

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH¹

Damian WĘGLIŃSKI, Krzysztof WAŚKIEWICZ

GEOFIZYKA WIERTNICZA

Badania geofizyki otworowej zostały wykonane dla dziewięciu głównych interwałów głębokościowych, w których następnie została wykonana interpretacja odcinkowa (fig. 26). Wykonawcą tych pomiarów była Geofizyka Toruń. Po zakończeniu prac wiertniczych wykonano profilowanie termiczne.

Celem badań geofizycznych było: określenie litologii przewierconych kompleksów skalnych, wydzielenie warstw kolektorskich w kontekście występowania ropy i gazu, wykonanie korelacji z sąsiednimi otworami oraz określenie stanu technicznego otworu.

ZAKRES BADAŃ

Pomiary geofizyki otworowej w otworze Mniszków IG 1 zostały przeprowadzone w interwale 15,0–3000,0 m. Pomiary wykonywano zgodnie z postępowaniem prac wiertniczych w dziewięciu odcinkach głębokościowych, pomiędzy 27.11.1971 r. a 31.08.1972 r. Szczegółowy wykaz pomiarów, przeprowadzonych w każdym odcinku, bazujący na dokumentacji wynikowej otworu Mniszków IG 1 (Jurkiewicz i in., 1973), zamieszczono w tabeli 10.

Badania geofizyki wiertniczej w otworze Mniszków IG 1 zostały zarejestrowane analogowymi sondami, głównie produkcji radzieckiej (AKS-L-64). Pozwoliło to jedynie na ograniczone rozpoznanie ośrodka skalnego, co jest związane z technologią wykorzystaną w urządzeniach pomiarowych – w szczególności sond radiometrycznych. Sondy te stanowiły urządzenia niekalibrowane i niestandardyzowane a wyniki pomiarów opisywane były w jednostkach intensywności promieniowania (impulsy na minutę – imp/min). Pomiary wyrażone w tych jednostkach są nieporównywalne, co wpływa na ich ograniczoną stosowalność w takiej formie. Warto jednak zauważyć, że do pomiarów radiometrycznych (PNG, PG) dołączono wyniki pomiarów tła oraz pomiary kontrolne. Profilowania te były wykonywane w ok. 50 m interwałach, w celu sprawdzenia stabilności pracy sond radiometrycznych. Wykonanie takich pomiarów stanowi istotną wartość dodaną przy interpretacji danych oraz ocenie ich jakości.

W otworze Mniszków IG 1 przeprowadzono następujące pomiary:

- profilowanie średnicy otworu (PŚr);
- profilowanie gamma naturalne (PG);
- profilowanie neutron-gamma (PNG);
- profilowanie potencjałów naturalnych (PS);
- mikroprofilowanie oporności (mPO):
 - sonda A1"M1"N;
 - sonda A2"M;

- gradientowe profilowanie oporności (POg):
 - sonda M2.5A0.25B (EL09);
 - sonda M5.28A0.82B (EL18);
- gradientowe profilowanie oporności zestawem 5 sond (POg5):
 - sonda M0.5A0.1B (EL02);
 - sonda M1.0A0.1B (EL03);
 - sonda M2.5A0.25B (EL09);
 - sonda M5.28A.082B (EL18);
 - sonda M8.0A1.0B (EL26);
- potencjałowe profilowanie oporności (POp):
 - sonda B2.5A0.25M (EN10);
- profilowanie oporności płuczki (MRES);
- sterowane profilowanie oporności (POst);
- profilowanie gamma-gamma (PGG);
- profilowanie termiczne (TEMP);
- profilowanie krzywizny (PK);
- profilowanie potencjałów wzbudzonych (PW) (fig. 26).

W ramach badań geofizycznych na otworze Mniszków IG 1 wykonano szeroką gamę pomiarów – szczególnie z grupy elektrycznych. Warto jednak zaznaczyć, że w otworze nie wykonano jednego ze standardowych profilowań, czyli profilowania akustycznego (PA). W dokumentacji znajduje się wyłącznie tabela z prędkościami warstwowymi, wyliczonymi z profilowania akustycznego. Dodatkowo profilowanie gęstości (PGG) zostało wykonane tylko na krótkim odcinku (głęb. 890,0–1350,0 m). Brak tych profilowań może stanowić problem podczas ewentualnej kompleksowej reinterpretacji danych z otworu.

Warto również zwrócić uwagę na rzadko wykonywane profilowanie potencjałów wzbudzonych, które według autorów dokumentacji wynikowej, nie było pierwotnie planowane. Pomiar wykonano w związku z opinią geologa nadzorującego odwiert,

¹ Przy opracowaniu rozdziału wykorzystano informacje zawarte w rozdziale pt. „Wyniki badań geofizycznych w otworze Mniszków IG 1” autorstwa J. Szewczyka w opracowaniu M. Kulety (2005).

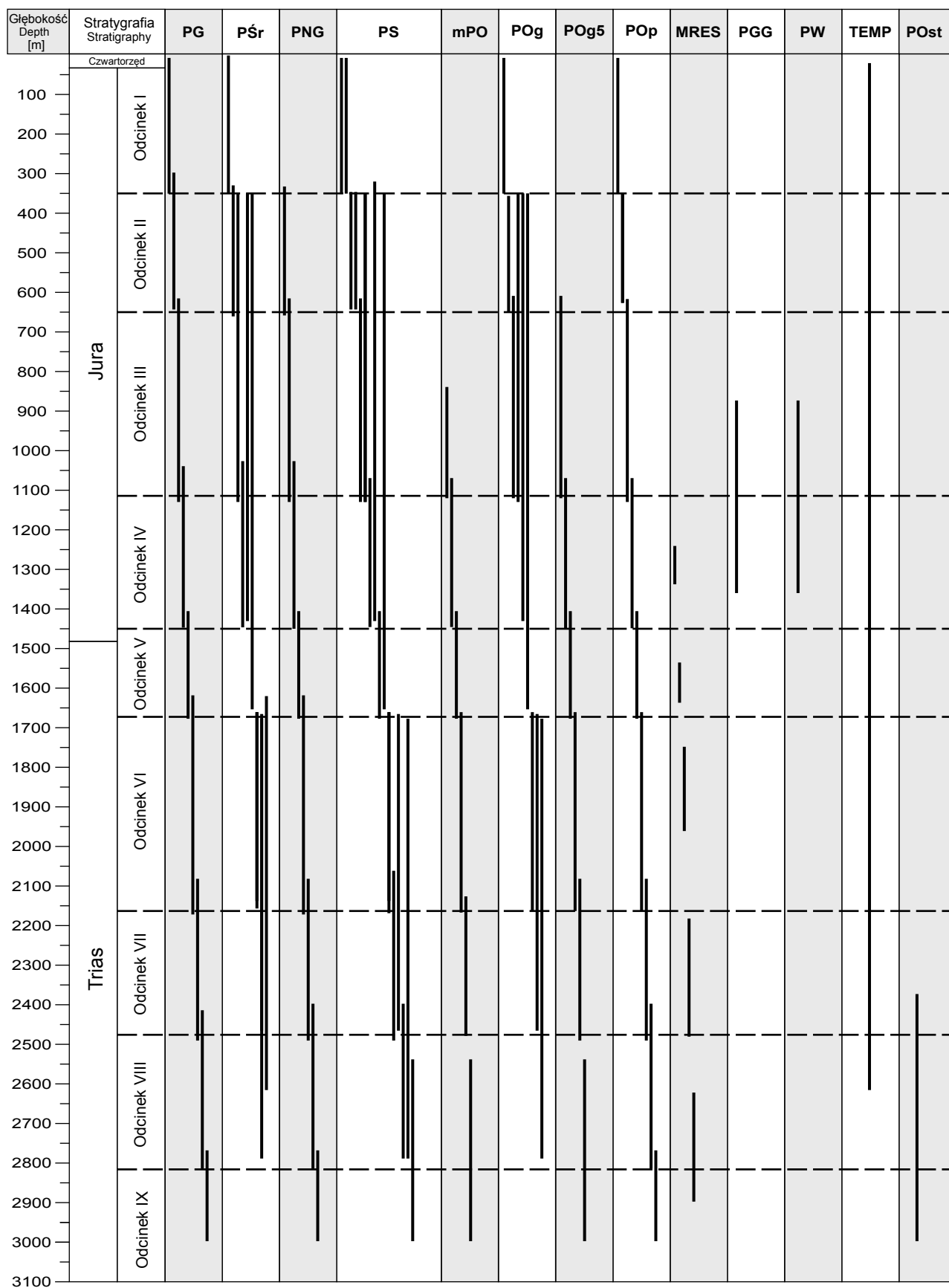


Fig. 26. Schematyczne zestawienie głębokościowe typów badań geofizycznych wykonanych w otworze wiertniczym Mniszków IG 1 dostępne w formie cyfrowej

Schematic summary depth presentation of types well logging methods performed in the Mniszków IG 1 borehole available in digital form

Tabela 10

Wykaz badań geofizyki otworowej wykonanych w otworze wiertniczym Mniszków IG 1

List of well logs from the Mniszków IG 1 borehole

Data pomiaru Date of measurement	Rodzaj pomiaru Type of measurement	Komentarz Commentary	Interwał głęboko- ściowy pomiaru Measurement depth interval [m]	Średnica otworu Drill hole diameter [mm]	Rodzaj płuczki Type of drilling fluid
1	2	3	4	5	6
27.11.1971	PS – POg –POp	dodatkowo pomiar kontrolny	17–350	438	ilowa gęstość: 1,27 g/cm ³ wiskoza: 62 sek oporność: 6.5 Ω *m (16°C)
	PG	dodatkowo pomiar tła i kontrolny	15–350		
	PŚr		17–351		
	PK		0–352		
10.12.1971	PS – POg –POp	dodatkowo pomiar kontrolny	352–650	308	wapienna gęstość: 1,12 g/cm ³ wiskoza: 50 sek oporność: 3.2 Ω *m (20°C)
	PG – PNG	dodatkowo pomiar tła i kontrolny	352–650		
	PŚr		352–651		
	PK		346–653		
04.01.1972–06.01.1972	PG–PNG	dodatkowo pomiar tła i kontrolny	620–1115	308	gipsowa gęstość: 1,23 g/cm ³ wiskoza: 59 sek oporność: 5.5 Ω*m (7°C)
	PŚr		352–1115		
	PS		352–1115		
	POp	dodatkowo pomiar kontrolny	620–1115		
	POg5		352–1115		
	Pog		620–1115		
	MRES		950–1000		
	PK		647–1116		
	PŚr		850–1115		
	mPO		850–1115		
02.02.1972–03.02.1972	PS – POg –POp	dodatkowo pomiar kontrolny	1075–1450	308	gipsowa gęstość: 1,26 g/cm ³ wiskoza: 54 sek oporność: 5.9 Ω *m (28°C)
	POg5		1075–1450		
	mPO		1075–1450		
	PG – PNG	dodatkowo pomiar tła i kontrolny	1075–1450		
	PŚr		352–1451		
	MRES		1250–1300		
	PŚr		1075–1450		
	PK		1110–1451		
01.03.1972–02.03.1972	PS – POg –POp	dodatkowo pomiar kontrolny	1410–1673	308	gipsowa gęstość: 1,26 g/cm ³ wiskoza: 55 sek oporność: 4.9 Ω *m (28°C)

Tabela 10 cd.

1	2	3	4	5	6
	PS	pomiar kontrolny	352–1648		
	POg5		1410–1673		
	mPO		1410–1672		
	PG – PNG	dodatkowo pomiar tła i kontrolny	1410–1673		
	PŚr		895–1338		
	PŚr		1410–1603		
	PŚr		352–1673		
	MRES		1550–1600		
	PGG		890–1350		
	PW		890–1350		
	PK		1445–1673		
14.04.1972–16.04.1972	PS – POg – POp	dodatkowo pomiar kontrolny	1672.5–2160	216	gipsowa gęstość: 1.22g/cm ³ wiskoza: 50 sek oporność: 1.3 Ω *m (15°C)
	PS	pomiar kontrolny	1672.5–2136		
	POg5		1672.5–2160		
	mPO		1672.5–2090		
	PG – PNG	dodatkowo pomiar tła i kontrolny	1672.5–2160		
	PŚr		1670.5–2090		
	PŚr		1672.5–2153		
	MRES		1870–1920		
	PK		1667–2167		
23.05.1972–26.05.1972	PS – POg – POp	dodatkowo pomiar kontrolny	2120–2478	216	gipsowa gęstość: 1.25g/cm ³ wiskoza: 53 sek oporność: 0.54 Ω *m (18°C)
	PS	pomiar kontrolny	1673–2457		
	POg5		2120–2478		
	mPO		2140–2470		
	PG – PNG	dodatkowo pomiar tła i kontrolny	2120–2478		
	MRES		2250–2300		
	PŚr		1673–2475		
	Pśr		2140–2470		
	PK		2155–2482		
03.07.1972–05.07.1972	PŚr		1673–2783	216	gipsowa gęstość: 1.26g/cm ³ wiskoza: 59 sek oporność: 0.9 Ω *m (17°C)
	PG – PNG	dodatkowo pomiar tła i kontrolny	2440–2814		
	POp	dodatkowo pomiar kontrolny	2440–2816		
	Pog	dodatkowo pomiar kontrolny	1673–2815		
	PS		1673–2794		
	PS	pomiar kontrolny	2440–2794		
	PK		2476–2818		

Tabela 10 cd.

1	2	3	4	5	6
28.08.1972–31.08.1972	PS – POg – POp	dodatkowo pomiar kontrolny	2550–2999	216	gipsowa gęstość: 1.21g/cm ³ viskoza: 4 sek oporność: 0.8 Ω *m (21°C)
	PS	pomiar kontrolny	1673–2975		
	POg5		2550–2999		
	mPO		2550–2999		
	PG – PNG	dodatkowo pomiar tła i kontrolny	2550–2999		
	PŚr		2550–2999		
	PŚr		1673–2995		
	MRES		2850–2900		
	MRES		2650–2780		
	PK		2812–3001		
	POst		2374–2997		
22.08.1972	TEMP		13–2623	308–216	—

PK – profilowanie krzywizny otworu; PŚr – profilowanie średnicy; PG – profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma; PGG – profilowanie gamma–gamma gęstościowe; PNG – profilowanie neutron gamma; PS – profilowanie naturalnych potencjałów; POp – profilowanie oporności potencjałowe; POg – profilowanie oporności gradientowe, POg5 – profilowanie oporności gradientowe zestawem 5 sond o różnych zasięgach radialnych; mPO – mikroprofilowanie oporności; TEMP – profilowanie temperatury; POst – profilowanie sterowane oporności, MRES – profilowanie oporności płuczki

PK – deviation log; PŚr – caliper; PG – gamma ray log; PGG – density log; PNG – neutron-gamma log PS – spontaneous potential log; POp – normal electrical log; POg – lateral electrical log; POg5 – five probes lateral electrical log with different radial ranges, mPO – microresistivity log; TEMP – temperature log; POst – laterolog; MRES – drilling mud resistivity log

który stwierdził obecność okruszczenia siarczkowego w interwale głęb. 900–1300 m. W celu wydzielenia ewentualnych stref okruszczonych wykonano profilowanie potencjałów wzbudzonych (PW) oraz profilowanie gamma-gamma gęstościowe (PGG). Dodatkowo w każdym interwale pomiarowym został wykonany pomiar temperatury maksymalnej na końcu każdego odcinka. Pomiar ten został wykonany w nieustalonych warunkach termicznych tj. po ok. 3–4 dniach po ustaniu przepływu płuczki.

Wszystkie wyniki pomiarów oraz dokumentacja w formie papierowej jest w posiadaniu Narodowego Archiwum Geologicznego w Warszawie, przy czym pomiary zostały zarejestrowane w skali 1:500.

W latach 90. XX w., w ramach projektu Centralnej Bazy Danych Geologicznych, pomiary geofizyki wiertniczej, dokonane m.in. w otworze Mniszków IG 1, zostały zdigitalizowane do formatu LAS w wersji 1.2. Pliki w tej wersji mogą być problematyczne w imporcie do niektórych wersji opro-

gramowań specjalistycznych, dlatego należałoby rozważyć ewentualną ich konwersję do nowszego formatu lub ponowną digitalizację z użyciem nowoczesnych urządzeń, które zapewniłyby lepsze odwzorowanie krzywych geofizyki wiertniczej. Krok, z jakim scyfrowano pomiary, wyniósł 0,25 m. Graficzną prezentację pomiarów dostępnych w formie cyfrowej przedstawiono na figurze 26.

W ramach wcześniejszych prac interpretacyjnych, prowadzonych przez pracowników Państwowego Instytutu Geologicznego, część profilowań geofizyki wiertniczej zostało unormowanych i połączonych (fig. 27). Szczególnie istotna jest w tym przypadku normalizacja profilowania gamma naturalnego (PG) w obrębie całego otworu, do umownych jednostek API_PIG, którego metodyka została opisana przez J. Szewczyka (2000), przy czym autor stwierdził, że przeliczenie to zbliżone jest pod względem uzyskanego wyniku do współcześnie stosowanych jednostek API.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Na podstawie figury 26 można wydzielić pięć kompleksów geofizycznych, tj. znacznie różniących się pod względem przebiegu krzywych geofizyki wiertniczej. Kompleksy te w sposób znaczny różnią się między sobą litologią i w zasadzie odpowiadają głównym granicom stratygraficznym. Opis kompleksów uzupełniony o dane uzyskane z rdzeniowania oraz badań laboratoryjnych przedstawia się w sposób następujący:

Kompleks 1 (głęb. 21,0–850,0 m)

Kompleks charakteryzujący się niską promieniotwórczością naturalną (PG). Bazując na danych pochodzących z wiercenia i krzywe oporności (EN10_C oraz EL09_C) można ten kompleks podzielić na dwa interwały. Górny interwał (głęb. 178,0–210,0 m) charakteryzujący się znacznie niższą opornością, co wskazuje na piętro wapnisto-margliste, oraz interwał dolny (głęb. 178,0–

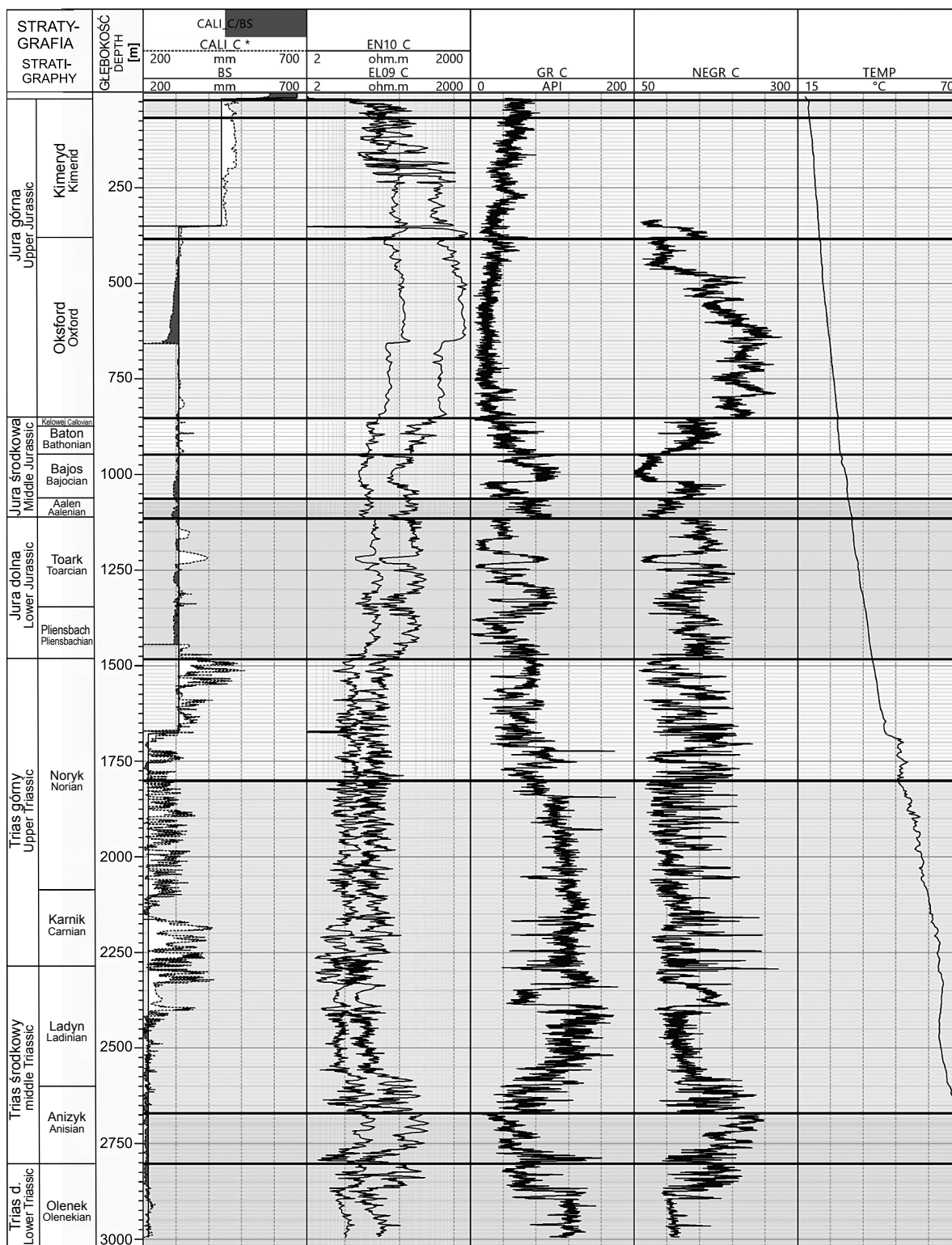


Fig. 27. Unormowane profilowanie gamma (GR_C), profilowanie neutron-gamma (NEGR_C), profilowanie oporności sondą spągową oraz gradientową (EL09_C, EN10_C), profilowanie średnicy (CALI_C) wraz z średnicą nominalną (BS) oraz profilowanie termiczne (TEMP) – stratygrafia na podstawie profilu otworu Mniszków IG 1; weryfikacja 2008

Trias d. – trias dolny, jura śr. – jura środkowa

Normalized values of the natural gamma ray log (GR_C), neutron-gamma ray log (NEGR_C), conventional resistivity logs deep and shallow (EL09_C, EN10_C) and caliper log (CALI_C) along with Bit Size (BS) and temperature log (TEMP) – stratigraphy from borehole profile Mniszków IG 1; verification 2008

Trias d. – Lower Triassic, jura śr. – Middle Jurassic

850,0 m) o wyższej oporności ($>400 \Omega\text{m}$) wskazujący na większy udział wapieni. Maksymalna oporność odczytana z profilowania EN10_C wynosi ponad $1700 \Omega\text{m}$, co sugeruje obecność zwężonej warstwy wapienia (głęb. 350,0–380,0 m).

Kompleks 2 (głęb. 850,0–1480,0 m)

Kompleks ten został wydzielony na podstawie obniżenia wskazań profilowań oporności oraz profilowania neutron-gamma (PNG). Bazując na danych pozyskane z profilowania rdzenia można stwierdzić, że ośrodek ten jest zbudowany z piaskowców oraz iłowców z niewielkimi przewarstwieniami dolomitów. Zmiany zawartości frakcji ilastej do piaszczystej można utożsamiać ze zmianami przebiegu krzywych PG (wysokie odczyty dla skał ilastych, niskie dla piaskowców) oraz PNG (niskie odczyty dla skał ilastych, wysokie dla piaskowców). Zależność tą doskonale widać w interwale głęb. 982,0–1062,0 m (bajos), w którego stropie znajduje się kompleks o znacznym udziale frakcji ilastej, a w spągu frakcji piaszczystej. Wyraźna granica pomiędzy tymi interwałami znajduje się na głębokości 1019,0 m.

Kompleks 3 (głęb. 1480,0–2565,0 m)

Poniżej głębokości 1480,0 m (granica jury dolnej oraz noryku) można zauważyć widoczny spadek odczytów na krzywych oporności oraz PNG. Wykorzystując dostępne dane z opisu rdzenia można wywnioskować, że kompleks ten składa się głównie z utworów mułowcowych, iłowcowych oraz piaskowcowych, przy czym mułowce charakteryzują się odczytami pośrednimi pomiędzy piaskowcami oraz iłowcami. Pod względem krzywych zaprezentowanych na figurze 26, najbardziej charakterystyczny jest interwał głęb. 2332,0–2387,0 m, obejmujący utwory z przewagą piaskowców w stosunku do pozostałych warstw w tym kompleksie. Dodatkowo ośrodek ten charakteryzuje się silnie zróżnicowanym prze-

biegiem pozostałych krzywych, w tym krzywej średnicy (PŚr), co wskazuje na znaczne skawernowanie ścian otworu, które według autorów dokumentacji wynikowej (Jurkiewicz i in., 1973) może być spowodowane przewarstwieniami iłowców w mułowcach i piaskowcach. Pośrednio może to wpływać na wskazania pozostałych krzywych.

Kompleks 4 (głęb. 2565,0–2865,0 m)

W stosunku do kompleksu 3 w omawianym interwale następuje wzrost wskazań profilowania oporności oraz neutron-gamma (PNG), co jest spowodowane wzrostem udziału skał węglanowych w stosunku do ilastych. Dla tego kompleksu można wydzielić kilka interwałów różniących się udziałem frakcji ilastej. Najsilniej zailoną warstwą w tym kompleksie znajduje się na głębokości 2786,0–2795,0 m, przy czym jest ona niejednorodna; interwały wapieni marglistych są przewarstwione marglami, które ujawniają się pod postacią wysokich odczytów profilowania gamma, szczególnie na głębokości 2786,0–2789,0 m, gdzie profilowanie PG przyjmuje wartość ok. 150 API_PIG. Warto zaznaczyć, że profilowanie średnicy wskazuje na wysoką stabilność ścian otworu i brak skawernowania.

Kompleks 5 (głęb. 2865,0–3000,0 m)

W stosunku do kompleksu 4 następuje znaczące obniżenie wskazań na krzywych EN10_C, EL09_C oraz PNG. Dodatkowo następuje wzrost wskazań dla profilowania PG. Zmiany te są związane z przejściem od serii węglanowej do utworów klastycznych dolnego triasu. Według opisów rdzenia można je sklasyfikować jako mułowce oraz w mniejszym stopniu piaskowce. Kompleks ten pod względem krzywych geofizyki jest słabo zróżnicowany. Nielicznie występują lokalne maksima dla profilowań PNG oraz oporności, które wskazują na interwały o wyższym udziale piaskowców.

STAN TECHNICZNY OTWORU ORAZ JAKOŚĆ WYNIKÓW BADAŃ

Do oceny stanu technicznego otworu użyto profilowania średnicy (CALI_C; fig. 26), które wykonano na praktycznie całej długości otworu (głęb. 15,0–3000,0 m). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że stabilność ścian otworu w interwałach 200,0–1477,0 m oraz 2403,0–3000,0 m była dobra, tj. średnica pomierzona była zbliżona do średnicy nominalnej. Odstępstwo od tego faktu zanotowano w interwale 500,0–658,0 m, gdzie wystąpiło zjawisko zmniejszenia średnicy otworu związane z wystąpieniem korka ilastego, czyli osadu powstałego na ścianie otworu w wyniku przenikania płuczki do porowatego i przepuszczalnego ośrodka skalnego. W pozostałej części otworu stabilność jego ścian

była gorsza, w szczególności należy zwrócić uwagę na interwały (1477,0–1554,0; 1720,0–2100,0; 2155,0–2403,0 m), gdzie średnica otworu pomierzona średnicomierzem była o 10–20 cm większa niż średnica nominalna świda. Wielkość powstałych kawern oraz wymyc negatywnie wpływa na wiarygodność otrzymanych wyników oraz wymusza zastosowanie znaczących poprawek na ten fakt.

Pomiary krzywizny zostały wykonane w każdym z odcinków. Łącznie pomierzono 184 punkty a zastosowany krok pomiarowy wynosił między 10 a 20 m. Odejście dna otworu od pionu wyniosło 27,6 m, a sumaryczny azymut skrzywienia wyniósł 19,2°.

BADANIA GEOTERMICZNE – STRUMIEŃ CIEPLNY

W otworze Mniszków IG 1 w zakresie rozpoznania termicznego zostały wykonane pomiary termometrami maksymalnymi w trakcie odcinkowych badań geofizycznych. W tabeli 11 zostały podane wartości temperatur zarejestrowanych w trakcie poszczególnych badań.

W ramach prac interpretacyjnych zostało wykonane obliczenie litologicznego modelu objętościowego dla otworu Mniszków IG 1. Umożliwiło to m.in. policzenie przewodności cieplnej utworów tworzących ten profil. Bazując na wartościach przewodności cieplnej dokonano syntetycznego

profilowania temperatury (Ts) oraz obliczono wartość strumienia ciepłego. Po uwzględnieniu wpływu czynnika paleoklimatycznego wynosi ona ok. 74,3 mW/m². Otwór Mniszków IG 1 znajduje się w strefie wzrastającego, w kierunku południowym, wartości strumienia ciepłego, z lokalną kulminacją w rejonie otworu Radwanów IG 1.

Wykonane prace interpretacyjne nie wykazały istnienia w otworze warstw zbiornikowych wykazujących nasycenie bituminami.

Sylwia KIJEWSKA

Tabela 11

**Temperatura zarejestrowana
w trakcie odcinkowych badań geofizycznych**

Temperature recorded during the episode geophysical research

Głębokość Depth [m]	Temperatura Temperature [°C]
1451,0	38
1673,0	44
2165,0	58
2490,5	71
2816,0	79
2996,0	85

POMIARY SEJSMICZNE

W okolicy otworu Mniszków IG 1 pomiary sejsmiczne z zapisem cyfrowym są wykonywane od lat 70. XX w. Obszar jest pokryty stosunkowo gęstą siecią profili, lecz w najbliższym sąsiedztwie są to głównie dane uzyskane do początku lat 90. XX w. Do przedstawienia budowy strukturalnej wybrano profil 9-8-77K o przebiegu SW–NE, wykonany przez Geofizykę Kraków w 1977 r. Jest on zlokalizowany ok. 7 km na zachód od otworu Mniszków IG 1. Jakość obrazu sejsmicznego na profilach zlokalizowanych bliżej otworu nie była satysfakcjonująca, a wybrana linia dobrze przedstawia budowę geologiczną obszaru i usytuowanie otworu względem uskoku.

W otworze nie wykonano pomiarów akustycznych i dowiązanie danych sejsmicznych do otworowych oparto jedynie na pomiarach prędkości średnich co spowodowało, że interpretację stropów warstw triasu dolnego, środkowego i górnego, jury dolnej i środkowej wykonano bez analizy seismogramu syntetycznego (fig. 28). Pomocniczo wyrysowano również horyzont sejsmiczny wyznaczający strop osadów permu (fig. 28 – po-

marańczowa przerywana linia). Na obrazie sejsmicznym wyraźnie zaznacza się obecność uskoków (linie czerwone), które były aktywne do początku późnego triasu, a sam otwór został zlokalizowany w rowie tektonicznym ograniczonym uskokaми normalnymi. Brak większej ilości otworów wiertniczych w bezpośrednim sąsiedztwie analizowanego wiercenia oraz słaba jakość sygnału sejsmicznego w osadach wypełniających rów tektoniczny powodują, że przebieg interpretowanych horyzontów jest obciążony niejednoznacznością. Wydaje się jednak, że miąższość osadów zwłaszcza triasu dolnego i górnego na profilu sejsmicznym zwiększa się nieco w kierunku NE, w przeciwieństwie do osadów triasu środkowego, których miąższość zwiększa się ku SW. Refleksy o podobnej charakterystyce i układzie, które mogą wskazywać na pochodzenie od tego samego poziomu litostratygraficznego, najwyraźniej są obserwowane w obrębie triasu. Ich przebieg jak i ogólny trend pozostałych horyzontów sejsmicznych na profilu wyraźnie zapadają w kierunku NE.

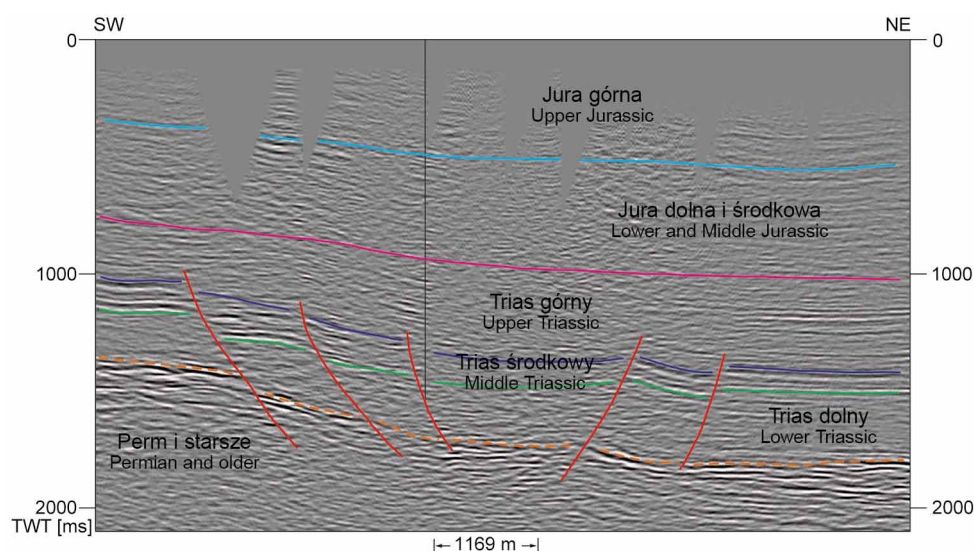


Fig. 28. Interpretacja profilu sejsmicznego zlokalizowanego w pobliżu otworu Mniszków IG 1
Przerywaną, pomarańczową linią zaznaczono przypuszczalny strop paleozoicznego podłoża

Interpretation of 2D seismic section located near the Mniszków IG1 borehole
The dashed orange line marks the presumptive top of the Palaeozoic basement

Lidia DZIEWIŃSKA, Waldemar JÓŹWIAK, Kinga BOBEK

PRĘDKOŚCI ŚREDNIE

Pomiary prędkości średnich i opracowanie otrzymanych wyników dla otworu Mniszków IG 1 zostały wykonane w 1972 r. przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych w Warszawie. Prace pomiarowe wykonano aparaturą Rx-61 oraz sondą 6-cio geofonową produkcji PPG co 25 m. Prace strzałowe prowadzono z trzech punktów wzbudzenia (PW) usytuowanych w następujący sposób:

PW1	d = 169 m	A = 110°	N = -2,5 m
PW2	d = 167 m	A = 180°	N = -4 m
PW3	d = 295 m	A = 280°	N = -1,5 m

gdzie:

d – odległość punktu wzbudzenia od głębokiego odwiertu

A – azymut mierzony w punkcie głębokiego odwiertu w kierunku PW

N – niwelacja: PW w stosunku do wylotu głębokiego odwiertu

W celu kontroli głębokości strzelania na poszczególnych punktach strzałowych ustawiono geofony korekcyjne K₁ w maksymalnej odległości nieprzekraczającej 5 m. Kontrolę momentu wybuchu prowadzono z wykorzystaniem geofonu korekcyjnego K₂. Pomiarom objęto interwał głębokościowy 35–2985 m, przy całkowitej głębokości otworu wynoszącej 3028 m (czwartorzęd – trias dolny). Wysokość wylotu otworu wynosi 218,5 m, natomiast do obliczeń prędkości średnich przyjęto poziom odniesienia pomiaru na wysokości 207,5 m n.p.m.

Głębokość zredukowana do poziomu odniesienia została obliczona z wykorzystaniem wzoru:

$$h_r = H - h_{po} \pm N$$

gdzie:

h_r – głębokość punktu pomiarowego zredukowana do poziomu odniesienia

H – głębokość zanurzenia geofonu liczona od wylotu głębokiego odwiertu

h_{po} – głębokość do poziomu odniesienia wspólnego dla wszystkich PW liczona od powierzchni ziemi na poszczególnych PW

N – wysokość względna PW w stosunku do wylotu głębokiego otworu

Czas obserwowany na sejsmogramach został przeliczony na czas poprawiony, zgodnie z równaniem:

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

gdzie:

t_p – czas poprawiony

t_{obs} – czas obserwowany

Δt_h – poprawka wynikająca ze zmian głębokości strzelania, poziomu odniesienia, miąższości stref małych prędkości, prędkości wewnątrz danej strefy oraz pod nią.

W dalszym etapie prowadzonych obliczeń jest konieczne wykonanie redukcji otrzymanych wartości czasu poprawionego do pionu dla poszczególnych punktów wzbudzenia, zwanych dalej t_r 1, t_r 2 oraz t_r 3. W przypadku otworu Mniszków IG 1 tę redukcję wykonano metodą zakładającą jednorodność ośrodka w interwale od punktu wzbudzenia do głębokości zanurzenia geofonu, a więc prostoliniowego przebiegu promienia sejsmicznego. Wspomnianą redukcję wykonano za pomocą następującego wzoru:

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

gdzie:

t_r – czas zredukowany

h_r – głębokość punktu pomiarowego zredukowana do poziomu odniesienia

d – odległość punktu wzbudzenia od głębokiego odwiertu dla danego PW

Uzyskane wartości h_r oraz t_r finalnie posłużyły do obliczenia prędkości średnich (V_{sr}) zgodnie ze wzorem:

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

Wszystkie uzyskane wartości t_r 1, t_r 2, t_r 3, t_r oraz V_{sr} zostały zestawione w tabeli (tab. 12). Obliczenia były prowadzone przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego.

Zestaw otrzymanych wyników stanowił podstawę konstrukcji krzywych prędkości średnich (fig. 29A) oraz hodografu pionowego (fig. 29B). Krzywa prędkości średnich została utworzona na podstawie obliczeń prowadzonych z wykorzystaniem średniej wartości czasu zredukowanego z trzech punktów wzbudzenia (t_r). Uzyskany hodograf pionowy wskazuje na zależność między wzrostem głębokości a czasem rejestracji. Na krzywej prędkości średnich pierwotnie zaobserwowano drobne rozrzuty otrzymanych wartości wskazujące na istotne różnice pomiędzy pomierzonym czasem oraz możliwe występowanie błędów pomiarowych. W celu wyeliminowania wpływu możliwych błędów, w późniejszym etapie analiz zastosowano wygładzanie metodą średniej ruchomej.

Kolejnym etapem analizy jest wyznaczenie poszczególnych kompleksów prędkościowych, a w szczególności ich wartości średnich poprzez zastosowanie wygładzenia wartości pomiarów geofizycznych. Metoda ta może zostać zastosowana wyłącznie w przypadku zachowania stałych odstępów pomiędzy punktami pomiarowymi, a zmienność pomierzonych wartości z punktu na punkt jest losowa. Podaną metodę zastosowano do wygładzenia czasów w celu zniwelowania przypadkowych

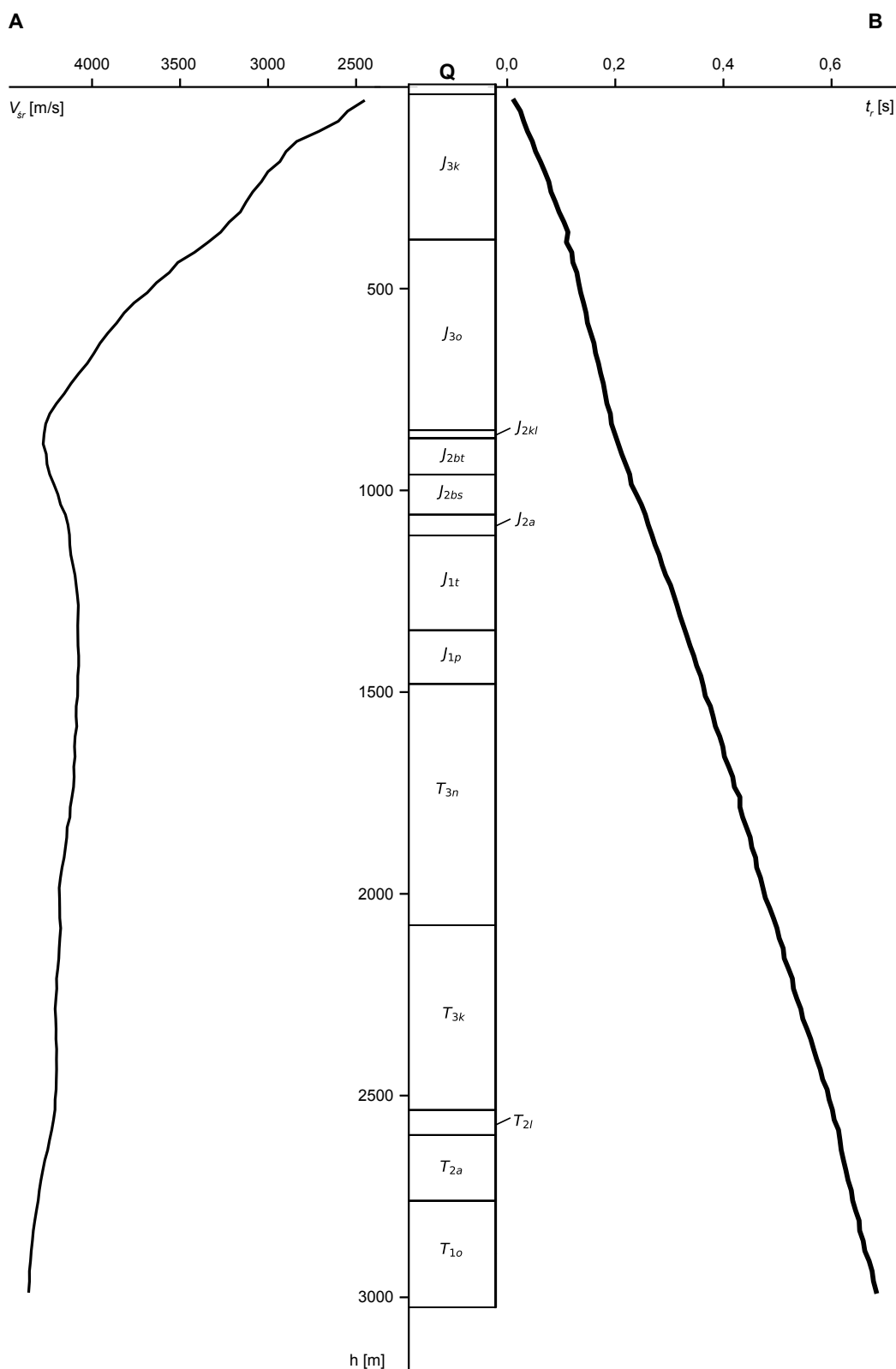


Fig 29. Wykres prędkości średnich (A) i hodograf pionowy (B) otrzymane dla otworu Mniszków IG 1 (poz. odn. 207,5 m n.p.m.)

t_r – średni czas zredukowany, V_{sr} – prędkość średnia, h – głębokość; symbole stratygraficzne: J_{3k} – kimeryd, J_{3o} – oksford, J_{2kl} – kelowej, J_{2bt} – baton, J_{2bs} – bajos, J_{2a} – aalen, J_{1t} – toark, J_{1p} – plienschbach, T_{3n} – noryk, T_{3k} – karnik, T_{2l} – ladin, T_{2a} – anizyk, T_{1o} – olenek

Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B) (reference level 207.5 m a.s.l.)

t_r – average reduced time, V_{sr} – average velocity, h – depth; stratigraphical symbols: J_{3k} – Kimmeridgian, J_{3o} – Oxfordian, J_{2kl} – Callovian, J_{2bt} – Bathonian, J_{2bs} – Bajocian, J_{2a} – Aalenian, J_{1t} – Toarcian, J_{1p} – Pliensbachian, T_{3n} – Norian, T_{3k} – Carnian, T_{2l} – Ladinian, T_{2a} – Anisian, T_{1o} – Olenekian

Tabela 12

Zestawienie wartości głębokości (h), średnich czasów zredukowanych (t_r) prędkości średnich (V_{sr})Depth (h), reduced time (t_r) and average velocity (V_{sr}) values

h [m]	t_r 1 [s]	t_r 2 [s]	t_r 3 [s]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]
35	0,000	0,015	0,014	0,0145	2413,793
60	0,000	0,024	0,028	0,026	2307,692
85	0,000	0,032	0,000	0,032	2656,25
110	0,000	0,039	0,000	0,039	2820,513
135	0,000	0,048	0,000	0,048	2812,5
160	0,000	0,054	0,000	0,054	2962,963
185	0,000	0,063	0,000	0,063	2936,508
210	0,000	0,071	0,000	0,071	2957,746
235	0,000	0,079	0,078	0,0785	2993,631
260	0,000	0,084	0,081	0,0825	3151,515
285	0,000	0,093	0,088	0,0905	3149,171
310	0,000	0,099	0,096	0,0975	3179,487
335	0,000	0,107	0,106	0,1065	3145,54
360	0,000	0,115	0,113	0,114	3157,895
385	0,113	0,109	0,111	0,111	3468,468
410	0,118	0,124	0,000	0,121	3388,43
435	0,121	0,124	0,124	0,123	3536,585
460	0,130	0,129	0,132	0,130333	3529,421
485	0,136	0,132	0,133	0,133667	3628,42
510	0,135	0,000	0,14	0,1375	3709,091
535	0,141	0,142	0,145	0,142667	3749,991
560	0,146	0,148	0,148	0,147333	3800,914
585	0,149	0,149	0,152	0,150	3900
610	0,155	0,157	0,156	0,156	3910,256
635	0,159	0,162	0,165	0,162	3919,753
660	0,164	0,166	0,165	0,165	4000
685	0,168	0,171	0,172	0,170333	4021,534
710	0,172	0,173	0,178	0,174333	4072,666
735	0,179	0,177	0,182	0,179333	4098,521
760	0,181	0,182	0,185	0,182667	4160,576
785	0,185	0,184	0,189	0,186	4220,43
810	0,19	0,192	0,195	0,192333	4211,446
835	0,191	0,195	0,197	0,194333	4296,748
860	0,198	0,201	0,203	0,200667	4285,707
885	0,204	0,207	0,210	0,207	4275,362
910	0,211	0,213	0,216	0,213333	4265,632
935	0,219	0,221	0,222	0,220667	4237,154

h [m]	t_r 1 [s]	t_r 2 [s]	t_r 3 [s]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]
960	0,000	0,227	0,229	0,228	4210,526
985	0,232	0,230	0,000	0,231	4264,069
1010	0,240	0,241	0,000	0,2405	4199,584
1035	0,245	0,249	0,255	0,249667	4145,522
1060	0,000	0,256	0,258	0,257	4124,514
1085	0,260	0,262	0,265	0,262333	4135,965
1110	0,270	0,265	0,272	0,269	4126,394
1135	0,273	0,273	0,279	0,275	4127,273
1160	0,279	0,285	0,284	0,282667	4103,769
1185	0,286	0,284	0,294	0,288	4114,583
1210	0,291	0,294	0,299	0,294667	4106,33
1235	0,300	0,306	0,305	0,303667	4066,955
1260	0,306	0,309	0,314	0,309667	4068,887
1285	0,312	0,315	0,320	0,315667	4070,745
1310	0,320	0,318	0,325	0,321	4080,997
1335	0,326	0,325	0,331	0,327333	4078,416
1360	0,333	0,332	0,336	0,333667	4075,92
1385	0,339	0,339	0,341	0,339667	4077,523
1410	0,345	0,344	0,351	0,346667	4067,304
1435	0,352	0,353	0,351	0,352	4076,705
1460	0,358	0,361	0,360	0,359667	4059,31
1485	0,363	0,366	0,364	0,364333	4075,942
1510	0,366	0,368	0,370	0,368	4103,261
1535	0,374	0,379	0,379	0,377333	4068,025
1560	0,379	0,383	0,385	0,382333	4080,213
1585	0,383	0,384	0,393	0,386667	4099,134
1610	0,392	0,394	0,398	0,394667	4079,388
1635	0,399	0,402	0,400	0,400333	4084,1
1660	0,403	0,404	0,403	0,403333	4115,706
1685	0,409	0,409	0,416	0,411333	4096,438
1710	0,414	0,419	0,423	0,418667	4084,392
1735	0,420	0,421	0,424	0,421667	4114,621
1760	0,424	0,433	0,439	0,432	4074,074
1785	0,430	0,429	0,437	0,432	4131,944
1810	0,434	0,435	0,442	0,437	4141,876
1835	0,441	0,442	0,449	0,444	4132,883
1860	0,449	0,451	0,453	0,451	4124,169

Tabela 12 cd.

h [m]	t_r 1 [s]	t_r 2 [s]	t_r 3 [s]	t_r [s]	V_{kr} [m/s]
1885	0,451	0,458	0,453	0,454	4151,982
1910	0,459	0,460	0,464	0,461	4143,167
1935	0,462	0,464	0,000	0,463	4179,266
1960	0,469	0,471	0,000	0,470	4170,213
1985	0,473	0,476	0,000	0,4745	4183,351
2010	0,479	0,483	0,475	0,479	4196,242
2035	0,485	0,489	0,000	0,487	4178,645
2060	0,494	0,494	0,000	0,494	4170,04
2085	0,500	0,501	0,000	0,5005	4165,834
2110	0,500	0,505	0,509	0,504667	4180,975
2135	0,511	0,513	0,000	0,512	4169,922
2160	0,511	0,516	0,515	0,514	4202,335
2185	0,522	0,523	0,520	0,521667	4188,496
2210	0,525	0,530	0,532	0,529	4177,694
2235	0,529	0,533	0,000	0,531	4209,04
2260	0,536	0,538	0,538	0,537333	4205,958
2285	0,545	0,543	0,546	0,544667	4195,224
2310	0,548	0,549	0,548	0,548333	4212,769
2335	0,554	0,556	0,558	0,556	4199,64
2360	0,560	0,564	0,565	0,563	4191,829
2385	0,571	0,566	0,568	0,568333	4196,483
2410	0,571	0,576	0,575	0,574	4198,606
2435	0,581	0,582	0,579	0,580667	4193,453

h [m]	t_r 1 [s]	t_r 2 [s]	t_r 3 [s]	t_r [s]	V_{kr} [m/s]
2460	0,581	0,587	0,587	0,585	4205,128
2485	0,592	0,595	0,593	0,593333	4188,205
2510	0,594	0,599	0,598	0,597	4204,355
2535	0,601	0,605	0,603	0,603	4203,98
2560	0,605	0,608	0,606	0,606333	4222,102
2585	0,619	0,611	0,613	0,614333	4207,816
2610	0,617	0,617	0,000	0,617	4230,146
2635	0,621	0,618	0,619	0,619333	4254,577
2660	0,623	0,624	0,000	0,6235	4266,239
2685	0,628	0,628	0,000	0,628	4275,478
2710	0,630	0,634	0,000	0,632	4287,975
2735	0,640	0,636	0,000	0,638	4286,834
2760	0,640	0,641	0,000	0,6405	4309,133
2785	0,646	0,646	0,000	0,646	4311,146
2810	0,655	0,65	0,000	0,6525	4306,513
2835	0,655	0,652	0,000	0,6535	4338,179
2860	0,659	0,661	0,000	0,660	4333,333
2885	0,665	0,661	0,000	0,663	4351,433
2910	0,672	0,670	0,000	0,671	4336,811
2935	0,679	0,674	0,000	0,6765	4338,507
2960	0,681	0,677	0,000	0,679	4359,352
2985	0,685	0,683	0,000	0,684	4364,035

skoków wartości wywołanych błędami pomiarowymi. Krzywe wygładzone prędkości obliczono w celu wyznaczenia stref maksymalnych gradientów prędkości, które odpowiadają granicom prędkościowym poszczególnych kompleksów.

Krzywe prędkości zostały obliczone poprzez wyrównanie zmierzonych czasów zredukowanych do pionu, stosując w tym celu splot z odpowiednim filtrem. Przetwarzanie to polegało na przeliczeniu czasu i prędkości do poziomu odniesienia pomiaru i interpolacji otrzymanych wartości dla znormalizowanych przedziałów głębokości, co 20 m. W następnym etapie, otrzymane wartości czasu zostały wygładzone poprzez zastosowanie operacji splotu z filtrem trójkątnym. Dzięki zastosowaniu tego typu przekształceń było możliwe usunięcie przypadkowych odchyleń wynikających z niedokładności pomiaru oraz zniwelowanie przypadkowych skoków wartości spowodowanych zaokrągleniem otrzymanych wartości do 1 ms przy pierwszym wygładzeniu. W wyniku powtarzania wymienionych operacji zaokrąglane są załamania hodografu

powstałe w wyniku zmian prędkości w kolejnych warstwach. Powstałe w ten sposób dodatkowe zbiory danych obejmujące przetworzone czasy pomiarów po redukcji do poziomu odniesienia (obliczone wartości co 20 m) posłużyły do wyznaczenia odpowiadających im prędkości średnich.

Wymienione wyżej informacje są zawarte w banku danych prędkościowych utworzonych w latach 90. XX w. w Zakładzie Geofizyki PIG na potrzeby interpretacji refleksyjnych prac sejsmicznych. Bank ten przekazano do CBDG (baza otworowa LAS-y).

Wykryte różnice wartości czasów pomiędzy kolejnymi wygładzeniami spowodowane są zamianami prędkości w warstwach o określonej miąższości. Zjawisko to wykorzystano w celu wyznaczenia granic poszczególnych kompleksów prędkościowych w miejscach maksymalnych bezwzględnych różnic czasu wygładzonego n i $n + 1$ razy. Granice te wyznacza się w miejscach maksymalnych i minimalnych wartości gradientów prędkości interwałowych. Maksymalne i mini-

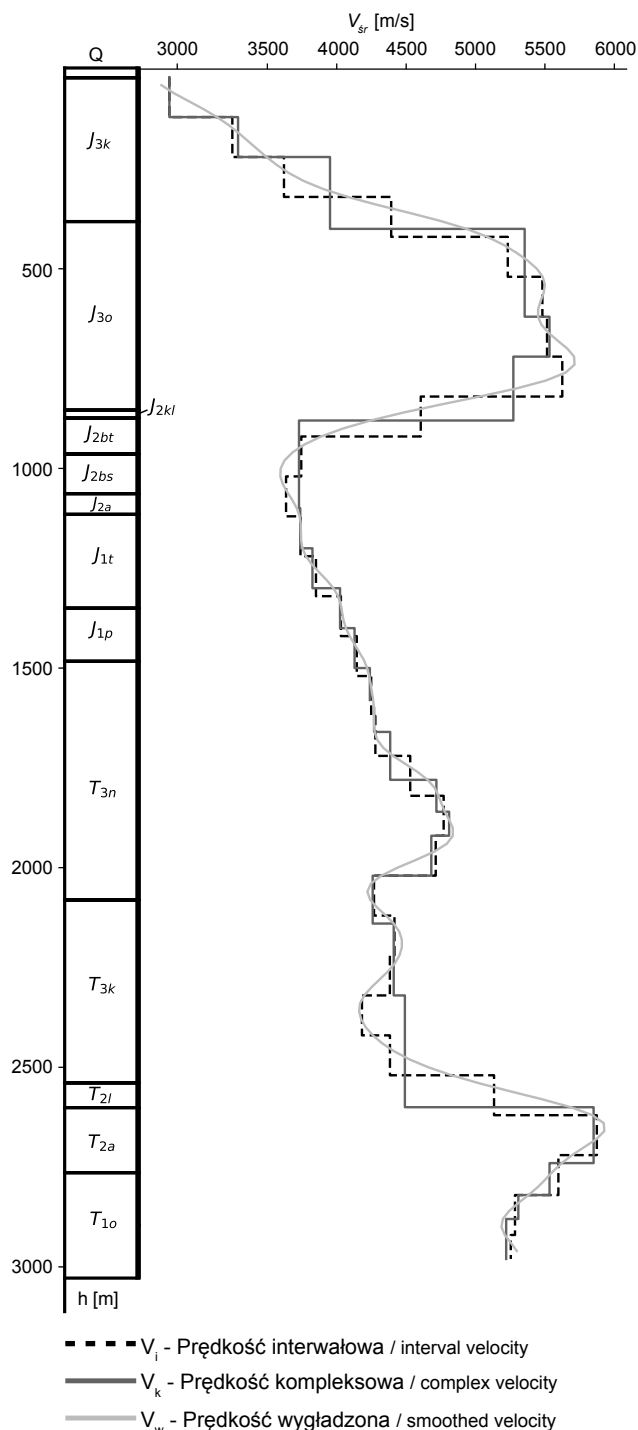


Fig. 30. Wykresy prędkości wygładzonych (V_w), prędkości interwałowych (V_i) oraz kompleksowych (V_k) dla otworu Mniszków IG 1 (poz. odn. 207,5 m n.p.m.)

h – głębokość; symbole stratygraficzne: Q – czwartorzęd, J_{3k} – kimeryd, J_{3o} – oksford, J_{2kl} – kelowej, J_{2bt} – baton, J_{2bs} – bajos, J_{2a} – aalen, J_{1t} – toark, J_{1p} – pliensbach, T_{3n} – noryk, T_{3k} – karnik, T_{2l} – ladin, T_{2a} – anizyk, T_{1o} – olenek

Smoothed velocity (V_w), interval velocity (V_i) and complex velocity (V_k) (reference level 207.5 m a.s.l.)

h – depth; stratigraphical symbols: Q – Quaternary, J_{3k} – Kimmeridgian, J_{3o} – Oxfordian, J_{2kl} – Callovian, J_{2bt} – Bathonian, J_{2bs} – Bajocian, J_{2a} – Aalenian, J_{1t} – Toarcian, J_{1p} – Pliensbachian, T_{3n} – Norian, T_{3k} – Carnian, T_{2l} – Ladinian, T_{2a} – Anisian, T_{1o} – Olenekian

malne wartości prędkości obliczonych z czasów wygładzonych odpowiadają uśrednionym wartościom kompleksów warstw o prędkościach zmniejszonych lub zwiększonych w porównaniu z sąsiednimi.

Wszystkie wymienione powyżej obliczenia oraz graficzna prezentacja wyników zostały wykonane z wykorzystaniem przygotowanego w tym celu modułu obliczeniowego w postaci skryptu zawierającego kod w języku Python (v. 3.7).

Wyniki przeprowadzonych obliczeń zawierające wartości prędkości wygładzonych (V_w), prędkości interwałowych (V_i) oraz prędkości kompleksowych (V_k) zestawiono w tabeli 13, natomiast krzywe tych prędkości przedstawiono na fig. 30. Powyższe wykresy zestawiono z profilem stratygraficznym, co pozwoliło na powiązanie otrzymanych zmian prędkości z kompleksami litostratygraficznymi przekroju geologicznego w otworze.

W interwale głębokościowym odpowiadającym utworom jurajskim zaobserwowano kilka granic kontrastów prędkości o zróżnicowanej intensywności. W obrębie utworów jury górnej zaznacza się wyraźny, systematyczny wzrost wartości krzywej prędkości wygładzonych podzielony na cztery kompleksy prędkościowe o średniej wartości prędkości równej odpowiednio: 2795 m/s (kimeryd górny), 3290 m/s i 3952 m/s (kimeryd dolny) oraz 5355 m/s (oksford). Otrzymane wydzielienia są najprawdopodobniej odzwierciedleniem ogólnej zawartości utworów marglisto-ilastych wśród skał węglanowych, których udział w formacjach górnego kimerydu jest najwyższy. Najbardziej wyraźną granicę kompleksów jury górnej (3952 m/s vs 5355 m/s) stanowią wysokoprędkościowe wapienie przystropowej części oksfordu. Kolejny, wyraźny kontrast prędkościowy został stwierdzony na granicy pomiędzy jurą górną a środkową (oksford/kelowej), gdzie różnica średnich prędkości wynosi 1544 m/s. Powstanie tak wyraźnej granicy pomiędzy tymi kompleksami jest efektem kontaktu wysokoprędkościowych wapieni i utworów silikoklastycznych, w których ogólna prędkość rozchodzenia się fal sejsmicznych jest znacznie niższa. Utwory jury środkowej (kelowej/aalen) ze względu na monotonną budowę (piaskowce, iłowce, mułowce) charakteryzują się niewielkim zróżnicowaniem prędkości i stanowią pojedynczy kompleks prędkościowy o średniej wartości 3729 m/s. Drobne zmiany widoczne na wykresie prędkości interwałowych są związane najpewniej ze zmianami zawartości iłowców i mułowców w całkowitej objętości skały. Ze względu na brak zmienności litologicznej na granicy jury środkowej i dolnej (mułowce w spągowej części aalenu i stropie toarku) nie odnotowano wyraźnej granicy między tymi kompleksami również na krzywych prędkościowych. W interwale głębokościowym odpowiadającym utworom jury dolnej poniżej mułowców górnego toarku dodatkowo zostały wyznaczone trzy kompleksy: (1) w interwale zbudowanym z mułowców i piaskowców formacji borucickiej (toark górny) i ciechocińskiej (toark dolny) o prędkości kompleksowej równej 3826 m/s (2) w zakresie głębokości odpowiadającym utworom formacji ciechocińskiej (toark dolny) o prędkości kompleksowej równej 4025 m/s oraz (3) w odcinku odpowiadającym formacji drzewickiej (pleinsbach górny) o prędkości kompleksowej równej 4130 m/s. Stopniowe zwiększanie się prędkości w wymie-

Tabela 13

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

Depth (h), 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]
20	2795,17	2795,17	–	760	5625,879	5273,268	5649,718
40	2795,17	2795,17	2737,663	780	5625,879	5273,268	5507,366
60	2795,17	2795,17	2826,855	800	5625,879	5273,268	5293,106
80	2795,17	2795,17	2932,766	820	4606,172	5273,268	5030,181
100	2795,17	2795,17	3040,438	840	4606,172	5273,268	4750,594
120	3248,652	3289,88	3138,239	860	4606,172	5273,268	4482,295
140	3248,652	3289,88	3222,169	880	4606,172	3728,908	4244,482
160	3248,652	3289,88	3294,35	900	4606,172	3728,908	4046,126
180	3248,652	3289,88	3360,497	920	3745,178	3728,908	3888,403
200	3248,652	3289,88	3426,124	940	3745,178	3728,908	3768,607
220	3620,696	3289,88	3494,671	960	3745,178	3728,908	3681,885
240	3620,696	3952,472	3569,198	980	3745,178	3728,908	3624,83
260	3620,696	3952,472	3655,305	1000	3745,178	3728,908	3596,799
280	3620,696	3952,472	3762,581	1020	3635,703	3728,908	3594,536
300	3620,696	3952,472	3902,058	1040	3635,703	3728,908	3613,043
320	4393,094	3952,472	4080,384	1060	3635,703	3728,908	3645,643
340	4393,094	3952,472	4293,688	1080	3635,703	3728,908	3682,224
360	4393,094	3952,472	4524,887	1100	3635,703	3738,143	3713,331
380	4393,094	3952,472	4747,211	1120	3739,716	3738,143	3733,433
400	4393,094	5354,896	4937,053	1140	3739,716	3738,143	3741,815
420	5233,136	5354,896	5086,47	1160	3739,716	3738,143	3742,865
440	5233,136	5354,896	5202,237	1180	3739,716	3738,143	3744,267
460	5233,136	5354,896	5296,61	1200	3739,716	3825,921	3754,106
480	5233,136	5354,896	5377,79	1220	3851,19	3825,921	3779,289
500	5233,136	5354,896	5442,917	1240	3851,19	3825,921	3820,804
520	5482,456	5354,896	5484,711	1260	3851,19	3825,921	3873,717
540	5482,456	5354,896	5500,55	1280	3851,19	3825,921	3928,887
560	5482,456	5354,896	5492,242	1300	3851,19	4024,752	3976,934
580	5482,456	5354,896	5470,46	1320	4030,958	4024,752	4010,427
600	5482,456	5354,896	5452,563	1340	4030,958	4024,752	4028,603
620	5516,024	5533,652	5451,077	1360	4030,958	4024,752	4039,18
640	5516,024	5533,652	5475,702	1380	4030,958	4024,752	4049,813
660	5516,024	5533,652	5525,625	1400	4030,958	4129,245	4066,694
680	5516,024	5533,652	5592,841	1420	4145,25	4129,245	4094,166
700	5516,024	5533,652	5662,514	1440	4145,25	4129,245	4128,819
720	5625,879	5273,268	5711,022	1460	4145,25	4129,245	4164,931
740	5625,879	5273,268	5714,286	1480	4145,25	4129,245	4196,831

Tabela 13 cd.

h [m]	V_l [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
1500	4145,25	4239,683	4219,409
1520	4248,991	4239,683	4234,597
1540	4248,991	4239,683	4245,383
1560	4248,991	4239,683	4254,414
1580	4248,991	4239,683	4263,029
1600	4248,991	4269,855	4268,488
1620	4279,173	4269,855	4269,855
1640	4279,173	4269,855	4269,855
1660	4279,173	4385,965	4273,961
1680	4279,173	4385,965	4293,227
1700	4279,173	4385,965	4336,984
1720	4530,217	4385,965	4406,257
1740	4530,217	4385,965	4493,372
1760	4530,217	4385,965	4582,426
1780	4530,217	4718,836	4656,035
1800	4530,217	4718,836	4705,882
1820	4771,22	4718,836	4734,848
1840	4771,22	4718,836	4755,677
1860	4771,22	4810,583	4780,115
1880	4771,22	4810,583	4810,583
1900	4771,22	4810,583	4836,759
1920	4714,09	4682,196	4837,344
1940	4714,09	4682,196	4794,438
1960	4714,09	4682,196	4702,563
1980	4714,09	4682,196	4575,089
2000	4714,09	4682,196	4439,019
2020	4269,308	4259,851	4322,455
2040	4269,308	4259,851	4247,186
2060	4269,308	4259,851	4221,636
2080	4269,308	4259,851	4240,882
2100	4269,308	4259,851	4292,306
2120	4416,766	4259,851	4355,401
2140	4416,766	4411,481	4411,603
2160	4416,766	4411,481	4450,873
2180	4416,766	4411,481	4469,773
2200	4416,766	4411,481	4469,773
2220	4383,658	4411,481	4452,36
2240	4383,658	4411,481	4418,913

h [m]	V_l [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
2260	4383,658	4411,481	4369,674
2280	4383,658	4411,481	4309,88
2300	4383,658	4411,481	4249,894
2320	4182,525	4491,82	4199,475
2340	4182,525	4491,82	4168,838
2360	4182,525	4491,82	4162,331
2380	4182,525	4491,82	4177,109
2400	4182,525	4491,82	4210,526
2420	4384,234	4491,82	4261,212
2440	4384,234	4491,82	4328,536
2460	4384,234	4491,82	4415,011
2480	4384,234	4491,82	4523,863
2500	4384,234	4491,82	4660,918
2520	5134,261	4491,82	4829,168
2540	5134,261	4491,82	5027,02
2560	5134,261	4491,82	5249,344
2580	5134,261	4491,82	5479,452
2600	5134,261	5851,66	5688,282
2620	5874,75	5851,66	5843,682
2640	5874,75	5851,66	5925,048
2660	5874,75	5851,66	5928,561
2680	5874,75	5851,66	5871,129
2700	5874,75	5851,66	5784,526
2720	5597,85	5851,66	5696,383
2740	5597,85	5534,034	5621,926
2760	5597,85	5534,034	5560,962
2780	5597,85	5534,034	5506,608
2800	5597,85	5534,034	5449,591
2820	5285,133	5309,265	5382,131
2840	5285,133	5309,265	5309,265
2860	5285,133	5309,265	5242,464
2880	5285,133	5221,591	5197,505
2900	5285,133	5221,591	5187,395
2920	5254,934	5221,591	5211,726
2940	5254,934	5221,591	5256,242
2960	5254,934	5221,591	5298,013
2980	5254,934	5221,591	—

nionych kompleksach jest związane najpewniej ze zmiennym stosunkiem udziału mułowców i iłowców w ogólnej objętości skały.

Granica stratygraficzna pomiędzy jurą a triasem zaznacza się w postaci niewielkiego kontrastu prędkościowego o wartości 110 m/s, co jest związane ze zmianą litologii z drobnoziarnistych piaskowców spągowej części jury na mułowce w najwyższej części kajpru. Istotną zmianę prędkości kompleksowej z 4386 m/s do 4718 m/s zaobserwowano na głębokości odpowiadającej zmianom litologicznym w obrębie warstw ze Studziannej (kajper środkowy), gdzie pomiędzy warstwami iłowców występuje warstwa drobnoziarnistych piaskowców. Kolejny wyraźny kontrast prędkościowy zaobserwowano na głębokości odpowiadającej granicy pomiędzy mułowcami piaskowca trzcinowego górnego i średnioziarnistymi piaskowcami piaskowca trzcinowego dolnego. Najwyższą różnicę pomiędzy prędkościami kompleksowymi w obrębie utworów triasu, wynoszącą 1360 m/s stwierdzono na granicy pomiędzy wapieniem muszlowym górnym oraz wapieniem muszlowym środkowym. Przyczyną tak wysokiego kontrastu prędkościowego jest zmiana litologii z wapieni i mułowców na wysokoprędkościowe wapienie pelitowe, dolomity i anhydryty oraz występowanie brekcji tektonicznej z licznymi powierzchniami poślizgu w stropowej części wapienia muszlowego środkowego. Granica pomiędzy wapieniem muszlowym a pstrym piaskowcem (ret) zaznacza się spadkiem wartości prędkości kompleksowej z 5850 m/s do 5310 m/s, co ma najpewniej związek ze wzrostem udziału margli w skałach węglanowych i tym samym zwiększenia się ogólnej zawartości minerałów ilastych. Na głębokościach odpowiadających triasowi dolnemu zaobserwowano stopniowy spadek prędkości średnich, co odzwierciedla zmiany litologiczne i stopniowe przejście z formacji zbudowanych ze skał węglanowych, piaskowców i anhydrytów na rzecz iłowców i mułowców.

Na podstawie przedstawionych powyżej analiz można stwierdzić, że prędkość obliczona jako pochodna czasu jest zależna od zmienności litologicznej przewierczanych warstw

i odzwierciedla budowę geologiczną obszaru w otoczeniu otworu Mniszków IG 1. Otrzymane wyniki prędkości kompleksowej pozwalają na identyfikację najwyraźniejszych odbić refleksyjnych na profilach sejsmicznych i dowiązanie ich do odpowiednich jednostek litostratygraficznych. W przypadku badanego otworu, takie dobiecia będą odpowiadać stropowej części oksfordu, granicy pomiędzy jurą środkową i dolną oraz granicy pomiędzy wapieniem muszlowym górnym i środkowym.

Otrzymane wyniki stanowią znaczący materiał do uaktualnienia modelu prędkości niezbędnego dla prawidłowego opracowania interpretacji sejsmicznych w rejonie otworu Mniszków IG 1 i jego najbliższego otoczenia. Wyniki pomiarów prędkości uwzględnione w powyższej analizie sięgają do głębokości 2985,0 m i pozwolą na wykonanie korelacji i przyporządkowanie poziomów refleksyjnych na przekrojach geologicznych poszczególnym piętrům i granicom w obrębie osadów mezozoiku.

Otrzymane wyniki pomiarów prędkości średnich w otworze Mniszków IG 1 umożliwiły przeprowadzenie obliczeń koniecznych do wyznaczenia granic poszczególnych kompleksów prędkościowych i tym samym identyfikację najwyraźniejszych odbić refleksyjnych na profilach sejsmicznych. Obliczone wartości prędkości interwałowych, kompleksowych i prędkości wygładzonej pozwoliły na wyznaczenie 9 kompleksów prędkościowych w interwale głębokościowym odpowiadającym utworom jurajskim oraz 12 kompleksów prędkościowych w triasie. Najwyraźniejsze kontrasty pomiędzy poszczególnymi kompleksami zaobserwowano na granicach stratygraficznych kimeryd/oksford, oksford/kelowej oraz pomiędzy wapieniem muszlowym górnym i środkowym. Zidentyfikowane granice kompleksów pozwolą na dowiązanie najwyraźniejszych odbić refleksyjnych na profilach sejsmicznych do odpowiednich jednostek litostratygraficznych i prawidłowe opracowanie interpretacji sejsmicznych w rejonie otworu Mniszków IG 1.