

WYNIKI OPRÓBOWAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH

Celem opróbowania otworu wiertniczego Stadniki IG 1 było przebadanie poziomów zbiornikowych pod kątem możliwości zachowania się złóż węglowodorów.

Opróbowano sześć poziomów zbiornikowych próbnikami kablowymi typu OPT 7-10 oraz trzy poziomy próbnikami ru-

wymi typu Halliburton o średnicy 3 7/8" (fig. 29). Opróbowanie przeprowadzili pracownicy Zakładu Opróbowań i Cementowań Przedsiębiorstwa Geologicznego z Warszawy. Poziomy do badań zostały wytypowane na podstawie interpretacji karotaży geofizyki wiertniczej przez zespół pracowników Instytutu

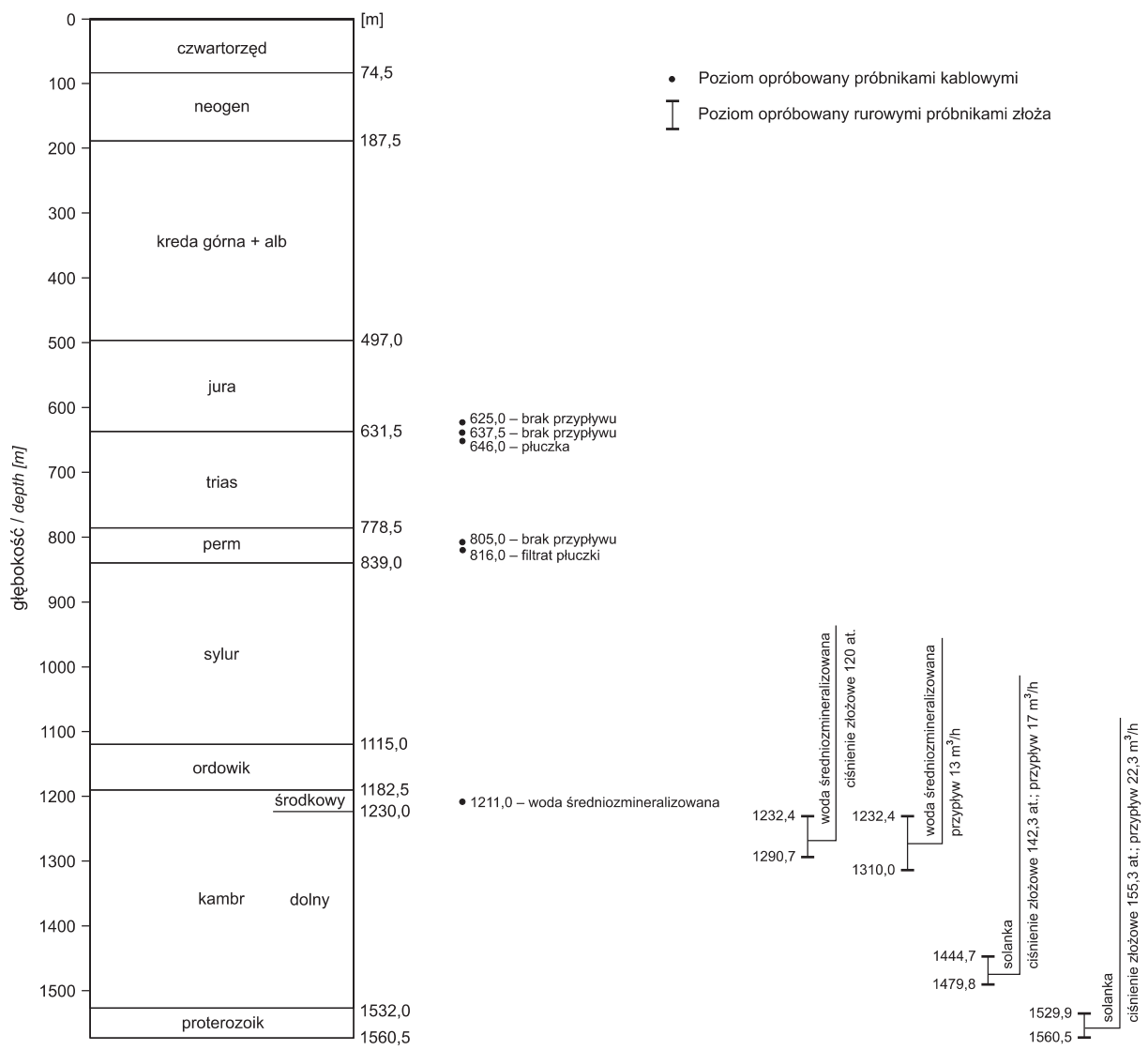


Fig. 29. Schemat opróbowania otworu wiertniczego Stadniki IG 1

Formations tested in the Stadniki IG 1 borehole

Geologicznego pod kierunkiem L. Bojarskiego. Analizy chemiczne wód wykonały H. Jasińska, T. Latoszyńska, W. Zielińska i B. Karolak w Głównym Laboratorium Instytutu Geologicznego, a analizy gazu M. Sztukowski w Pracowni Geochemii Bituminów Zakładu Geologii Ropy i Gazu Instytutu Geo-

logicznego. Nadzór nad opróbowaniem sprawował L. Bojarski. Podczas opróbowień próbnikiem kablowym dozór specjalistyczny w terenie pełnił J. Pazdro, a w trakcie badań przeprowadzanych próbnikami rurowymi A. Pęksa i W. Kowalczyk z Pracowni Metodyki Opróbowania Instytutu Geologicznego.

BADANIA WYKONANE PRÓBNIKIEM KABLOWYM

Opróbowanie przeprowadzono 29.06.1972 r. Podczas badań w otworze wiertniczym znajdowała się płuczka bentonitowa. Przebadano poziomy w utworach jury, triasu, permu i kambru środkowego. Zastosowany do badań próbnik nie był

w pełni sprawny (nieszczelny zawór), co uniemożliwiało określenie ciśnienia złożowego. Opróbowaniem nie stwierdzono w wodzie złożowej objawów bitumiczności. Wyniki opróbowania zestawiono w tabeli 13.

Tabela 13

Wyniki badań przeprowadzonych próbnikiem złożowym kablowym

Results of wireline formation tester

Stratygrafia	Głębokość [m p.p.t.]	Ilość wydobytego płynu [dm ³]	Rodzaj przypiływu	Czas badań [min]
Jura środkowa	625,0	0,0	–	10
Trias środkowy	637,5	0,0	–	10
Trias dolny	646,0	7,0	płuczka	10
Perm	805,0	0,0	–	10
Perm	816,0	0,5	filtrat płuczki	7
Kambr środkowy	1211,0	7,0	woda złożowa	10

Tabela 14

Wyniki analizy wody z poziomu 1211,0 m

Water analysis – 1211.0 m interval

Podczas zapięcia próbnika na głębokości 1211 m w piaskowcach kambru środkowego pobrano próbkę wody w celu wykonania analizy chemicznej. Wodę scharakteryzowano jako 0,31% wodę średnizmineralizowaną Cl–Na. Ciężar właściwy wody wynosił 1,0028 g/dm³, a pH = 7. Skład chemiczny wody przedstawiono w tabeli 14. Analiza spektralna wykazała obecność w wodzie Cu, Mo, Ba, Sr i Li, nie stwierdzono obecności As, Sn, Zn, Ag, Ni, Co, Cr, V i Ti. Wartość wskaźnika hydrochemicznego $\frac{r_{Na}}{r_{Cl}}$ – wynosząca 1,02 – wskazuje na znaczny wpływ na chemizm badanych wód złożowych – infiltrujących wód słabo zmineralizowanych.

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	900,00	39,15	75,06
K ⁺	34,00	0,87	1,67
Ca ²⁺	180,39	8,99	17,23
Mg ²⁺	36,36	2,99	5,73
Fe ²⁺	3,00	0,16	0,31
Suma	1153,50	51,29	100,000
Aniony			
Cl [–]	1360,96	38,39	77,58
Br [–]	1,90	0,02	0,05
HCO ₃ [–]	422,64	6,93	14,00
SO ₄ ^{2–}	198,80	4,14	08,37
Suma	1984,30	49,48	100,000

BADANIA WYKONANE RUROWYM PRÓBNIKIEM ZŁOŻA

Opróbowano następujące poziomy zbiornikowe:
 1232,4–1290,7 m – kambr dolny (ze względu na awarię
 powtórzono 1232,4–1310,0 m)
 1444,7–1479,8 m – kambr dolny
 1529,9–1560,5 m – proterozoik

Opróbowany poziom zbiornikowy 1232,4–1290,7 m –
 kambr dolny; piaskowce, nieliczne wkładki mułowca

Przyływ wody średnizmineralizowanej
 Średni przyływ $Q = 13 \text{ m}^3/\text{h}$
 Ciśnienie złożowe $P_z = 120,5 \text{ at}$

Badania przeprowadzono w dn. 12.07.1972 r. Uszczelniając próbnik zapięto w rurach o średnicy 6 i 5/8". Opróbowano poziom odsłonięty pod butem rur. Poziom opróbowano metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 30):

I okres przyływu: ciśnienie 99,5–111,0 at, czas 10 minut

I okres odbudowy ciśnienia: 111,0–120,5 at, czas 60 minut

II okres przyływu: ciśnienie 117,8–120,5 at, czas 30 minut

Podczas trwającego 40 minut sumarycznego okresu przyływu do przewodu wiertniczego nad próbnikiem wpłynęło $4,4 \text{ m}^3$ płynu. Objawów zgazowania nie obserwowano. Zwierciadło statyczne ustabilizowało się na głębokości 35 m poniżej powierzchni terenu. Ciśnienie złożowe wyniosło 120,5 at. Efektywny współczynnik przepuszczalności $k = 550 \text{ mD}$, a wskaźnik wydajności wyniósł $WW = 30 \text{ m}^3/24\text{h}/1\text{at}$. Promień zasięgu badania $r = 316 \text{ m}$. Niska wartość skin efektu wynosząca $s = 4$ świadczy o niewielkim uszkodzeniu strefy przyodwiertowej, możliwym do usunięcia poprzez prace intensyfikacyjne. Pobranie próbki wody złożowej w celu wykonania analizy nie było możliwe z powodu uszkodzenia próbnika. W celu pobrania próbki płynu w dn. 14–15.07.1972 r. ponownie zapuszczono próbnik, badając **poziom 1232,4–1310,0 m**. Podczas trwającego 20 minut przyływu do przewodu wiertniczego dopłynęło $4,35 \text{ m}^3$ wody. Średni przyływ podczas powtórnego zapuszczenia próbnika wyniósł $13 \text{ m}^3/\text{h}$, a zwierciadło statyczne stwierdzono na głębokości 45 m poniżej powierzchni terenu.

W dn. 15.07.1972 r. pobrano próbkę wody w celu wykonania analizy chemicznej. Wodę określono jako 0,8% wodę Cl-Na-Ca , I (tab. 15). Sucha pozostałość wynosiła $8 \text{ g}/\text{dm}^3$, ciężar właściwy $1,0063 \text{ g}/\text{cm}^3$, a $\text{pH} = 7$. Analiza spektralna wykazała obecność Li i Sr, nie wykryto Pb, Cu, Mn, Mo, Ba, As, Sn, Zn, Ag, Ni, Co, Cr, V i Ti.

Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{r\text{Cl}-r\text{Na}}{r\text{Mg}} = 3,07 \quad \frac{r\text{SO}_4 \times 100}{r\text{Cl}} = 13,07 \quad \frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 200,32$$

Występujące w opróbowanym poziomie wody średnizmineralizowane, pomimo niewielkiej mineralizacji, wykazują podwyższony stopień zmetamorfizowania.

Z przewodu wiertniczego nad próbnikiem pobrano wodę, z której w wyniku odgazowania uzyskano próbkę gazu. Dominującymi składnikami gazu są: azot – 72,11% obj. i dwutlenek węgla – 23% obj. Metan występuje w ilości 3,20% obj.

Stwierdzono obecność gazów szlachetnych, najwięcej argonu – 0,97% obj. (tab. 16).

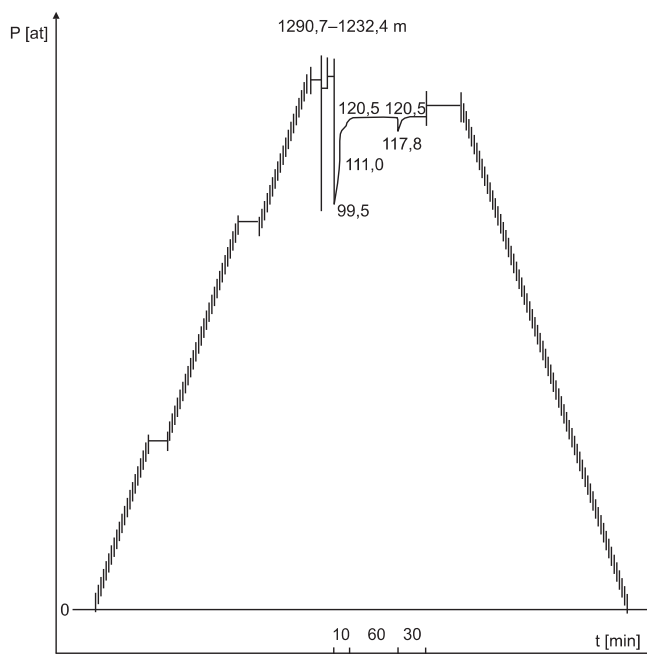


Fig. 30. Opróbowanie poziomu 1232,4–1290,7 m

Testing of 1232.4–1290.7 m interval

Tabela 15

Wyniki analizy wody z poziomu 1232,4–1310,0 m

Water analysis – 1232.4–1310.0 m interval

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	2000,00	87,00	61,70
K ⁺	73,00	1,87	1,33
Ca ²⁺	812,89	40,56	28,76
Mg ²⁺	137,11	11,28	8,00
Fe ²⁺	5,33	0,29	0,21
Suma	3028,33	141,00	100,00
Aniony			
Cl ⁻	4310,86	121,61	85,891
Br ⁻	21,52	0,27	0,190
I ⁻	7,38	0,06	0,410
HCO ₃ ⁻	229,43	3,76	2,656
SO ₄ ²⁻	763,11	15,86	11,221
Suma	5332,3	141,59	100,00

Tabela 16**Wyniki analizy gazu z poziomu 1232,0–1310,0 m**

Gas analysis – 1232.0–1310.0 m interval

Składniki	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	3,203 166	22,976309
C ₂ H ₆	0,006 492	0,087814
C ₂ H ₄	0,000 000	0,000000
C ₃ H ₈	0,002 196	0,043906
C ₃ H ₆	0,004 449	0,084000
C ₄ H ₁₀	0,002 818	0,075357
C ₄ H ₈	0,000 000	0,000000
C ₅ H ₁₂	0,004 091	0,137821
C ₅ H ₁₀	0,000 000	0,000000
C ₆ H ₁₄	0,000 000	0,000000
CO ₂	23,079 060	455,949913
N ₂	72,113 536	901,923990
O ₂	0,000 000	0,000000
H ₂	0,606 486	0,545231
He	0,008 859	0,015946
Ar	0,968 847	17,284239
Suma	100,000 000	1399,125425

Poziom zbiornikowy 1444,7–1479,8 m – kambr dolny;
piaskowce

Przypływ solanki

Średni przypływ $Q = 17 \text{ m}^3/\text{h}$

Ciśnienie złożowe $P_z = 142,3 \text{ at}$

Badania przeprowadzono w dn. 27–28.07.1972 r. Uszczelniając próbnika zapięto w otworze niezarzuwanym. Poziom opróbowano metodą jednokrotnego odcięcia przypływu (fig. 31):

I okres przypływu: ciśnienie 36,9–138,2 at, czas 17 minut

I okres odbudowy ciśnienia: 138,2–142,3 at, czas 20 minut

Podczas trwającego 17 minut przypływu do przewodu wiertniczego ponad próbnikiem wpłynęło $4,8 \text{ m}^3$ solanki. Objawów zgazowania nie obserwowano. Zwierciadło statyczne solanki ustabilizowało się na głębokości 59 m poniżej terenu. Przypływ wyniósł ok. $17 \text{ m}^3/\text{h}$. Ciśnienie złożowe wynosiło 142,3 at. Efektywny współczynnik przepuszczalności wyniósł $k = 260 \text{ mD}$,

a wskaźnik wydajności otworu WW = $108 \text{ m}^3/24\text{h}/\text{lat}$. Wartość skin efektu ujemna, wynosząca $s = -2,4$ świadczy, że badany poziom nie jest uszkodzony. Promień zasięgu badania wyniósł 124 m.

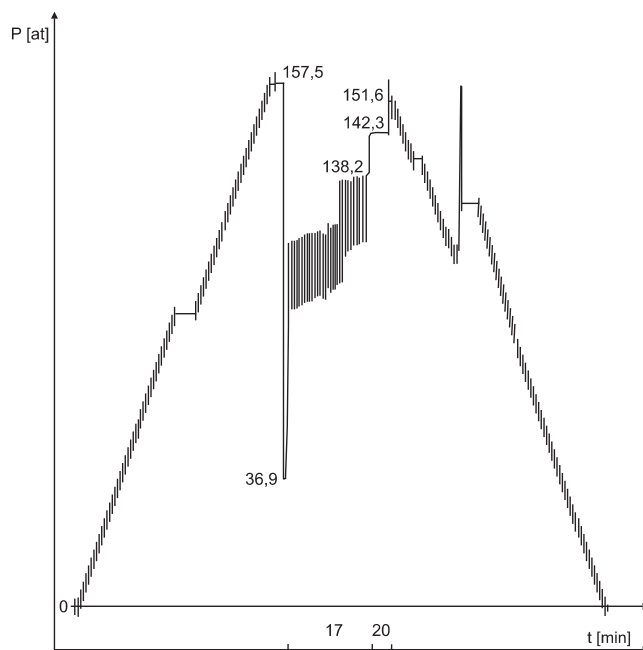
W dn. 28.07.1972 r. pobrano próbkę solanki w celu wykonania analizy chemicznej. Solankę scharakteryzowano jako 3,55% solankę typu Cl–Na–Ca, Fe, I (tab. 17). Sucha pozostałość wynosiła $35,5 \text{ g/dm}^3$, ciężar właściwy $1,0264 \text{ g/cm}^3$, a pH = 6. Analiza spektralna wykazała obecność Sr i Li, nie wykryto As, Sn, Zn, Ag, Ni, Co, Cr, V i Ti. Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{r\text{Na}}{r\text{Cl}} = 0,58 \quad \frac{r\text{Cl} - r\text{Na}}{r\text{Mg}} = 4,05$$

$$\frac{r\text{SO}_4 \times 100}{r\text{Cl}} = 6,29 \quad \frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 143,27$$

Wartości wskaźników są charakterystyczne dla wód w znacznym stopniu zmetamorfizowanych, występujących w poziomach izolowanych od powierzchni terenu.

Z odgazowania pobranej z przewodu wiertniczego solanki uzyskano gaz zawierający głównie azot w ilości 92,98% obj., dwutlenek węgla w ilości 4,63% obj. oraz argon w ilości 1,35% obj. Węglowodory występują w ilości zaledwie 0,21% obj. (tab. 18).

**Fig. 31. Opróbowanie poziomu 1444,7–1479,8 m**

Testing of 1444.7–1479.8 m interval

Tabela 17**Wyniki analizy wody z poziomu 1444,7–1479,8 m**

Water analysis – 1444.7–1479.8 m interval

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	7 500,00	326,25	55,54
K ⁺	230,00	5,88	1,00
Ca ²⁺	3 927,00	195,96	33,36
Mg ²⁺	701,88	57,74	9,83
Fe ²⁺	30,00	1,61	0,27
Suma	12 388,88	587,44	100,000
Aniony			
Cl ⁻	19 850,82	559,99	93,31
Br ⁻	138,55	1,73	0,29
I ⁻	5,28	0,04	0,00
HCO ₃ ⁻	193,21	3,17	0,53
SO ₄ ²⁻	1 691,68	35,22	5,78
Suma	21 879,54	600,15	100,00

Poziom zbiornikowy 1529,9–1560,5 m – kambr dolny; piaskowce, mezoproterozoik; gnejsy

Przyływ solanki

Średni przyływ Q = 22,3 m³/hCiśnienie złożowe P_z = 155,3 at

Badania przeprowadzono w dn. 15.08.1972 r. Uszczelniając próbnika zapięto w otworze niezarurowanym. Poziom opróbowano metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 32):

I okres przyływu ciśnienie: 122,1–136,9 at, czas 5 minut

I okres odbudowy ciśnienia: 136,9–159,4 at, czas 30 minut

II okres przyływu: ciśnienie: 139,9–151,7 at, czas 10 minut

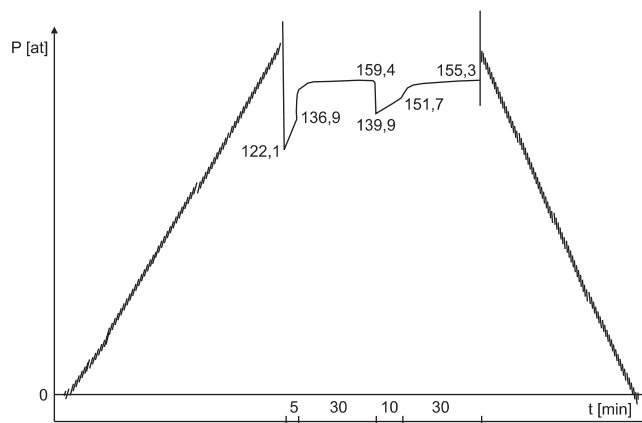
II okres odbudowy ciśnienia: 151,7–155,3 at, czas 30 minut

Podczas łącznego, trwającego 15 minut I i II okresu przyływu, do przewodu wiertniczego ponad próbnikiem wpłynęło 5,58 m³ solanki. Objawów zgazowania w trakcie przyływu nie obserwowano. Zwierciadło statyczne solanki ustabilizowało się na głębokości 85 m p.p.t. Przyływ wyniósł 22,3 m³/h. Ciśnienie złożowe ustabilizowało się na wartości 155,3 at. Efektywny współczynnik przepuszczalności wyniósł k = 582 mD, a wskaźnik wydajności otworu WW = 123 m³/24h/1at. Wartość skin efektu wynosząca s = -4,85 świadczy, że opróbowany poziom nie został uszkodzony. Promień zasięgu badania wyniósł 443 m. Właściwości zbiornikowe opróbowanego poziomu określono jako bardzo dobre.

Tabela 18**Skład chemiczny solanki z poziomu 1444,7–1479,8 m**

Brine chemical composition – 1444.7–1479.8 m interval

Składniki	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	0,168509	1,208717
C ₂ H ₆	0,012317	0,166606
C ₂ H ₄	0,004158	0,052509
C ₃ H ₈	0,006726	0,134466
C ₃ H ₆	0,010580	0,201906
C ₄ H ₁₀	0,008808	0,235475
C ₄ H ₈	0,000419	0,010839
C ₅ H ₁₂	0,004091	0,033077
C ₅ H ₁₀	0,000981	0,000000
C ₆ H ₁₄	0,000000	0,000000
CO ₂	0,000000	91,568263
N ₂	92,979875	0,000000
H ₂	0,635480	0,571297
He	0,189356	0,340841
Ar	1,347831	24,045312
Suma	100,000000	1281,468583

**Fig. 32. Opróbowanie poziomu 1529,9–1560,5 m**

Testing of 1529.9–1560.5 m interval

Pobraną podczas opróbowania z przewodu wiertniczego solankę określono jako 3,47% solankę typu Cl–Na–Ca, Fe (tab. 19). Sucha pozostałość wynosiła 34,0 g/dm³, ciężar właściwy 1,0287 g/cm³, a pH = 6. Analiza spektralna wykazała obecność Pb, Sr i Li i Mn, nie wykryto Zn, As, Cu, Ni, Y, Cr, Mo i Ba.

Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{rNa}{rCl} = 0,57 \quad \frac{rCl - rNa}{rMg} = 3,80$$

$$\frac{rSO_4 \times 100}{rCl} = 5,16 \quad \frac{Cl}{Br} = 144,60$$

Podobnie jak w poziomie wyższym, wartości wskaźników hydrochemicznych wskazują na występowanie wód w znacznym stopniu zmetamorfizowanych, izolowanych od powierzchni terenu.

Z odgazowania pobranej podczas opróbowania solanki uzyskano gaz zawierający głównie azot w ilości 78,72% obj., wodór w ilości 12,23% obj., dwutlenek węgla w ilości 7,50% obj. oraz argon w ilości 1,33% obj. Węglowodory występują w ilości zaledwie 0,158663% obj. (tab. 20).

Tabela 19

Skład chemiczny solanki z poziomu 1529,9–1560,5 m

Brine chemical composition – 1529.9–1560.5 m interval

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	7 500,00	326,25	53,99
K ⁺	235,00	6,01	0,99
Ca ²⁺	4 135,27	206,35	34,14
Mg ²⁺	790,95	65,06	10,77
Fe ²⁺	12,00	0,64	0,11
Suma	12 673,22	604,31	100,000
Aniony			
Cl ⁻	20 318,58	573,19	94,57
Br ⁻	140,52	1,76	0,29
I ⁻	0,00	0,00	0,00
HCO ₃ ⁻	97,43	1,60	0,26
SO ₄ ²⁻	1 420,02	29,56	4,88
Suma	21 976,55	606,11	100,00

Tabela 20

Analiza gazu pobranego z poziomu 1529,9–1560,5 m

Gas analysis – 152.9–1560.5 m interval

Składniki	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	0,127810	0,916784
C ₂ H ₆	0,011123	0,150445
C ₂ H ₄	0,001247	0,0157446
C ₃ H ₈	0,005861	0,117180
C ₃ H ₆	0,000838	0,015998
C ₄ H ₁₀	0,006361	0,170057
C ₄ H ₈	0,000000	0,000000
C ₅ H ₁₂	0,005423	0,182816
C ₅ H ₁₀	0,000000	0,000000
C ₆ H ₁₄	0,000000	0,000000
CO ₂	7,495636	148,083791
O ₂	0,000000	0,000000
N ₂	78,723871	984,599445
H ₂	12,225594	10,990809
He	0,067743	0,121938
Ar	1,328493	23,700322
Suma	100,000 000	1 169,065331

PODSUMOWANIE

Wszystkie przebadane rurowymi próbnikami złoża poziomy kambru charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami kolektorskimi. Przepuszczalność piaskowców kambryjskich jest wysoka, zawiera się w granicach 260–582 mD. Powyższą ocenę potwierdzają uzyskane przyprływy wód złożowych w granicach 13,0–22,3 m³/h. Ciśnienia złożowe w przedziale 120,5–155,3 at są zbliżone do ciśnień hydrosta-

tycznych. Mineralizacja ogólna wód (wyrażona jako sucha pozostałość) wzrasta wraz z głębokością i wynosi odpowiednio:

głębokość 1211,0 m p.p.t. – 3,1 g/dm³;
 głębokość 1232,7 m p.p.t. – 8,0 g/dm³;
 głębokość 1444,7 m p.p.t. – 35,5 g/dm³;
 głębokość 1529,9 m p.p.t. – 34,0 g/dm³.

Podobnie układa się zmienność metamorfizmu wód. Wskaźnik hydrochemiczny, określający stopień zmetamorfizowania wód maleje wraz z głębokością:

głębokość 1211,0 m p.p.t. – wskaźnik 1,02;

głębokość 1232,7 m p.p.t. – wskaźnik 0,72;

głębokość 1444,7 m p.p.t. – wskaźnik 0,58;

głębokość 1529,9 m p.p.t. – wskaźnik 0,57.

Na podstawie przeprowadzonych badań hydrogeologicznych warunki dla zachowania się złóż bituminów, pomimo bardzo dobrych właściwości zbiornikowych opróbowanych

poziomów, ocenia się negatywnie. Pomimo występowania powyżej utworów kambryjskich serii uszczelniających – skał ordowiku i syluru, zachodzi wymiana wód od brzegów basenu ku jego części centralnej. Wpływ infiltracji wód słabo zmineralizowanych w spągowych partiach utworów kambru znacząca się w mniejszym stopniu, niż w partiach wyższych. Przeprowadzone opróbowanie hydrogeologiczne poziomów zbiornikowych, zarówno próbnikami kablowymi jak i rurowymi, nie wykazało objawów bitumiczności.