

OPRÓBOWANIE HYDROGEOLOGICZNE POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH

OTWÓR WIERTNICZY NAROL IG 1

W otworze wiertniczym Narol IG 1 opróbowano poziomy zbiornikowe kambru górnego, jury środkowej i kredy dolnej (fig. 64). Celem opróbowania była ocena możliwości zachowania się złóż węglowodorów w utworach kambru górnego i jury środkowej oraz charakterystyka poziomu wodonośnego kredy dolnej pod kątem występowania wód, których wskaźniki hydrodynamiczne i hydrochemiczne umożliwiłyby ich zastosowanie w balneoterapii lub rekreacji. Badania przeprowadzono rurowymi próbnikami złoża typu KII-2M-95, z wyjątkiem poziomu 1375,0–1405,0 m, który przebadano próbnikiem typu KII-2M-146. Opróbowania poszczególnych poziomów wykonywano podczas wiercenia otworu oraz po zakończeniu prac wiertniczych. Podczas wiercenia opróbowano coraz głębsze poziomy kambryjskie – począwszy od najpłytszego poziomu na głęb. 3260,7–3308,0 m. Po zakończeniu wiercenia opróbowano poziom środkowojurajski, a po likwidacji dolnej partii otworu – poziom dolnokredowy. Przebieg opróbowania przedstawiono nie w kolejności wykonywanych badań, lecz od poziomu najstarszego.

Poziomy zbiornikowe do badań wytypowali L. Bojarski i J. Szewczyk z Instytutu Geologicznego. Nadzór nad opróbowaniem sprawował L. Bojarski, zaś specjalistyczny dozór w terenie pełnili A. Sokołowski i Z. Sowiński. Badania próbnikami przeprowadziła ekipa Zakładu Poszukiwania Nafty i Gazu w Wołominie. Analizy chemiczne wód wykonano w Laboratorium Zakładu Geochemii i Chemii Analitycznej Państwowego Instytutu Geologicznego (analitycy: E. Górecka, D. Wyraz i A. Chabło), zaś analizy gazu – w Laboratorium Przedsiębiorstwa Poszukiwania Nafty i Gazu w Pile (analitycy: M. Dąbrowska, K. Ruczyński i J. Szymański).

Poziom 3366,0–3404,0 m; kambry górny – piaskowce, mułowce

Wynik:
brak przyływu,
ciśnienie złożowe $P_z = 34,61$ MPa.

Opróbowanie przeprowadzono 29–30.07.1987 r. Paker próbnika zapięto w otworze bosym o średnicy 143 mm na

głęb. 3366,0 m. Otwór był zarurowany rurami o średnicy 168,3 mm do głęb. 2810,0 m. Badano poziom odsłonięty pomiędzy pakerem a spodem otworu. Końcowa głębokość otworu wynosiła 3404,0 m.

Badany poziom przewiercano 13–23.07.1987 r. przy użyciu płuczki bentonitowo-skrobiowej o gęstości $1,20$ g/cm³, wiskozie 40, filtracji 2,8, pH = 9,2 i zasoleniu 176. Zastosowano zalewkę wodną, zalewając 1200 m przewodu wiertniczego ponad próbnikiem. Opróbowanie przeprowadzono metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 65). Ciśnienie hydrostatyczne wynosiło 39,03 MPa.

I okres przyływu: ciśnienie 11,96–12,06 MPa, czas 62 min.
I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 12,06–34,61 MPa, czas 115 min.

Podczas opróbowania w okresie przyływu nie zaobserwowano wpływu powietrza na głowicy. Stwierdzono całkowity brak przyływu, jak również brak objawów bitumiczności. Przepuszczalność badanego poziomu określono jako niską. Ciśnienie złożowe ustabilizowano na wartości 34,61 MPa, czemu odpowiada gradient ciśnienia 0,103 MPa/10 m. Po zakończeniu opróbowania część spągową otworu zlikwidowano korkami cementowymi założonymi na głęb. 3150–3250; 3020–3070; 2780–2850 i 1975–2000 m.

Poziom 3315,0–3361,0 m; kambry górny – mułowce, piaskowce

Wynik:
brak przyływu,
ciśnienie denne $P_d = 19,94$ MPa.

Badany poziom przewiercano 13–26.06.1987 r. przy użyciu płuczki o gęstości $1,24$ g/cm³, wiskozie 38 i filtracji 2,5. Opróbowanie wykonano 1–3.07.1987 r. Paker próbnika zapięto pod butem kolumny rur o średnicy 168,3 mm w otworze bosym o średnicy 143 mm na głęb. 3315,0 m. Głębokość otworu podczas opróbowania wynosiła 3361,0 m. Zastosowano zalewkę wodną, zalewając 1500 m przewodu wiertniczego nad próbnikiem. Opróbowanie przeprowadzono

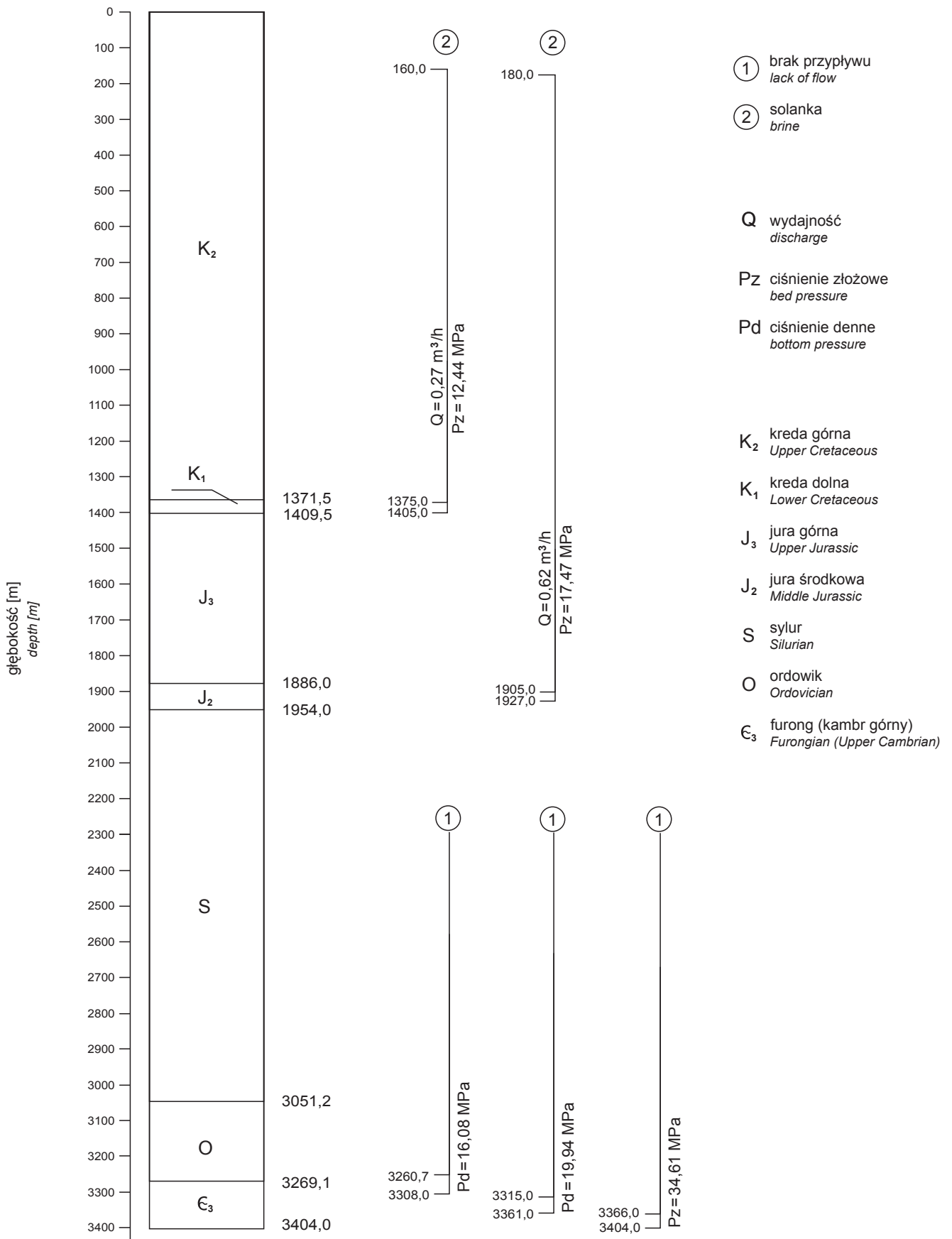


Fig. 64. Schemat opróbowania otworu wiertniczego Narol IG 1

Testing scheme of Narol IG 1 borehole

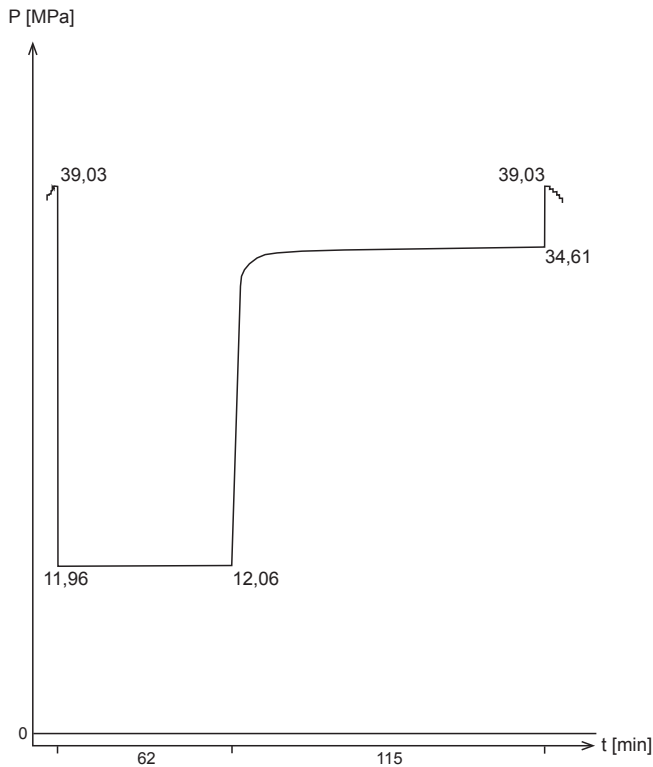


Fig. 65. Opróbowanie poziomu 3366,0–3404,0 m (otwór wiertniczy Narol IG 1)

Testing of 3366.0–4404.0 m interval (Narol IG 1 borehole)

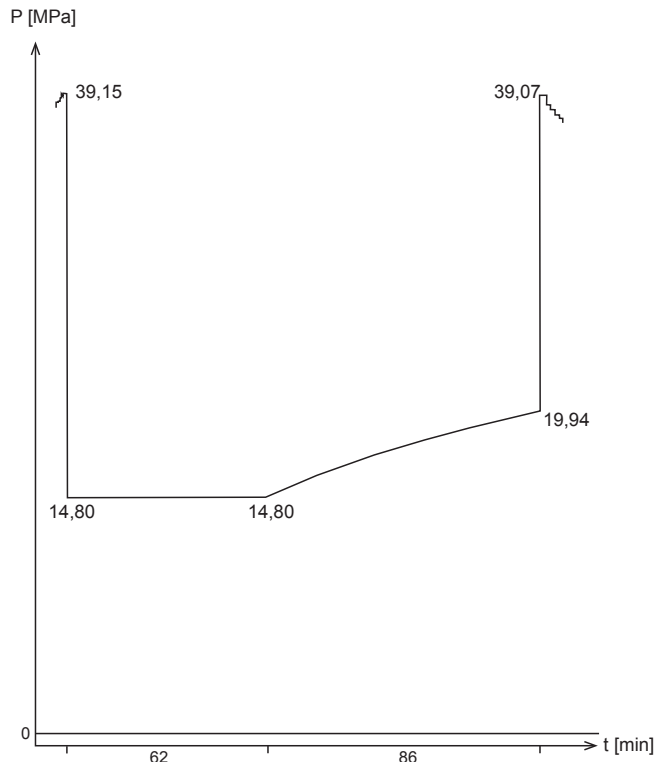


Fig. 66. Opróbowanie poziomu 3315,0–3361,0 m (otwór wiertniczy Narol IG 1)

Testing of 3315.0–3361.0 m interval (Narol IG 1 borehole)

metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 66). Ciśnienie hydrostatyczne wynosiło 39,15 MPa.

I okres przyływu: ciśnienie 14,80–14,80 MPa, czas 62 min.
I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 14,80–19,94 MPa, czas 86 min.

Podczas okresu przyływu na głowicy nie zaobserwowano objawów wypływu powietrza. Stwierdzono całkowity brak przyływu, nie stwierdzono również objawów bitumiczności. Przepuszczalność opróbowanego poziomu określono jako niską. Krzywa wzrostu ciśnienia nie nadaje się do ekstrapolacji, stąd podano jedynie ciśnienie denne – nieustabilizowane, którego wzrost notowano do wartości 19,94 MPa.

Poziom 3260,7–3308,0 m; kambry górny + ordowik – mułowce z wkładkami piaskowców

Wynik:
brak przyływu,
ciśnienie denne $P_d = 16,08$ MPa.

Badany poziom przewiercano 2–13.06.1987 r., stosując płuczkę o gęstości $1,29$ g/dm³, wiskozie 39, filtracji 27 i pH = 9. Opróbowanie przeprowadzono 16–17.06.1987 r. Paker próbnika zapięto na głęb. 3260,7 m pod butem kolumny rur o średnicy 168,3 mm w otworze bosym o średni-

cy 143 mm. Głębokość otworu podczas badań wynosiła 3308,0 m. Opróbowanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 67). Ciśnienie hydrostatyczne wynosiło 39,81 MPa.

I okres przyływu: ciśnienie 15,10–15,10 MPa, czas 36 min.
I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 15,10–15,69 MPa, czas 40 min.
II okres przyływu: ciśnienie 14,90–14,90 MPa, czas 50 min.
II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 14,90–16,08 MPa, czas 41 min.

Podczas opróbowania przewód wiertniczy był zalany na odcinku 1500 m wodą zwykłą. Na głowicy nie zaobserwowano żadnych objawów przyływu, nie stwierdzono również objawów bitumiczności. Krzywa odbudowy ciśnienia dennego nie nadaje się do ekstrapolacji, jej kształt nie pozwala na określenie ciśnienia złożowego. Przepuszczalność badanego poziomu oceniono jako bardzo niską. Jedynym parametrem określonym podczas opróbowania było ciśnienie denne nieustabilizowane wynoszące 16,08 MPa.

Należy nadmienić, że opróbowanie przeprowadzono w dwóch cyklach. Ponieważ na głowicy nie zaobserwowano wypływu powietrza nawet w momencie otworzenia zaworu, dla upewnienia się co do skuteczności zapięcia pake- ra odpięto go po I okresie odbudowy, tzn. w 76 minucie zabiegu, i zapięto ponownie po 5 minutach. W drugim cyklu również nie obserwowano wypływu powietrza na głowicy.

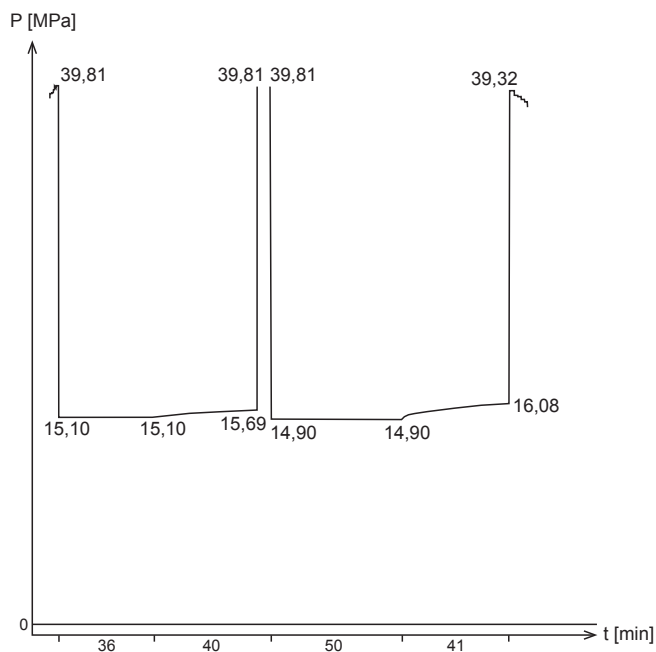


Fig. 67. Opróbowanie poziomu 3260,7–3308,0 m (otwór wiertniczy Narol IG 1)

Testing of 3260.7–3308.0 m interval (Narol IG 1 borehole)

Przerwa w opróbowaniu jest wyraźnie widoczna na wykresie, gdy ciśnienie powraca do wartości 39,81 MPa, czyli do wartości ciśnienia hydrostatycznego.

Poziom 1905,0–1927,0 m; jura środkowa – piaskowce, wapienie

Wynik:

przyływ solanki;

sucha pozostałość $S_p = 70,96 \text{ g/dm}^3$;

wydajność $Q = 0,62 \text{ m}^3/\text{h}$;

ciśnienie złożowe $P_z = 17,47 \text{ MPa}$.

Badany poziom zbiornikowy przewiercono 3–5.09.1986 r. Stosowano płuczkę bentonitowo-skrobiową o gęstości $1,20 \text{ g/dm}^3$, wiskozie 55, filtracji 5 i $\text{pH} = 9$. Opróbowanie przeprowadzono 2–3.09.1987 r. Badano poziom udostępniony poprzez perforację bezpociskową rur o średnicy 168,3 mm. Rury perforowano w dn. 1.09.1987 r. w interwale głęb. 1905,0–1927,0 m, oddając 10 strzałów/1 m b., tzn. łącznie 220 strzałów. Paker próbnika zapięto w rurach o średnicy 168,3 mm, na głęb. 1869,0 m. Zastosowano zalewkę wodną – zalano 315 m przewodu wiertniczego nad próbnikiem. Opróbowanie przeprowadzono metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 68). Ciśnienie hydrostatyczne wynosiło 21,57 MPa.

I okres przyływu: ciśnienie 3,82–10,42 MPa, czas 360 min.

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 10,42–17,47 MPa, czas 240 min.

Tabela 28

Skład chemiczny solanki pobranej z głębokości 1905,0–1927,0 m (otwór wiertniczy Narol IG 1)

Results of chemical analysis of brine sampled at 1905.0–1927.0 m interval (Narol IG 1 borehole)

Składnik Compound	Zawartość/ Amount		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[% mval]
Kationy/ Cations			
Ca ²⁺	3550	177	15,74
Mg ²⁺	538	44,3	3,93
Fe ^T	0,86	0,0462	0,00
Mn ²⁺	0,07	0,00255	0,00
Sr ²⁺	91,4	2,09	0,19
Cu ²⁺	0,07	0,0022	0,00
Pb ²⁺	<0,1	0,000965	0,00
Ni ²⁺	<0,1	0,00341	0,00
Zn ²⁺	1,1	0,0337	0,00
Na ⁺	15900	692	61,46
K ⁺	8200	210	18,63
Li ⁺	3,88	0,559	0,05
Razem Cations total	28285,38	1126,04	100,00
Aniony/ Anions			
Cl ⁻	37000	1040	93,86
SO ₄ ²⁻	2920	60,8	5,47
HCO ₃ ⁻	98	1,61	0,14
CO ₃ ²⁻	144	4,8	0,43
Br ⁻	64	0,801	0,07
I ⁻	29,7	0,234	0,02
F ⁻	1,16	0,0611	0,01
Razem Anions total	40256,86	1108,31	100,000
Łącznie/ Total	68542,24	–	–

Podczas okresu przyływu na głowicy obserwowano słaby, jednostajny wypływ powietrza. W wyniku opróbowania uzyskano przyływ solanki bez śladów bituminów. Średni przyływ określono na $0,62 \text{ m}^3/\text{h}$. Jak wyliczono na podstawie interpretacji wyników badań zwierciadło statyczne solanki prawdopodobnie znajduje się na głębokości ok. 180 m. Zwierciadło solanki nieustabilizowane stwierdzono w przewodzie wiertniczym na głęb. 1160 m. Ustabilizowano ciśnienie złożowe, którego wartość wynosi 17,47 MPa. Wartości tej odpowiada gradient ciśnienia $0,092 \text{ MPa}/10 \text{ m}$.

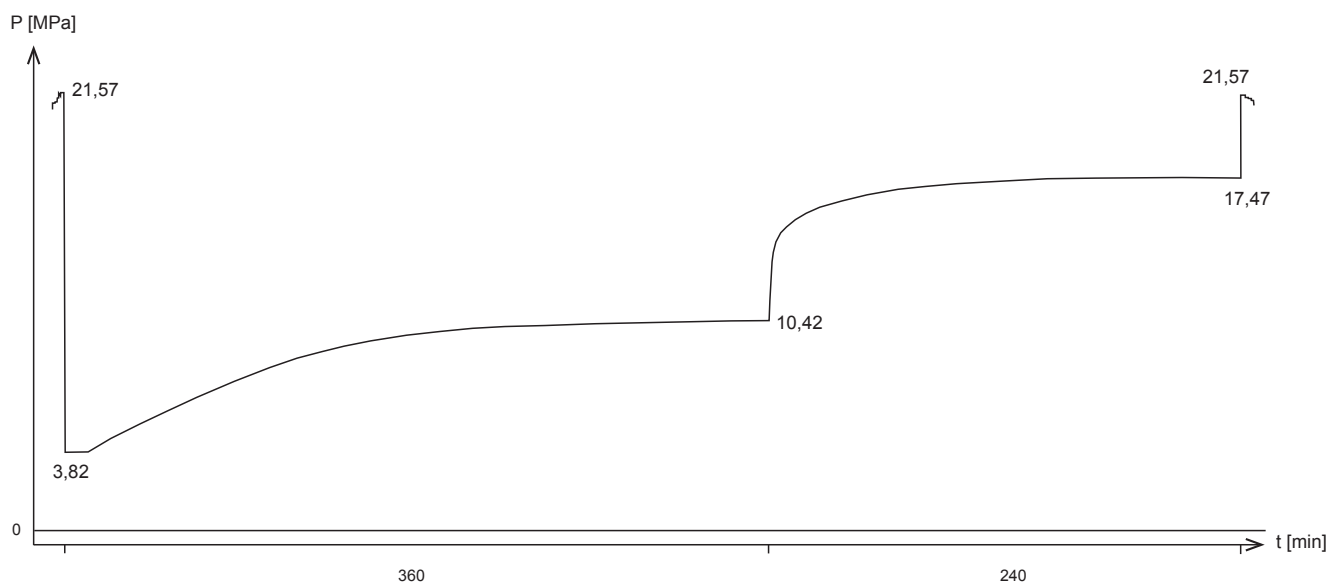


Fig. 68. Opróbowanie poziomu 1905,0–1927,0 m (otwór wiertniczy Narol IG 1)

Testing of 1905.0–1927.0 m interval (Narol IG 1 borehole)

Tabela 29

Skład chemiczny gazu pobranego z głęb. 1905,0–1927,0 m (otwór wiertniczy Narol IG 1)

Results of chemical analysis of gas sampled at 1905.0–1927.0 m interval (Narol IG 1 borehole)

Składnik Compound	Zawartość [% obj.] Amount
CH ₄	40,6491
C ₂ H ₆	1,7330
C ₃ H ₈	0,3591
izo-C ₄ H ₁₀	0,0735
n-C ₄ H ₁₀	0,0522
izo-C ₅ H ₁₂	ślady
n-C ₅ H ₁₂	ślady
C ₆ H ₁₄	0,0000
O ₂	0,0000
N ₂	56,6197
H ₂	0,4285
He	0,0849
H ₂ S	0,0000
Razem/ Total	100,0000

Wodę scharakteryzowano jako 7,1% solankę chlorkowo-sodową, jodkową (tab. 28). Sucha pozostałość solanki wynosi 70,96 g/dm³, a ciężar właściwy – 1,049 g/cm³.

Anion jodkowy występuje w ilości 29,7 mg/dm³. Solanka zawiera dużą ilość jonu potasowego występującego w ilości 8200 mg/dm³, co stanowi 18,6% miliwali. Wartości wskaźników hydrochemicznych wynoszą: rNa/rCl = 0,67; rSO₄ · 100/rCl = 5,85 i rCl – rNa/rMg = 7,86. Wartość wskaźnika sodowo-chlorkowego świadczy o dobrej i długotrwałej izolacji poziomu od powierzchni terenu, o znikomym przepływie filtracyjnym i o daleko posuniętym procesie metamorfizmu wód. Na zmetamorfizowanie wód wskazuje również niska wartość wskaźnika siarczanowego. Strefa występowania takich wód jest perspektywiczna dla złóż bituminów. Wysoka wartość wskaźnika rCl – rNa/rMg również wskazuje na możliwość występowania w pobliżu złóż ropy naftowej i gazu ziemnego.

Z odgazowania solanki uzyskano próbkę gazu. Jest to gaz ziemny zaazotowany o dużej zawartości metanu, występującego w ilości 40,65% obj. (tab. 29).

Opróbowany poziom zbiornikowy zamknięto korkami cementowymi na głęb. 1880–1950 i 1432–1500 m.

Poziom 1375,0–1405,0 m; kreda dolna – wapienie

Wynik:

przyływ solanki;
sucha pozostałość Sp = 79,6 g/dm³;
wydajność Q = 0,27 m³/h;
ciśnienie złożowe Pz = 12,44 MPa.

Opróbowany poziom przewiercano 10–13.07.1986 r. Stosowano płuczkę o następujących parametrach: gęstość 1,17 g/dm³, wiskoza 58, filtracja 6,5 oraz pH = 9. Poziom opróbowano 9–11.09.1987 r. Poziom zbiornikowy udostępniono do badań, wykonując 7.09.1987 r. perforację bez-

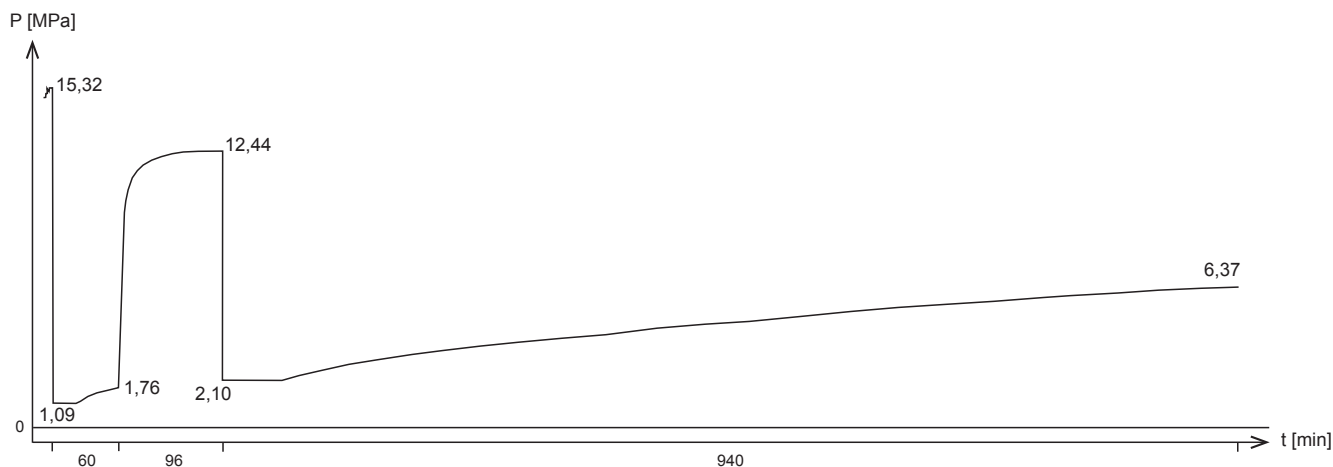


Fig. 69. Opróbowanie poziomu 1375,0–1405,0 m (otwór wiertniczy Narol IG 1)

Testing of 1375.0–1405.0 m interval (Narol IG 1 borehole)

pociskową rur o średnicy 244,5 mm w interwale głęb. 1375,0–1405,0 m. Oddano 10 strzałów/1 m b., tzn. łącznie 300 strzałów. Paker próbnika zapięto w rurach o średnicy 244,5 mm na głęb. 1341,0 m. Zalewki podczas badań nie stosowano. Opróbowanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 69). Ciśnienie hydrostatyczne wynosiło 15,32 MPa.

I okres przyływu: ciśnienie 1,09–1,76 MPa, czas 60 min.
I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 1,76–12,44 MPa, czas 96 min.

II okres przyływu: 2160 min (czas pracy zegara 940 min), ciśnienie 2,10–6,37 MPa.

Podczas okresów przyływu na głowicy obserwowano słaby, stopniowo malejący wypływ powietrza. Wypływ ten ustał po 31 godzinach przyływu. Po wyciągnięciu próbnika stwierdzono przyływ 8,3 m³ solanki bez śladów biu-miczności. Średni przyływ określono na 0,27 m³/h. Ciśnienie złożowe ustabilizowało się na wartości 12,44 MPa, czemu odpowiada gradient ciśnienia 0,091 MPa/10 m. Jak wyliczono, zwierciadło statyczne solanki prawdopodobnie znajduje się na głębokości ok. 160 m.

Wodę określono jako 8% solankę chlorkowo-sodową, fluorkową, jodkową (tab. 30). Sucha pozostałość solanki wynosi 79,6 g/dm³, ciężar właściwy 1,056 g/cm³, a pH = 6,7. Wartości wskaźników hydrochemicznych wynoszą: rNa/rCl = 0,82; rSO₄·100/rCl = 3,37 i rCl – rNa/rMg = 2,26. Wartości wskaźników hydrochemicznych świadczą o daleko posuniętym metamorfizmie badanych wód i znikomym dopływie wód z wyższych poziomów wodonośnych.

Z odgazowania solanki uzyskano próbkę gazu (tab. 31). Gaz jest mieszaniną gazu ziemnego zaazotowanego i gazu pochodzącego z fermentacji płuczki wiertniczej, na co wskazuje znaczna ilość wodoru – ponad 21% obj. Nie wyklucza się migracji gazu z głębszych poziomów wodonośnych jury środkowej.

Tabela 30

Skład chemiczny solanki pobranej z głębokości 1375,0–1405,0 m (otwór wiertniczy Narol IG 1)

Results of chemical analysis of brine sampled at 1375.0–1405.0 m interval (Narol IG 1 borehole)

Składnik Compound	Zawartość/ Amount		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy/ Cations			
Ca ²⁺	3 390	169	12,46
Mg ²⁺	1 290	106	7,82
Fe ²⁺	0,74	0,0398	0,00
Mn ²⁺	0,65	0,0237	0,00
Sr ²⁺	101	2,31	0,17
Cu ²⁺	<0,08	0,00252	0,00
Pb ²⁺	<0,2	0,00193	0,00
Ni ²⁺	<0,2	0,00681	0,00
Zn ²⁺	1,43	0,0438	0,00
Na ⁺	24 500	1070	78,52
K ⁺	529	13,5	1,00
Li ⁺	2,76	0,398	0,03
Razem/ Cations total	29 815,58	1 361,33	100,00
Aniony/ Anions			
Cl ⁻	46 300	1310	96,34
SO ₄ ²⁻	2 130	44,2	3,26
HCO ₃ ⁻	317	5,2	0,38
Br ⁻	<1	0,0125	0,00
I ⁻	2,41	0,19	0,01
F ⁻	2,34	0,123	0,01
Razem/ Anions total	48 751,75	1 359,73	100,00
Łącznie/ Total	78 567,33	–	--

Tabela 31

**Skład chemiczny gazu pobranego z głęb. 1375,0–1405,0 m
(otwór wiertniczy Narol IG 1)**

Results of chemical analysis of gas sampled at 1375.0–1405.0 m interval (Narol IG 1 borehole)

Składnik Compound	Zawartość [% obj.] Amount
CH ₄	26,3055
C ₂ H ₆	1,5442
C ₃ H ₈	1,9793
izo-C ₄ H ₁₀	0,5770
n-C ₄ H ₁₀	1,8690
izo-C ₅ H ₁₂	1,1625
n-C ₅ H ₁₂	0,9137
C ₆ H ₁₄	0,0000
O ₂	0,0000
N ₂	44,4332
H ₂	21,2156
He	ślady
H ₂ S	0,0000
Razem/ Total	100,0000

Uwagi końcowe. Utwory kambru górnego z otworu wiertniczego Narol IG 1 charakteryzują się słabymi właściwościami zbiornikowymi. W wyniku opróbowania stwierdzono całkowity brak przyływu i brak objawów bitumiczności. Gradient ciśnienia złożowego wynosi 0,103 MPa/10 m. Warstwy te cechują się znikomą przepuszczalnością.

Utwory jury środkowej odznaczają się średnimi właściwościami zbiornikowymi, o czym świadczy wartość przyływu wynosząca 0,62 m³/h przy niskim gradientcie ciśnienia złożowego 0,092 MPa/10 m. Tym niemniej istnieją w tych utworach warunki umożliwiające występowanie węglowodorów, na co wskazują wartości wskaźników hydrochemicznych, podwyższona zawartość jodu oraz występowanie rozpuszczonego w solance gazu ziemnego zawierającego ponad 40% obj. metanu.

Utwory kredy dolnej odznaczają się znikomymi właściwościami zbiornikowymi. Średni przyływ wynosił zaledwie 0,27 m³/h przy niskim gradientcie ciśnienia złożowego 0,091 MPa/10 m. Wartości wskaźników hydrochemicznych wskazują na utrudnioną wymianę wód i słaby metamorfizm.

Po zakończeniu opróbowania otwór zlikwidowano do wierzchu korkami cementowymi. Korki założono na głęb. 1350–1430 i 0–50 m.

OTWÓR WIERTNICZY NAROL PIG 2

Podstawowym zadaniem geologicznym odwiercenia otworu Narol PIG 2 było rozpoznanie ropo- i gazonośności utworów kambru. Przeprowadzone rurowymi próbnikami złoża opróbowania hydrogeologiczne poziomów zbiornikowych kambru umożliwiły ocenę możliwości zachowania się złóż węglowodorów (fig. 70). Poziomy do badań wytypował L. Bojarski, który również nadzorował opróbowania. Specjalistyczny dozór opróbowania w terenie sprawowali A. Sokołowski i Z. Sowiński. Badania próbnikami przeprowadziła ekipa Zakładu Poszukiwania Nafty i Gazu w Wołominie. Analizy wód wykonali A. Chabło, H. Belok i D. Woźnicz z Zakładu Geochemii i Chemii Analitycznej Państwowego Instytutu Geologicznego, a analizę gazu – A. Nalepa w laboratorium Zakładu Poszukiwania Nafty i Gazu w Wołominie. Przebieg opróbowania przedstawiono w kolejności od poziomu najstarszego do najmłodszego.

Poziom 3606,0–3650,0 m; kambr górny – mułowce, przewarstwienia piaskowców

Wynik:
brak przyływu;
ciśnienie denne Pd = 22,81 MPa.

Do końcowej głębokości, wynoszącej 3650,0 m, otwór dowiercono 23.04.1991 r. Stosowano płuczkę o ciężarze właściwym 1,18 g/cm³, wiskozie 56, filtracji 3,4 i pH = 9. Opróbowanie próbnikiem typu KII-2M-95 przeprowadzono 27–28.04.1991 r. Badano poziom odsłonięty pomiędzy spodem otworu a pakerem próbniaka zapiętym na głęb. 3606,0 m pod butem rur o średnicy 168,3 mm w otworze bosym o średnicy 143 mm. Zalewki nie stosowano. Poziom opróbowano metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 71). Ciśnienie hydrostatyczne wynosiło 42,78 MPa.

I okres przyływu: ciśnienie 21,91–21,91 MPa, czas 189 min.
I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 21,91–22,81 MPa, czas 121 min.

Na głowicy nie stwierdzono wypływu powietrza. Opróbowanie wykazało całkowity brak przyływu, badany poziom nie wykazuje właściwości zbiornikowych. Wzrost ciśnienia dennego był nieustabilizowany, ciśnienie odbudowało się zaledwie do wartości 22,81 MPa. Krzywa odbudowy ciśnienia nie nadaje się do ekstrapolacji. Temperatura badanego poziomu wynosi 366°K.

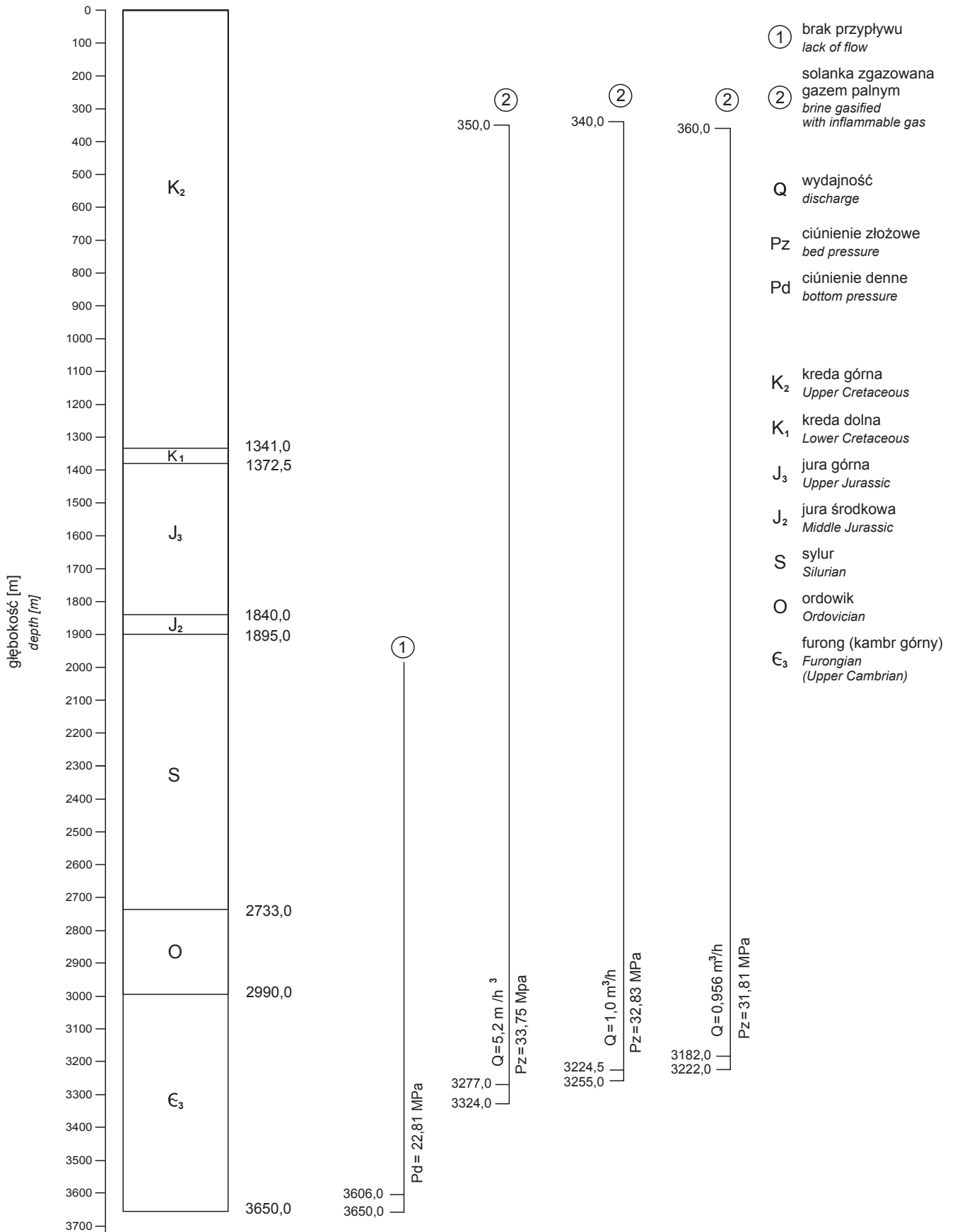


Fig. 70. Schemat opróbowania otworu wiertniczego Narol PIG 2

Testing scheme of Narol PIG 2 borehole

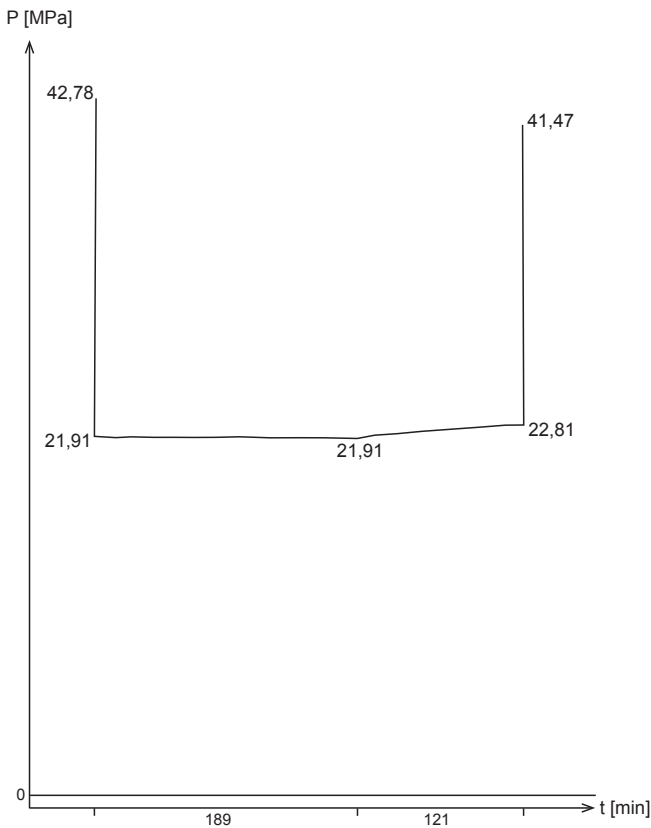


Fig. 71. Opróbowanie poziomu 3606,0–3650,0 m (otwór wiertniczy Narol PIG 2)

Testing of 3606.0–3650.0 m interval (Narol PIG 2 borehole)

Poziom 3277,0–3324,0 m; kambry górny – piaskowce

Wynik:

przyływ solanki zgazowanej gazem palnym;
 sucha pozostałość $S_p = 225,4 \text{ g/dm}^3$;
 wydajność $Q = 5,2 \text{ m}^3/\text{h}$;
 ciśnienie złożowe $P_z = 33,75 \text{ MPa}$ (wyekstrapolowane).

Badany poziom przewiercano 13.01–11.02.1991 r. Stosowano płuczkę solno-skrobiową o ciężarze właściwym $1,19 \text{ g/cm}^3$, wiskozie 60, filtracji 3,2 i $\text{pH} = 7$. Opróbowanie przeprowadzono 22–23.02.1991 r. Badanie wykonano rurowym próbnikiem złoża Halliburton 3 7/8. Paker próbnika zapięto na głęb. 3277,0 m w otworze bosym o średnicy 143 mm, pod butem rur o średnicy 168,3 mm. Głębokość otworu podczas badań wynosiła 3324,0 m. Badano poziom odsłonięty pomiędzy spodem otworu a pakem. Zastosowano zalewkę – wodą zalano 1070 m przewodu wiertniczego nad próbnikiem. Badanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 72). Ciśnienie hydrostatyczne wynosiło 39,79 MPa.

I okres przyływu: ciśnienie 16,77–21,80 MPa, czas 32 min.

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 21,80–33,52 MPa, czas 61 min.

II okres przyływu: ciśnienie 22,38–27,44 MPa, czas 60 min.

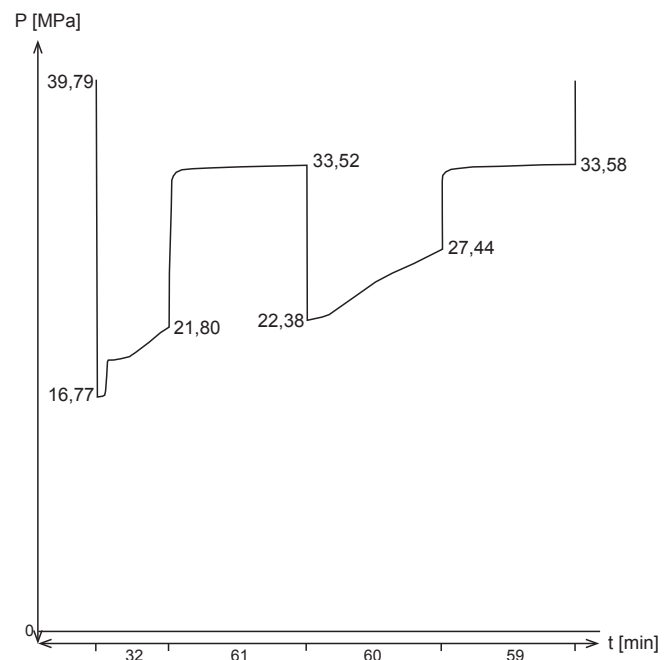


Fig. 72. Opróbowanie poziomu 3277,0–3324,0 m (otwór wiertniczy Narol PIG 2)

Testing of 3277.0–3324.0 m interval (Narol PIG 2 borehole)

II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 27,44–33,58 MPa, czas 59 min.

W ciągu 92 min przyływu do przewodu wiertniczego nad próbnikiem wpłynęło $7,8 \text{ m}^3$ solanki zgazowanej gazem palnym. Średni przyływ wyniósł $5,2 \text{ m}^3/\text{h}$. Wyinterpretowana głębokość położenie zwierciadła statycznego solanki to ok. 350 m. Ciśnienie złożowe (wyekstrapolowane) wynosi $33,75 \text{ MPa}$, a gradient ciśnienia złożowego – $0,102 \text{ MPa}/10 \text{ m}$. Temperaturę badanego poziomu określono na 360°K . Wartość skin efektu, wynosząca 2,67, wskazuje na uszkodzenie strefy przyodwiertowej. Promień zasięgu badania sięga 94 m. Przepuszczalność określa współczynnik w wysokości 7,6 mD.

Wodę określono jako 22,5% solankę chlorkowo-sodową (tab. 32). Sucha pozostałość wynosi $225,441 \text{ g/dm}^3$, ciężar właściwy $1,153 \text{ g/cm}^3$ a $\text{pH} = 6,35$. Wartości wskaźników hydrochemicznych wynoszą: $r\text{Na}/r\text{Cl} = 0,76$; $r\text{SO}_4 \cdot 100/r\text{Cl} = 0,193$; $\text{Cl}/\text{Br} = 183$ i $r\text{Cl} - r\text{Na}/r\text{Mg} = 2,46$. Wartości wskaźników hydrochemicznych świadczą o wodach sedymentacyjnych, reliktowych, izolowanych od powierzchni terenu i innych poziomów wodonośnych, w znacznym stopniu zmetamorfizowanych. Na stare wody reliktowe (sedymentacyjne) wskazuje również wartość wskaźnika $r\text{Cl} - r\text{Na}/r\text{Mg}$. Wody tego typu są najczęściej związane ze złożami ropy naftowej i gazu ziemnego.

W wyniku odgazowania wody pobrano próbę gazu. Jest to gaz ziemny, helowy (tab. 33).

Tabela 32

**Skład chemiczny solanki pobranej z głębokości
3277,0–3324,0 m (otwór wiertniczy Narol PIG 2)**

Results of chemical analysis of brine sampled
at 3277.0–3324.0 m interval (Narol PIG 2 borehole)

Składnik Compound	Zawartość/ Amount		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[% mval]
Kationy/ Cations			
Ca ²⁺	14 000	700	17,15
Mg ²⁺	4 700	387	9,48
Fe ²⁺	344	18,5	0,45
Mn ²⁺	44,1	1,61	0,04
Sr ²⁺	495	11,3	0,28
Cu ²⁺	0,3	0,009	0,00
Pb ²⁺	0,6	0,005	0,00
Ni ²⁺	0,6	0,02	0,00
Zn ²⁺	8,84	0,27	0,01
Na ⁺	67 600	2940	71,99
K ⁺	772	19,7	0,48
Li ⁺	34,4	4,96	0,12
Razem/ Cations total	87 999,84	4083,37	100,00
Aniony/ Anions			
Cl ⁻	138000	3890	99,35
SO ₄ ²⁻	361	7,52	0,19
HCO ₃ ⁻	534	8,75	0,22
Br ⁻	755	9,45	0,24
I ⁻	5,9	0,046	0,00
F ⁻	0,04	0,002	0,00
Razem/ Anions total	139 655,94	3915,77	100,00
Łącznie/ Total	227 655,78	–	–

Poziom 3224,5–3255,0 m; kambry górny – piaskowce

Wynik:

przyływ solanki zgazowanej gazem palnym
sucha pozostałość Sp = 226,6 g/dm³;
wydajność Q = 1,0 m³/h;
ciśnienie złożowe Pz = 32,83 MPa.

Opróbowany poziom zbiornikowy przewiercano w okresie 27.11–14.12.1990 r. Stosowano płuczkę o ciężarze właściwym 1,21 g/cm³, wiskozie 60, filtracji 3,5 i pH = 9. Opróbowanie, rurowym próbnikiem złoża typu KII-2M-95, przeprowadzono 17–18.12.1990 r. Głębokość otworu podczas badań wynosiła 3255,0 m. Paker próbnika zapięto w otworze bosym o średnicy 143 mm na głęb. 3224,5 m. Badano poziom odsłonięty pomiędzy spodem otworu a pakerem. Przewód wiertniczy zalano wodą, zalewając 1527 m

Tabela 33

**Skład chemiczny gazu pobranego z głęb. 3277,0–3324,0 m
(otwór wiertniczy Narol PIG 2)**

Results of chemical analysis of gas sampled at 3277.0–3324.0 m
interval (Narol PIG 2 borehole)

Składnik Compound	Zawartość [% obj.] Amount	
	[% obj.]	[g/Nm ³]
CH ₄	80,121	574,46
C ₂ H ₆	1,217	16,49
C ₃ H ₈	0,021	0,42
CO ₂	0,056	1,10
N ₂	9,983	124,78
H ₂	6,517	5,85
He	2,085	3,71
Razem/ Total	100,000	726,81

przewodu nad próbnikiem. Opróbowanie przeprowadzono metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 73). Ciśnienie hydrostatyczne wynosiło 41,94 MPa.

I okres przyływu: ciśnienie 15,68–18,53 MPa, czas 124 min.
I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 18,53–32,63 MPa, czas 62 min.

Podczas okresu przyływu do przewodu wiertniczego wpłynęło ok. 2,1 m³ solanki zgazowanej gazem palnym. Średni przyływ wyniósł 1 m³/h. Przepuszczalność skał jest niewielka, współczynnik przepuszczalności wynosi 2,2 mD. Dość duży promień zasięgu badania, wynoszący 58 m, wskazuje na przepuszczalność szczelinową. Ciśnienie złożowe wynosi 32,83 MPa, czemu odpowiada gradient 0,1 MPa/10 m. Temperaturę poziomu określono jako 358°K. Według ekstrapolacji spodziewane, ustabilizowane zwierciadło solanki prawdopodobnie znajduje się na głęb. ok. 340 m. Wartość skin efektu, wynosząca 6,24, wskazuje na uszkodzenie strefy przyodwiertowej.

Wodę scharakteryzowano jako 22,7% solankę chlorkowo-sodową, jodkową (tab. 34). Należy zaznaczyć, że jon wapniowy występuje w ilości 16,82% mval. Sucha pozostałość solanki wynosi 226,648 g/dm³, ciężar właściwy 1,152 g/cm³, a pH = 6,22. Wartości wskaźników hydrochemicznych wynoszą: rNa/rCl = 0,72; rSO₄·100/rCl = 0,297; Cl/Br = 211 i rCl-rNa/rMg = 3,18. Wskaźniki świadczą o tym, że solanki występujące w opisywanym poziomie zbiornikowym są izolowane od innych poziomów wodonośnych i silnie zmetamorfizowane. Na możliwość występowania w pobliżu złóż bituminów wskazuje wskaźnik rCl-rNa/rMg wynoszący 3,18.

Do analizy pobrano próbkę wolnego gazu, który określono jako gaz ziemny, helowy (tab. 35).

Tabela 34

**Skład chemiczny solanki pobranej z głębokości
3224,5–3255,0 m (otwór wiertniczy Narol PIG 2)**

Results of chemical analysis of brine sampled
at 3224.5–3255.0 m interval (Narol PIG 2 borehole)

Składnik Compound	Zawartość/ Amount		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy/ Cations			
Ca ²⁺	12800	637	16,82
Mg ²⁺	4140	340	8,99
Fe ²⁺	263	14,1	0,37
Mn ²⁺	38,7	1,41	0,04
Sr ²⁺	437	9,97	0,26
Cu ²⁺	0,28	0,008	0,00
Pb ²⁺	0,6	0,006	0,00
Ni ²⁺	0,6	0,02	0,00
Zn ²⁺	11,6	0,35	0,01
Na ⁺	63500	2760	72,93
K ⁺	702	18	0,47
Li ⁺	29,9	4,31	0,11
Razem/ Cations total	81923,68	3785,17	100,00
Aniony/ Anions			
Cl ⁻	136000	3840	99,21
SO ₄ ²⁻	548	11,4	0,29
HCO ₃ ⁻	683	11,2	0,29
Br ⁻	646	0,08	0,21
I ⁻	9,7	0,07	0,00
F ⁻	0,55	0,02	0,00
Razem/ Anions total	137887,25	3862,77	100,00
Łącznie/ Total	219810,93	–	–

Poziom 3182,0–3222,0 m; kambr górny – piaskowce

Wynik:

przyływ solanki zgazowanej gazem palnym
sucha pozostałość Sp = 222,9 g/dm³;
wydajność Q = 0,956 m³/h;
ciśnienie złożowe Pz = 31,81 MPa.

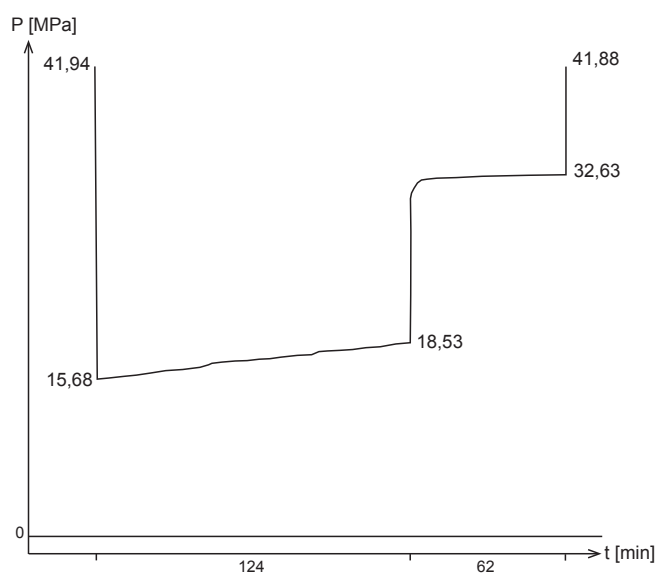
Opróbowany poziom przewiercano 18–22.11.1990 r. przy użyciu płuczki bentonitowo-skrrobiowej o ciężarze właściwym 1,26 g/cm³, wiskozie 65, filtracji 3,5 i pH = 9. Opróbowanie przeprowadzono 23–24.11.1990 r. rurowym próbnikiem złoża typu MIG-127. Głębokość otworu podczas badań wynosiła 3222,0 m, a but rur o średnicy 168,3 mm znajdował się na głęb. 3182,0 m. Opróbowano

Tabela 35

**Skład chemiczny gazu pobranego z głęb. 3224,5–3255,0 m
(otwór wiertniczy Narol PIG 2)**

Results of chemical analysis of gas sampled at 3224.5–3255.0 m
interval (Narol PIG 2 borehole)

Składnik Compound	Zawartość [% obj.] Amount	
	[% obj.]	[g/Nm ³]
CH ₄	84,787	607,56
C ₂ H ₆	1,073	14,54
C ₃ H ₈	0,023	0,46
CO ₂	0,029	0,57
N ₂	12,144	146,40
H ₂	0,000	ślady
He	1,944	3,46
Razem/ Total	100,000	772,99



**Fig. 73. Opróbowanie poziomu 3224,5–3255,0 m
(otwór wiertniczy Narol PIG 2)**

Testing of 3224.5–3255.0 m interval (Narol PIG 2 borehole)

poziom odsłonięty pomiędzy butem rur a spodem otworu. Paker próbnika zapięto w rurach o średnicy 168,3 mm na głęb. 3145,0 m. Zastosowano zalewkę wodną, zalewając 1520 m przewodu wiertniczego nad próbnikiem. Badanie przeprowadzono metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 74). Ciśnienie hydrostatyczne wynosiło 44,08 MPa.

I okres przyływu: ciśnienie 15,67–25,48 MPa, czas 420,5 min.

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 25,48–31,81 MPa, czas 190 min.

Tabela 36

**Skład chemiczny solanki pobranej z głęb. 3182,0–3222,0 m
(otwór wiertniczy Narol PIG 2)**

Results of chemical analysis of brine sampled
at 3182.0–3222.0 m interval (Narol PIG 2 borehole)

Składnik Compound	Zawartość/ Amount		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy/ Cations			
Ca ²⁺	13400	670,0	17,92
Mg ²⁺	4310	354,0	9,48
Fe ²⁺	237	12,7	0,34
Mn ²⁺	41,7	1,52	0,04
Sr ²⁺	517,0	11,8	0,32
Cu ²⁺	0,29	0,009	0,00
Pb ²⁺	0,6	0,006	0,00
Ni ²⁺	0,6	0,02	0,00
Zn ²⁺	11,5	0,35	0,01
Na ⁺	61300	2670	71,27
K ⁺	708	18,1	0,48
Li ⁺	35,1	5,06	0,14
Razem/ Cations total	80561,79	3743,57	100,00
Aniony/ Anions			
Cl ⁻	135000	3800	99,32
SO ₄ ²⁻	610	12,7	0,33
HCO ₃ ⁻	305	5	0,13
Br ⁻	661	8,28	0,22
I ⁻	11,3	0,08	0,00
F ⁻	0,55	0,028	0,00
Razem/ Anions total	136587,85	3826,09	100,00
Łącznie/ Total	217149,64	–	–

W czasie efektywnego przepływu trwającego 420,5 min do przewodu wiertniczego dopłynęło 6,7 m³ solanki zgazowanej gazem palnym. Średnia wydajność wynosiła 0,956 m³/h. Ciśnienie złożowe ustabilizowano na wartości 31,81 MPa, gradient ciśnienia wynosi 0,1 MPa/10 m. Zwierciadło statyczne solanki (wyekstrapolowane) znajduje się na głęb. ok. 360 m. Opróbowany poziom charakteryzuje się słabymi właściwościami zbiornikowymi o przepuszczalności szczelinowej $k = 1,8$ mD. Dodatnia wartość skin efektu wynosząca +18 świadczy o uszkodzeniu skał w strefie przyodwiertowej.

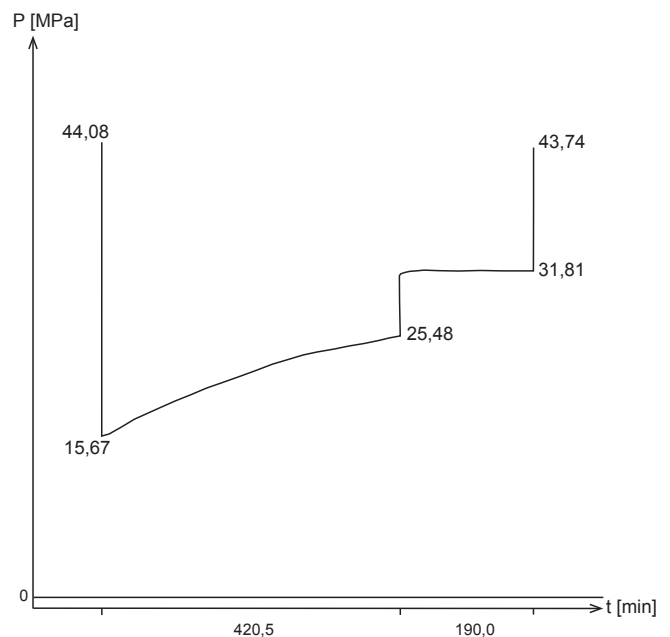
Wodę określono jako 22,3% solankę chlorkowo-sodową, jodkową (tab. 36). Jon wapniowy występuje w ilości 17,9% mval. Sucha pozostałość solanki wynosi 222,902 g/dm³, ciężar właściwy 1,148 g/cm³, a pH = 5,94. Wartości

Tabela 37

**Skład chemiczny gazu pobranego z głęb. 3182,0–3222,0 m
(otwór wiertniczy Narol PIG 2)**

Results of chemical analysis of gas sampled at 3182.0–3222.0 m
interval (Narol PIG 2 borehole)

Składnik Compound	Zawartość [% obj.] Amount	
	[% obj.]	[g/Nm ³]
CH ₄	86,531	620,42
C ₂ H ₆	0,682	9,24
C ₃ H ₈	0,023	0,46
CO ₂	0,172	3,40
N ₂	8,671	108,38
H ₂	1,690	1,51
He	2,231	3,97
Razem/ Total	100,000	747,38



**Fig. 74. Opróbowanie poziomu 3182,0–3222,0 m
(otwór wiertniczy Narol PIG 2)**

Testing of 3182.0–3222.0 m interval (Narol PIG 2 borehole)

wskaźników hydrochemicznych wynoszą: $r_{Na}/r_{Cl} = 0,70$; $r_{SO_4} \cdot 100/r_{Cl} = 0,334$; $Cl/Br = 204$ i $r_{Cl} - r_{Na}/r_{Mg} = 3,19$. Poziom jest izolowany od innych poziomów wodonośnych, przepływ filtracyjny następuje w minimalnym stopniu, solanki charakteryzują się daleko posuniętym metamorfizmem. Taki typ wód jest często związany ze złożami bituminów.

Zbadano ponadto próbkę wolnego gazu, który scharakteryzowano jako gaz ziemny, helowy (tab. 37).

Uwagi końcowe. W otworze wiertniczym Narol PIG 2 opróbowano cztery poziomy zbiornikowe furongu (kambru górnego). Z trzech badanych poziomów uzyskano przyplwy solanek zgazowanych gazem palnym, a jeden poziom charakteryzował się całkowitym brakiem przyplwu. Właściwości zbiornikowe trzech poziomów określa się jako średnie, są one uzależnione od przepuszczalności szczelinowej. Średnie wydajności zawierały się w granicach od ok. 1 do ok. 5 m³/h. Poziomy zbiornikowe kambru leżą w strefie niskich ciśnień złożowych wyrażonych gradientami 0,1–0,102 MPa/10 m. Badane utwory są kolektorami solanek chlorkowo-sodowych, jodkowych o suchej pozostałości wynoszącej od ok. 222 do ok. 225 g/dm³. Solanki uległy

wyraźnie zaznaczającemu się zmetamorfizowaniu, wyrażonemu wartościami wskaźników hydrochemicznych $r_{Na}/r_{Cl} = 0,70–0,76$ oraz zwiększoną zawartością jonu wapniowego występującego w ilości około 17–18% mval. Bardzo korzystnym wskaźnikiem bitumiczności jest skład wolnego gazu. Jest to gaz wysokometanowy z zawartością 80–86,5% obj. metanu i z bardzo dużą zawartością helu wynoszącą ok. 1,9–2,2% obj. Skład gazu oraz zauważalne zmetamorfizowanie solanek wskazują na korzystne warunki do zachowania się złóż węglowodorów w utworach kambru górnego.

Po zakończeniu opróbowania otwór zlikwidowano do wierzchu korkami cementowymi. Korki założono na głęb. 3260–3330; 3170–3250 oraz 0–50 m.