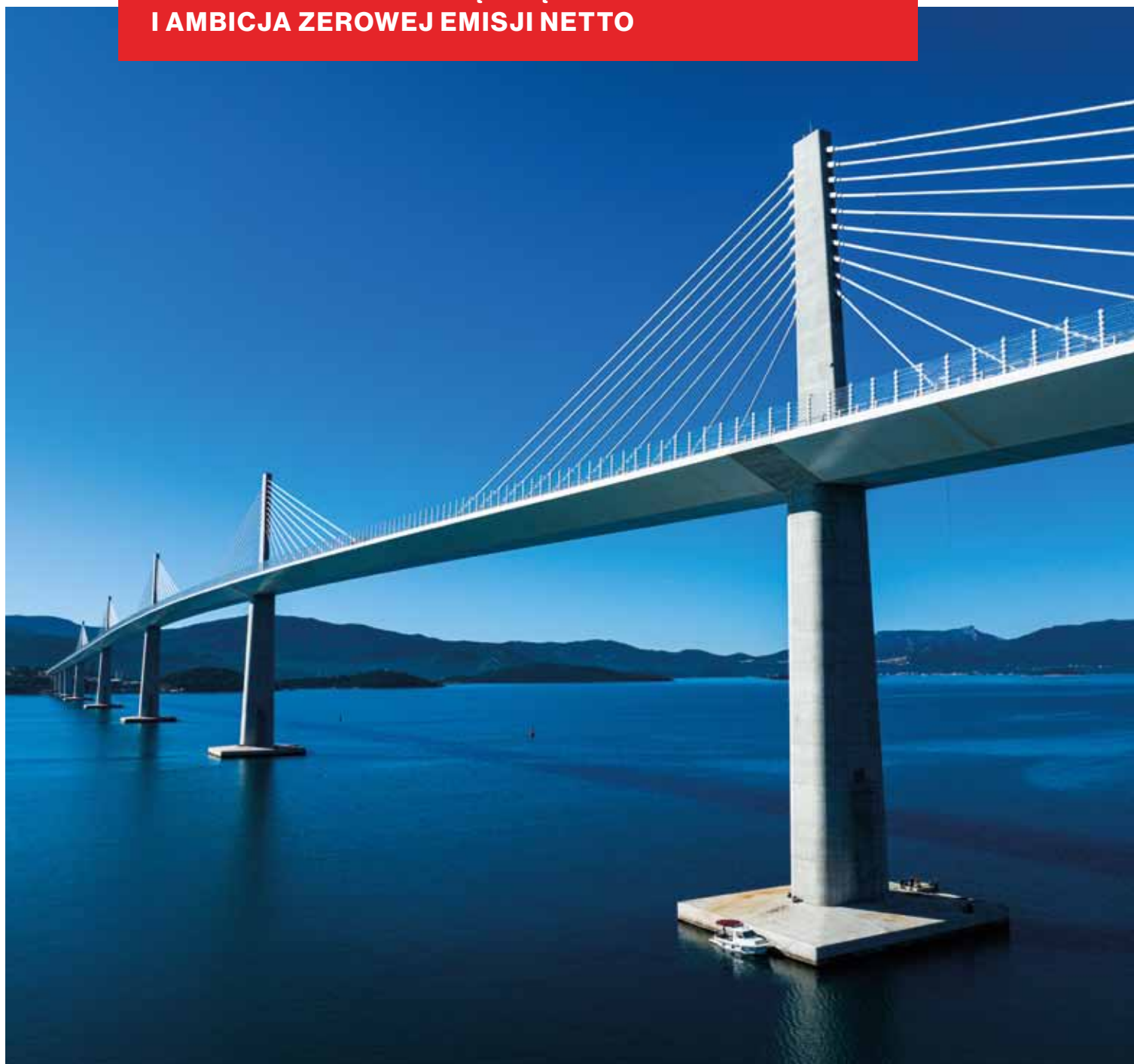


# Od ambicji do wdrożenia

**DOTYCHCZASOWE OSIĄGNIĘCIA  
I AMBICJA ZEROWEJ EMISJI NETTO**





[www.cembureau.eu](http://www.cembureau.eu)

**CEMBUREAU**, Europejskie Stowarzyszenie Cementu, z siedzibą w Brukseli, jest organizacją reprezentującą przemysł cementowy w Europie. Obecnie jej pełnoprawnymi członkami są 23 krajowe stowarzyszenia sektora cementowego oraz zakłady cementowe z Unii Europejskiej (z wyjątkiem Malty), a także z Norwegii, Szwajcarii i Wielkiej Brytanii. Chorwacja, Serbia i Słowacja są członkami stowarzyszonymi CEMBUREAU. Podpisano również umowy o współpracy z Vassiliko Cement na Cyprze i UKRCEMENT z Ukrainy.

Stowarzyszenie pełni funkcję rzecznika przemysłu cementowego przed instytucjami UE i innymi organami publicznymi oraz prezentuje poglądy branży na wszystkie kwestie i zmiany w polityce dotyczące kwestii technicznych, środowiskowych, energetycznych, zdrowia i bezpieczeństwa pracowników oraz zrównoważonego rozwoju. Oprócz UE prowadzony jest stały dialog z innymi organizacjami międzynarodowymi (np. OECD, IEA), Światowym Stowarzyszeniem Cementu i Betonu (GCCA) oraz siostrzanymi stowarzyszeniami w innych częściach świata.

**Stowarzyszenie Producentów Cementu** skupiające krajowych producentów cementu jest rzecznikiem członków wobec administracji państwowej oraz innych instytucji i organizacji, jego nadrzędną rolą jest dbanie o rozwój przemysłu cementowego. W tym celu SPC reprezentuje przemysł cementowy w procesie konsultacji legislacyjnych, a także prowadzi działalność informacyjną, edukacyjną, szkoleniową, działania na rzecz ochrony środowiska i wiele innych.

Stowarzyszenie w 2020 roku obchodziło 30-lecie swojej działalności.

Obecnie krajowy przemysł cementowy skupia 12 nowoczesnych zakładów, w których zatrudnionych jest ok. 4 tys. pracowników. Tym niemniej, biorąc pod uwagę efekty bezpośrednie, pośrednie i indukowane, szacuje się, że branża cementowa przyczynia się do utrzymania około 25 tys. miejsc pracy.

Według danych SPC, pod względem wielkości produkcji polski sektor cementu znajduje się na drugim miejscu w UE. W 2022 r., z produkcją na poziomie niecałych 19 mln ton, odpowiadał za ponad 10% produkcji unijnej, która wynosiła 177 mln ton.



Stowarzyszenie Producentów Cementu  
Polish Cement Association

[www.polskicement.pl](http://www.polskicement.pl)



Wstęp  
**04**

Cement – strategiczny  
materiał w Europie  
**06**



Cement i beton  
**08**

Większe ambicje  
**12**



Kluczowa rola  
polityki europejskiej  
**16**

Klinkier  
**22**



Cement  
**36**

Beton  
**42**



Budownictwo  
**46**

Karbonatyzacja  
**50**



Założenia, inwestycje  
i weryfikacja zewnętrzna  
**54**

**2050**

## W ciągu czterech lat wiele się wydarzyło

W maju 2020 r. CEMBUREAU opublikowało **Mapę Drogową** na rzecz neutralności klimatycznej, określając ambicje sektora, aby do 2050 r. osiągnąć zerową emisję netto w całym łańcuchu wartości cementu i betonu.

W ciągu ostatnich czterech lat byliśmy świadkami globalnej pandemii, początku konfliktu na dużą skalę w Europie, zwiększonego wpływu zmian klimatycznych, zmian politycznych i globalnej inflacji.

W takim otoczeniu europejski przemysł cementowy przyspieszył tempo zmian, a kontynuowanie tej ścieżki wymaga solidnych ram prawnych, w tym odpowiedniego finansowania i infrastruktury.

# Wstęp



# Od ambicji do wdrożenia

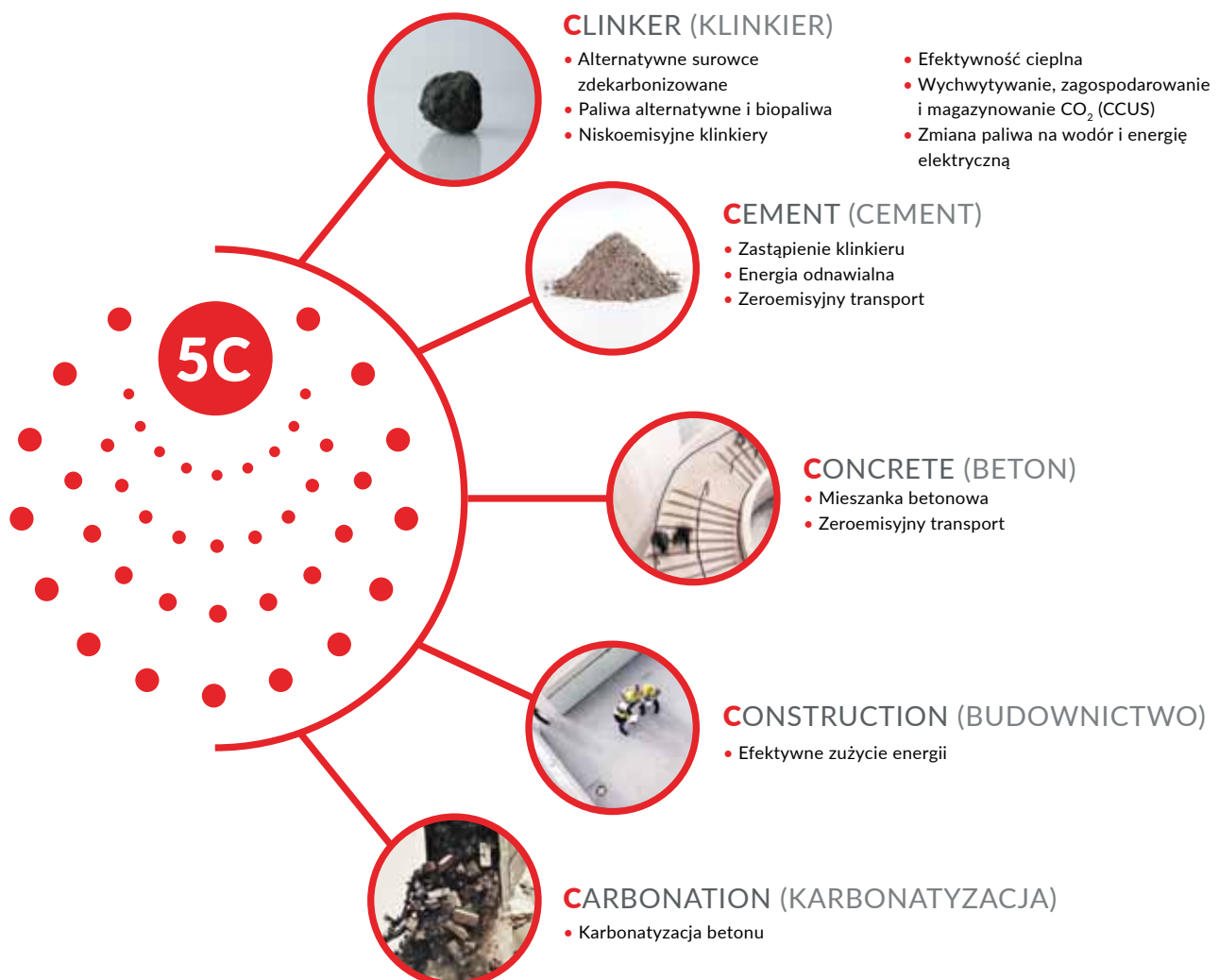
## Gdzie jesteśmy obecnie

Cztery lata po opublikowaniu Mapy Drogowej postanowiliśmy podsumować obecną sytuację i zrewidować poziom naszych ambicji w oparciu o postęp, rozwój technologii oraz wyniki badań i projektów pilotażowych. Przeanalizowaliśmy, co możemy zrobić jako europejski przemysł cementowy, jaką rolę może odegrać sektor betonowy i budowlany oraz jaka polityka jest wymagana, aby przejść od ambicji do rzeczywistości.

## Nasze podejście 5C w łańcuchu wartości

Aby poprowadzić europejski przemysł cementowy na drodze do dekarbonizacji i ustalić jasne wskaźniki KPI, w 2020 r. opracowaliśmy „podejście 5C”, promujące podejście oparte na łańcuchu wartości klinkier-cement-beton-budownictwo-karbonatyzacja, angażujące wszystkie podmioty w zmianę niskoemisyjnej wizji w rzeczywistość. Podejście 5C ma na celu identyfikację kluczowych obszarów, które pozwalają na znaczną redukcję emisji CO<sub>2</sub> w całym łańcuchu wartości cementu i betonu, podkreślając rolę odgrywaną przez różne technologie i zainteresowane strony. W tej aktualizacji podsumowujemy na czym stoimy w przypadku każdej z dźwigni 5C, podkreślamy projekty innowacyjne, w które się angażujemy, i identyfikujemy kierunki legislacyjne, których potrzebujemy, aby zapewnić uzasadnienie biznesowe dla tych projektów

# Dźwignie dekarbonizacji w podejściu 5C



175 Mt

Rocznej produkcji  
cementu w Europie

35000

Bezpośredniego  
zatrudnienia

200

Cementowni  
w Europie



Cement – strategiczny

Cement był używany w Europie od czasów rzymskich, ale początki współczesnego europejskiego przemysłu cementowego przypadają na koniec XIX wieku, wraz z pojawieniem się cementu portlandzkiego. Od samego początku europejski przemysł cementowy był światowym liderem pod względem produkcji, jakości i innowacyjności.

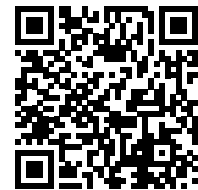
Przemysł cementowy jest mocno zakorzeniony w gospodarce europejskiej, a jego zakłady znajdują się w całej Unii Europejskiej.

Lokalna produkcja cementu i betonu zapewnia niezależne źródło materiału niezbędnego dla sektora budowlanego i sprawia, że cement w Europie spełnia najbardziej rygorystyczne kryteria zrównoważonego rozwoju.

Poprzez produkt końcowy, jakim jest beton, cement w decydujący sposób przyczynia się do redukcji emisji CO<sub>2</sub> w budynkach i infrastrukturze oraz jest kluczowym materiałem konstrukcyjnym infrastruktury wytwarzania energii odnawialnej i zrównoważonego transportu.

Dekarbonizacja produkcji cementu wymaga fundamentalnej, globalnej zmiany. W ostatnich latach branża cementowa poczyniła znaczne postępy, co przedstawiono na [interaktywnej Mapie CEMBUREAU prezentującej ponad 100 innowacyjnych projektów](#).

Odkryj innowacje  
w europejskim przemyśle  
cementowym



Ponad

100▲

innowacyjnych projektów  
na interaktywnej Mapie  
Cembureau.

# materiał w Europie



Cement i beton to kluczowe materiały w budownictwie, mające ogromne znaczenie dla Europy i świata.

## Cement

Cement to sproszkowana substancja powstająca z mieszaniny wapienia, gliny i innych minerałów. Poddane podgrzewaniu w wysokiej temperaturze tworzą materiał zwany klinkierem. Klinkier ten jest następnie mielony na drobny proszek i mieszany z innymi dodatkami, w wyniku czego powstaje cement. Cement działa jako spoiwo w betonie, utrzymując razem pozostałe składniki.

## Beton

Beton to materiał kompozytowy wytwarzany z cementu, wody, kruszywa (takich jak piasek lub żwir) i często innych dodatków lub domieszek. Jest to najczęściej stosowany materiał konstrukcyjny, stosowany w budynkach, drogach, mostach, tamach i różnych projektach infrastrukturalnych.



# Cement i beton



## Zastosowania betonu



### Nowe budynki mieszkalne

Aby sprostać rosnącej liczbie ludności miejskiej w całej Europie, potrzeba nowych, niedrogich domów.



### Renowacje

Aby poprawić efektywność energetyczną istniejących zasobów budowlanych, musimy osiągnąć wskaźnik renowacji na poziomie 3%.



### Infrastruktura energetyczna

W procesie przechodzenia Europy na gospodarkę niskoemisyjną, infrastruktura energii odnawialnej będzie wymagała dużych ilości betonu.



### Infrastruktura transportowa

Europa wyznaczyła śmiało cele w zakresie infrastruktury transportowej – czy to drogowej, czy kolejowej – a wszystkie one opierają się na betonie.



### Budynki publiczne

W nadchodzących dziesięcioleciach trzeba będzie wybudować wiele budynków użyteczności publicznej, w tym szkoły, szpitale, ośrodki opieki dziennej, domy osób starszych i budynki administracyjne.



### Re-industrializacja

W miarę jak Europa stawać się będzie bardziej samowystarczalna w wielu sektorach, konieczna będzie budowa nowych obiektów przemysłowych.



### Adaptacja do zmian klimatu

Beton odgrywa kluczową rolę jako materiał konstrukcyjny stosowany w infrastrukturze niezbędnej do ochrony ludzi i mienia.

## Dlaczego beton?

Beton to uniwersalny i szeroko stosowany materiał konstrukcyjny, znany z kilku unikalnych właściwości:



### Wytrzymałość i trwałość

Beton charakteryzuje się wyjątkowo wysoką wytrzymałością na ściskanie i odpornością na odkształcenia, co czyni go idealnym materiałem do podtrzymywania dużych obciążeń. Betonowe konstrukcje są trwałe, z ponad 100-letnią żywotnością, a także są odporne na różne warunki środowiskowe.



### Uniwersalność

Z betonu można formować niemalże dowolny kształt i rozmiar, pozwalający na tworzenie skomplikowanych architektonicznych obiektów i elementów konstrukcyjnych. Jest to wykorzystywane w szerokim zakresie zastosowań, od budowy fundamentów i dróg do elementów dekoracyjnych i artystycznych.



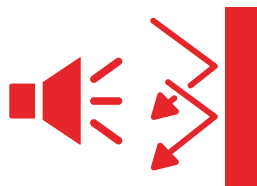
### Ognioodporność

Beton ma doskonałą ognioodporność, co sprawia, że jest to preferowany materiał do budowy budynków i różnych konstrukcji. Nie pali się, ani nie emituje toksycznych oparów, gdy jest wystawiony na działanie ognia, ogranicza rozprzestrzenianie się pożaru.



### Masa termiczna

Beton charakteryzuje się wysoką masą termiczną, co oznacza, że może pochłaniać i skutecznie zatrzymywać ciepło. Ta cecha pomaga regulować temperaturę w pomieszczeniach budynków, ograniczając potrzebę stosowania dodatkowych systemów ogrzewania i chłodzenia, poprawiając efektywność energetyczną budynku i umożliwiając lepsze zarządzanie systemem energetycznym poprzez przesunięcie w czasie zapotrzebowania konsumentów na energię.



### Izolacja akustyczna

Beton zapewnia dobrą izolację akustyczną, co czyni go użytecznym w celu zmniejszenia hałasu pomiędzy pokojami, a także izolowaniem budynku od hałasu zewnętrznego.



### Niskie koszty utrzymania

Konstrukcje betonowe na ogół wymagają minimalnej konserwacji w porównaniu do innych materiałów budowlanych.



### Opłacalność

Beton jest tanim materiałem budowlanym, szczególnie biorąc pod uwagę jego długą żywotność i niskie wymagania konserwacyjne.



### 100% Recyklingu

Beton w całości podlega recyklingowi na nowe kruszywo.





## Podążanie za celami

### Co się zmieniło w porównaniu do naszej Mapy Drogowej z 2020 r.

- W oparciu o dotychczasowy postęp (53% w 2021 r.) zwiększyliśmy nasze cele w zakresie paliw alternatywnych na 2050 r. z 90% do 95%.
- Zrewidowaliśmy ambicje dotyczące wskaźnika zastąpienia klinkieru w cemencie na rok 2050 na poziom 60% w porównaniu do 65% w pierwotnym planie działania. Kluczowym czynnikiem w osiągnięciu tego celu będzie dostępność materiałów substytucyjnych klinkieru.
- Opracowano bardziej szczegółowe informacje dotyczące CCUS. Biorąc pod uwagę planowane inwestycje, zamieściliśmy obecnie szacunki dotyczące wdrożenia CCUS na rok 2030.
- Dla wszystkich dźwigni uwzględniliśmy cele na rok 2040, aby móc śledzić nasze postępy i oceniać, w jaki sposób możemy dostosować się do celów UE.

### Co to oznacza dla nowej ścieżki dekarbonizacji?

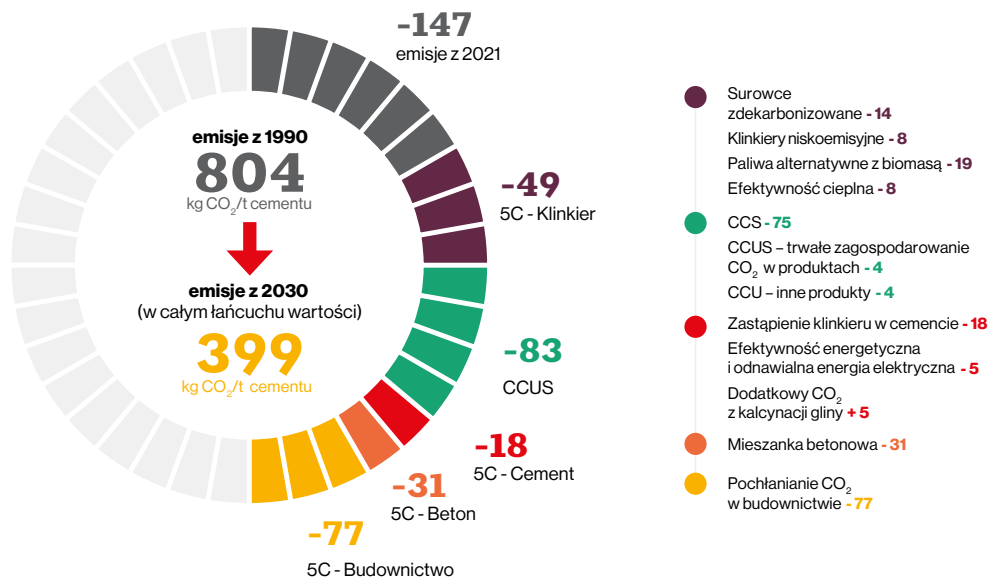
- **Bardziej ambitne cele na rok 2030**  
Znaczące inwestycje pozwoliły wyznaczyć ambitniejsze cele redukcyjne na rok 2030. W roku 2020 planowana na rok 2030 redukcja emisji CO<sub>2</sub> wynosiła 30% w przypadku cementu i 40% w całym łańcuchu wartości. Obecnie skorygowaliśmy tę ogólną liczbę do 37% w przypadku cementu i 50% w dół łańcucha wartości.
- **Ambicje na rok 2040 dla sektora cementowego**  
Przewidujemy łączną redukcję emisji CO<sub>2</sub> z cementu o 78% do 2040 r. i o 93% w całym łańcuchu wartości.
- **Potencjał ujemnych emisji w całym łańcuchu wartości do roku 2050**  
Mając na celu osiągnięcie zerowej emisji netto z cementu do 2050 r., sektor ma potencjał, aby stać się ujemny pod względem emisji dwutlenku węgla w całym łańcuchu wartości.

# Większe ambicje



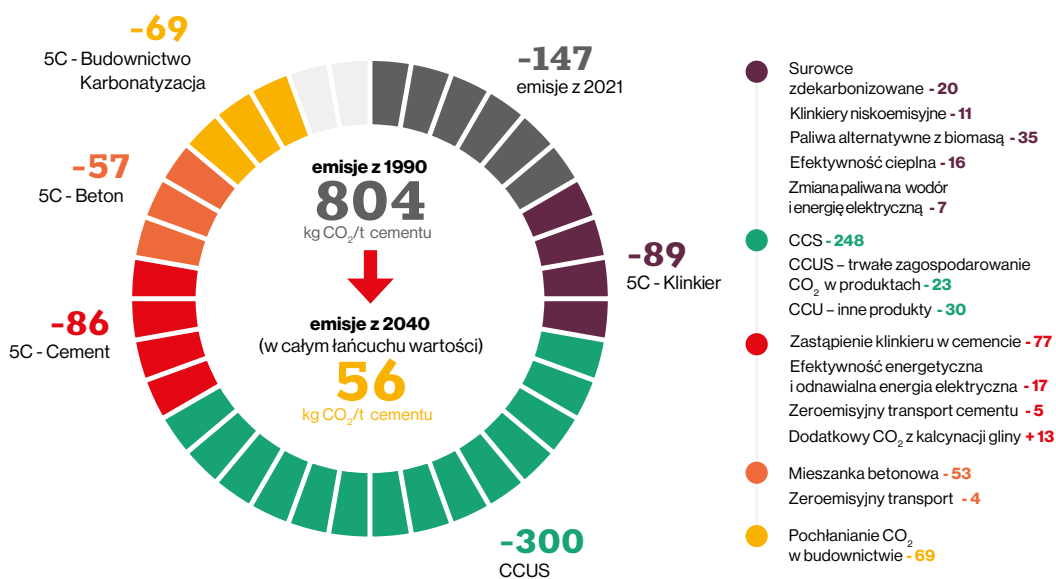
## Mapa Drogowa CEMBUREAU 2030

Redukcja CO<sub>2</sub> w całym łańcuchu wartości (5C: clinker, cement, concrete, construction, carbonation)



## Mapa Drogowa CEMBUREAU 2040

Redukcja CO<sub>2</sub> w całym łańcuchu wartości (5C: clinker, cement, concrete, construction, carbonation)



## Mapa Drogowa CEMBUREAU 2050

Redukcja CO<sub>2</sub> w całym łańcuchu wartości (5C: clinker, cement, concrete, construction, carbonation)







Nasza Mapa Drogowa pokazuje, co przemysł cementowy w UE może osiągnąć w zakresie redukcji emisji CO<sub>2</sub> w horyzoncie 2030, 2040 i 2050. Jednak te ambicje urzeczywistnią się jedynie pod warunkiem wsparcia sektora solidnymi ramami regulacyjnymi, a także wzmocnieniem konkurencyjności UE.

Unijni i krajowi decydenci muszą podjąć zdecydowane działania polityczne, aby wdrożyć technologie o zerowej emisji netto. Kluczowe znaczenie ma ograniczenie ryzyka projektów we wczesnym przełomowym okresie (następne 5-15 lat). Potrzebna jest polityka przemysłowa uzupełniająca Zielony Ład oraz ścisła koordynacja między wszystkimi częściami administracji, ze szczególnym uwzględnieniem pozwoleń, czystej energii, infrastruktury, zachęt rynkowych, finansowania i umiejętności ułatwiających inwestycje w dekarbonizację.

# Kluczowa rola polityki europejskiej



Aby zrealizować nasze ambicje, niezbędne są odpowiednie rozwiązania legislacyjne:

### Wdrożenie szelznego mechanizmu CBAM w celu wyrównania szans w zakresie emisji CO<sub>2</sub>

- Ścisłe dostosowanie CBAM do zasad unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji (ETS), aby zapewnić, że przemysł UE i kraje trzecie będą konkurować w ramach tego samego zbioru przepisów.
- Zapobieganie oszustwom i obchodzeniu przepisów CBAM za pomocą solidnych systemów monitorowania i zapewnienie jednolitego wdrażania CBAM w całej UE poprzez ścisłą współpracę z krajowymi organami celnymi.
- Opracowanie rozwiązań dotyczących eksportu zgodnie z przepisami WTO, chroniących jednocześnie przemysł UE przed ucieczką emisji.

### Zwiększenie wsparcia finansowego dla inwestycji

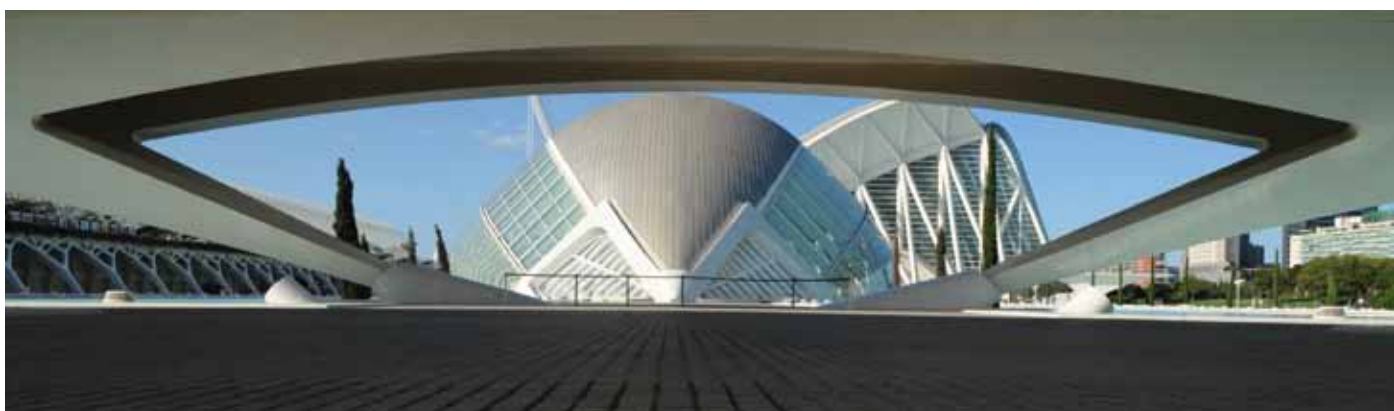
- Przekształcenie Funduszu Innowacyjności ETS w prawdziwy fundusz wdrożeniowy czystej technologii dla sektorów energochłonnych. Wymaganie „aspektu innowacyjnego” od każdego projektu jest sprzeczne z fazą wdrażania, w której się znajdujemy.
- Przeznaczenie co najmniej 75% przyszłych płatności sektora cementowego do EU ETS (około 80–100 miliardów euro do 2034 r.) do specjalnego „funduszu cementowego”, aby pomóc w finansowaniu wdrażania projektów transformacji na dużą skalę.
- Przekształcenie krajowych planów w zakresie energii i klimatu w odpowiednie plany dekarbonizacji przemysłu, zawierające kluczowe środki ułatwiające inwestycje i projekty zmniejszające ryzyko (np. poprzez kontrakty różnicowe).
- Łączenie krajowych i europejskich zasobów finansowych oraz zapewnianie wsparcia (obejmującego zarówno CAPEX, jak i OPEX) za pomocą prostych i skoordynowanych procedur, stosując podejście kompleksowej obsługi.

### Zagwarantowanie dostępu do niedrogiej, niskoemisyjnej energii, infrastruktury i surowców

- Zapewnienie dostępu do zdekarbonizowanej energii za rozsądną cenę.
- Wprowadzenie uproszczonego systemu wydawania zezwoleń na wdrażanie odnawialnych źródeł energii w obiektach przemysłowych.
- Wspieranie stabilnych cen energii i ochrona odbiorców przemysłowych w przypadku skoków cen.
- Wzmocnienie wewnętrznego rynku energii elektrycznej poprzez silniejsze połączenia międzysystemowe.
- Zapewnienie sprawiedliwego dostępu do infrastruktury transportu i składowania CO<sub>2</sub>.
- Zapewnienie ciągłego dostępu do zrównoważonych bioodpadów oraz alternatywnych strumieni odpadów i surowców.

### Stworzenie wiodących rynków dla niskoemisyjnych produktów zgodnych z gospodarką o obiegu zamkniętym

- Zdefiniowanie unijnej strategii dotyczącej produktów niskoemisyjnych, która wyznacza jasne cele w zakresie ich wykorzystania w latach 2030–2040 i wspiera tworzenie inicjatyw dla nabywców prywatnych.
- Przegląd przepisów i standardów dotyczących zamówień publicznych w celu stworzenia wiodących rynków dla produktów o niskiej emisji CO<sub>2</sub>.
- Wspieranie zachęt popytowych poprzez postępowe, przewidywalne przepisy budowlane dla neutralnych emisyjnie materiałów.
- Dokonanie radykalnych zmian w gospodarce o obiegu zamkniętym: zakaz składowania odpadów, zachęty dla recyklingu, wspieranie wykorzystania odpadów w przemyśle oraz zachęcanie do myślenia o obiegu zamkniętym i cyklu życia w całym łańcuchu wartości w budownictwie.
- Uznanie karbonatyzacji betonu i wiązania CO<sub>2</sub> w materiałach budowlanych jako pochłaniaczach dwutlenku węgla.





## Wspólny wysiłek

Relacje między przemysłem a decydentami są często postrzegane jako konfliktowe, jednak sektor cementowy widzi to w inny sposób. Jeśli chodzi o dekarbonizację cementu i betonu w Europie, mamy wspólny cel i zależy nam na tym, aby współpraca przebiegała w sposób symbiotyczny.

Przemysł cementowy charakteryzuje się cyklem inwestycyjnym trwającym 30-50 lat. Dlatego decyzje inwestycyjne mające na celu pełną dekarbonizację branży do 2050 roku muszą zostać podjęte już dziś. Możemy zrobić, co do nas należy, ale ułatwiające ramy prawne stanowią niezbędną drugą część równania. Dlatego Europa i jej państwa członkowskie potrzebują wsparcia inwestycji w dekarbonizację.

Oprócz kluczowych postulatów z zakresu polityki w kolejnych rozdziałach określamy także zachęty polityczne niezbędne dla uzasadnienia biznesowego wszystkich działań dekarbonizacyjnych w całym łańcuchu wartości.



## Uzasadnienie biznesowe dla zwiększania skali przedsięwzięć

Większość działań z tego zakresu wymaga znacznych inwestycji finansowych. Na przykład, nie ma wątpliwości, że nie ma realnej alternatywy dla wychwytywania dwutlenku węgla, jeśli dążymy do neutralnej emisyjnie produkcji cementu i betonu do 2050 r. W ostatniej części Mapy Drogowej przedstawiamy pewne szacunki kosztów oparte na źródłach zewnętrznych. Te potrzeby w zakresie finansowania jasno pokazują, że aby zrealizować ambitny plan działania, niezbędne jest utworzenie struktur finansowania i zapewnienie jasnego uzasadnienia biznesowego dla inwestycji.

„Aby zrealizować ambitne założenia naszej Mapy Drogowej, niezbędne jest utworzenie struktur finansowania i zapewnienie jasnego uzasadnienia biznesowego dla inwestycji.”

W porównaniu do roku 1990,  
w Mapie Drogowej przyjęto

**-37%** ▼

emisji CO<sub>2</sub> do 2030 r.

**-78%** ▼▼

emisji CO<sub>2</sub> do 2040 r.

**-100%** ▼▼▼

emisji CO<sub>2</sub> do 2050 r.





## Cement i beton wpisują się w gospodarkę o obiegu zamkniętym

Obieg zamknięty jest integralną częścią naszych ambicji zerowej emisji netto, pozwalający na znaczną redukcję emisji CO<sub>2</sub> w całym łańcuchu wartości cementu i betonu. Przez ostatnie dziesięciolecie europejski przemysł cementowy działał w obiegu zamkniętym, wykorzystując odpady przy produkcji cementu, zarówno jako surowce, jak i paliwo w swoich piecach. Beton wycofany z eksploatacji może być również wykorzystany ponownie w przemyśle budowlanym. W ostatnich latach można było także zaobserwować dalsze zwiększanie roli cementu i betonu w gospodarce o obiegu zamkniętym.

### Opad jako zasób

Produkcja cementu zawsze opierała się na surowcach pozyskiwanych lokalnie, takich jak wapień. W ciągu ostatnich dziesięcioleci stale zwiększano również wykorzystanie różnorodnych, lokalnych strumieni odpadów jako surowców lub paliw. Wykorzystując odpady do celów odzyskiwania energii lub recyklingu materiałów w piecach cementowych, przemysł cementowy nie tylko ogranicza wykorzystanie paliw i materiałów kopalnych, ale także pozwala zredukować ilość składowanych odpadów.

Jak pokazano w Mapie Drogowej, przemysł cementowy wykorzystuje odpady z innych gałęzi przemysłu, włączając je do procesu produkcyjnego, a także stale prowadzi badania nad nowymi zdekarbonizowanymi surowcami do wykorzystania w produkcji cementu.

### Obieg zamknięty jest tuż obok

Zaangażowanie przemysłu cementowego w gospodarkę o obiegu zamkniętym rozciąga się na cały łańcuch wartości. Beton, główny produkt końcowy branży, w pełni nadaje się do recyklingu na nowe kruszywo do betonu lub budowy dróg. Co więcej, Mapa Drogowa uwzględnia wykorzystanie miazgi betonowego pochodzącego z recyklingu jako składnika cementu.

### Budynki betonowe zgodne z GOZ

Budynki betonowe dobrze wpisują się w gospodarkę o obiegu zamkniętym (GOZ) – na przykład przekształcenie budynku biurowego w mieszkalny jest łatwiejsze w przypadku konstrukcji betonowych. Dla przykładu projekty obejmujące głęboką renowację, powszechne w miastach takich jak Bruksela, często zachowują istniejące konstrukcje betonowe.

### CO<sub>2</sub> w obiegu zamkniętym

Na drodze do dekarbonizacji przemysłu cementowego wychwytywanie i utylizacja dwutlenku węgla stwarza dodatkowe możliwości także w zakresie obiegu zamkniętego. Trwają projekty mające na celu wychwytywanie emisji CO<sub>2</sub> z pieców cementowych i przekształcanie ich w e-paliwa, surowce dla przemysłu chemicznego, katalizatory do uprawy alg lub karbonatyzację odpadów budowlanych.



„Branża uznaje potrzebę zmiany i podnoszenia kwalifikacji swoich pracowników, aby sprostać wyzwaniom związanym ze zmianą klimatu, bioróżnorodnością i niedoborem zasobów.”





## Umiejętności przyszłości

Przemysł ma świadomość potrzeby wspierania swoich pracowników w procesie dekarbonizacji. Zmiany te będą wymagały nie tylko przekwalifikowania i podnoszenia kwalifikacji pracowników, aby sprostać wyzwaniom związanym ze zmianą klimatu, różnorodnością biologiczną, bezpieczeństwem i niedoborem zasobów. Musimy także zainwestować w wewnętrzne informowanie o podjętych wysiłkach na rzecz dekarbonizacji i przekonać wszystkich naszych pracowników, aby byli ambasadorami działań, jakie cement i beton wnoszą w budowanie przyszłości.

### Umiejętności w przyszłości

Dekarbonizacja przemysłu będzie wymagała zupełnie nowej wiedzy i umiejętności w zakresie wychwytywania CO<sub>2</sub>, paliw alternatywnych, podejścia do całego cyklu życia, digitalizacji, analizy zaawansowanych danych oraz AI. Będzie to dotyczyło praktycznie wszystkich stanowisk pracy w zakładach. Jako branża planujemy ściśle współpracować ze społecznością w tym zakresie.

### Edukacja i szkolenia

Mamy świadomość potrzeby dostosowania programów nauczania do nowych wymagań przemysłu. Aby im sprostać, branża czuje się odpowiedzialna za współpracę przemysłu z systemem edukacji, efektywne kształtowanie nowych umiejętności, praktyki zawodowe. W Europie można już znaleźć przykłady udanych programów kształcenia praktycznego w takich krajach jak Niemcy, Irlandia i Cypr.

### Nowe umiejętności/potrzeby

Oprócz transformacji przemysłowej i cyfryzacji, zmiany demograficzne powodują już niedobory pracowników w różnych zawodach, takich jak kierowcy, technicy, elektrycy i mechanicy. Umiejętności językowe i infrastruktura transportowa umożliwiająca dostęp do miejsca pracy mają również kluczowe znaczenie dla mobilności siły roboczej i dostępu do dalszego szkolenia. CEMBUREAU współpracuje z partnerami w celu prognozowania przyszłego zapotrzebowania na umiejętności i jest gotowe nawiązać współpracę z instytucjami europejskimi w zakresie rozwoju umiejętności i inicjatyw w ramach projektów Przemysł 5.0.



Przemysł cementowy uczestniczy w rozwoju lokalnych społeczności w całej Europie.

Nasze zakłady są zlokalizowane w pobliżu kamieniołomów, w których występuje kamień wapienny.

Klinkier jest podstawowym składnikiem do produkcji cementu, otrzymywanym poprzez wypalenie w bardzo wysokiej temperaturze (1450°C) kamienia wapiennego i innych minerałów w piecu cementowym. Wapień w wyniku kalcynacji przekształca się w klinkier i emitowany jest CO<sub>2</sub>. Te emisje, zwane emisjami procesowymi, stanowią 60-65% całkowitych emisji z produkcji cementu.

Pozostała emisja CO<sub>2</sub> wiąże się z procesem spalania paliw w piecu. W przeszłości przemysł cementowy wykorzystywał do spalania głównie paliwa kopalne. Obecnie natomiast sektor w dużej części zaspokaja swoje zapotrzebowanie na energię poprzez spalanie paliw alternatywnych – w 2021 roku w Europie było to średnio 53%. Paliwa te pochodzą z różnych źródeł odpadów pozyskiwanych lokalnie.

Podstawowym zastosowaniem cementu jest zmieszanie go z wodą, piaskiem i kruszywami, aby wytworzyć beton. Dzięki hydraulicznym właściwościom cementu, beton jest materiałem odpornym i trwałym.



# 01. Klinkier

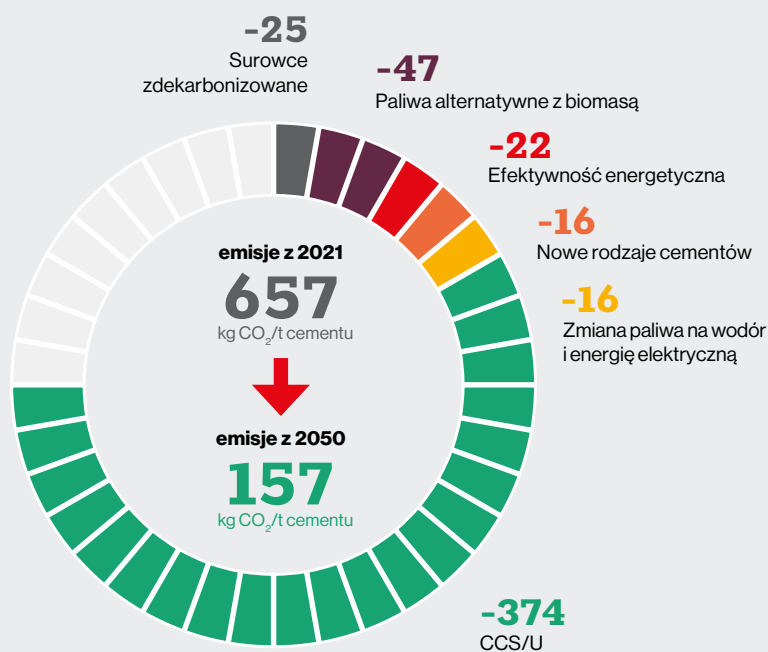
Przemysł cementowy w Europie pozyskuje średnio

**53%** ▲

energii cieplej z paliw alternatywnych

## Ścieżki redukcji emisji z produkcji klinkieru

Aby osiągnąć nasze cele, w dalszym ciągu koncentrujemy wysiłki na każdej dźwigni dekarbonizacji w łańcuchu wartości 5C. W porównaniu z pierwotnym planem działania, który został opracowany w 2020 roku, niektóre planowane działania zostały zaktualizowane w zależności od dotychczasowych postępów i nowych możliwości.







# Surowce alternatywne

Do 2030

3,5% ▼

redukcji procesowej emisji CO<sub>2</sub> poprzez wykorzystanie surowców zdekarbonizowanych

W 2050 do

8% ▼

redukcji procesowej emisji CO<sub>2</sub> poprzez wykorzystanie surowców zdekarbonizowanych

Większość emisji CO<sub>2</sub> z produkcji cementu pochodzi z produkcji klinkieru, dlatego przemysł cementowy stale poszukuje możliwości zastąpienia surowców naturalnych surowcami alternatywnymi lub wtórnymi (ARM – alternative raw materials). Są to materiały odpadowe lub produkty uboczne z innych procesów przemysłowych. Typowe odpady stosowane jako surowce alternatywne w procesie wypalania klinkieru to popiół lotny jako pozostałość z energetyki, a także zużyty piasek odlewniczy i pozostałości z przemysłu hutniczego żelaza i stali.

Wykorzystanie surowców alternatywnych w znacznym stopniu przyczynia się do dekarbonizacji przemysłu cementowego w UE przy jednoczesnej redukcji ilości odpadów, zgodnie z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym.

Surowce alternatywne są już stosowane na dużą skalę w zakładach w całej Europie, a europejski przemysł cementowy podejmuje szereg działań w celu zwiększenia ich wykorzystania.



## Rozwój

Udział alternatywnych surowców zdekarbonizowanych stopniowo się zwiększa. Utrzymujemy cel redukcji emisji poprzez ich wykorzystanie na poziomie 3,5% do roku 2030 oraz do 8% w roku 2050. Odpowiada to przetworzeniu 32 milionów ton tych materiałów w roku 2050.





## Wyzwania i możliwości

- Zwiększenie wykorzystania alternatywnych surowców jest uzależnione od ich dostępności.
- Sektor cementowy koncentruje się na nowych rodzajach materiałów, które mogą być wykorzystane w przyszłości, takich jak pył z recyklingu betonu, żużle z produkcji metali nieżelaznych czy zanieczyszczone gleby.



## Innowacja w działaniu

W zakładzie w **Retznei** w Austrii wykorzystuje się instalację dostosowaną do wstępnego przetwarzania odpadów z rozbiórki, złomu żelaznego i popiołu. Dzięki temu mogą być wykorzystane do produkcji cementu, sprawiając, że 30% surowców pochodzi z materiałów z recyklingu.

W cementowni **Rudniki** w Polsce zdekarbonizowane surowce z odpadów stanowią już 13% całkowitego materiału do produkcji klinkieru.



## Rola decyzji politycznych

**Dostępność surowców alternatywnych jest uzależniona od wielu czynników. Decydenci powinni:**

- umożliwić recykling istniejących materiałów poprzez zinventaryzowanie ich dostępności w całej UE na istniejących składowiskach oraz uproszczenie systemu uzyskiwania pozwoleń na ich wykorzystanie,
- przeanalizować krajowe systemy oraz programy gospodarki odpadami i dostępne technologie, aby zidentyfikować potencjał wykorzystania surowców (z istniejących składowisk) zgodnie z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym.

# Badania nad paliwami alternatywnymi i paliwami zeroemisyjnymi

Do 2050

95%

ciepła z paliw alternatywnych do produkcji klinkieru

w tym

50%

biomasy z odpadów

Od 35% do 40% całkowitej emisji z produkcji cementu pochodzi z emisji paliwowej, dlatego nasz sektor podjął już działania mające na celu ograniczenie wykorzystania paliw kopalnych i zastąpienie ich paliwami alternatywnymi, pochodzącymi z różnych źródeł odpadów. Naszym celem jest osiągnięcie wskaźnika wykorzystania paliw alternatywnych na poziomie 95% (w tym 50% biomasy) do 2050 roku – dzisiaj ten wskaźnik wynosi 53%.

Dzięki współspalaniu (co-processing) sektor cementowy jest istotnym ogniwem w gospodarce o obiegu zamkniętym, znacząco przyczyniając się do wspierania lokalnej gospodarki odpadami oraz strategii miejskiej. Zastępując paliwa kopalne alternatywnymi strumieniami odpadów, przemysł nie tylko zmniejsza emisję

CO<sub>2</sub>, ale także redukuje emisję, która powstałaby w wyniku spalania lub uwalniania metanu na składowiskach.



## Rozwój

W ciągu ostatnich lat sektor poczynił znaczne postępy – paliwa alternatywne stanowiły 53% miksu paliwowego sektora w 2021 r., w porównaniu z 46% w 2017 r. i jedynie 2% w 1990 r. Dlatego podtrzymujemy nasz cel, jakim jest osiągnięcie 60% paliw alternatywnych, w tym 30% biomasy z odpadów w 2030 r. i zwiększamy nasz cel na 2050 r. do 95% paliw alternatywnych, w tym 50% biomasy z odpadów do 2050 r. Wyzaczyliśmy także ambitne cele na rok 2040. Pomóc ma nam w tym, oprócz zastąpienia paliw kopalnych, wdrożenie wykorzystania wodoru i elektryfikacji pieców. Rozwiązania takie są na razie w fazie doświadczalnej.







## Wyzwania i możliwości

- Sektor cementowy w UE będzie musiał zapewnić sobie dostępność znacznych ilości zrównoważonej biomasy z odpadów.
- Współprzetwarzanie w gospodarce o obiegu zamkniętym w cementowniach, które pozwala zarówno na odzyskiwanie energii z odpadów, jak i recykling ich frakcji mineralnej, odgrywa decydującą rolę w zmniejszeniu naszej zależności od paliw kopalnych i surowców naturalnych.



## Rola decyzji politycznych

**Sektor cementowy będzie potrzebował dostępu do znacznych ilości odpadów i paliw niskoemisyjnych, aby zrealizować swoją Mapę Drogową i wnieść znaczny wkład w gospodarkę o obiegu zamkniętym. Decydenci powinni:**

- zapewnić wystarczający i długoterminowy dostęp do zrównoważonej biomasy z odpadów,
- uznać korzyści wynikające z recyklingu materiałów i odzysku energii osiąganych poprzez współprzetwarzanie w sektorze cementowym,
- uwzględniać część materiałów poddanych recyklingowi poprzez współprzetwarzanie przy określaniu realizacji celów państw członkowskich związanych z recyklingiem, zgodnie z Dyrektywą w sprawie odpadów.



## Innowacja w działaniu

### Rezygnacja z paliw kopalnych poprzez współprzetwarzanie

Niektóre cementownie w Unii Europejskiej osiągnęły 90% udziału materiałów w ramach co-procesingu poprzez zastosowanie innowacyjnych i efektywnych technologii recyklingu.

#### Charakterystyka i przykłady co-procesingu w Europie



### Wykorzystanie zużytych łopat turbin wiatrowych do redukcji emisji

Wykorzystanie wycofanych z eksploatacji łopat turbin wiatrowych stanowi innowacyjne rozwiązanie ograniczające emisję gazów cieplarnianych w przemyśle cementowym. Dzięki współprzetwarzaniu wycofane z eksploatacji materiały kompozytowe, takie jak łopaty turbin wiatrowych, można poddać recyklingowi zgodnie z zasadami obiegu zamkniętego. Współpraca między sektorami przemysłu, np. projekt Kimura w Finlandii, ma na celu efektywne włączenie pokruszonych materiałów kompozytowych do procesów produkcji cementu, minimalizując ilość odpadów. Odpady konstrukcyjne z łopat turbin wiatrowych stanowią cenny surowiec do produkcji klinkieru, prowadząc jednocześnie do znacznego zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>.



### Wodór w procesie produkcji cementu

Przemysł cementowy aktywnie poszukuje alternatywnych źródeł energii, aby jeszcze bardziej ograniczyć swój wpływ na środowisko. Niektóre zakłady w Europie rozpoczęły już wprowadzanie niewielkich ilości wodoru do swojej działalności, a trwają badania nad zwiększeniem jego wykorzystania. Na przykład projekt H2CEM w Grecji koncentruje się na produkcji zielonego wodoru w różnych cementowniach. Ponadto w ramach inicjatyw takich jak projekt CEMZERO w Szwecji badano możliwość pełnej elektryfikacji produkcji cementu. Finlandia uruchomiła nowy projekt we współpracy z firmą Coolbrook, aby osiągnąć podobne cele. Co więcej, kilku producentów cementu w UE rozważa wykorzystanie energii słonecznej w swoich procesach produkcyjnych. W szczególności projekty realizowane we współpracy z firmą Synhelion w Hiszpanii należą do liderów w tych działaniach.

# Nowe typy klinkierów i alternatywnych materiałów wiążących

Do 2030

2% ▼

redukcji procesowej  
emisji CO<sub>2</sub>

W 2050 do

5% ▼

redukcji procesowej  
emisji CO<sub>2</sub>

Prace nad stworzeniem i wdrożeniem nowych rodzajów cementów prowadzone są przez cały czas. Przykłady takich materiałów to: Aether, Alpenat i Ternacem (Belite-Ye'elimate Ferrite) oraz Futurecem (cement z gliną spiekaną i kamieniem wapiennym). Takie cementy charakteryzują się od 20 do 30% niższym śladem węglowym niż cement portlandzki CEM I. Ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> w przypadku tych nowych cementów uwzględniono już na etapie produkcji klinkieru, ponieważ powodują one zmniejszenie emisji z procesu kalcynacji w piecu, a także energii cieplnej potrzebnej do wypału klinkieru. Należy jednak przyznać, że te nowatorskie cementy mają unikalne właściwości, które ograniczają ich zastosowanie na rynkach niszowych.







## Rozwój

Badania nad nowymi klinkierami cementowymi są stale prowadzone, ale istotne są znaczne ograniczenia w ich zastosowaniu i akceptacji rynkowej.

**Dlatego utrzymujemy cel 2% redukcji emisji procesowej CO<sub>2</sub> do roku 2030 oraz nawet 5% do roku 2050.**



## Wyzwania i możliwości

- Rozwój i produkcja nowych rodzajów klinkieru cementowego musi zostać przeskalowana do zastosowania przemysłowego.
- Cementy wytwarzane przy użyciu nowych klinkierów muszą zostać dopuszczone w przepisach budowlanych i normach dotyczących produktów.



## Innowacja w działaniu

- W Niemczech, w ramach projektu **Celitement** badania koncentrują się na redukcji zawartości wapnia oraz modyfikacji stosunku krzemianowo-wapniowego w klinkierze.
- Portugalska metoda X-clinker umożliwia wykorzystanie konwencjonalnych surowców, takich jak wapień, glina, margiel i piasek, w procesie stapiania mieszanki surowców w temperaturze 1550°C, co wymaga znacznie mniej wapienia w porównaniu z konwencjonalnymi metodami.
- CSA (Calcium Sulfoaluminat) Cementy siarczanowo-glinowe umożliwiają ograniczenie zużycia energii, ponieważ wymagają niższej temperatury w procesie wypału oraz mniejszego zużycia energii podczas mielenia.



## Rola decyzji politycznych

**Sektor cementowy potrzebuje efektywnego i szybkiego procesu normalizacji do wdrażania nowych typów cementu. Decydenci powinni:**

- utrzymać obecny system norm oparty na składzie, przy jednoczesnym wprowadzeniu uzupełniającego systemu opartego na właściwościach. Takie dualne podejście powinno ułatwić standaryzację nowych produktów niskoemisyjnych, zapewniając jednocześnie bezpieczeństwo i niezawodność cementów wprowadzanych na rynek europejski.

# Efektywność energetyczna



„Dotychczasowe inwestycje w efektywność energetyczną w sektorze cementowym pozwalają uzyskać jej wskaźnik na poziomie 70%-80%, w zależności od wilgotności surowców.”

**Przemysł cementowy w Europie osiągnął już efektywność energetyczną na poziomie 70 do 80%.** Chociaż instalacje są już bardzo wydajne, możliwe są jeszcze udoskonalenia, które mogą jeszcze bardziej zwiększyć sprawność cieplną niektórych pieców. Można to osiągnąć poprzez modernizację pieców z wymiennikami ciepła i innych typów pieców na piece z prekalcyntorem oraz wykorzystanie ciepła z chłodziaków do produkcji energii elektrycznej.





## Rozwój

W całej Europie zmodernizowano już instalacje w zakresie efektywności energetycznej, dalsza redukcja jest jednak ograniczona, biorąc pod uwagę obecną wysoką wydajność większości pieców. Dlatego podtrzymujemy nasze dotychczasowe cele.



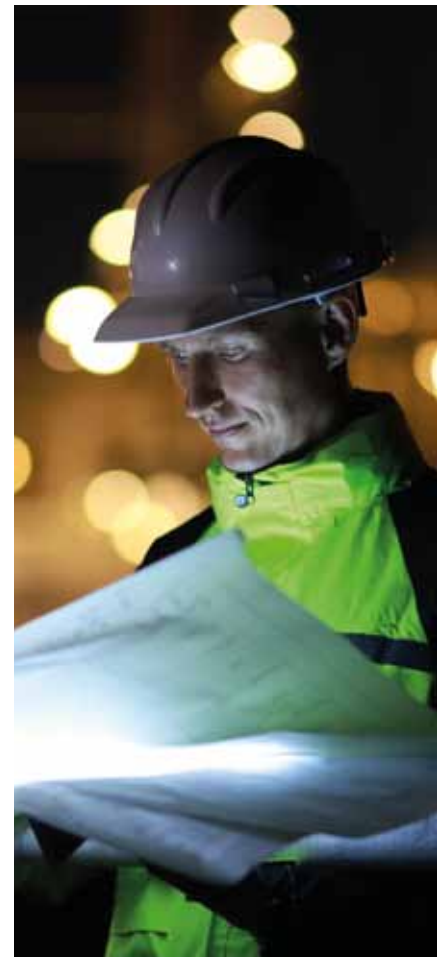
## Wyzwania i możliwości

- Większość pieców Europie już teraz charakteryzuje się bardzo wysoką efektywnością energetyczną.



## Innowacja w działaniu

- Wykorzystując energię wytwarzaną z ciepła odpadowego, fabryka **Rohrdorf** w Niemczech produkuje energię elektryczną. Wykorzystując technologię odzysku ciepła odpadowego, instalacja efektywnie przekształca ciepło emitowane ze spalin w energię elektryczną. To innowacyjne podejście pozwala na pokrycie **około 30% zapotrzebowania na energię elektryczną**.





# Wychwytywanie i zagospodarowanie/składowanie CO<sub>2</sub> (CCUS)



Ponad

30 ▲

projektów wdrożenia technologii CCUS w Europie

do roku 2050, możliwe wychwytywanie nawet

62 Mt

CO<sub>2</sub> rocznie

## Rola CCUS w ograniczaniu emisji CO<sub>2</sub> w zakładach cementowych jest kluczowa.

Technologia CCUS pozwala na wychwytywanie emisji CO<sub>2</sub> z cementowni, zanim zostaną one uwolnione do atmosfery. Wychwycony CO<sub>2</sub> można następnie magazynować w formacjach geologicznych, takich jak wyeksploatowane złoża gazu czy ropy lub warstwy wodonośne. CO<sub>2</sub> można również zagospodarować, np. wykorzystując do produkcji betonu lub do wytwarzania nowych produktów.

Szybkie wdrożenie CCUS i jego rozwój mają kluczowe znaczenie dla postępu technologicznego, stworzenia rozwiązań uzasadnionych ekonomicznie i umożliwienia redukcji emisji CO<sub>2</sub>, pozwalającej na realizację ambitnych celów klimatycznych. W miarę jak coraz więcej cementowni wdraża technologię CCUS, tzw. efekt skali pozwoli obniżyć koszty oraz rozwijać efektywność, czyniąc ją ekonomicznie uzasadnioną opcją do powszechnego wdrożenia.

Wychwytywanie dwutlenku węgla może być elementem gospodarki obiegu zamkniętego, w której wychwycony CO<sub>2</sub> jest wykorzystywany w innych procesach przemysłowych lub przekształcany w cenne produkty, takie jak paliwa syntetyczne, chemikalia lub materiały budowlane. Integracja ta pozwala na dekarbonizację sektorów takich jak cement, w których nie ma innych możliwości osiągnięcia neutralności klimatycznej i zmniejszenia zależności UE od paliw kopalnych i związanej z ich stosowaniem emisji CO<sub>2</sub>.

Wdrożenie i rozwój CCUS niesie ze sobą znaczny potencjał dla europejskiego przemysłu cementowego w zakresie zmniejszenia śladu węglowego, osiągnięcia celów w zakresie zrównoważonego rozwoju i przyczynia się do globalnych wysiłków na rzecz walki ze zmianami klimatycznymi. W konsekwencji, pozwoli również sektorom takim jak produkcja cementu na docelowe osiągnięcie emisji ujemnej, w przypadku wychwytywania emisji ze źródeł biodegradowalnych (biomasa z odpadów).





## Rozwój

W ostatnich latach nastąpił znaczny postęp w rozwoju technologii CCUS w sektorze cementu – obecnie wdrażanych jest ponad 30 projektów w ramach tej technologii w całej Europie. Przewiduje się, że wiele z nich zacznie funkcjonować przed 2030 r., co umożliwi trwałe składowanie do 12 mln ton CO<sub>2</sub> rocznie. W związku z tym określiliśmy ilościowo redukcję emisji CO<sub>2</sub> z CCUS w ramach naszych celów na rok 2030 i zwiększyliśmy nasze ambicje na rok 2050 do 62 milionów ton CO<sub>2</sub> wychwytywanego każdego roku.



## Wyzwania i możliwości

- Projekty CCUS są bardzo kapitałochłonne i wymagają finansowania, aby zmniejszyć obciążenia w całym łańcuchu dostaw. Koszty operacyjne również są znaczące.
- Rozpoczęto już przegląd i planowanie ogólnoeuropejskiej infrastruktury do CCUS (wychwytywanie, transport, magazynowanie), lecz nadal jest ono w dużej mierze niekompletne. Dla budowy nowej infrastruktury lub dostosowania istniejącej (transport gazu) czas odgrywa kluczową rolę.
- Niepewność regulacyjna dotycząca zagospodarowania CO<sub>2</sub> poważnie utrudnia inwestycje w projekty CCU.



## Innowacja w działaniu

### Wychwytywanie CO<sub>2</sub>: wytyczanie drogi w kierunku cementu neutralnego emisyjnie

Uruchomienie pierwszej cementowni wychwytyującej i składowującej CO<sub>2</sub> na skalę przemysłową ma nastąpić pod koniec 2024 r. w Norwegii, w ramach projektu [Brevik CCS](#). Ponadto inne projekty są obecnie wspierane przez Fundusz Innowacyjności EU ETS, a ich uruchomienie zaplanowano przed 2030 r:

- **Belgia**, [Go4Zero](#) będzie uwzględniać zarówno trwałe składowanie CO<sub>2</sub>, jak i wykorzystanie CO<sub>2</sub> w różnych produktach.
- **Bułgaria**, projekt [ANRAV](#) ma być pierwszym projektem CCUS w Europie Wschodniej, uwzględniającym cały łańcuch wartości. CO<sub>2</sub> z cementowni będzie trwałe magazynowany pod Morzem Czarnym.
- **Chorwacja**, projekt [Kodeco](#) to również kompletny układ instalacji od wychwyty do magazynowania.
- **Francja**, projekt [K6](#) obejmuje magazynowanie CO<sub>2</sub>, natomiast projekt [eM-Rhône](#) polega na zagospodarowaniu go poprzez produkcję metanolu, który następnie ma być wykorzystany w transporcie morskim oraz przemyśle chemicznym.
- **Niemcy**, projekt [GeZero](#) to kompletny łańcuch CCS, podczas gdy [Carbon-2Business](#) polega na wykorzystaniu wychwyconego CO<sub>2</sub>, który zostanie przekształcony w e-metanol w drodze syntezy metanolu lub ponownie przetworzony jako surowiec, na przykład do produkcji tworzyw sztucznych.
- **Grecja**, projekty [IFESTOS](#) oraz [Olympus](#) polegają na wychwytywaniu CO<sub>2</sub> z cementowni i trwałym magazynowaniu w formacjach geologicznych.
- **Polska**, projekt [GO4ECOPLANET](#) polega na wychwyconiu CO<sub>2</sub> i magazynowaniu go pod Morzem Północnym.





## Rola decyzji politycznych

Sektor cementowy planuje wychwytywać do

14 Mt ▲

CO<sub>2</sub> rocznie do 2030

50 Mt ▲▲

CO<sub>2</sub> rocznie do 2040

62 Mt ▲▲▲

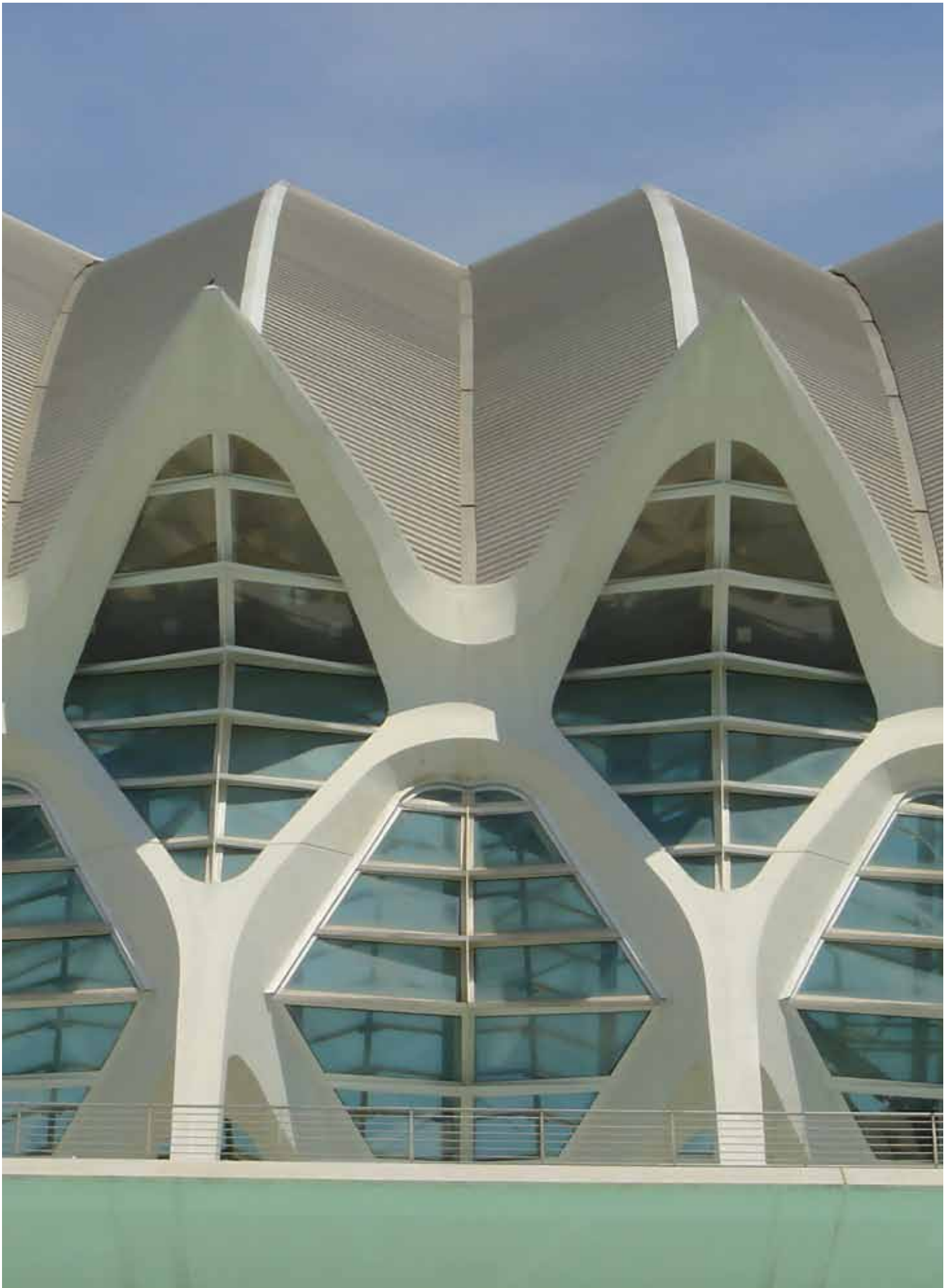
CO<sub>2</sub> rocznie do 2050

**Sektor cementowy może wychwytywać do 14 mln ton CO<sub>2</sub> rocznie do 2030 r., 50 mln ton do 2040 r. i 62 mln ton do 2050 r. Warunkiem niezbędnym do osiągnięcia tych celów jest stworzenie odpowiednich ram legislacyjnych. Wdrażanie najnowocześniejszych technologii, takich jak wychwytywanie dwutlenku węgla, wymaga znacznych inwestycji w innowacje technologiczne i stworzenia odpowiedniej do tego infrastruktury. Decydenci powinni:**

- przyspieszyć tworzenie infrastruktury do transportu i magazynowania CO<sub>2</sub> na poziomie krajowym, w tym rurociągów i magazynów, tak aby każda cementownia miała dostęp do tych rozwiązań,
- rozwiązać problem „wąskich gardeł” w infrastrukturze CO<sub>2</sub>, takich jak pozwolenia i ograniczenia dotyczące lokalizacji rurociągów,
- wyeliminować nieuzasadnione ograniczenia dotyczące podziału na strefy i ułatwić transport transgraniczny poprzez przejrzyste, ogólnounijne standardy dotyczące CO<sub>2</sub> i uznawania wszystkich rodzajów jego transportu,
- usprawnić procesy wydawania pozwoleń na rozwój wychwytywania dwutlenku węgla (w tym dostaw energii odnawialnej) i nadać priorytet infrastrukturze wychwytywania dwutlenku węgla jako stanowiącej „nadrzędny interes publiczny”,
- zagwarantować dostęp do infrastruktury CO<sub>2</sub> – składowania i transportu – na rozsądnych i przejrzystych warunkach ekonomicznych, unikając nierealistycznych zobowiązań w zakresie ilości CO<sub>2</sub>,
- doprecyzować rolę certyfikatów usuwania dwutlenku węgla w celu włączenia ich do Unijnego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji,
- promować społeczne zrozumienie dla wyzwań CCUS i ułatwiać akceptację projektów poprzez pozytywną i przejrzystą komunikację.

**Wychwytywanie i zagospodarowanie CO<sub>2</sub> (CCU) jest niezbędną dźwignią w procesie dekarbonizacji sektora cementowego. Decydenci powinni:**

- uznać korzyści płynące z zagospodarowania CO<sub>2</sub> w ramach gospodarki obiegu zamkniętego w celu dekarbonizacji sektorów, w których redukcja emisji jest trudna do osiągnięcia, takich jak chemikalia czy transport, przy jednoczesnym rozwiązaniu problemu nieuniknionych emisji procesowych/geogenicznych z sektorów przemysłowych (np. cement),
- wspierać technologie CCU, w szczególności w sektorach borykających się z nieuniknionymi procesowymi/geogenicznymi emisjami CO<sub>2</sub> i umożliwić wykorzystanie CO<sub>2</sub> z tych sektorów w różnych produktach (paliwach, chemikaliach itp.) po 2050 r.,
- mieć świadomość różnicy pomiędzy emisją paliwową CO<sub>2</sub> a niemożliwą do uniknięcia emisją procesową/geogeniczną,
- uwzględnić przyszłe zapotrzebowanie na CO<sub>2</sub> w różnych sektorach oraz przeprowadzić ocenę wpływu źródeł i ilości dostarczanego przez nie CO<sub>2</sub>, z uwzględnieniem CO<sub>2</sub> z niemożliwych do uniknięcia emisji procesowych,
- zapewnić przejrzyste ramy regulacyjne dla CCU oraz uznać, że emisję CO<sub>2</sub> należy uwzględniać w momencie uwolnienia tego gazu do atmosfery,
- uznać trwałą mineralizację CO<sub>2</sub> za pożądaną równoważną składowaniu, odblokowując w ten sposób dodatkowe ścieżki dekarbonizacji w ramach gospodarki obiegu zamkniętego.





Po wyprodukowaniu klinkieru miesza się go z gipsem i alternatywnymi dodatkami do cementu (SCM – supplementary cementitious materials), a następnie mieli się do odpowiedniego rozdrobnienia, uzyskując cement. Na tym etapie nie powstają dalsze emisje procesowe. Jednakże do mielenia i mieszania zużywana jest energia elektryczna, a zarówno surowce, jak i końcowy produkt wymagają transportu.

Istnieje kilka możliwości ograniczenia emisji z produkcji cementu. Po pierwsze, zastosowanie cementów o obniżonej zawartości klinkieru może prowadzić do znacznych redukcji emisji. Ponadto zapewnienie niezawodnych i opłacalnych ekonomicznie dostaw energii odnawialnej, wraz z wykorzystaniem bezemisyjnej alternatywy dla paliwa w pojazdach przemysłowych, może dodatkowo ograniczyć emisję podczas procesu produkcji cementu.

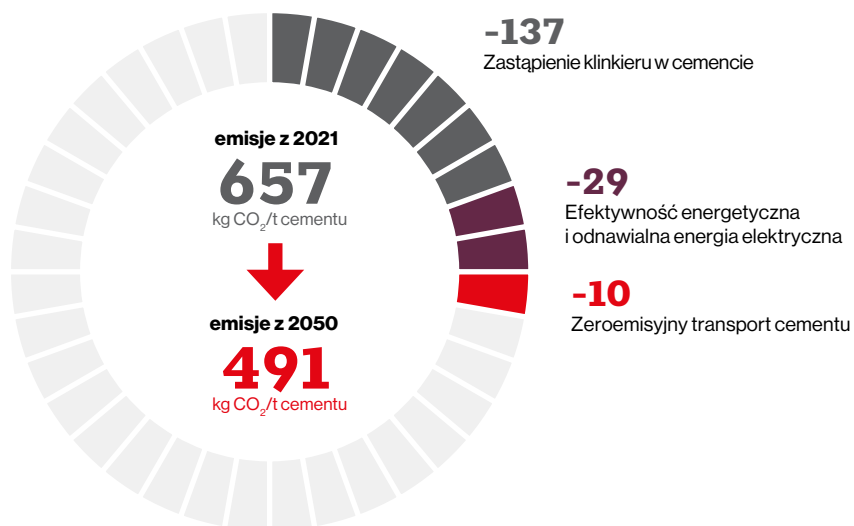


## 02. Cement



## Ścieżki redukcji emisji w procesie produkcji cementu

Jedną z kluczowych dźwigni dekarbonizacji produkcji cementu jest zmniejszenie stosunku klinkieru do cementu, ponieważ to produkcja klinkieru generuje największą emisję CO<sub>2</sub>. Wraz z dekarbonizacją sektora stalowego i energetycznego dostępność granulowanego żużla wielkopiecowego i popiołów lotnych z biegiem czasu nieuchronnie się zmniejsza. Identyfikacja nowych, odpowiednich materiałów pozwalających zmniejszyć udział klinkieru w cemencie jest zatem kluczowym priorytetem dla europejskiego sektora cementowego.



# Cementy niskoklinkierowe



Średnio zastępuje się ok. 23% klinkieru w cemencie, co odpowiada wskaźnikowi klinkier/cement na poziomie

77%

Do roku 2050 wskaźnik ten powinien osiągnąć

60%

W ciągu ostatnich dziesięcioleci zastosowanie cementów o niskiej zawartości klinkieru nabrało tempa, a cementy o bardzo małej zawartości klinkieru są już dostępne na rynku. W Europie stosunek klinkieru do cementu w 2021 r. wyniósł 77%. Oznacza to, że średnio 23% klinkieru zastąpiono dodatkami (SCM), takimi jak granulowany żużel wielkopiecowy i popioły lotne z elektrowni węglowych.

Pobierz nasze FAQ,  
dotyczące wskaźnika  
klinkier/cement





## Rozwój

Prace badawczo-rozwojowe mające na celu poszukiwanie alternatywnych materiałów mogących zastąpić klinkier (głina kalcynowana, pyły z recyklingu betonu). Postawiliśmy sobie ambitniejszy cel, zakładający osiągnięcie do 2050 roku stosunku klinkieru do cementu na poziomie 60%. Oznacza to, że każdego roku w instalacjach cementowych zużywanych będzie 66 milionów ton materiałów alternatywnych.



## Wyzwania i możliwości

- Sektor cementowy w UE stale poszukuje nowych źródeł SCM (np. odzysk z istniejących składowisk), a także alternatywnych SCM, takich jak glina kalcynowana, pyły z recyklingu betonu, naturalne pucolany itp.
- Nie wszystkie potencjalne materiały alternatywne mogą zastąpić klinkier bez ryzyka dla trwałości i wytrzymałości betonu lub bez odpowiednich założeń projektowych. Zawsze będzie potrzebna znaczna ilość klinkieru na tonę cementu, a ilość użytego SCM będzie zależała od ich indywidualnych właściwości i jakości.



## Innowacja w działaniu

### Wykorzystanie potencjału gliny kalcynowanej

Cementownia Xeuilley we Francji jest obecnie w trakcie budowy instalacji do produkcji gliny kalcynowanej w ramach projektu [Argilor](#). Instalacja umożliwi zastępowanie klinkieru, co doprowadzi do redukcji emisji CO<sub>2</sub> aż o 16% w porównaniu z tradycyjnymi cementami. Podobnie cementownia [Saint Pierre La Cour](#) zamierza zbudować zaawansowaną linię do produkcji gliny kalcynowanej o wydajności do 500 000 ton niskoemisyjnego cementu rocznie. Podobne inicjatywy są realizowane w całej UE, czego przykładem są projekty takie jak [Calliste](#) w Danii, których celem jest dalsza optymalizacja wykorzystania gliny kalcynowanej w produkcji cementu.

### Badania nad materiałami do produkcji cementu

W całej Europie cementownie aktywnie poszukują możliwości zwiększenia wykorzystania SCM w produkcji cementu. Oprócz istniejących i znanych materiałów branża analizuje potencjalne opcje. Na przykład w Danii projekt [CemShale/CemTower](#) koncentruje się na procesie obejmującym kalcynację łupków w celu wytworzenia wysokowydajnego materiału na bazie minerałów ilastych. Tymczasem projekt [CO2 Valorize](#) koncentruje się na potencjale materiałów odpadowych, takich jak odpady kopalniane i beton z recyklingu. Pył z recyklingu betonu to kolejny obiecujący materiał, a wiele zakładów w UE wdraża już tę technologię.



## Rola decyzji politycznych

**Europejski przemysł cementowy aktywnie bada możliwość zastąpienia klinkieru w cemencie. Aby osiągnąć nasze cele, potrzebujemy dostępu do znacznych ilości substytutów klinkieru (takich jak popiół lotny, żużel wielkopiecowy, glina kalcynowana...). Decydenci powinni:**

- opracować spójne i przejrzyste ramy legislacyjne umożliwiające dostęp do składowisk, w tym obiektów wyłączonych z eksploatacji,
- opracować ambitną politykę w zakresie gospodarowania odpadami, aby zachęcać do odzyskiwania i wykorzystywania materiałów z odpadów przemysłowych jako SCM, ułatwiać transgraniczny transport odpadów w UE, zniechęcać do składowania i minimalizować eksport odpadów poza UE,
- uznawać odzyskane materiały (takie jak odzyskany / wzbogacony popiół lotny) jako materiały wtórne (tj. nieklasyfikowane jako odpady po przetworzeniu).





# Odnawialna energia elektryczna



## Transport

Transport odpowiada obecnie za 1,5% całkowitej emisji CO<sub>2</sub> w produkcji cementu. Obejmuje to transport materiałów w obrębie kamieniołomu i cementowni, surowców i paliw do zakładu oraz dostawę produktów do konsumentów. Prowadzone są szeroko zakrojone inwestycje mające na celu optymalizację wykorzystania pojazdów na skalę przemysłową, zarówno do zastosowań w kamieniołomach i zakładach, jak i do transportu drogowego. Naszym celem jest wprowadzanie do eksploatacji pojazdów elektrycznych i hybrydowych, paliw odnawialnych oraz wodoru.

Po zmodernizowaniu sektora w kierunku dekarbonizacji będziemy potrzebować zwiększonej ilości energii elektrycznej we wszystkich dźwigniach dekarbonizacji, od suszenia nowych rodzajów surowców alternatywnych, poprzez opracowywanie nowych substytutów klinkieru, aż po obsługę instalacji wychwytywania dwutlenku węgla. To zwiększone zapotrzebowanie będzie musiało zostać pokryte przez niskoemisyjne i zeroemisyjne źródła energii.





## Rozwój

Przemysł cementowy w UE szuka sposobów na zmniejszenie zużycia energii i rozwój produkcji energii elektrycznej na własne potrzeby.

„Dekarbonizacja przemysłu cementowego będzie oznaczać wzrost zapotrzebowania na energię z 20 TWh w 2021 r. do 47-113 TWh w 2050 r.”



## Wyzwania i możliwości

- Dekarbonizacja branży cementowej będzie oznaczać wzrost zapotrzebowania na energię z 20 TWh w 2021 r. do 47-113 TWh w 2050 r. Tak szeroki zakres wynika z faktu, że każde przedsiębiorstwo wybierze własną ścieżkę do dekarbonizacji. Niektóre technologie, takie jak CCUS, mogą w zależności od sposobu wykorzystania CO<sub>2</sub>, wymagać znacznych ilości energii elektrycznej.
- W europejskich cementowniach wdrażana jest lokalna produkcja energii odnawialnej – czasami jednak wiąże się to z powolnymi procedurami wydawania pozwoleń.



## Innowacja w działaniu

Celem projektu [Clean Cement Line](#) w Portugalii jest wdrożenie nowej technologii produkcji cementu na skalę przemysłową, a co za tym idzie zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> o co najmniej 20%, zwiększenie efektywności energetycznej o 20% i osiągnięcie 30% wzrostu produkcji energii elektrycznej. Zostanie to osiągnięte dzięki innowacyjnemu, hybrydowemu systemowi wytwarzania energii, który zakłada wykorzystanie ciepła odpadowego z procesu produkcyjnego oraz skoncentrowanej słonecznej energii cieplnej.



## Rola decyzji politycznych

**Wraz z dekarbonizacją sektora cementowego w nadchodzących dekadach nasze zapotrzebowanie na energię elektryczną znacznie wzrośnie. Decydenci powinni:**

- zapewnić dostęp do niskoemisyjnej i zeroemisyjnej energii elektrycznej po uzasadnionej ekonomicznie cenie, co pozwoli zachować globalną konkurencyjność przemysłu UE,
- stworzyć odpowiednie ramy legislacyjne oraz uproszczony system wydawania zezwoleń na wdrażanie odnawialnych źródeł energii w obiektach przemysłowych,
- zapewnić stabilne ceny energii elektrycznej i chronić odbiorców przemysłowych w przypadku gwałtownego wzrostu cen energii,
- wzmocnić wewnętrzny rynek energii elektrycznej poprzez silniejsze połączenia międzysystemowe.

**Dowiedz się więcej w raporcie TNO**





Cement jest używany głównie do produkcji betonu, drugiego po wodzie najczęściej używanego materiału na świecie. Jego produkcja polega na mieszanii cementu z wodą i kruszywami oraz z minimalną ilością domieszek chemicznych, mających na celu poprawę właściwości betonu i spełnienie określonych norm. Cement zazwyczaj stanowi około 10-15% tej mieszanki. Warto zauważyć, że główne emisje CO<sub>2</sub> związane z betonem pochodzą z produkcji cementu, podczas gdy emisje pośrednie powstają przykładowo w wyniku transportu betonu na plac budowy.

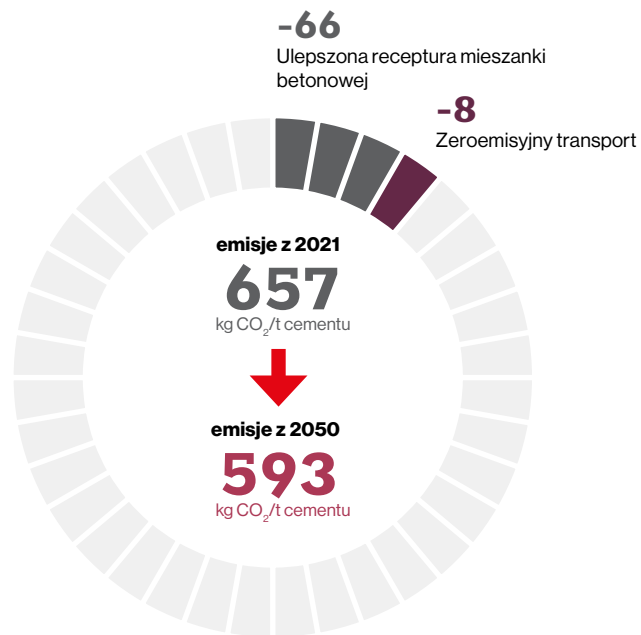
Dekarbonizacja sektora cementowego pozwala na wprowadzenie na rynek betonu niskoemisyjnego. Będzie on materiałem, który zapewni realizację ambitnych celów redukcji emisji w sektorze budowlanym, dzięki swoim licznym zaletom, w tym wysokiej masie termicznej. Beton niskoemisyjny będzie również niezbędny przy budowie odnawialnych źródeł energii i infrastruktury transportu zbiorowego.

## 03. Beton



## Redukcja emisji związana z betonem

Utrzymaliśmy nasze dotychczasowe ambicje, biorąc pod uwagę potencjał mieszanek betonowych o niższym śladzie węglowym.



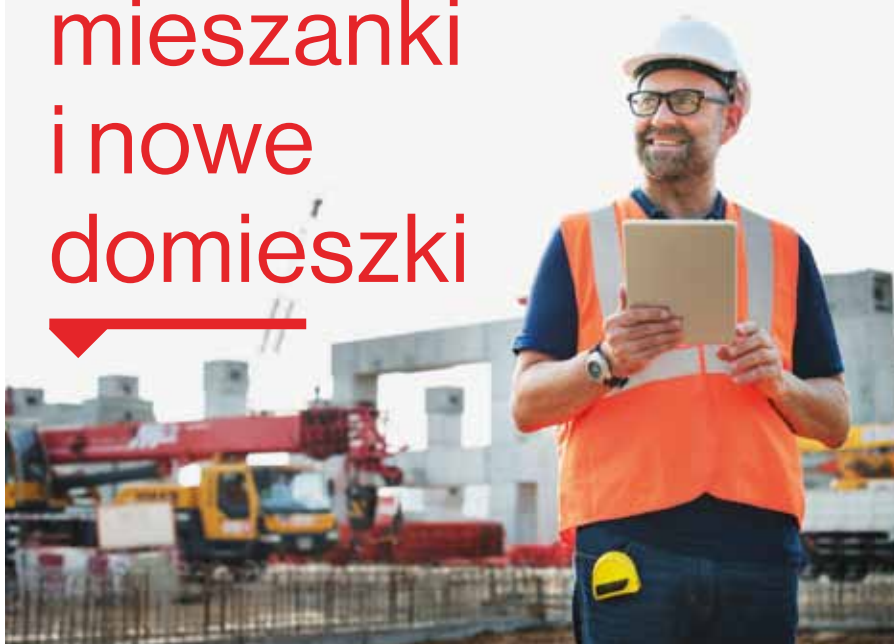
## Transport

Transport mieszanki betonowej na plac budowy i jej pompowanie wymaga znacznych ilości energii, co w znacznym stopniu przyczynia się do emisji CO<sub>2</sub>. Przewiduje się, że do 2050 r. większość transportu będzie realizowana przy użyciu bezemisyjnych pojazdów napędzanych energią elektryczną, paliwami odnawialnymi, wodorem lub hybrydą tych technologii.

### POSTĘP

Pierwotne ambicje zostały utrzymane w oparciu o oczekiwany wskaźnik dekarbonizacji sektora transportu. Trwają szeroko zakrojone inwestycje mające na celu wdrożenie na skalę przemysłową pojazdów do transportu mieszanki betonowej zasilanych energią elektryczną, paliwami odnawialnymi i wodorem czy rozwiązaniami hybrydowymi.

# Cyfryzacja, ulepszona receptura mieszanki i nowe domieszki



## Cementy niskoemisyjne i stosowanie substytutów cementu

Stosowanie cementów niskoemisyjnych i substytutów cementu do produkcji betonu może znacznie zmniejszyć ślad węglowy związany z betonem. Dzięki użyciu materiałów takich jak popioły lotne, granulowany żużel wielkopięcowy, pył krzemionkowy, pucolany i itp. do produkcji, można osiągnąć znaczne ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>. Redukcje te są już uwzględnione w początkowej fazie produkcji cementu.

### Produkcja betonu przy użyciu mniejszej ilości cementu

Ponieważ cement jest składnikiem mieszanki betonowej o największym śladzie węglowym, użycie mniejszej ilości cementu przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiednich właściwości betonu będzie miało istotny wpływ na ślad węglowy betonu. Wybór najbardziej zoptymalizowanego rodzaju betonu może również sprzyjać stosowaniu receptur o niższej zawartości cementu.

### Promowanie gospodarki o obiegu zamkniętym

Stosowanie innowacyjnych mieszanek betonowych zawierających kruszywa pochodzące z recyklingu pozwala na uniknięcie powstawania odpadów i promuje recykling odpadów po rozbiórce.

### Cyfryzacja

Cyfryzacja procesów budowlanych stwarza znaczne możliwości ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> związanej z użyciem betonu. Zwiększone możliwości gromadzenia i przetwarzania danych umożliwią projektantom dokładne oszacowanie wymaganej ilości betonu dla każdego projektu, minimalizując w ten sposób ilość odpadów.

Dodatkowo narzędzia cyfrowe mogą ułatwić monitorowanie transportu betonu w czasie rzeczywistym i zapewnić precyzyjny czasowo harmonogram stosowania go na inwestycji. Dostępne dane na temat składu cementu i betonu umożliwią inwestorom, wykonawcom i użytkownikom budynków ocenę śladu węglowego prac budowlanych oraz przesłanie pochodzenia użytych materiałów.

Co więcej, cyfryzacja umożliwia ciągłe monitorowanie charakterystyki energetycznej budynku.



## Rozwój

Podtrzymaliśmy nasze ambicje dotyczące tej ścieżki.



## Wyzwania i możliwości

Ścieżka ta umożliwi natychmiastową redukcję emisji, ale wymaga przyjęcia nowych praktyk w sektorze wytwarzania betonu i budownictwa.



## Innowacja w działaniu

### Innowacje w dziedzinie betonu

We Francji, inicjatywa [Recygenie](#) ma na celu skonstruowanie budynku przy użyciu materiałów w całości pochodzących z recyklingu, od cementu po kruszywa i wodę. Jednocześnie szybko postępują prace badawcze w dziedzinie nowatorskich receptur betonów, takich jak projekt [Lightcoce](#), który koncentruje się na produkcji wielofunkcyjnego betonu lekkiego na większą skalę.

### Wykorzystanie druku 3D w zrównoważonym budownictwie

Beton idealnie nadaje się do druku 3D w budownictwie, umożliwiając zarówno opłacalne rozwiązania mieszkaniowe, jak i znaczną redukcję emisji CO<sub>2</sub> poprzez zminimalizowanie zużycia betonu. Szybki postęp jest widoczny w różnych obszarach: budowie mostów drukowanych w 3D (na przykład [Project Phoenix](#) w Szwajcarii), budowie największego jak dotąd w Europie budynku wydrukowanego w 3D w [Niemczech](#) oraz udoskonalanie technologii druku 3D (m.in. projekt [Lithosys](#) we Francji).



## Rola decyzji politycznych

**Aby zapewnić terminowe przyjęcie norm i rozwój niskoemisyjnych materiałów budowlanych, sektor cementowy potrzebuje efektywnego procesu normalizacji. Decydenci powinni:**

- utrzymać obecny system norm, oparty na składzie, przy jednoczesnym wprowadzeniu uzupełniającego systemu opartego na właściwościach. Takie podwójne podejście powinno ułatwić standaryzację nowych produktów niskoemisyjnych, zapewniając jednocześnie bezpieczeństwo i niezawodność cementu i betonu wprowadzanego na rynek europejski,
- wspierać popyt poprzez progresywne, przewidywalne i neutralne pod względem doboru materiałów przepisy budowlane dotyczące śladu węglowego, gwarantując jednocześnie niskie ryzyko ubezpieczeniowe i identyczny poziom bezpieczeństwa pomiędzy różnymi rozwiązaniami budowlanymi.

**Należy promować wykorzystanie betonu w gospodarce o obiegu zamkniętym, aby zmniejszyć zapotrzebowanie na materiały i zachęcać do recyklingu. Decydenci powinni:**

- wyznaczyć wyższe cele w zakresie recyklingu odpadów budowlanych i rozbiórkowych, w celu zwiększenia wskaźników recyklingu betonu i uniknięcia składowania odpadów. Cele te powinny być zgodne z zapotrzebowaniem rynku na materiały pochodzące z recyklingu,
- popierać stosowanie zachęt wzmacniających popyt na produkty odpowiednie do użycia podczas realizacji ekoprojektów, zamiast narzucania określonych wymagań, które często są niezgodne z warunkami rynkowymi,
- przyjąć ambitne ramy gospodarki odpadami, które zniechęciłyby do tworzenia składowisk odpadów budowlanych i rozbiórkowych, natomiast wspierałyby rozwój oraz wdrażanie procesów ich zbierania, sortowania i recyklingu, jednocześnie zakazując wywozu odpadów poza UE,
- ustanowić jasne i przejrzyste normy oraz procedury wprowadzania na rynek kruszywa pochodzących z recyklingu.



Konstrukcje muszą być bezpieczne, trwałe i dostępne cenowo, a także uwzględniać społeczny aspekt zrównoważonego rozwoju. Po drugie, istnieje pilna potrzeba zwiększenia ich efektywności energetycznej i zmniejszenia śladu węglowego, zgodnie z unijnymi celami środowiskowymi.

Wreszcie, wysiłki w zakresie budownictwa i remontów muszą nadal stanowić ważny czynnik rozwoju gospodarczego, co podkreślają inicjatywy takie jak „Renovation Wave”, zawarte w ramach Zielonego Ładu.

Beton spełnia wszystkie te wymagania, dzięki swojej wszechstronności i efektywności kosztowej – czyni to go kluczowym materiałem w budownictwie.

Beton, którego żywotność przekracza 100 lat, zapewnia naturalną odporność ogniową i przyczynia się do znacznych oszczędności energii, zmniejszając zapotrzebowanie na ogrzewanie i chłodzenie budynków nawet o 25%.



# 04. Budownictwo

## Ścieżki redukcji emisji związane z betonem

Ścieżki redukcji emisji związanej z betonem i gospodarka o obiegu zamkniętym mogą iść w parze poprzez zmianę sposobu, w jaki projektujemy i budujemy konstrukcje. Nie tylko możemy budować przy użyciu mniejszej ilości materiałów, ale możemy również zwiększyć efektywność energetyczną budynków dzięki unikalnym właściwościom betonu.



## Rola decyzji politycznych

### Efektywność energetyczna

Obecnie około 72% całkowitej emisji CO<sub>2</sub> związanej z całym cyklem życia budynku pochodzi z energii zużywanej podczas jego eksploatacji. Budynki, które wykorzystują wysoką masę termiczną betonu, mogą potencjalnie zmniejszyć zużycie energii od 25% do 50%, szczególnie w okresach szczytowego zapotrzebowania.



**Znaczące redukcje emisji CO<sub>2</sub> można osiągnąć poprzez wdrożenie polityk obejmujących cały cykl życia cementu i betonu. Decydenci powinni:**

- utrzymać podejście do całego cyklu życia budynków i infrastruktury, nie faworyzować żadnego materiału w politykach dotyczących promowania zrównoważonego rozwoju i gospodarki o obiegu zamkniętym,
- unikać regulacji, które mają zastosowanie „do bramy fabryki”, a zamiast tego wdrożyć takie, które uwzględniają zalety płynące z zastosowanych produktów przez cały okres ich użytkowania, rozbiórki i recyklingu materiałów.

**Poprzez bardziej efektywne wykorzystanie betonu i dalekowzroczne praktyki architektoniczne można osiągnąć znaczne redukcje emisji CO<sub>2</sub> w budynkach i infrastrukturze. Decydenci powinni:**

- przyjąć strategię „Whole Life Carbon”, uwzględniającą zarówno tzw. operacyjny ślad węglowy (obejmujący zużycie energii i wody już podczas eksploatacji), jak i „wbudowany” (obejmujący materiały, ich transport, ale także renowację budynku i jego rozbiórkę). Pozwoli to skutecznie zmniejszyć emisje CO<sub>2</sub> w sektorze budowlanym,
- promować kompleksowe podejście – bez faworyzowania wybranych materiałów i uwzględniające ich cały cykl życia, aby stymulować wysiłki na rzecz dekarbonizacji w budynkach w UE,
- działać na każdym etapie łańcucha wartości w budownictwie, aby promować najlepsze praktyki architektoniczne i zmniejszać ślad węglowy sektora budowlanego.

### Projektowanie pod kątem przebudowy i rozbiórki

Sektor budowlany jest coraz bardziej zainteresowany przyjęciem podejścia „projektowanie do rozbiórki”. Oznacza to, że budynki należy projektować z myślą o łatwym ich demontażu po zakończeniu okresu użytkowania. Takie podejście umożliwia efektywny odzysk materiałów i elementów oraz ich ponowne wykorzystanie do budowy nowych konstrukcji.

Co więcej, istniejące obiekty można ponownie wykorzystać w inny sposób. Budynki biurowe są często projektowane z myślą o wszechstronności, dzięki czemu mogą służyć różnym celom. Na przykład biurowiec można przekształcić w apartamentowiec, jeśli w okolicy zmniejszy się zapotrzebowanie na powierzchnię biurową. Trwałość i długowieczność betonu sprawiają, że istniejące obiekty łatwo można dostosować do zmieniających się wymagań rynkowych. Zamiast wyburzać starsze budynki, rośnie tendencja do ponownego wykorzystania ich betonowych konstrukcji do nowych celów.





## Innowacja w działaniu

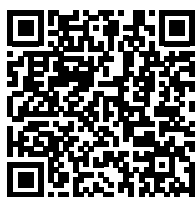
### Ekologiczne miasta Europy dzięki betonowym innowacjom

Miasta w całej Europie dążą do zmniejszenia swojego śladu węglowego, poprawy efektywności energetycznej i wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Podstawą tych dążeń są zrównoważone praktyki budowlane wykorzystujące beton.

Przykłady sukcesu są liczne i różnorodne: od stosowania niskoemisyjnego cementu przy budowie mostów w Dubrowniku, poprzez wykorzystanie prefabrykatów betonowych do budowy farm fotowoltaicznych w Lizbonie, wznoszenie elektrowni wodnych w Salzburgu, projektowanie budynków wykonanych z betonu pochodzącego z recyklingu w Mediolanie i Paryżu, aż po ponowne wykorzystanie starych konstrukcji betonowych w Brukseli. Łańcuch wartości cementu i betonu oferuje bogactwo rozwiązań wspierających zrównoważone środowisko miejskie.



**Poznaj przykłady  
zrównoważonych  
projektów  
budowlanych**



### Bardziej efektywne wykorzystanie betonu

Innowacje i zwiększona efektywność projektowania konstrukcji mogą potencjalnie zmniejszyć emisję CO<sub>2</sub> nawet o 30% w określonych typach budynków.

Dodatkowo postępy w budownictwie, takie jak druk 3D, oferują dalsze możliwości poprawy.

Optymalizacja zużycia betonu w projektach budowlanych może zmniejszyć zużycie betonu o 5-10% w perspektywie krótkoterminowej i nawet o 10-30% do 2050 r.

Karbonatyzacja betonu odnosi się do reakcji chemicznej pomiędzy dwutlenkiem węgla ( $\text{CO}_2$ ) z atmosfery a wodorotlenkiem wapnia ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) obecnym w zaczynie cementowym w betonie. W wyniku tej reakcji powstaje węglan wapnia ( $\text{CaCO}_3$ ), woda ( $\text{H}_2\text{O}$ ) i wydzielają się ciepło. Proces ten zachodzi przez cały okres użytkowania konstrukcji betonowej.

Ta reakcja chemiczna zamienia konstrukcje betonowe w pochłaniacze węgla, dzięki którym zachodzi wchłanianie i sekwestracja części  $\text{CO}_2$  uwalnianego podczas produkcji klinkieru.

Ponadto intensyfikowanie karbonatyzacji betonowych odpadów budowlanych poprzez stosowanie procesów przyspieszających i wspomagających tę reakcję chemiczną (takich jak ekspozycja zmielonych odpadów na działanie powietrza) pozwala na sekwestrację znacznych ilości  $\text{CO}_2$ .

Karbonatyzacja betonu jest coraz częściej uznawana przez różne instytucje naukowe.

Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC) uznał w swoim [raporcie](#) z 2021 roku „pochłanianie dwutlenku węgla przez beton”, a ostatnio zespół [Global Carbon Budget](#) wykonał szczegółowe obliczenia dotyczące pochłaniania dwutlenku węgla przez beton. Stanowi to uzupełnienie wielu badań opublikowanych na ten temat w ostatnich latach, zwłaszcza przez Szwedzki Instytut Badań nad Środowiskiem – [IVL](#).

# 05. Karbonatyzacja











## Wyzwania i możliwości

- Na szybkość karbonatyzacji betonu wpływa wiele czynników, w tym porowatość, wilgotność i rodzaj zastosowanego cementu. Proces ten jest długotrwały. Zachodzi w całym cyklu życia konstrukcji oraz w fazie magazynowania odpadów.
- Coraz większa liczba firm zajmujących się czystymi technologiami oraz cementowni analizuje potencjał magazynowania CO<sub>2</sub> w betonie, w tym biogenego CO<sub>2</sub>.

### Karbonatyzacja w konstrukcjach i budowlach betonowych

Infrastruktura betonowa ulega naturalnej karbonatyzacji. Badania IVL wskazują, że co roku wychwytywane jest 23% emisji procesowej CO<sub>2</sub> powstającej podczas produkcji cementu.



## Innowacja w działaniu

### Zwiększanie potencjału betonu do karbonatyzacji w celu ograniczenia emisji w całym łańcuchu dostaw

Projekty takie jak [Zephyr Ost](#) w Szwajcarii wykorzystują kruszywo z recyklingu wzbogacone o CO<sub>2</sub>, pozyskiwane z oczyszczalni ścieków, do produkcji świeżego betonu. Podobnie inicjatywy takie jak [Circo2beton](#) we Francji i [ReConcrete-360°](#) w Niemczech badają wykorzystanie stwardniałego zaczynu cementowego z rozebranych konstrukcji do pochłaniania dwutlenku węgla w długim czasie.

### Wykorzystanie betonu do trwałego usuwania dwutlenku węgla

Wiodące firmy, takie jak [Neustark](#), [CarbonCure](#) i [Heirloom](#) badają możliwości trwałego pochłaniania CO<sub>2</sub> przez beton. W połączeniu z wychwytywaniem emisji biogenych podejście to stwarza szansę na generowanie ujemnych emisji poprzez pochłanianie dwutlenku węgla przy pomocy mineralizacji.



## Zwiększona karbonatyzacja betonu z recyklingu

Wskaźniki karbonatyzacji wzrastają po rozbiórce betonowego budynku. Wynika to ze zwiększonej powierzchni kruszyw betonowych pochodzących z recyklingu, co pozwala na bardziej efektywną absorpcję CO<sub>2</sub> z powietrza do zaczynu (składającego się z cementu, wody i piasku).

Wstępne badania wskazują, że proces ten można przyspieszyć, wykorzystując gazy odlotowe z pieców cementowych, które zawierają podwyższony poziom CO<sub>2</sub> i mają wyższą temperaturę, co skutkuje potencjalnym wzrostem wychwytywania CO<sub>2</sub> z emisji procesowych nawet o 50%. Ponadto oddzielenie kruszywa z betonu pochodzącego z recyklingu i zmielenie zaczynu cementowego pozwala jeszcze bardziej zintensyfikować wychwytywanie CO<sub>2</sub>. Podejście to ma też dodatkową zaletę – w procesie tym powstaje materiał, który można wykorzystać jako zamiennik klinkieru przy produkcji cementu.



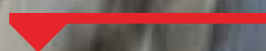
## Rola decyzji politycznych

**Karbonatyzacja betonu skutecznie zamienia nasze miasta w pochłaniacze dwutlenku węgla. Korzyści z tego płynące można zwiększyć dzięki ukierunkowanym politykom. Decydenci powinni:**

- uwzględnić pochłanianie CO<sub>2</sub> przez budowle i infrastrukturę betonową w krajowych wykazach gazów cieplarnianych,
- uznać pochłanianie CO<sub>2</sub> (w szczególności poprzez karbonatyzację kruszyw wtórnych i betonu) jako formę trwałego składowania dwutlenku węgla, a w przypadku stosowania CO<sub>2</sub> biogenego lub atmosferycznego uznać to za emisję ujemną,
- w pełni wykorzystać potencjał karbonatyzacji w polityce budowlanej (na przykład w projektach architektonicznych i strategiach wycofywania budynków z eksploatacji), aby zmaksymalizować karbonatyzację betonu,
- uznać karbonatyzację betonu jako usuwanie dwutlenku węgla powstałego w wyniku produkcji cementu – ilość pochłoniętego w tym procesie CO<sub>2</sub> powinna być uznana za neutralną pod względem emisji dwutlenku węgla w zakładzie cementowym.



Założenia,  
inwestycje  
i zewnętrzna walidacja







## Prognoza produkcji do 2050 roku

Wobec braku wiarygodnych i publicznie dostępnych źródeł na temat długoterminowej ewolucji rynku budowlanego, aktualizacja Mapy Drogowej CEMBUREAU zakłada stały poziom produkcji cementu do 2050 roku. Należy zwrócić uwagę na następujące kwestie:

- Z jednej strony dekarbonizacja sektora cementu i betonu spowoduje bardziej efektywne wykorzystanie wszystkich materiałów w całym łańcuchu wartości, począwszy od niższej zawartości klinkieru w cemencie po mniejsze zużycie cementu w betonie i bardziej efektywne wykorzystanie betonu w budynkach.
- Z drugiej strony wprowadzenie na rynek niskoemisyjnego cementu i betonu zwiększy popyt na produkt końcowy – beton, który jest niezbędnym materiałem dla budownictwa w UE. W Europie 75% obecnych zasobów budynków pochodzi z 1990 roku. Osiągnięcie celów klimatycznych UE będzie wymagało zwiększenia wskaźnika renowacji z obecnego 1% (0,2% w przypadku gruntownych renowacji) do 3%. Ponadto budowa turbin wiatrowych i innych konstrukcji do produkcji energii odnawialnej będzie wymagała dużych ilości betonu. Beton będzie również niezbędny do wznoszenia budynków i budowy infrastruktury odpornych na zjawiska związane ze zmianami klimatu.

Przy założeniu utrzymania stałego poziomu produkcji cementu, branża ma zatem pewność, że do 2050 r. rynek odnotuje wzrost o 1-3% rocznie.



## Rozliczanie emisji

### Emisje całkowite

W aktualizacji Mapy Drogowej CEMBUREAU zastosowano następującą metodologię rozliczania emisji:

- Emisje powstałe w wyniku wykorzystania odpadowej biomasy są odliczane, zgodnie z Dyrektywą UE w sprawie odnawialnych źródeł energii.
- W przypadku wychwytywania i utylizacji dwutlenku węgla (CCU), wychwycony CO<sub>2</sub> jest odejmowany na poziomie instalacji wychytującej (np. cementowni), gdy jest on przekazywany do nietrwałego wykorzystania przez stronę trzecią.
- W przypadku karbonatyzacji CEMBUREAU przyjęło konserwatywną wartość 20% emisji procesowych z produkcji cementu wchłanianych przez konstrukcję betonową, zgodnie z pracą IVL. Inne szacunki (raporty IPCC, Global Carbon Budget) przewidują wyższy poziom pochłaniania CO<sub>2</sub>.

### Emisja brutto i netto

W aktualizacji Mapy Drogowej utrzymano podejście do emisji brutto, zgodnie z którym emisje wynikające ze stosowania paliw alternatywnych rozlicza się jako emisje z paliwa, ponieważ jest to zgodne z metodologią stosowaną w prawodawstwie europejskim. Jako uzupełnienie danych dotyczących emisji brutto, aktualizacja zawiera także dane dotyczące emisji netto w załączniku 3, w którym stosowane paliwa alternatywne są rozliczane jako neutralne pod względem emisji CO<sub>2</sub>, co odzwierciedla metodykę stosowaną przez międzynarodowe stowarzyszenia cementowe.



## Potrzeby inwestycyjne

Szacuje się, że potrzeby finansowe europejskiego przemysłu cementowego w zakresie wychwytywania dwutlenku węgla z wykorzystaniem technologii o wysokich poziomach gotowości technologicznej (TRL – Technology Readiness Level) to koszty od 200 do 500 mln EUR na zakład. Więcej informacji można znaleźć w publikacji Europejskiej Akademii Badań nad Cementem (ECRA) (załącznik 2). Szacunki te uwzględniają szeroką gamę potencjalnych technologii wychwytywania i stąd tak szeroki zakres potrzeb inwestycyjnych dla CCS.

Nie uwzględniają one natomiast niezbędnych kosztów infrastruktury (rurociągi CO<sub>2</sub>, magazyny, koszty przygotowania terenu). CEMBUREAU zdaje sobie również sprawę, że wybór odpowiedniej technologii i ścieżki dekarbonizacji jest kwestią indywidualną każdej firmy.



## Weryfikacja zewnętrzna

CEMBUREAU zleciło PwC ocenę dźwigni i parametrów wykorzystanych w tej Mapie Drogowej, czego zwieńczeniem był kompleksowy raport wydany w styczniu 2024 r. Analiza PwC skupiła się na ocenie wykonalności technologicznej, dostępności zasobów, zaangażowaniu politycznym i potencjale redukcji emisji CO<sub>2</sub> poszczególnych dźwigni dekarbonizacji. Kluczowe wnioski z pracy PwC można znaleźć [online](#) a podsumowanie wyników dotyczących każdej dźwigni dekarbonizacji znajduje się w załączniku 1 do niniejszego dokumentu.

## Załącznik 1












Plan działania CEMBUREAU, ocena różnych dźwigni dekarbonizacji przeprowadzona przez PwC

Dźwignia	Gotowość technologiczna	Dostępność zasobów	Poparcie decydentów	Redukcja CO <sub>2</sub>
Surowce alternatywne				
Nowe cementy				
Biomasa				
Sprawność cieplna i odzysk ciepła odpadowego				
H <sub>2</sub> / elektryfikacja / biogaz				
Zawartość klinkieru w cemencie				
Wskaźnik emisyjności energii elektrycznej w UE				
Transport cementu i betonu				
Ilość cementu w betonie <sup>4</sup>				
Efektywność w budownictwie <sup>4</sup>				
Karbonatyzacja				
CCUS				

Wykonalne

Wykonalność dźwigni w odniesieniu do ambicji CEMBUREAU może być zagrożona

Wykonalność dźwigni w odniesieniu do ambicji CEMBUREAU jest zagrożona

Przeszkody i możliwości	Ocena ryzyka globalnej wykonalności
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dostępność surowców alternatywnych obniży ich użycie</b> – ze względu na kurczące się ich zasoby</li> <li>• <b>Dobór surowców alternatywnych w taki sposób, aby zwiększyć zawartość wapnia</b>, jest kluczowy przy optymalizacji redukcji CO<sub>2</sub></li> <li>• <b>Właściwa struktura rynku na poziomie unijnym i krajowym pomogłaby</b> przemysłowi cementowemu zwiększyć ten wskaźnik</li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Niektóre nowatorskie technologie w przemyśle cementowym wydają się obiecujące i skalowalne w perspektywie ambitnej</b></li> <li>• <b>Należy przyspieszyć komercjalizację nowych cementów w Europie</b> i promować ich stosowanie</li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• W miarę wzrostu popytu i stabilizacji podaży <b>pojawi się 50-150% różnica między popytem a podażą biomasy</b></li> <li>• <b>Przemysł cementowy nie może konkurować z innymi gałęziami przemysłu</b> o zasoby biomasy i musi albo polegać na innych źródłach paliw alternatywnych, albo dysponować dla nich pewną rezerwą kwotową</li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dostępna jest technologia</b> pozwalająca zmniejszyć zapotrzebowanie na energię ciepłą, chociaż zmiana pieca jest kosztowna</li> <li>• <b>Wpływ zastosowania paliw alternatywnych i surowców alternatywnych w zakresie zapotrzebowania na energię należy poddać dalszej analizie</b></li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Elektryfikacja pieca cementowego umożliwiłaby redukcję emisji gazów cieplarnianych pochodzących ze spalania paliw do zera</b>, chociaż <b>skalowalność tego rozwiązania jest wątpliwa</b></li> <li>• <b>Biogaz jest łatwiej wykorzystać w taki sposób</b>, chociaż dostęp do jego zasobów może być ograniczony przez zapotrzebowanie innych sektorów (np. transport)</li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dostępność zasobów będzie ograniczać mieszanki z dodatkami SCM. Należy dalej rozwijać źródła SCM w Europie</b></li> <li>• <b>Właściwości cementu mogą ulec zmianie</b>, wpływ dodatku gliny kalcynowanej i wapienia na jakość cementu jest niejasny</li> <li>• Stosowanie <b>gliny kalcynowanej</b> jako jednego z głównych substytutów cementu będzie wymagało <b>dotatkowej energii cieplnej</b></li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zerowy wskaźnik emisyjności energii elektrycznej netto do roku 2050 jest osiągalny</b> i zgodny z celami UE</li> <li>• <b>Transport neutralny pod względem emisji dwutlenku węgla do 2050 r. jest nieco bardziej ambitny niż cele UE</b> – wymaga to <b>dotatkowych starań</b></li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Transport cementu w większym stopniu zależy od tempa rozwoju infrastruktury</b> niż transportu betonu, przez co ten drugi jest łatwiejszy do dekarbonizacji</li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Optymalizacja użycia betonu i nowe rodzaje betonów</b> pomogą zmniejszyć zawartość cementu w betonie</li> <li>• <b>Należy zmienić normę EN 206-1 dotyczącą betonu</b>, aby wspierać ambicje redukcyjne do roku 2050</li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Optymalizacja projektu/specyfikacji i redukcja odpadów betonowych pozwoli na zmniejszenie ilości surowców wykorzystywanych w budownictwie</b></li> <li>• <b>Ponowne wykorzystanie betonu jest również kluczem</b> do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> z nowych budynków i należy je w dalszym ciągu wspierać</li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chociaż karbonatyzacja jest uznawana przez IPCC, odpowiedzialność za raportowanie nie została jeszcze ustalona</li> <li>• <b>Zmiana innych dźwigni wpływa na stopień karbonatyzacji</b> (np. mieszanka SCM)</li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CCUS to główna szansa na dekarbonizację procesu produkcji cementu do 2030 r. z wykorzystaniem technologii o wysokim poziomie gotowości technologicznej</b></li> <li>• <b>Należy w dalszym ciągu rozwijać infrastrukturę transportu i lokalnego magazynowania</b>, aby zaspokoić potrzeby przemysłu cementowego</li> </ul>	 <p>Niskie      Wysokie</p>

<sup>1</sup>ARM: Surowce alternatywne; <sup>2</sup>AFR: Stawka paliwa alternatywnego; <sup>3</sup>SCM: Dodatkowe materiały cementowe;

<sup>4</sup>Dźwigni tych nie można uwzględnić bezpośrednio w odpowiednim planie działania, ale będą one miały wpływ na popyt na cement

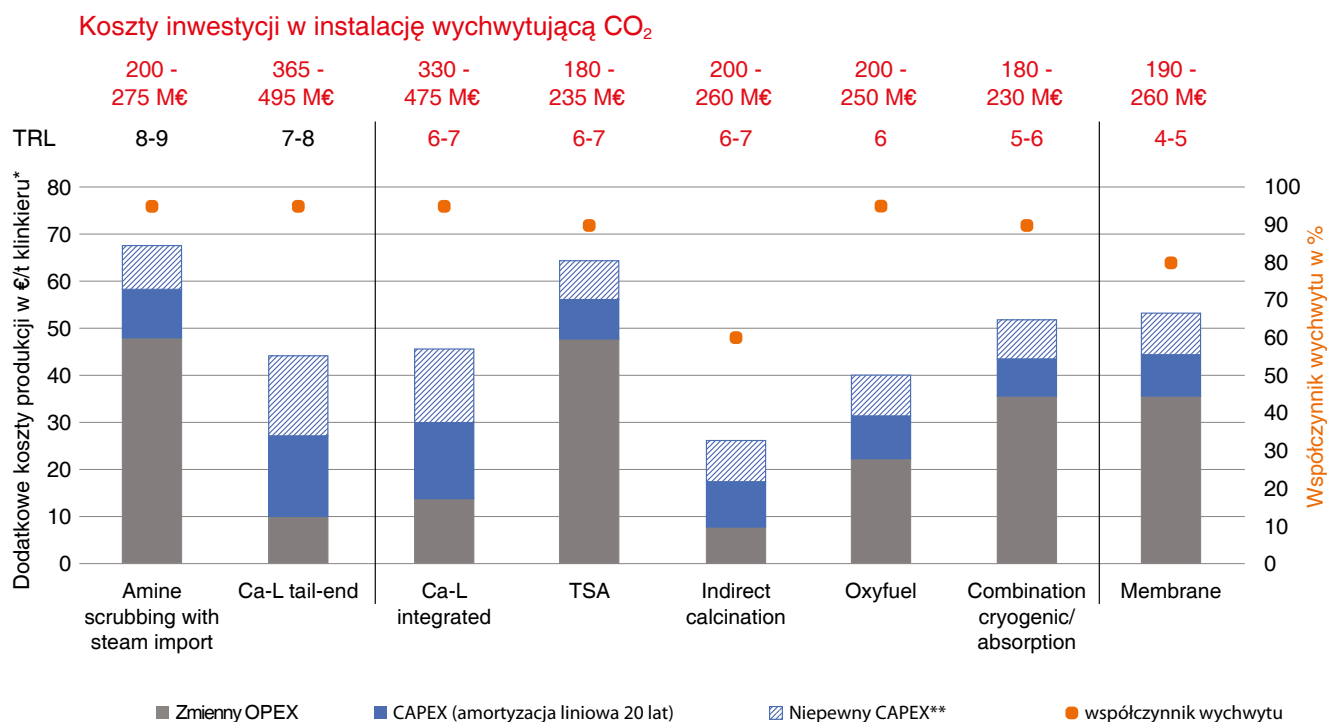


## Załącznik 2

Szacunki ECRA dotyczące kosztów wychwytywania dwutlenku węgla

### Dodatkowe koszty produkcji związane z wychwytywaniem dwutlenku węgla

Koszty mogą się znacznie różnić ze względu na niepewność dotyczącą nakładów inwestycyjnych wynikającą z różnej sytuacji na poziomie zakładu



\* Dodatkowe koszty produkcji

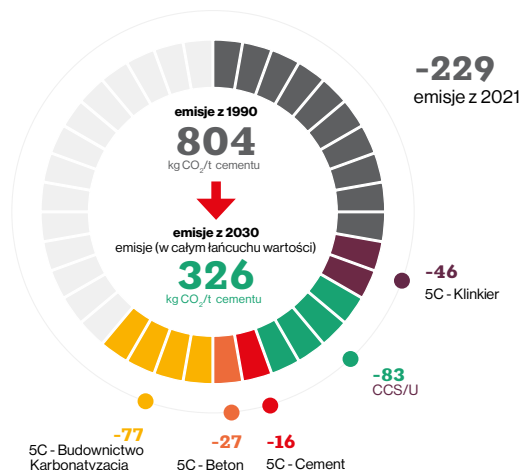
\*\* Wszystkie przyjęte założenia podano szczegółowo w dokumentach technologicznych ECRA (2022 r.)

- OPEX zależy od sytuacji specyficznej dla danego miejsca (dostępny nadmiar ciepła) i kosztów energii
- CAPEX może wahać się do ok. 100% z powodu:
  - Różnic regionalnych, takie jak koszty pracy
  - Różnych poziomów gotowości technologicznej dla różnych technologii wychwyty
  - Potrzebnej dodatkowej infrastruktury na miejscu dostosowanej do konkretnego zakładu
  - Różnic w infrastrukturze do transportu CO<sub>2</sub> na poziomie zakładu

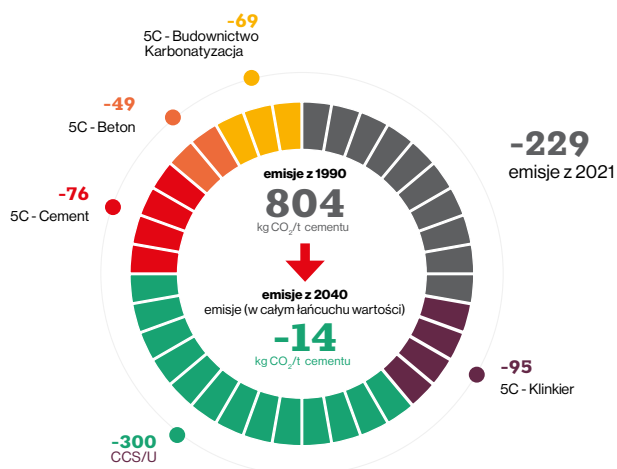
## Załącznik 3

Plan działania CEMBUREAU – dane dotyczące emisji netto

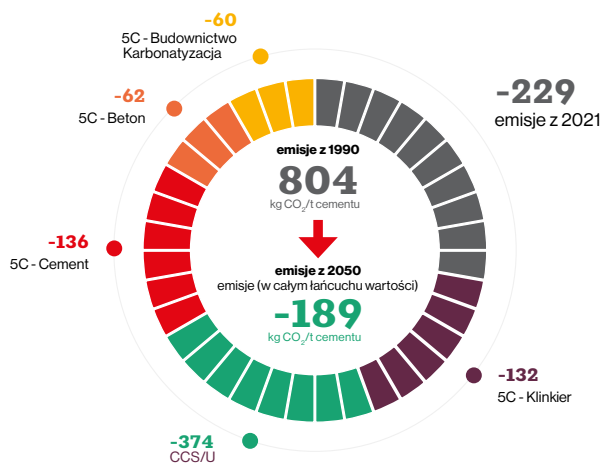
### CEMBUREAU 2030 – emisje netto



### CEMBUREAU 2040 – emisje netto



### CEMBUREAU 2050 – emisje netto





**CEMBUREAU**



**@CEMBUREAU**



**Cementing Europe's Future**



**@CEMBUREAU**

**[www.cembureau.eu](http://www.cembureau.eu)**



**@PolskiCement**



**@PolskiCement**



**Stowarzyszenie Producentów Cementu**



**[www.zrownowazonaprzyszosc.pl](http://www.zrownowazonaprzyszosc.pl)**

**[www.polskicement.pl](http://www.polskicement.pl)**

---

Tłumaczenie i opracowanie wersji polskiej:

Stowarzyszenie Producentów Cementu  
ul. Lubelska 29, 30-003 Kraków  
tel. +48 12 423-33-55  
e-mail: [biuro@polskicement.pl](mailto:biuro@polskicement.pl)