

## 2. Międzynarodowe Sympozjum — *Wychwytywanie i geologiczne składowanie CO<sub>2</sub>* — *nowości, udział przemysłu i osiągnięcia* **Paryż, Francja, 4–5.10.2007**

W dniach 4–5.10.2007 r. odbyło się w Paryżu 2. Międzynarodowe Sympozjum — *Wychwytywanie i geologiczne składowanie CO<sub>2</sub> — nowości, udział przemysłu i osiągnięcia* (*Capture and Geological Storage of CO<sub>2</sub> — Innovation, industrial stakes and achievements*). Zostało ono zorganizowane przez IFP (*Institut Français du Pétrole*), BRGM (*Bureau de Recherches Géologique et Minières*) i ADEME (*Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie*). Sukces pierwszego spotkania (Paryż, 2005), dotyczącego redukcji emisji CO<sub>2</sub>, wychwytywania i geologicznego składowania, skłonił IFP, ADEME i BRGM do zorganizowania kolejnego sympozjum. Głównym jego celem było zaprezentowanie rozmieszczonych na całym świecie pilotowych instalacji zatłaczania CO<sub>2</sub>. Organizację spotkania wsparła Międzynarodowa Agencja Energii (IEA) Komisji Europejskiej, pod patronatem Jeana Louisa le Barloo — francuskiego ministra ekologii i zrównoważonego rozwoju. Program sympozjum był skierowany do naukowców, przedstawicieli różnych sektorów przemysłu, ekonomistów, prawników i innych specjalistów zaangażowanych w problematykę unieszkodliwiania dwutlenku węgla. Wzięło w nim udział około 450 uczestników, głównie z krajów europejskich, w tym jeden przedstawiciel z Polski — zaproszony przez BRGM R. Tarkowski. Ze względu na duże zainteresowanie prezentowaną problematyką i znaczący rozwój CCS w ostatnich latach stanowiło ono dobrą okazję do wymiany zdań oraz do indywidualnych spotkań.

Referentami na sympozjum byli specjaliści z całego świata (Europa, USA, Kanada, Australia), reprezentujący m.in. instytucje naukowe i badawczo-wdrożeniowe (BRGM, CO<sub>2</sub> CRC — *Cooperative Research Centre for Greenhouse Gas Technologies*, GEUS — duńska służba geologiczna), międzynarodowe i krajowe agencje rządowe (*Environmental Assessment Agency, General Directorate for Energy and Raw Materials, IEA — International Energy Agency, IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change, NEAA — Netherlands, US DOE — US Department of Energy*) i przemysł (*Air Liquide, Alstom, Arcelor, BP, EEG — Erdgas Erdöl, Petrobas, Statoil, RWE, Total, Vattenfall i Veolia*). Zaobserwowano duże zainteresowanie prezentowaną problematyką europejskich i światowych firm związanych z produkcją energii, transportem i produkcją stali.

W trakcie dwudniowego sympozjum, w ramach czterech sesji, w ośmiu grupach tematycznych zaprezentowano 26 referatów. Po każdej z sesji odbywała się dyskusja. Podczas referatów słuchacze mogli składać na piśmie pytania, na które referenci odpowiadali po zakończeniu sesji.

Na zakończenie sympozjum wystąpił francuski minister środowiska — Jean Louis le Barloo. Zwrócił uwagę na bezpieczeństwo składowania CO<sub>2</sub> i zachowanie tego gazu w strukturach geologicznych przez długi czas. Wskazał na rolę środowiska naukowego w tworzeniu zaufania do technologii CCS (*Carbon Capture and Storage*, por. Tarkowski & Uliasz-Misiak, *Prz. Geol.*, vol. 55, nr 8, str. 655–660). Podkreślił, że zaangażowanie przemysłu w tym zakresie wymaga regulacji prawnych, zarówno na poziomie europejskim, jak i krajowym. Stwierdził, że wiedza o CCS może wpłynąć na społeczną akceptację tej opcji ograniczenia emisji dwutlenku węgla. Podkreślił wagę właściwego

wyboru struktury geologicznej do składowania dwutlenku węgla, współpracę ośrodków naukowych, przemysłu i instytucji publicznych.

Sympozjum pokazało szybki i znaczący postęp technologii CCS na całym świecie. Wyraźnie określono cele na najbliższe lata, na okres do 2015 roku i późniejszy. Widoczne jest zaangażowanie instytucji rządowych, pozarządowych, placówek naukowych, jak również przemysłu. Szeroki zakres prezentowanej problematyki związanej z CCS wskazuje, że jest to pole do współpracy dla naukowców różnych specjalności.

Zaprezentowane w trakcie sympozjum aspekty ograniczenia emisji dwutlenku węgla i CCS mogą stanowić punkt wyjścia w dyskusji dotyczącej celowości wprowadzenia technologii CCS w Polsce. Referaty zostały zaprezentowane w czterech sesjach tematycznych:

I — *Issues and strategies for controlling greenhouse gas emissions* (*Cele i strategie ograniczenia emisji gazów cieplarnianych*);

II — *Industrial achievements in the field of CO<sub>2</sub> capture and storage* (*Przemysłowe osiągnięcia w dziedzinie wychwytywania i składowania CO<sub>2</sub>*);

III — *Future developments: positioning of the industry and technological breakthroughs* (*Przyszłe zastosowania: przemysł wobec przełomowych technologii*);

IV — *The structuring of the CO<sub>2</sub> sector: market, regulations and societal perception* (*Strukturyzacja sektora CO<sub>2</sub> — rynek, regulacje prawne oraz akceptacja społeczna*).

Pełen program sympozjum znajduje się na stronie: [www.brgm.fr/brgm/CO2/default.htm](http://www.brgm.fr/brgm/CO2/default.htm)

### **Cele i strategie dotyczące ograniczenia emisji gazów cieplarnianych**

Bert Metz omówił czwarty raport IPCC. Raport opracowany przez 600 autorów z 40 krajów był recenzowany przez kilkuset ekspertów i przedstawicieli rządów. Został on oceniony przez reprezentantów 113 krajów w czasie 10. Sesji Pierwszej Grupy Roboczej pod koniec stycznia 2007 roku. Stwierdzono w nim, że następuje globalna zmiana klimatu, a prawdopodobieństwo, iż zmiany te są wywołane antropogeniczną emisją gazów cieplarnianych, wynosi ponad 90%. W XXI na Ziemi przewidywany jest wzrost temperatury powietrza od 1,8 do 4°C i wzrost poziomu wód oceanu od 28 do 42 cm. Raport potwierdza możliwość redukcji emisji poprzez wprowadzenie technologii CCS w instalacjach produkujących energię z paliw kopalnych. Bert Metz wskazał znaczenie polityki ukierunkowanej na rozwój nowych technologii CCS, jak również sprzyjającą politykę państwa w tym zakresie (ulgi podatkowe, rządowe finansowanie programów badań wykorzystania energii itp.).

Richard Laverne wskazał kilka uzupełniających się rozwiązań w celu ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>, takich jak: zwiększenie wykorzystania surowców energetycznych o małej zawartości węgla, promowanie wydajniejszych i nowych technologii, zmianę postaw w użytkowaniu energii, zwiększenie efektywności wykorzystania energii we wszystkich sektorach i rozwój technologii produkcji energii wolnych od dwutlenku węgla. Podkreślił, że wśród dostępnych źródeł energii (kopalne, nuklearne, odnawialne)

każda opcja ma swoje plusy i minusy, dla których należy rozważyć to, co jest istotne, co jest nie akceptowalne i wymaga innowacji technologicznych.

Jacek Podkański za priorytet uznał poprawienie efektywności wykorzystania energii. Stwierdził, że w 2050 r. większość energii będzie pochodziła z paliw kopalnych, a dekarbonizacja środków transportu zostanie osiągnięta dopiero w drugiej połowie XXI wieku. Rola CCS będzie istotna, należy jednak uwzględnić większy udział stosowanych już źródeł energii, np. energii nuklearnej, wprowadzić bardziej kosztowne opcje, jak elektrownie spalania gazowego z CCS i sprawniejszy transport publiczny w miastach.

Nick Otter scharakteryzował europejską platformę technologiczną *Zero Emission Fossil Fuel Power Plants* (ZEP). Przedstawił projekty uruchomienia w UE 10–12 wielkoskalowych projektów demonstracyjnych CCS. Jako kluczowe elementy CCS wymienił: instalacje demonstracyjne (ZEP), badania i rozwój nowych technologii, społeczną akceptację, regulacje prawne zapewniające długoterminowe bezpieczeństwo składowania CO<sub>2</sub>, regulacje podatkowe w postaci krótkoterminowych bodźców i długoterminowych rozwiązań inwestycyjnych, handel emisjami CO<sub>2</sub>, międzynarodową współpracę połączoną z zaangażowaniem takich krajów, jak Chiny i Indie.

Justin Swift, wskazując na potrzebę wychwytywania i składowania CO<sub>2</sub>, pokazał również inne możliwości ograniczenia emisji tego gazu. Nakreślił kierunki dalszych prac — zwróconych na zmiany w zakresie stosowanych technologii, ograniczenie kosztów, wprowadzenie regulacji prawnych i bezpieczeństwo realizacji inwestycji.

Peter Cook omówił wychwytywanie i geologiczne składowanie CO<sub>2</sub> na przykładzie Australii. Australia, w dużym stopniu uzależniona od paliw kopalnych, jest zainteresowana wykorzystaniem technologii CCS i ma sprzyjające ku temu uwarunkowania geologiczne. Szczególną uwagę zwrócił na zagadnienia monitoringu i weryfikacji składowania CO<sub>2</sub>, co ma na celu przekonanie społeczeństwa, że jest to działalność bezpieczna. Podkreślił, że nie ma dotąd w Australii prawodawstwa w tym zakresie, a przepisy pozostają w gestii władz stanowych. Wskazał, że realizacja projektu *CO<sub>2</sub> CRC Otway*, nastawionego na badania monitoringu i weryfikację składowania CO<sub>2</sub>, pozwoliła na wypracowanie regulacji prawnych dla różnych aspektów CCS w stanie Viktoria. Do tworzenia tych przepisów wykorzystano prawodawstwo dotyczące działalności firm naftowych oraz prawo wodne. Zwrócił też uwagę na kilka komercyjnych projektów uwzględniających CCS, które są obecnie na etapie studiów wykonalności.

### **Przemysłowe osiągnięcia w wychwytywaniu i składowaniu CO<sub>2</sub>**

Bill Reynen przedstawił kanadyjskie doświadczenia w zakresie CCS. Mają one dopomóc w szybkim wdrożeniu podziemnego składowania CO<sub>2</sub>. Jako podstawowe cele działań w tym kierunku wskazał: rozwój sprzyjającej polityki, wprowadzenie regulacji prawnych, społeczną świadomość, międzynarodową współpracę, dążenie do eliminacji luk technologicznych, budowę instalacji demonstracyjnych i rządową koordynację działań. Premier Kanady utworzył grupę osób odpowiedzialnych za wdrażanie CCS, reprezentujących przemysł (energetyka, przemysł naftowy, transport rurociągami) i placówki badawcze (podgrupy: techniczna, prawna i ekonomiczna).

Tore Torp, nazywany „ojcem” podziemnego składowania CO<sub>2</sub>, przedstawił dziesięcioletnie doświadczenia Norwegii (*Statoil*) w zakresie składowania tego gazu. *Statoil* uruchomił już dwie przemysłowe instalacje podziemnego składowania dwutlenku węgla (Sleipner i Snøhvit). Szczególną uwagę zwrócił Tore Torp na zagadnienia monitoringu i bezpieczeństwa składowania CO<sub>2</sub>. Wskazał możliwe drogi ucieczki CO<sub>2</sub>: korozja cementu i rur okładzinowych w otworach, przekroczenie pierwotnego ciśnienia złożowego i inne. Podkreślił, że w celu zapewnienia bezpieczeństwa składowania CO<sub>2</sub>, monitoring podziemnego składowania dwutlenku węgla powinien być prowadzony pod ziemią i na powierzchni. Dotyczy to zarówno okresu przed uruchomieniem zatłaczania (prawidłowy wybór struktury geologicznej, odpowiednie planowanie działań, oszacowanie ryzyka składowania), w trakcie i po ukończeniu zatłaczania (monitoring krótkoterminowy), jak i po zamknięciu składowiska (monitoring długoterminowy — prowadzony przez państwo).

Iain Wright scharakteryzował projekt CCS w In Salah, w Algierii, gdzie zatłaczanie CO<sub>2</sub> odbywa się na skalę przemysłową. Jako podstawowe cele projektu w latach 2004–2010 wskazał: zapewnienie, że składowanie geologiczne CO<sub>2</sub> może być bezpieczne i opłacalne; zademonstrowanie, że geologiczne składowanie CO<sub>2</sub> na skalę przemysłową może być korzystną opcją ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i zestawienie luk w regulacjach prawnych. Jako istotne wymagania warunkujące przystąpienie firm naftowych do CCS wskazał: określenie ram prawnych i politycznych tej działalności oraz rozwiązanie problemu odpowiedzialności po zamknięciu składowiska CO<sub>2</sub>.

Lars Stromberg przedstawił realizowane przez *Vattenfall* wielkoskalowe projekty elektrowni wolnych od CO<sub>2</sub> (*Schwarze Pumpe* oraz *Mongstad*). We wschodnich Niemczech jest budowana elektrownia *Schwarze Pumpe* (rozpoczęcie przewidziane na 2008 r.), o mocy 30 MW, opalana węglem brunatnym i węglem kamiennym, wykorzystująca technologię *oxy-fuel*, z instalacją wychwytywania dwutlenku węgla. Jako miejsca zatłaczania wskazuje się głębokie warstwy wodonośne w rejonie Ketzin k. Poczdamu lub będące w końcowym stadium eksploatacji złożo gazu ziemnego Altmark. Kolejna elektrownia, o mocy 35 MW, z instalacją wychwytywania i składowania CO<sub>2</sub>, powstaje w Mongstad w Norwegii. Począwszy od 2010 r., rocznie będzie ona dostarczała do składowania 100 000 t CO<sub>2</sub> z wychwytywania tego gazu w procesie *post-combustion* (po spalaniu).

Jurgen Rückheim scharakteryzował złożo gazu ziemnego Altmark jako obiecujący obszar do wielkoskalowego składowania dwutlenku węgla. W złożu, którego eksploatacja ma się ku końcowi, planuje się przetestowanie wykorzystania dwutlenku węgla do zwiększenia stopnia szczerpania złoża gazu ziemnego CO<sub>2</sub>-EGR (*Carbon Sequestration with Enhanced Gas Recovery*). Wychwytywanie CO<sub>2</sub> będzie się odbywać w wybudowanej pilotowej elektrowni. Płynne CO<sub>2</sub> będzie dowożone cysternami. Zaplanowano bogaty program monitoringu powierzchniowego i wglębnego (płytkich poziomów wodonośnych, skał nadkładu i analizę dróg migracji CO<sub>2</sub>) oraz badania: zatłaczania superkrytycznego CO<sub>2</sub> o różnym ciśnieniu i z różną wydajnością, stanu technicznego otworów, mechaniki skał zbiornika oraz skał nadkładu, wpływu CO<sub>2</sub> na zmiany właściwości skał i inne. Dalsze planowane kroki mają na celu koordynację badań, rozwój współpracy z władzami, rozwiązanie kwe-

stii prawnych zatłaczania, zdobycie publicznej akceptacji projektu i przygotowanie fazy pilotowej.

Nicolas Aimard przedstawił pilotową instalację zatłaczania CO<sub>2</sub> w Lacq (SW Francja). Projekt ten dotyczy wychwytywania i składowania CO<sub>2</sub> powstającego w wyniku tlenowego spalania węgla. Zwrócił uwagę na jego kluczowe elementy: wybór miejsca składowania, analizę stanu opuszczonych otworów, studium wykonalności przedsięwzięcia, projekt badań monitoringu CO<sub>2</sub> i publiczną akceptację realizacji pilotowej instalacji Lacq.

### Przyszłe zastosowania — przemysł wobec przełomowych technologii

Johannes Heitoff omówił wychwytywanie i składowanie CO<sub>2</sub> pochodzącego z elektrowni spalających węgiel. Podkreślił, że RWE jest zainteresowane budową elektrowni o zerowej emisji dwutlenku węgla. Prowadzone są prace nad projektem elektrowni stosującej technologię IGCC łącznie z CCS. Planowane jest składowanie 2,6 Mt CO<sub>2</sub>/rok w szcerpanym złożu gazu ziemnego lub w solankowym poziomie wodonośnym. Rozpoczęcie zatłaczania CO<sub>2</sub> jest planowane na 2014 r. Równolegle RWE prowadzi prace mające na celu opracowanie technologii oczyszczania CO<sub>2</sub> pochodzącego z elektrowni spalających węgiel brunatny i kamienny.

Jean-Pierre Birat przedstawił spojrzenie na CCS od strony przemysłu stalowego, który jest znaczącym emitentem dwutlenku węgla, i scharakteryzował założenia projektu europejskiego ULCOS. Projekt ten ma na celu wypracowanie metod produkcji stali o obniżonej emisji dwutlenku węgla. Jean-Pierre Birat przedstawił źródła emisji CO<sub>2</sub> w procesie produkcji stali, wskazując, że w toku produkcji 1 tony stali powstaje 1895 kg CO<sub>2</sub>. Poinformował, że firma *Arcelor* chce zmniejszyć produkcję CO<sub>2</sub> do 1470 kg na tonę stali. Przemysł stalowy jest zainteresowany zatłaczaniem CO<sub>2</sub> do głębokich struktur geologicznych o możliwości zatłaczania ok. 5–10 Mt CO<sub>2</sub>/rok przez okres 30–50 lat. W krajach UE daje to zapotrzebowanie na pojemność struktur rzędu 100 Mt CO<sub>2</sub>/rok.

Isabelle Czernichowski-Lauriol scharakteryzowała sieć doskonałości *CO<sub>2</sub>GeoNet*. Obejmuje ona trzy obszary: działania integrujące, wspólnie wykonywane badania oraz poszerzanie sieci. Do zadań sieci należy prowadzenie szkoleń oraz rozpowszechnianie wiedzy o CCS. Jej działania mają zapobiegać powielaniu podobnych badań w innych krajach, identyfikować luki w wiedzy, a także integrować zespoły specjalistów związanych z geologicznym składowaniem dwutlenku węgla. Isabelle Czernichowski-Lauriol podkreśliła rosnącą liczbę projektów badawczych zrealizowanych w zakresie CCS w ostatnich 15 latach w 4., 5. i 6. PR UE (3. PR — Projekt JOULE; 4. PR — SACS; 5. PR — SACS2, CO2STORE, WEYBURN, NGCAS, RECOPO, ICBM, NASCENT, GESTCO; 6. PR — CO2GeNet, CO2SINK, CO2ReMoVe, EU GeoCapacity, GRASP, MoveCBM, CASTOR, DYNAMIS, ULCOS, CO2GeoNet).

Niels Peter Christensen przedstawił założenia i stan zaawansowania prac w projekcie CO2SINK. Celem tego projektu jest przeprowadzenie badań *in situ* podziemnego składowania CO<sub>2</sub>, w celu zrozumienia procesów związanych z podziemnym składowaniem CO<sub>2</sub> w poziomach wodonośnych. Wyniki projektu mają umożliwić pokazanie politykom i społeczeństwu, że wychwytywanie i składowanie CO<sub>2</sub> jest bezpieczne, stosunkowo tanie i może stanowić

opcję redukcji emisji tego gazu. Program badań obejmuje monitoring zachowania się zatłoczonego CO<sub>2</sub> (z wykorzystaniem szerokiego zakresu technik geofizycznych i geochemicznych) oraz przeprowadzenie pomiarów i eksperymentów w otworach. Zostaną wykorzystane powierzchniowe zdjęcia sejsmiczne i zdjęcie międzyotworowe, w połączeniu z nowoczesnymi metodami ciągłego monitoringu na powierzchni i w otworach. Technologia wiercenia otworów ma objąć wybór odpowiednich materiałów w celu zapewnienia szczelności otworów, pomiary otworowe oraz monitoring parametrów fizycznych i chemicznych. Prowadzone są badania dotyczące społecznej akceptacji podziemnego składowania dwutlenku węgla.

Pierre Le Thiez omówił znaczenie składowania CO<sub>2</sub> w głębokich poziomach wodonośnych w kontekście budowy w UE demonstracyjnych, wielkoskalowych elektrowni ZEP (*Zero Emission Plant*). Aby można było wybudować te zakłady, należy wskazać struktury geologiczne odpowiednie do składowania dwutlenku węgla. Pierre Le Thiez przedstawił również stan zaawansowania rozpoznania struktur wodonośnych w Europie oraz podkreślił, że ze względu na duży potencjał są one najbardziej odpowiednie do podziemnego składowania CO<sub>2</sub>. Wskazał działające w Europie pilotowe instalacje zatłaczania CO<sub>2</sub> (*test sites*), instalacje przemysłowe (*operating sites* — Sleipner, Snøhvit) oraz lokalizacje, w których instalacje mogą powstać w krótkim czasie (*emerging sites* — Belgia, Polska, Węgry, Wielka Brytania i Włochy). Wskazał wady i zalety składowania CO<sub>2</sub> w głębokich, solankowych poziomach wodonośnych, podkreślając, że istnieje wiele zagadnień i problemów, które wymagają szczegółowego dopracowania. Dalsze prace powinny być skierowane na: charakterystykę struktur geologicznych pod względem ich przydatności do składowania CO<sub>2</sub>, opracowanie regulacji prawnych oraz publiczną akceptację podziemnego składowania dwutlenku węgla. Przygotowywane projekty zatłaczania CO<sub>2</sub> będą dobrym sprawdzianem, pokazującym możliwość składowania CO<sub>2</sub> na skalę przemysłową w Europie już około 2015 roku.

Jako istotne założenia projektu AQUA-CO<sub>2</sub>, złożonego na konkurs 7. PR UE, przedstawił:

- rozwój metodyki typowania solankowych poziomów wodonośnych do składowania CO<sub>2</sub>;
- szczegółowe rozpoznanie w Europie poziomów wodonośnych przydatnych do tego celu;
- opracowanie kryteriów selekcji struktur geologicznych, rozwiązanie kwestii prawnych, rolę partnerów przemysłowych (końcowych użytkowników).

### Strukturyzacja sektora CO<sub>2</sub> — rynek, regulacje prawne oraz akceptacja społeczna

Philip Marston zaprezentował prawne regulacje federalne i stanowe dotyczące EOR w USA. Na podstawie analizy luk prawnych i złych rozwiązań wskazał zmiany, które należałoby wprowadzić, aby przystosować regulacje prawne do operacji CCS. Podkreślił doświadczenia USA w tym zakresie, gdzie od 40 lat działają instalacje służące intensyfikacji wydobycia ropy naftowej poprzez zatłaczanie CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-EOR). W USA do 4000 otworów zatłacza się rocznie 30 mln ton CO<sub>2</sub>. Transport CO<sub>2</sub> odbywa się rurociągami (całkowita ich długość wynosi 5000 km). Pokazał istotne elementy operacji EOR, które są rozważane na potrzeby regulacji prawnych dotyczących CCS, takie jak: źródła

CO<sub>2</sub>, transport rurociągami i zatłaczanie dwutlenku węgla. Podkreślił, że kluczowe różnice pomiędzy EOR i CCS będą istotne w tworzeniu regulacji prawnych w zakresie CCS. Wskazał na nowe zagadnienia, które dotychczas nie były rozważane w regulacjach dotyczących podziemnego składowania CO<sub>2</sub> i fazy po zatłoczeniu. Zaznaczył, że należy wypracować przepisy dotyczące monitorowania, w szczególności stanu zacementowania starych otworów, odpowiedzialności operacyjnej i finansowej podczas składowania i po jego zakończeniu (co najmniej przez 10 lat) oraz odpowiedzialności po wygaśnięciu koncesji na składowanie. Wskazał, że na bazie doświadczeń praktycznych i prawnych wynikających z działań EOR należy usuwać niejasne lub błędne rozwiązania i regulacje prawne, uzupełniając je i zastępując nowymi. Amerykanie pracują nad wytworzeniem standardów, które pozwoliłyby na aktywną wymianę doświadczeń i rozwiązań pomiędzy Europą a Ameryką.

Paul Zakkur podkreślił, że tematyka CCS powinna zostać włączona do działań legislacyjnych UE, a prawodawstwo w tym zakresie powinno być oddzielone od prawa o odpadach i prawa wodnego. Uważa, że należy stworzyć autonomiczną legislację, uwzględniającą kryteria, jakie musi spełniać miejsce podziemnego składowania, proces zatłaczania, problem ryzyka wycieku, zamknięcia składowiska, cementację otworów, studia ryzyka wycieku i plany awaryjne w razie nieszczelności i wydostania się CO<sub>2</sub> ze złoża, zabezpieczenie finansowe i odpowiedzialność na poszczególnych etapach CCS.

Stephan Singer, pokazując prognozy wzrostu temperatury na powierzchni Ziemi w najbliższych kilkudziesięciu latach, podkreślił zaniepokojenie społeczne, jakie ten fakt ze sobą niesie. Społeczna akceptacja CCS jest uznawana za istotny czynnik, który może wesprzeć lub też wstrzymać przyszły rozwój geologicznej sekwestracji dwutlenku węgla. Istotną rolę proponuje się przypisać edukacji, która powinna pomóc społeczeństwu zrozumieć zagadnienia związane z koniecznością wykorzystania paliw kopalnych.

### Najważniejsze przesłania

Istnieje możliwość redukcji emisji CO<sub>2</sub> poprzez wprowadzenie technologii CCS do zakładów produkujących energię na bazie paliw kopalnych. Wymaga to sprzyjającej polityki władz, ukierunkowanej na rozwój nowych technologii związanych z CCS. Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla jest rozważane jako jedno z rozwiązań ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> obok innych opcji (zwiększenie wydajności energii we wszystkich sektorach, większe zużycie surowców energetycznych o niskiej zawartości węgla czy energii odnawialnych).

Istotnym zadaniem na najbliższe lata będzie przekonanie społeczeństwa, że CCS jest technologią bezpieczną i opłacalną finansowo oraz skuteczną opcją w ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych. Służą temu liczne projekty pilotowe dotyczące zatłaczania dwutlenku węgla, a także przygotowywane instalacje demonstracyjne oraz przemysłowe. Umożliwiają one identyfikację problemów i luk w wiedzy. Jako kluczowe elementy rozwoju CCS najczęściej wymienia się: rozwiązanie kwestii prawnych na wszystkich etapach, opracowanie tanich metod wychwytywania CO<sub>2</sub>, wybór i charakterystykę odpowiednich struktur geologicznych, monitoring i weryfikację składowania CO<sub>2</sub>, publiczną akceptację, koordynację i współpracę międzynarodową. Budowa i działanie instalacji przemysłowych (Steip-

ner, Snøhvit, In Salah) oraz projekty badawczo-rozwojowe związane z tymi instalacjami umożliwią wypracowanie standardów przyszłych, wielkoskalowych projektów wychwytywania i podziemnego składowania CO<sub>2</sub>. Zdefiniowanie ram prawnych i politycznych jest warunkiem przystąpienia firm naftowych i energetycznych do CCS.

### Polskie doświadczenia w dziedzinie podziemnego zatłaczania CO<sub>2</sub>

Szeroko pojęta tematyka CCS jest w polu zainteresowania Ministerstwa Środowiska oraz Ministerstwa Gospodarki. Polska ma już pewne doświadczenia w zakresie podziemnego zatłaczania dwutlenku węgla. Zespoły polskich naukowców uczestniczą w realizacji projektów Unii Europejskiej (5. i 6. PR), realizowane są również projekty badawcze Ministerstwa Nauki i Informatyzacji w zakresie geologicznej sekwestracji dwutlenku węgla. Ukazały się liczne publikacje na ten temat, nawet opracowania monograficzne. Szeroki zakres problematyki dotyczącej CCS wskazuje, że jest to pole do współpracy polskich zespołów naukowców różnych specjalności.

Główny Instytut Górnicztwa w ramach projektu RECOPOŁ (5. PR UE) zbudował na Górnym Śląsku (w Kaniowie k. Czechowic Dziedzic) badawczą instalację zatłaczania CO<sub>2</sub> do pokładów węgla. Głównym celem tego projektu była ocena możliwości redukcji emisji gazów cieplarnianych poprzez sekwestrację CO<sub>2</sub> w pokładach węgla oraz możliwość składowania CO<sub>2</sub> z jednoczesnym wydobywaniem metanu zawartego w głębokich, nieeksploatowanych pokładach węgla. Projekt ten jest kontynuowany w ramach projektu MOVECBM — 6. PR UE (por. Tarkowski & Uliasz-Misiak, *Prz. Geol.*, vol. 55, nr 8, str. 655–660).

Od połowy lat 1990. Instytut Nafty i Gazu prowadzi badania zatłaczania CO<sub>2</sub> do złoża gazu ziemnego Borzęcin. Eksploatowany gaz ziemny zawiera dużo dwutlenku węgla. Po oczyszczeniu gazu w instalacji aminowej dwutlenek węgla jest powrotnie zatłaczany do strefy podścielającej złoża gazu ziemnego.

Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie uczestniczy w projekcie EU GeoCapacity — 6. PR UE (wspólnie z IGSMiE PAN) oraz w sieci CO2NetEAST.

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN zajmuje się różnymi aspektami podziemnego składowania CO<sub>2</sub> oraz utylizacją CO<sub>2</sub> poprzez mineralną karbonatyzację. Zrealizował dwa projekty badawcze Ministerstwa Nauki i Informatyzacji: *Możliwości podziemnego składowania dwutlenku węgla w głębokich strukturach geologicznych (ropo-, gazo- i wodonośnych) w Polsce* oraz *Określenie możliwości utylizacji ditlenku (dwutlenku) węgla w zawieszinach popiołowo-wodnych deponowanych w kopalniach podziemnych*, a także — na zamówienie ministra środowiska — przedsięwzięcie z dziedziny geologii pn. *Badania in situ podziemnego zatłaczania dwutlenku węgla w złożu węglowodorów, przy wykorzystaniu wytworzonej, prototypowej instalacji — etap — I. Określenie możliwości zatłaczania CO<sub>2</sub> w wybranym złożu węglowodorów* (Tarkowski, *Prz. Geol.*, vol. 55, nr 8, str. 660–662). IGSMiE PAN uczestniczy również jako partner w trzech projektach 6. PR UE: CO2SINK, EU GeoCapacity oraz CO2ReMoVe.

Radosław Tarkowski  
IGSMiE PAN