

POSTĘPY REALIZACJI KRAJOWEGO PROGRAMU „ROZPOZNANIE FORMACJI I STRUKTUR DO BEZPIECZNEGO GEOLOGICZNEGO SKŁADOWANIA CO₂ WRAZ Z ICH PLANAMI MONITOROWANIA”

PROGRESS IN THE POLISH NATIONAL PROGRAMME ”ASSESSMENT OF FORMATIONS AND STRUCTURES FOR SAFE CO₂ GEOLOGICAL STORAGE, INCLUDING MONITORING PLANS”

ADAM WÓJCICKI¹

Abstrakt. Realizacja Krajowego Programu „Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania” wykonywanego na zamówienie Ministerstwa Środowiska, przez konsorcjum złożone z PIG-PIB (lider), AGH, GIG, INiG, IGSMiE PAN i PBG weszła właśnie w ostatnią fazę. Wynikiem wspomnianego krajowego programu są informacje niezbędne do podejmowania w przyszłości przez Ministerstwo Środowiska decyzji koncesyjnych, zgodnie z wymogami Dyrektywy unijnej w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla.

Dotychczas ukończono prace w zakresie rozpoznania większości perspektywicznych formacji i struktur występujących w Polsce, a dla kilku struktur – potencjalnych składowisk wykonano analizy szczegółowe.

Słowa kluczowe: wychwytywanie i sekwestracja CO₂ (CCS), sekwestracja CO₂, poziomy solankowe, złoża węglowodorów, pokłady węgla.

Abstract. Development of the National Programme “Assessment of formations and structures for safe CO₂ geological storage, including monitoring plans”, ordered by the Ministry of Environment, and carried out by a consortium consisting of PGI-NRI, AGH UST, CMI, OGI, MEERI PAS and PBG is about to be completed. Results of the national programme include information necessary for the Ministry’s future, permitting concession decisions according to requirements of the EU directive on geological storage of carbon dioxide.

To this moment, work on the assessment of most of the perspective formations and structures in Poland has been completed. For several structures (potential storage sites), detailed analyses have been made.

Key words: carbon capture and sequestration (CCS), CO₂ geological sequestration, saline aquifers, hydrocarbon fields, coal beds.

WSTĘP

W roku 2008 Ministerstwo Środowiska uruchomiło krajowy program „Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania”, realizowany przez konsorcjum złożone z kluczowych instytucji zajmujących się tą problematyką w Polsce (PIG-PIB – lider, AGH, GIG, INiG, IGSMiE PAN, PBG). Prace przewidziano dla całego obszaru

Polski wraz ekonomiczną strefą Bałtyku a ich przedmiotem było opracowanie dostępnych danych geologiczno-geofizycznych istotnych dla rozpoznania formacji i struktur perspektywicznych dla geologicznego składowania CO₂ (Wójcicki, 2010). Wyniki prac planowano wykorzystać na potrzeby gospodarki narodowej w zakresie przyszłego wdrożenia technologii geologicznej sekwestracji CO₂ w instalacji

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: adam.wojcicki@pgi.gov.pl

cjach demonstracyjnych (w tym czasie rząd Polski wspierał dwa takie projekty – PGE Bełchatów i PKE i ZAK Kędzierzyn) i ewentualnie później na skalę przemysłową. W zasadzie, dla całego perspektywicznego dla geologicznego składowania (CO₂) lądowego obszaru Polski wykonano analizy regionalne. Dla rejonów Bełchatowa i GZW opracowano szczegółowo po jednej wytypowanej strukturze: Budziszewice–Zaosie (jura dolna) i Skoczów–Czechowice (miocen dolny). Wykonano także prace zarówno regionalne oraz szczegółowe dla złóż gazu i ropy naftowej; te ostatnie dla złoża gazu

Wilków i złoża ropy Nosówka. Przeanalizowano także możliwości składowania w pokładach węgla i wytypowano jako potencjalne składowisko obiekt Warszawice-Pawłowice na terenie GZW. Ponadto scharakteryzowano struktury w poziomach wodonośnych solankowych: Choszczno–Suliszewo w północno-wschodniej Polsce (jura dolna) i Grodzisk–Ujazd–Bukowiec w rejonie Wielkopolski (struktura solankowa w obrębie czerwonego spągowca, podścielająca niewielkie złoża gazu).

GEOLOGICZNE SKŁADOWANIE CO₂

W Polsce rozpatrywane są trzy opcje geologicznego składowania dwutlenku węgla (Wójcicki, 2010), podane poniżej w kolejności ich potencjału:

a) składowanie w głębokich poziomach wodonośnych solankowych – duży potencjał, ale ich zagospodarowanie musi być poprzedzone dokładnym rozpoznaniem; możliwe konflikty interesów z geotermią;

b) składowanie w szcerpanych złożach węglowodorów z możliwością wspomaganie wydobywania ropy (EOR), ewentualnie też gazu ziemnego (EGR) – struktury dobrze rozpoznane, ale ich potencjał składowania jest nieduży);

c) składowanie w głębokich, nieeksploatowanych pokładach węgla ze wspomaganie wydobywania metanu (ECBM) – rozpoznanie na ogół słabe, potencjał mały i możliwe konflikty interesów odnośnie przyszłego wykorzystania tych pokładów węgla.

Na świecie są realizowane dziesiątki dużych projektów CCS, tzn. obejmujących składowanie CO₂ w ilości rzędu miliona ton (strona *Global CCS Institute*). Projekty te znajdują się w różnych fazach realizacji (fig. 1), z czego funkcjonuje lub właśnie uruchomiono dwanaście takich projektów. Najbardziej zaawansowane są prace w zakresie składowania CO₂ w powiązaniu z eksploatacją ropy i gazu ziemnego. Z tego najbardziej dojrzałą i opłacalną technologią (stosowaną od 1974 r., choć początkowo na niewielką skalę – Lake, Walsh, 2008) jest wspomaganie wydobywania ropy naftowej przez zatłaczanie CO₂, które po zakończeniu eksploatacji złoża pozostaje w nim na stałe. Niestety potencjał składowania w szcerpanych złożach ropy naftowej i gazu jest, zwłaszcza w naszym kraju, bardzo ograniczony w porównaniu do poziomów wodonośnych solankowych.

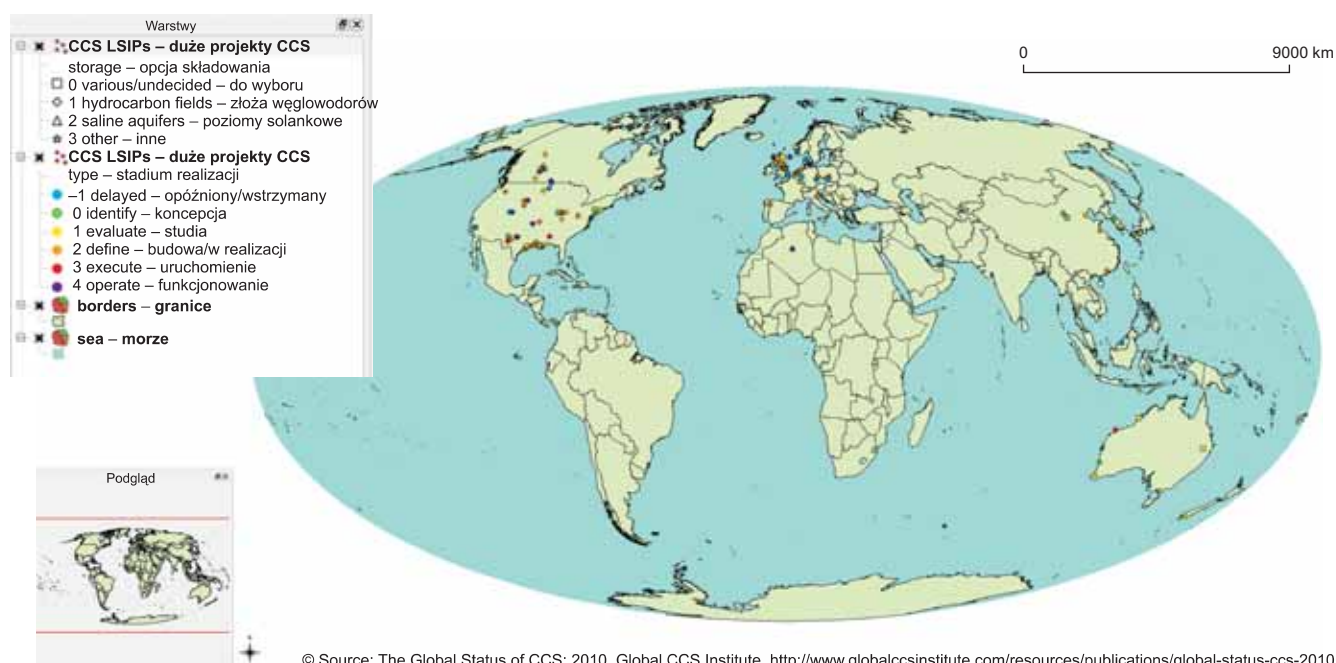


Fig. 1. Duże projekty CCS na świecie – demonstracyjne i komercyjne (wg informacji GCCSI)

Large demo and commercial CCS projects worldwide (information after GCCSI)

PRZEDMIOT I ZAKRES PRAC

Prace dotychczas wykonane w ramach Krajowego Programu obejmują praktycznie cały obszar perspektywicznych basenów osadowych naszego kraju wraz z częścią Bałtyku

(fig. 2). Kierunki, rejony i przyjętą metodykę postępowania omówiono we wcześniejszym artykule poświęconym tematyce realizacji prac w ramach Krajowego Programu (Wójcic-

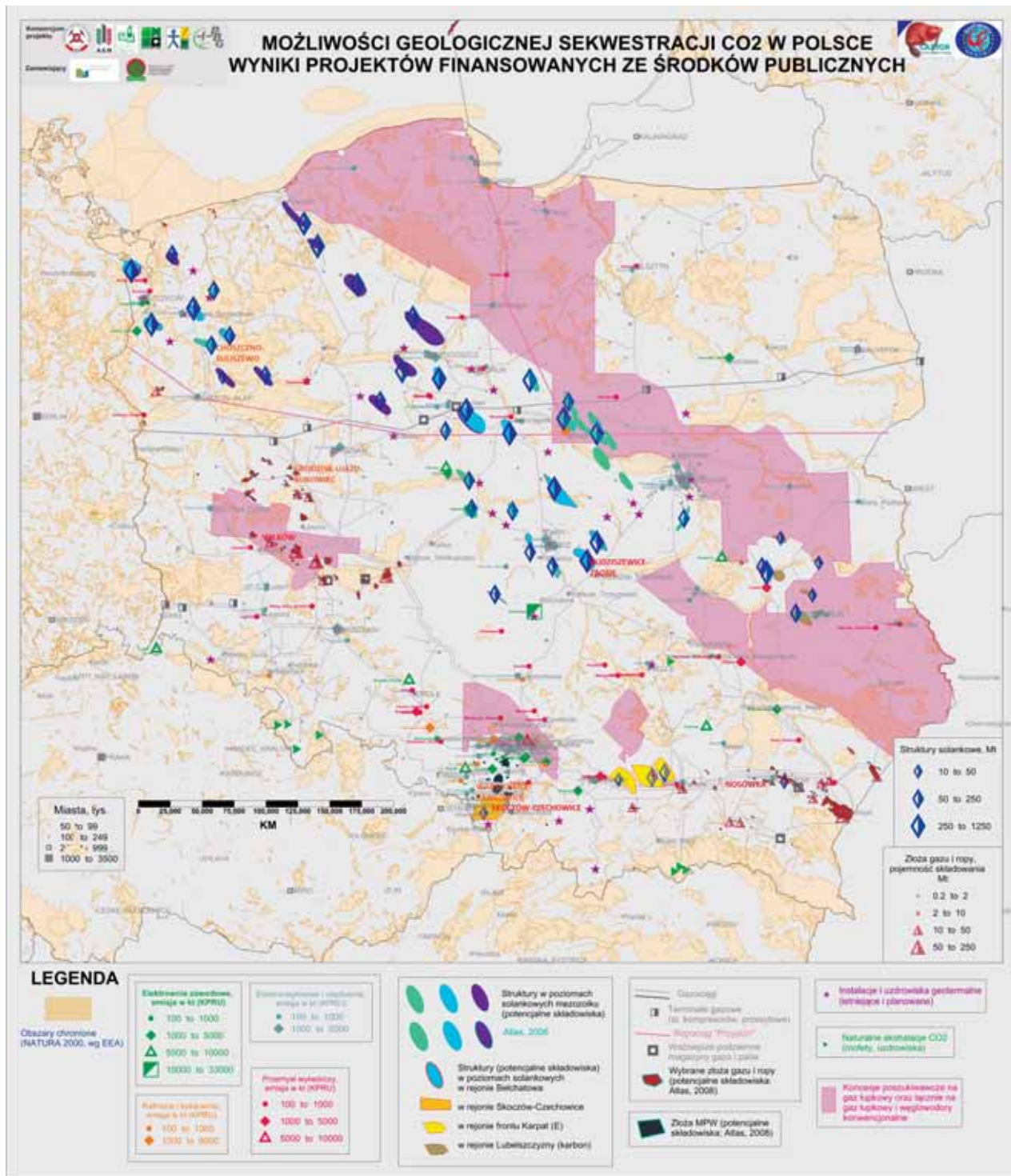


Fig. 2. Stan badań nad możliwościami geologicznej sekwestracji CO₂ w Polsce (strona projektu <http://skladowanie.pgi.gov.pl>)

State of the art in studies on possibilities of CO₂ geological sequestration in Poland (after the project website <http://skladowanie.pgi.gov.pl>)

ki, 2010) gdzie scharakteryzowano też dotychczasowy stan badań w zakresie geologicznego składowania dwutlenku węgla (Bachu, Adams, 2003; Chadwick i in., 2006; Christensen,

2006; Scholtz i in., 2006; Vangkilde-Pedersen i in., 2008), których wyniki wykorzystano do realizacji zadań niniejszego projektu.

WYBRANE WYNIKI PRAC

W pierwszym etapie prac (rok 2009 – Wójcicki, 2009a, b) w rejonie Bełchatowa, na potrzeby projektu demo CCS scharakteryzowano osiem struktur (fig. 3), z których wybrano do szczegółowych analiz strukturę Budziszewice–Zaosie – praktycznie jedyną, o stopniu rozpoznania otworami i archiwalną sejsmiką wystarczającym do konstrukcji wiarygodnego modelu składowiska. Obiekt Lutomiernsk–Tuszyn oraz strukturę Wojszyce wskazano jako perspektywiczne struktury rezerwowe dla PGE Bełchatów. Obiekt Kliczków oceniono jako mniej perspektywiczny od wspomnianych wyżej, strukturę Jeżów wykluczono, jeżeli chodzi o utwory jury (triasu niekoniecznie), a strukturę Gomunice wykluczono z powodu bliskiego sąsiedztwa z rowem bełchatowskim i skomplikowanej tektoniki jej otoczenia.

W rejonie GZW wykonano badania regionalne, a szczegółowo opracowano obiekt Skoczów–Czechowice (fig. 4) w poziomach solankowych warstw dębowieckich (miocen dolny), dla którego wykonano model składowiska, symulacje zatłaczania CO₂ i program monitoringu.

Do szczegółowych analiz wybrano także złożę ropy naftowej Nosówka, złożę gazu Wilków i obiekt w pokładach węgla Warszowice–Pawłowice (fig. 5). Wykonano dla nich modele składowisk CO₂, symulacje zatłaczania i programy monitoringu.

Ponadto w rejonie Szczecina i Poznania prowadzono analizy dla wytypowanych struktur/obiektów w poziomach solankowych (Choszczno–Suliszewo w osadach jury dolnej oraz rejon Grodzisk–Ujazd–Bukowiec w osadach czerwonego spagowca).

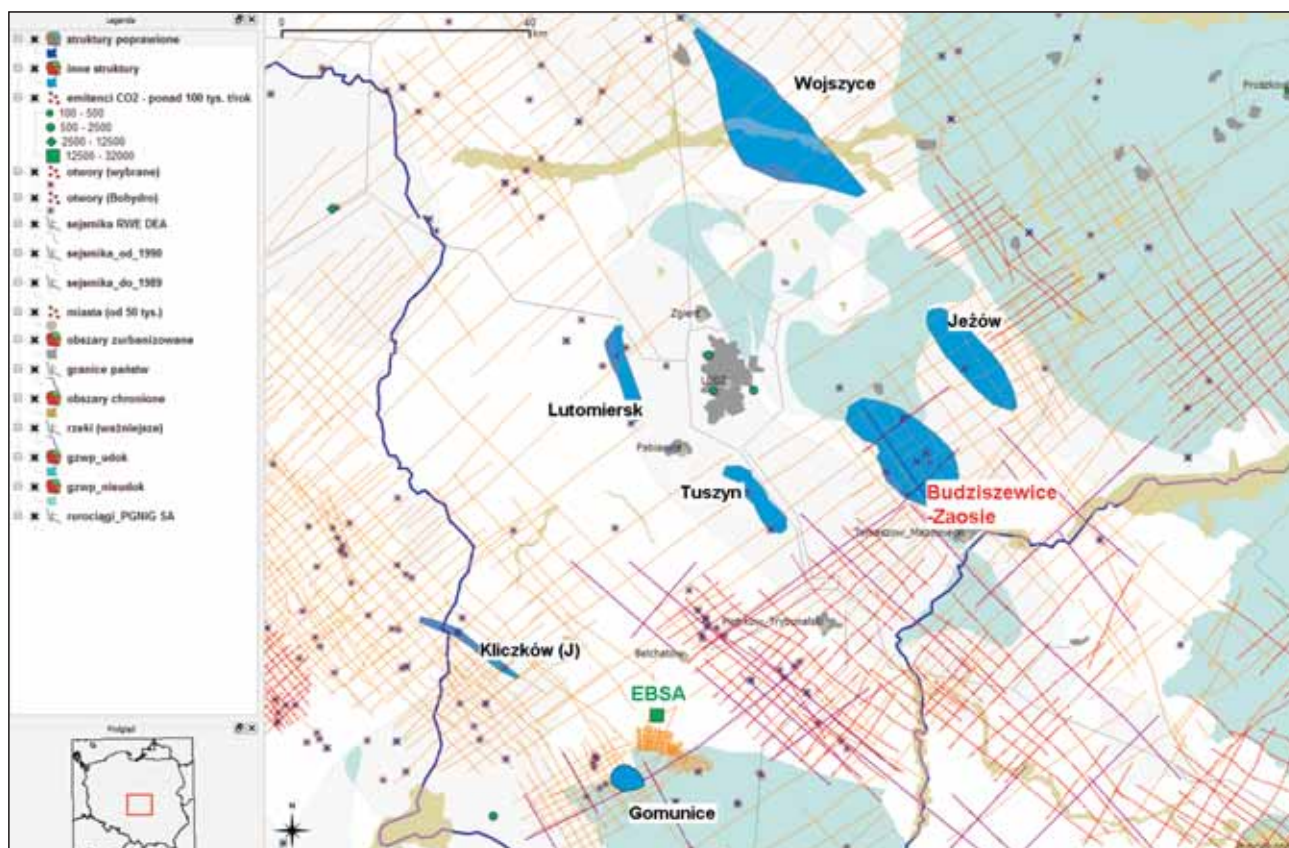


Fig. 3. Prace dla rejonu Bełchatowa – badania regionalne (Wójcicki, red., 2009a)

Regional studies for the Bełchatów area (Wójcicki, ed., 2009a)

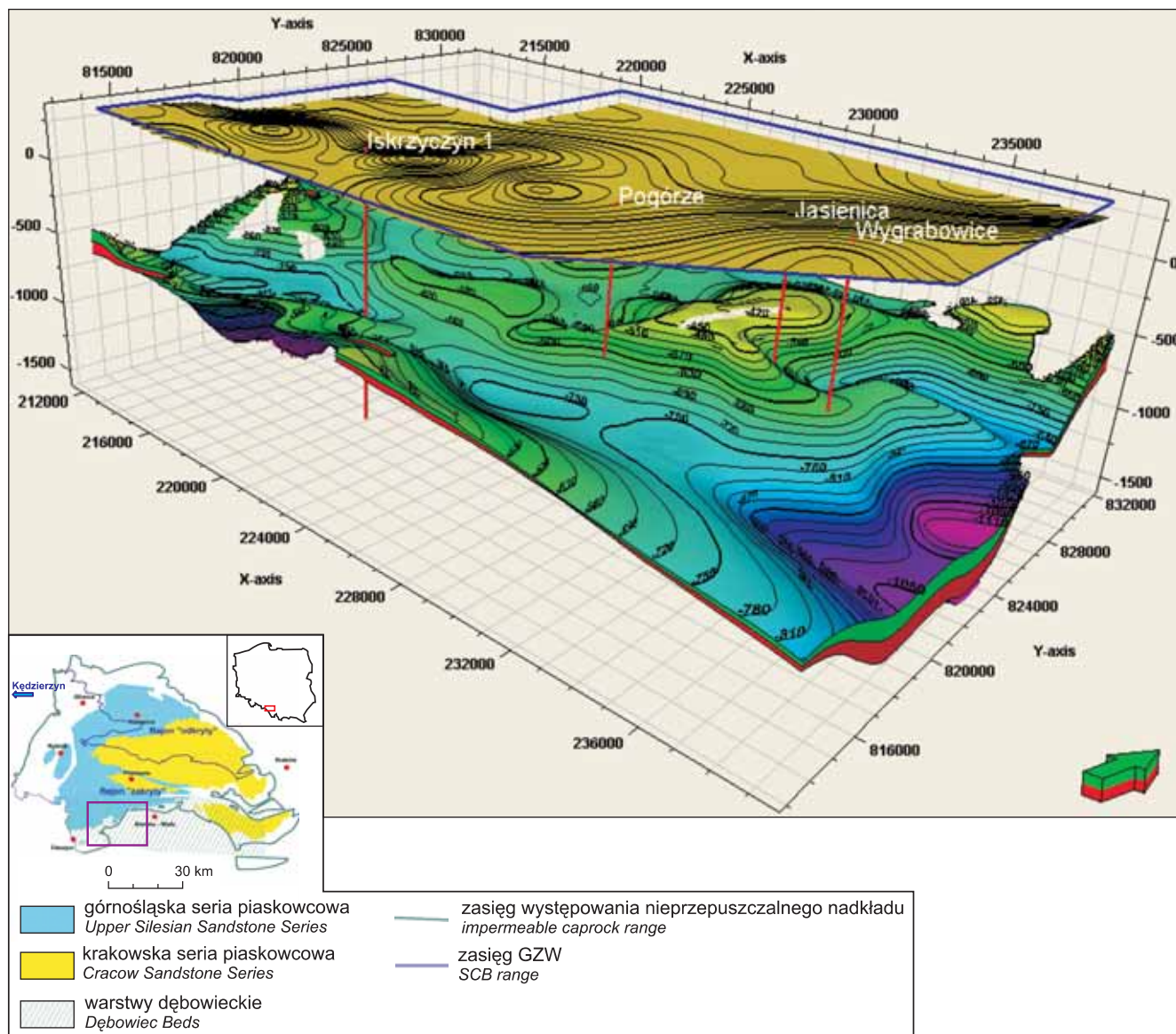


Fig. 4. Prace dla rejonu GZW (poziomy solankowe) – badania regionalne (prace pod kierunkiem J. Chećki (GIG) i J. Jureczki (PIG-PIB OG), raport niepublikowany)

Studies for the SCB area (saline aquifers)
(task leaders: J. Chećko (CMI) and J. Jureczka (PGI-NRI USB), unpublished report)

Realistyczna pojemność składowania w skali całego kraju prawdopodobnie wystarczyłaby na 50–70 lat do składowania emisji wszystkich dużych zakładów przemysłowych w naszym kraju (albo na minimum 100 lat, jeżeli chodzi o emisje elektrowni), tzn. jest rzędu 10 mld ton. Ogromna większość tego potencjału znajduje się w poziomach wodonośnych solankowych (około 89%), a tylko 10% w szczytowych złożach węglowodorów, które najłatwiej jest wykorzystać do geologicznej sekwestracji CO₂. Pokłady węgla mają jeszcze mniejszy potencjał (rzędu 1%). Co najmniej 90%

tego potencjału znajduje się na lądzie, możliwości składowania w strefie Morza Bałtyckiego ograniczają się głównie do wschodniej części obszaru, gdzie występują złoża węglowodorów.

Struktury solankowe (których przeanalizowano dziesiątki) mają pojemność składowania liczoną nawet w setkach milionów ton CO₂, złoża węglowodorów sporadycznie osiągają dziesiątki mln ton, a pojemności dla obiektów w pokładach węgla bywają jeszcze mniejsze.

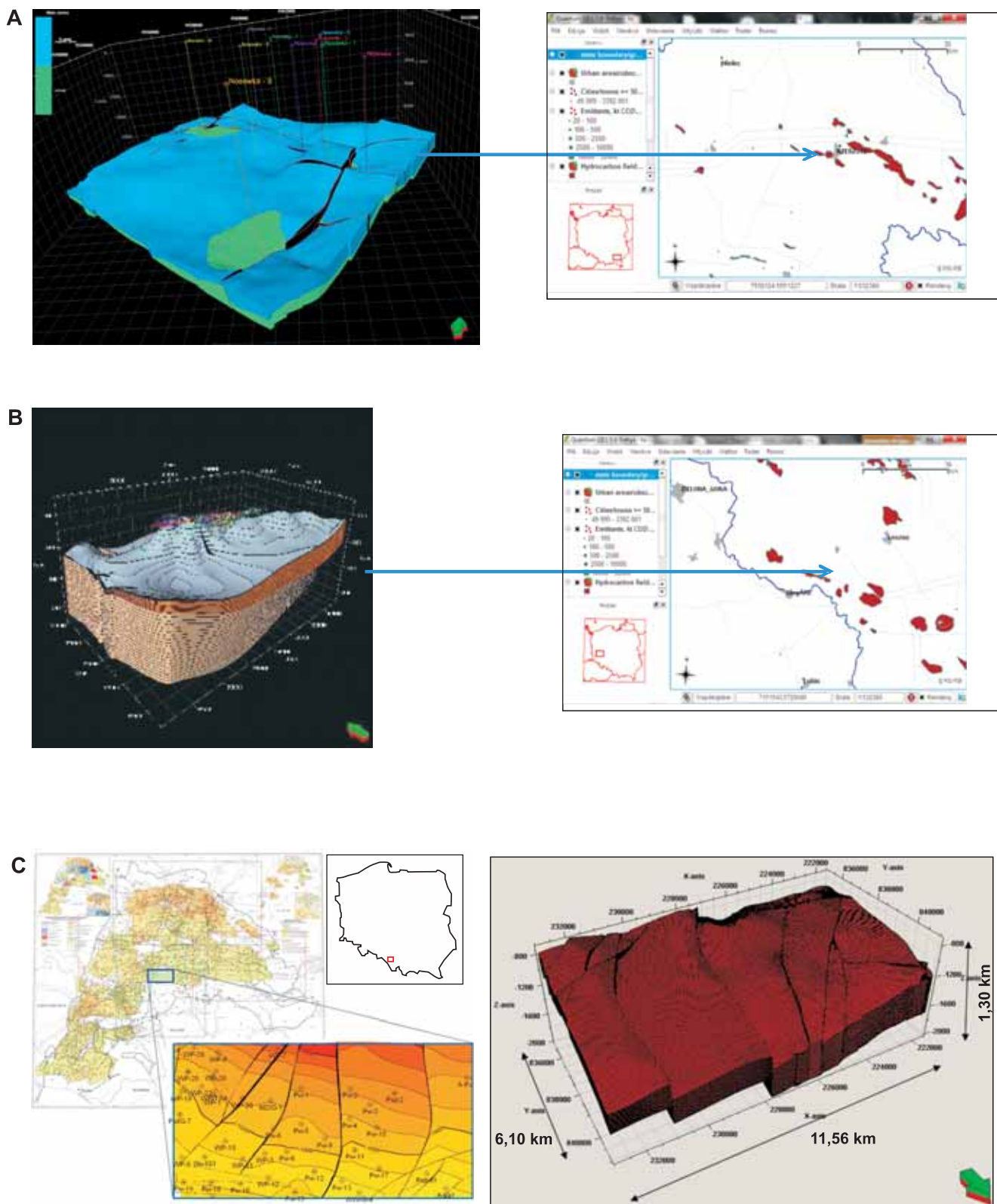


Fig. 5. A. Model złoza ropy Nosówka (prace pod kierunkiem W. Szotta (INiG)). B. Model złoza gazu Wilków (prace pod kierunkiem S. Nagy'a i B. Papiernika (AGH UST), raport niepublikowany). C. Model złoza metanu w pokładach węgla Warszawa-Pawłowice (prace pod kierunkiem J. Chećki (CMI) i J. Jureczki (PIG-PIB OG), raport niepublikowany)

A. Model of the Nosówka oil field (task leader W. Szott (INiG)). B. Model of the Wilków gas field (task leaders S. Nagy and B. Papiernik (AGH UST), unpublished report). C. Model field of the Warszawa-Pawłowice coal bed methane field (task leaders: J. Chećko (CMI) and J. Jureczka (PIG-NRI USB), unpublished report)

LITERATURA

- BACHU S., ADAMS J.J., 2003 — Sequestration of CO₂ in geological media in response to climate change: capacity of deep saline aquifers to sequester CO₂ in solution. *Energy Conversion and Management*, **44**, 20: 3151–3175.
- CHADWICK A., ARTS R., BERNSTONE C., MAY F., THIBEAU S., ZWEIGEL P. (red.), 2006 — Best Practice for the Storage of CO₂ in Saline Aquifers, Observations and guidelines from the SACS and CO₂STORE projects. Raport projektu CO₂STORE. www.co2store.org
- LAKE L.W., WALSH M.P., 2008 — Enhanced Oil Recovery (EOR) Field Data Literature Search. Technical Report for Danish North Sea Partner, Danish Energy Agency, Mørsk Olie og Gas AS.
- SCHOLTZ P., FALUS G., GEORGIEV G., SAFTIC B., GORICNIK B., HLADIK V., LARSEN M., CHRISTENSEN N.P., BENTHAM M., SMITH N., WÓJCICKI A., SAVA C.S., KUCHARIC L., CAR M., 2006 — Integration of CO₂ emission and geological storage data from Eastern Europe – CASTOR WP1.2, GHGT-8. 8th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Trondheim, 19–22 June 2006 (poster).
- VANGKILDE-PEDERSEN T., LYG ANTHONSEN K., SMITH N., KIRK K., NEELE F., MEER VANDER B., LE GALLO Y., BOSSIE-CODREANU D., WOJCICKI A., LE NINDRE I.-M., HENDRIKS C., DALHOFF F., CHRISTENSEN N.P., 2008 — GHGT-9 Assessing European capacity for geological storage of carbon dioxide – the EU GeoCapacity project, *Energy Procedia*. Elsevier.
- WÓJCICKI A. (red.), 2009a — Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania, Raport merytoryczny nr 1: Segment I rejon Bełchatów, dostępny na stronie projektu: <http://skladowanie.pgi.gov.pl/twiki/bin/view/CO2/WynikiPrac>.
- WÓJCICKI A. (red.), 2009b — Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania, Raport merytoryczny nr 2: Segment II, rejon Bełchatów. wydawnictwo i miejsce wydania lub archiwum
- STRONA Global CCS Institute, poświęcona rozwojowi technologii CCS na świecie: [http:// globalccsinstitute.com](http://globalccsinstitute.com).
- STRONA Komisji Europejskiej – Dyrekcji Generalnej ds Środowiska, poświęcona problematyce zapobiegania antropogenicznym zmianom klimatu: <http://ec.europa.eu/environment/climat/climate-action.htm>.
- STRONA projektu <http://skladowanie.pgi.gov.pl>.

SUMMARY

The strategic goal of the National Programme “Assessment of formations and structures for safe CO₂ geological storage, including monitoring plans” is to deliver to the Ministry of Environment information necessary for permitting decisions after requirements of the EU directive on geological storage of carbon dioxide.

The goal is already mostly completed because to this moment works on the assessment of the most of perspective formations and structures in Poland and for several structures –

potential storage sites – case studies have been completed. Saline aquifers within in the Permian-Mezozoic sedimentary basin have been analyzed together with some older formations. Depleting hydrocarbon fields most suitable for CO₂ sequestration have been pointed out as well as coal bed methane fields. Case studies for four structures in saline aquifers, two hydrocarbon fields and one coal bed methane fields have been completed or are being completed.