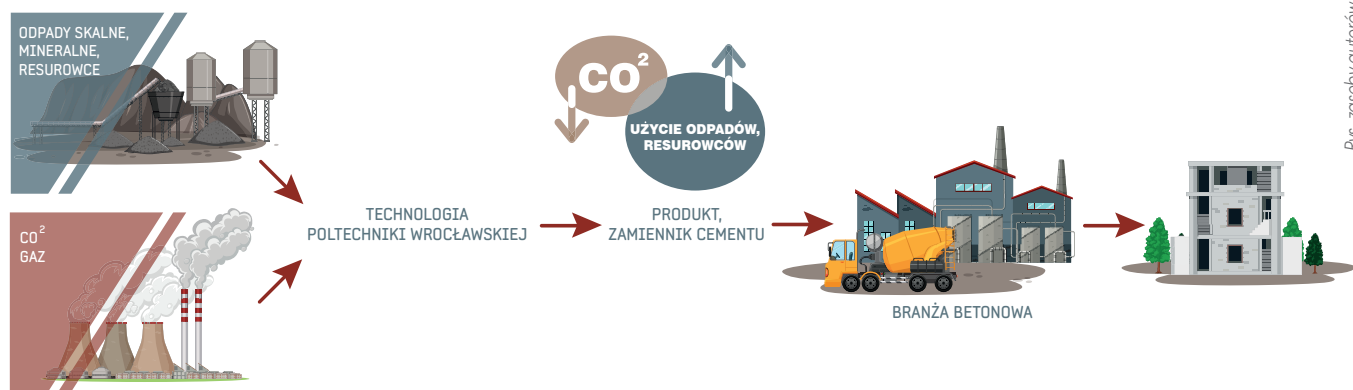




Rys. zasoby autorów

RE-MISSION,

czyli nowa szansa dla kopalń kruszyw i zrównoważonego budownictwa

Adrian Chajec, Tomasz Marciniszyn, Paweł Żebrowski

Politechnika Wrocławska

Wzrost wymagań klimatycznych w budynkach oraz presja kosztowa EU ETS będą skłaniać producentów do zwiększania udziału zamienników cementu i wykazywania redukcji emisji w EPD, czyli deklaracji środowiskowej produktu. Mineralizacja CO_2 na odpadach pogórnich to realna szansa, by zamknąć obieg materiałów w górnictwie kruszyw i odciążyć klimat.

RE-mission to inicjatywa Politechniki Wrocławskiej, której celem jest komercjalizacja technologii mineralizacji CO_2 na odpadach pogórnich (np. pyły skalne z produkcji kruszyw), aby wytwarzać z nich pełnowartościowy składnik do betonów o znacznie obniżonym śladzie węglowym. Projekt ma charakter rozwojowo-wdrożeniowy (2025-2026) i prowadzi do powołania spółki spin-off, odpowiedzialnej za wejście na rynek. Zespół tworzą: dr inż. Adrian Chajec (lider naukowy), Paweł Żebrowski (lider biznesowy) i dr inż. Tomasz Marciniszyn (transfer technologii). Jego istotą jest zbudowanie ścieżki komercjalizacji i weryfikacja potencjału rynkowego rozwiązania, które ma stać się jednym z filarów budownictwa bliskiego zera netto.

Na czym polega naukowa nowość?

Zespół łączy dobrze znany efekt wypełniacza (filler effect) drobnych cząstek skał z węglanową „po-

włoką” CaCO_3 , otrzymywaną dzięki mineralizacji CO_2 w środowisku wodnym. Tak przygotowane ziarna nie tylko zagęszczają mikrostrukturę zaczynu cementowego, ale stają się aktywnym „ziarnem-zarodkiem” dla hydratacji. W rezultacie do ~20% cementu można zastąpić mineralizowanym odpadem, bez utraty wytrzymałości, a ślad węglowy betonu spada nawet o ~79%. Dodatkowo w badaniach odnotowano ~22% wzrost wczesnej wytrzymałości, bez zwiększania wodochłonności mieszanek.

Dwie nogi technologii: RE-act i RE-use

Komercjalizacja opiera się na dwóch komplementarnych elementach:

- **RE-act** – technologia chemicznej aktywacji odpadów pogórnich z użyciem procesowego CO_2 . Jest zaprojektowana do wdrożenia „u klienta”: skalowalna, prosta, niskoenergetyczna i mobilna.

- **RE-use** – gotowy produkt (mineralizowany proszek), który może wytwarzać spółka spin-off lub podwykonawcy i który zastępuje część cementu w betonie.

Oba elementy razem dają materiał trwale wiążący dwutlenek węgla i istotnie obniżający emisyjność betonu.

Dlaczego to jest ważne? Mniej cementu = mniej CO₂

Cement (po wodzie to drugi najczęściej używany materiał na Ziemi) odpowiada za blisko 8% globalnych emisji CO₂. Zmniejszenie jego udziału w betonie jest najkrótszą drogą do dekarbonizacji branży. Klasyczny efekt wypełniacza umożliwia zwykle na zastąpienie ok. 5-7% cementu; dopiero aktywacja CO₂ odpadów pogórnich pozwala przeskoczyć tę barierę i wejść na poziom ~20% bez utraty parametrów mechanicznych.

Presję na redukcję emisji zwiększają regulacje: znovelizowana dyrektywa EPBD (kurs na budynki zeroemisyjne do 2030 r.) oraz koszt emisji w EU ETS (prognozowany poziom rzędu ~150 EUR/t do 2030 r.), co czyni rozwiązania niskoemisyjne opłacalnymi ekonomicznie.

Hałdy odpadów – problem i... niewykorzystany kapitał

Produkcja kruszyw generuje duże ilości frakcji pylastych i mułów, które zalegają na hałdach. Oprócz zajmowania terenu, takie składowiska mogą:

- pylić (uciążliwość dla sąsiednich miejscowości),
- powodować spływy zawieszin do cieków (zamulenie, zmiany siedlisk),
- lokalnie zaburzać odczyn wód i gleb,
- fragmentować siedliska i ograniczać bioróżnorodność.

RE-mission odwraca logikę problemu: wiąże CO₂ na pyłe skalnym i trwale lokuje go w betonie, jednocześnie uszczuplając hałdy oraz zamykając obieg materiałowy w duchu gospodarki cyrkularnej. Dokument podkreśla, że właśnie na PMW możliwe jest uzyskanie niższej emisyjności betonu niż w rozwiązaniach opartych na recyklingu starego zaczynu cementowego, a przy tym bez kosztownego mielenia i separacji.

”

RE-mission wiąże CO₂ na pyłe skalnym i trwale lokuje go w betonie, jednocześnie uszczuplając hałdy oraz zamykając obieg materiałowy w duchu gospodarki cyrkularnej

Jak to działa – w praktyce

1. Charakteryzacja strumienia odpadów (typ skały: granit, bazalt, wapień, kwarcyt, skalenie, marmur – wszystkie były testowane).
2. Mineralizacja CO₂ w środowisku wodnym – na powierzchni cząstek wytrąca się węglan wapnia (CaCO₃), który „funkcjonalizuje” pył. Do ~10% masy proszku może stanowić trwale zmagazynowany dwutlenek węgla.
3. Włączenie proszku do receptur – typowo zamiana do ~20% cementu przy nie pogorszonej urabialności i porównywalnej wytrzymałości. Zauważalny szybszy przyrost wytrzymałości w wieku wczesnym.
4. Technologia ma dziś TRL = 5 (walidacja w warunkach zbliżonych do rzeczywistych), z aparaturą 5 kg/dzień na poziomie laboratoryjnym i planem skalowania do ≥500 kg/dzień do testów na węźle betoniarskim (TRL 8/9).

Ramy regulacyjne – wiatr w żagle

Wzrost wymagań klimatycznych w budynkach (EPBD) oraz presja kosztowa EU ETS będą skłaniać producentów do zwiększania udziału zamienników cementu i wykazywania redukcji emisji w EPD. To okno rynkowe dla kopalń, które włączą mineralizację odpadów do oferty.

Mineralizacja CO₂ na odpadach pogórnich to realna szansa, by zamknąć obieg materiałów w górnictwie kruszyw i odciążyć klimat. Kopalnie zyskują produkt o wartości dodanej, odbiorcy betonu – niższy ślad węglowy i przewagi certyfikacyjne, a środowisko – mniej hałd i trwale związany CO₂. W obliczu rosnących wymagań regulacyjnych to praktyczna, ekonomicznie racjonalna droga do budownictwa niskoemisyjnego. ■

CO Z TEGO MAJĄ KOPALNIE KRUSZYW?

Zalety technologii: RE-act i RE-use

1. Nowa linia przychodów: pyły i drobne frakcje z hałd stają się pełnowartościowym surowcem do betonu – czy to jako produkt RE-use, czy w modelu usługowym RE-act na miejscu u klienta.
2. Mniej odpadów, mniej kosztów środowiskowych: redukcja wolumenu składowanego materiału, poprawa wskaźników ESG i argumenty w dialogu społeczno-środowiskowym.
3. Prosta integracja operacyjna: technologia RE-act jest mobilna, niskoenergetyczna i może działać w kopalni (co-location), skracając łańcuch logistyczny do wytwórni betonu.
4. Przewagi rynkowe dla odbiorców betonu: nawet ~79% niższy ślad węglowy receptur i gotowość do zielonych certyfikacji (LEED/BREEAM) to realne argumenty sprzedażowe.