

Poszukiwania gazu łupkowego w Polsce na podstawie danych z głębokich otworów wiertniczych – co zyskałyśmy?

Teresa Podhalańska¹, Joanna Roszkowska-Remin¹



T. Podhalańska



J. Roszkowska-Remin

The exploration of shale gas in Poland based on data from deep boreholes – what have we gained Prz. Geol., 74: 655–661; doi: 10.7306/2026.57

Redaktor prowadzący: Grzegorz Uścińowicz

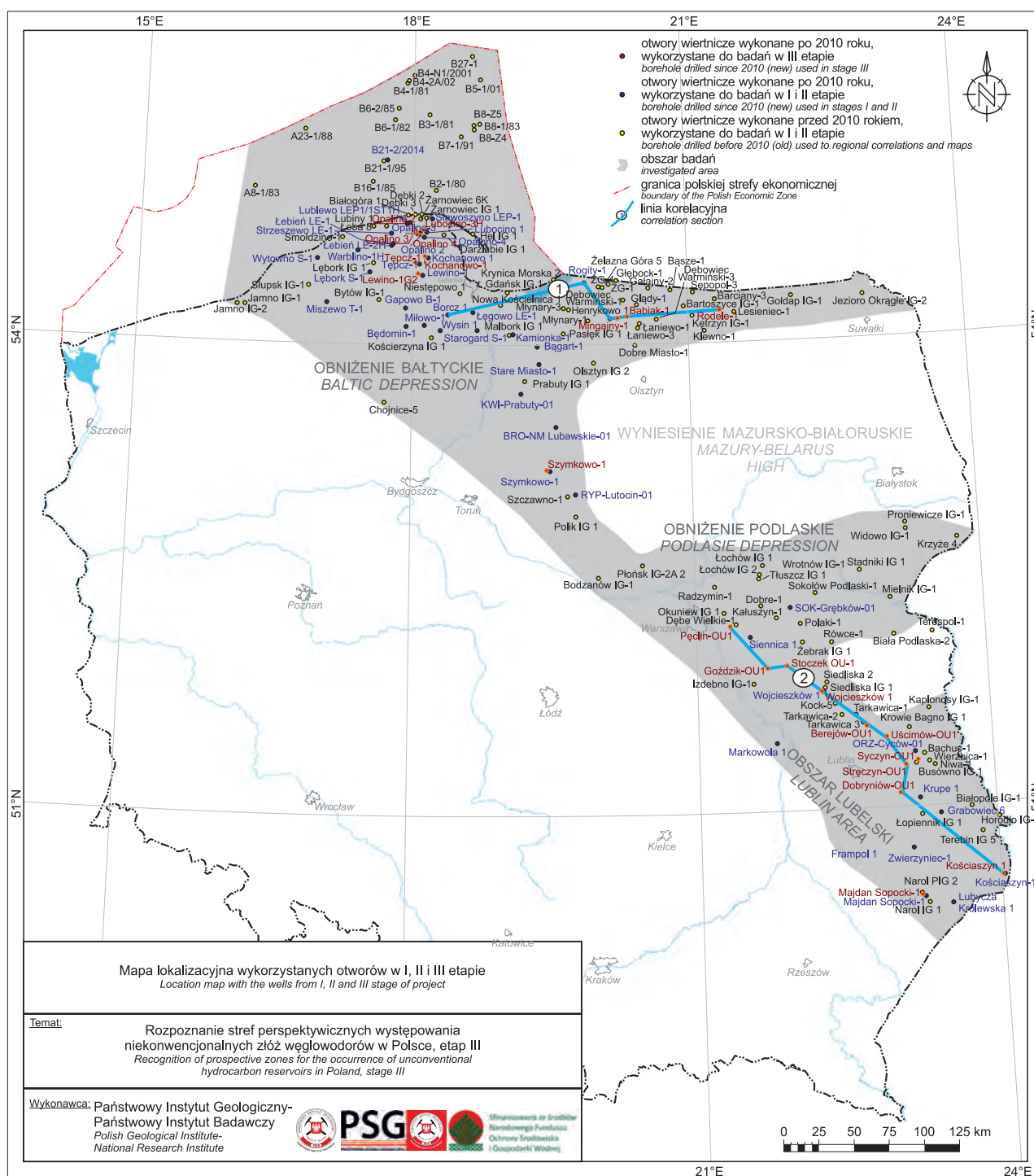
A b s t r a c t. The activities undertaken in Poland at the beginning of the XXI century to explore unconventional hydrocarbon resources were primarily focused on investigating Lower Paleozoic formations within the deeply buried marginal zone of the East European Craton, extending across Poland from the northwest to the southeast. The implementation of the three-stage scientific research project “Identification of Prospective Zones for the Occurrence of Unconventional Hydrocarbon Deposits in Poland”, carried out by the Polish Geological Institute – National Research Institute (PGI-NRI) between 2013 and 2021, provided a comprehensive and up-to-date assessment of the Lower Paleozoic intervals prospective for unconventional hydrocarbon accumulations, as well as, to a lesser extent, the Carboniferous strata. The project resulted in an extensive dataset based on stratigraphic and geophysical analyses, complemented by numerous laboratory investigations performed on representative historical deep boreholes (more than 100) and all newly drilled wells completed after 2010 (72 wells). Based on the acquired data and the results of the new investigations, prospective hydrocarbon accumulation zones were identified, and tender areas were delineated for several exploration licences targeting unconventional hydrocarbon resources. Although unconventional hydrocarbon deposits have not yet been formally confirmed in Poland, the compilation, updating and acquisition of new geological knowledge on the Lower Paleozoic succession in the East European Craton and its unconventional hydrocarbon potential – on an unprecedented scale – constitute a major result of the project. This result has significantly expanded our understanding of the geological framework of the East European Platform in Poland.

Keywords: shale gas exploration, deep boreholes, benefits, Lower Paleozoic, East European Platform, Poland

Rozpoczęty na początku drugiej dekady XXI wieku tzw. boom łupkowy w Polsce, zainicjowany amerykańskim sukcesem oraz optymistycznymi szacunkami dotyczącymi potencjału zasobowego w Polsce (np. EIA, 2011), zaowocował szerokim zainteresowaniem firm poszukiwawczych nowymi koncesjami, wierceniami, a także nowymi projektami badawczymi, które dostarczyły nauce i gospodarce dużą ilość nowych danych geologicznych pochodzących zarówno z nowo odwierconych przez firmy poszukiwawcze otworów wiertniczych, jak i archiwalnych otworów, których rdzenie były wystarczająco dobrze zachowane do badań. Ideą przedsięwzięcia realizowanego wieloetapowo w latach 2013–2021 w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB) pt. *Rozpoznanie stref perspektywicznych występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce* było rozpoznanie potencjału formacji skalnych kambriu, ordowiku i syluru, w północnej, północno-wschodniej i południowo-wschodniej Polsce (obniżenie bałtyckie, obniżenie podlaskie, lubelski skłon kratonu wschodnioeuropejskiego). Ponadto jeden z etapów realizacji projektu obejmował również utwory karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej w południowo-zachodniej Polsce, poprzez wyznaczenie kompleksów skalnych, tzw. stref perspektywicznych, posiadających najbardziej korzystne, zgodnie z przyjętymi kryteriami, parametry dla akumulacji węglowodorów. Zadanie było realizowane jako stałe

zadanie państwowej służby geologicznej (PSG) związane z wykonywaniem w jej ramach prac badawczych odnoszących się do niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce: gazu i ropy w łupkach oraz gazu i ropy w związanych skałach zbiornikowych. Był to jeden z nielicznych tematów o charakterze badawczo-naukowym, wykonywany przez PIG-PIB w ramach PSG, dotyczący niekonwencjonalnych nagromadzeń węglowodorów wraz z ich interpretacją. Perspektywiczność skał dolnopaleozoicznych platformy wschodnioeuropejskiej w Polsce były przedmiotem także innych wcześniejszych opracowań naukowych (m.in. Poprawa, Kiersnowski, 2008; Karnkowski i in., 2010; Kotarba, 2010; Poprawa, 2010; Więclaw i in., 2010; Karcz i in., 2013; Porębski i in., 2013; Kosakowski i in., 2017). Jednak, co warto podkreślić, przedmiotem badań w ww. zadaniu było ponad 100 tzw. archiwalnych otworów wiertniczych należących do Skarbu Państwa zgromadzonych w Centralnym Archiwum Geologicznym (CAG) PIG-PIB oraz wszystkie 72 nowo odwiercone po 2010 r. głębokie otwory na obszarach koncesyjnych przez podmioty poszukiwawcze krajowe i zagraniczne (ryc. 1). Dzięki temu wyniki badań zrealizowanego zadania stanowią unikatowy bank wiedzy o polskich dolnopaleozoicznych skałach łupkowych.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; teresa.podhalanska@pgi.gov.pl; joanna.roszkowska-remin@pgi.gov.pl; ORCID ID: T. Podhalańska – 0000-0002-9732-4620, J. Roszkowska-Remin – 0000-0002-0696-4404



Ryc. 1. Głębokie otwory odwiercone na obszarze platformy wschodnioeuropejskiej w Polsce wykorzystane do realizacji tematu (Podhalańska i in., 2023)

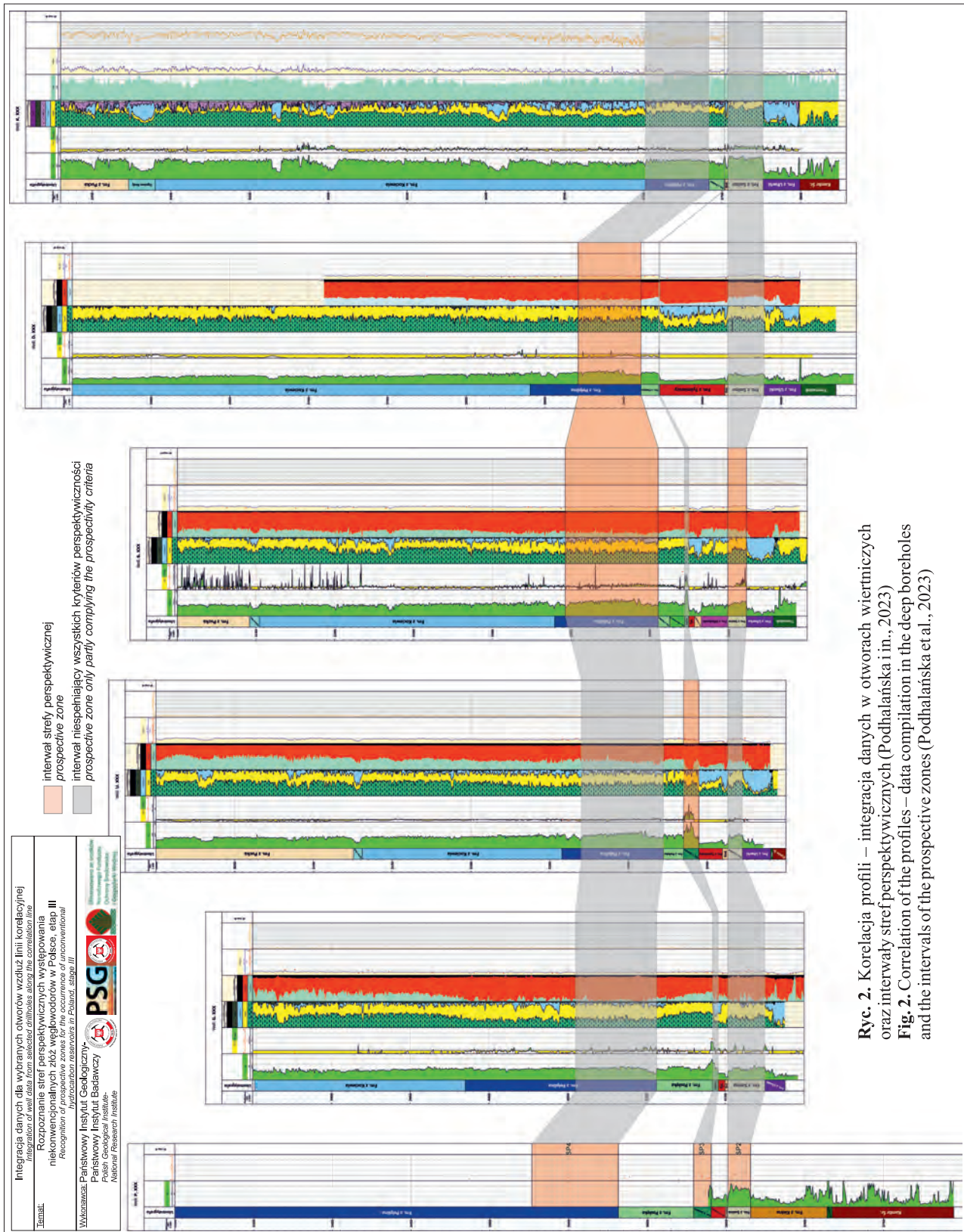
Fig. 1. Deep boreholes in the East European Platform in Poland, used in the project (Podhalańska et al., 2023)

ZAKRES PRAC ORAZ METODYKA

Fundamentem realizowanego przedsięwzięcia była informacja pochodząca z głębokich otworów wiertniczych zlokalizowanych w północnej i północno-wschodniej Polsce (ryc. 1). Prace badawcze oraz metodykę prac charakteryzowała duża różnorodność i skala podejmowanych działań. Interpretacji dokonywano głównie na podstawie nowo uzyskanych danych z rdzeni wiertniczych, uzupełniając je o geologiczne dane archiwalne z głębokich wierceń.

Regionalne analizy geologiczne obejmowały:

- analizę litologiczno-stratygraficzną wraz z weryfikacją podziałów stratygraficznych (m.in. Paczeńska, 2012; Podhalańska, 2013; Podhalańska i in., 2016a, 2018, 2023);
- analizę sedymentologiczno-facjalną (m.in. Feldman-Olszewska, Roszkowska-Remin, 2016; Podhalańska i in., 2016a, 2018, 2023);
- analizę profilowań geofizycznych w celu wydzielenia kompleksów litologicznych wraz z korelacją między otworami (Gąsior in., 2016; Roman, 2016; Podhalańska i in., 2016a, 2018, 2023).

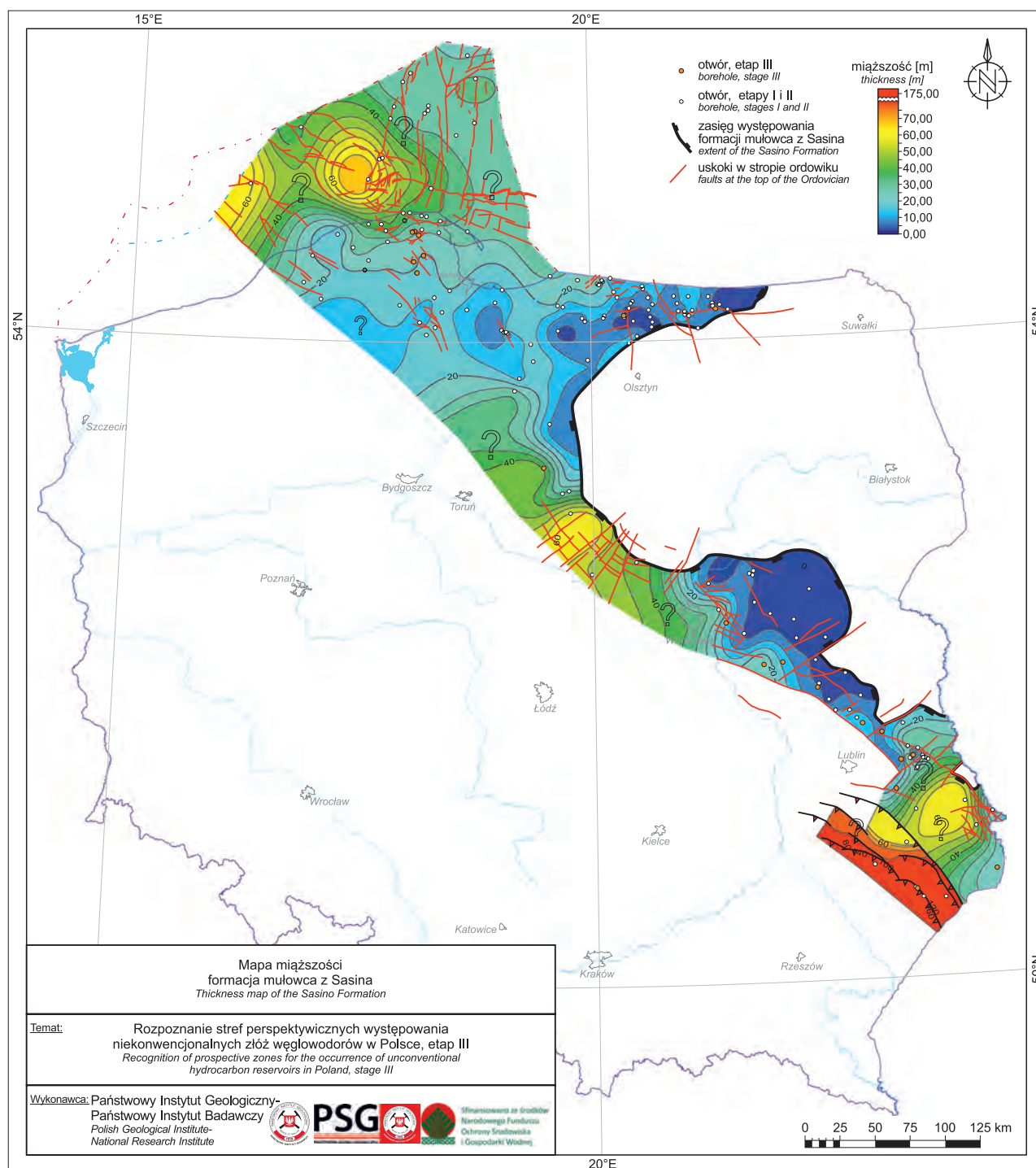


Ryc. 2. Korelacja profili – integracja danych w otworach wiertniczych oraz interwały stref perspektywicznych (Podhalańska i in., 2023)
Fig. 2. Correlation of the profiles – data compilation in the deep boreholes and the intervals of the prospective zones (Podhalańska et al., 2023)

Wykonano zaawansowane analizy profilowań geofizyki wiertniczej, które zostały również wykorzystane do ilościowej oceny zawartości węgla organicznego, w sposób ciągły w całych badanych kompleksach iłowcowych. Przy ich użyciu został również określony potencjał macierzystości badanych utworów i przedstawione interwały stref perspektywicznych (ryc. 2).

Dane i interpretacje geofizyki otworowej pozyskano z następujących źródeł:

– Centralna Baza Danych Geologicznych (CBDG) – cyfrowe wersje pomiarów wykonanych w archiwalnych otworach wiertniczych;



Ryc. 3. Mapa miąższości formacji z Sasina, górny ordowik (Podhalańska i in., 2023)
Fig. 3. Thickness map of the Sasino Formation, Upper Ordovician (Podhalańska et al., 2023)

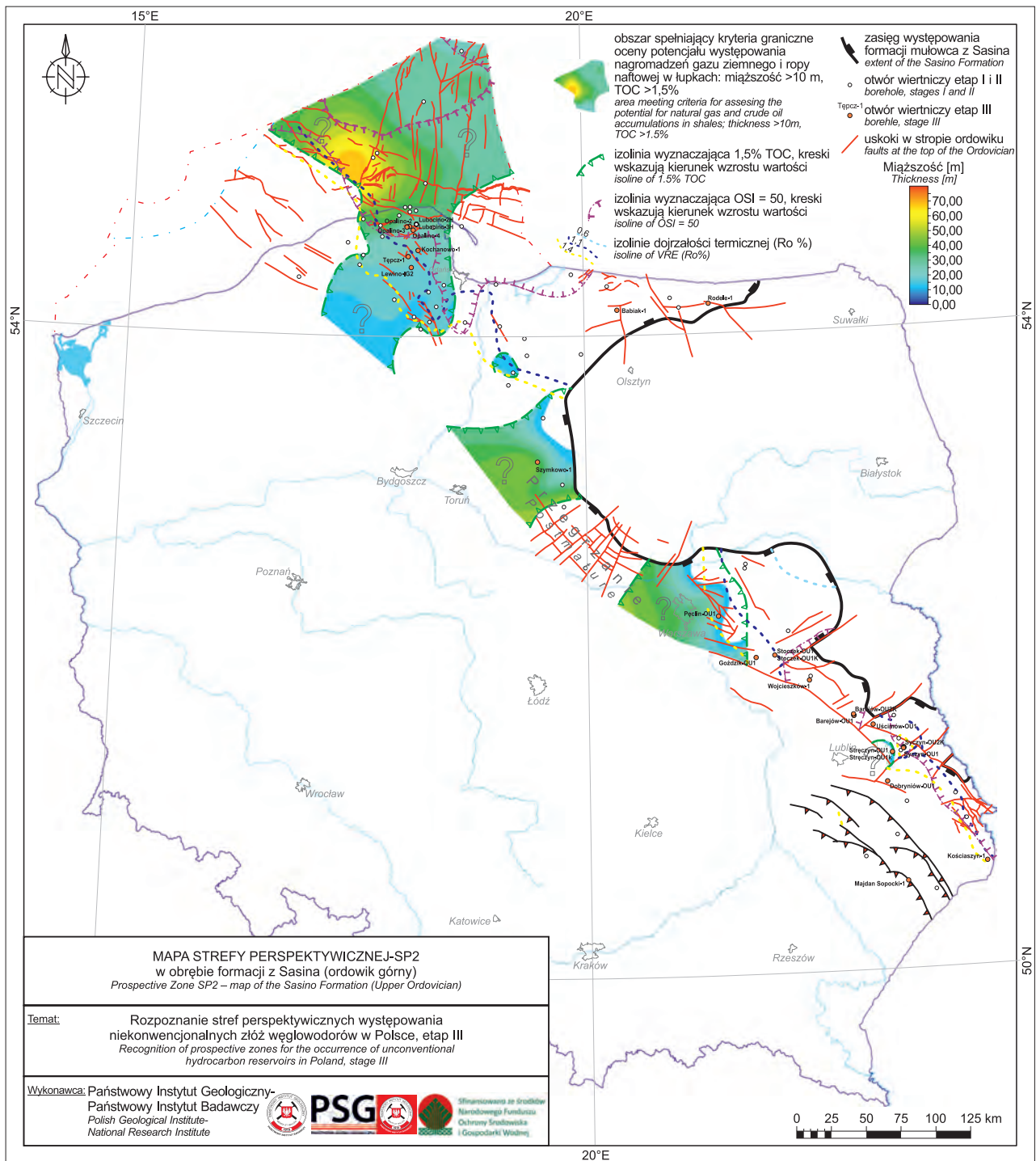
– baza danych programu GEOFLOG – cyfrowe wersje interpretacji (litologia, porowatość, gęstość, przesunięcia głębokościowe) dla wybranych otworów archiwalnych;

– dokumentacje wyników z otworów przekazywanych do CAG przez firmy poszukiwawcze, lub przekazane na wniosek PIG-PIB wyniki i bazy danych tych firm.

Pozyskane wyniki zawierały zarówno polowe, jak i skorygowane pomiary, a także ich interpretacje. Wszystkie ww. dane zostały wprowadzone do bazy danych programu Techlog (bezpłatnie udostępnionemu PIG-PIB przez Schlumberger Information Solutions) w celu ich dalszej analizy,

interpretacji i wizualizacji (m.in. Gąsior i in., 2016; Roman, 2016).

W celu szczegółowej charakterystyki kompleksów skalnych przeanalizowano liczne wyniki badań laboratoryjnych, które objęły analizy petrograficzne, mineralogiczne, geochemiczne, petrologiczne, geochemiczne materii organicznej i analizy petrofizyczne (m.in. Dyrka, 2016; Grotek, 2016; Karcz, Janas, 2016; Nowak, 2016; Sikorska-Jaworowska i in., 2016; Kuberska i in., 2021). Wykorzystano w tym celu wszystkie dostępne wyniki analiz pozyskane przez przedsiębiorców z nowo odwierconych otworów wiertniczych,



Ryc. 4. Mapa strefy perspektywicznej w obrębie formacji z Sasina (górny ordowik) (Podhalańska i in., 2023)

Fig. 4. Prospective map in the Sasino Formation (Upper Ordovician) (Podhalańska et al., 2023)

a także wykonano liczne badania własne z próbek pobranych na potrzeby projektu z archiwalnych otworów wiertniczych. Badania były wykonywane w laboratoriach PIG-PIB i Instytutu Nafty i Gazu – PIB (INiG-PIB) w Krakowie. Tylko w I etapie prac (w latach 2013–2016) w laboratoriach PIG-PIB wykonano ponad 948 analiz petrograficznych, mineralogicznych i geochemicznych oraz 1039 analiz petrologicznych i geochemicznych materii organicznej, a także 875 analiz petrograficznych, mineralogicznych i geochemicznych oraz 1008 analiz petrofizycznych w laboratorium INiG-PIB (Podhalańska i in., 2016a). W drugim etapie wykonano również uzupełniające analizy laboratoryjne, m.in.

1661 analiz petrograficznych skał i materii organicznej oraz geochemicznych materii organicznej (Podhalańska i in., 2018).

W celu uszczegółowienia informacji geologicznej dotyczącej perspektywiczności badanych skał zastosowano także nowe metody badawcze: w przypadku badań laboratoryjnych – między innymi pomiary skał o ultra niskiej przepuszczalności metodą Pulse Decay, gdzie przepuszczalność próbki jest obliczana na podstawie interpretacji krzywej zaniku impulsu ciśnienia (Wojnicki i in., 2018), analizę inkluzji fluidalnych jako potencjalnego wskaźnika paleotemperatur, badania palinostratygraficzne w próbkach z karbonu.

Ponadto do interpretacji rozwoju systemów węglowodorowych oraz ich charakterystyki, przeprowadzono analizę subsydencji tektonicznej i tempa depozycji oraz modelowanie wieku i skali pograżenia osadów na wybranych obszarach w powiązaniu z ich historią termiczną. Wykonano także analizę geomechaniczną łupków na podstawie wyników badań prowadzonych przez firmy poszukiwawcze: analizę kruchości oraz parametrów sprężystości skał, które są szczególnie istotne w kontekście podatności skał łupkowych na propagację szczelin hydraulicznych i kierunek ich rozwoju.

EFEKTY REALIZACJI PROJEKTU

Realizacja projektu umożliwiła wykorzystanie danych geologicznych, w tym najnowszych, pochodzących z nowo odwierconych otworów wiertniczych, dotyczących niekonwencjonalnego systemu węglowodorowego niższego paleozoiku na niespotykaną w Polsce skalę (m.in. Podhalańska i in., 2016a, b, 2018, 2020, 2023).

Wykonano ponad 70 map, w tym mapy miąższości formacji perspektywicznych (ryc. 3). Dla wszystkich analizowanych interwałów i stref perspektywicznych sporządzono mapy: średniej porowatości, średniej kruchości dla poszczególnych formacji, zawartości gazu desorbowanego i gazu całkowitego, średniego zailenia, TOC, T_{max} – dojrzałości termicznej materii organicznej, OSI – wskaźnika nasycenia ropą naftową, HI – wskaźnika węglowodorowego, S1 – zawartości wolnych węglowodorów, S2 – potencjału genetycznego oraz VRE – dojrzałości termicznej materii organicznej. Po uzyskaniu nowych danych, w trakcie realizacji kolejnych etapów projektu, każdorazowo mapy te były aktualizowane.

Jako efekt końcowy wykonano także cztery mapy stref perspektywicznych: w obrębie formacji z Piasnicy (kambr, furong), formacji z Sasina (górny ordowik) (ryc. 4), w zasięgu formacji z Jantar (landower) i formacji z Pelplina (wenlok), a także 17 profili korelacyjnych między otworami, integrujących uzyskane dane.

Zasięgi stref perspektywicznych zostały określone na podstawie przyjętych kryteriów granicznych (Wójcicki i in., 2017): miąższość >15 m, TOC $>1,5\%$ wag., VRE $\geq 0,6$ i $<3,5\%$, kruchość $\geq 40\%$.

Mapy tworzące efekt rzeczowy zrealizowanego projektu stanowią najbardziej aktualne i wiarygodne źródło informacji o potencjale występowania węglowodorów w dolno-paleozoicznych skałach łupkowych w Polsce.

Niewątpliwą korzyścią dla rozpoznania dolnopaleozoicznych systemów węglowodorowych w Polsce są zestawienia danych geologicznych pochodzących z głębokich otworów, sporządzane w trakcie trwania projektu. Są to: zbiór danych parametrów geochemicznych i dojrzałości termicznej materii organicznej, składu mineralnego, parametrów petrofizycznych, parametrów geomechanicznych, objawów ropy i gazu w rdzeniach wiertniczych. Uzupełniono w ten sposób zasób danych geologicznych, przekazując je do rozbudowy i aktualizacji CBDG w zakresie zasobów, w zakresie na jaki pozwala ustawa *Prawo geologiczne i górnicze* (Ustawa, 2011). Jednakże biorąc pod uwagę przepisy tego prawa, część załączników została wyłączona z możliwości wglądu i udostępniania, gdyż pochodzą z bieżącego dokumentowania prac geologicznych lub zostały przekazane przez przedsiębiorców z klauzulą poufności.

Rezultatem prowadzonych prac jest 15 publikacji, a ich wyniki były także zaprezentowane przez pracowników PIG-PIB na licznych konferencjach naukowych w kraju i za granicą.

WNIOSKI

Realizacja zadania umożliwiła zebranie i wykorzystanie danych geologicznych, w tym najnowszych, pochodzących z wszystkich nowo odwierconych po 2010 r. „łupkowych” otworów wiertniczych, a dotyczących rozpoznania niekonwencjonalnych systemów węglowodorowych niższego paleozoiku w Polsce na niespotykaną wcześniej skalę. Dysponujemy obecnie możliwie pełnym obrazem potencjału występowania nagromadzeń gazu ziemnego i ropy naftowej w utworach kambru, ordowiku i syluru platformy wschodnioeuropejskiej w Polsce.

W obrębie wzbogaconych w materię organiczną formacji skalnych dolnego paleozoiku zostały wyznaczone strefy, w znacznej mierze spełniające określone kryteria pozytywnej oceny potencjału występowania ropy i gazu w formacjach łupkowych (Wójcicki i in., 2017). Kryteria te dotyczyły m.in. miąższości, ilości węgla organicznego (TOC), dojrzałości termicznej materii organicznej (R_o), składu mineralnego skały macierzystej (głównie ilości krzemionki i minerałów ilastych). Perspektywiczne są utwory kambru, ordowiku i syluru Pomorza, Podlasia i Lubelszczyzny, jednak występują one na dużych głębokościach, od 1000 do 4000 m. Nie klasyfikowano jednak wyznaczonych stref wg kryteriów przyjętych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r. w sprawie dokumentacji geologiczno-inwestycyjnej złoża węglowodorów (Rozporządzenie, 2015), w zostały którym określone dokładne parametry definiujące niekonwencjonalne złoża węglowodorów (min. miąższość efektywna, min. średnia gazonośność, maks. zawartość rtęci, min. gazozasobność, maks. zawartość minerałów ilastych).

Dzięki wszechstronnym badaniom naukowym prowadzonym w PIG-PIB, uzyskano zasób wiedzy stanowiący bogate źródło szerokiej informacji o kompleksach skał kambru, ordowiku i syluru z polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej. Krytyczny wzrost zapotrzebowania na surowce energetyczne oraz pojawienie się nowych technologii poszukiwań i wydobywania, przy już zebranej wiedzy geologicznej, mogą w przyszłości ożywić zainteresowanie węglowodorami ze źródeł niekonwencjonalnych w Polsce.

Autorki serdecznie dziękują anonowemu Recenzentowi za uwagi i sugestie dotyczące prezentowanej pracy.

LITERATURA

- DYRKA I. 2016 – Charakterystyka petrofizyczno-mineralogiczna perspektywicznych kompleksów węglowodorowych na podstawie wybranych wyników badań laboratoryjnych. *Przegląd Geologiczny*, 64 (12): 982–986.
- EIA (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION). 2011 – Analysis and projections. World shale gas resources, an initial Assessment of 14 regions outside the United States. U.S. Energy information Administration, Washington DC.
- FELDMAN-OLSZEWSKA A., ROSZKOWSKA-REMIN J. 2016 – Litofacje formacji perspektywicznych dla gazu i ropy w łupkach w utworach ordowiku i syluru na obszarze bałtyckim i podlasko-lubelskim. *Przegląd Geologiczny*, 64 (12): 968–975.
- GĄSIOR I., SKUPIO R., DOHNALIK M. 2016 – Metodyka wyznaczania zawartości substancji organicznej w utworach niższego paleozo-

- iku i karbonu dla archiwalnych otworów wiertniczych. *Przegląd Geologiczny*, 64 (12): 987–994.
- GROTEK I. 2016 – Podstawowe właściwości i dojrzałość termiczna materii organicznej w utworach kambru, ordowiku i syluru na obszarach bałtyckim oraz podlasko-lubelskim. *Przegląd Geologiczny*, 64 (12): 1000–1004.
- KARCZ P., JANAS M. 2016 – Materia organiczna łupków kambru, ordowiku i syluru w basenie bałtycko-podlasko-lubelskim w Polsce. *Przegląd Geologiczny*, 64 (12): 995–999.
- KARCZ P., JANAS M., DYRKA I. 2013 – Polskie złoża gazu ziemnego z łupków na tle wybranych niekonwencjonalnych złóż Europy Środkowo-Wschodniej. *Przegląd Geologiczny*, 61 (7): 411–423.
- KARNKOWSKI P., PIKULSKI L., WOLNOWSKI T. 2010 – Petroleum geology of the Baltic region – an overview. *Geological Quarterly*, 54: 143–158.
- KOSAKOWSKI P., KOTARBA M.J., PIESTRZYŃSKI A., SHOGENOVA A., WIĘCŁAW D. 2017 – Petroleum source rock evaluation of the Alum and Dictyonema Shales (Upper Cambrian-Lower Ordovician in the Baltic basin and Podlasie Depression (eastern Poland)). *International Journal of the Earth Sciences*, 106: 743–751.
- KOTARBA M.J. 2010 – Geology, ecology and petroleum of the lower Paleozoic strata in the Polish part of the Baltic region. *Geological Quarterly*, 54: 103–108.
- KUBERSKA M., SIKORSKA-JAWOROWSKA M., KOZŁOWSKA A., PODHALAŃSKA T. 2021 – Petrographic characteristics of the Ordovician and Silurian deposits in the Baltic Basin (N Poland) and their relevance for unconventional hydrocarbon accumulation. *Geological Quarterly*, 65, 44.
- NOWAK G. 2016 – Rozpoznanie petrologiczne i dojrzałość termiczna materii organicznej w utworach kambru, ordowiku i syluru na obszarach bałtyckim oraz podlasko-lubelskim. *Przegląd Geologiczny*, 64 (12): 1000–1004.
- PACZEŚNA J. 2012 – Wysokorozdzielcza stratygrafia sekwencji utworów środkowego kambru w południowej i północno-wschodniej części bloku B (wyniesienie Łęby). *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 448: 71–80.
- PODHALAŃSKA T. 2013 – Graptolity – narzędzie stratygraficzne w rozpoznaniu stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. *Przegląd Geologiczny*, 61 (8): 621–629.
- PODHALAŃSKA T., ADAMCZAK-BIAŁY T., BECKER A., DYRKA I., FELDMAN-OLSZEWSKA A., GŁUSZYŃSKI A., GROTEK I., JANAS M., JARMOŁOWIC-SZULC K., JACHOWICZ M., KARCZ P., KLIMUSZKO E., KOZŁOWSKA A., KRZYŻAK E., KUBERSKA A., NOWAK G., PACHYTEL R., PACZEŚNA J., ROMAN M., SIKORSKA-JAWOROWSKA M., SKOWROŃSKI L., SOBIEN K., TRELA W., TRZEPICZYŃSKA A., WAKSMUNDZKA M.I., WOŁKOWICZ K., WÓJCICKI A. 2016a – Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie psg, etap I. Opracowanie końcowe z realizacji projektu. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB, Warszawa, nr. inw. 4878/2016.
- PODHALAŃSKA T., WAKSMUNDZKA M., BECKER A., ROSZKOWSKA-REMIN J., DYRKA I., FELDMAN-OLSZEWSKA A., GŁUSZYŃSKI A., GROTEK I., JANAS M., KARCZ P., NOWAK G., PACZEŚNA J., ROMAN M., SIKORSKA-JAWOROWSKA M., KUBERSKA M., KOZŁOWSKA A., SOBIEN K. 2016b – Strefy perspektywiczne występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w kambryjskich, ordowickich, sylurskich i karbońskich kompleksach skałnych Polski – integracja wyników badań. *Przegląd Geologiczny*, 64 (12): 1008–1022.
- PODHALAŃSKA T., ADAMCZAK-BIAŁY T., BECKER A., DYRKA I., FELDMAN-OLSZEWSKA A., GŁUSZYŃSKI A., GROTEK I., JANAS M., JARMOŁOWIC-SZULC K., JACHOWICZ M., KARCZ P., KLIMUSZKO E., KOZŁOWSKA A., KRZYŻAK E., KUBERSKA A., NOWAK G., PACHYTEL R., PACZEŚNA J., ROMAN M., SIKORSKA-JAWOROWSKA M., SKOWROŃSKI L., SOBIEN K., TRELA W., TRZEPICZYŃSKA A., WAKSMUNDZKA M.I., WOŁKOWICZ K., WÓJCICKI A. 2018 – Rozpoznanie stref perspektywicznych występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie psg, etap II. Opracowanie końcowe z realizacji projektu. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB, Warszawa, nr. inw. 9051/2019.
- PODHALAŃSKA T., FELDMAN-OLSZEWSKA A., ROSZKOWSKA-REMIN J., JANAS M., PACHYTEL R., GŁUSZYŃSKI A., ROMAN M. 2020 – Prospective zones of unconventional hydrocarbon reservoirs in the Cambrian, Ordovician and Silurian shale formations of the East European Craton marginal zone in Poland. *Geological Quarterly*, 64: 342–376.
- PODHALAŃSKA T., BOBEK K., FELDMAN-OLSZEWSKA A., JANAS M., KARCZ P., KRZYŻAK E., MASSALSKA B., NASIŁOWSKI R., PACHYTEL R., PACZEŚNA J., ROSZKOWSKA J., SIKORSKA-JAWOROWSKA M., SKOWROŃSKI L., SŁOMSKI P., SOBIEN K., WAŚKIEWICZ K., WĘGLIŃSKI D., WÓJCICKI A. 2023 – Rozpoznanie stref perspektywicznych występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce, stałe zadanie psg, etap III. Opracowanie końcowe z realizacji projektu. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa, nr. inw. 64/2025.
- POPRAWA P. 2010 – Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim i lubelsko-podlaskim (in Polish with English summary). *Przegląd Geologiczny*, 58 (3): 226–249.
- POPRAWA P., KIERSNOWSKI H. 2008 – Perspektywy poszukiwań gazu ziemnego w skałach ilastych (shale gas) oraz gazu ziemnego zamkniętego (tight gas) w Polsce. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 429: 145–152.
- PORĘBSKI S.J., PRUGAR W., ZACHARSKI J. 2013 – Łupki sylurskie platformy wschodnioeuropejskiej w Polsce – wybrane problemy poszukiwawcze. *Przegląd Geologiczny*, 61 (8): 630–638.
- ROMAN M. 2016 – Interpretacja i wizualizacja danych otworowych w utworach niższego paleozoiku obszaru kratonu wschodnioeuropejskiego i karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej. *Przegląd Geologiczny*, 64 (12): 976–982.
- ROZPORZĄDZENIE, 2015 – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r. w sprawie dokumentacji geologiczno-inwestycyjnej złóż węglowodorów. *Dz. U. z 2015 r. poz. 968*.
- SIKORSKA-JAWOROWSKA M., KUBERSKA M., KOZŁOWSKA A. 2016 – Petrografia i mineralogia łupków niższego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego oraz piaskowców karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej. *Przegląd Geologiczny*, 64 (12): 963–967.
- USTAWA, 2011 – Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze. *Dz.U. z 2011 r. nr 163 poz. 981*
- WIĘCŁAW D., KOTARBA M.J., KOSAKOWSKI P., KOWALSKI A., GROTEK I. 2010 – Habitat and hydrocarbon potential of the lower Paleozoic source rocks in the Polish part of the Baltic region. *Geological Quarterly*, 54: 159–182.
- WOJNICKI M., BIAŁY S., KUŚNIERCZYK J., SZUFLIT A.S., WARNECKI M. 2018 – Pomiary mikropuszczalności oparte na zjawisku zanikania impulsu ciśnienia (pressure pulse decay). *Nafta-Gaz*, 74 (5): 356–364.
- WÓJCICKI A., DYRKA I., KIERSNOWSKI H., ADAMCZAK-BIAŁY T., BECKER A., GŁUSZYŃSKI A., JANAS M., KARCZ P., KOZŁOWSKA A., KUBERSKA M., PACZEŚNA J., PODHALAŃSKA T., SKOWROŃSKI L., WAKSMUNDZKA M.I. 2017 – Progностyczne zasoby gazu ziemnego i ropy naftowej w skałach łupkowych dolnego paleozoiku w basenie bałtycko-podlasko-lubelskim i w strefie Biłgoraj-Narol w Polsce. [W:] Szacowanie zasobów złóż węglowodorów – zadanie ciągłe psg. I etap. Opracowanie końcowe. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB, Warszawa, nr. inw. 9046/2019.

Praca wpłynęła do redakcji 24.07.2026 r.

Akceptowano do druku 6.08.2026 r.