

RADOSŁAW TARKOWSKI*, BARBARA ULIASZ-MISIAK**

Emisja CO₂ w Polsce w 2004 roku w aspekcie podziemnego składowania

Słowa kluczowe

Emisja CO₂, Polska, podziemne składowanie gazów, struktury geologiczne

Streszczenie

Analiza danych dotyczących emisji CO₂ w Polsce pochodzących z 16 urzędów marszałkowskich pozwoliła wytypować 161 zakładów o emisji powyżej 100 000 ton/rok. Scharakteryzowano liczbę emitentów oraz wielkość emisji w poszczególnych województwach. Stwierdzono, że w przypadku niektórych województw istnieją sprzyjające warunki do podziemnego składowania dwutlenku węgla (kujawsko-pomorskie, mazowieckie, wielkopolskie, łódzkie). Brak jest ich natomiast na terenie województwa śląskiego, dolnośląskiego, lubelskiego, opolskiego, podlaskiego. Rozpoczęte prace w ramach Projektu EU GeoCapacity stwarzają możliwości rozpoznania kolejnych struktur geologicznych odpowiednich do składowania dwutlenku węgla.

Wprowadzenie

Instytut GSMiE PAN uczestniczy jako partner w projekcie EU GeoCapacity (6 PR UE). Celem projektu jest ocena pojemności geologicznego składowania dwutlenku węgla dla krajów Europy Centralnej, Wschodniej oraz Południowej. Jednym z głównych celów projektu EU GeoCapacity jest zinventaryzowanie i zlokalizowanie głównych źródeł emisji CO₂ w 13 krajach europejskich (Bułgaria, Chorwacja, Republika Czeska, Estonia, Węgry, Włochy,

* Dr hab. inż., ** Dr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;
e-mail: *tarkowski@min-pan.krakow.pl; **umb@min-pan.krakow.pl

Łotwa, Litwa, Polska, Rumunia, Słowacja, Słowenia i Hiszpania) oraz dokonanie oceny regionalnego i lokalnego potencjału geologicznego składowania CO₂ dla uczestników projektu.

W ramach Projektu Instytut wykonuje prace w czterech WP (*workpackages*): WP 1 – *Inventories and GIS*, WP 2 – *GeoCapacity*, WP 5 – *Economic evaluation*, WP 7 – *Project Management and Reporting*. Część prac jest realizowana wspólnie z PBG w Warszawie (dr inż. A. Wójcicki). W ramach WP 1 zebrano najnowsze dane dotyczące punktowych źródeł emisji CO₂ w Polsce (za 2004 rok), zakładów emitujących powyżej 100 tys. ton CO₂/rok, w tym dane dotyczące ich lokalizacji i inne. Analiza danych obejmująca rozmieszczenie emitentów CO₂ w 16 województwach, uwzględniająca emisję tego gazu z różnych działów przemysłu, będzie podstawą dalszych prac w Projekcie zmierzających do identyfikacji konkretnych miejsc oraz szczegółowego rozpoznania dwóch struktur geologicznych dla podziemnego składowania dwutlenku węgla.

Analiza emisji CO₂ w Polsce była już przedmiotem zainteresowania autorów (Tarkowski, Uliasz-Misiak 2003, 2004, 2005). Obejmowała ona dane o emitentach powyżej 50 tys. ton CO₂/rok lub też powyżej 500 tys. ton/rok, a wcześniej analizowane dane obejmowały rok 2002 i lata wcześniejsze. Scharakteryzowano w nich wielkość emisji według metodologii IPCC lub według klasyfikacji PKD. Podkreślić należy, że handel emisjami CO₂ oraz związany z tym Krajowy Plan Alokacji Emisji wpłynął pozytywnie na raportowanie emisji CO₂: pojawiły się nowe zakłady, emisja z innych zakładów została zaktualizowana.

Zgromadzone dane o emitentach CO₂ w Polsce za 2004 rok stanowią interesujący i wcześniej nie analizowany materiał. Dysponując informacjami dotyczącymi wstępnego rozpoznania struktur geologicznych w głębokich solankowych poziomach wodonośnych odpowiednich dla składowania tego gazu (Tarkowski i Uliasz-Misiak 2006; Tarkowski 2005) przeanalizowano emisję dwutlenku węgla (dla emitentów powyżej 100 tys. ton) w Polsce w aspekcie jego podziemnego składowania. Emisję CO₂ (liczba zakładów oraz wielkość emisji) odniesiono do województw przyjmując podział na zakłady przemysłowe zastosowany w Projekcie EU GeoCapacity. Tak przyjęte założenia pokazują możliwości składowania CO₂ dla emitentów z rozważanych województw.

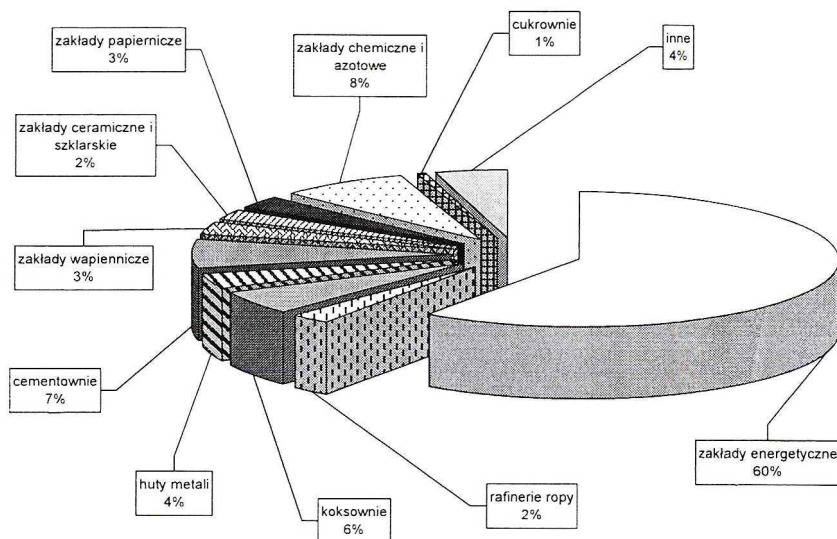
1. Analiza emisji CO₂ w Polsce

W ramach projektu EU GeoCapacity zebrano informacje dotyczące emisji CO₂ w Polsce za 2004 rok z zakładów emitujących powyżej 100 000 ton/rok. Otrzymane dane z 16 urzędów marszałkowskich obejmują 161 zakładów przemysłowych. Przy emisji CO₂ w Polsce w roku 2004 wynoszącej 314,169 Mt, emisja z rozważanych zakładów stanowiła około 60% całkowitej emisji tego gazu w Polsce (<http://emissions.ios.edu.pl/kcie>).

Na 161 analizowanych zakładów 96 to zakłady energetyczne (emisja 151,86 Mt), 4 – rafinerie ropy (6,53 Mt), 9 – koksownie (2,49 Mt), 11 – huty metali (4,04 Mt), 11 – cementownie (8,32 Mt), 5 – zakłady wapiennicze (1,48 Mt), 5 – zakłady papiernicze (3,46 Mt),

13 – zakłady chemiczne i azotowe (8,023 Mt), 4 – zakłady ceramiczne i szklarskie (0,48 Mt) i 8 inne zakłady (1,57 Mt) (rys. 1).

Na liście największych emitentów CO₂ pierwsze osiem to zakłady energetyczne; ich wielkość emisji wynosi do 31 mln ton CO₂/rok. Kolejno są to: BOT–Elektrownia Bełchatów S.A., BOT–Elektrownia Turów S.A., Elektrownia Rybnik S.A., Elektrownia Kozienice S.A., BOT–Elektrownia Opole S.A., Zespół Elektrowni PAK S.A., Elektrownia Połaniec S.A. – Grupa Electrabel, PKE S.A.

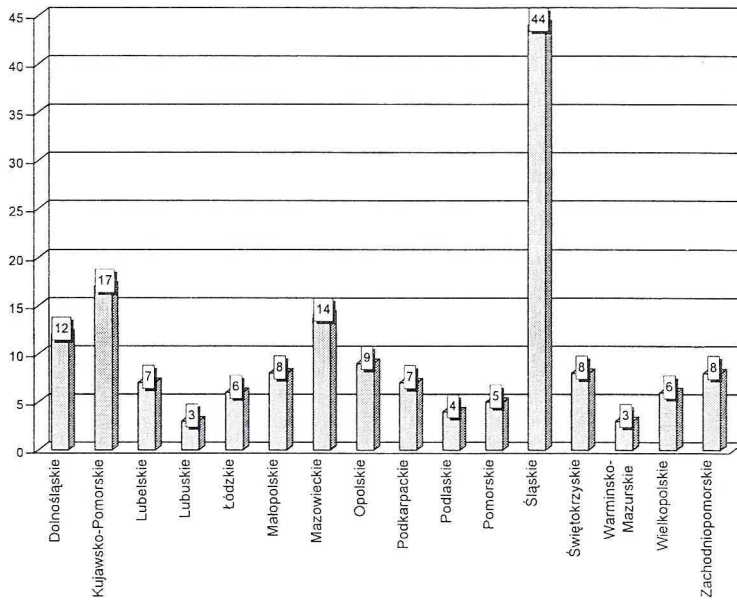


Rys. 1. Liczba zakładów z poszczególnych sektorów emitujących powyżej 100 tys. ton CO₂/rok w 2004 roku w Polsce

Fig. 1. Number of plants from individual industrial branches, emitting over 100 000 T of CO₂ per year 2004, in Poland

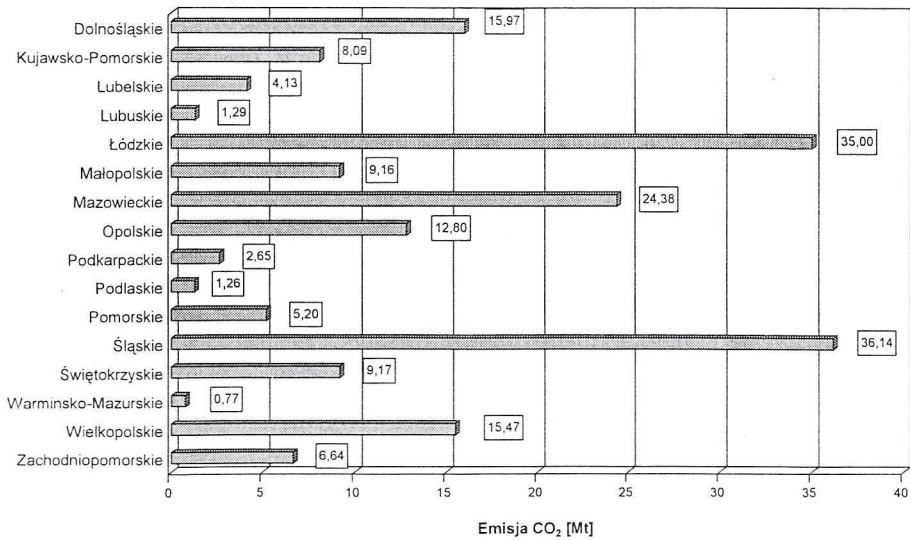
Wśród analizowanych zakładów (rys. 2) najwięcej emitentów CO₂ znajduje się na terenie województwa śląskiego (44). W drugiej grupie województw (powyżej 10) są: kujawsko-pomorskie (17), mazowieckie (14), dolnośląskie (12). W pozostałych województwach jest mniej niż 10 zakładów o emisji powyżej 100 tys. CO₂/rok. Najmniej, po trzy zakłady, jest w lubuskim i warmińsko-mazurskim. Liczba dużych emitentów CO₂ pokrywa się ze stopniem uprzemysłowienia poszczególnych województw.

Liczbę emitentów CO₂ dla poszczególnych województw przedstawiono również w kontekście wielkości emisji tego gazu (rys. 3). Pokazuje on, że w przypadku rozważanych 161 zakładów, sześć województw posiada emisję CO₂ powyżej 10 Mt/rok. Są to województwa: śląskie (36,14), łódzkie (35,0), mazowieckie (24,38), dolnośląskie (15,97), wielkopolskie (15,47) i opolskie (12,8). Województwo śląskie posiada zarówno największą liczbę emitentów CO₂, jak i największą emisję tego gazu. Odmienna sytuacja jest w przypadku województwa łódzkiego, gdzie zlokalizowanych jest jedynie sześć emitentów, chociaż województwo to jest na drugim miejscu pod względem wielkości emisję dwutlenku węgla.



Rys. 2. Liczba zakładów emitujących powyżej 100 tys. ton CO₂/rok w poszczególnych województwach

Fig. 2. Number of plants emitting over 100 000 T of CO₂ per year, shown for each voivodeship

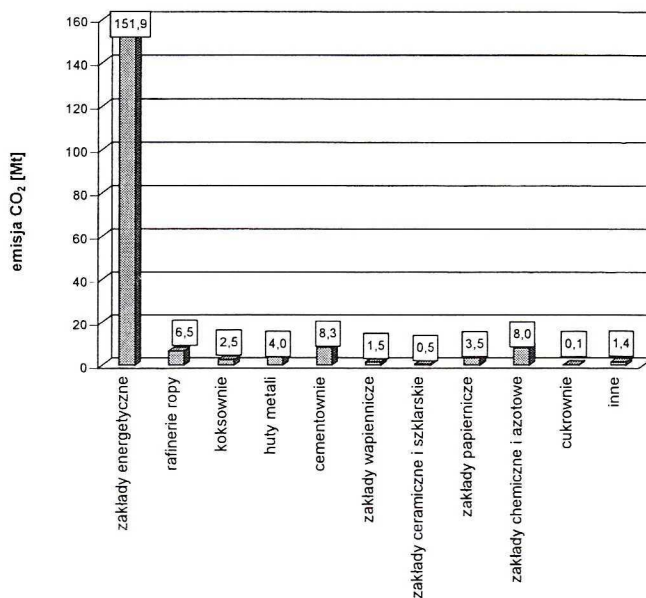


Rys. 3. Wielkość emisji CO₂ z zakładów emitujących powyżej 100 tys. ton CO₂/rok w poszczególnych województwach w 2004 roku w Polsce

Fig. 3. CO₂ emission size for plants emitting over 100 000 T of CO₂ per year 2004 in Poland, shown for each voivodeship

Na taką sytuację ma wpływ emisja z jednego zakładu – Elektrowni Bełchatów, największego emitenta dwutlenku węgla w Polsce, stanowiąca około 10% rocznej krajowej emisji. Województwo mazowieckie posiada zarówno dużą liczbą emitentów, jak i znaczącą emisję dwutlenku węgla. Wynika ona z koncentracji w aglomeracji warszawskiej dużych zakładów energetycznych oraz przemysłowych. W drugiej grupie województw (powyżej 5 Mt CO₂/rok) znajdują się województwa: świętokrzyskie, małopolskie, kujawsko-pomorskie, zachodnio-pomorskie i pomorskie. Najmniejsza ilość emisji przypada na województwa: warmińsko-mazurskie, podlaskie, lubuskie, podkarpackie i lubelskie, co pokrywa się też z niewielką liczbą źródeł emisji.

Interesującą informacją dostarcza zestawienie emisji CO₂ z zakładów emitujących powyżej 100 tys. ton CO₂/rok z poszczególnych sektorów przemysłu (rys. 4). Tego typu analiza ma istotne znaczenie, dostarcza informacji o koncentracji dwutlenku węgla w gazach spalinowych/przemysłowych (Tarkowski 2005; Thambimuthu i in. 2002). Dla potrzeb Projektu EU GeoCapacity wprowadzono podział na następujące sektory: zakłady energetyczne, rafinerie ropy, koksownie, huty metali, cementownie, zakłady wapiennicze, zakłady ceramiczne i szklarskie, zakłady papiernicze, zakłady chemiczne i azotowe, cukrownie i inne.



Rys. 4. Wielkość emisji CO₂ z zakładów emitujących powyżej 100 tys. ton CO₂/rok z poszczególnych sektorów w 2004 roku w Polsce

Fig. 4. CO₂ emission size for plants emitting over 100 000 T of CO₂ per year 2004, shown for individual industrial branch in Poland

2. Możliwości podziemnego składowania CO₂

Przedstawiona powyżej analiza rozmieszczenia 161 największych emitentów CO₂ w Polsce oraz wielkość ich emisji, uzupełniona informacjami o zawartości CO₂ w strumieniu gazów spalinowych/przemysłowych, jest jednym z istotnych zagadnień przy rozpatrywaniu możliwości przemysłowego unieszkodliwienia tego gazu poprzez podziemne składowanie. Antropogeniczny dwutlenek węgla, dla celów podziemnego składowania, może być pozyskiwany z dwóch źródeł: z gazów spalinowych emitowanych do atmosfery przez zakłady energetyczne i przemysłowe oraz z gazów przemysłowych powstających w niektórych procesach technologicznych (rafinerie ropy, zakłady chemiczne i azotowe). W tym ostatnim przypadku skoncentrowany strumień gazu mógłby być bezpośrednio zatłaczany pod ziemię.

Zawartość dwutlenku węgla pochodzącego ze spalania paliw kopalnych jest pochodną rodzaju paliwa i zawartości w nim węgla pierwiastkowego, natomiast w gazach przemysłowych uzależniona jest od procesu w którym on powstaje (Jarosiński 1996; Grzywa, Molenda 2000). Strumień o wysokiej zawartości CO₂ jest emitowany w niektórych procesach technologicznych, np. przy produkcji gazu syntezowego, przy wytwarzaniu amoniaku w zakładach azotowych, przy produkcji tlenku etylenu w przemyśle petrochemicznym, w niektórych procesach hutniczych (Thambimuthu i in. 2002). Niska koncentracja CO₂ w strumieniu gazów spalinowych/przemysłowych jest jednym z decydujących czynników ograniczających dzisiaj podziemne składowanie dwutlenku węgla. Dlatego też, ze względu na zróżnicowaną zawartość CO₂ w gazach spalinowych/przemysłowych rozpatruje się podziemne składowanie CO₂ dla dwóch przypadków: po separacji CO₂ z gazów spalinowych/przemysłowych oraz dla czystego strumienia tego gazu (Tarkowski 2005). Pierwszy przypadek dotyczy emisji CO₂ z energetyki oraz procesów przemysłowych, drugi natomiast obejmuje emisję z niektórych procesów przemysłowych i chociaż ilościowo ma mniejsze znaczenie, może być bardziej interesujący. Ze względu na rozważaną koncentrację CO₂ w gazach spalinowych/przemysłowych, najbardziej interesująca jest emisja pochodząca z rafinerii ropy naftowej, zakładów chemicznych i azotowych. W tych przypadkach zawartość dwutlenku węgla osiąga niekiedy 100%, a czysty strumień tego gazu mógłby być bezpośrednio zatłaczany pod ziemię. W przypadku rozważanych sektorów w Polsce emisja ta stanowi zaledwie kilka procent. Tego typu emitenci występują na terenie województwa: małopolskiego, wielkopolskiego, lubelskiego.

Największa emisja CO₂ przypada w Polsce na przemysł energetyczny, gdzie koncentracja CO₂ w strumieniu gazów spalinowych nie przekracza 16% przy spalaniu węgla kamiennego, 14% dla węgla brunatnego, kilka procent dla paliwa mieszanego (gaz ziemny + węgiel). W przypadku wybranych procesów przemysłowych (huty metali, cementownie) koncentracja CO₂ w gazach przemysłowych dochodzi do kilkudziesięciu procent.

W pobliżu dużych, przemysłowych źródeł emisji należy poszukiwać struktur geologicznych dla podziemnego składowania dwutlenku węgla. Tylko dla wybranych emitentów CO₂ w Polsce będą istniały uwarunkowania geologiczne pozwalające na rozważanie podziemnego składowania dwutlenku węgla. Przeprowadzona analiza emitentów CO₂ w Polsce

(powyżej 100 00 ton/rok) wskazuje, że największe zapotrzebowanie na struktury do podziemnego składowania CO₂ jest w przypadku województwa śląskiego, mazowieckiego i łódzkiego. Znaczący emitenci CO₂ zlokalizowani są również na terenie województwa: kujawsko-pomorskiego, wielkopolskiego, opolskiego i małopolskiego.

Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że najlepsze warunki do podziemnego składowania CO₂ są na znacznym obszarze Niżu Polskiego (centralna i północna Polska). Występują tutaj skały osadowe różnego wieku (głównie mezozoiczne i kenozoiczne), dobrze rozpoznane geologicznie. Na obszarze Niżu Polskiego rozpoznano również liczne struktury tektoniczne (struktury antyklinalne i rowy tektoniczne). Niektóre z nich, po szczegółowym rozpoznaniu, mogą stanowić odpowiednie obiekty geologiczne do podziemnego składowania dwutlenku węgla. Dotyczy to zarówno struktur w głębokich solankowych poziomach wodonośnych, jak i złóż węglowodorów (Tarkowski i Uliasz-Misiak 2005, 2006). W rozważanym przypadku obejmuje to głównie obszary województwa: mazowieckiego, wielkopolskiego, łódzkiego, kujawsko-pomorskiego.

Województwa lubelskie, podlaskie oraz warmińsko-mazurskie leżące na terenie platformy wschodnioeuropejskiej, ze względu na płytko występujące skały krystaliczne i małą miąższość pokrywy skał osadowych, nie są odpowiednim obszarem do poszukiwań miejsc w tym celu. Podobnie obszar Sudetów (dolnośląskie, częściowo opolskie) to górotwór w większości odsłonięty, zbudowany ze skał krystalicznych i metamorficznych, z niewielkim udziałem skał osadowych; nie spełnia on kryteriów podziemnego składowania dwutlenku węgla. Uprzemysłowiony region Górnego Śląska (województwo śląskie) posiadający najwięcej emitentów CO₂ i emitujący największą ilość tego gazu, ze względu na obecność licznych kopalń węgla i podziemnych wyrobisk, nie powinien być tutaj rozważany. Województwa położone na obszarze Karpat (małopolskie, podkarpackie) nie posiadają również uwarunkowań do podziemnego składowania dwutlenku węgla. Chociaż górotwór ten posiada znaczne miąższości skał osadowych, cechuje się on silnym zaangażowaniem tektonicznym oraz brakiem uszczelnienia. Wartość tego obszaru w kontekście podziemnego składowania CO₂ jest również ograniczona.

Dotychczas, na terenie Niżu Polskiego, w głębokich solankowych poziomach wodonośnych wskazano 17 struktur (struktury antyklinalne, rowy tektoniczne) perspektywicznych jako obiekty dla podziemnego składowania dwutlenku węgla (Tarkowski i Uliasz-Misiak 2005, 2006). Obejmują one skały zbiornikowe dolnego triasu, dolnej jury i dolnej kredy (antykliny: Żyrów-Czachówek, Marianowa, Choszczna-Suliszewska, Trzešnawa, Turka, Siekierka, Lutomińska, Tuszyna, Brzeście Kujawskiego, Bodzanowa, Bielska, Sierpca, Strzelna, Trzebieży, Szubina, poduszka solna Nowej Wsi oraz rów Kliczkowa). Ich występowanie ogranicza się do kilku województw: zachodnio-pomorskiego, mazowieckiego, wielkopolskiego, łódzkiego i kujawsko-pomorskiego.

Prace prowadzone w ramach Projektu EU GeoCapacity (WP 2) w dalszej kolejności nakierowane są na charakterystykę wymienionych powyżej struktur oraz na wskazanie nowych. Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że będą one ograniczone głównie do obszaru województw wymienionych powyżej.

Podsumowanie

Uzyskane z 16 urzędów marszałkowskich dane o emisji CO₂ w Polsce pozwoliły wytypować 161 zakładów o emisji powyżej 100 000 ton/rok.

Przeprowadzona analiza emitentów CO₂ pozwoliła na: scharakteryzowanie liczby emitentów oraz określenie wielkości emisji tego gazu dla poszczególnych województw. Dokonana analiza emisji CO₂ pozwoliła wyróżnić sektory, w których w gazach spalinyowych/przemysłowych emitowany jest silnie skoncentrowany strumień CO₂ i te, w których zawartość tego gazu nie przekracza kilkunastu procent.

Stwierdzono, że tylko w przypadku niektórych województw istnieją sprzyjające warunki do podziemnego składowania dwutlenku węgla. Dotyczy to województw: kujawsko-pomorskiego, mazowieckiego, wielkopolskiego, łódzkiego. Nie ma natomiast odpowiednich warunków na terenie województwa śląskiego, które posiada największą liczbę zakładów przemysłowych i cechuje się największą emisją CO₂ w Polsce. Podobna sytuacja jest na terenie województwa dolnośląskiego, lubelskiego, opolskiego. Rozpoczęte prace w ramach Projektu EU GeoCapacity stwarzają realne możliwości wskazania kolejnych struktur geologicznych w głębokich solankowych poziomach wodonośnych odpowiednich do składowania dwutlenku węgla.

LITERATURA

- Grzywa E., Molenda J., 2000 – Technologia podstawowych syntez organicznych. T. 1 i 2. Warszawa, WNT. <http://emissions.ios.edu.pl/kcie/>
- Jarosiński J., 1996 – Techniki czystego spalania. Warszawa, Wyd. Nauk.-Techn.
- Tarkowski R., 2005 – Geologiczna sekwestracja CO₂. Studia, Rozprawy i Monografie nr 132.
- Tarkowski R., Uliasz-Misiak B., 2003 – Emisja dwutlenku węgla w Polsce w aspekcie podziemnego magazynowania. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t. 19, z. 2, s. 81–102.
- Tarkowski R., Uliasz-Misiak B., 2004 – Emisja CO₂ ze spalania paliw oraz procesów przemysłowych w Polsce. *Polityka Energetyczna*, t. 7, z. 1, s. 203–216.
- Tarkowski R., Uliasz-Misiak B., 2005 – Emisja CO₂ w Polsce. W: Tarkowski R. (ed.) – Podziemne składowanie CO₂ w Polsce w głębokich strukturach geologicznych (ropo-, gazo i wodonośnych). Kraków. Wyd. IGSMiE PAN.
- Tarkowski R., Uliasz-Misiak B., 2006 – Possibilities of CO₂ sequestration by storage in geological media of major deep aquifers in Poland. *Chemical Engineering Research and Design*, 84(A9), s. 776–780.
- Thambimuthu K., Davison J., Gupta M., 2002 – CO₂ Capture and Reuse. IPCC workshop on carbon dioxide capture and storage, s. 31–52.

CO₂ EMISSION IN POLAND IN YEAR 2004 IN AN ASPECT OF UNDERGROUND STORAGE ISSUES**Key words**

CO₂ emission, Poland, gas underground storage, geological structures

Abstract

An analysis of data on CO₂ emission in Poland, originating from 16 voivodeship marshal offices, allowed to define 161 plants of annual CO₂ emission exceeding 100 000 t per year. Emitter numerosity and emission size were characterized for each voivodeship. It was stated that for some voivodeships do exist favourable conditions to store carbon dioxide underground (kujawsko-pomorskie, mazowieckie, wielkopolskie and łódzkie voivodeships). However they do not exist for other ones: śląskie, dolnośląskie, lubelskie, opolskie. Works that have been started within frames of the GeoCapacity EU Project allow to recognize next geological structures, suitable for carbon dioxide underground sequestration.