

WYNIKI BADAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH I OBJAWÓW BITUMICZNOŚCI UTWORÓW PALEOZOICZNYCH W OTWORZE GOCZAŁKOWICE IG 1 (GÓRNOŚLĄSKIE ZAGŁĘBIE WĘGLOWE)

RESULTS OF A HYDROGEOLOGICAL STUDY OF PALEOZOIC ROCKS AND BITUMINOUS SYMPTOMS IN GOCZAŁKOWICE IG 1 BOREHOLE (UPPER SILESIA COAL BASIN)

Andrzej Rózkowski¹, Anna Chmura²

Abstrakt. Otwór Goczałkowice IG 1, o głębokości 3353,5 m, odwiercono w zachodniej części zapadliska przedkarpackiego w zasięgu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Celem wiercenia było rozpoznanie wgłębnej budowy geologicznej zapadliska przedkarpackiego i jego środowiska hydrogeologicznego oraz zweryfikowanie hipotez możliwości występowania złóż węglowodorów w utworach podłoża karbonu górnego.

Przeprowadzone badania matrycy skalnej skał zbiornikowych utworów: karbonu dolnego, dewonu, kambriu i prekambriu wykazały ich niską porowatość otwartą (średnio 1,25%) i przepuszczalność (na ogół poniżej 0,1 mD; $k = 10^{-7} \times 10^{-9}$ m/s).

Wody występujące w badanych utworach paleozoicznych są wysoko zmineralizowanymi solankami termalnymi typu chlorkowo-sodowo-wapniowego z podwyższonymi stężeniami jodków i bromków. Są to wody reliktowe, przeobrażone w wyniku diagenety środowiska hydrogeologicznego. Bezpośrednie badania prowadzone w otworze nie wykazały obecności wolnego gazu ani ropy naftowej w skałach zbiornikowych.

Słowa kluczowe: objawy bituminów, środowisko hydrogeologiczne, otwór Goczałkowice IG 1, Górnośląskie Zagłębie Węglowe.

Abstract. The Goczałkowice IG 1 borehole with the total depth of 3353.5 m has been drilled in the western part of the Carpathian Foredeep in the Upper Silesian Coal Basin. The aim of the drilling was to recognize the deep structure of the Upper Silesian depression and its hydrogeological environment as well as to verify the of hypothesis about the occurrence of hydrocarbon deposits in rocks of the Upper Carboniferous basement.

The investigations of the rock matrix of the Lower Carboniferous, Devonian, Cambrian and Precambrian reservoir rocks showed generally its low open porosity (1.25% on average) and permeability (less than 0.1 mD on average).

The formation waters in the Paleozoic deposits are highly mineralized thermal brines of Cl–Na–Ca hydrochemical type with a high iodide and bromide content. They are relict waters altered as a result of hydrogeological environment diagenesis. Direct investigations performed in the borehole did not demonstrate free gas and oil occurrence in the reservoir rocks.

Key words: hydrocarbons content, hydrogeological environment, Goczałkowice IG 1 borehole, Upper Silesian Coal Basin.

¹ Emerytowany pracownik Uniwersytetu Śląskiego, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec.

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec;
e-mail: anna.chmura@pgi.gov.pl.

WSTĘP

Oddział Górnośląski Instytutu Geologicznego w Sosnowcu realizował w latach 70. XX w. zadanie badawcze pt. „Projekt wierceń parametrycznych dla rozpoznania podłoża utworów produktywnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego” (Kotas, 1969).

Celem zadania badawczego, obok wyjaśnienia problemów wgłębnej budowy geologicznej zagłębia, było rozpoznanie środowiska hydrogeologicznego oraz weryfikacja hipotez występowania węglowodorów w podłożu utworów karbonu produktywnego. W artykule przedstawiono wyniki badań prowadzonych w otworze Goczałkowice IG 1, odwierconego w ramach wspomnianego projektu, ze szczególnym uwzględnieniem badań środowiska hydrogeologicznego.

W celu rozwiązania zadania badawczego otwór odwiercono do głębokości 3353,5 m. Umożliwiło to rozpoznanie występujących w podłożu utworów karbonu górnego i dolnego, dewonu, kambru i prekambru. Otwór Goczałkowice IG 1, po przeprowadzeniu badań zgodnie z zatwierdzonym projektem wiercenia, zlikwidowano przez cementację do głębokości 651,0 m i na wniosek Dyrekcji Uzdrawiska Goczałkowice-Zdrój przekazano jako ujęcie wód leczniczych. Do celów balneologicznych dodatkowo przebadano w otwo-

rze łącznie ujęte poziomy wodonośne karbonu górnego i miocenu, występujące w interwałach głębokości 628–515 oraz 582–576 m (Rózkowski, Pacholewski, 1973).

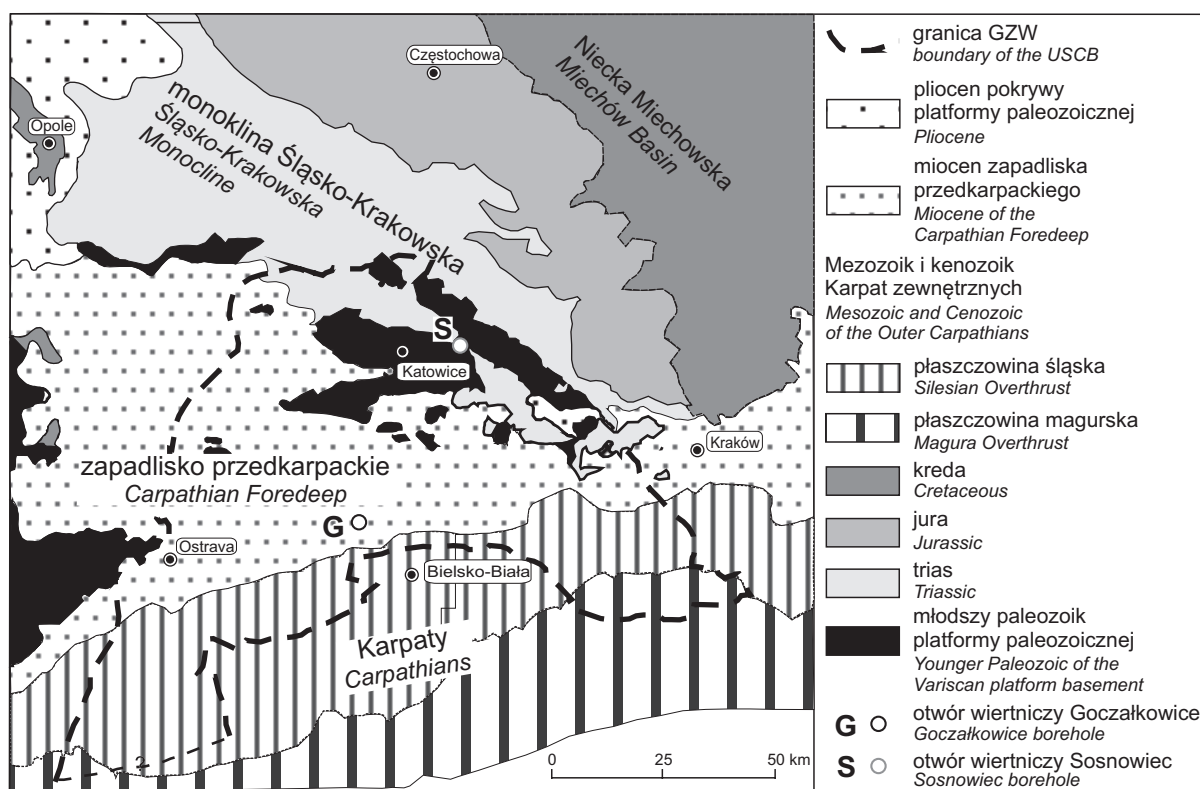
Projekt wiercenia i zaprojektowanych w nim badań oraz nadzór geologiczny, a także wynikowa dokumentacja geologiczna wiercenia wykonano w Oddziale Górnośląskim Instytutu Geologicznego w Sosnowcu (Kotas, Rózkowski, 1973; Rózkowski, Chmura, 2001). Projekty opróbowań poziomów zbiornikowych w badanych otworach, w aspekcie ropo-gazonośnym, były konsultowane z A. Depowskim oraz z L. Bojarskim z Instytutu Geologicznego w Warszawie. Otwór wiertniczy Goczałkowice IG 1 był odwiercony i badany przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Katowicach. Wykonano tam również wstępną dokumentację wynikową przeprowadzonych badań (Pociask, Konopna, 1973).

Wyników prowadzonych w otworze badań nie opublikowano. Były one jedynie wzmiankowane w tematycznych artykułach (Rózkowska, Rózkowski, 1973; Rózkowski, 2008). W celu umożliwienia szerszemu gronu czytelników zapoznania się z rezultatami tych interesujących dla poznania środowiska hydrogeologicznego zapadliska górnośląskiego badań, ich wyniki przedstawiono w niniejszym artykule.

CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNO-STRUKTURALNA BLOKU GÓRNOŚLĄSKIEGO

Otwór badawczy Goczałkowice IG 1 był zlokalizowany w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (fig. 1) w zasięgu za-

chodniej części zapadliska górnośląskiego (Kotas, 1994). W zapadlisku górnośląskim głębokie podłoże tworzy masy



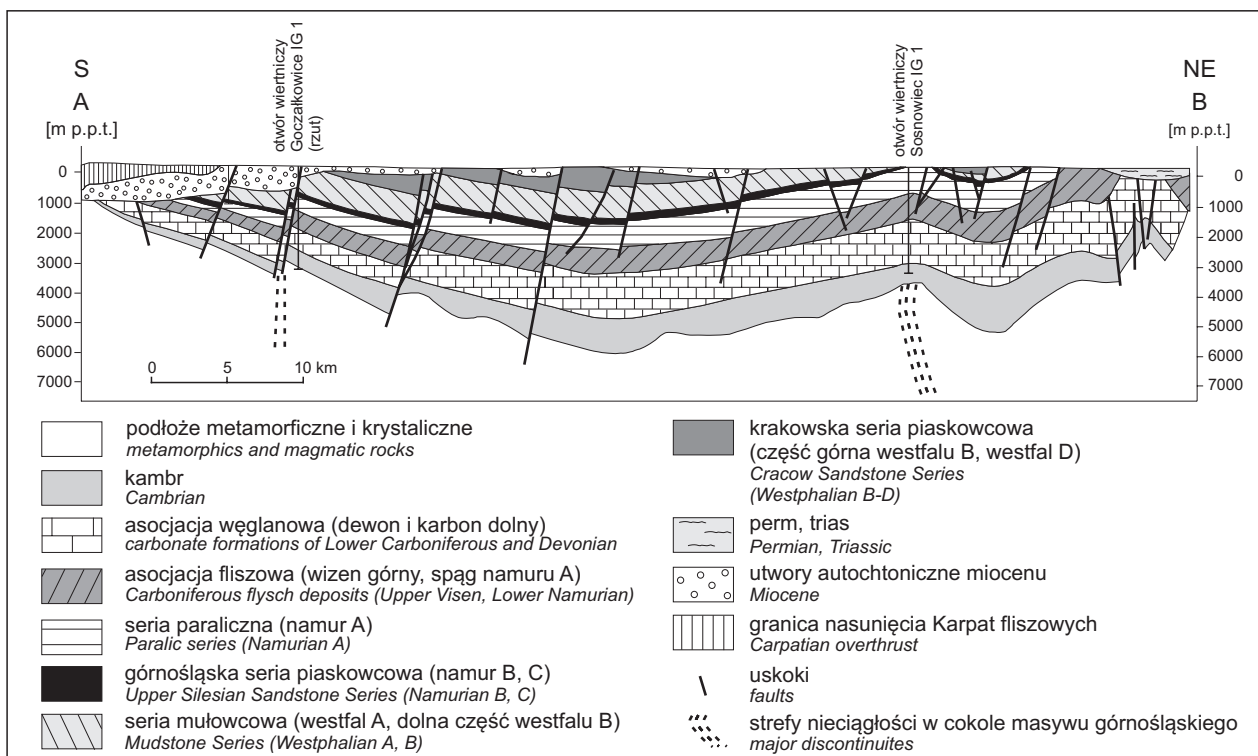


Fig. 2. Przekrój geologiczny przez Górnośląskie Zagłębie Węglowe (wg Kotasa, 1995)

Geological cross-section of the Upper Silesian Coal Basin (after Kotas, 1995)

o prekambryjskiej konsolidacji. Stanowi on najniższe – metamorficzne piętro strukturalne (Kotas, 1985, 1994; Buła, Żaba, 2005). Skonsolidowane podłoże utworów paleozoicznych formują metamorficzne i magmowe utwory prekambryjskie. Powyżej na utworach dolnego paleozoiku (kambru), wykształconego w facji piaskowcowo-zlepieńcowej, są rozwinięte utwory waryscyjskiego piętra strukturalnego. Najniższe ogniwa są wykształcone jako skały formacji dewońskiej, w facji piaskowcowej i węglanowej. Dolne ogniwa karbonu są reprezentowane przez fliszopodobne utwory kulmu. W okresie od namuru dolnego po najwyższy westfal tworzyły się molasowe utwory węglonośne karbonu wykształcone w facji iłwcowo-mułowcowo-piaskowej. Utwory permu, występujące fragmentarycznie w NE części bloku górnośląskiego, stanowią najmłodsze ogniwo waryscyjskiego piętra strukturalnego. Niezgodnie na sfałdowanych utworach paleozoicznych zalegają utwory alpejskiego piętra strukturalnego. Są

one rozwinięte jako węglanowe utwory mezozoiczne oraz ilasto-piaszczyste utwory paleogeńskie i neogeńskie (fig. 2).

W zasięgu bloku górnośląskiego w okresie orogenezy waryscyjskiej rozwinięło się Górnośląskie Zagłębie Węglowe (Kotas, 1985). Waryscyjska struktura zagłębienia została przebudowana w czasie orogenezy alpejskiej.

Aktualnie znaczna część Zagłębienia znajduje się w zasięgu struktur alpejskich zapadliska przedkarpackiego wypełnionych molasowymi utworami neogenu, a fragmentarycznie leży pod nasunięciem Karpat fliszowych. Północno-wschodnia część zagłębienia jest położona w zasięgu pokrywy platformowej, zbudowanej z osadów mezozoicznych, tworzących południowe skrzydło monokliny śląsko-krakowskiej. W tej części zagłębienia występują również, w zasięgu cokołu platformy epiwaryscyjskiej, wschodnie młodszego paleozoiku. Otwór Goczałkowice IG 1 jest położony w zasięgu zapadliska przedkarpackiego (fig. 1).

STOSOWANE METODY BADAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH ORAZ OBJAWÓW BITUMICZNOŚCI OŚRODKA SKALNEGO

W otworze Goczałkowice IG 1, wierconym z pełnym rzuceniem, były prowadzone badania środowiska hydrogeologicznego oraz występowania bituminów w ośrodku

skalnym utworów prekambru, kambru, dewonu, karbonu oraz neogenu (fig. 3). Szczególną uwagę poświęcono utworom podłoża karbonu produktywnego. Badania realizowano



Fig. 1. Pozycja Górnośląskiego Zagłębienia Węglowego na tle jednostek alpejskiego kompleksu strukturalnego (wg Kotasa, 1985)

Regional setting of the Upper Silesian Coal Basin (USCB) within the Alpine framework (after Kotas, 1985)

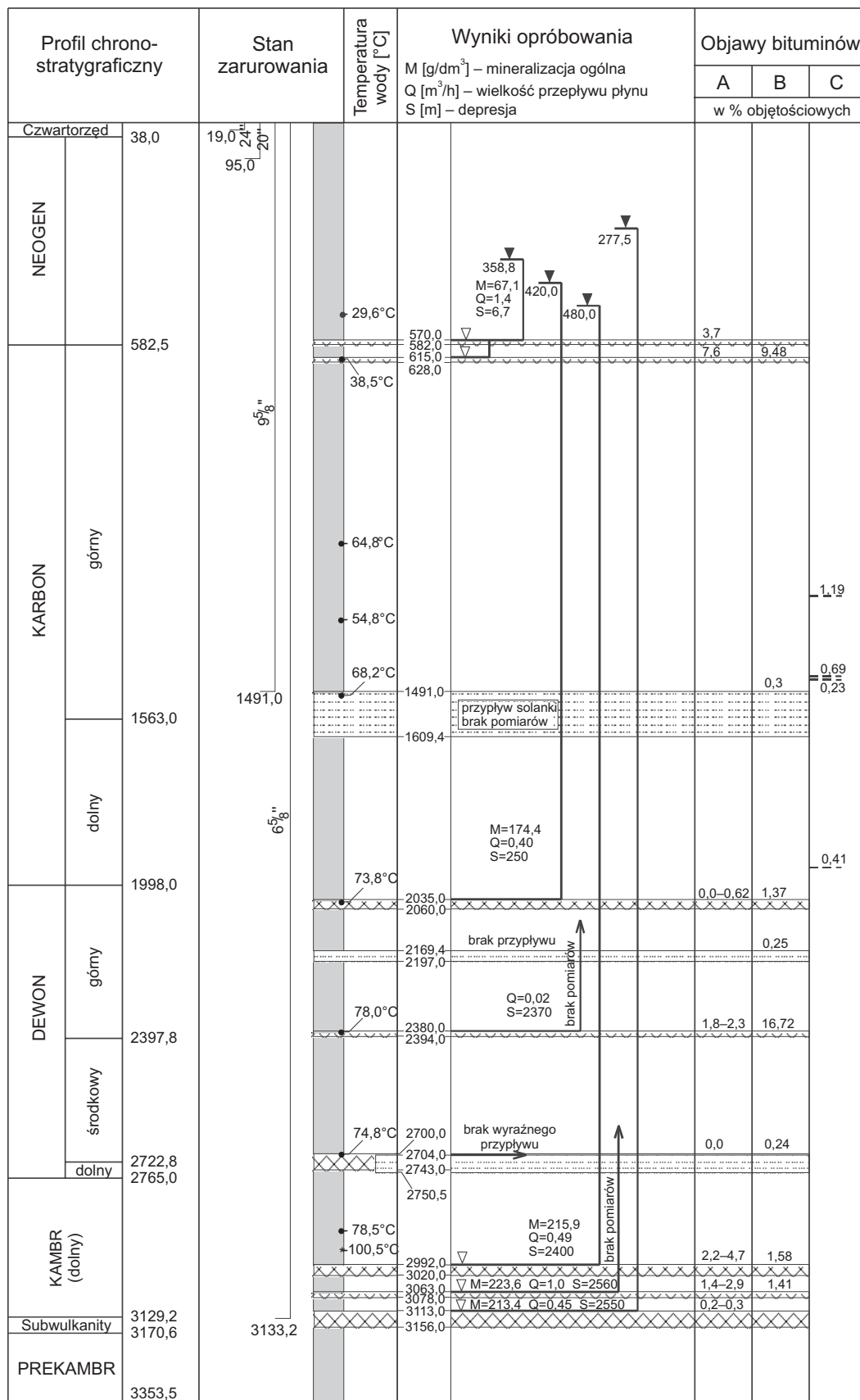


Fig. 3. Otwór Goczalkowice IG 1 (profil geologiczny, wyniki badań)

The Goczalkowice IG 1 borehole (geological section and results of investigations)

- temperatura solanki mierzona na wypływie
- * temperatura solanki mierzona termometrem maksymalnym
- A zawartość CH₄ z odgazowania próbki solanki
- B zawartość węglowodorów w solance określona chromatograficznie
- C zawartość CH₄ w składzie gazowym rdzeni

w trakcie i po zakończeniu wiercenia otworu. Metody badań dostosowano do konstrukcji otworu i technologii wiercenia prowadzonego metodą obrotową z płuczką ilastą oraz do posiadanego w tym czasie sprzętu pomiarowego. Profil otworu, jego konstrukcję oraz wyniki badań połowych zilustrowano na figurze 3.

Przy otworze zainstalowano laboratorium polowe, w którym w czasie wiercenia oznaczano właściwości hydrogeologiczne skał zbiornikowych oraz zgazowanie i zasolenie płuczki. Badania bitumiczności ośrodka skalnego badano również w Przedsiębiorstwie Geologicznym w Katowicach oraz w specjalistycznym laboratorium Instytutu Geologicznego w Warszawie.

W skład badań prowadzonych w trakcie wiercenia wchodziły: karotażowe pomiary geofizyczne, pomiary temperatur termometrami maksymalnymi, szcerpywanie płynów łyżką wiertniczą oraz kompresorem oraz trzykrotne opróbowanie próbnikami złoża. W efekcie przeprowadzonych bezpośrednich badań rozpoznano: zbiornikowe właściwości skał, skład chemiczny i gazowy płynów oraz w niepełnym zakresie wydajności i wartości ciśnienia złożowego badanych poziomów wodonośnych.

Badania laboratoryjne właściwości hydrogeologicznych przewiercanych skał obejmowały ocenę porowatości otwartej i przepuszczalności matrycy skalnej oraz ciężaru właściwego i objętościowego skał oraz zawartości węglanów w ośrodku skalnym. Wymienione badania prowadzono na próbkach rdzeni w sposób ciągły. Ze względu na prowadzone badania wyłącznie matrycy skalnej, nie określono przepuszczalności szczelinowej i kawernowej ośrodka skalnego utworów węglanowych. Wyniki profilowania rdzeni wykazywały jednak zbliżenie kalcytem szczelin i kawern występujących w skałach.

Rozszerzony komplet pomiarów karotażowych zawierał: sondowanie oporności, profilowanie potencjałów samoist-

nych, profilowanie oporności płuczki z kilkakrotnym obniżeniem poziomu płynu w otworze, profilowanie termiczne, profilowanie akustyczne. Wyniki interpretacji kompleksu pomiarów karotażowych służyły do wyznaczenia poziomów zbiornikowych i zaprojektowania w otworze bezpośrednich badań.

Badania bezpośrednie prowadzono w otworze w trakcie wiercenia i po jego zakończeniu. W trakcie wiercenia otworów zapinano rurowe próbki złoża typu Halliburton 5. Badania hydrogeologiczne wykonywano jednak głównie po zakończeniu wiercenia i oczyszczeniu otworu z płuczki. Badania realizowano od najgłębiej zalegającej warstwy wodonośnej, odsłoniętej poniżej „buta” ostatniej kolumny rur osłonowych. W zarurowanej części otworu warstwy wodonośne przeznaczone do badań odsłanianie przez perforację rur osłonowych w wytypowanych karotażem geofizycznym interwałach głębokości. Po przeprowadzeniu badań, przed następną perforacją, odsłonięte warstwy wodonośne likwidowano przez cementowanie.

Badania hydrogeologiczne w odsłoniętych interwałach głębokości prowadzono głównie metodą szcerpywania łyżką wiertniczą, rzadziej pompą powietrzną, co było uwarunkowane małą średnicą rur osłonowych, dużą głębokością otworów, a przede wszystkim brakiem pomp głębinowych o odpowiednich parametrach technicznych, m.in. średnicy i wysokości tłoczenia.

Wydajności uzyskiwane z parametrycznych pompowań, prowadzonych w warunkach odsłonięcia warstwy wodonośnej przez perforację rur osłonowych są zaniżone. Fakt ten wiąże się z niepełnym odsłonięciem warstwy wodonośnej, a także z występowaniem dodatkowych oporów hydraulicznych w wyniku kolmatacji ścian otworu płuczką wiertniczą oraz częściowym wypełnieniem por górotworu w procesie cementacji rur.

WYNIKI BEZPOŚREDNICH BADAŃ ŚRODOWISKA HYDROGEOLOGICZNEGO W OTWORZE WIERTNICZYM

Prowadzone w otworze pomiary karotażowe umożliwiły wydzielenie w jego profilu geologicznym potencjalnych poziomów zbiornikowych do dalszych bezpośrednich badań. Interpretację pomiarów karotażowych prowadzono pod kątem określenia litologii ośrodka skalnego, wstępnej oceny właściwości hydrogeologicznych skał i ich zawadnienia, mineralizacji wód oraz możliwości występowania gazu i ropy (Rózkowski, Chmura, 2001).

Bezpośrednimi badaniami w otworze objęto 11 interwałów głębokości występowania potencjalnych skał zbiornikowych, wyznaczonych pomiarami karotażowymi, profilowaniem rdzeni, badaniami laboratoryjnymi skał. Skały zbiornikowe badane w interwale głębokości od 570 do 3156 m miały zróżnicowane wykształcenie litologiczne. Stratygraficznie badane ośrodki skalne były wieku neogeńskiego, karbońskiego, dewońskiego, kambryjskiego i prekambryjskiego (fig. 3).

Bezpośrednie badania wytypowanych poziomów zbiornikowych prowadzono w trakcie wiercenia oraz po jego zakończeniu. Wyniki badań zestawiono w tabeli 1 i zaprezentowano na figurze 3. Skład chemiczny badanych wód przedstawiono w tabeli 2, a chemiczną klasyfikację wód – w tabeli 3.

W trakcie wiercenia zapinano próbki złoża typu Halliburton 5 w odsłoniętych utworach karbonu górnego (interwał 1491,0–1609,4 m), dewonu górnego (2169,4–2197,0 m), dewonu środkowego i dolnego (2704,5–2750,5 m). W trakcie prowadzenia badań próbnikiem złoża nie zaobserwowano wzrostu ciśnienia oraz przyływu płynu do otworu (fig. 3).

Po zakończeniu wiercenia przeprowadzono badania hydrogeologiczne w 8 odsłoniętych interwałach głębokości. Badane poziomy zbiornikowe były odsłaniane przez perforację rur osłonowych. Jedyne najgłębszy poziom był odsłonięty poniżej „buta” kolumny rur. Celem wzbudzenia przyływu wytlaczano płyn z otworu przy użyciu kompresora

Tabela 1

Wyniki badań prowadzonych w otworze Goczalkowice IG 1

Results of investigations in the Goczalkowice IG 1 borehole

Stratygrafia, głębokość odsłonięcia [m]	Litologia	Sposób odsłonięcia	Rodzaj przypiływu	Przypiływ [dm ³ /h]/ depresja [m]	Poziom hydrostatyczny [m p.p.t]	Temperatura wody [°C]/ na głębokości [m]	Uwagi
Kambr dolny 3156–3113	piaskowce kwarcytowe, zlepienie i diabazy	perforacja	solanka	450/ 2550	277,5	100,5/ 2950 68,2/ 1500	temp. mierzona termometrem maksymalnym na głęb. 2950 m
Kambr dolny 3078–3063	piaskowce kwarcytowe	perforacja	solanka	1000/ 2560	szacunkowo jak wyżej	64,8/ 1100	–
Kambr dolny 3020–2992	piaskowce kwarcytowe i mułowce	perforacja	solanka	495/ 2400	ok. 484,9	78,5/ 2900	poziom hydrostatyczny niestabilizowany
Dewon dolny, dewon środkowy 2743–2726 2721–2700	piaskowce zlepienie, mułowce dolomity	perforacja	solanka	brak wyraźnego przypiływu	brak pomiaru	74,8/ 2700 (płuczka+płyn)	szczypanie do głęb. 2700 m
Dewon górny 2394–2380	wapień	perforacja	solanka	21/ ok. 2370	brak pomiaru	78,0/ 2380 (płuczka+płyn)	szczypanie do głęb. 2370 m
Dewon górny 2060–2035	dolomity	perforacja	solanka	brak wyraźnego przypiływu	brak pomiaru	73,8/ 2035 (płuczka + płyn)	brak swobodnego wzniosu zwierciadła płynu
Dewon górny 2060–2035	dolomity	perforacja/ kwasowanie	solanka	400/ –	ok. 420,0	54,8/ 1300	poziom hydrostatyczny niestabilizowany
Karbon górny 628–615	piaskowce	perforacja	solanka	30/ 240	brak pomiaru	38,5/ 615	szczypanie do głęb. 615 m
Karbon górny, neogen 628–615 582–570	piaskowce	perforacja	solanka	1370/ 6,7 1800/ 13,7	358,8	29,6/ 500	dwie próby wytłaczania wody

lub szczypania łyżką wiertniczą. Każdorazowo przed opróbowaniem wód do analiz chemicznych prowadzono oczyszczające szczypanie płynu w celu zapewnienia reprezentatywności próby. Po opróbowaniu badane poziomy zbiornikowe ulegały likwidacji przez cementację.

W utworach kambru dolnego odsłonięto 3 potencjalne poziomy zbiornikowe. Najgłębszy z nich, o miąższości 131,6 m, odsłonięty w interwale głębokości 3156–3113 m, był reprezentowany przez piaskowce i zlepienie kambru dolnego oraz diabazy leżącej niżej intruzji. W wyniku szczypania

Tabela 2

Analizy fizyko-chemiczne opróbowanych wód

Physico-chemical analyses of the groundwater

Data pobrania próbki	Stratygrafia/ głębokość [m]	pH	Mineralizacja ogólna	Na ⁺ K ⁺	Ca ²⁺ Mg ²⁺	Fe ²⁺ Mn ²⁺	Sr ²⁺	Cl ⁻ SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻ J ⁻	H ₂ SiO ₃ HBO ₂	Uwagi
25.04.72 r.	kambr dolny 3156–3113	6,1	213 393	53 300 1150	22 605 2588	1,75 105,00	1300	131 524 224	n. stw.	586 9,07	ślady ślady	solanka
20.05.72 r.	kambr dolny 3078–3063	6,4	223 591	56 000 1150	24 817 1926	1,55 42,00	1250	137 494 264	26,85	613 6,54	n.stw. ślady	solanka
29.05.72 r.	kambr dolny 3020–2992	6,2	215 995	53 500 1200	24 464 1926	7,04 48,00	1050	132 928 280	n. stw.	586 6,12	ślady ślady	solanka
07.10.72 r.	dewon górny 2060–2035	5,6	174 367	46 500 1310	14 365 3132	78,80 5,25	500	107 200 464	318,51	477 10,23	5,85 ślady	solanka
04.11.72 r.	karbon górny i neogen 628–615 582–570	5,5	67 060	20 329 178	3472 1331	34,00 n.stw.	n.stw.	41 637 3	18,30	228 23,86	n.stw. 10,90	solanka

n. stw. – nie stwierdzono / not found

Tabela 3

Typy i wskaźniki hydrochemiczne opróbowanych wód
Hydrochemical types and coefficients of sampled groundwater

Stratygrafia Głębokość [m]	Zapis chemiczny wód wzorem Kurlowa	Typ chemiczny wód wg Prikońskiego	Wskaźniki hydrochemiczne		
			$\frac{Na}{Cl}$	$\frac{SO_4 \times 100}{Cl}$	$\frac{CaCl_2 + MgCl_2}{[\% mv]}$
Kambr dolny 3156–3113	$Br^{586}J^9M^{213} \frac{Cl^{99}}{Na^{62}Ca^{32}Mg^6}$	Cl–Na–Ca	0,62	0,12	36,61
Kambr dolny 3078–3063	$Br^{613}J^7M^{224} \frac{Cl^{99}}{Na^{63}Ca^{32}Mg^4}$	Cl–Na–Ca	0,63	0,13	36,51
Kambr dolny 3020–2992	$Br^{586}J^6M^{216} \frac{Cl^{99}}{Na^{62}Ca^{32}Mg^4}$	Cl–Na–Ca	0,62	0,15	37,19
Dewon górny 2060–2035	$Br^{477}J^{10}M^{174} \frac{Cl^{99}}{Na^{66}Ca^{23}Mg^8}$	Cl–Na–Ca	0,67	0,31	31,98
Karbon górny i neogen 628–615, 582–570	$Br^{228}J^{24}M^{68} \frac{Cl^{99}}{Na^{73}Ca^{15}Mg^9}$	Cl–Na	0,75	0,23	24,07

uzyskano przyływ solanki o mineralizacji 213,3 g/dm³. Wydatek poziomu wodonośnego wynosił 0,450 m³/h przy depresji 2550 m. Skład chemiczny solanki i rozpuszczonych w niej gazów zilustrowano w tabeli 2. Temperatura solanki pomierzona na głębokości 2950 m wynosiła 100,5°C. Zwierciadło hydrostatyczne ustabilizowało się na głębokości 277,5 m. Nie uzyskano przyływu wolnego gazu ani objawów ropy.

Następny poziom zbiornikowy odsłonięto przez perforację rur osłonowych na głębokości 3078–3063 m. Badaniem objęto utwory kambru dolnego reprezentowane przez kompleks skał piaskowcowo-mułowcowo-zlepieńcowy, o miąższości 90,9 m (fig. 3). Wydajność badanego poziomu wynosiła 0,10 m³/h przy depresji ok. 2560 m. Mineralizacja wód wynosiła 223,5 g/dm³. Z badanego poziomu zbiornikowego nie uzyskano przyływu wolnego gazu ani objawów ropy.

Poziom zbiornikowy odsłonięty przez perforację rur w interwale głębokości 3020–2992 m był wykształcony jako kompleks mułowców i piaskowców kwarcytowych kambru dolnego. Uzyskano przyływ do otworu solanki o mineralizacji 215,9 g/dm³. Dopływ wód do otworu kształtował się w granicach 0,495 m³/h przy depresji 2400 m. Nie zanotowano przyływu wolnego gazu ani objawów ropy naftowej.

Kolejne badania dotyczyły kompleksu utworów mułowcowo-zlepieńcowych dewonu o miąższości 42 m oraz kompleksu dolomitów dewonu środkowego o miąższości 66,7 m, odsłoniętych w interwałach głębokości 2743–2726 oraz 2721–2700 m. Prowadzone przez 8 dni szczypanie i próby chłonności nie doprowadziły do przyływu do otworu wód ani gazów.

Następny poziom zbiornikowy, reprezentowany przez kompleks wapieni dewonu górnego, odsłonięto w interwale głębokości 2394–2380 m. Stwierdzono niewielki przyływ solanki rzędu 0,021 m³/h przy braku przyływu wolnego gazu i śladów ropy.

Kolejny poziom zbiornikowy, odsłonięty na głębokości 2060,0–2035,0 m, miał za zadanie rozpoznanie 111,4 m miąższości kompleksu dolomitów dewonu górnego. Celem wzbudzenia dopływu medium do otworu i jego zintensyfikowania wykonano zabieg kwasowania. W efekcie tego zabiegu uzyskano dopływ solanki o wydajności 0,4 m³/h i mineralizacji 174,3 g/dm³. Nie zanotowano dopływu gazów.

Ze względu na stwierdzoną niską wodonośność serii węglanowej dewonu i karbonu dolnego, zapotrzebowane wody mineralne i lecznicze, Uzdrowisko Goczałkowice postanowiło uzyskać z poziomów wodonośnych karbonu górnego i neogenu. W tym celu, po zlikwidowaniu przez cementację otworu do głębokości 651,0 m, odsłonięto przez perforację rur osłonowych poziomy wodonośny w interwałach głębokości 628–615 oraz 582–570 m. Przeprowadzone badania wykazały dopływ do otworu solanki o mineralizacji 74 g/dm³. Zwierciadło wód ustabilizowało się na głębokości 358,8 m. Temperatura wód wynosiła 29,6°C. Wydajność ujętych łącznie poziomów wodonośnych kształtowała się w ilości 1,80 m³/h przy depresji 13,7 m.

Wstępną ocenę zasolenia ośrodka skalnego umożliwiły pomiary zasolenia skał (fig. 4) i płuczki (fig. 5). Zasolenie skał, związane z wykształceniem litologicznym ośrodka skalnego, nie wykazuje zróżnicowania z głębokością otworu. Zasolenie płuczki wykazuje natomiast wyraźny trend wzrostu z głębokością.

Wyniki analiz chemicznych wód, pobranych w trakcie prowadzonych badań, umożliwiły dokonanie charakterystyki hydrochemicznej środowiska hydrogeologicznego badanych pięter wodonośnych: 1 – kambru dolnego, 2 – dewonu, 3 – łącznie rozpatrywanych karbonu i neogenu (tab. 2, 3).

Piętro wodonośne kambru dolnego, odsłonięte w interwałach głębokości: 3156–3113, 3078–3063 oraz 3020–2992 m zawiera wysoko mineralizowane solanki o wartościach suchej

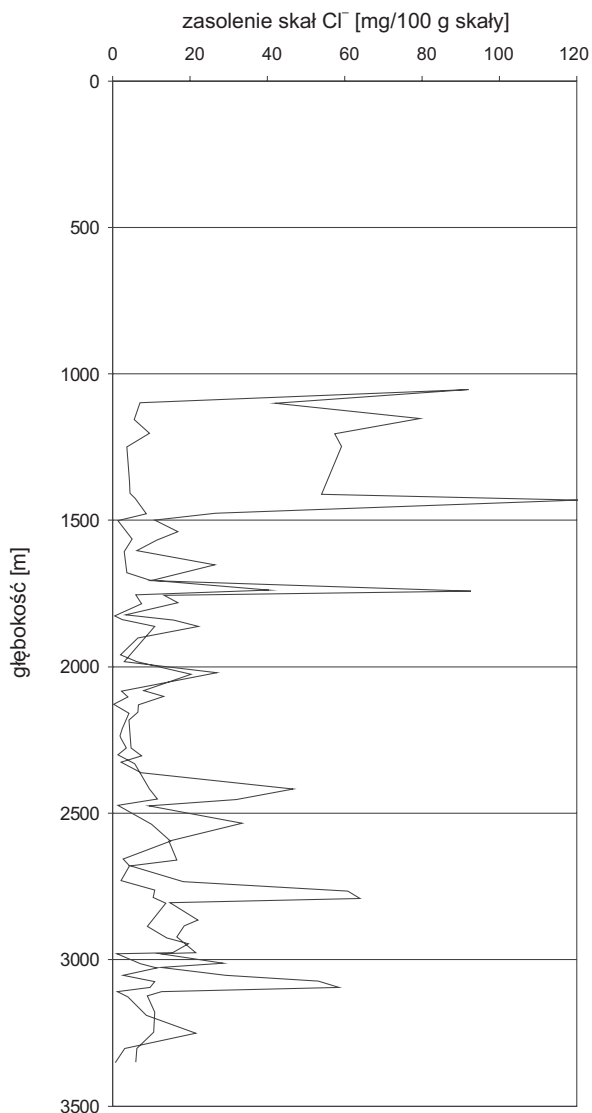


Fig. 4. Zasolenie skał

Salinity of rocks

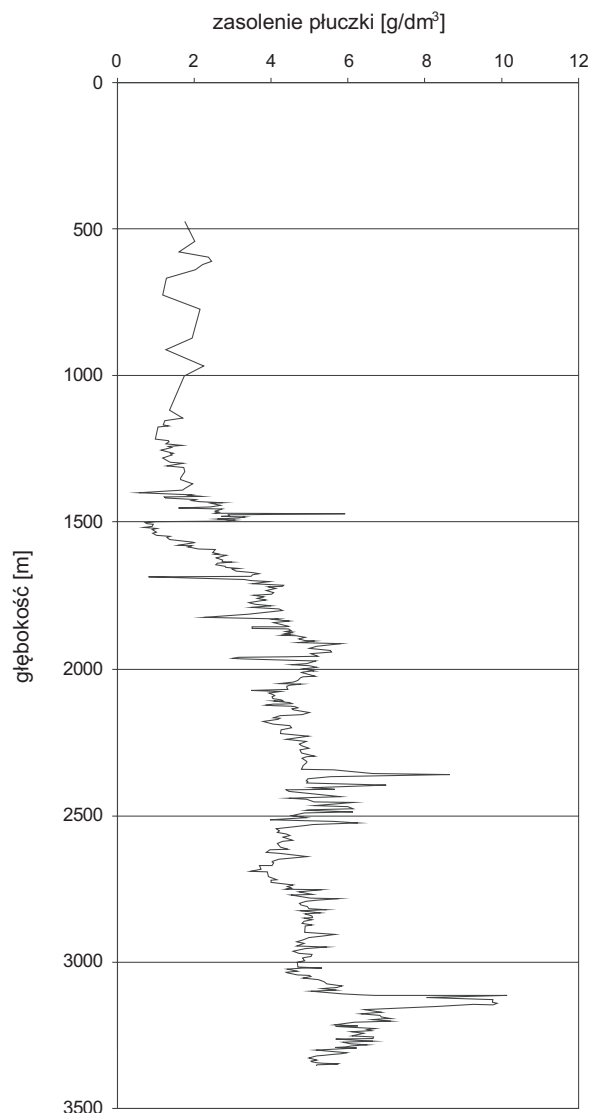
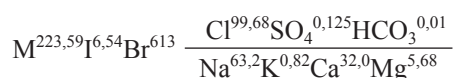


Fig. 5. Zasolenie płuczki

Salinity of the drilling fluid

pozostałości od 213 do 224 g/dm³. Temperatura wód na głębokości odsłonięcia poziomu dochodzi do 100,5°C. Są to termalne solanki termalne bromkowo-jodkowe, typu Cl–Na–Ca. Odczyn wód jest słabo kwaśny (pH = 6,1–6,4). Charakterystyczne dla opisywanych solanek są wysokie stężenia jonów wapnia oraz wysoka zawartość bromków (585–613 mg/dm³) i podwyższona zawartość jodków (6–9 mg/dm³). Skład chemiczny wód występujących w utworach kambru w otworze Goczałkowice IG 1 na głębokości 3078–3063 m, przedstawiony wzorem Kurłowa, jest następujący:

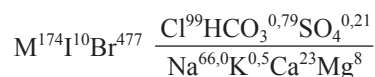


Wartości wskaźników $rNa/Cl = 0,62–0,63$ oraz $SO_4 \times 100/Cl = 0,12–0,15$ oraz obecność w składzie gazowym węglowodorów, wskazują na stagnujący charakter wód, ich głą-

boki metamorfizm oraz izolację poziomów wodonosnych i redukcyjny charakter środowiska. Skład izotopów trwałych wód opróbowanych z utworów kambru określają wartości $\delta^{18}O = -1,48\%$ oraz $\delta D = -19,9\%$, charakterystyczne dla wód paleoinfiltracyjnych (Rózkowski, Przewłocki, 1974).

Wody z utworów dewonu górnego, opróbowane na głębokościach 2060–2035 m, wykazały zawartość suchej pozostałości 174 g/dm³. Są to termalne solanki bromkowo-jodkowe typu chlorkowo-sodowo-wapniowego. Temperatura na wypływie wynosi 73,8°C. Odczyn wód jest słabo kwaśny (pH = 5,6). Zawartość soli ziem alkalicznych w ogólnym składzie solnym wynosi 32%. Wody mają wysokie stężenie bromków (477 mg/dm³) i jodków (10 mg/dm³).

Skład chemiczny solanek przedstawiony wzorem Kurłowa jest następujący:



Wartości wskaźników hydrochemicznych $r_{Na/Cl}=0,67$ oraz $r_{SO_4 \times 100/Cl}=0,31$ wskazują na dobrą izolację wód, ich głęboki metamorfizm i występowanie w strefie redukcyjnej. Wody pobrane z serii węglanowej charakteryzują się wartościami izotopów trwałych $\delta^{18}O=-1,98\text{‰}$ oraz $\delta D=-15,9\text{‰}$. Skład izotopowy wskazuje na paleoinfiltracyjną genezę wód (Rózkowski, Przewłocki, 1974).

Wody łącznie ujętych poziomów wodonośnych karbonu górnego i neogenu, odsłonięte w interwale głębokości 628–615 i 582–570 m, charakteryzują się wartością suchej pozostałości wynoszącą 67g/dm^3 . Są to solanki bromkowo-jodkowe typu chlorkowo-sodowo-wapniowego, o wysokiej 24% koncentracji soli ziem alkalicznych. Typowe dla tych wód są podwyższone stężenia zawartości bromków (228mg/dm^3) i jodków (24mg/dm^3) oraz śladowe ilości siarczanów. Wartości wskaźników hydrochemicznych: $r_{Na/Cl}=0,75$ oraz $r_{SO_4 \times 100/Cl}=0,23$ oraz wysoka zawartość metanu rozpuszczonego w wodach, wskazują na dobrą izolację wód, ich

głęboki metamorfizm oraz występowanie w strefie redukcyjnej. Wody z poziomów wodonośnych karbonu górnego oraz neogenu, ujęte jako wody lecznicze na potrzeby Uzdrowiska Goczałkowice, były badane w Laboratorium Balneologicznym i Mikrobiologicznym „Balneoprojekt” w Warszawie. Wyniki analiz chemicznych umożliwiły zakwalifikowanie wód do wysoko zmineralizowanych solanek ($M=67\text{g/dm}^3$), typu chlorkowo-sodowo-jodkowo-bromkowo-borowego, żelazistych.

Badane solanki z otworu Goczałkowice IG 1 występują w różnych środowiskach hydrogeologicznych. Mają jednak szereg wspólnych cech charakterystycznych dla solanek występujących w głębokich basenach sedimentacyjnych. Są wodami reliktowymi, przeobrażonymi na skutek diagenety środowiska hydrogeologicznego. W profilu hydrogeologicznym otworu obserwuje się wyraźną strefowość i trend wzrostu mineralizacji z głębokością i pogłębiający się metamorfizm solanek.

WYNIKI BADAŃ LABORATORYJNYCH OŚRODKA SKALNEGO

Badaniom laboratoryjnym właściwości hydrogeologicznych matrycy skalnej poddano 262 próbek rdzeni pobranych z interwału głębokości od 1152,8 m do 3353,5 m (Rózkowski, Chmura, 2001). Badaniami objęto skały zbiornikowe: mułowce, piaskowce, wapień i dolomity, stratygraficznie zaliczane do utworów: karbonu, dewonu, kambriu i prekambriu. Cała populacja przebadanych próbek rdzeni charakteryzuje się niską porowatością otwartą (fig. 6, 7). Wartości tego parametru zawierają się w przedziale od 0,01 do 9,31%.

Piaskowce i mułowce serii paralicznej karbonu górnego, opróbowane w interwale głębokości 1152,8–1470,2 m, charakteryzują się zmiennymi wartościami porowatości otwartej (fig. 7). Wartości te zawierają się w przedziale 0,80–9,31%, przy średniej wartości 4,33%. Zgodnie ze stosowaną klasyfikacją, oznaczoną porowatość należy uznać za niską (tab. 4).

Mułowce i piaskowce karbonu górnego i dolnego morskich utworów terygenicznego typu fliszowego, opróbowane w interwale głębokości 1470,2–1881,6 m, wykazują porowatość otwartą niską, mieszczącą się w przedziale 0,25–3,86%, przy średniej wartości 1,16% (fig. 7). Niskie wartości, poniżej 1,8%, charakteryzują 79% badanej populacji.

Wapień i dolomity karbonu dolnego oraz dewonu górnego i środkowego, opróbowane w interwale głębokości 1903,8–2720,8 m, charakteryzują się porowatością zmienną w przedziale od 0,01 do 2,87% (fig. 7). Średnia wartość porowatości wynosi 0,52%. Badane skały wykazują duży stopień zdiagenezowania. W profilu skał węglanowych nie obserwuje się trendu zmian porowatości z głębokością.

Piaskowce i mułowce dewonu dolnego i kambriu dolnego, opróbowane w interwale głębokości 2723,0–3129,1 m, wykazują porowatość kształtującą się w przedziale od 0,04 do 2,99% (fig. 7). Uwzględniając wspomniane wartości, należy je zaliczyć do skał o niezwykle małej porowatości otwartej.

Skały przeobrażone prekambriu charakteryzują się niską porowatością otwartą. Porowatość charakteryzują wartości zmienne w przedziale od 0,06 do 0,51%. Uwzględniając

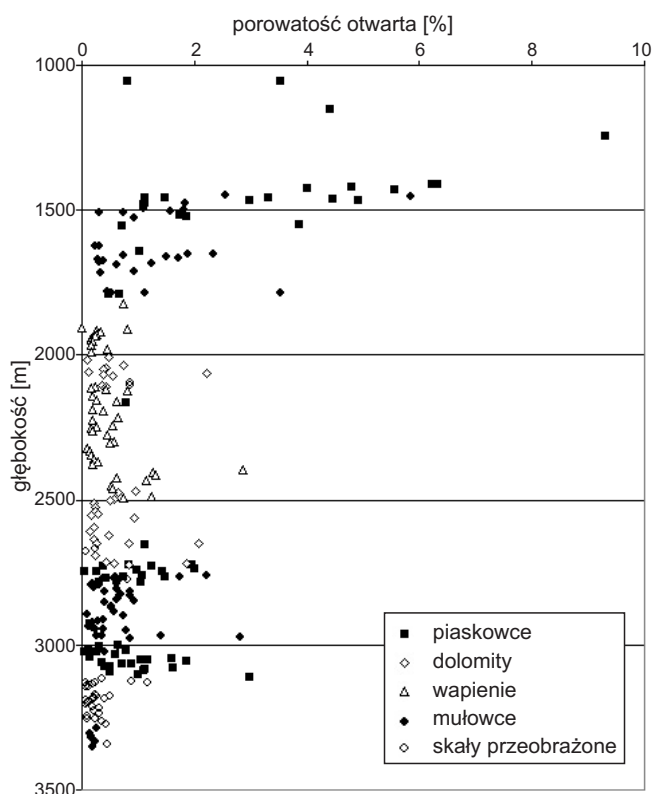


Fig. 6. Wykres zależności porowatości otwartej od głębokości

Diagram of the dependence of open porosity of rocks upon their occurrence depth

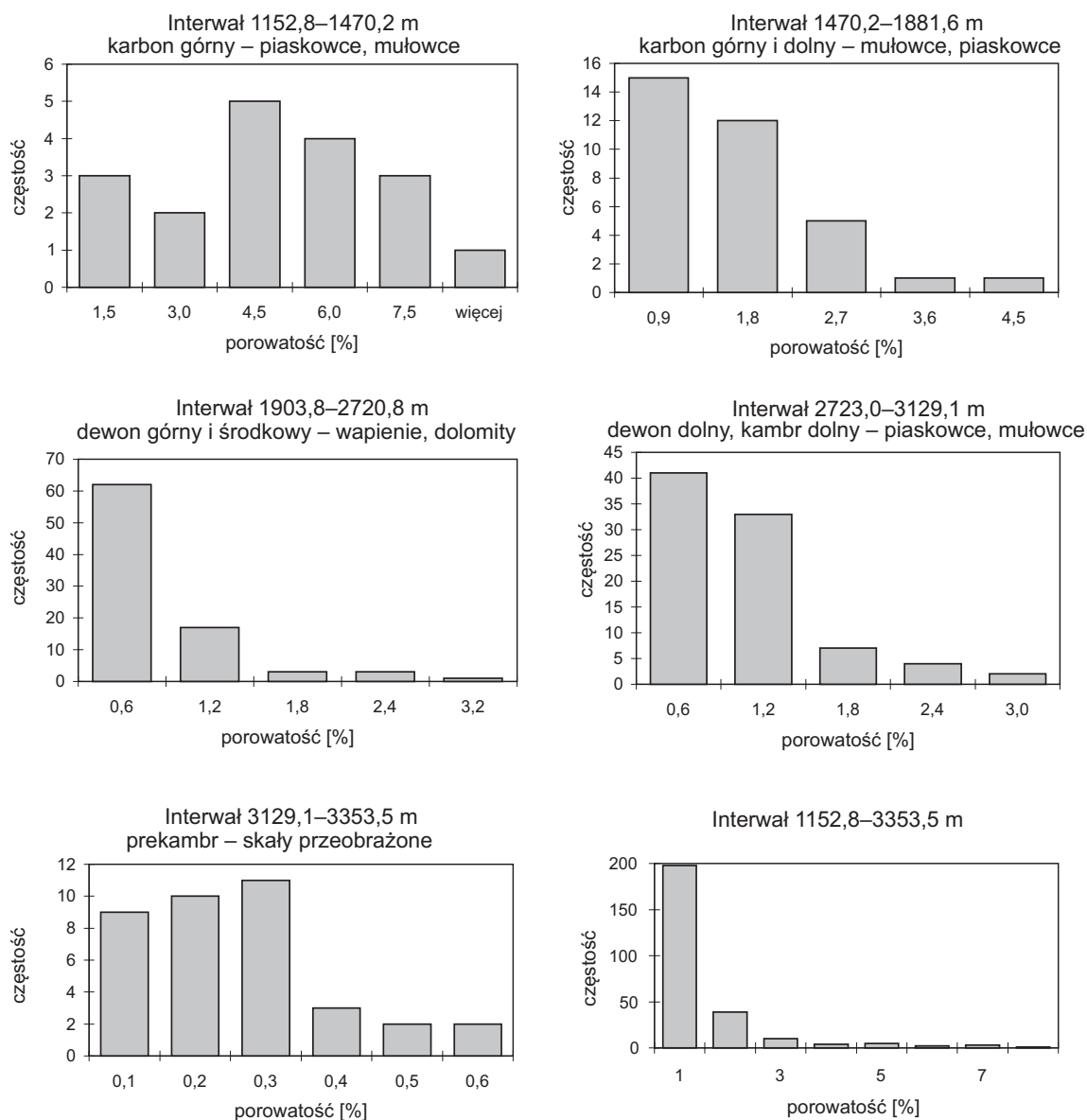


Fig. 7. Histogramy rozkładu porowatości otwartej

Histograms of open porosity

przedstawione wartości oznaczeń porowatości otwartej skał prekambryjskich, należy uznać, że nie posiadają one wartości zbiornikowych. Zestawienie danych statystycznych porowatości otwartej badanych skał przedstawiono w tabeli 4.

Oznaczenia przepuszczalności ośrodka skalnego dokonano na 48 próbkach rdzeni pobranych z głębokości 1152,5–3078,5 m. Biorąc pod uwagę metody badań, oznaczeniom podlegała jedynie przepuszczalność matrycy skalnej. W 38 przypadkach wartości współczynnika przepuszczalności wynosiły poniżej 0,10 mD ($k = 10^{-7}$ – 10^{-9} m/s), co odpowiadało dokładności oznaczalności stosowanej do analizy aparatury. Pozostałe wyniki wykazują wartości rzędu 0,10–0,24 mD ($k = 10^{-6}$ m/s). Przepuszczalność badanych skał paleozoicznych jest więc bardzo niska. Zgodnie z obowiązującą klasyfikacją są to skały półprzepuszczalne i praktycznie nieprzepuszczalne.

W przypadku piaskowców dolnych ogniw karbonu górnego współczynnik przepuszczalności kształtuje się w granicach od poniżej 0,1 do 0,24 mD. W przeliczeniu na współczynnik filtracji są to wartości rzędu 10^{-8} – 10^{-6} m/s. Piaskowce te wykazują tym samym niską zdolność do przewodzenia płynów i gazów.

Seria węglanowa karbonu dolnego oraz dewonu górnego i środkowego cechuje się wartościami współczynnika przepuszczalności poniżej 0,1 mD, charakteryzującego skały praktycznie nieprzepuszczalne. Piaskowce kwarcytowe i zlepieńce dewonu dolnego i kambru mają przepuszczalność również niską, mieszczącą się w granicach od 0,1 mD do 0,22 mD (k rzędu 10^{-6} m/s). Opisywane skały wykazują praktycznie brak lub bardzo niską zdolność do przewodzenia płynów.

Tabela 4

Zestawienie danych statystycznych porowatości otwartej

Statistic values of the porosity of rocks

Porowatość efektywna [%]	Stratygrafia i interwały głębokości [m]					Całość
	karbon górny 1052,8–1470,2	karbon górny i dolny 1470,2–1881,6	dewon górny i środkowy 1903,8–2720,8	dewon dolny i kambry dolny 2723,0–3129,1	prekambr 3129,1–3353,5	
Minimum	0,80	0,25	0,01	0,04	0,06	0,01
Maksimum	9,31	3,86	2,87	2,99	0,51	9,31
Średnia arytmetyczna	4,33	1,16	0,52	0,75	0,22	0,90
Odchylenie standard.	2,0809	0,8552	0,4916	0,5828	0,1213	1,2344
Liczba próbek	18	34	86	87	37	262

WYNIKI BADAŃ OBJAWÓW ROPO-GAZONOŚNOŚCI

W trakcie wiercenia i opróbowań otworu nie stwierdzono wpływow wolnych gazów. Zaobserwowano wyłącznie zgazowanie płuczki węglowodorami oraz występowanie mikroobjawów bituminów stałych i płynnych w rdzeniach wiertniczych (fig. 8, 9).

W otworze w czasie wiercenia prowadzono stałą rejestrację objawów gazowych za pomocą metanomierza. Nie zarejestrowano żadnych większych wskazań metanośności płuczki. Uzupełnieniem wskazań metanomierza była analiza chromatograficzna gazu z odgazowanej płuczki. Płuczka była odgazowywana przeciętnie co 30 m, przy zagęszczeniu opróbowania w przypadku wychyleń metanomierza. Maksymalne zawartości metanu w płuczce wiertniczej (w granicach 4,32–18,3 cm³/dm³) stwierdzono w interwale głębokości 582–836 m, tj. na głębokości zalegania utworów karbonu górnego, bezpośrednio pod ilastym nadkładem neogenu. Występujący tu metan pochodzi z degazacji pokładów węgla. Podwyższone zgazowanie płuczki w ilości 4–6 cm³/dm³ płuczki odnotowano ponownie na głębokości 2420,0–3352,2 m w utworach dolomitycznych dewonu środkowego oraz piaskowcach kwarcytowych dewonu dolnego i kambry. Wyniki pomiarów metanośności płuczki są przedstawione na figurze 8.

W trakcie badań poziomów wodonośnych rozpoznano skład chemiczny metanośnych solanek. Wyniki analizy chemicznej wykazały występowanie w gazie czystym solanek: metanu, wyższych węglowodorów, dwutlenku węgla, azotu i argonu.

Zróżnicowane zawartości wyższych węglowodorów w składzie gazowym solanek w profilu geologicznym otworu, wskazują na obecność różnych genetycznie typów gazów.

Wysokie koncentracje dwutlenku węgla, przekraczające 10% objętości gazu czystego, zaobserwowano w utworach kambry (głęb. 3020 m) oraz dewonu środkowego (głęb. 2380 m). Można wstępnie założyć, że wysokie koncentracje dwutlenku węgla w badanych poziomach zbiornikowych są związane z procesami niszczenia w przeszłości nagromadzeń węglowodorów lub też migracją wspomnianego gazu z podłoża.

Wartości hydrochemicznych wskaźników naftonośności (tab. 5), stosując kryteria proponowane przez Scheoneicha (1971), nie wskazują również na możliwość występowania aktualnie większych skupisk węglowodorów w badanych poziomach zbiornikowych.

Tabela 5

Wskaźniki naftonośności
Coefficients of rock oil bearing

Stratygrafia	Głębokość [m]	Wskaźniki naftonośności								Współczynnik prawdopodobieństwa
		Cl i Br		J		SO ₄		SO ₄ /HCO ₃ +CO ₃ /		
		wskaźnik	współczynnik perspektywiczności	wskaźnik	współczynnik perspektywiczności	wskaźnik	współczynnik perspektywiczności	wskaźnik	współczynnik perspektywiczności	
Kambry dolny	3156–3113	224,4	0,3	9	0,8	0,20	2,0	6,4	0,2	0,10
	3078–3063	224,3	0,3	6	0,8	0,30	2,0	7,5	0,2	0,10
	3020–2992	226,8	0,3	6	0,8	0,30	2,0	3,6	0,2	0,10
Dewon górny	2060–2035	224,7	0,3	10	1,0	0,50	1,4	2,0	1,0	0,42
Karbon górny i neogen	628–615, 582–570	182,5	0,3	24	4,0	0,03	2,0	0,1	7,2	17,30

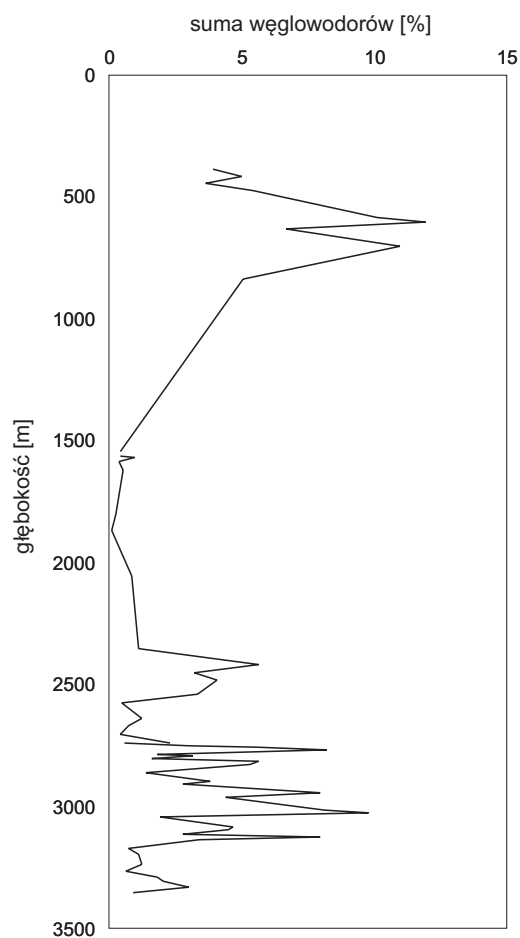


Fig. 8. Suma węglowodorów w składzie gazowym płuczki

The content of hydrocarbons in the drilling fluid gases

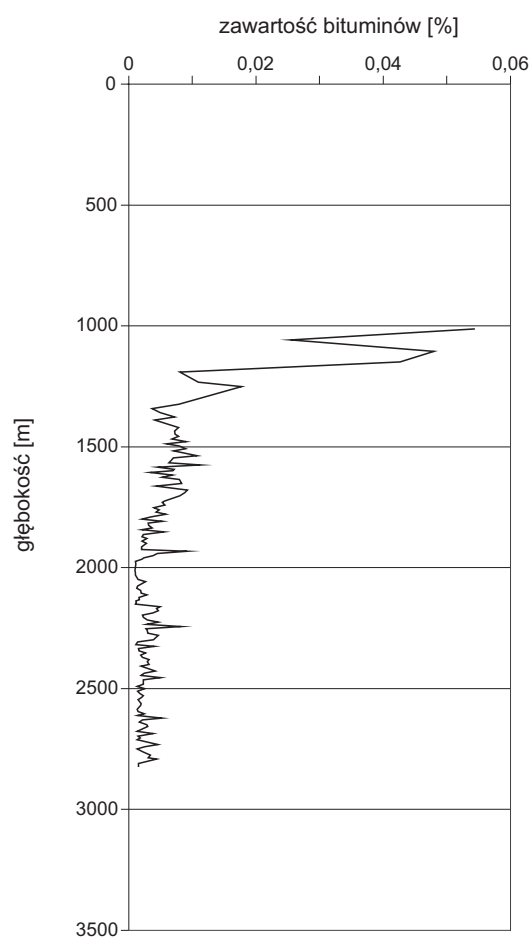


Fig. 9. Zawartości bituminów rozproszonych w skałach

The content of hydrocarbons in the rocks

Metodą ekstrakcji określono zawartość bituminów rozproszonych w ośrodku skalnym. Wyekstrahowane bituminy podlegały badaniom spektrometrycznym w podczerwieni, co umożliwiło wstępne geochemiczne ich scharakteryzowanie w skałach poszczególnych ogniw stratygraficznych.

W utworach karbonu górnego maksymalne zawartości bituminów dochodziły do 0,056%. Są to bituminy o niewysokim stopniu przeobrażenia. Jedynie w nielicznych przypadkach są to bituminy wysoko zmetamorfizowane (fig. 9).

Ośrodek skalny karbonu dolnego zawierał nieznaczne ilości bituminów (0,004–0,012%) silniej zmetamorfizowa-

nych. W kilku przypadkach występowały tu objawy mikroropy.

W serii wapienno-dolomitycznej dewonu górnego i środkowego oznaczono śladowe ilości bituminów (0,0014–0,0054%) o niskim i średnim poziomie zmetamorfizowania. Podobnie skały utworów terygenicznego dewonu dolnego i kambru zawierały śladowe ilości bituminów (0,0015–0,0140%), charakteryzujących się niskim stopniem zmetamorfizowania.

Wykrywanie śladów węglowodorów ciekłych w trakcie wiercenia prowadzono, stosując badania fluorescencji płuczki, rdzenia i prób okruszowych. Wynik badań były negatywne.

PODSUMOWANIE

Badania środowiska hydrogeologicznego wykonane w otworze Goczałkowice IG 1 wykazały występowanie w utworach starszych od karbonu produktywnego dwóch typów skał zbiornikowych: piaskowców i skał węglanowych. Skały zbiornikowe charakteryzują się niską porowatością otwartą,

średnio 1,25% i przepuszczalnością matrycy skalnej zwykle poniżej 0,1 mD ($k=10^{-7}$ – 10^{-9} m/s).

Rozpoznane w utworach paleozoicznych wody są wysoko zmineralizowanymi, metanonośnymi solankami termalnymi typu chlorkowo-sodowo-wapniowego, z podwyższo-

nymi stężeniami jodków i bromków. Mają charakterystyczne cechy solanek występujących w głębokich basenach sedymentacyjnych. Są wodami reliktowymi, przeobrażonymi na skutek diagenety środowiska hydrogeologicznego.

Bezpośrednie badania prowadzone w otworze nie wykazały obecności wolnego gazu ani ropy naftowej w skałach zbiornikowych. Hydrochemiczne wskaźniki naftoności (J, Cl/Br, SO₄, SO₄/HCO₃ + CO₂) wskazują na nikłe prawdopodobieństwo występowania skupisk węglowodorów w ośrodkach skalnych występujących poniżej utworów karbonu górnego.

Niskie parametry zbiornikowe skał dolnego karbonu, dewonu, kambriu i prekambriu, wysoki stopień geotermiczny oraz wysokie ciśnienie złożowe wód nie sprzyjają akumulacji większych skupisk węglowodorów.

Należy zaznaczyć, iż przedstawione w artykule wyniki prowadzonych badań w otworze Goczałkowice IG 1, ze względu na technologię wiercenia oraz ówczesnie stosowany sprzęt badawczy i metodykę badań, mogą być obarczone trudnymi do określenia błędami.

LITERATURA

- BUŁA Z., ŻABA J., 2005 — Pozycja tektoniczna Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na tle prekambryjskiego i dolnopaleozoicznego podłoża. *Mat. 76. Zjazdu PTG: Geologia i zagadnienia ochrony środowiska w regionie górnośląskim*: 14–42. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KOTAS A., 1969 — Projekt wierceń parametrycznych dla rozpoznania podłoża utworów produktywnych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Górnośląski, Sosnowiec*.
- KOTAS A., 1985 — Structural evolution of the Upper Silesian Coal Basin (Poland). *X Congress Int. Stat. Geol. Carb. Compt. Rend. 3 Madrid*: 459–469.
- KOTAS A. (red.), 1994 — Coal-Bed Methane Potential of the Upper Silesian Coal Basin Poland. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **2**.
- KOTAS A., 1995 — Upper Silesian Coal Basin – litostratygraphy and sedimentic – paleogeographic development. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **148**.
- KOTAS A., RÓŹKOWSKI A., 1973 — Dokumentacja geologiczna na wyników badań w otworze strukturalno-parametrycznym Goczałkowice IG-1. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Górnośląski, Sosnowiec*.
- POCIASK J., KONOPNA A., 1973 — Sprawozdanie z próbowań w otworze wiertniczym Goczałkowice IG-1. [Niepubl.]. Przeds. Geol. Katowice.
- RÓŹKOWSKA A., RÓŹKOWSKI A., 1973 — Wyniki opróbowania w otworach Sosnowiec IG-1 i Goczałkowice IG-1. *Kwart. Geol.*, **4**: 933–934.
- RÓŹKOWSKI A., 2008 — Środowisko hydrogeologiczne utworów podłoża karbonu produktywnego w zapadlisku górnośląskim. *Prz. Geol.*, **6**: 490–494.
- RÓŹKOWSKI A., CHMURA A., 2001 — Wyniki badań poziomów zbiornikowych w otworze Goczałkowice IG-1. *Niepubl. Arch. OG Państw. Inst. Geol., Sosnowiec*.
- RÓŹKOWSKI A., PACHOLEWSKI A., 1973 — Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód mineralnych z utworów karbonu i trzeciorzędu dla Uzdrowiska Goczałkowice Zdrój. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Górnośląski, Sosnowiec*.
- RÓŹKOWSKI A., PRZEWŁOCKI K., 1974 — Application of stable environmental isotopes in mine hydrogeology taking Polish coal basins as an example. *Isotope Techniques in Groundwater Hydrology*, **1**: 481–502.
- SCHOENEICH K., 1971 — Wskaźniki naftoności w wodach Polski. *Nafta*, **4-6**: 154–157.

SUMMARY

The results of investigations of hydrogeological environment, performed in the Goczałkowice IG 1 borehole, demonstrated the occurrence of two types of reservoir rocks in the formations older than the Carboniferous coal-bearing deposits, and represented by sandstones and carbonates. These rocks generally show low open porosity (average 1.25%) and permeability of rock matrix, which is lower than 0.1 mD ($k = 10^{-7} - 10^{-9}$ m/s).

Groundwater in the Paleozoic aquifers is represented by highly mineralized, thermal, methane-rich brines of chloride-sodium-calcium type, with elevated iodide and bromide contents, which are characteristic for deep sedimentary basins. These are relict waters altered as a result of diagenesis of water-bearing strata.

On-site investigations in the Goczałkowice borehole did not confirm the presence of free methane nor oil in the reservoir rocks. Hydrochemical indices (I, Cl/Br, SO₄, SO₄/HCO₃ + CO₂) indicate the slight probability of occurrence of hydrocarbon deposits beneath the Upper Carboniferous strata.

Low reservoir parameters of the Lower Carboniferous, Devonian, Cambrian and Precambrian sediments, high geothermal gradient and high formation pressures create an environment which was not suitable for accumulation of hydrocarbon deposits.

The presented results of investigations conducted in the Goczałkowice IG 1 borehole may be affected by errors, which are difficult to estimate, due to both the drilling methods available in the late 1990s and the quality of equipment used.