

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Andrzej GŁUSZYŃSKI, Michał ROMAN

GEOFIZYKA OTWOROWA

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

W otworze wiertniczym Gościno IG 1 badania geofizyczne wykonano w 6 odcinkach pomiarowych. W okresie od 30.12.1964 r. do 28.06.1966 r. realizowała je Baza Geofizyki Wiertniczej w Pile Przedsiębiorstwa Geofizyki Przemysłu Naftowego z Krakowa. Badania wykonano przy użyciu standardowej aparatury produkcji radzieckiej. Wyników pomiarów radiometrycznych nie kalibrowano ani nie standaryzowano, jednostki w których rejestrowano te profilowania to impulsy na minutę.

Scyfrowane wyniki danych pomiarowych znajdują się w formacie plików LAS w Centralnej Bazie Danych Geologicznych (numer identyfikacyjny CBDG otworu 25562).

W otworze wykonano następujące pomiary:

- profilowanie średnicy otworu PŚr (CALI);
- profilowanie naturalnego promieniowania gamma PG (GR);
- profilowanie neutron-gamma (PNG);
- profilowanie potencjałów samoistnych (PS);

- sterowane profilowanie oporności (laterolog) (POst, LL3);
- profilowanie temperatury przy nieustalonej równowadze temperatury (PTn);
- profilowanie temperatury przy ustalonej równowadze (PTu);
- profilowanie oporności (PO) sondami: EL02 – A0.5M0.1N, M0.5A0.1B; EL03 – A1.0M0.1N, M1.0A0.1B; EL07L – N0.5M2.0A; EL09 – M2.5A-0.25B, A2.5M0.25N, A2.0M0.5N; EL14 – M4.0A-0.5B, A4.0M0.5N, A4.0M0.25N; EL26 – M8.0A0.5B, A8.0M0.5N, A8.0M1.0N; EN04 – B0.1A1.0M; EN10 – B2.5A0.25M, N2.5M0.25A; N8.5M0.5A.

W tabeli 6 przedstawiono dokładne interwały wykonanych profilowań geofizyki otworowej wraz z datą ich wykonania oraz ówczesną głębokością i średnicą otworu. Graficzne zestawienie scyfrowanych pomiarów znajduje się na figurze 28.

Tabela 6

Wykaz badań geofizyki otworowej wykonanych w otworze wiertniczym Gościno IG 1

List of well logs from the Gościno IG 1 borehole

Data wykonania badań	Rodzaj wykonanych badań (skrót)	Interwał głębokościowy badań [m]	Głębokość otworu podczas wykonywania badań [m]	Średnica nominalna otworu [mm]
1	2	3	4	5
29–30.12.1964	PG	0,50–1790,50	1791,3	308 (w interwale 0,0–300,0 m średnica otworu wynosiła 438 mm)
	PNG	2,75–1790,75		
	PS	260,50–1780,75		
	PO: EL26	299,25–1781,50		
	PO: EL09	299,25–1781,75		
	PO: EN04	299,50–1781,25		
	PO: EL02, EL03, EL14	299,50–1781,75		
	PO: EN10	299,75–1781,25		
	PK	300,00–1790,00		

Tabela 6 cd.

1	2	3	4	5
17–18.01.1965	PŚr:	225,25–1973,75	1979,5	308 (w interwale 0,0–300,0 m średnica otworu wynosiła 438 mm)
	PT	300,25–1972,75		
	PK	1770,00–1974,00		
	PO: EL09, EN10	1645,25–1971,75		
	PO: EL26	1646,25–1971,50		
	PS	1646,25–1971,75		
	PO: EL14	1646,50–1971,25		
	PO: EL03	1647,25–1971,75		
	PO: EL01	1647,75–1971,75		
	PO: EL02, EL04	1648,25–1971,75		
7–8.04.1965	PG	1626,75–2745,50	2752,0	216
	PNG	1628,50–2745,50		
	PŚr	1935,25–2729,25		
	PO: EL02, EL14, EN04, EL01, EL03, EL09, EL26	1935,25–2739,75		
	POpl	1960,00–2744,00		
	PK	1975,00–2746,00		
1–4.06.1965	POstLL3	1962,25–2830,75	3274,5	
	PO: EL26	2655,50–3264,50		
	PO: EL09	2656,25–3264,50		
23.07.1965	PŚr	1950,00–2826,00	3381,8	
07.09.1965	PŚr	1925,50–2739,75		
	PO: EL03, EN10, EL09, EL26, EL14	2630,50–3374,50		
	PS	2630,50–3374,50		
17.09.1965	PŚr	2650,25–3012,50		
28.10.1965	PG	2467,25–3422,75	3423,5	143
	PNG	2469,25–3422,75		
	PŚr	2900,25–3309,75		
28–29.01.1966	PNG	3350,25–4045,75	4049,0	
	PG	3351,50–4044,75		
	PO: EL02, EL09, EN10, EL14, EL03	3365,50–4041,50		
	PO: EL26	3365,50–4042,25		
	PŚr	3365,50–4044,50		
	PS	3377,25–4041,75		
06.02.1966	PT	3350,25–4049,00	4416,6	
05.06.1966	PŚr	3342,25–4354,75		
	PG	3953,50–4379,25		
	PNG	3955,75–4378,75		
	PO: EL01	3970,25–4367,50		
	PO: EL07	3970,25–4369,75		
	PO: EL14, EL02, EL09	3970,25–4372,50		
	PS	3970,25–4372,50		
	PO: EN10	3971,25–4373,25		
	PO: EL03	3971,85–4372,97		
	PO: EL26	3985,56–4372,81		
12.06.1966	PTu	5,25–4279,50		

PG – profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma; PNG – profilowanie neutron-gamma; PS – profilowanie naturalnych potencjałów; PO – profilowanie oporności (EL – gradientowe; EN – potencjałowe); PK – profilowanie krzywizny otworu; PŚr – profilowanie średnicy; PT – profilowanie temperatury w warunkach niestabilnych; POpl – profilowanie oporności płuczki; POst – sterowane profilowanie oporności (laterolog); PTu – profilowanie temperatury w warunkach ustalonych

PG – gamma ray log; PNG – neutron-gamma ray log; PS – spontaneous potential log; PO – conventional electrical log (EL – lateral, EN – normal); PK – deviation log; PŚr – caliper; PT – temperature log in unstable conditions; POpl – mud resistivity log; POst – laterolog; PTu – temperature log in stable conditions

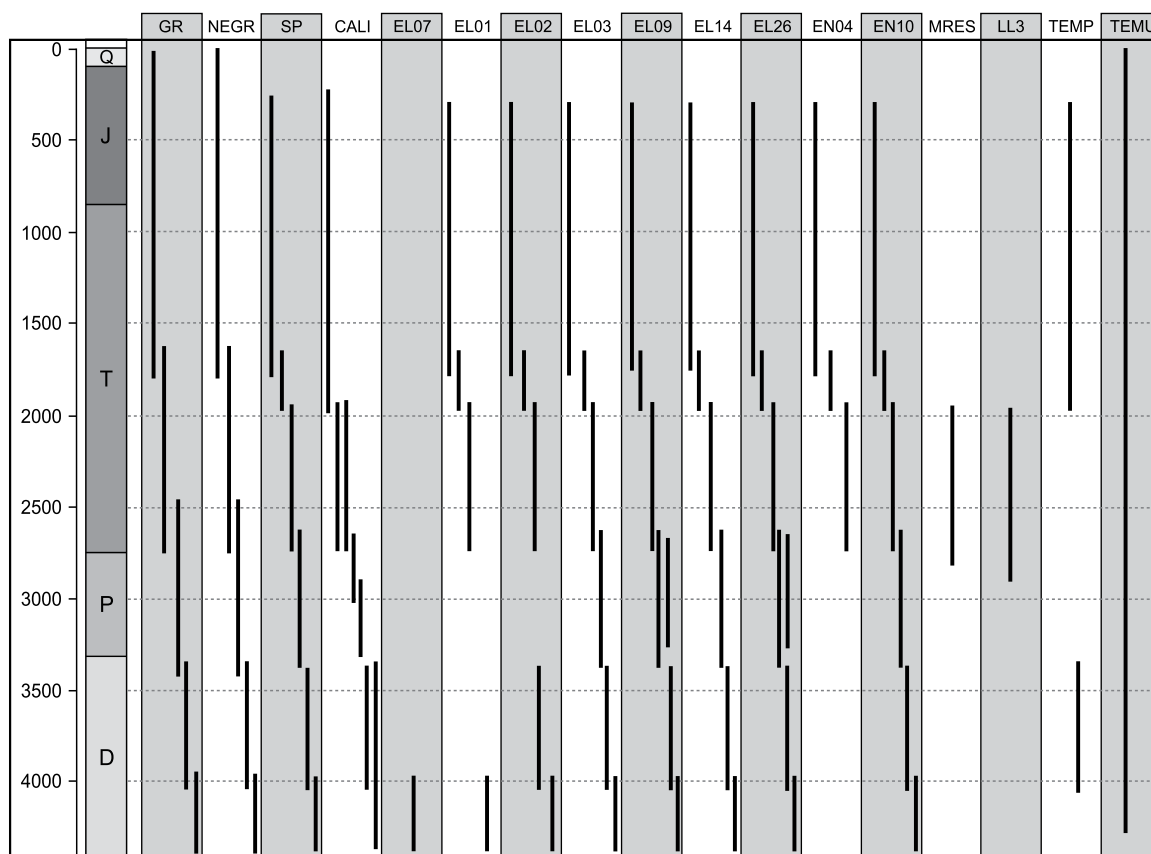


Fig 28. Schematyczne zestawienie scyfrowanych badań geofizyki otworowej wykonanych w otworze wiertniczym Gościno IG 1

GR – profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma; NEGR – profilowanie neutron-gamma; SP – profilowanie potencjałów naturalnych; CALI – profilowanie średnicy; EL – gradientowe profilowania oporności; EN – potencjałowe profilowania oporności; MRES – profilowanie oporności płuczki; LL3 – sterowane profilowanie oporności; TEMP – profilowanie temperatury; TEMU – profilowanie temperatury w warunkach ustalonych

Schematic presentation of digitalized well logging measurements performed in the Gościno IG 1 borehole

GR – gamma ray log; NEGR – neutron-gamma log; SP – spontaneous potential log; CALI – caliper; EL – lateral conventional electrical log; EN – normal conventional electrical log; MRES – mud resistivity log; LL3 – laterolog; TEMP – temperature log; TEMU – temperature log in stable condition

Połączone i znormalizowane wyniki profilowania gamma dla całego otworu przedstawia [figura 29](#). Znajdują się na niej również wyniki profilowania średnicy otworu wiertniczego

z oznaczonymi za pomocą strzałek głębokościami łączenia odcinków badań. Profilowanie gamma znormalizowano przy użyciu metodyki opisananej w pracy Szewczyka (2000).

PROFIL LITOLOGICZNY

Opracowano dwa warstwowe profile litologiczne – jeden na podstawie opisów profilu wiertniczego, zarówno z rdzeni wiertniczych, jak i próbek okruchowych oraz drugi przy pomocy danych geofizycznych. W [tabeli 7](#) zestawiono różnice między głębokościami stropów bądź spągów warstw zidentyfikowanych i przyporządkowanych w obydwu wymienionych profilach. Maksymalne wielkości tych różnic przekraczają 5 metrów. Różnice te występują we wszystkich, nawet współcześnie wykonywanych otworach wiertniczych i są spowodowane niedokładnościami pomiaru długości przewodu wiertniczego oraz kabli geofizycznych, przy pomocy których są wykonywane badania geofizyczne. Błąd ten wynika z różnego stopnia roz-

ciągania kilkukilometrowej długości kabli geofizycznych. Innym źródłem różnic głębokości warstw litologicznych jest niepełny uzysk rdzenia i związana z tym niejednoznaczność przyporządkowania głębokościowego wyróżnianych warstw. Z uwagi na te różnice, a także brak informacji o dokładnej głębokości poboru próbek i ich ograniczonej reprezentatywności (objętości próbek są znikome wobec objętości warstw skalnych) wszelkie korelacje danych geofizycznych z wynikami badań laboratoryjnych próbek muszą mieć charakter statystyczny i są obciążone błędem.

W trakcie ustalania warstwowego oraz objętościowego profilu litologicznego opartego na danych geofizycznych

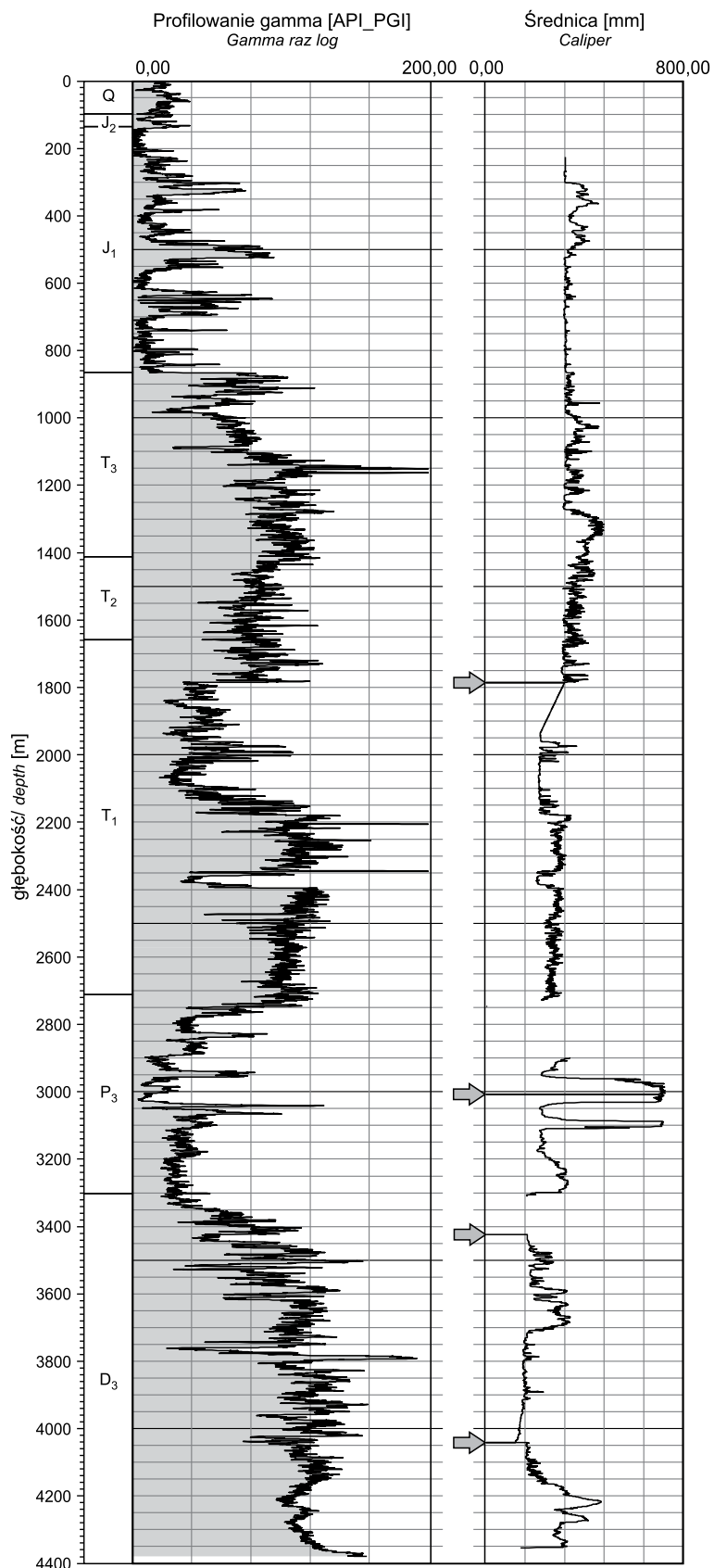


Fig. 29. Unormowane wartości profilowania gamma i profilowanie średnicy (strzałkami zaznaczono miejsca połączeń odcinków pomiarowych)

Normalized values of the natural gamma ray log and caliper
(arrows indicates connection points between individual log intervals)

Tabela 7

**Różnice głębokości stropów bądź spągów warstw
wyznaczanych różnymi metodami**

Differences between tops or bottom of the layers
determined using different methods

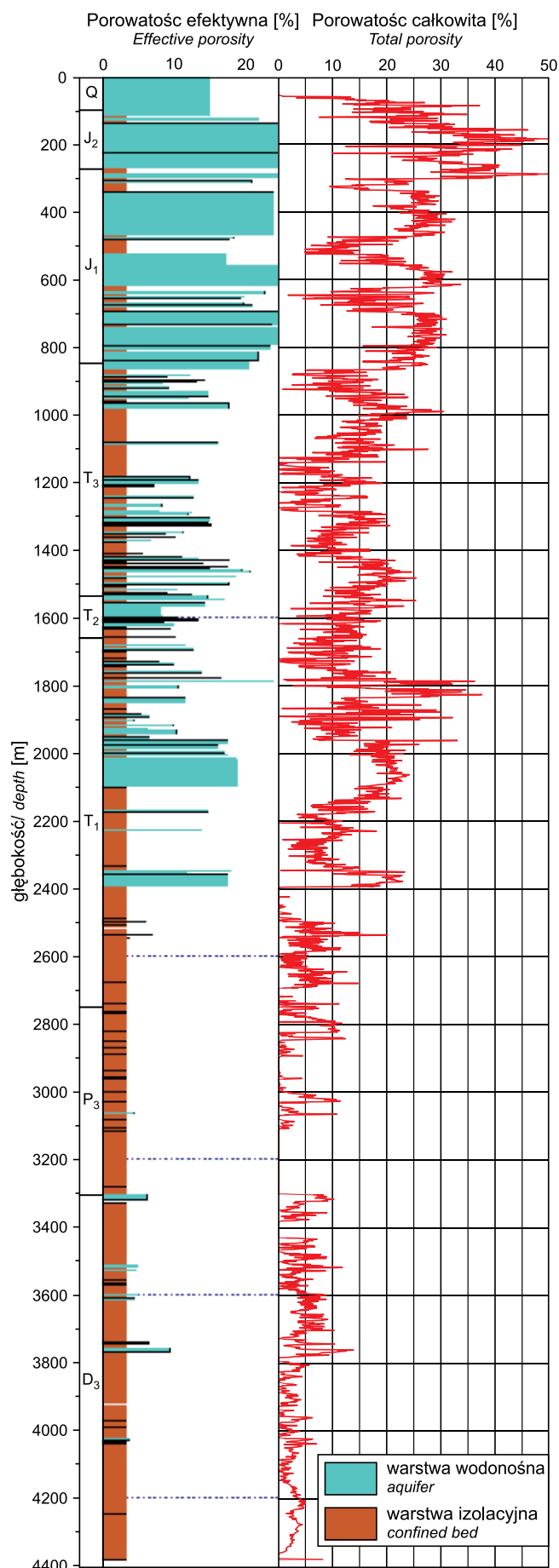
Głębokości stropu/ spągu warstw [m]		Różnica głębokości [m]
Wg opisu rdzenia i zwiercin	Wg geofizyki otworowej	
1186,0	1184,4	1,6
1571,1	1571,0	0,1
1739,5	1734,1	5,4
1804,5	1798,5	6,0
2750,0	2748,8	1,2
2826,2	2826,2	0,0
2940,5	2939,2	1,3
2960,9	2958,9	2,0
3581,7	3577,5	4,2

uwzględniono wielkość wzajemnych przesunięć omawianych grup danych. Proces obliczenia porowatości oraz gęstości objętościowej poprzedzono podziałem profilu na tzw. odcinki metodyczne, w obrębie których ustalono stałe określające spodziewany zakres zmienności parametrów interpretacyjnych lub wartości tych parametrów. Dla profilu Gościno IG 1 wybrano 20 takich odcinków metodycznych. Poprawność wyboru odcinków oraz przypisanych im parametrów określano iteracyjnie. Miarą ich poprawności była statystyczna zgodność uzyskiwanych danych z odpowiadającymi im wynikami badań laboratoryjnych lub parametrami geofizycznymi określanymi innymi metodami badawczymi, np. średnimi prędkościami sejsmicznymi (tzw. sejsmiczna prędkość pseudoakustyczna DT_VSP).

PROFIL POROWATOŚCIOWY

Na figurze 30 przedstawiono warstwowy profil porowatości efektywnej wraz z wydzieleniem warstw wodonośnych i uszczelniających oraz profil porowatości całkowitej. Analizę wykonano za pomocą systemu GEOFLOG. Dane dotyczące litologii zestawione z profilowaniem naturalnej promieniotwórczości gamma i profilowaniem neutron-gamma skalibrowano z oznaczeniami porowatości efektywnej na próbkach (łącznie 149 oznaczeń). Uwzględnienie litologii i porowatości efektywnej pozwala stwierdzić czy dana warstwa ma charakter zbiornikowy, czy też jest warstwą izolacyjną (Górecki i in., 2006).

**Fig. 30. Profil właściwości zbiornikowych z podziałem
na warstwy wodonośne i izolacyjne oraz profil
porowatości całkowitej**

Reservoir properties of aquifers and confined beds
and total porosity profile


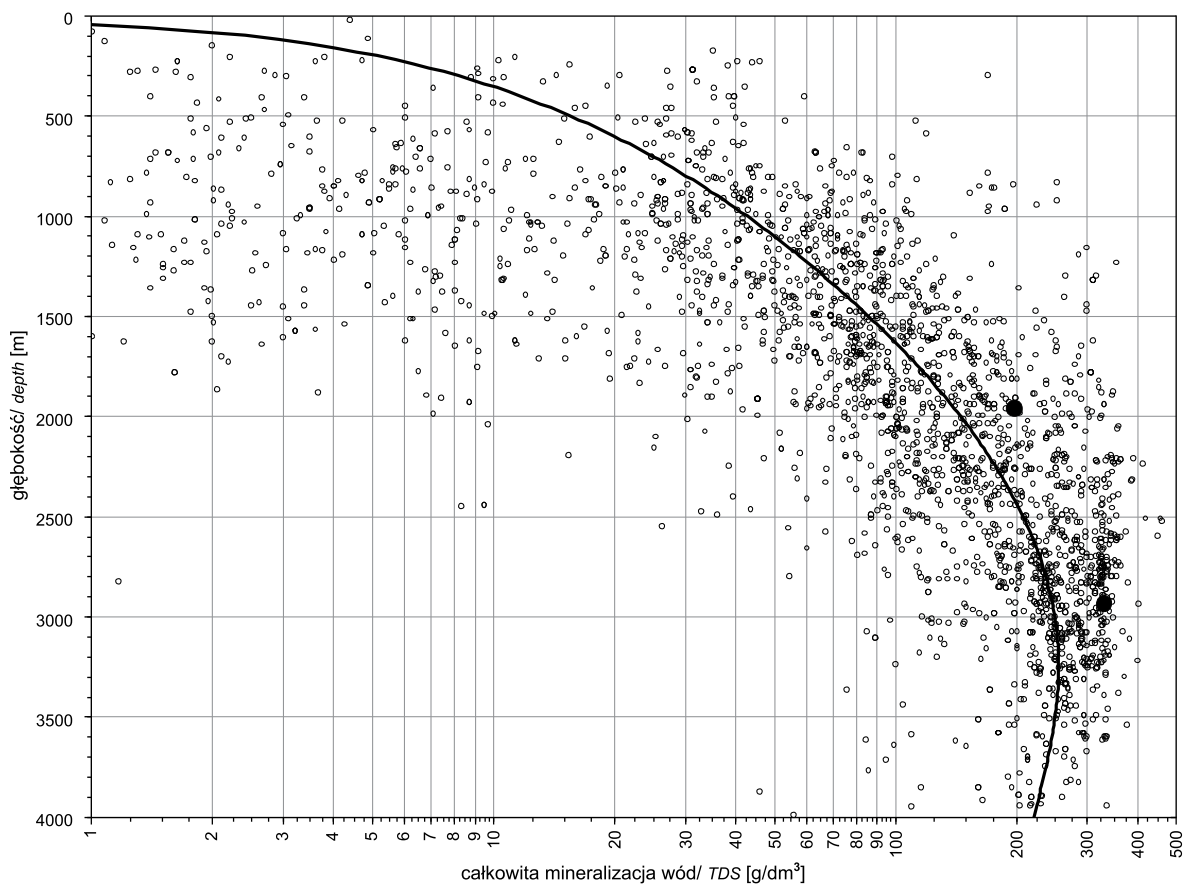


Fig. 31. Mineralizacja wód podziemnych badanych poziomów zbiornikowych na tle mineralizacji wód Nizy Polskiego

Groundwater mineralization of the tested aquifers against the groundwater mineralization in the Polish Lowlands

Na [figurze 31](#) przedstawiono mineralizację wód pobranych z dwóch warstw wodonośnych (z głęb. 1962 i 2939 m) na tle mineralizacji wód z innych otworów wykonanych na Nizy Polskim. Wartości mineralizacji obserwowane w otwo-

rze Gościno IG 1 są większe od średnich wartości mineralizacji obserwowanych na podobnych głębokościach na obszarze Nizy Polskiego.

PROFIL GĘSTOŚCIOWY

Na [figurze 32](#) przedstawiono profil gęstości objętościowej obliczonej na podstawie danych geofizycznych z użyciem systemu GEOFLOG. Głębokości pobrania próbek do oznaczeń gęstości objętościowej były opisane jedynie za pomocą głębokości stropu i spągu poboru rdzenia. Przyjęto więc średnią głębokość rdzenia jako punkt poboru wszystkich próbek z tego rdzenia. Gęstość objętościową oznaczono łącznie dla 3056 próbek.

Gęstość objętościową obliczono za pomocą wzoru:

$$\rho = \rho_m (1 - \Phi - V_{sh}) + \rho_w \Phi + \rho_{sh} V_{sh}$$

gdzie:

- ρ_m – gęstość szkieletu skalnego ustalona za pomocą typu litologii [g/cm^3];
- Φ – porowatość całkowita wyznaczona na podstawie profilowania neutron gamma poprawionego na wpływ zailenia i skalibrowanego do próbek [% obj.];
- V_{sh} – procent objętościowy minerałów ilastych ustalony na podstawie profilowania gamma [% obj.];
- ρ_w – gęstość wody [g/cm^3];
- ρ_{sh} – gęstość minerałów ilastych [g/cm^3].

CHARAKTERYSTYKA TERMICZNA

Wyniki badań termicznych przeprowadzonych w otworze Gościno IG 1 przedstawiono na [figurze 33](#). W trakcie

wiercenia dwukrotnie zrealizowano profilowania temperatury w warunkach nieustalonych. Po zakończeniu prac

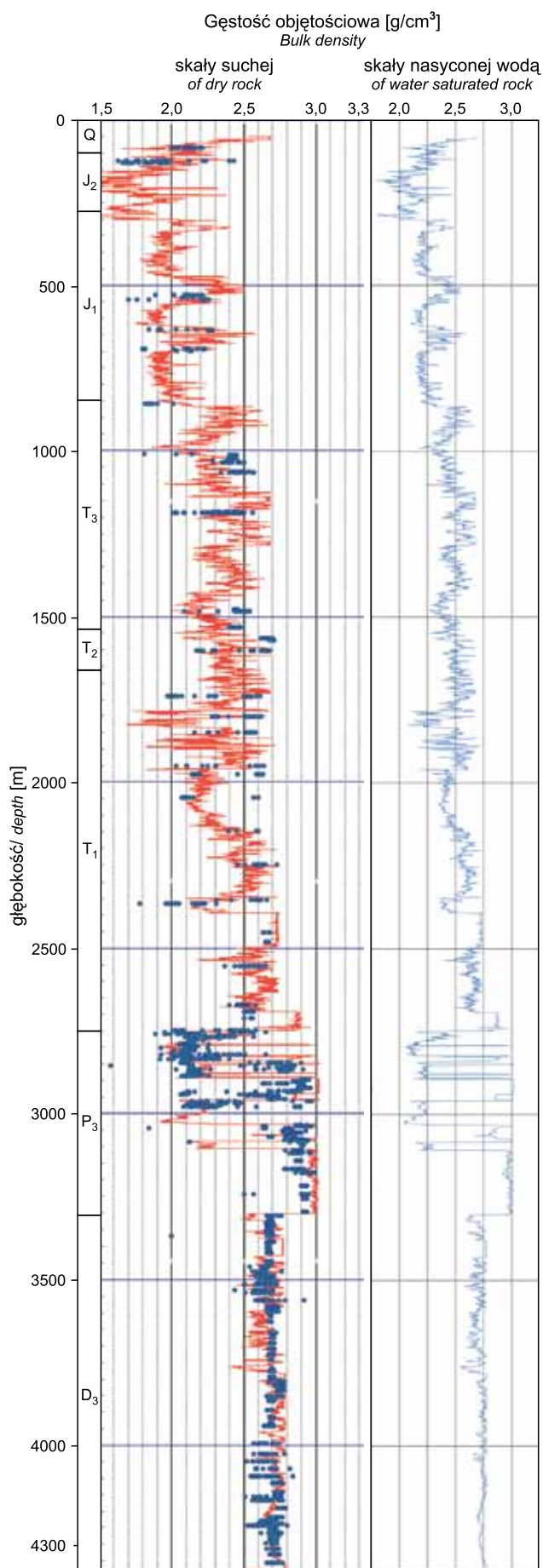


Fig. 32. Profil gęstości objętościowej obliczony na podstawie danych geofizyki otworowej zestawiony z oznaczeniami na próbkach

Bulk density calculated from the well logs juxtaposed to the laboratory analysis

wiertniczych, po upływie 16 dni od zakończenia cyrkulacji płuczki wiertniczej, w otworze Gościno IG 1 wykonano pomiar temperatury w warunkach zbliżonych do ustalonych. Wyraźne odbieganie temperatury przypowierzchniowej ekstrapolowanej z profilowania temperatury ustalonej ($E \approx 17,3^\circ\text{C}$) od temperatury pomierzonej na podstawie danych meteorologicznych ($GST = 8,95^\circ\text{C}$, Szewczyk, 2005) świadczy o braku całkowitej stabilizacji warunków termicznych w otworze.

Otwór wiertniczy Gościno IG 1 znajduje się w strefie przeciętnej gęstości strumienia ciepłego, którego wartość wynosi $68,3 \text{ mW/m}^2$ (Szewczyk, Gientka, 2009). Temperatura ustabilizowana na głębokości 2000 m, tj. poza zasięgiem głębokościowym glacialnych zmian klimatycznych wynosi $55,75^\circ\text{C}$.

Opracowanie danych geofizyki otworowej wykonano m.in. w programie Techlog, który został udostępniony PIG-PIB przez Schlumberger Information Solutions w celu prowadzenia prac naukowo-badawczych.

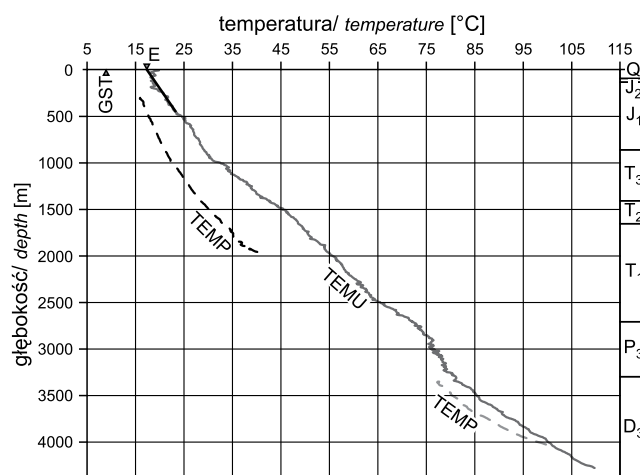


Fig. 33. Charakterystyka termiczna otworu wiertniczego Gościno IG 1

TEMU – profilowanie temperatury w warunkach ustalonych; TEMP – temperatura w warunkach nieustalonych; E – temperatura strefy przypowierzchniowej estymowana z TEMU; GST – temperatura strefy przypowierzchniowej na podstawie pomiarów meteorologicznych

Thermal data from the Gościno IG 1 borehole

TEMU – temperature log in stable condition; TEMP – temperature log in unstable conditions; E – ground surface temperature estimated from TEMU curve; GST – ground surface temperature from meteorological measurements

Lidia DZIEWIŃSKA, Waldemar JÓŹWIAK

OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW PRĘDKOŚCI ŚREDNICH

Prace pomiarowe profilowania prędkości średnich w otworze Gościno IG 1 zostały wykonane w 1964 r. aparaturą **SS-24P** oraz sondą 3-geofonową przez **Przedsiębiorstwo Geofizyki Przemysłu Naftowego** w Krakowie. Ze względu na trudności techniczne głębokość wykonania pomiaru przy całkowitej głębokości otworu wiertniczego 4416 m wynosiła tylko 3100 m, z ustalonym interwałem pomiarowym 50-metrowym.

Prace strzałowe dokonano z trzech otworów o głębokości strzelania z poszczególnych punktów strzałowych (**PS**) i usytuowanych w stosunku do głębokiego otworu w sposób następujący:

Numer PS	Odległość strzelania [m]	Azymut [°]	Głębokość strzelania [m]
1	150	150	9–21
2	150	240	8–21
3	150	330	6–21

co pozwala przyjąć średnią głębokość strzelania 21 m (przy poziomie odniesienia 12 m).

Sytuacja otworów wynikała z analizy warunków terenowych. Prace strzałowe wykonano przy użyciu środków wybuchowych: dynamitu **IG-3** i zapalników gamma nr 8.

W celu kontroli głębokości strzelania na poszczególnych punktach strzałowych zastosowano geofony korekcyjne – K₁, w odległości nie większej niż 5 m. Do kontroli momentu wybuchu ustawiono w pobliżu głębokiego otworu geofon korekcyjny K₂.

Obliczenia wykonano na podstawie rejestracji czasu przejścia fali w pierwszych impulsach. Pierwsze impulsy fali sejsmicznej dochodzące do sondy 3-geofonowej rejestrowano jednocześnie na siedmiu kanałach.

Zapisy geofonów korekcyjnych rejestrowano na oddzielnych kanałach odpowiednio: geofon K₂ na kanale 8, geofon K₃ – na kanale 9 i geofon K₁ na kanale 10.

Do pomiaru użyto kabla karotażowego o małej oporności produkcji węgierskiej. Występujące zakłócenia na sejsmografach zostały wywołane takimi czynnikami jak sieć wysokiego napięcia i sprzężenia w aparaturze.

Jakość materiałów, a w związku z tym i pewność opracowania końcowego dla wszystkich trzech punktów strzałowych w całym pomiarowym interwale od 100 do 3100 m oceniono głównie, jako dobrą i częściowo dostateczną. Wartość oceny zawiera pewność korelacji, jakość impulsu oraz maksymalny błąd w określeniu występowania fali.

Do obliczenia krzywej prędkości średnich przyjęto, jako poziom odniesienia poziom pomiaru, czyli 12 m n.p.m., przy wysokości otworu wynoszącej 33 m n.p.m.

Głębokość zredukowana do poziomu odniesienia została obliczona ze wzoru:

$$h_r = h - h_{po} \pm N \pm \Delta h$$

gdzie:

h_r – głębokość zredukowana punktu pomiarowego do poziomu odniesienia [m];

h – głębokość zanurzenia geofonu głębinowego [m];

h_{po} – głębokość poziomu odniesienia [m];

Δh – różnica głębokości między h_{po} i poziomem odniesienia [m].

Czas obserwowany (na sejsmogramach przeliczono na czas poprawiony zgodnie ze wzorem:

$$t_p = t_{obs} + \Delta th$$

gdzie:

t_p – czas poprawiony [s];

t_{obs} – czas obserwowany [s];

Δth – poprawka wynikająca z głębokości punktu wzbudzenia, poziomu odniesienia, miąższości strefy małych prędkości, prędkości w tej strefie i prędkości pod nią.

Redukcję czasu do pionu dokonano przy założeniu jednorodności ośrodka od punktu wybuchu do głębokości zanurzenia geofonu.

Czas zredukowany dla poszczególnych punktów wzbudzenia liczono na podstawie wzoru:

$$t_r = \frac{h_r}{\sqrt{hr^2 + d^2}} \times t_p$$

gdzie:

t_r – czas zredukowany [s];

h_r – głębokość zredukowana punktu pomiarowego do poziomu odniesienia [m];

t_p – czas poprawiony [s];

d – odległość punktu strzałowego od głębokiego otworu [m].

W celu wyeliminowania anizotropii ośrodka obliczono średni czas zredukowany (t_r), jako średnią arytmetyczną pomiarów czasu zredukowanego z poszczególnych punktów wzbudzenia.

Wartości h_r i t_r posłużyły do obliczenia prędkości średnich (V_{sr}) zgodnie ze wzorem:

$$V_{sr} = \frac{h_r}{t_r}$$

W tabeli 8 zestawiono wartości zbiorcze, jako: H , t_r , V_{sr} .

Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do konstrukcji krzywych prędkości średnich (fig. 34A) i hodografu pionowego (fig. 34B). Do wykreślenia krzywej prędkości śred-

Tabela 8

Zestawienie wartości głębokości (H), średniego czasu zredukowanego (t_r) i prędkości średniej (V_{sr})Depth (H), average reduced time (t_r) and average velocity (V_{sr}) values

H [m]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]	H [m]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]
79	0,044000	1795	1629	0,593333	2746
129	0,067000	1925	1679	0,608000	2762
179	0,091333	1960	1729	0,619333	2792
229	0,113000	2027	1779	0,631500	2817
279	0,135000	2067	1829	0,643500	2842
329	0,158500	2076	1879	0,657000	2860
379	0,180000	2106	1929	0,669500	2881
429	0,200000	2145	1979	0,681000	2906
479	0,221000	2167	2029	0,696500	2913
529	0,240000	2204	2079	0,708000	2936
579	0,260667	2221	2129	0,717000	2969
629	0,280000	2246	2179	0,730000	2985
679	0,294000	2310	2229	0,746000	2988
729	0,315000	2314	2279	0,754000	3023
779	0,331500	2350	2329	0,767000	3037
829	0,350333	2366	2379	0,778667	3055
879	0,367667	2391	2429	0,788500	3081
929	0,382667	2428	2479	0,799333	3101
979	0,400000	2448	2529	0,811333	3117
1029	0,415000	2480	2579	0,821000	3141
1079	0,431667	2500	2629	0,838000	3137
1129	0,446000	2531	2679	0,853000	3141
1179	0,458000	2574	2729	0,863333	3161
1229	0,475000	2587	2779	0,877333	3168
1279	0,486667	2628	2829	0,888667	3183
1329	0,505333	2630	2879	0,900333	3198
1379	0,522333	2640	2929	0,907333	3228
1429	0,531000	2691	2979	0,917333	3247
1479	0,552667	2676	3029	0,927333	3266
1529	0,566000	2701	3079	0,936500	3288
1579	0,580667	2719			

nich wykorzystano wartości uśrednione z poszczególnych punktów wzbudzenia.

Przedstawiony na [figurze 34B](#) hodograf pionowy wskazuje na zależność między wzrostem głębokości a czasem rejestracji.

W celu wyznaczenia poszczególnych kompleksów prędkościowych a szczególnie ich średnich wartości zastosowano sposób wygładzania wartości pomiarów geofizycznych.

Metoda ta może być stosowana w przypadku, gdy wartości zmierzone zmieniają się przypadkowo z punktu na punkt w granicach błędu pomiarowego. Warunkiem jej wykorzystania jest jednakowy odstęp między punktami pomiarowymi.

Podaną metodę zastosowano do wygładzania odczytów czasu z pomiarów prędkości średnich w celu obliczenia prędkości interwałowych bez przypadkowych skoków wartości wywołanych błędami pomiaru czasu. Krzywe wygładzone prędkości interwałowych obliczono w celu wyzna-

czenia stref maksymalnych gradientów prędkości, które odpowiadają granicom prędkościowym poszczególnych kompleksów.

Krzywe prędkości obliczono wyrównując pomiary czasu zredukowane do pionu przy pomocy splotu z odpowiednim filtrem. Przetwarzanie to polegało na przeliczaniu wartości czasu i prędkości do poziomu odniesienia pomiaru i ich interpolacji dla znormalizowanych przedziałów głębokości, co 20 m. Następnie wyznaczone wartości wygładzono przy użyciu specjalnego programu przez zastosowanie operacji splotu z filtrem trójkątnym stosując 20 razy filtr 0,25; 0,5; 0,25. Celem tych przekształceń, usuwających przypadkowe odchylenia poszczególnych danych pomiarowych, wynikających z niedokładności pomiarów było przygotowanie materiałów do obliczenia prędkości interwałowych.

Przy pierwszym wygładzaniu zostają zmniejszone przypadkowe skoki wartości spowodowane ich zaokrąg-

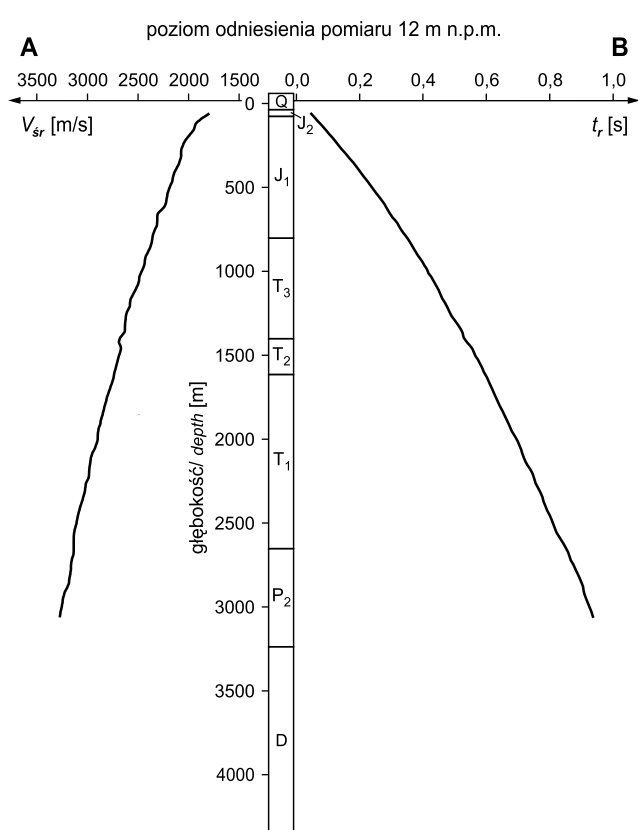


Fig. 34. Wykres prędkości średnich (A) i hodograf pionowy (B)
(poz. odn 12,0 m n.p.m.)

t_r – średni czas zredukowany; V_{sr} – prędkość średnia

Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B)
(reference lev 12,0 m a.s.l.)

t_r – average reduced time; V_{sr} – average velocity

niem do 1 ms lub błędami pomiarowymi. Kolejne powtarzanie wymienionych wyżej operacji powoduje zaokrąglenie załamów (hodografu) spowodowanych zmianami prędkości w kolejnych warstwach. W ten sposób powstały dodatkowe zbiory obejmujące przetworzone pomiary czasu po ich zredukowaniu do poziomu odniesienia, wyinterpretowaniu wartości, co 20 m i wygładzeniu oraz odpowiadające im wartości prędkości średnich.

Powyższe informacje są zawarte w banku danych prędkościowych utworzonym w latach 90. XX wieku w Zakładzie Geofizyki PIG na potrzeby interpretacji prac sejsmicznych.

Różnice wartości czasów pomiędzy kolejnymi wygładzeniami są spowodowane zmianami prędkości w warstwach o określonej miąższości. Zjawisko to wykorzystano do wyznaczenia granic kompleksów prędkościowych w miejscach maksymalnych bezwzględnych wartości różnic czasu wygładzonego n i $n + 1$ razy. Granice kompleksów wyznacza się w miejscach maksymalnych gradientów prędkości interwałowych.

Przy tym sposobie obliczeń wydzielają się wyraźnie tylko kompleksy prędkościowe o miąższości powyżej

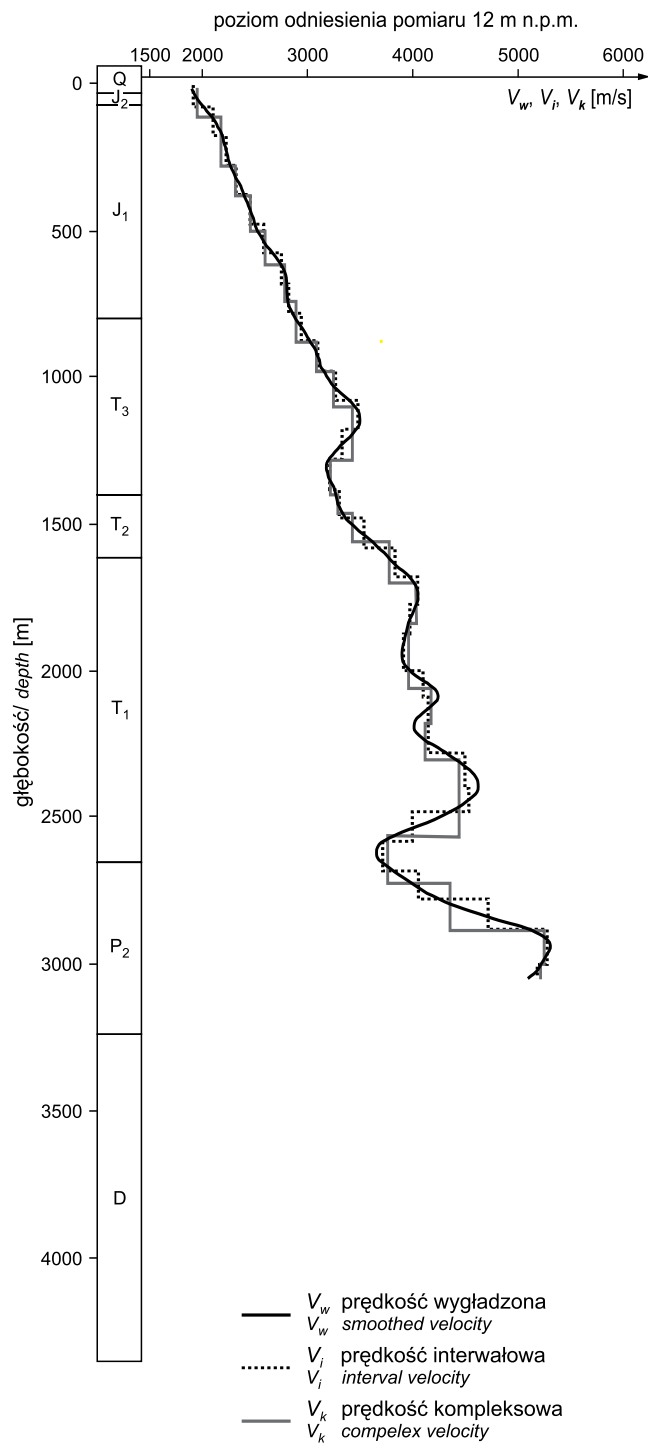


Fig. 35. Wykresy prędkości wygładzonych (V_w), interwałowych (V_i) i kompleksowych (V_k)
(poz. odn. 12,0 m n.p.m.)

V_w – prędkość wygładzona; V_i – prędkość interwałowa; V_k – prędkość kompleksowa

Smoothed velocity (V_w), interval velocity (V_i)
and complex velocity V_k
(reference level 12,0 m a.s.l.)

V_w – smoothed velocity; V_i – interval velocity; V_k – complex velocity

100 m. Maksymalne i minimalne wartości obliczonych prędkości odpowiadają uśrednionym wartościom kompleksów warstw o prędkościach zmniejszonych lub zwiększonych w porównaniu z sąsiednimi.

Zestawienie uśrednionych wartości V_w (prędkość wygładzona), V_i (prędkość interwałowa) i V_k (prędkość kom-

pleksowa) obliczonych z pomiarów czasu wygładzonego zawiera [tabela 9](#). Krzywe prędkości wygładzonych, interwałowych i kompleksowych przedstawiono na [figurze 35](#). Wykresy powyższe wzbogacono profilem stratygraficznym otworu wiertniczego, co umożliwi bezpośrednie powiązanie zmian prędkości z kompleksami stratygraficzno-litolo-

Tabela 9

Zestawienie uśrednionych wartości prędkości interwałowej (V_i), prędkości kompleksowej (V_k) i prędkości wygładzonej (V_w) obliczonych z czasu wygładzonego

Averaged interval velocity (V_i), complex velocity (V_k) and smoothed velocity (V_w) values calculated from smoothed time

H [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]	H [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]	H [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]	H [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
20	1912	1944	1880	800	2807	2876	2851	1580	3520	3763	3620	2360	4517	4426	4562
40	1912	1944	1890	820	2940	2876	2884	1600	3520	3763	3681	2380	4517	4426	4602
60	1912	1944	1921	840	2940	2876	2921	1620	3823	3763	3738	2400	4517	4426	4619
80	1912	1944	1960	860	2940	2876	2961	1640	3823	3763	3795	2420	4525	4426	4609
100	1912	1944	2003	880	2940	2876	2999	1660	3823	3763	3853	2440	4525	4426	4574
120	2103	1944	2048	900	2940	3068	3032	1680	3823	3763	3912	2460	4525	4426	4514
140	2103	2168	2089	920	3092	3068	3060	1700	3823	3763	3968	2480	4525	4426	4433
160	2103	2168	2127	940	3092	3068	3083	1720	4035	4024	4014	2500	4525	4426	4330
180	2103	2168	2158	960	3092	3068	3104	1740	4035	4024	4045	2520	3993	4426	4207
200	2103	2168	2183	980	3092	3068	3125	1760	4035	4024	4055	2540	3993	4426	4068
220	2223	2168	2202	1000	3092	3237	3151	1780	4035	4024	4047	2560	3993	4426	3926
240	2223	2168	2217	1020	3258	3237	3184	1800	4035	4024	4025	2580	3993	3745	3798
260	2223	2168	2230	1040	3258	3237	3227	1820	3964	4024	3997	2600	3993	3745	3702
280	2223	2168	2244	1060	3258	3237	3280	1840	3964	4024	3971	2620	3697	3745	3652
300	2223	2300	2263	1080	3258	3237	3340	1860	3964	3947	3950	2640	3697	3745	3650
320	2326	2300	2285	1100	3258	3237	3399	1880	3964	3947	3935	2660	3697	3745	3691
340	2326	2300	2312	1120	3471	3416	3449	1900	3964	3947	3923	2680	3697	3745	3762
360	2326	2300	2341	1140	3471	3416	3483	1920	3903	3947	3912	2700	3697	3745	3845
380	2326	2300	2369	1160	3471	3416	3493	1940	3903	3947	3899	2720	4053	3745	3930
400	2326	2436	2394	1180	3471	3416	3482	1960	3903	3947	3893	2740	4053	4341	4010
420	2447	2436	2418	1200	3471	3416	3452	1980	3903	3947	3900	2760	4053	4341	4092
440	2447	2436	2438	1220	3321	3416	3406	2000	3903	3947	3930	2780	4053	4341	4185
460	2447	2436	2458	1240	3321	3416	3351	2020	4098	3947	3986	2800	4053	4341	4300
480	2447	2436	2477	1260	3321	3416	3293	2040	4098	3947	4064	2820	4703	4341	4445
500	2447	2436	2497	1280	3321	3416	3239	2060	4098	3947	4146	2840	4703	4341	4617
520	2567	2587	2520	1300	3321	3203	3199	2080	4098	4170	4211	2860	4703	4341	4805
540	2567	2587	2547	1320	3201	3203	3180	2100	4098	4170	4235	2880	4703	4341	4989
560	2567	2587	2580	1340	3201	3203	3182	2120	4121	4170	4213	2900	4703	5232	5142
580	2567	2587	2620	1360	3201	3203	3202	2140	4121	4170	4156	2920	5264	5232	5245
600	2567	2587	2664	1380	3201	3203	3228	2160	4121	4170	4087	2940	5264	5232	5292
620	2748	2587	2707	1400	3201	3203	3252	2180	4121	4170	4033	2960	5264	5232	5292
640	2748	2773	2744	1420	3294	3274	3268	2200	4121	4107	4009	2980	5264	5232	5265
660	2748	2773	2770	1440	3294	3274	3280	2220	4126	4107	4023	3000	5264	5232	5232
680	2748	2773	2784	1460	3294	3274	3297	2240	4126	4107	4075	2960	5264	5232	5292
700	2748	2773	2790	1480	3294	3402	3324	2260	4126	4107	4152	2980	5264	5232	5265
720	2807	2773	2793	1500	3294	3402	3367	2280	4126	4107	4244	3000	5264	5232	5232
740	2807	2773	2797	1520	3520	3402	3423	2300	4126	4107	4337	3020	5134	5197	5204
760	2807	2876	2808	1540	3520	3402	3488	2320	4517	4426	4425	3040	5134	5197	5187
780	2807	2876	2826	1560	3520	3402	3556	2340	4517	4426	4502	3060	5134	5197	5100

H – głębokość

H – depth

gicznymi przekroju geologicznego w otworze oraz z refleksami sejsmicznymi.

Przedstawiona na [figurze 34A](#) krzywa prędkości średnich wykazuje stopniowy wzrost od 1800 m/s do prawie 3300 m/s charakteryzujący utwory jury, triasu, permu i dewonu. Wzrost prędkości cechuje stały i łagodny przebieg. Większe anomalie mają charakter lokalny i występują na głębokości ok. 650 m – odpowiadają utworom synemuru i ok. 1400 m – odpowiadają strefie kontaktu triasu środkowego i górnego.

Prędkości kompleksowe i interwałowe ([fig. 35](#)) dla poszczególnych geologicznych utworów jurajskich jury środkowej o małej miąższości i jury dolnej oraz triasowych do głębokości ok. 1300 m wykazują stopniowy „schodkowy” wzrost wartości wraz z głębokością od 1950 m/s do 3400 m/s. Granice kontrastu prędkości wydzielają kolejno w utworach jury warstwy bajosu, toarku, pliensbachu, synemuru i hetangu. Wykresy prędkości interwałowych dodatkowo pozwalają wyodrębnić ogniwa dolne i górne w osadach pliensbachu i synemuru. Tak wyraźna wielodzielność wykresów prędkości wynika ze znacznego zróżnicowania wykształcenia litologicznego kompleksów jurajskich.

Prędkość kompleksowa 2900 m/s odpowiadająca utworom hetangu dotyczy również górnych warstw retyku. Następny wzrost prędkości interwałowych i kompleksowych do 3050 m/s ma miejsce w dolnych osadach retyku i obejmuje także górne ogniwa noryku do głębokości ok. 1000 m. Niższym utworom noryku odpowiadają dwie wartości prędkości interwałowych i kompleksowych: 3200 i 3400 m/s. Wzrost prędkości w warstwach dolnych noryku jest związany z wykształceniem litologicznym iłowcowo-dolomitycznym tej części profilu. Wartość 3400 m/s na wykresie prędkości kompleksowych charakteryzuje górną część utworów karniku. Natomiast kontrast prędkości interwałowych podkreśla granicę noryk–karnik.

Pierwsze zmniejszenie prędkości do wartości 3200 m/s notują obydwie krzywe: interwałowa i kompleksowa na granicy wydzielającej kompleks utworów karniku położo-

ny w jego dolnej części, który obejmuje również górne warstwy triasu środkowego. Od tej granicy notujemy ponowny powrót do tendencji zwiększającej wartość prędkości, zarówno interwałowych jak i kompleksowych. Są to kolejno następujące wartości: 3250, 3400 i 3750 m/s odpowiadające poszczególnym wydzieleniom triasu środkowego. Ostatnia z nich 3750 m/s dotyczy także górnych warstw triasu dolnego. Niższe ogniwa triasu dolnego do głębokości 2300 m charakteryzują się stosunkowo małymi zmianami prędkości kompleksowych i interwałowych oscylującymi w granicach 3950–4150 m/s z większym kontrastem występującym w okolicach kontaktu utworów pstrego piaskowca środkowego i dolnego. Znaczny wzrost obydwóch prędkości do wartości 4450 m/s obserwuje się dopiero w niższej części pstrego piaskowca dolnego. Wydzielają one pakiet o miąższości ok. 260 m.

Poniżej występuje bardzo duży, wynoszący ok. 700 m/s kontrast prędkości obniżający prędkość kompleksową do wartości 3750 m, którą w profilu otworu wietniczego reprezentują najniższe osady triasu dolnego oraz najwyższe ogniwo utworów permu górnego. Od tego momentu następuje ponowny wzrost średnich prędkości kompleksowych charakteryzujący poszczególne cyklotemy cechsztynu od najmłodszego PZ4 do najstarszego objętego pomiarem PZ2.

Wykres prędkości interwałowych wydziela odcinek o wartości 4050 m/s, skorelowany z głębokością występowania cyklotemu PZ4, który w profilu otworu reprezentują sole kamienne z przewarstwieniami skał ilasto-mułowcowych. Dalszy systematyczny wzrost prędkości aż do wartości 5250 m/s należy wiązać ze zwiększeniem w wykształceniu litologicznym utworów cechsztynu udziału anhydrytów i zmniejszeniem zawartości soli.

Wykonana interpretacja pomiarów średnich prędkości fal sejsmicznych w otworze Gościno IG 1 umożliwia określenie prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych w ośrodku skalnym a w konsekwencji właściwe wyznaczenie głębokości granic na przekrojach sejsmicznych w tym rejonie.