

Wprowadzenie

Przedsięwzięcie pt. *„Przedeksploatacyjne odmetanowanie pokładów węgla otworami powierzchniowymi – ocena zastosowania w warunkach złożowych i górniczych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wraz z odwierceniem otworu badawczego”* zostało wykonane w latach 2012–2015 przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (umowa nr 608/2012/FG-GO-DN/D/Wn-07 z dnia 26.09.2012 r.) w ramach zadań państwowej służby geologicznej. Celem przedsięwzięcia było doświadczalne – poprzez wykonanie otworu badawczego – określenie warunków przedeksploatacyjnego odmetanowania i odzysku metanu powierzchniowymi otworami wiertniczymi w rejonach czynnych kopalń, z uwzględnieniem możliwości zastosowania hydraulicznego szczelinowania pokładów węgla. Przedsięwzięcie składało się z dwóch zintegrowanych etapów badawczych:

- Etap I: *„Studium wykonalności przedeksploatacyjnego odmetanowania pokładów węgla otworami powierzchniowymi z zastosowaniem szczelinowania hydraulicznego w warunkach złożowych i górniczych GZW wraz z opracowaniem projektu robót geologicznych wiercenia badawczego”*
- Etap II: *„Odwiercenie i udokumentowanie otworu badawczego (w technologii wiercenia horyzontalnego rozgałęzionego) w celu oceny przedeksploatacyjnego odmetanowania pokładów węgla z zastosowaniem szczelinowania hydraulicznego”.*

Przedsięwzięcie to w warunkach polskich miało całkowicie nowatorski charakter, a wykonane otwory badawcze – charakter pilotażowy i parametryczny. W Polsce technologie wierconych z powierzchni otworów kierunkowych w złożach kopalń węgla kamiennego nie były wcześniej stosowane, a przeprowadzenie w takich otworach zabiegów szczelinowania pokładów w celu przedeksploatacyjnego odmetanowania było nowatorskie również w skali światowej. Stąd całość prac przedsięwzięcia miała charakter badawczo-rozwojowy, o potencjalnych – w przyszłości – możliwościach wykorzystania komercyjnego: rozpoczęcia szerokiego zakresu działań związanych z eksploatacją metanu, odmetanowaniem kopalń i poprawą bezpieczeństwa pracy w kopalniach, w tym także z oceną ekonomiczną dotychczasowych metod odmetanowania w porównaniu z odmetanowaniem otworami

powierzchniowymi. Wdrożenie tej metody odmetanowania pozwoliłoby także na zmniejszenie efektu cieplarnianego.

Prace etapu pierwszego rozpoczęto od opracowania optymalnych kryteriów złożowych i środowiskowych lokalizacji otworu badawczego oraz warunków geologiczno-górnicznych pokładów węgla do odmetanowania (tab. 1). Kierując się tymi kryteriami wykonano przegląd wszystkich 33 eksploatowanych złóż węgla kamiennego z pokładami metanowymi wraz z analizą planów eksploatacyjnych poszczególnych kopalń na lata 2014-2018. Celem tej części prac był wariantowy wybór optymalnych lokalizacji otworu badawczego oraz wyznaczenie pokładów węgla do odmetanowania. Do dalszych szczegółowych prac wybrano złoża 4 kopalń, jako potencjalne lokalizacje otworu badawczego: „Makoszowy-Sośnica” Ruch „Sośnica”, „Szczygłowice”, Mysłowice-Wesoła” i „Budryk” (fig. 1). Prace te prowadzono zarówno w aspektach geologiczno-górnicznych (analiza stanu górotworu, rozmieszczenia wyrobisk i zrobów, występujących zagrożeń etc.), jak i warunków środowiskowych w miejscach potencjalnych lokalizacji otworu badawczego.

Tabela 1. Podstawowe kryteria lokalizacji kierunkowych otworów wiertniczych dla przedeksplatacyjnego metanu z pokładów węgla

L.p.	Kryteria geologiczne	Kryteria górnicze	Kryteria środowiskowe
1.	głębokość zalegania wyznaczonych pokładów węgla do odmetanowania: do 1000–1200 m	pokłady przewidziane do eksploatacji nie wcześniej niż 3–5 lat od rozpoczęcia przedeksplatacyjnego ujęcia metanu	niski stopień zurbanizowania terenu
2.	metanonośność pokładów: minimalna 4,5 m ³ /t csw, optymalnie nie mniej niż 7–8 m ³ /t csw	dogodny rozkład projektowanych ścian eksploatacyjnych, umożliwiający wiercenia kierunkowe	brak chronionych obszarów przyrodniczych
3.	miąższość pokładów: minimalna 2,0 m, optymalnie nie mniej 3–4 m	odległość osi wierceń kierunkowych od wyrobisk górniczych: minimum 100–150 m	odległość otworów od zabudowań mieszkalnych: nie mniejsza niż 300 m, optymalnie co najmniej 800 m
4.	pokłady o stałej miąższości, leżące monoklinalnie (niesfałdowane), bez przerostów, rozszczepień oraz rozmyć	brak wyrobisk górniczych i zrobów poeksploatacyjnych w osi wierceń	obecność utwardzonych dróg dojazdowych
5.	słabe zaangażowanie tektoniczne, pokłady bez uskoku (ewentualnie do 0,5 m); nachylenie pokładów w kierunku otworu produkcyjnego	możliwość wykonania do pokładów w rejonie planowanych wierceń kontrolnych otworów z dostępnych wyrobisk górniczych	powierzchnia obszaru pod zabudowę jednego placu wiertni: ok. 1 ha
6.	brak zawadzionych warstw w stropie i spągu pokładów	możliwość opróbowania danych pokładów w innych rejonach kopalni	możliwość utylizacji wód złożowych

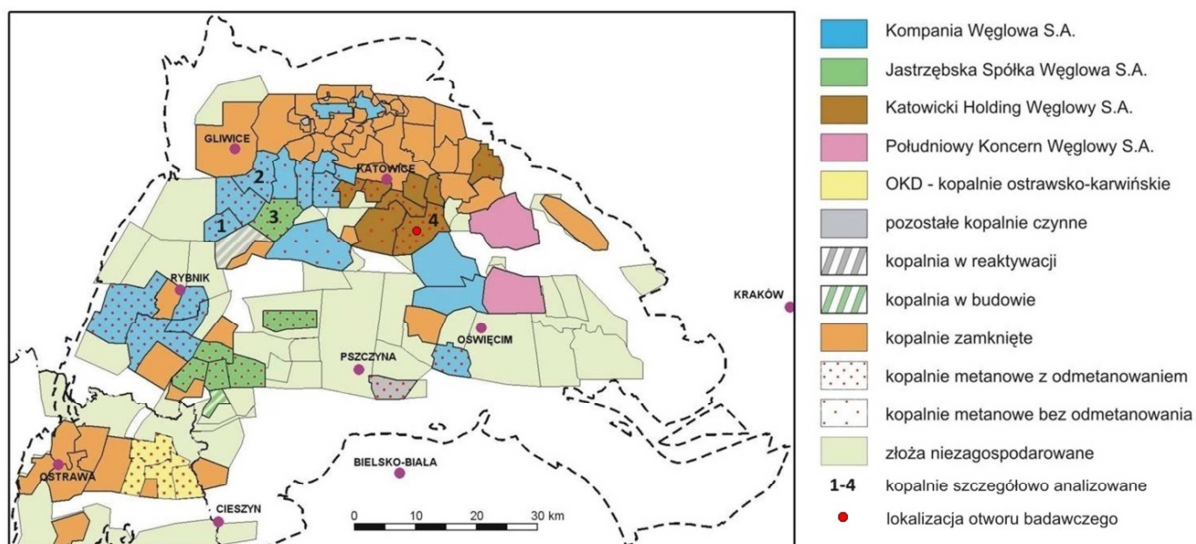


Fig. 1. Lokalizacja prac na mapie zagospodarowania złóż węgla kamiennego oraz metanowości kopalń Górnoląskiego Zagłębia Węglowego

(kopalnie: 1 – „Knurów-Szczygłowice” Ruch „Szczygłowice”, 2 – „Sońnica-Makoszowy” Ruch „Sońnica”, 3 – „Budryk”, 4 – „Mysłowice-Wesoła”)

Optymalną lokalizację do przeprowadzenia eksperymentu badawczego wyznaczono w obszarze KWK „Mysłowice-Wesoła” (fig. 1), w partii złoża Az, w pokładach 501-510. Dla tej części złoża opracowano model budowy geologicznej, a następnie model parametrów złoża metanu pokładów węgla i symulacje produktywności metanu. W tym celu wcześniej wykonano badania parametrów gazowych i zbiornikowych pokładów 501-510. Próby do badań zostały pobrane ze ściany 514 w pokładzie 501 oraz z rdzenia specjalnie odwierconego poziomego otworu dołowego o długości 140 m w pokładach 501-510. Badania gazowe węgla wykonano dwiema metodami badawczymi – amerykańską metodą USBM i stosowaną w polskim górnictwie metodą degazacji próżniowej w pojemnikach z kulami. Na pobranych próbach wykonano również badania własności petrograficznych i petrofizycznych węgla, w tym izotermy sorpcji. Wykonana analiza, przeprowadzona już dla konkretnych warunków złożowych i górniczych w partii Az, oraz uwzględniająca elementy środowiskowe powierzchni, określiła podstawowe założenia technologii wierceń dla realizacji eksperymentu badawczego polegające na:

- odwierceni otworu pionowego **Wesoła PIG-1** do pokładów 501-510
- odwierceni z drugiej lokalizacji powierzchniowej kierunkowego wiercenia **Wesoła PIG-2H**, z odcinkiem horyzontalnym w pokładach 501-510 za przecięciem intersekcyjnym z osią wiercenia Wesoła PIG-1.

W ramach pierwszego etapu prac wykonano również ekspertyzę naukowo-badawczą odnośnie warunków bezpieczeństwa prowadzenia odmetanowania pokładów węgla otworami powierzchniowymi (ze szczelinowaniem hydraulicznym) w sąsiedztwie czynnych wyrobisk eksploatacyjnych (zespół Akademii Górniczo-Hutniczej). Pierwszy etap prac zakończono opracowaniem Projektu robót geologicznych na wykonanie prac wiertniczych w obszarze KWK „Mysłowice-Wesoła”.

Prace etapu drugiego:

- odwiercenie pionowego otworu badawczego Wesoła PIG-1 o głębokości 1000 m, rdzeniowanego w interwale 591,00–1000,00 m
- odwiercenie bezrdzeniowego otworu kierunkowego Wesoła PIG-2H o długości 1918 m, intersekcyjnego do PIG-1, z odcinkiem horyzontalnym w pokładzie 510 o długości 600 m (fig. 2)
- wykonanie badań laboratoryjnych na rdzeniach z otworu Wesoła PIG-1
- wykonanie otworowych badań geofizycznych
- wykonanie testów produkcyjnych i zabiegów stymulacji produktywności metanu
- likwidację odwiertów i wykonanie rekultywacji terenów obu wiertni
- opracowanie dokumentacji geologicznej wykonanych prac.

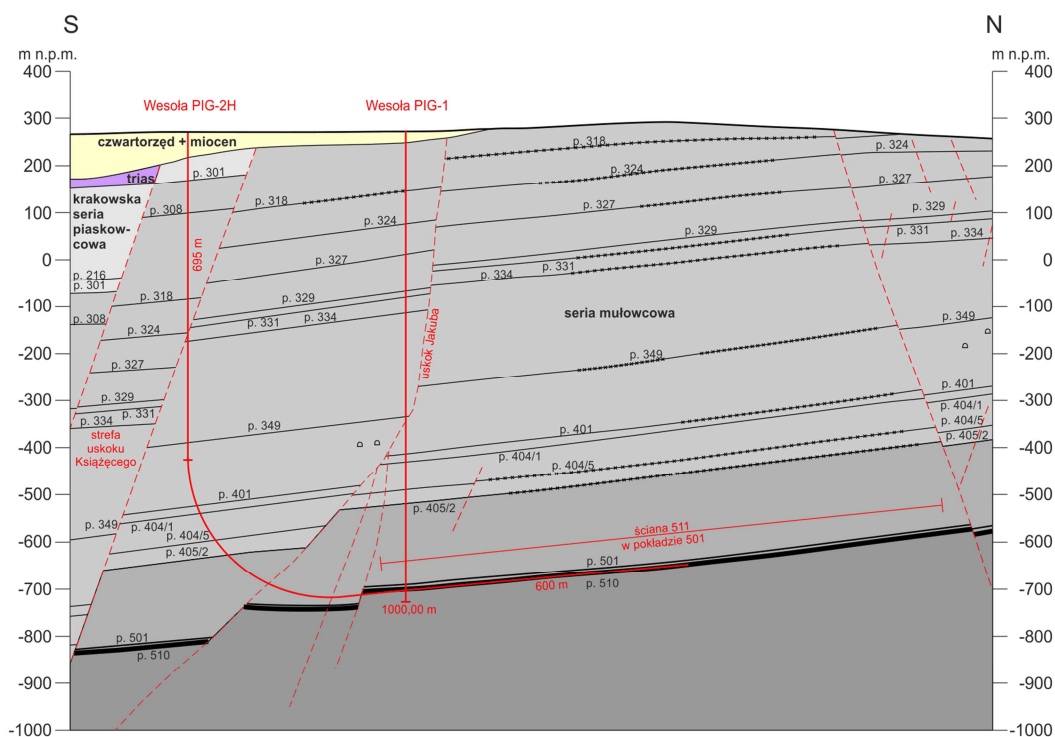


Fig. 2.

Położenie wierceń Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H na przekroju geologicznym

Otwór kierunkowy Wesoła PIG-2H, wiercony z drugiej lokalizacji w odległości około 460 m od otworu pionowego Wesoła PIG-1, przeciął jego oś na głębokości 977,50 m w spągu pokładu 510 (fig. 2). Prace wiertnicze zakończone zostały pełnym sukcesem, pomimo bardzo trudnych warunków geologicznych i górniczych. Na obu otworach wykonano profilowania geofizyki wiertniczej, a na próbach węgla z rdzenia otworu Wesoła PIG-1 przeprowadzono szeroko zakrojone badania analityczne własności gazowych, petrofizycznych i petrograficznych, polskimi i amerykańskimi metodami badawczymi. Po zakończeniu badań rdzeni oraz analizie ich wyników rozpoczęto testy produkcyjne dopływu metanu. W czasie pierwszej serii testów (przed szczelinowaniem) otrzymano stały dopływ gazu ilości ok. 230–250 m³/dobę, co biorąc pod uwagę bardzo słabe parametry zbiornikowe węgla jest wynikiem dość optymistycznym. Uzyskany gaz był gazem wysoko metanowym o zawartości CH₄ przekraczającej 90%. Przed przystąpieniem do drugiej serii testów produkcyjnych przeprowadzono stymulację produktywności metanu w pokładzie 510 poprzez szczelinowanie hydrauliczne w odwiercie kierunkowym Wesoła PIG-2H. Jako medium do szczelinowania służył żel na bazie wody z materiałem podsadzkowym (piasek kwarcowy) w ilości ok. 100 m³ cieczy i 12 ton piasku na jeden zabieg. Wykonano dwa zabiegi szczelinowania. Ze względu na przychwycenie przewodu wiertniczego po drugim szczelinowaniu prace stymulacyjne zakończono. Po przeprowadzeniu długotrwałej i złożonej instrumentacji przychwyczonego przewodu, zakończonej pełnym sukcesem, otwór Wesoła PIG-2H udrożniono. Następnie wykonano drugą serię testów produkcyjnych, w czasie której stwierdzono analogiczne dopływy gazu, ale w znacznie krótszym czasie i przy przeszło dwukrotnie większym dopływie wód złożowych.

Podstawowe wnioski z realizacji przedsięwzięcia

1. Większość kopalń GZW to kopalnie metanowe, prowadzące eksploatację w warunkach wysokich zagrożeń metanowych. Problem ten będzie narastał ze względu na zwiększającą się głębokość eksploatacji. Jego rozwiązaniem może być wprowadzenie wyprzedzającego odmetanowania pokładów węgla na kilka-kilkanaście lat przed ich eksploatacją, co pozwoliłoby na wcześniejsze ujęcie cennego surowca energetycznego, jakim jest metan (jego zasoby w GZW przekraczające 200 mld m³ są praktycznie niewykorzystywane), a następnie na eksploatację złóż węgla w korzystniejszej sytuacji górniczej i ekonomicznej ze względu na zmniejszenie zagrożenia metanowego i poprawę bezpieczeństwa pracy w kopalniach, a co za tym

idzie znaczące obniżenie kosztów wydobycia. Wcześniejsze ujęcie metanu ograniczy także jego emisję do atmosfery (obecnie przekraczającej 700 mln m³ rocznie), co ma istotne znaczenie dla ograniczania skutków efektu cieplarnianego, a także obniżenia kosztów opłat emisyjnych.

2. Perspektywy dla przedeksploatacyjnego ujęcia metanu z pokładów węgla w skali przemysłowej otwierają nowoczesne technologie wierceń horyzontalnych oraz udoskonalone techniki stymulacji produktywności metanu. W ten kierunek działań wpisują się eksperymentalne prace badawcze prowadzone przez Państwowy Instytut Geologiczny. Wykonane w obszarze KWK „Mysłowice-Wesoła” otwory badawcze Wesoła PIG-1 i Wesoła PIG-2H mają charakter pilotażowy i parametryczny, a przeprowadzone szczelinowanie w otworze horyzontalnym było pierwszym tego rodzaju zabiegiem wykonanym w Polsce w warunkach czynnej kopalni węgla kamiennego.
3. Podstawowe znaczenie dla rozwoju eksploatacji/ujęcia metanu otworami wiertniczymi ma rozpoznanie parametrów węgla, określających proces desorpcji, dyfuzji i filtracji metanu zaadsorbowanego w obrębie matrycy węglowej. Badania tych parametrów są w dużej mierze odmienne od powszechnie wykonywanych w górnictwie badań analitycznych, które na ogół są związane z określeniem jakości węgla w celach przemysłowych i dla badań MPW mają ograniczone zastosowanie.
4. Obecny stan rozpoznania parametrów związanych z eksploatacją/ujęciem metanu praktycznie zawęża się do metanonośności pokładów węgla, przy czym masowo wykonywane w górnictwie pomiary metanu określają tylko jego całkowitą zawartość (podwyższoną współczynnikiem 1,33), a stosowana metodyka nie pozwala na określenie wydzielającej się dynamicznie, desorbowlanej części całkowitej zawartości metanu w węglu, możliwej do pozyskania w procesie odmetanowania górotworu i ujęcia przedeksploatacyjnego. W związku z tym, należy wdrożyć badania umożliwiające rozdzielenie całkowitej metanonośności pokładów węgla na gaz desorbowlalny i resztkowy. Obok stosowanej w polskim górnictwie metody jednofazowej degazacji próżniowej w tzw. „pojemnikach z kulami”, konieczne są badania swobodnej desorpcji, opracowaną w USA metodą USBM, która umożliwia pomiar zawartości metanu resztkowego i oszacowanie ilości metanu desorbowlanego.
5. Kolejnym problemem jest bardzo słabe – lub zerowe – rozpoznanie parametrów węgla, które określają jego własności zbiornikowe dla metanu. Z parametrów petrofizycznych kluczowym parametrem złożowym, decydującym o dopływie gazu

z węgla jako skały zbiornikowej, jest przepuszczalność. Do ważnych parametrów petrofizycznych węgla określających jego własności zbiornikowe należy zaliczyć również pojemność sorpcyjną (miara zdolności węgla do gromadzenia gazu w wyniku procesów adsorpcji i absorpcji w danych warunkach ciśnienia i temperatury złożowej). Do tej pory badania przepuszczalności węgla, zwłaszcza w warunkach polowych *in situ*, oraz badania sorpcji metanu z węgla były wykonywane sporadycznie.

6. Konieczne są również badania petrograficzne składu macerałowego węgla oraz stopnia dojrzałości termicznej substancji węglowej (w tym materii organicznej rozproszonej w skałach niewęglowych) określonej na podstawie refleksyjności wityritu (R_o), ważne dla oszacowania stadium generacji węglowodorów.
7. Istotne znaczenie dla przedeksploatacyjnego ujęcia metanu wierconymi z powierzchni otworami kierunkowymi mają zagadnienia związane z wyborem lokalizacji, które powinny uwzględniać szereg aspektów geologiczno-złożowych, górniczych i środowiskowych. Podstawowym warunkiem jest taki wybór lokalizacji wierceń w stosunku do projektowanych robót górniczych, aby po zakończeniu okresu otworowej eksploatacji metanu można było rozpocząć podziemną eksploatację pokładu węgla, w którym wcześniej usytuowano wiercenia horyzontalne. Szczególne znaczenie ma ustalenie lokalizacji osi wierceń w stosunku do projektowanych ścian eksploatacyjnych oraz w stosunku do istniejących zrobów i wyrobisk górniczych, zwłaszcza w przypadku przedeksploatacyjnego ujęcia metanu na nowych, głębszych poziomach wydobywczych.
8. Obok szerokiego spektrum uwarunkowań geologiczno-złożowych i górniczych, znaczenie dla rozwoju eksploatacji/ujęcia metanu w GZW mają zagadnienia środowiskowe. Przy lokalizacji projektowanych odwiertów rozpoznawczych i produkcyjnych należy uwzględnić szereg specyficznych dla obszaru zagłębia ograniczeń środowiskowych, w tym: wysoki stopień urbanizacji, rozwiniętą infrastrukturę naziemną i podziemną, duże kompleksy leśne zaliczone do lasów ochronnych oraz przyrodnicze obszary chronione.
9. Konieczne jest prowadzenie dalszych prac badawczych, mających na celu przede wszystkim dostosowanie do warunków geologiczno-górniczych GZW technologii wierceń horyzontalnych oraz metod stymulacji produktywności metanu, w tym m.in. rozwiązanie problemów orurowania odcinków horyzontalnych, usytuowania trajektorii wierceń w stosunku do pokładów węgla, przebiegu pompowania gazu oraz rodzajów stosowanych pomp.

10. Dalsze działania powinny zmierzać w kierunku sektorowego programu dla górnictwa węgla kamiennego w Polsce, z ujęciem przedeksploatacyjnego odmetanowania pokładów węgla jako części komplementarnego, systemowego rozwiązania problemu metanowości kopalń. Ujęcie w planach niektórych kopalń przedeksploatacyjnego odzysku metanu powinno dotyczyć nowych pól złożowych lub nowych poziomów wydobywczych, z założeniem rozpoczęcia prac na co najmniej 3–5 lat przed eksploatacją węgla.
11. Kluczowe znaczenie dla rozwoju eksploatacji/odzysku metanu ma przeprowadzenie oceny ekonomicznej dotychczasowych metod odmetanowania w porównaniu z przedeksploatacyjnym ujęciem metanu kierunkowymi otworami powierzchniowymi.