



Państwowy Instytut Geologiczny

Państwowy Instytut Badawczy

Marek Jarosiński & Adam Wójcicki

Stan badań w dziedzinie geologicznego składowania CO₂ w Polsce

Wcześniejsze badania i eksperymenty w Polsce

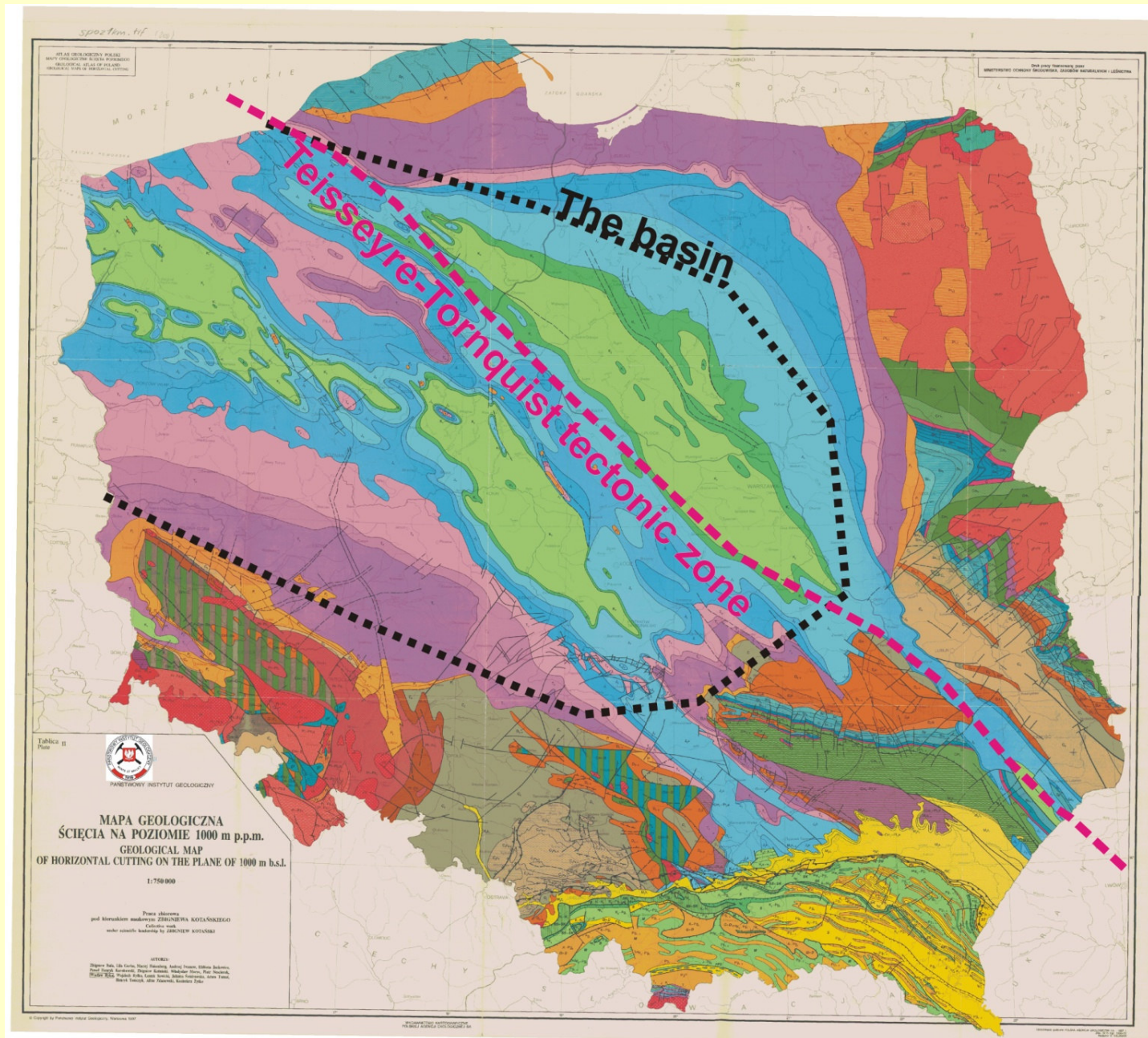
Wykonane projekty finansowane z UE i MŚ:

- CASTOR (2004-2006)
- GeoCapacity (2006-2008)
- Interaktywny atlas potencjału geologicznego składowania CO₂ w Polsce (2007-2008)

Eksperymenty zatłaczania CO₂ w Polsce:

- stymulacja wydobywania gazu na monoklinie przedsudeckiej – Borzęcin (*EOR*) (1995--) (X kt)
- test zatłaczania CO₂ w pokłady węgla kamiennego – Kaniów (2003-2004) eksperyment nie dał zachęcających wyników (700 t)
- zatłaczanie w solanki - Jastrząbka (zapadlisko przedkarpackie) – tylko studium wykonalności

Główny obszar perspektywiczny dla składowania CO₂



Permo-mezozoiczny **basen polski** będący częścią systemu basenów rozciągających się od GB przez Benelux i N Niemcy

Największe zbiorniki CO₂ w poziomach solankowych

ściecie poziome na głębokości 1 km

Stratygrafia systemów sekwestracyjnych w basenie polskim

Period	Epoch	Aquifer	Seal
Neogene	Holocene		
	Pleistocene		
	Pliocene		
	Miocene		
Paleogene	Oligocene		
	Eocene		
	Paleocene		
Cretaceous	Upper Cretaceous		
	Lower Cretaceous		
Jurassic	Upper Jurassic (Malm)		
	Middle Jurassic (Dogger)		
	Lower Jurassic (Liassic)		
Triassic	Upper Triassic (Keuper & Rhaetian)		
	Middle Triassic (Muschelkalk)		
	Lower Triassic (Bunter Ss. & Roet)		
Permian	Upper Permian (Zechstein)		
	Lower Permian (Rotliegend)		

4 główne poziomy zbiornikowe:

① dolna kreda

② dolna jura

③ dolny (lokalnie górny) trias

④ dolny perm

Projekt Narodowy

Tytuł: Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania

- **Zamawiający:** MŚ
- **Finansujący:** NFOŚiGW
- **Lokalizacja:** cały obszar Polski wraz z ekonomiczną strefą Bałtyku;
- **Czas realizacji:** 48 miesięcy
- **Konsorcjum:** PIG, AGH, GIG, INiG, IGSMiE, PBG
- **Koszt:** 36 mln brutto
- projekt dobrze zharmonizowany z potrzebami przemysłu – z potencjalnymi 2 projektami demonstracyjnymi

Cele Projektu Narodowego

- Rozpoznawanie obszarów bezpiecznego geologicznego składowania przemysłowych ilości CO₂ (**wskazania koncesyjne**);
- Oszacowanie krajowego potencjału geologicznego składowania CO₂ (**strategia rozwoju energetyki**);
- Rozwój metodyki składowania CO₂ oraz koordynacja współpracy w ramach konsorcjum i EurGeoSurvey (**wykształcenie kadr**);
- Udział w transpozycji Dyrektywy UE w sprawie geologicznego składowania CO₂ na polskie przepisy koncesyjne i prawo górnicze (**legislacja**);
- Opracowanie scenariuszy składowania CO₂ na potrzeby projektów demonstracyjnych (**wspomaganie inwestycji przemysłowych**);
- Opracowanie programu monitoringu dla wytypowanych struktur geologicznych (**ochrona środowiska**);
- Informowanie i edukowanie społeczeństwa o przyczynach, sposobach i skutkach sekwestracji CO₂ (**akceptacja społeczna**);

Obiekt badań Projektu Narodowego

Regionalne rozpoznanie perspektyw składowania CO₂:

- poziomów solankowych w 8 rejonach kraju (basen Polski);
- szcerpanych i nieekonomicznych złóż węglowodorów (Wielkopolska);
- głębokich nieeksploatowanych pokładów węgla zawierających metan (GZW, LZW).

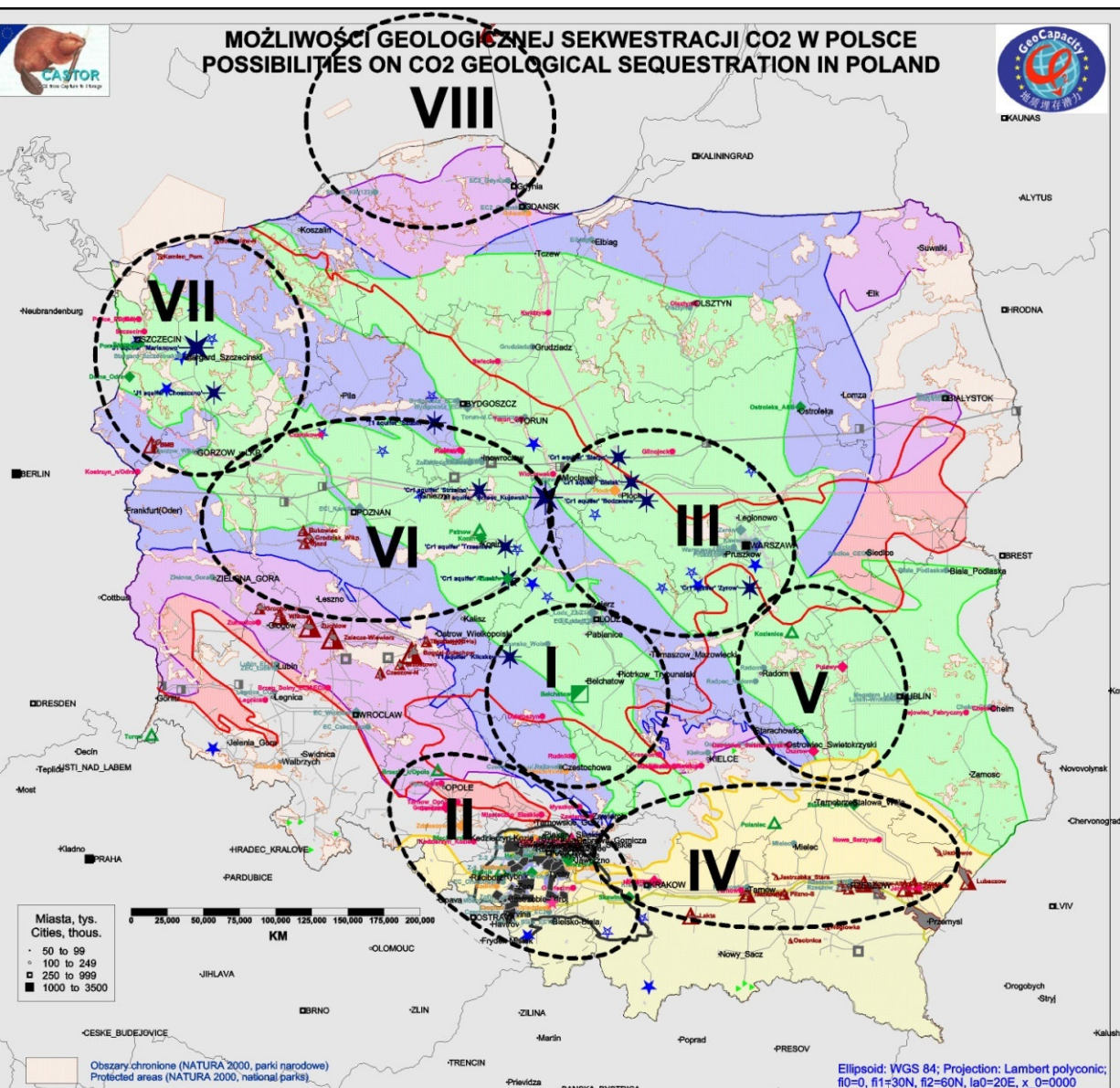
Szczegółowa ocena przydatności 5 obiektów do składowania CO₂:

- 3 obiekty dla poziomów wodonośnych,
- 1 szcerpane złożę węglowodorów,
- 1 lokalizacja dla pokładów węgla, zawierających metan

MOŻLIWOŚCI GEOLOGICZNEJ SEKWESTRACJI CO2 W POLSCE POSSIBILITIES ON CO2 GEOLOGICAL SEQUESTRATION IN POLAND



Lokalizacja rejonów badań w ramach Projektu Narodowego



LEGENDA LEGEND

Elektrownie zawodowe, emisja w kt (KPAU)
Power plants, emission in kt

- 100 to 1000
- 1000 to 5000
- 5000 to 10000
- 10000 to 33000

Elektrociepłownie i ciepłownie, emisja w kt (KPAU)
CHP and heating plants, emission in kt

- 100 to 1000
- 1000 to 5000

Rafinerie i lokalownie, emisja w kt (KPAU)
Refineries and conversion plants, emission in kt

- 100 to 1000
- 1000 to 5000
- 5000 to 10000

Przemysł wydobywczy, emisja w kt (KPAU)
Manufacturing industries, emission in kt

- 100 to 1000
- 1000 to 5000
- 5000 to 10000

Zasięg dolnej kredy (W. Górecki, 1995)
Lower Cretaceous extent

Zasięg dolnej jury (W. Górecki, 1995)
Lower Jurassic extent

Zasięg dolnego triasu (piątego piaskowca) (R. Dądz, S. Marek, J. Pokorski, 1998)
Lower Triassic (Bunter Sa.) extent

★ Planowane lokalizacje geotermalne
Planned geothermal localities

★ Instalacje i uźdrowiska geotermalne
Geothermal installations and spas

Potencjał magazynowania struktur hydrogeologicznych (Cr1, J1, T1), Mt
Storage capacity of aquifer structures (Cr1, J1, T1 - R. Tarkowski, 2005), Mt

★ 100 to 500
★ 500 to 1100

Gazociąg
(P. Kamkowski, 1993; www.rynekgazu.pl)
Gas pipelines

Terminale gazowe (st. kompresorów, przesyłowe)
Gas pipelines (compressor & transfer stations)

Ropociąg "Przyjaźń"
Družba oil pipeline

Ważniejsze podziemne magazyny gazu i paliw
Major underground gas and fuel storages

Wybrane złoża gazu i ropy
(P. Kamkowski, 1993; InfoGeoskarta)
Selected gas and oil fields

Potencjał magazynowania struktur naftowych (gaz i ropa), Mt
Storage capacity of hydrocarbon structures, Mt

- 0.4 to 5
- 5 to 10
- 10 to 50
- 50 to 150

Elipsoid: WGS 84; Projection: Lambert polyconic;
fl=0, fl1=30N, fl2=60N, la0=20E, x_0=0000

Obszary górnicze (w tym MPW)
Mining areas (including CBM - InfoGeoskarta)

GZW (zasięg karbonu produktywnego)
Silesian Coal Basin (Carboniferous range)

★ **Eksperyment Recopol/MoveCBM (ECBM)**
ECBM Recopol/MoveCBM experiment

Zasoby MPW
CBM fields (S. Przeniosło, 2005)

- 2 to 10
- 10 to 25
- 25 to 50

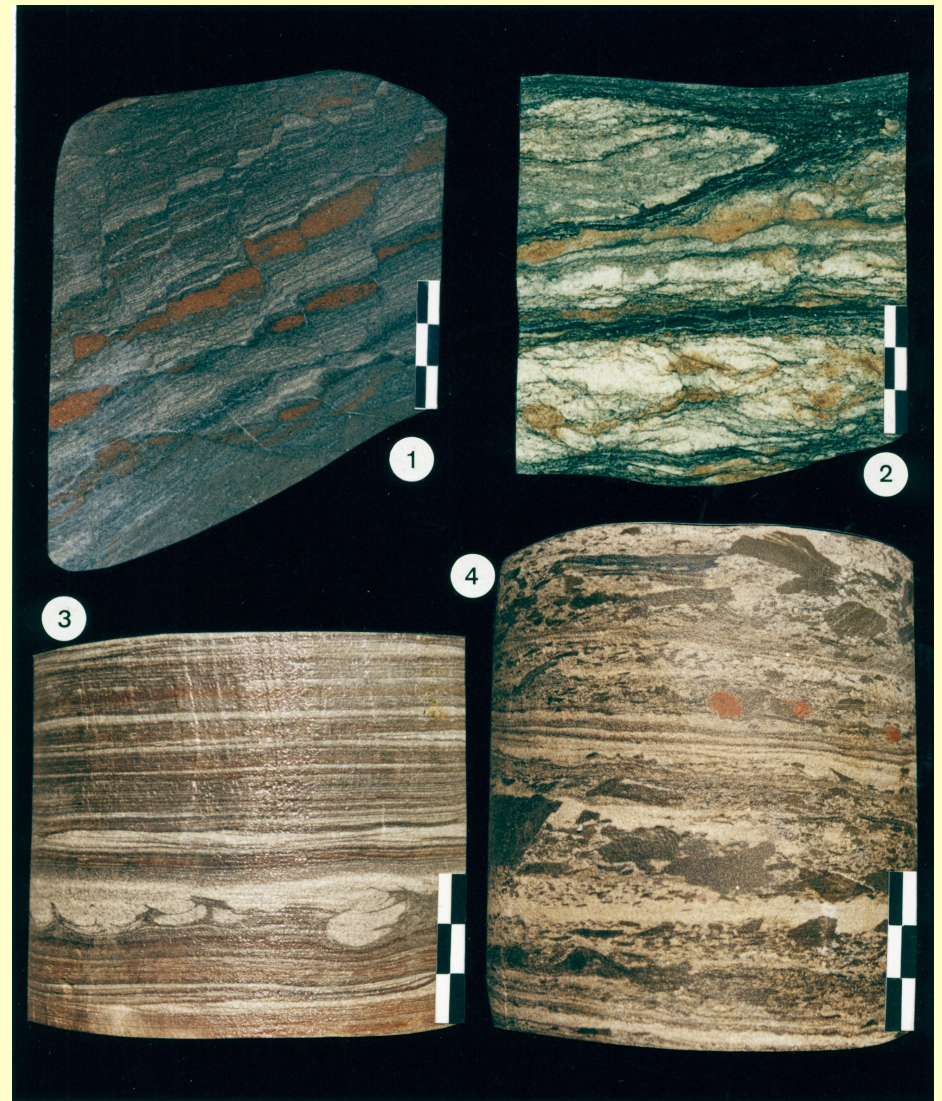
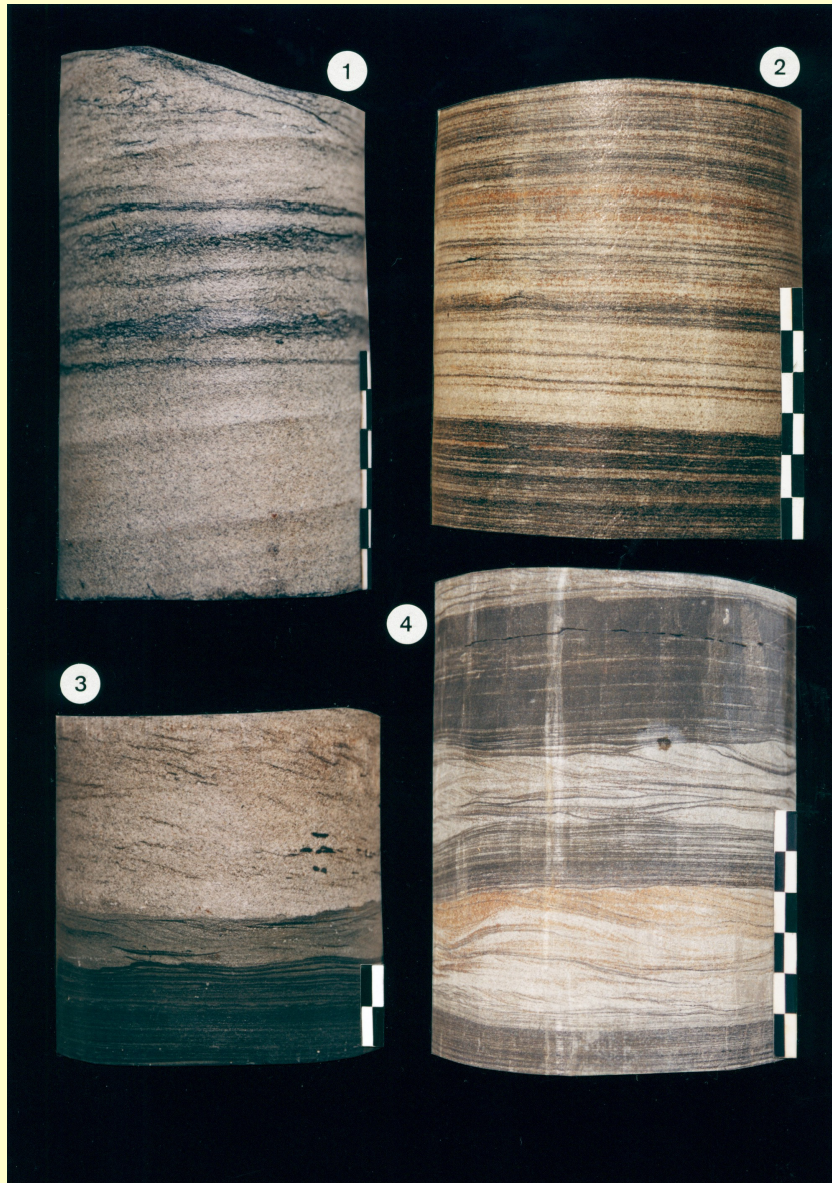
Zasięg Zapadistka Przedkarpaciego
Carpathian Foredeep extent
(P. Kamkowski, 1993)

Front nasunięcia Karpata
Carpathian front (P. Kamkowski, 1993)

Zasięg czerwonego spągowca
Rottliegend range (P. Kamkowski, 1993)

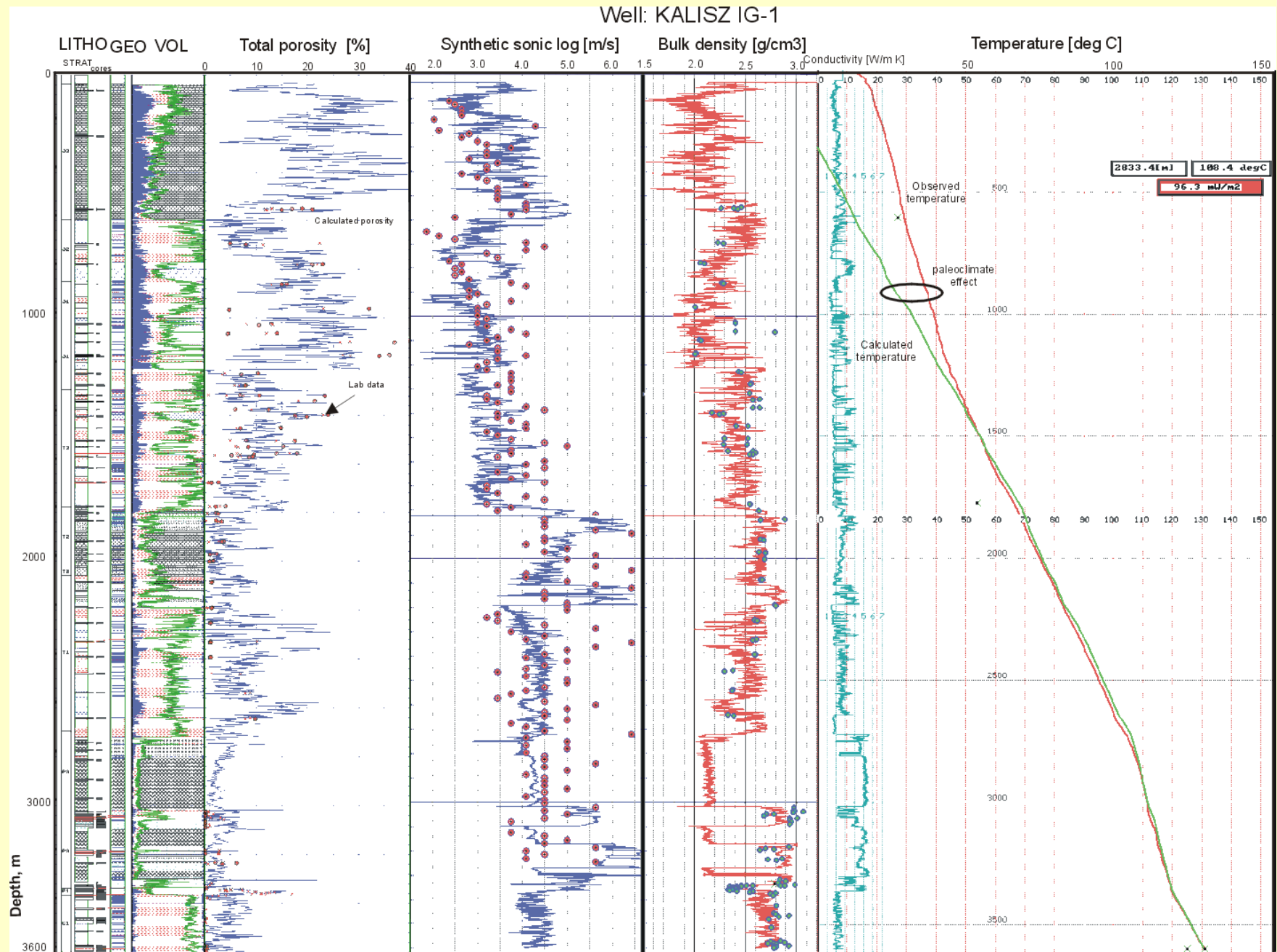
▶ **Naturalne ekskwalacje CO2**
Natural CO2 seeps

Własności petrofizyczne kolektorów i uszczelnień na podstawie analizy prób skalnych



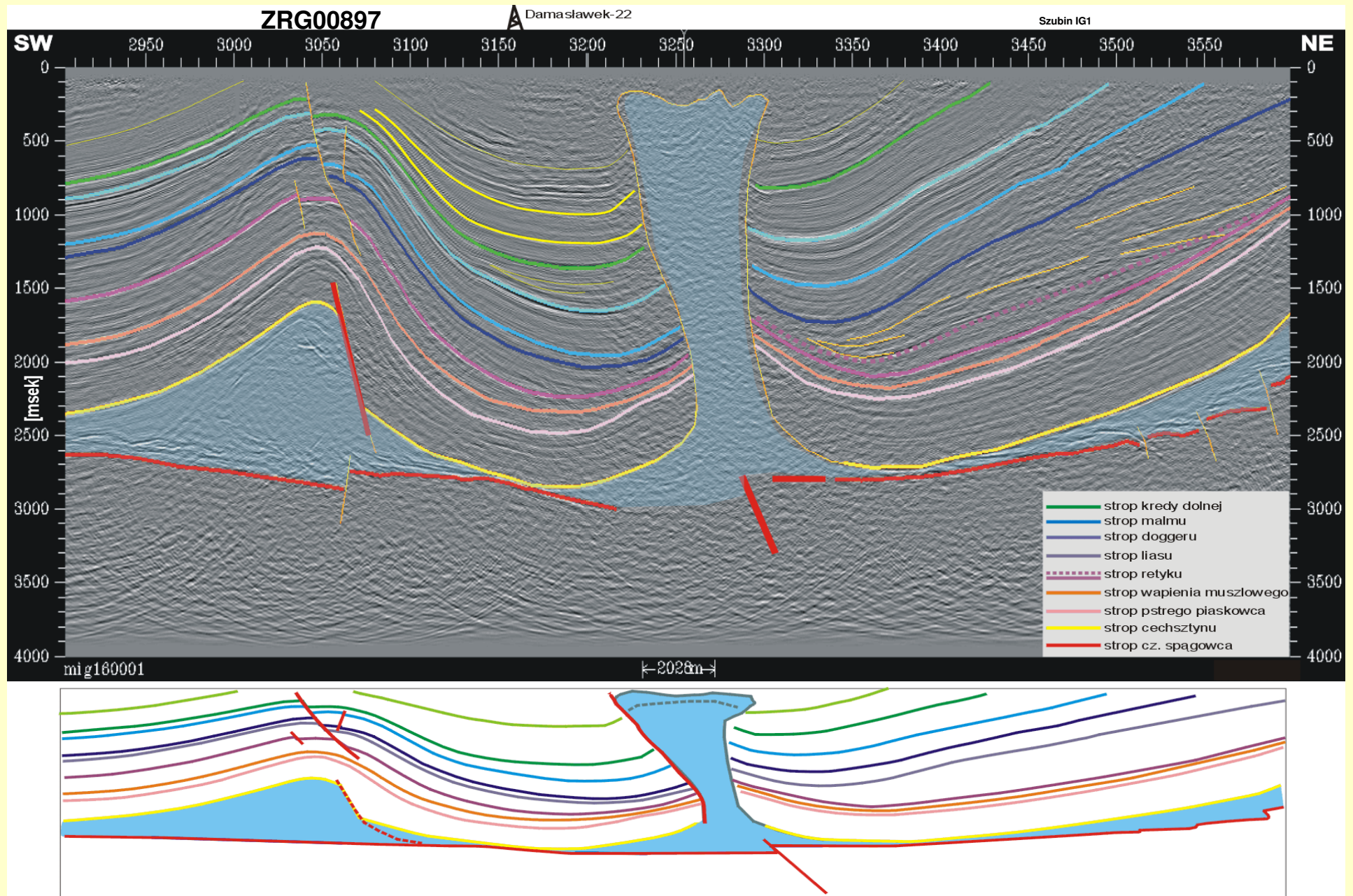
after Maria Waksmundzka

Własności zbiornikowe, uszczelniające, temperatura, zasolenie na podstawie karotaży wiertniczych

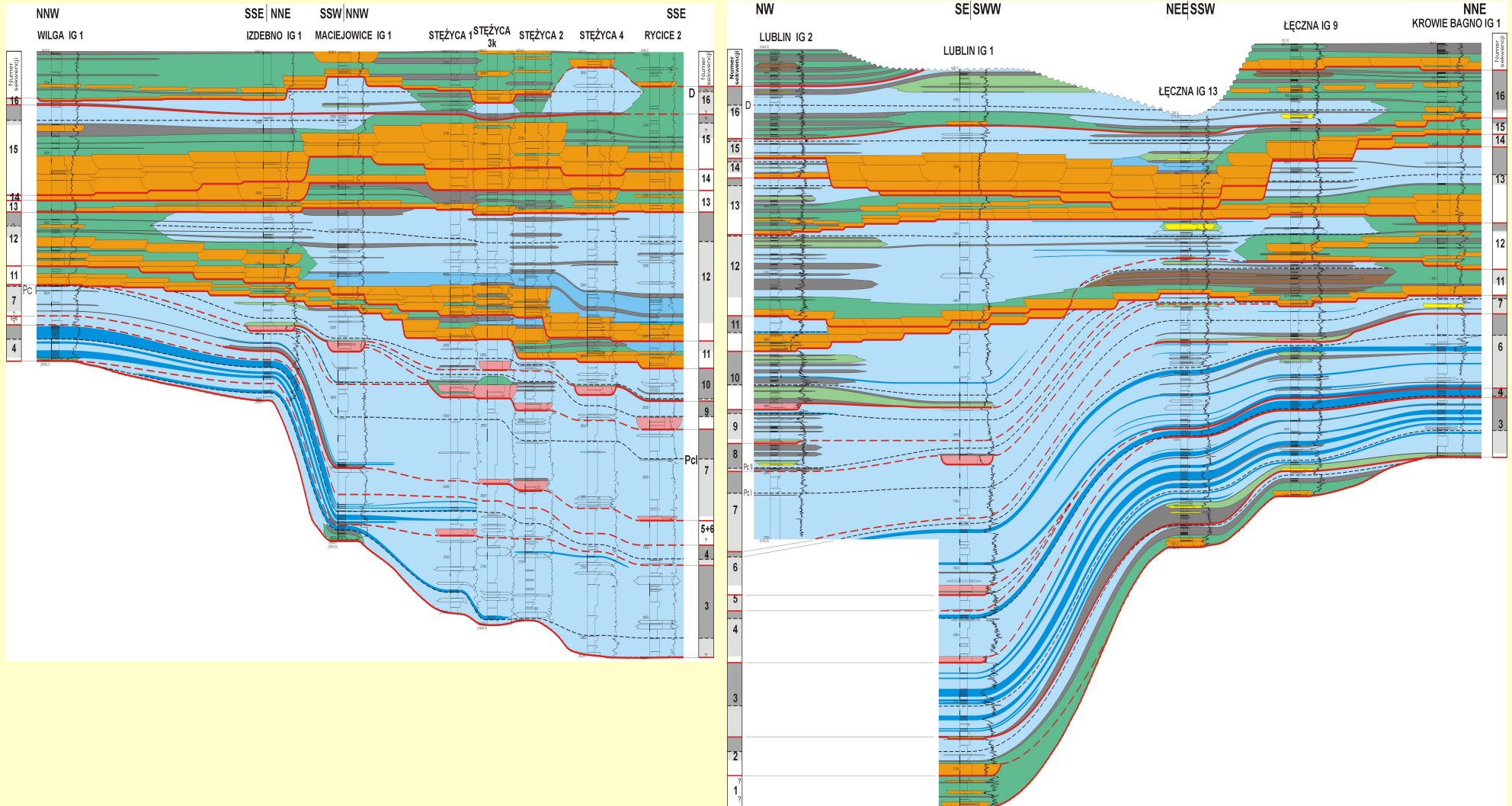


after Jan Szewczyk

Struktura potencjalnych składowisk CO₂ na podstawie profilowań sejsmicznych

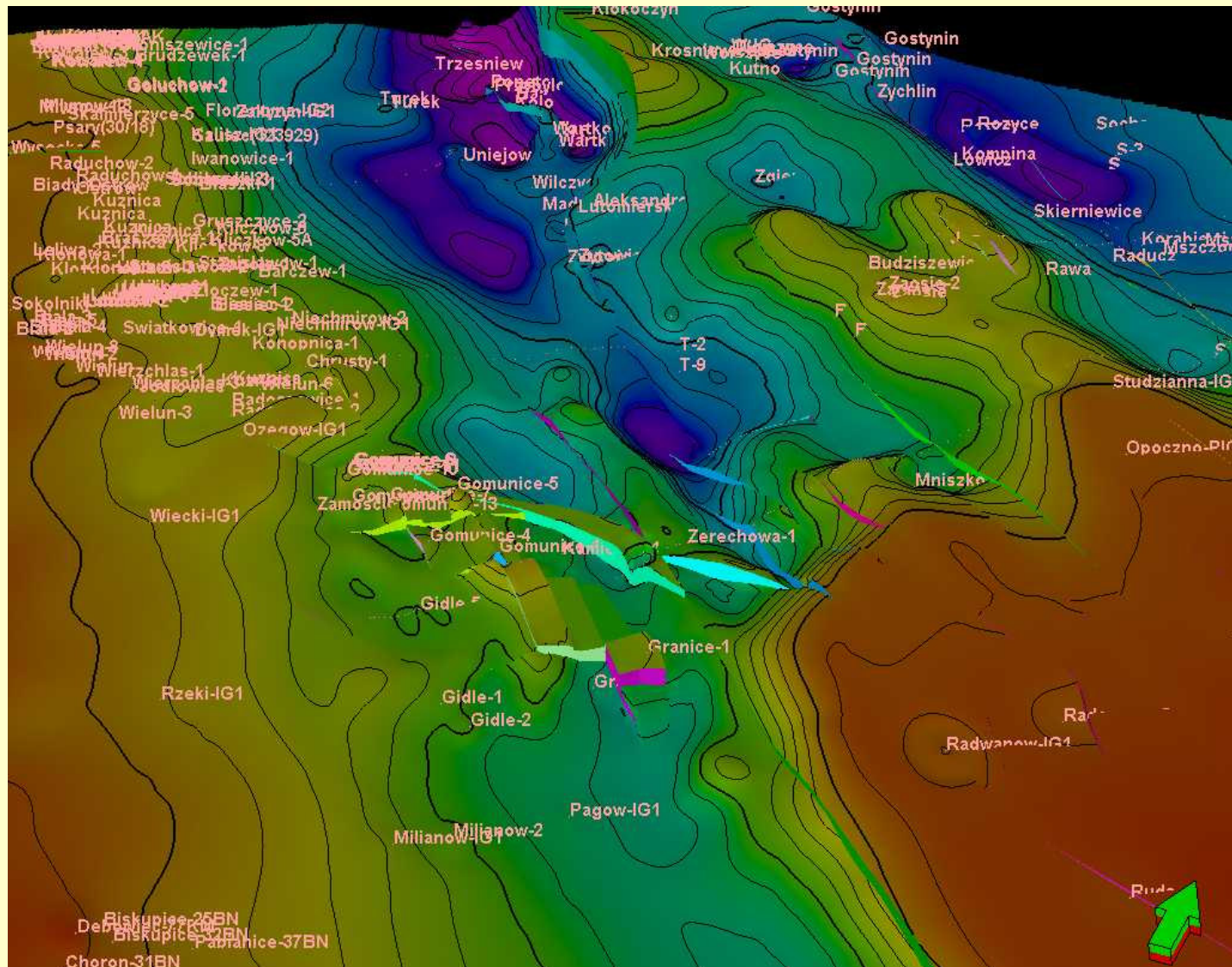


Rozprzestrzenienie kolektorów i uszczelnień na podstawie analizy facjalnej



after Maria Waksmundzka

Model numeryczny głębokości kolektora



modelowanie efektów zatłaczania

Kryteria selekcji struktur sekwestracyjnych

- **Głębokość kolektora:** 800-2500 (płytsze bardziej ekonomiczne)
- **Miaższość kolektora:** > 50 m (min. **20 m**)
- **Porowatość kolektora:** > 20% (min. **10%**)
- **Przepuszczalność kolektora:** > 200-300 mD (min. **100 mD**)
- **Zasolenie wód złożowych:** ≥ 100 g/l (od 30 g/l)
- **Miaższość warstw uszczelniających:** > 100 m (min **50 m**)
- **Ciśnienie kapilarne** w obrębie uszczelnienia $\gg$ ciśnienia wyporności kolumny CO₂
- **Domknięcie struktury**
- **Zuskokowanie**



Relatywizm pojemności systemów sekwestracyjnych

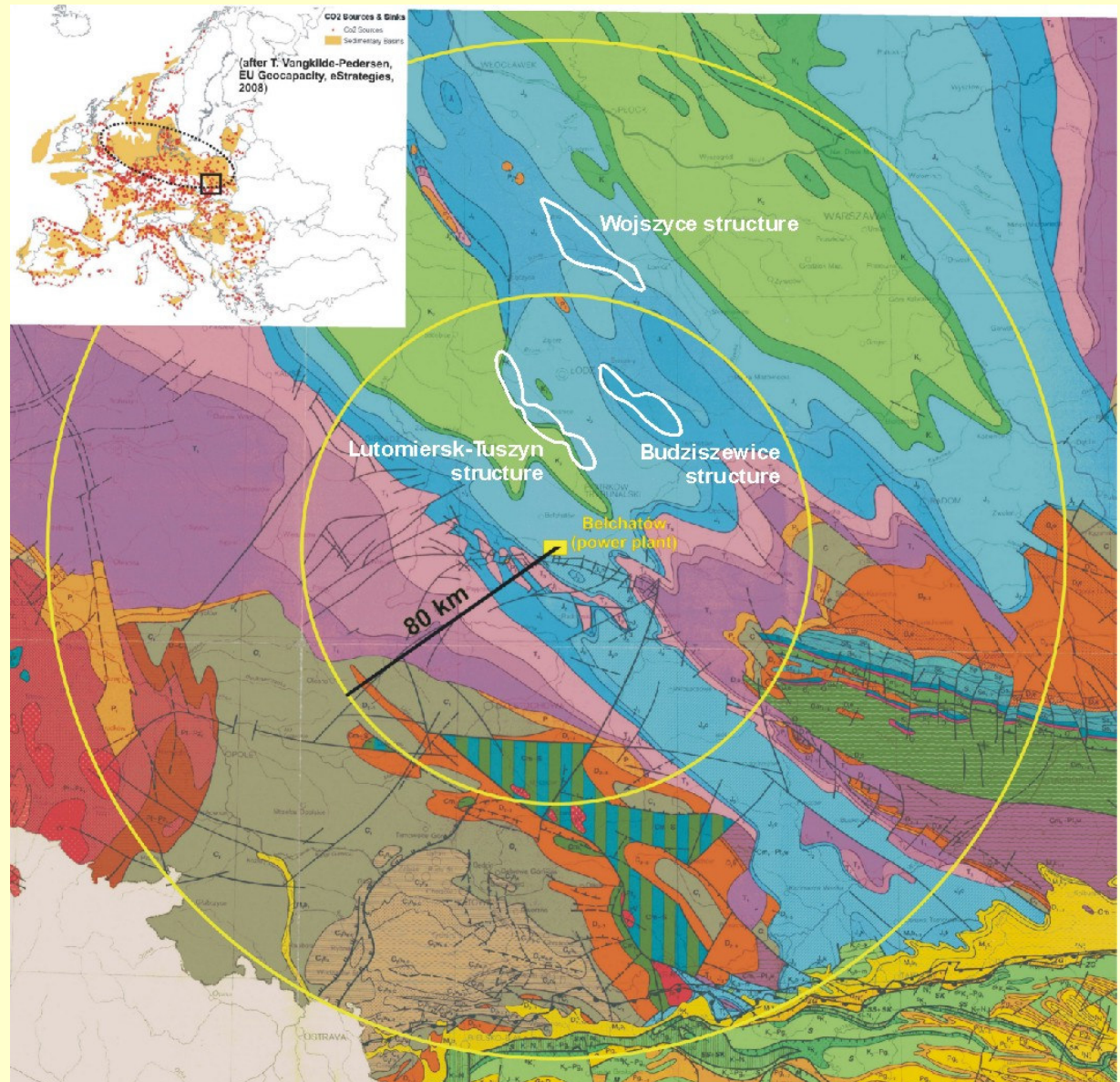


Projekt realizacji instalacji demonstracyjnej CCS dla PGE Bełchatów

I Etap – wybór optymalnej struktury na składowisko

Prace koordynowane przez
PIG i Schlumberger

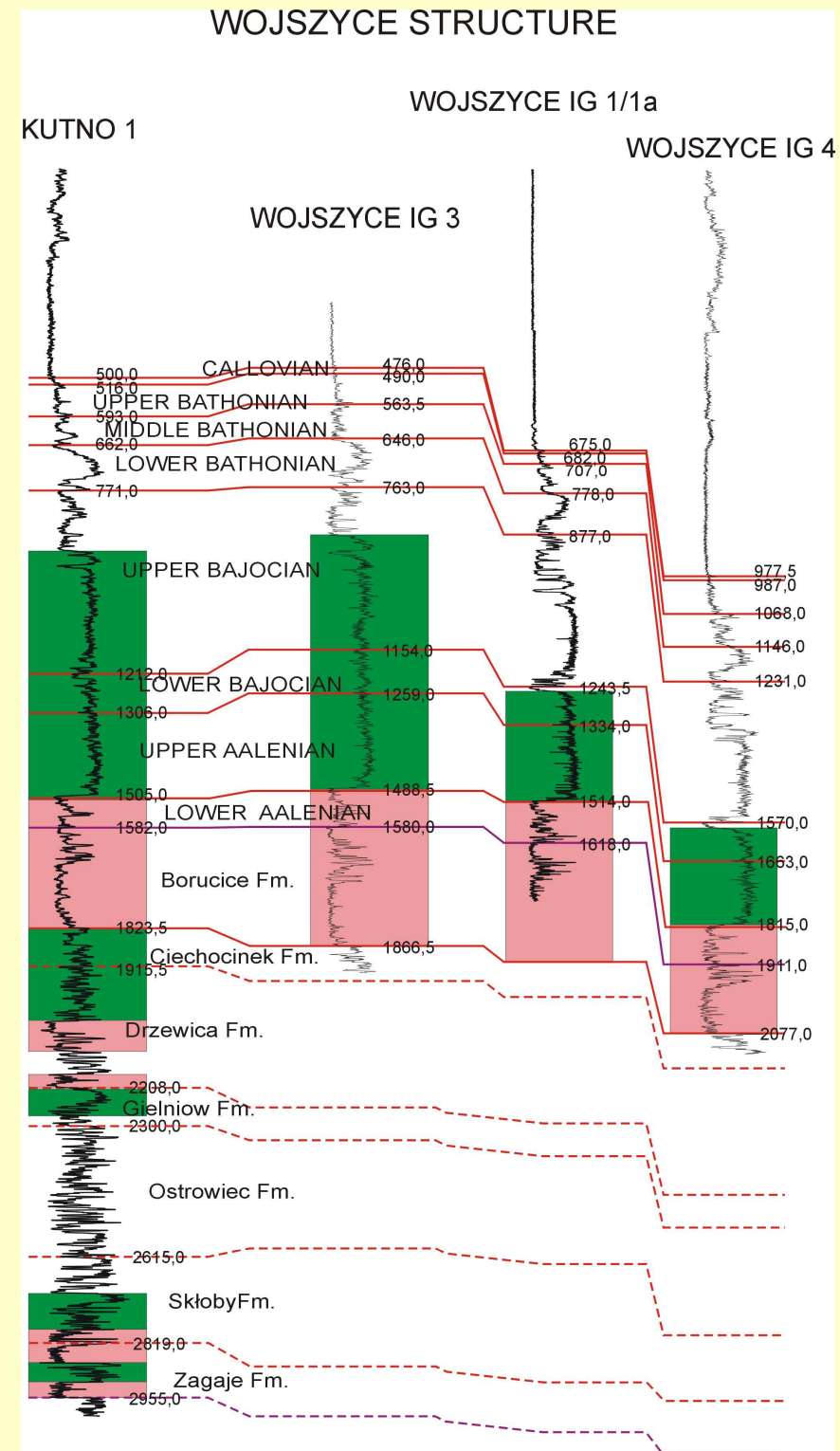
- Rozszerzenie obszaru badań
- Uzupełnienie informacji geologicznych
- Aplikacje o fundusze UE



Charakterystyka kolektorów i uszczelnień w obrębie „zapasowej struktury” Wojszyce

niedostatek informacji
geologicznych

poziomy solankowe nie
były obiektem
zainteresowania
przemysłu



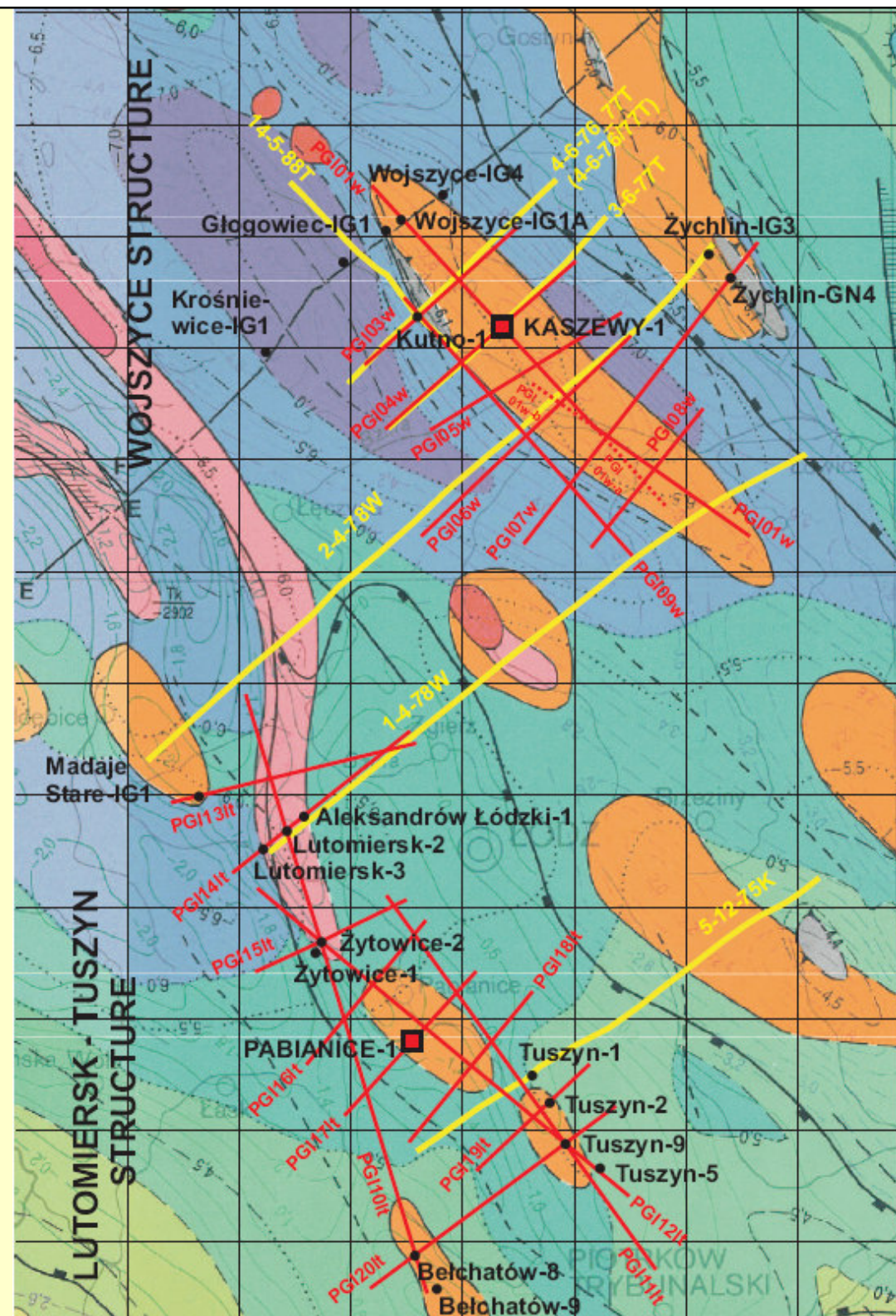
Planowane
badania
geologiczne i
geofizyczne na
2 strukturach

2 otwory
wiertnicze

ok. 500 km linii
sejsmicznych

zdjęcie
grawimetryczne

modelowanie
numeryczne
efektywności
zatlaczania CO₂

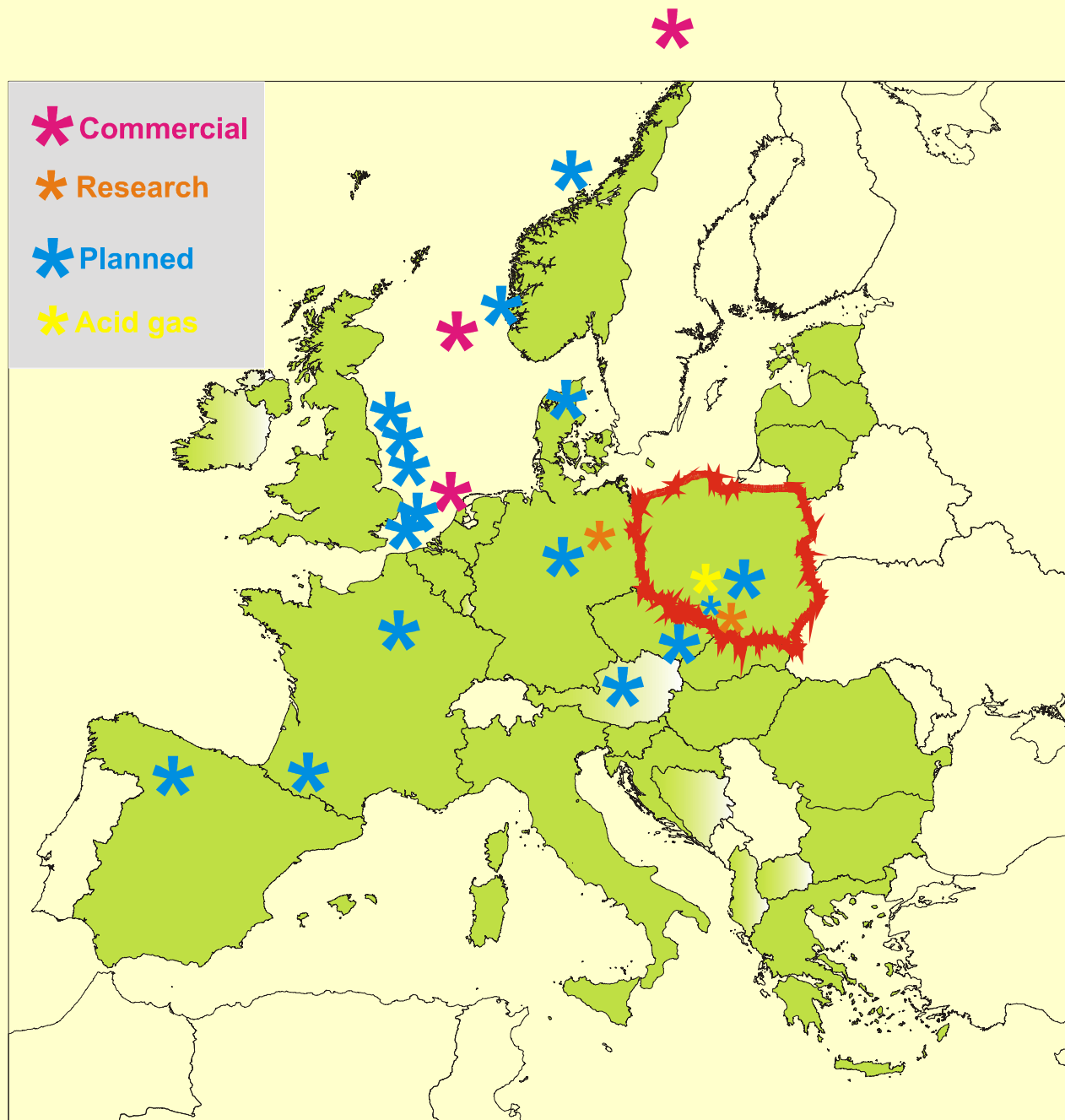


Podsumowanie (Polska)

- Dotychczas zakończone projekty CCS w Polsce (stopień rozpoznania 0-1) **nie uprawniają do przedstawienia wiarygodnego bilansu** pojemności składowania CO₂.
- Obecnie prowadzony **Program Narodowy** jest zharmonizowany z wymaganiami UE oraz potrzebami przemysłu i administracji państwowej (stopień rozpoznania 2 - 3)
- Kompleksowe opracowanie PN wykonywane jest siłami **konsorcjum** z wykorzystaniem **kompletu informacji geologicznej**.
- Wstępne wyniki PN wskazują, że pojemność nadająca się do „bezpiecznego składowania” CO₂ **jest znacznie mniejsza niż dotychczas szacowano**.
- Uwzględnienie czynnika „**bezpieczeństwa składowania**” eliminuje większość wcześniej wskazanych struktur o potencjale sekwestracyjnym.
- Czynniki „**akceptacji społecznej**” i **konflikt interesów** z przemysłem naftowym może wyeliminować kolejne struktury
- Mimo to, **perspektywy składowania CO₂ w Polsce są dobre** - pojemności struktur powinny wystarczyć na potrzeby energetyki opartej na krajowych zasobach węgla.
- Warunkiem udostępnienia tej pojemności jest uzyskanie **akceptacji społecznej** dla lokalizacji składowania i dróg transportu CO₂.

Podsumowanie (instalacje demonstracyjne)

- Projekt instalacji demonstracyjnej w PGE Bełchatów jest dostatecznie zaawansowany (faza przetargów na wykonanie badań),
- perspektywy jego współfinansowania z UE są b. dobre - 180 mln z European Energy Programme for Recovery (*Program naprawczy UE*) + programów wspomagania instalacji demonstracyjnych (zasady nieuregulowane)
- Projekt PKE Kędzierzyn-Koźle (0 emisyjny kompleks energo-chemiczny) jest mniej zaawansowany pod względem finansowania z UE, ale bardziej zaawansowany technologicznie
- Ten projekt ma szansę być współfinansowany przez UE puli przeznaczonej na instalacje demonstracyjne.

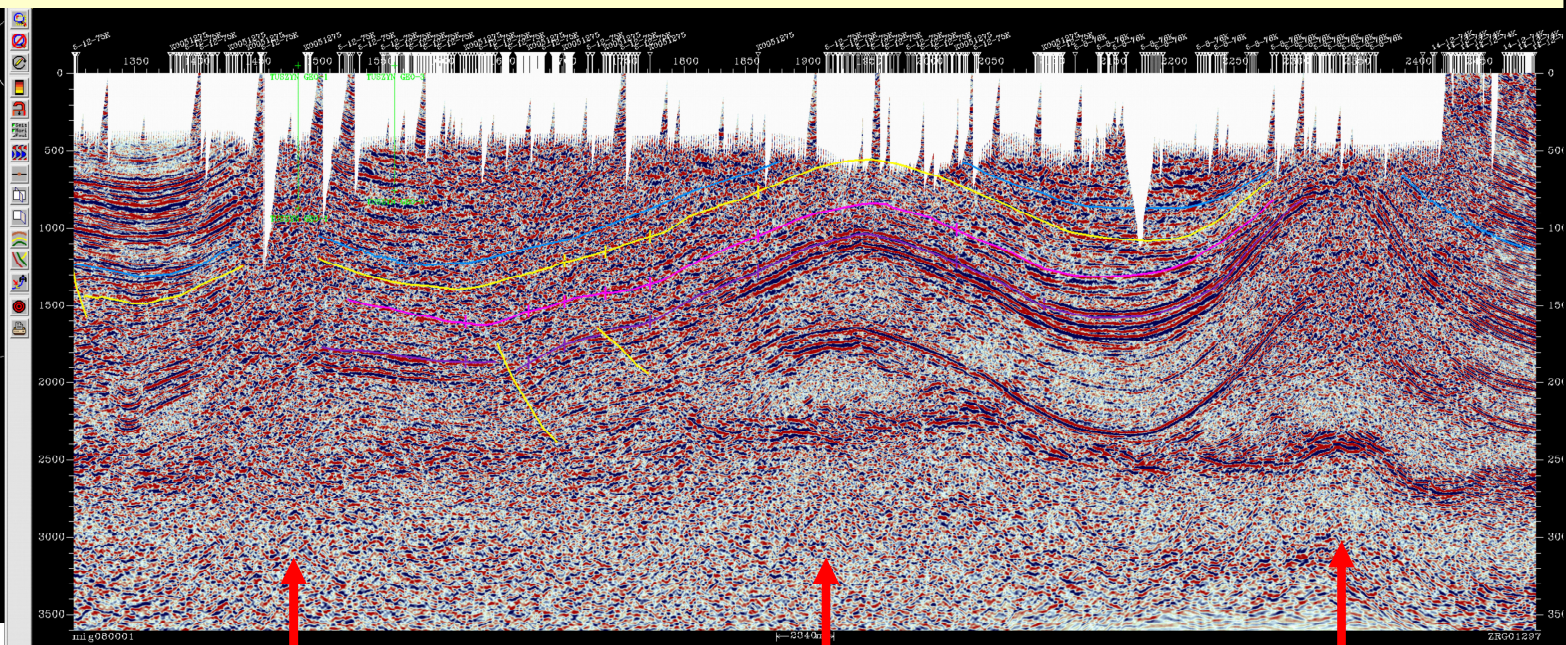
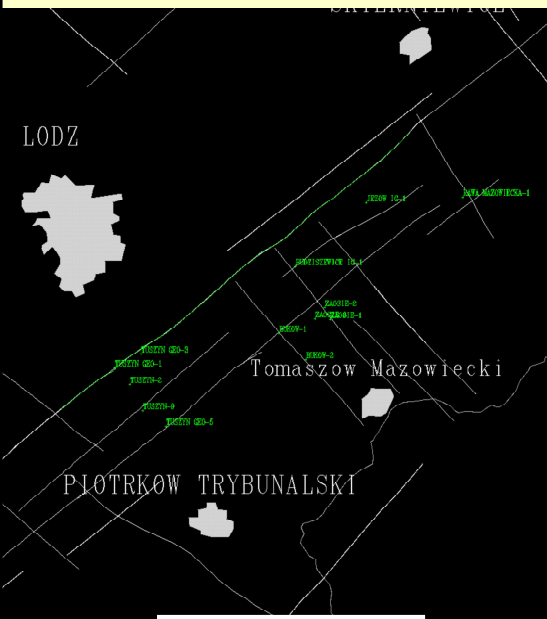


In the most of European countries (incl. offshore areas) storage capacity for level 0 and partly 1 is known, thanks to international and national projects (e.g. the projects by geological surveys). Poland is no exception.

But it is not enough!!!

Do celów podziemnego składowania CO₂ wytypowano 4 złoża ropy naftowej i 19 złóż gazu ziemnego. Ze złóż ropy naftowej 3 (Barnówko-Mostno-Buszewo, Cychry, Kamień Pomorski) znajdują się na obszarze Niżu Polskiego i jedno (Nosówka) na Przedgórzu Karpat. Ze złóż gazu ziemnego 10 (Barnówko-Mostno-Buszewo, Bogdaj-Uciechów, Borzęcin, Brońsko, Kościan S, Paproć, Radlin, Wilków, Załęcze, Żuchłów) znajduje się na Niżu Polskim i 9 (Husów-Albigowa-Krasne, Jarosław, Jodłówka, Kielanówka-Rzeszów, Miocin, Pilzno-Południe, Przemyśl, Tarnów-Jura, Zalesie) na Przedgórzu Karpat.

Sejsmika – rejon NE (na ESE od Łodzi)



Tuszyn

Budziszewice

Jeżów

Kryteria ewaluacji i parametry charakteryzujące struktury w sąsiedztwie Bełchatowa

structure	reservoir	well	reservoir top	reservoir thickness	reservoir height	porosity %	permeability mD	salinity g/l	caprock (seal) thickness m	caprock lateral continuity	wells (cored)	seismic (profiles)	temp C corrected	CO2 density	storage capacity Mt
Gomunice	Jb1&Jto3; Jpl&Jh+s	Gomunice-13	900	100	100	20	600	3-30	>100	A graben 10 km in NE	3	8	32	0,75	136
Gidle	Jb1&Jto3; (Tk?)	Gidle-2	1100	60	40	15-20	<500	<10	60	average	1-2	3-5	38	0,78	28
Kliczków J	Jpl	Niechmirów IG-1	1100	200	200	20	500	127	100	average	1-2	>10	38	0,75	56
Kliczków T	Tp2	Kliczków-6	2100	100	100	10	10-50	150	200	average	kilka	>10	65	0,75	130
Lutomiersk	Jbj+a+to3	Lutomiersk-2	1500	300	150	15	>200	100	100	good	2-3	1	50	0,75	132
Tuszyn J	J2	Tuszyn-2	1900	200	100	15	>100	<1	60	???	2	2-3	47	0,80	144
Tuszyn K	K1	Tuszyn-2	737	100	50	25	800	<1	???	???	2-3	2-3	28	0,30	45
Budziszewice	Jpl3&Js+h	Zaosie-2	775	150	100	22	800	4-9	100	good	6	10	28-36*	0.3-0.7	300
Jeżów J	Ja+to3&Jpl3	Jeżów IG-1	626	250	100	22	600	13	200	faulted	2	7-8	24-35*	0.25-0.7	300
Jeżów T	Tp2	Jeżów IG-1	3000	360	150	<20	<100	360	>200	???	2	5-6	85	0,80	300
Wojszyce	Ja1+to3	Wojszyce IG 4	1815	262		6-22	100-2000	19,5-79,3	225-275	good	6	6	unknown	0.7?	700-800