

Dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ) i metan ( $\text{CH}_4$ ) to gazy o największym efekcie cieplarnianym (GHG), które w atmosferze przyczyniają się do podnoszenia temperatury na Ziemi przez zatrzymywanie ciepła.  $\text{CO}_2$  występuje w atmosferze jako efekt działalności ludzkiej, głównie w wyniku spalania paliw, natomiast jednymi z głównych źródeł emisji  $\text{CH}_4$ , są hodowla zwierząt i wydobywanie surowców energetycznych. Zgodnie z polityką Zielonego Ładu, konieczne jest dążenie do redukcji emisji GHG do atmosfery oraz ich utylizacja i składowanie. O ile najlepszym sposobem utylizacji  $\text{CH}_4$ , jak łatwopalnego gazu, jest wykorzystanie go jako cennego źródła energii, o tyle  $\text{CO}_2$  w znacznym stopniu musi podlegać trwałej lub długoczasowej sekwestracji. Jednym z potencjalnych sposobów składowania  $\text{CO}_2$  jest geologiczna sekwestracja w skałach łupkowych, w których występują duże złoża  $\text{CH}_4$ . Zatłaczanie pod wysokim ciśnieniem  $\text{CO}_2$  do głęboko położonych (nawet do 4000 m) formacji łupkowych, ma stymulować procesy wymiany gazowej i sorpcyjnej  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ , na skutek czego  $\text{CO}_2$  zostanie uwięzione w przestrzeni porowej łupków, a gaz łupkowy (złożony głównie z  $\text{CH}_4$ ) zostanie wyparty i przechwycony (technologia  $\text{CO}_2$ -ESGR).

Zakończone niepowodzeniem próby pozyskiwania gazu łupkowego w Polsce, zrealizowane w latach 2013-2017, przyczyniły się do zaniechania dalszych prób eksploatacji tego źródła energii. Jednak w dobie światowego kryzysu energetycznego, a także biorąc pod uwagę postęp technologiczny jaki się dokonał przez około dekadę, temat powrotu do eksploatacji gazu łupkowego w Polsce na nowo się odradza. W związku z tym niezwykle istotne jest, aby eksploatacja słabo rozpoznanych złóż gazu łupkowego w Polsce, jak również aplikacja nowych rozwiązań technologicznych w postaci  $\text{CO}_2$ -ESGR, musi zostać poprzedzona szczegółowymi badaniami laboratoryjnymi, w warunkach odpowiadających *in situ*, a także serią symulacji numerycznych.

Celem projektu jest laboratoryjne przebadanie technologii  $\text{CO}_2$ -ESGR w warunkach naprężenie-ciśnienie-temperatura odpowiadające *in situ*, na głębokościach dochodzących do 4000 m. W warunkach takich naprężenie skał wynosi około 100 MPa, ciśnienie gazu łupkowego wynosi około 10-50 MPa, a temperatura do 130°C. W ramach projektu zbudowane zostaną dwa unikatowe stanowiska badawcze (IMG-SSR i IMG-GEX), które umożliwią symulację warunków odpowiadających *in situ* oraz przeprowadzenie badań właściwości strukturalnych i sorpcyjnych łupków na jednym z tych urządzeń, a także wykonanie eksperymentów filtracji i wymiany gazowej i sorpcyjnej  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  na drugim stanowisku. Wyniki badań strukturalnych i sorpcyjnych zestawione zostaną z rezultatami badań uzyskanymi na komercyjnie dostępnych urządzeniach, na których badania prowadzone mogą być na próbkach skał wolnych od naprężeń, co pozwoli określić w jakim stopniu mierzone w laboratorium parametry, różnią się od tych jakie skała ma w warunkach *in situ*, głęboko pod ziemią. Z kolei badania przepuszczalności, w zestawieniu z badaniami przepuszczalności szczelinowej łupków w warunkach odpowiadających *in situ*, dadzą odpowiedź jaki jest wpływ szczelinowania łupków na stymulację przepływu gazu w przestrzeni porowej.

Najważniejsze eksperymenty projektu, wymiany  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ , polegać będą na zatłaczaniu  $\text{CO}_2$  do próbki łupka, który pierwotnie będzie nasycony  $\text{CH}_4$ . Proces ten wywołać ma wymianę gazową  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  w przestrzeni porowej oraz wymianę sorpcyjną  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  na powierzchni porów łupka. Eksperymenty te zostaną wykonane w warunkach naprężenia-ciśnienia-temperatury odpowiadających *in situ*, co będzie pionierskim tego typu doświadczeniem laboratoryjnym. Na ich podstawie oceniona zostanie efektywność procesu  $\text{CO}_2$ -ESGR.

Ostatnim etapem projektu będzie zbudowanie modelu numerycznego, na podstawie wyników z przeprowadzonych analiz i eksperymentów. Symulacje numeryczne umożliwią odtworzenie procesów  $\text{CO}_2$ -ESGR w warunkach *in situ* w skali makro. Symulacje te pozwolą ocenić aplikacyjność technologii  $\text{CO}_2$ -ESGR w warunkach odpowiadających złożom gazu łupkowego w Polsce.