cena, po której klienci kupują CO_2, waha się pomiędzy 60 a 150 dol., czyli znacznie poniżej kosztów sekwestracji. Pojawienie się tańszych technologii CCS jest więc kluczowe dla przetwórstwa CO_2. Mocno stawia na to firma badawcza Lux Research, według której globalny rynek utylizacji CO_2 ma do 2030 roku sięgnąć 70 mld dol., a już w 2040 roku jego wartość może skoczyć do 550 mld dol. CO_2 można wykorzystać w sześciu typach produktów: materiałach budowlanych, chemikaliach, paliwach, dodatkach węglowych, polimerach i proteinach. Przewidywany wzrost wiąże się przede wszystkim z materiałami budowlanymi – do 2040 mają stanowić aż 86 proc. rynku utylizacji CO_2. W dużej mierze wynika to z niskich barier technologicznych. W przypadku paliw, chemikaliów surowcowych i dodatków węglowych potencjał utylizacji CO_2 jest również bardzo duży, ale wymaga intensywnego rozwoju technologii.

TECHNOLOGIA

Dziś podstawowym produktem powstającym z CO_2 jest etanol. To m.in. specjalność LanzaTech, która dysponuje już trzema zakładami przetwórczymi. W bioreaktorach dwutlenek węgla przy użyciu mikroorganizmów fermentuje razem z wodorem i tlenkiem węgla. W podobny sposób etylen produkuje także start-up Dioxycle, w który zainwestował Bill Gates. Surowiec ten jest o tyle dobry, że bardzo uniwersalny. Na bazie etanolu LanzaTech wytwarza paliwo do samolotów, Beiersdorf używa go w kremach Nivea dla mężczyzn, a Zara wykorzystuje w przędzy poliestrowej, z której szyje ubrania. W tym obszarze potencjał jest spory, bo etylen z CO_2 trafił już do trampek Cloudprime firmy On oraz polarowych ubrań Craghoppers. W modzie używa się także celulozy wyprodukowanej z CO_2, co jest specjalnością kalifornijskiego start-upu Rubi. Wykorzystują go m.in. do produkcji lyocellu, elastycznej tkaniny przypominającej bawełnę. W klasycznej produkcji każdy jej kilogram emituje 5-10 kg CO_2. Rubi całkowicie rozwiązuje ten problem, a swoją celulozę wplata także w wiskozę i sztuczny jedwab.

GRACZE

LanzaTech
Dioxycle
Rubi
Twelve
Beiersdorf
Coty
Zara
On
Craghoppers
Unilever

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Paliwo z CO_2 **TREND**

Koncepcja wykorzystania CO_2 do produkcji nośników energetycznych jest całkiem naturalna – jest to główne paliwo w procesie fotosyntezy, która „urabia" węgiel. Poza samą technologią kluczowe, aby energia zasilająca ich produkcję była ekologiczna.

JAK TO SIĘ ROBI

Najbliższy samej fotosyntezie jest foto-elektryczno-chemiczny proces przewidujący przetwarzanie dwutlenku węgla rozpuszczonego w elektrolicie (Institute for Solar Fuels). Inicjuje go energia dostarczana z ogniw słonecznych. Podobnie jak w przypadku roślin także w wyniku tego procesu mamy dwa podstawowe produkty. Pierwszy to tlen ulatujący do atmosfery, a drugi – materiał bogaty np. w alkohol lub wysokonasycony kwas tłuszczowy, czyli biopaliwa. Inny sposób to wykorzystanie reaktora termochemicznego (Synhelion), który wytwarza gaz syntezowy przetwarzany w paliwa za pomocą standardowej technologii gas-to-liquids. Całkiem inną propozycję ma amerykański start-up Twelve, który wykorzystuje autorską technologię katalizy metalowej. Dzięki niej cząsteczki CO_2 i wody rozbijane są na mniejsze cząstki, a następnie przekształcane w nowe chemikalia takie jak paliwo lotnicze E-Jet. Testowały je siły powietrzne armii USA, mieszając pół na pół z tradycyjną ropą. W tym roku firma ma otworzyć swoją pierwszą „rafinerię".

WYZWANIA

Sprawą zasadniczą są koszty produkcji paliwa z CO_2, które ma rosnącą, czystą konkurencję w postaci baterii i wodoru. Stąd prace nad tańszymi metodami przetwarzania prowadzone m.in. na MIT i Harvardzie, gdzie naukowcy opracowali wydajny proces, który może przekształcić dwutlenek węgla w tzw. miarczan. To ciekły lub stały materiał, który może być używany jako wodór lub metanol do zasilania ogniwa paliwowego i wytwarzania energii elektrycznej. Nowy proces osiąga konwersję znacznie ponad 90 proc. CO_2 – zwykle przy przekształcaniu CO_2 w tlenek węgla jest to 20 proc. – i eliminuje potrzebę nieefektywnego etapu ogrzewania węglanu wapnia, w którym sekwestrowany jest gaz. Dylematem bardziej moralnym niż ekonomicznym czy technicznym jest to, co zrobić z tego typu paliwami. Wykorzystanie ich w silnikach sprawi, że cykl produkcji CO_2 zostanie odtworzony, chociaż już w zamkniętym kręgu.

KLUCZOWI GRACZE

Twelve
Synhelion
$SeeO_2$ Energy
Prometheus
Fixing CO_2
CAPHENIA
LanzaJet (LanzaTech)

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Jedzenie z CO_2

TREND

Węgiel i tlen to obok wodoru podstawowy budulec każdej substancji odżywczej – cukrów, tłuszczów czy aminokwasów tworzących białka. Stąd całkiem naturalny jest pomysł, aby niechciane CO_2 wykorzystać do produkcji żywności.

JAK TO SIĘ ROBI

Pomysłów na spożytkowanie CO_2 w branży spożywczej jest dużo. Z powodzeniem można go przekształcić w kwasy tłuszczowe omega-3 oraz lipidy, które mogą pełnić funkcję zamienników np. dla oleju spożywczego (LanzaTech). Proces polega na dostarczaniu odpadowego węgla oraz wodoru organizmom, które je trawią i zamieniają w octan. Później pałeczkę przejmują algi, które zazwyczaj żywią się węglowodanami, ale są w stanie także konsumować octan, zamieniając go w lipidy i kwasy omega-3. W tego typu technologiach kluczową rolę zazwyczaj odgrywają mikroby, takie jak np. archeony, jedne z najstarszych mieszkańców Ziemi, które do wytworzenia wysokobiałkowego pokarmu potrzebują właśnie CO_2. Aby zoptymalizować tę technologię, Fundacja Billa i Melindy Gatesów oraz Fundacja Novo Nordisk powołały w ub.r. konsorcjum, które w ciągu dwóch lat chce pokazać pierwsze projekty demonstracyjne.

KORZYŚCI

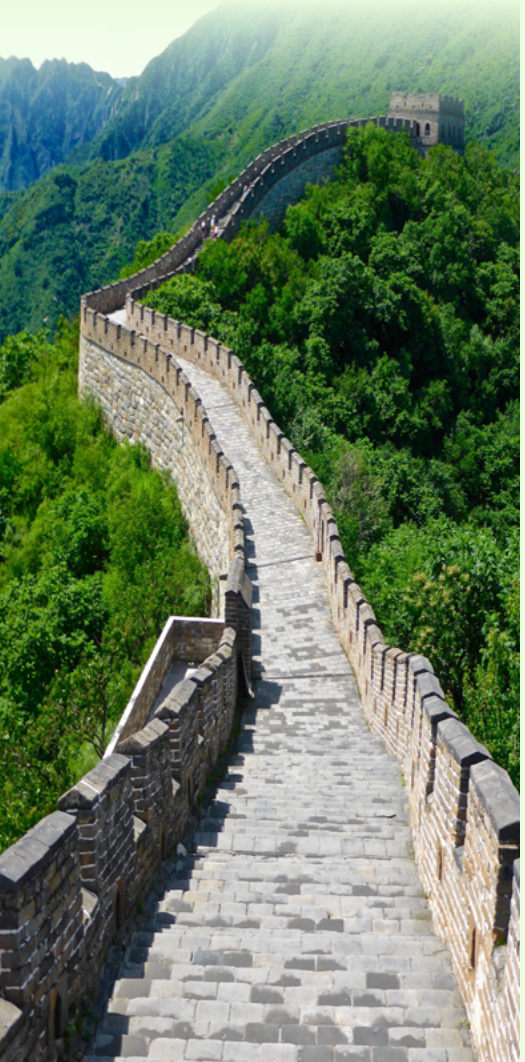
Z perspektywy środowiskowej szczególnie ciekawe jest przetwórstwo dwutlenku węgla na tłuszcze. Są one zamiennikiem oleju palmowego, którego uprawa bardzo niszczy lasy równikowe. Co więcej, funkcję zamienników pełnią też kwasy tłuszczowe omega-3, które są alternatywą dla oleju tłoczonego z ryb, najbardziej zagrożonych kręgowców, które są źródłem białka zwierzęcego. Samo białko jest też najbardziej pożądanym produktem tworzonym na bazie CO_2. Archeony są w stanie wytworzyć wszystkie 20 niezbędnych aminokwasów, które składają się na białko potrzebne ludziom do przetrwania. Stąd pomysł, aby wykorzystać je w analogach mięsa i nabiału takich jak mleko czy mięso roślinne. Już przy pomocy mikrobów dwutlenek węgla przerabia się na białko nadające się na paszę dla ryb (NovoNutrients). Octan wykorzystany jako zamiennik cukru w fermentacji uwolnić też może obszary rolne przeznaczone na plantacje buraków cukrowych.

GRACZE

LanzaTech
Akreon Biotechnologies
NovoNutrients
Fundacja Billa i Melindy Gatesów
Fundacja Novo Nordisk
Topsoe
Novozymes

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Zielone wyzwanie



● Rozwój technologii CCS czy DAC nabiera tempa, ale to nie one są kluczowe dla pochłaniania dwutlenku węgla, lecz tzw. naturalne rozwiązanie klimatyczne (NCS – Natural Climate Solution). To przede wszystkim leśnictwo, które ma do odpracowania całe wieki intensywnej wycinki. W ciągu ostatnich 6 tys. lat co najmniej połowa europejskich lasów zniknęła, a w niektórych krajach – jak Irlandia, Dania czy Holandia – utraconych zostało 85-90 proc. obszarów leśnych.

● Proceder ten zresztą trwa. W ciągu minionych dwóch dekad 2000-2020 lesistość zmniejszyła się z 41,2 do 40,2 mln km kw., co oznacza, że od początku wieku zniknęło 2,4 proc. powierzchni lasów (dziś stanowią 31 proc. analizowanej powierzchni lądowej). W tym czasie wykarczowano 2,3 mln km kw. lasów, ale jednocześnie posadzono 1,3 mln km kw. nowych na tzw. gruntach nieleśnych. To jednak nie wszystko. Od 2000 roku zlikwidowano 5,6 proc. lasów, ale kolejne 8 proc. dotknęło naruszenie poziomu drzewostanu lub zmniejszenie wysokości drzew o co najmniej połowę. Trzy najczęstsze powody karczowania to ekspansja rolnictwa, pozyskiwanie surowca drzewnego oraz pożary. Takie praktyki nie tylko pozbawiają nas naturalnych filtrów, ale także przyczyniają się do dodatkowej produkcji CO_2 – średnio na całym świecie usuwanie drzew odpowiada za 7-30 proc. emisji gazów cieplarnianych (w Afryce jest to 20 proc.).

● Konieczne jest więc odwrócenie biegu spraw – nie tylko powstrzymanie deforestacji, ale także odbudowa zielonej tkanki (tzw. reforestacja), a nawet sadzenie lasów w miejscach, gdzie ich dotychczas nie było (tzw. aforestacja). ONZ oszacowało, że wystarczy bilion nowych drzew na gruntach o powierzchni około miliarda hektarów, a uda nam się powstrzymać skutki globalnego ocieplenia. Naukowcy z ETH w Zurychu opracowali nawet plan, jak to zrobić, i stworzyli mapę, która wskazała aż 1,7 mld hektarów gruntów nadających się do zalesienia. To obszar większy niż łączna powierzchnia Chin i USA. ETH tworzy bazę wiedzy o tym, jaki typ zalesienia będzie najbardziej odpowiedni w danym miejscu. Nowe nasadzenia mogłyby wchłonąć nawet dwie trzecie dwutlenku węgla wyemitowanego od czasu rewolucji przemysłowej.

● Podobną mapę stworzyli naukowcy z Uniwersytetu w São Paulo. Ustalili, że jest 15 krajów o największym potencjale odbudowy lasów.

	Lasy km² x 10⁶		Zmiana netto 2000-2020		Straty brutto		Przyrost brutto		Degradacja lasów	
	2000	2020	Areał km² x 10⁶	Proc. areału 2020	Areał km² x 10⁶	Proc. areału 2020	Areał km² x 10⁶	Proc. areału 2020	Areał km² x 10⁶	Proc. areału 2020
Afryka	7,07	6,74	-0,32	-4,6	0,45	6,3	0,12	1,8	0,98	13,9
Azja	13,25	13,10	-0,15	-1,1	0,62	4,7	0,47	3,6	1,97	14,9
Australia	1,48	1,47	-0,01	-0,8	0,03	2,3	0,02	1,6	0,14	9,3
Europa	3,74	3,80	0,06	1,7	0,15	4,0	0,21	5,6	0,46	12,2
Ameryka Płn.	6,90	6,75	-0,15	-2,1	0,48	7,0	0,33	4,9	1,05	15,2
Ameryka Płd.	8,73	8,34	-0,44	-5,0	0,58	6,6	0,14	1,7	1,02	11,6
Świat	41,23	40,22	-1,01	-2,4	2,31	5,6	1,31	3,3	5,61	13,6

Lasy zdefiniowane jako piksele Landsat ARD o wysokości ≥ 5m. Degradacja lasów obejmuje obszar utraty lasów brutto, obszar lasów dotkniętych zaburzeniami drzewostanu oraz lasy, w których wysokość korony zmniejszyła się o minimum 50 proc.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Oczywiście numerem jeden jest Brazylia ze względu na wielkość oraz położenie. Duży potencjał mają też Indonezja, Indie, Madagaskar, Kolumbia, Filipiny, Wietnam, Birma, Tajlandia, Rwanda, Uganda, Burundi, Togo, a nawet Sudan Południowy. Co ważne, 70 proc. miejsc, które zostały wyznaczone, rozpoczęło już ponowne zalesianie na mocy układu ustalonego w Niemczech w 2011 roku. Zgodnie z nim do 2030 roku ma zostać odtworzony las na 350 mln hektarów na całym świecie.

Każdy kraj i region ma zresztą indywidualne polityki oraz cele związane z odtwarzaniem lasów.

Unia Europejska. Do 2030 roku na terenie krajów Wspólnoty zostanie posadzonych 3 mld nowych drzew. Komisja Europejska twierdzi, że dzięki masowemu sadzeniu drzew będzie można ochronić około 30 proc. ziemi i mórz regionu i przytacza badania naukowe, które sugerują, że taka ilość jest niezbędna do zachowania różnorodności biologicznej na kontynencie. To pierwsza naprawdę poważna strategia mająca na celu zwiększenie różnorodności biologicznej na tak dużą skalę.

USA. Za oceanem również mają ambitne plany powiększenia terenów zielonych. Tutaj inicjatywa jest jednak oddolna, a stoi za nią pozarządowa organizacja American Forests (AF). Udało jej się zbudować koalicję amerykańskich miast, którym zależy na inwestycji w bioróżnorodność. Pod koniec sierpnia 2022 roku zobowiązały się do zasadzenia i odtworzenia ponad 855 mln drzew w ciągu najbliższych 10 lat. Zielona koalicja ma nadzieję, że w ten sposób będzie nie tylko skuteczniej walczyć ze zmianami klimatycznymi, ale też zmniejszy nierówności w swoich miastach.

Chiny. Nowy las wielkości Szwajcarii: taki plan zalesiania Chińczycy wyznaczyli sobie w 2023 roku (pod nowe lasy zarezerwowano prawie 50 tys. km kw.). Po raz pierwszy do zalesiania na taką skalę wzięli się pięć lat temu i od tego czasu wydali na nie 100 mld euro. Na tej akcji ich ambitne plany się nie kończą. W maju zeszłego roku w Davos China Green Foundation ogłosiła, że do 2030 roku zasadzi 70 mld nowych drzew. To pokazuje, że kiedy Chińczycy do czegoś się biorą, to interesuje ich tylko duża skala. Kiedyś były to kopalnie, ale dziś sentyment decydentów się odwrócił. Nowa zielona inicjatywa jest tak ambitna, że władze chcą włączyć w akcję całe społeczeństwo, od zwykłych obywateli po biznes i samorządy lokalne. Wszyscy mają się zaangażować w działania na rzecz sadzenia drzew.
Wszystkie te poczynania składają się na długofalowy plan wzrostu powierzchni lasów w Chinach. Początkowo planowano w 2035 roku dojście do zalesienia kraju na poziomie 26 proc., czyli co roku miałby powstawać las odpowiadający 0,25 proc. kraju. Ale wobec postępu globalnego ocieplenia i presji ze strony innych państw Chiny postanowiły podnieść ten wskaźnik o prawie 40 proc. To, co zrobią, jest kluczowe dla całej planety. Zgodnie z nowym planem w Państwie Środka będzie powstawało ponad 25 proc. nowych terenów zielonych na świecie.

Fot.: Lauri Poldre

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Superdrzewa **TREND**

W zalesianiu idzie nie tylko o ilość i skalę, ale także o jakość. Chodzi o to, aby sadzić jak najefektywniej i jak najlepiej dostosowane gatunki drzew.

Fot.: Thomas

TECHNIKA SADZENIA

Z zalesianiem jest ten problem, że połowa drzew sadzonych podczas reforestacji nie przeżywa więcej niż pięć lat. Analiza obejmująca 176 miejsc odtwarzania lasów w tropikalnej i subtropikalnej Azji wskazuje, że aż 18 proc. próbek obumarło w pierwszym roku sadzenia, a pięciu lat nie przeżyło 44 proc. młodych drzew. To wynik zbyt mało zróżnicowanego podejścia do zalesiania. Dla odniesienia większego sukcesu sadzenie drzew powinno przebiegać zgodnie z indywidualnymi preferencjami roślin. Wskaźnik przeżycia posadzonych drzew zależy od gatunku i miejsca posadzenia. Okazuje się bowiem, że niektóre gatunki mają wskaźnik przeżycia przekraczający 80 proc. w ciągu pięciu lat, a w innych miejscach prawie wszystkie drzewa obumarły. Przy sadzeniu ważne jest też dokładne oszacowanie „możliwości przetwórczych" drzew. Stąd pojawiają się narzędzia, które pozwalają wyliczyć, ile CO_2 wchłonie każde drzewo: lidary do mapowania terenu i AI do analizy wyników. Znając rozmiar i gatunek drzew, narzędzia te mogą dość precyzyjnie oszacować, jak wiele CO_2 pochłaniają – na Manhattanie jest to np. 52 Kt CO_2.

TECHNOLOGIA ZIELENI

Ważny jest sam dobór gatunków. Do tzw. superdrzew zalicza się szybko rosnący azjatycki eukaliptus tęczowy, a ONZ do nowych nasadzeń poleca daglezję zieloną znaną głównie z Ameryki. Na liście jest też sosna oraz dąb. Aby wydajność była jeszcze większa, naukowcy pracują nad tym, by ulepszyć w nich fotosyntezę – Living Carbon wykazał, że drzewa genetycznie modyfikowane mają szybsze tempo wzrostu i akumulują o 53 proc. więcej biomasy. Ten wynik dotyczy topoli, którą firma na dużą skalę posadziła w Georgii. Celem Living Carbon jest zmniejszenie o 2 proc. światowych emisji do 2050 roku przy wykorzystaniu około 13 mln akrów ziemi. Nadzieje wiąże także z wodnymi paprociami azolla. Nowymi gatunkami szybko rosnących drzew zainteresowany jest przemysł leśniczy, który upatruje w tym skrócenie czasu „produkcji". Dotyczy to m.in. brazylijskiego Suzano, które dzięki modyfikacjom genetycznym zbiór eukaliptusów chce prowadzić nie co 7 lat, ale co 5,5 roku, uzyskując drzewa o 20-30 proc. bardziej masywne.

GRACZE

Living Carbon
Vidalia Valley
IBM
FuturaGene
ArborGen
Suzano

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Nowi leśnicy

TREND

Od czasu kiedy nie tylko osoby prywatne, ale przedsiębiorstwa realizujące polityki ESG zaczęły inwestować w tzw. zielony offset i nasadzenia, w leśnej branży pojawił się prywatny kapitał. To bodziec dla firm z pogranicza biznesu i działalności ekologicznej, aby rozwinąć nowe metody zalesiania.

Fot.: U.S. Fish and Wildlife Service

JAK TO SIĘ ROBI

Z technicznego punktu widzenia proces nie jest zbyt skomplikowany. Najpierw wynajduje się grunt pod zalesienie, po czym odtwarza zieleń. Można robić to ręcznie, sadząc młode drzewka, albo wysiewać las w sposób bardziej zautomatyzowany, przy wykorzystaniu dronów. Latając nad ziemią, najpierw mapują topografię terenu i warunki glebowe, tak aby zidentyfikować najlepszy obszar do obsadzenia, a później wystrzeliwują biodegradowalne pojemniki wypełnione nasionami i substancjami odżywczymi. Jak szacuje start-up Now, drony mogą wysiać 20 mld drzew rocznie, czyli w ciągu 50 lat osiągniemy cel 1 bln nasadzeń.

BARIERY

Przede wszystkim z przytoczonych już wcześniej badań wynika, że wysiać a zalesić to duża różnica. Połowa drzew się nie przyjmuje. Stąd proste rozrzucenie nasion to za mało. Pierwszą rzeczą jest stworzenie odpowiedniego banku nasion najlepszych dla danych lokalizacji. Niekiedy ważna okazuje się także rekultywacja gruntów i np. ich dodatkowe nawodnienie. Na końcu trzeba też stworzyć odpowiednio wyszkolone grupy leśników (i wyposażone w narzędzia technologiczne), które będą lokalnie dbały o prawidłowy wzrost lasów. W końcu to projekt długoterminowy. Niezwykle ważny jest sam początek procesu, czyli pozyskanie finansowania na tego typu projekt. Stąd powstały nowe platformy i takie organizacje jak Bankers without Boundaries (Bankierzy bez Granic), które szacują, że przywrócenie 2,3 mld akrów lasów może kosztować około 2,6 bln dol.

KLUCZOWI GRACZE

Terraformation
Seed to Carbon
Now
Tree Nation
One Tree Planet
Brynk
Bankers without Boundaries

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Akcja zieleń w mieście **TREND**

Paradoksalnie w trudnych dla przyrody czasach leśną ostoją stają się miasta. Ich mieszkańcy są bowiem najbardziej wrażliwi środowiskowo i świadomi zagrożeń klimatycznych.

Fot: Валерий Дед

WYZWANIE

Compare The Market przygotował nawet raport, ile drzew powinny sadzić poszczególne miasta, aby zneutralizować emisje CO_2 – np. Warszawa ma ich do posadzenia 1,6 mln rocznie. Badanie oparto na informacjach dostępnych w zbiorze danych Global Carbon Atlas Global City Emissions, który mierzy poziomy emisji, a z drugiej strony skalkulowano w nim, jak duży musi być zielony offset przypadający na poszczególne miasta. Podstawowe założenie jest takie, że pięć zasadzonych drzew może oczyścić każdą tonę wyprodukowanego dwutlenku węgla. „Drzewo zasadzone w wilgotnych tropikach pochłania średnio 22 kg dwutlenku węgla rocznie przez 40 lat, ale w miarę wzrostu drzewa konkurują o zasoby i niektóre mogą umrzeć lub zostać zniszczone", zaznaczają autorzy raportu.
Jak widać w zestawieniu obok, najwięcej do zrobienia mają metropolie Azji z Pekinem na czele (15 mln drzew rocznie), które zajmują trzy pierwsze miejsca i połowę lokat z pierwszej dziesiątki. Z kolei za Warszawą znajdują się m.in. Madryt, Mediolan, Paryż, Bruksela i Amsterdam.

DZIAŁANIE

W Europie jednym z liderów zalesiania jest Paryż, który na północnych peryferiach (Pierrelaye-Bessancourt) odtwarza las zajmujący 1,4 tys. ha. Ambitne plany ma także burmistrz Londynu Sadiq Khan, który w pierwszej kadencji posadził 250 tys. drzew i zamierza zwiększyć pokrycie powierzchni miasta koronami drzew z 13 do 23 proc. w 2050 roku. Większą pracę niż w Londynie wykonali jednak warszawscy ogrodnicy, którzy od początku obecnej kadencji zasadzili ponad 600 tys. drzew. Dziś polska stolica ma ich około 9 mln, czyli więcej niż trzy razy większy Londyn (8,4 mln). Tam na mieszkańca przypada jedno drzewo, a w Warszawie prawie pięć. Ogromny potencjał mają miasta USA, których powierzchnia w ciągu najbliższych 50 lat zwiększy się o 71 proc. (275 tys. km kw., czyli 4/5 pow. Polski). National Forest Service policzył też, że w miejskich lasach w Ameryce znajduje się 5,5 mld drzew. Biorąc pod uwagę ich rolę w obniżaniu emisji CO_2, usuwaniu zanieczyszczeń, poprawieniu efektywności energetycznej oraz sekwestracji węgla, co roku pozwalają oszczędzać 31 mld dol.

Ile drzew musiałyby rocznie sadzić miasta na całym świecie, aby zrównoważyć swój ślad węglowy?

	Miasto	Kraj	Emisje CO_2 lub odp.	Roczna ilość dodatkowych drzew
1	Beijing	China	75,104,879	15,020,976
2	Singapore	Singapore	46,831,680	9,366,336
3	Hong Kong	Hong Kong	44,876,460	8,975,292
4	Istanbul	Turkey	37,199,137	7,439,827
5	Lagos	Nigeria	29,426,266	5,885,253
6	Tokyo	Japan	27,611,000	5,522,200
7	Seoul	South Korea	25,082,520	5,016,504
8	Santiago	Chile	23,120,028	4,624,006
9	London	United Kingdom	20,620,000	4,124,000
10	Mexico City	Mexico	16,842,493	3,368,499
11	Toronto*	Canada	16,151,019	3,230,204
12	Buenos Aires	Argentina	15,561,157	3,112,231
13	Caracas	Venezuela	14,364,103	2,872,821
14	Lima	Peru	12,378,734	2,475,747
15	Bogotá	Colombia	10,679,585	2,135,917
16	Cape Town	South Africa	9,783,734	1,956,747
17	Warsaw	Poland	7,930,452	1,586,090
18	Brasília	Brazil	7,739,830	1,547,966
19	Madrid	Spain	6,796,577	1,359,115
20	Taipei	Taiwan	6,493,593	1,298,719
21	Milan*	Italy	3,728,678	745,736
22	Addis Ababa	Ethiopia	3,708,292	741,658
23	Paris	France	3,359,242	671,848
24	Amman	Jordan	3,322,603	664,521
25	Brussels	Belgium	3,293,000	658,600
26	Washington, D.C.	United States	3,132,786	626,557
27	Windhoek	Namibia	2,829,997	565,999
28	Amsterdam	Netherlands	2,161,000	432,200
29	Helsinki	Finland	2,096,206	419,241

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Świat się pali

Fot. National Interagency Fire Center

● Jak niszczycielską siłą mogą być pożary lasu, w tym roku przekonały się także mieszczuchy, stojące zwykle z dala od dużego ognia. Chodzi o nowojorczyków, których latem zasnuła mgła dymu przybyła aż z Kanady. Fala upałów, jaka spadła na Amerykę, przyniosła tam plagę pożarów. W ciągu siedmiu pierwszych miesięcy roku w Kanadzie wybuchło ich aż 5,1 tys. Objęły trudną do wyobrażenia powierzchnię 13 mln ha. Dla porównania wszystkie polskie lasy to 9,5 mln ha. A w Kanadzie w tym roku płonął obszar powierzchni całej Grecji (Chińczycy z kolei obliczyli, że to 7,5 razy więcej powierzchni niż wszystkie pożary, jakie ich kraj nawiedziły w XXI wieku). Czarne pióropusze dymu dotarły zresztą nie tylko do Nowego Jorku, ale także do Europy.

● To najtragiczniejszy sezon w historii kanadyjskich lasów – już w czerwcu został pobity poprzedni rekordowy wynik całego 1995 roku. Aby zbadać skalę zjawiska i jego wpływ na klimat, Instytut Ekologii Stosowanej Chińskiej Akademii Nauk, wykorzystując technologię teledetekcji, oszacował, jak duża emisja CO_2 towarzyszy pożarom. Wynik liczony na dzień 26 lipca sięga miliarda ton. To tyle, ile w ciągu roku emituje cała branża lotnicza lub 222 mln samochodów, czyli niemal tyle, ile jest ich w Europie (246 mln).

● Pożary od lat sprawiają, że zielone płuca Ziemi, czyli Amazonia, wyglądają raczej jak płuca nałogowego palacza. Emituje bowiem trzy razy więcej CO_2, niż go pochłania. Puszcza swój wyjątkowy status traci przez prowadzone na dużą skalę wylesianie, a zwłaszcza wypalanie, najpopularniejszy sposób na pozyskanie nowych terenów pod uprawę soi – której Brazylia jest największym producentem na świecie – oraz pastwisk dla bydła. Pożary są tak ogromnym źródłem emisji CO_2, że sam las tropikalny nie jest w stanie go wchłonąć. Dla oszacowania emisji, która sięga miliarda ton dwutlenku węgla rocznie (to tyle, ile produkuje Japonia), naukowcy użyli małych samolotów – poziom CO_2 mierzyli ponad koronami drzew, aż do 4,5 tys. m ponad koronami. Ich prace trwały od 2010 do 2018 roku. Badanie wykazało, że same pożary produkują 1,5 Mt CO_2 rocznie, podczas gdy wzrost lasów usuwa jedynie około 0,5 Mt CO_2 rocznie.

● Superpożary pompują przy tym dym do stratosfery, a badanie MIT wykazało, że zawieszone tam cząstki napędzają reakcje chemiczne, które wywołują erozję warstwy ozonowej chroniącej Ziemię przed szkodliwym promieniowaniem ultrafioletowym Słońca. Przykładem takiej katastrofy były najbardziej niszczycielskie w historii Australii pożary z tzw. czarnego lata 2019/2020, które wpompowały do atmosfery ponad 1 mln ton dymu. Według szacunków naukowców z MIT pożary te prawdopodobnie przyczyniły się do 3-5 proc. całkowitego zubożenia ozonu na średnich szerokościach geograficznych na półkuli południowej, w regionach nad Australią, Nową Zelandią oraz w niektórych częściach Afryki i Ameryki Południowej.

● Model badaczy wskazuje również, że pożary miały wpływ na regiony polarne, pochłaniając krawędzie dziury ozonowej nad Antarktydą. Pod koniec 2020 roku cząsteczki dymu z australijskich pożarów poszerzyły dziurę ozonową Antarktydy o 2,5 mln km kw. – 10 proc. jej powierzchni w porównaniu z rokiem poprzednim. Naukowcy odkryli, że związki zawierające chlor, pierwotnie emitowane przez fabryki w postaci chlorofluorowęglowodorów (CFC), mogą reagować z powierzchnią aerozoli ogniowych. Odkryli, że ta interakcja wywołała kaskadę chemiczną, która wytworzyła tlenek chloru – ostateczną cząsteczkę zubożającą warstwę ozonową.

„Pierwszą bardzo złą wiadomością jest to, że pożary Amazonii produkują blisko trzy razy więcej CO_2, niż las pochłania. Druga jest taka, że w miejscach, gdzie wylesienie wynosi 30 proc. lub więcej, emisja dwutlenku węgla jest 10 razy wyższa niż tam, gdzie wylesienie jest niższe niż 20 proc.”

Luciana Gatti z Narodowego Instytutu Badań Kosmicznych w Brazylii

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Sojusz zielono-niebieski **TREND**

Od zielonego lepszy jest tylko zielono-niebieski. Chodzi o wyjątkowo wydajne połączenie roślin z wodą oraz nadbrzeżne ekosystemy nazwane Blue Carbon, które mają ogromne możliwości gromadzenia CO_2.

NIEBIESKI WĘGIEL

Blue Carbon czy też niebieski węgiel odnosi się do węgla, który jest wychwytywany z atmosfery i przechowywany w ekosystemach morskich i przybrzeżnych, takich jak łąki trawy morskiej, namorzyny i bagna pływowe. Ekosystemy te są elektrowniami do usuwania dwutlenku węgla, gromadzącymi do pięciu razy więcej węgla na kilometr niż lasy tropikalne i pochłaniającymi go z atmosfery jakieś trzy razy szybciej. Pomimo pokrycia tylko około 0,5 proc. dna morskiego ekosystemy niebieskiego węgla mogą stanowić ponad 50 proc. całego węgla zakopanego w osadach morskich. Jak przekonuje WRI, jednym z powodów, dla których te ekosystemy są tak wydajne w usuwaniu i magazynowaniu węgla, jest to, że gatunki roślin, które zawierają, mają tendencję do szybkiego wzrostu, absorbując CO_2 z atmosfery w szybkim tempie. I zazwyczaj rosną w glebach pozbawionych tlenu lub „beztlenowych". Pomaga to spowolnić rozkład materii roślinnej (która uwalnia CO_2 z powrotem do atmosfery), dzięki czemu węgiel może być sekwestrowany przez długi czas – często setki lub tysiące lat.

GLONY

Już teraz przybrzeżne wodorosty co roku wychwytują 173 Mt CO_2. Powstają też farmy glonów przerabiających je na żywność, ewentualnie biopaliwo. To ma być szybki, prosty i tani sposób na sekwestrację dwutlenku węgla. Stąd start-up Phykos, który postawił sobie bardzo ambitny cel: co roku sekwestrować w morskiej toni 1 Gt CO_2, czyli 25 razy więcej, niż robią to obecne systemy CCS. Zaczęli od małego, zrobotyzowanego i zasilanego energią słoneczną statku, który pływa po Pacyfiku, ciągnąc podwodny stelaż wypełniony wodorostami. Jest to więc rodzaj autonomicznych farm, tyle że na środku oceanu. Łodzie poszukują najlepszego stanowiska do wzrostu ich upraw, a wykorzystywany jest na nich kelp, glon z grupy brunatnic znany jako morszczyn pęcherzykowaty (ewentualnie kombo). Z myślą o pochłanianiu CO_2 algi uprawia się zresztą nie tylko w morzu. Taki zielony staw zasilany morską wodą Brilliant Planet uruchomił w Maroku na Saharze, w miejscu oddalonym o ponad 400 km od najbliższego miasta.

GRACZE

Blue Carbon Initiative
Phykos
Brilliant Planet
Amazon

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Metan: wróg publiczny nr 1 – energetyka

● Ilość metanu w atmosferze stale rośnie. Według danych Earth System Research Laboratory NOAA jego stężenie wzrosło do 1 926 ppb – to tzw. frakcja mola suchego powietrza, zdefiniowana jako liczba cząsteczek metanu podzielona przez całkowitą liczbę cząsteczek w próbce, po usunięciu pary wodnej (1 ppb wskazuje, że jedna na miliard cząsteczek w próbce powietrza to CH_4). Wzrost nie jest duży, bo sięga około 0,7 proc., niemniej trend jest nieubłagany. Pierwsze pomiary wykonane przez NOAA w 1983 roku wskazywały na 1.634 ppb. Od tego czasu w atmosferze przybyło więc prawie 18 proc. metanu.

● Rzecz niebanalna, bo wg danych IPCC metan jest odpowiedzialny za blisko 30 proc. wzrostu globalnych temperatur liczonego od czasu rewolucji przemysłowej. W powietrzu utrzymuje się dość krótko, bo przez mniej więcej 12 lat – w porównaniu z ponad 1000 lat dla CO_2 – ale zaraz po uwolnieniu powoduje około 120 razy większe ocieplenie. Biorąc pod uwagę okres 100 lat, potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP) metanu jest 25 razy większy niż analogicznej masy CO_2, a w okresie 20 lat nawet 72 razy większy. Rozprawienie się z jego emisją wydaje się więc pilniejsze i szybsze do zrobienia.

● Pocieszająca wiadomość jest taka, że sektor energetyczny szczyt emisji metanu ma już za sobą – poziom 135,1 Mt CH_4 odnotowany był w 2019 i od tego czasu osiągnął plateau. Nieznacznie spadły emisje branży naftowej, ale za to wzrosła emisja towarzysząca branży węglowej, za którą w połowie odpowiadają Chiny. Międzynarodowa Agencja Energii (IEA) szacuje przy tym, że dzięki istniejącej technologii przemysł paliw kopalnych mógłby uniknąć ponad 70 proc. obecnych emisji metanu. Większość z nich przy niewielkich kosztach netto lub bez nich. IEA szacuje, że w latach 2023-2030 emisje metanu z działalności związanej z paliwami kopalnymi spadną we wszystkich przygotowanych przez nią scenariuszach: w ramach STEPS o blisko 20 proc., w APS o 40 proc., a w scenariuszu NZE o 75 proc. (patrz słownik na końcu rozdziału). Blisko jedna trzecia redukcji w scenariuszu NZE wynika ze zmniejszonego zapotrzebowania na ropę, gaz i węgiel, a dwie trzecie z szybkiego wdrożenia środków i technologii redukcji emisji. Taka operacja kosztowałaby około 75 mld dol. Kwota teoretycznie niemała, stanowi jednak niecałe 2 proc. dochodu netto uzyskanego przez tę branżę w 2022 roku. Co więcej, mowa tu o projekcie rozpisanym na siedem lat.

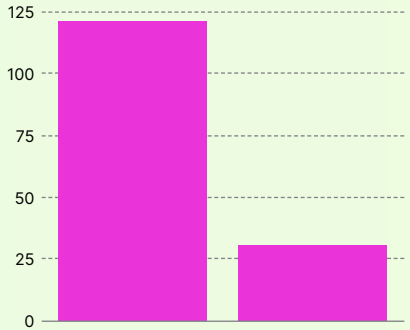
POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

● Temat emisji metanu po raz pierwszy naprawdę poważnie potraktowano w 2021 roku podczas szczytu klimatycznego COP26. Wówczas uruchomiono tzw. Global Methane Pledge (GMP), do którego przystąpiło 111 krajów odpowiadających za 45 proc. emisji. Dziś grono to liczy już 155 członków, a ostatni szczyt COP28 był okazją do złożenia nowych deklaracji i pochwalenia się pewnymi osiągnięciami. Podstawowy cel to 30 proc. redukcji emisji CH_4 do 2030 roku (czyli w pół drogi między scenariuszami STEPS i APS opisanymi przez IEA). Ważne, że w ciągu roku zebrano 1 mld dol. w dotacjach na działania związane z ograniczaniem emisji metanu.

● Liderem w tym gronie są USA, które w działalności naftowej i gazowej chcą zredukować emisję CH_4 o 80 proc. W 2024 roku za oceanem w życie wchodzi podatek nazwany IRA Methane Emissions Charge. Podobnie jak w przypadku CO_2 obłożone zostaną nim firmy, których działalności towarzyszy emisja CH_4. Opłaty zaczynają się od 900 dol. za tonę metanu uwalnianego do powietrza powyżej ustalonego progu, aby po dwóch latach dojść do poziomu 1500 dol. W przeliczeniu na tonę ekwiwalentu CO_2 jest to 36 i 50 dol. (w 2023 roku uprawnienia do emisji CO_2 oscylowały między 80 a 90 euro). Amerykanie szacują, że z nowego podatku pozyskają 1,5 mld dol., które przeznaczą na ograniczenie emisji, w tym na wymianę nieszczelnego sprzętu i monitorowanie metanu.

● Największym problemem pozostają jednak Chiny i Rosja, dwaj najwięksi emitenci metanu pochodzącego z paliw kopalnych. Razem odpowiadały za blisko jedną trzecią emisji z działalności związanej z paliwami kopalnymi. Żadne z tych państw nie zobowiązało się do bezwzględnej redukcji metanu przed 2030 rokiem i nie przystąpiło do Global Methane Pledge. Podobnie zresztą jak Indie, które wyrastają na czołowego truciciela w branży węglowej (spośród krajów UE do GMP akcesu nie zgłosiły tylko Polska, Węgry, Litwa i Łotwa, a zrobiła to już m.in. Ukraina).

Emisje metanu z paliw kopalnych wg NZE, w Mt

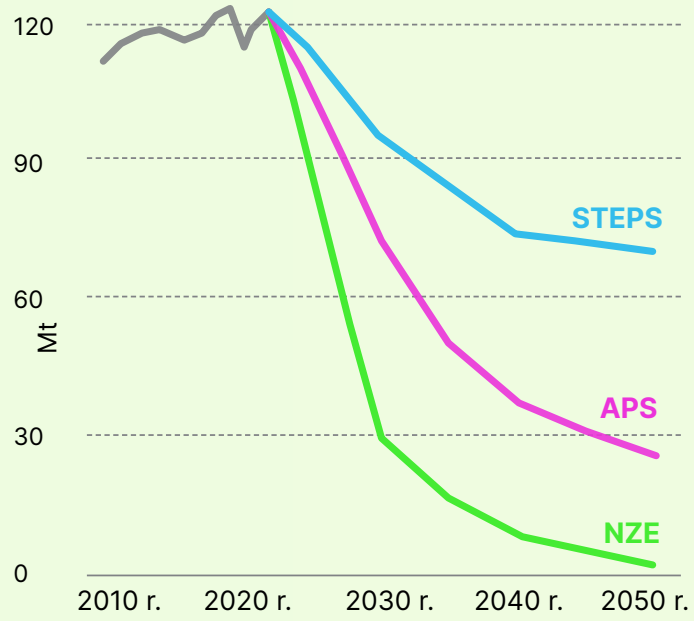


Dane: IEA

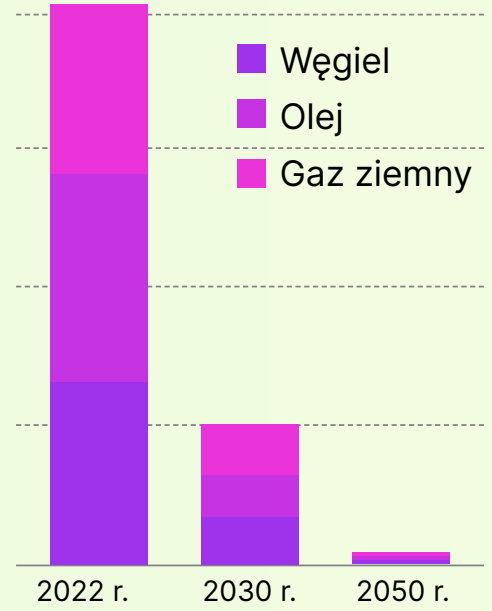
Emisje metanu z działalności związanej z paliwami kopalnymi

Jeśli kraje wywiążą się ze swoich zobowiązań, emisje metanu spadną o blisko 50 Mt do 2030 roku; w scenariuszu NZE spadają one o dodatkowe 45 Mt

Według scenariusza



Według źródła w scenariuszu NZE



Dane: IEA. CC BY 4.0.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Metan: wróg publiczny nr 2 – hodowla i odpady

Fot.: Naveed Haider.me

● Sektor energetyczny, emitując 135 Mt CH_4, odpowiada za blisko 40 proc. emisji metanu powstałej w wyniku działalności człowieka. Więcej, bo około 142 Mt CH_4, pochodzi z rolnictwa – głównie z tzw. fermentacji jelitowej, ale także obornika – a trzecim dużym źródłem są odpady przyczyniające się do produkcji około 72 Mt CH_4. Międzynarodowa Agencja Energii przekonuje przy tym, że dostępne już technologie największy potencjał w redukcji emisji mają właśnie w tych dwóch obszarach. IEA szacuje, że produkcja CH_4 towarzysząca uprawom może sięgać 31 Mt, a w branży odpadowej 33 Mt.

● Dość proste jest przede wszystkim ograniczenie emisji towarzyszących odpadom. Głównie za sprawą likwidacji składowisk, które są największym, nieokiełznanym źródłem CH_4. Z jednej strony w grę wchodzi wyższy poziom recyklingu, a z drugiej utylizacja śmieci i wykorzystanie ich jako w pełni kontrolowane źródło energii. W tym przypadku jest to tylko kwestia inwestycji. Bardziej złożona sytuacja jest w przypadku hodowli, gdzie mamy do czynienia z inwentarzem żywym, zwłaszcza krowami, które do atmosfery rocznie są w stanie oddać do 100 kg metanu. Jednym z kluczowych działań, jakie podejmują hodowcy, aby przeciwdziałać temu zjawisku, jest wprowadzanie mniej gazotwórczej paszy. W 2022 roku w szwedzkiej sieci spożywczej Coop pojawił się już nowy produkt nazwany wołowiną „niskometanową". Wybrane sklepy sprzedają limitowane serie mielonej wołowiny i steków z polędwicy wołowej z bydła karmionego czerwonymi wodorostami. To suplement, który ogranicza emisję metanu. Badania wykazały, że u krów może obniżyć ją o 80 proc., a czasami nawet o 99 proc.

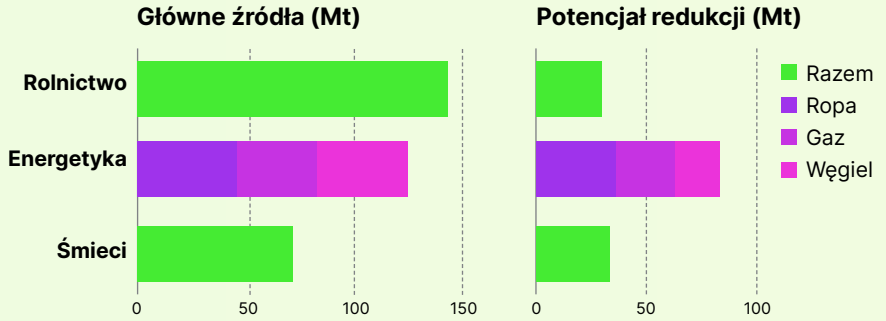
● Całkiem inna propozycja związana z ograniczeniem emisji metanu w hodowlach to przedstawiony przez argentyński start-up Zelp rodzaj uzdy czy też maski na krowi pysk, która ma za zadanie zmniejszyć emisję metanu o 60 proc. Do głowy krowy dopasowuje się ją za pomocą mechanizmu przypominającego zamek błyskawiczny, co sprawia, że pasuje na różne rozmiary głowy bydła w zależności od rasy. Zakłada się ją w wieku 6-8 miesięcy obok nozdrzy, co pozwala wychwytywać metan z oddechu i beknięć. „Około 95 proc. metanu emitowanego przez bydło pochodzi z nozdrzy i pyska. Technologia wykrywa, wychwytuje i utlenia metan, gdy jest on wydychany przez zwierzęta", wyjaśnia Francisco Norris, jeden z założycieli start-upu, w rozmowie z serwisem Wired.

● Kolejnym wyzwaniem związanym z hodowlą jest amoniak zawarty w krowim moczu. Bezpośrednio nie zanieczyszcza powietrza, ale gdy trafia do gleby, jest przekształcany w tlenek azotu, który jest trzecim – obok metanu i dwutlenku węgla – najbardziej znaczącym gazem cieplarnianym. Od jakiegoś już czasu mówiło się więc o korzyściach, jakie przyniosłyby toalety dla krów. Tyle że dotychczasowe próby nie były zbyt obiecujące. Dlatego eksperyment, w którym naukowcom udało się nauczyć stado cieląt korzystania z toalety, to nie tylko zabawna ciekawostka, ale i krok do bardziej przyjaznej środowisku hodowli tych zwierząt.

Metoda nazwana MooLoo pozwoliła nauczyć krowy załatwiania swoich potrzeb w wydzielonej części obory, skąd odchody mogą być sprawnie pobierane i przetwarzane. Kolejny krok to nauka defekacji. Badacze z zespołu Jana Langbeina myślą już też o stworzeniu zautomatyzowanego systemu, który mógłby szkolić krowy bez większego udziału ludzi. Mają nadzieję, że już za kilka lat wszystkie krowy będą załatwiać się w toaletach.

Główne źródła emisji metanu na skutek działalności człowieka oraz potencjał redukcyjny w oparciu o dostępne technologie

Sektor energetyczny ma większy krótkoterminowy potencjał ograniczenia emisji metanu niż inne sektory



Dane: CC BY 4.0.
Uwaga: Potencjał redukcji emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie i odpadach opiera się na Globalnej Redukcji Metanu (UNEP, 2023). Nie przedstawiono emisji ze spalania biopaliw i biomasy.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Woda – kolejny cenny surowiec

● Za datę graniczną, gdy woda stała się pełnoprawnym globalnym surowcem, można przyjąć rok 2020, gdy najsłynniejsza giełda towarowa świata Chicago Mercantile Exchange uruchomiła pierwszy „rynek wody" w USA. Powiązała go z cenami, jakie woda osiąga w Kalifornii. „Zmiany klimatyczne, susze, wzrost liczby ludności i zanieczyszczenie prawdopodobnie sprawią, że problemy z niedoborem wody i jej ceny będą gorącym tematem w nadchodzących latach. Z pewnością będziemy obserwować, jak rozwinie się nowy rynek kontraktów terminowych na wodę", powiedział Deane Dray, dyrektor zarządzający i analityk RBC Capital Markets. Giełda bazuje na tzw. transakcjach spot i forward. Pierwsze są rozliczane tu i teraz w dniu zawarcia, a drugie to transakcje terminowe – rodzaj przyrzeczenia zawarcia umowy kupna/sprzedaży w przyszłości, kiedy dany surowiec jest faktycznie potrzebny, ale z ceną ustaloną z wyprzedzeniem w dniu transakcji.

● To właśnie element przewidywalności cen jest dziś potrzebny Amerykanom, zwłaszcza w Kalifornii. Ogromne pożary, które dewastują zasoby i infrastrukturę, powodują, że stawki zakupu wody mocno się zmieniają, przez co zarówno rolnikom, jak i samorządom trudno jest budżetować wydatki. „Bez tego narzędzia ludzie nie są w stanie zarządzać ryzykiem związanym z dostawami wody. Może to nie rozwiązać całkowicie problemu, ale pomoże złagodzić cios finansowy, jaki ludzie poniosą, jeśli odcięte zostaną im dostawy wody", powiedział Clay Landry, dyrektor zarządzający w firmie konsultingowej WestWater Research.

● O tym, że ryzyko niedoborów wody jest już traktowane poważnie, najlepiej świadczy badanie American Society of Landscape Architects. Stowarzyszenie architektów krajobrazu raz w roku przeprowadza ankietę wśród własnych członków, pytając m.in., jakie potrzeby i oczekiwania sygnalizują im klienci. W ubiegłym roku spośród 803 architektów aż 88 proc. wskazało, że zamawiający ich usługi interesują się instalacjami, które wykorzystują deszczówkę, lub tzw. szarą wodą, czyli czystszą częścią ścieków (np. tych z wanny lub umywalki). To najczęściej wskazywana odpowiedź. Nie mniej znaczące jest jednak wskazanie drugie i trzecie w kolejności. Klienci dopytują się o nasadzenie tolerujące przejściowy okres suszy. Na czwartym miejscu znalazła się potrzeba projektowania przestrzeni, która nie wymaga zbyt intensywnej obsługi (m.in. podlewania), a stosowanie podłoża przepuszczającego wodę jest piąte na skali priorytetów.
„Ludzie zaczynają zastanawiać się nad tym, jak ich dom i ogród wpasowują się w szerszy krajobraz oraz jak mogą pomóc w tworzeniu bardziej zrównoważonego środowiska", mówi Mitchell Pavao-Zuckerman z Wydziału Inżynierii Środowiskowej University of Maryland. Na zmianę spojrzenia wpłynęła dramatyczna sytuacja w Kalifornii, która szykuje się do piątego roku suszy, ale nowy sposób myślenia dziś prezentują już wszyscy Amerykanie, także z rejonów, gdzie nie ma problemu z dostępem do wody.

● Istotnym elementem walki o zasoby wody okazuje się także rozwój energetyki odnawialnej. Jak pokazują badania fińskiego Lappeenranta University of Technology, zastąpienie elektrowni węglowych i gazowych przez OZE oznacza zmniejszenie zużycia wody o 95 proc.: fotowoltaika pobiera i zużywa od 2 do 15 proc. wody wykorzystywanej przez elektrownie węglowe do produkcji 1 MWh, podczas gdy w przypadku wiatru odsetek ten wynosi od 0,1 do 14 proc.

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Zbieracze wody

TREND

Obniżanie się poziomu wód gruntowych oraz wysychanie tradycyjnych ujęć wody – przede wszystkim rzek – skłania do poszukiwania jej nie tylko na ziemi, ale także w powietrzu. Stąd coraz więcej projektów przechwytywania wody opadowej, a nawet pary wodnej.

JAK TO SIĘ ROBI

Najprostsze jest zbieranie deszczówki. Dziś na płaskich dachach instaluje się coś w rodzaju polderów (MetroPolder), przekształcając je w inteligentne, kontrolowane magazyny wody – bazą jest system do buforowania wody, rodzaj jazu podłączonego do systemu IT, który mierzy i reguluje poziom wody oraz jej odpływ. Bardziej ambitnym projektem jest zbieranie mgły. Do tego celu powstały już hydropanele, przypominające te słoneczne, pokryte materiałem absorbującym parę wodną, która krąży w powietrzu nawet w krajach stale cierpiących na niedobór wody. Ich sposób działania porównuje się do kostki cukru, która „zasysa" płyn, np. kawę, gdy tylko zetknie się z jego powierzchnią. Podobne właściwości ma superhigroskopijny żel na bazie pochodnych roślinnych i soli higroskopijnych, zsyntezowany przez ekipę Uniwersytetu Jiao Tong. Duży potencjał ma także wychwytywanie wody uciekającej z tzw. chłodni kominowych w elektrowniach (w wyniku parowania lub dryfu ulatuje od 60 do 90 proc. wykorzystywanej wody). Naukowcy z MIT opracowali panele, które jonizują wodę i zbierają ją na drucianych siatkach.

KORZYŚCI

Holenderskie Polder Roof jest w stanie przechować niemal cały deszcz, który spada na dach, i zutylizować go lub wykorzystać w późniejszym okresie. Wykorzystywany jest nie tylko do nawadniania roślin w czasie, gdy nie pada, ale można go także podłączyć do systemów wody szarej. W Amsterdamie zainstalowano już 10 tys. m kw. takich polderów, a sami twórcy MetroPolder mają ambicję, aby centra miast przekształcić w inteligentną sieć wodociągową. Za ich rozwiązaniami zdecydowanie przemawiają liczby – podczas gdy konwencjonalny zielony dach zatrzymuje około 12 proc. opadów, w przypadku dachowych polderów wynik ten sięga 97 proc. Swoje osiągi mają także hydropanele: w ciągu jednej doby każdy zbiera z powietrza około 10 butelek wody. W przypadku higroskopijnego żelu na 1 kg w suchym klimacie udaje się wchłonąć 1,18 kg wody, a w wilgotnym 6,4 kg. Panele wykorzystywane w chłodniach kominowych są za to w stanie zebrać 20-30 proc. wody utraconej przez elektrownie.

KLUCZOWI GRACZE

MetroPolder
Source
Aquatech
Infinite Cooling

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Woda klimatyzowana

TREND

Największe zapotrzebowanie na wodę jest latem, to oczywiste. Wówczas też najintensywniej działają klimatyzatory. Dlaczego więc gromadzonej przez nie wody nie wykorzystać w wodociągach.

ROZWÓJ

Chodzi o produkt uboczny klimatyzatorów, czyli parę wodną, która osadza się na powierzchni wymiennika, skrapla się i spływa do tacy ociekowej w postaci tzw. kondensatu. Stąd zwykle odprowadza się go do kanalizacji. Jednak nie wszędzie. Np. liczący 46 tys. m kw. budynek Microsoftu w izraelskim mieście Herclijja wykorzystuje go do podlewania zieleni na kampusie i chłodzenia budynku. To samo rozwiązanie firma zastosowała w swoich biurowcach w Twycross w Wielkiej Brytanii i Hajdarabad w Indiach, a rozważa także w innych miejscach.
Na tego typu rozwiązania bardzo mocno stawiają Amerykanie. W Austin, aby zachęcić właścicieli innych dużych nieruchomości do podobnych działań, miasto wprowadziło dotacje: inwestycje komercyjne, które wykorzystują odzyskaną wodę do zastąpienia od 4,5 mln do 13,5 mln litrów wody pitnej rocznie, mogą uzyskać 250 tys. dol. dofinansowania, a ci, którzy zbudują większe instalacje, mogą otrzymać 0,5 mln dol. Analogiczne programy funkcjonują w San Francisco i San Antonio.

KORZYŚCI

Przechwytywanie wody z klimatyzatorów największe korzyści przynosi tam, gdzie jest najgoręcej i najbardziej sucho. W izraelskiej Herclii zbudowanej na wydmach instalacja Microsoftu dostarcza 3 mln litrów wody rocznie. Z kolei siedziba biblioteki centralnej w Austin, poza kondensatem, zbiera wodę deszczową i odzyskaną z kanalizacji, co w sumie daje ponad 1,3 mln litrów rocznie – dostatecznie dużo, by pokryć 90 proc. zużycia wody w budynku. Jeszcze ciekawszy sposób wykorzystania wody pokazano w San Diego, gdzie warzą na niej nawet piwo. To efekt współpracy miejscowego browaru Ballast Point Brewing oraz miejscowego lotniska, które utrzymując chłód na terenie portu, używa potężnych maszyn chłodzących, gromadzących rocznie 450 tys. litrów wody. I to właśnie ona została wykorzystana do uwarzenia SAN Test Pilot, lekkiego piwa w znanym z kolonii stylu kölsch.

KLUCZOWI GRACZE

Microsoft
Austin
San Francisco
San Antonio
San Diego

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA

Odsalacze wody

TREND

W sytuacji, gdy 97 proc. wody na Ziemi jest słone, a słodkiej coraz bardziej brakuje, nieodzowny staje się rozwój instalacji desalinizacyjnych. Na całym świecie takich instalacji jest już 16 tys., a ich łączna globalna zdolność operacyjna wynosi około 95,37 mln m sześc. dziennie.

Gen: SI

ROZWÓJ

Chociaż najczęściej pisze się o kolejnych projektach powstających w Kalifornii, to desalinizacja jest przede wszystkim domeną krajów z Bliskiego Wschodu. Niektóre kraje regionu wykorzystują ją, aby zaspokoić nawet 90 proc. zapotrzebowania na wodę pitną. Co więcej, właśnie tutaj znajduje się 40 proc. światowych instalacji do odsalania wody. Najwięksi potentaci to Arabia Saudyjska, Kuwejt, Zjednoczone Emiraty Arabskie, Katar i Bahrajn. Moce przetwórcze bardzo szybko rosną. Na poważnie pojawiły się w latach 80., ale prawdziwego przyspieszenia nabrały w XXI wieku. Od 2000 roku ich moc operacyjna wzrosła sześciokrotnie, z 20 do przeszło 95 mln m sześc. dziennie (dane: Yale Environment 360). Dziś rynek technologii desalinizacyjnych wart jest około 15,5 mld dol. i rośnie w tempie 9,8 proc. rocznie.

TECHNOLOGIA

Najczęściej stosowaną techniką jest odwrócona osmoza, gdzie wodę pod ciśnieniem przesącza się przez membrany filtrujące sól (SWRO). To rodzaj technologii elektrycznej, która obejmuje też mechaniczną kompresję pary (MVC) i dializę elektryczną (EDR). Wodę odsala się także termicznie, przez jej odparowanie i ponowne skroplenie. Obejmuje to: wielostopniową destylację rzutową (MSF), destylację wieloefektową (MED), termiczną kompresję pary (TVC) i destylację membranową (MD). W Zatoce Perskiej 70 proc. instalacji opiera się właśnie na tym energochłonnym procesie odparowywania wody zasilanym paliwami kopalnymi. Następuje jednak poprawa, zarówno jeśli chodzi o materiały zmniejszające energochłonność procesu odwróconej osmozy, jak i same koszty energii. Swój wkład w rozwój technologii mają też polscy naukowcy ze start--upu Nanoseen, który stworzył filtr przypominający wysoką karbowaną beczkę z wypełniającymi ją nanomembranami. To rozwiązanie mechaniczne wykorzystujące proces filtracji, który bazuje na swobodnym przepływie grawitacyjnym bez dodatkowego ciśnienia.

KLUCZOWI GRACZE

Aqualyng
Danfoss A/S
Evoqua Water Technologies
H2O Innovation
Hyflux
IDE Technologies
Koch Membrane
Sidem
Xylem

POWIETRZE, ZIEMIA, WODA – SŁOWNICZEK

Instytucje:
UNEP (United Nations Environment Programme) - Program Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Środowiska powołany w 1972 roku w celu prowadzenia przez ONZ działań w zakresie ochrony środowiska i stałego monitorowania jego stanu na świecie.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) - Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu, naukowe i międzyrządowe ciało doradcze utworzone w 1988 na wniosek członków ONZ, przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO) oraz Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP). Celem IPCC jest dostarczenie obiektywnej, naukowej informacji na temat zmiany klimatu.
IEA (International Energy Agency) - Międzynarodowa Agencja Energii, organizacja afiliowana przy OECD i kluczowe źródło informacji o sektorze energetycznym.
IRENA (International Renewable Energy Agency) - Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej, mająca na celu promowanie wykorzystywania energii odnawialnej. Założona przez 75 państw, w tym Polskę, na konferencji międzyrządowej w Bonn 26 stycznia 2009 roku. Sygnatariuszami Statutu IRENA jest 148 państw oraz Unia Europejska.

Inicjatywy:
COP (Conferences of the Parties) - Coroczna Konferencja ONZ w sprawie zmian klimatu. Pierwsza odbyła się w 1995 roku w Berlinie, na trzeciej podpisano Protokół z Kioto (1997), międzynarodowe porozumienie dotyczące przeciwdziałania globalnemu ociepleniu. W tym roku 29 COP odbędzie się w Baku.
Porozumienia Paryskie - porozumienie zawarte w 2015 roku podczas 21 Konferencję ONZ w sprawie zmian klimatu, zobowiązujące wszystkie kraje aby do 2020 roku przedstawić długoterminowe scenariuszy ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Jednym z kluczowych celów Porozumienia jest ograniczenie globalnego ocieplenia znacznie poniżej 2° C, a docelowo do 1,5° C względem epoki przedprzemysłowej.
NDC (Nationally Determined Contributions) - zobowiązania do redukcji emisji, które podjęły poszczególne kraje wprowadzi. Są to polityki i działania, które stanowią wkład w osiągnięcie globalnych celów określonych w Porozumieniu Paryskim.

Scenariusze IEA:
STEPS (Stated Policies Scenario) - Scenariusz uwzględnia obecnie planowane moce produkcyjne dla technologii czystej energii. Odzwierciedla obecne (przyjęte do końca sierpnia 2023 roku) polityki poszczególnych krajów związane z produkcją energii, a także te które są w fazie rozwoju.
APS (Announced Pledges Scenario) - Scenariusz, który zakłada, że wdrożone zostaną wszystkie zobowiązania klimatyczne podjęte przez rządy i przemysł na całym świecie od końca sierpnia 2023 r. Obejmuje m.in. ustalone na szczeblu krajowym wkłady w redukcję emisji (Nationally Determined Contribution - NDC) oraz długoterminowe cele zero netto i zakłada, że wszystkie one zostaną spełnione w całości i na czas.
NZE (Net Zero Emissions by 2050 Scenario) - Scenariusz, który wyznacza ścieżkę dla globalnego sektora energetycznego do osiągnięcia zerowej emisji CO_2 netto do 2050 roku (został w pełni zaktualizowany w 2023 roku). Odzwierciedla cel Porozumienia Paryskiego ograniczenia wzrostu temperatury do 1,5° C do 2050 roku.

Scenariusze IRENA:
PES (Planned Energy Scenario) - Scenariusz opartym na rządowych planach energetycznych oraz innych przyjętych celach i politykach - z grubsza odpowiada scenariuszowi STEPS IEA
1.5° C Scenario - Scenariusz zakładający realizację celów Porozumień Paryskich i ograniczenie wzrostu temperatury do 1,5° C.

Technologie
CCS (Carbon capture and storage) - system do wychwytywania, przesyłu i gromadzenia strumienia dwutlenku węgla ze źródeł przemysłowych.
CCUS lub **CCS/U** (Carbon capture, utilization, and storage) - analogicznie jak w CCS, dwutlenek węgla się wychwytuje, ale może on być nie tylko magazynowy lecz także używany jako surowiec.
BECCS (Bioenergy with carbon capture and storage) - to proces wydobywania z biomasy energii przy jednoczesnym wychwytywaniu i gromadzeniu CO_2.
DAC (Direct Air Capture) - to instalacje wychwytujące emisje bezpośrednio z powietrza. Jeśli mają przestrzeń do gromadzenia CO_2, używa się wówczas skrótu **DACCS**.
NCS (Natural climate solution) - naturalne rozwiązanie klimatyczne zmniejszające emisję dwutlenku węgla, takie jak np. leśnictwo. Uwzględnia m.in. **reforestację** czyli odbudowę zielonej tkanki oraz **aforestację**, czyli sadzenie lasów w miejscach, gdzie ich dotychczas nie było.
CSP (Concentrated Solar Power) - to instalacje solarne, które za pomocą luster lub soczewek koncentrują światło słoneczne. To wiązka o bardzo wysokiej temperaturze (ok. 500° C), która napędza silnik cieplny (zwykle turbinę parową) podłączony do generatora energii elektrycznej lub napędza reakcję atermochemiczną.

PARTNERZY RAPORTU GREENBOOK 2024

Greenbook 2024, Kwiecień 2024
Opracowanie i redakcja: Green is Good / Miasto2077
Opracowanie graficzne: AC Jaworscy | cezary.jaworski@sumer.pl
Kontakt: redakcja@miasto2077.pl