

JERZY ŚWITEK

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Geologicznej

PRĘDKOŚCI KOMPLEKSOWE FAŁ SEJSMICZNYCH W PALEOZOIKU SYNKLINORIUM POMORSKIEGO

UKD 550.832.441.05(181m1500/4000...):551.733/.736.3:551.242.3.054(438 – 16 synklinorium pomorskie)

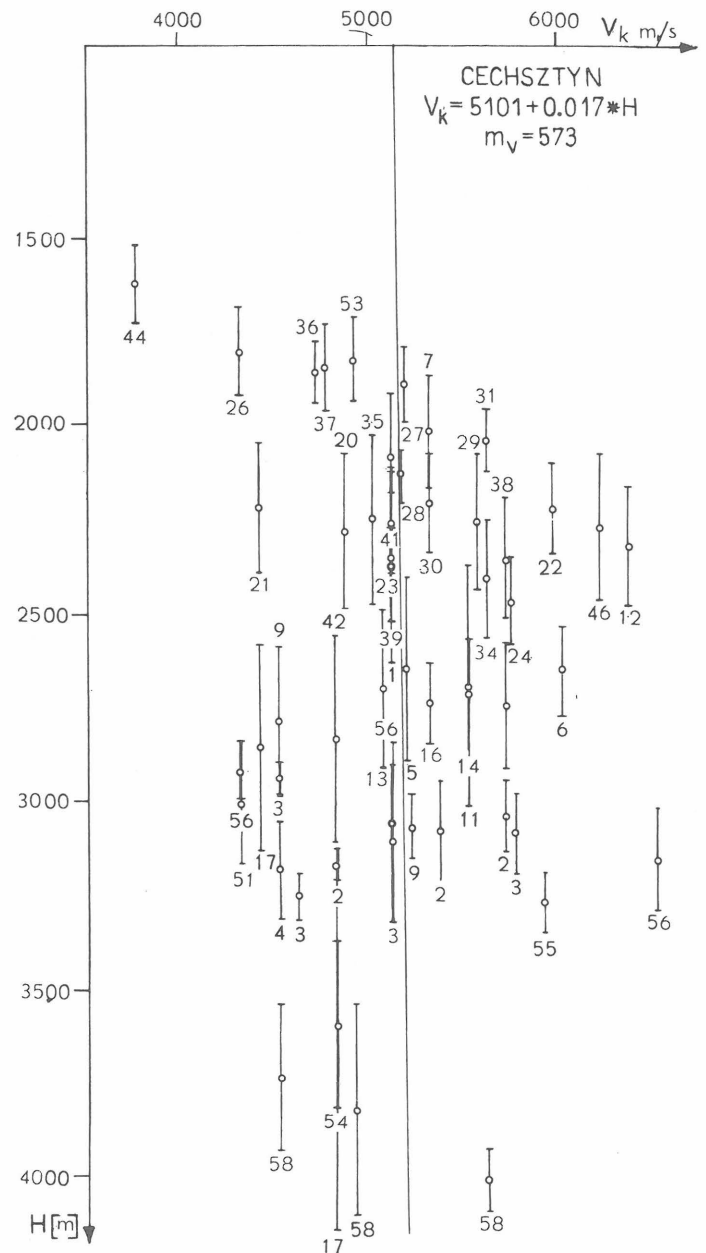
W „Programie prac naukowo-badawczych i rozwojowych dla geofizyki resortu geologii na lata 1976–1985” stwierdzono m.in.: „Jednym z ważnych etapów w procesie rozpoznania geofizycznego jest opracowywanie syntez geofizyczno-geologicznych dla poszczególnych jednostek geologicznych i kompleksów litologiczno-stratygraficznych. Syntezy takie są podsumowaniem dotychczasowych badań i stanowią efekt końcowy danego etapu rozpoznania, a jednocześnie są punktem wyjścia i ukierunkowaniem dla dalszych, bardziej szczegółowych prac”.

Autor niniejszego artykułu, jako planowe zadania Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Techniki Geologicznej, wykonał dwa opracowania zawierające charakterystykę sejsmiczno-akustyczną i odwzorowania sejsmiczne utworów paleozoicznych synklinorium pomorskiego na podstawie profilowań w odwiertach*. Ten artykuł jest małym, ale ważnym fragmentem wspomnianych opracowań, zawierającym zbiorcze zestawienie danych dotyczących prędkości kompleksowych fal sejsmicznych w przewierconych i sprofilowanych sejsmicznie utworach permu, karbonu, dewonu, syluru, ordowiku.

PRĘDKOŚCI KOMPLEKSOWE W CECHSZTYNIE

Zbiorczy wykres prędkości kompleksowych sporządzono na podstawie pomiarów w następujących odwiertach (ryc. 1): Babilon 1 (nr 1 na wykresie), Biały Bór 3 (2), Bielica 1 (3), Bielica 2 (4), Biesiekierz 1 (5), Bobolice 1 (6), Brda 1 (7), Byśław 2 (9), Chojnice 2 (11), Chojnice 3 (12), Chojnice 4 (13), Chojnice 5 (14), Człuchów IG 1 (16), Debrzno IG 1 (17), Drzewiany 1 (20), Gozd 1 (21), Gozd 2 (22), Gozd 4 (23), Grzybница IG 1 (24), Jamno IG 2 (26), Jamno IG 3 (27), Karsina 1 (28), Klosnowo IG 1 (29), Kłanino 1 (30), Koczała 1 (31), Krojanty 1 (34), Lutom 1 (35), Miastko 1 (36), Miastko 3 (37), Nicponie 1 (38), Niekłonice 1 (39), Nowa Karczma 1 (41), Rosnowo 1 (42), Rzeczenica 1 (43), Skibno 1 (44), Stobno 2 (46), Tuchola IG 1 (51), Wierzchocina 1 (53), Wierzchowo 4 (54), Wierzchowo 8 (55), Wierzchowo 10 (56), Wudzyń 1 (58). W innych otworach sprofilowane sejsmiczne odcinki cechsztynu są za małe dla wystarczająco dokładnego obliczenia prędkości kompleksowych.

* Świtek J. – Opracowanie sejsmiczno-akustycznej charakterystyki utworów paleozoicznych synklinorium pomorsko-warszawskiego na podstawie pomiarów w otworach. Arch. OBRTG Warszawa 1979 (nie publikowane); Świtek J. – Sejsmiczne odwzorowania utworów paleozoicznych antyklinoorium pomorskiego i synklinorium pomorskiego na podstawie profilowań w odwiertach. Arch. OBRTG Warszawa 1982 (nie publikowane).



Ryc. 1. Sejsmiczne prędkości kompleksowe w cechsztyynie.

Fig. 1. Seismic wave velocities in the Zechstein.

Wynikiem aproksymowania danych na wykresie funkcją $v_k = v_0 + a \cdot H$ jest wzór empiryczny

$$v_k = 5101 + 0,017 \cdot H$$

gdzie:

- v_k – prędkość kompleksowa [m/s]
- v_0 – prędkość początkowa [m/s]
- a – współczynnik
- H – głębokość [m]

Dla głębokości występowania cechsztynu od 1518 do 4122 m aproksymowane wartości v_k wynoszą odpowiednio od 5127 do 5171 m/s, a po uwzględnieniu średniego odchylenia kwadratowego m_r : od 4554 do 5744 m/s. 4554 m/s odpowiada prędkości fal sejsmicznych w soli, a 5744 m/s prędkości w anhydrycie.

Średnia wartość ze zbioru danych pomiarowych v_k wynosi 5150 m/s i tę wartość można przyjąć dla cechsztynu do najbardziej ogólnego modelu regionalnego, a nie 4600 lub 4700 m/s jakie dotychczas podawano w opracowaniach archiwalnych i publikacjach.

PROFILOWANIE PRĘDKOŚCI W CZERWONYM SPĄGOWCU

Sejsmiczne profilowanie prędkości objęło czerwony spągowiec tylko w następujących odwiertach: Debrzno IG 1 (H: 4122–4172,5 = 50,5 m) i Grzybnica IG 1 (H: 2570–2600 = 30 m). Czerwony spągowiec przewiercono także w otworach Bielica 2 (3706–3740 = 34 m) i Wudzyń 1 (4075,5–4083 = 7,5 m), ale sejsmiczne profilowanie prędkości nie dotarło do głębokości położenia tych utworów.

Mięszkość osadów czerwonego spągowca jest zbyt mała, by wiarygodnie wyznaczyć wartości prędkości kompleksowej. Obecność tego małego kompleksu skał nie wpływa istotnie na kształt wykresów i wartości prędkości fal sejsmicznych w podcechszyńskich utworach paleozoiku. Kompleks ten w zasadzie nie wyróżnia się spośród utworów podcechszyńskich.

Z powodów wyżej przedstawionych, w rozważaniach przy sporządzaniu modeli sejsmicznych tego obszaru można pominąć udział utworów czerwonego spągowca, bez szkody dla praktycznej interpretacji sejsmicznej.

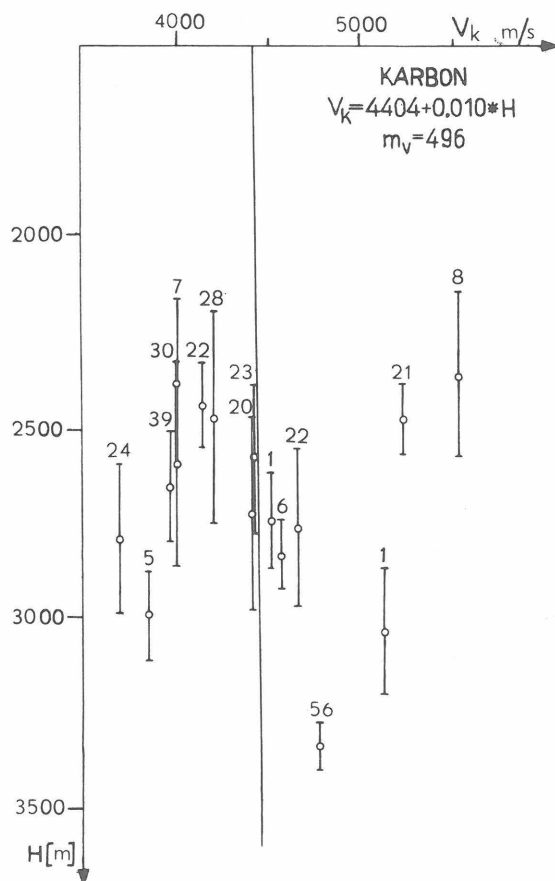
PRĘDKOŚCI KOMPLEKSOWE W KARBONIE

Zbiórny wykres prędkości kompleksowych sporządzono na podstawie pomiarów w następujących odwiertach (ryc. 2): Babilon 1 (nr 1 na wykresie), Biesiekierz 1 (5), według profilowania akustycznego, Bobolice 1 (6), Brda 1 (7), Brda 2 (8), Drzewiany 1 (20), Gozd 1 (21), Gozd 2 (22), Gozd 4 (23), Grzybnica IG 1 (24), Karsina 1 (28), Kłanino 1 (30), Niekłonicie 1 (39), Wierzchowo 10 (56).

Oprócz wymienionych miejsc pomiarów, sejsmiczne profilowanie prędkości dotarło do osadów karbońskich w odwiertach: Rosnowo 1 (3099–3175 = 76 m), Rzezczenica 1 (2901,5–2950 = 48,5 m), Wierzchowo 8 (3333,5–3400 = 66,5 m), ale sprofilowane odcinki karbonu są zbyt małe (po kilkadziesiąt metrów), by można wyznaczyć dostatecznie dokładnie i wiarygodnie prędkości kompleksowe; tak więc nie uwzględniono tych danych w wykresie zbiorczym.

Wynikiem aproksymowania danych na wykresie funkcją $v_k = v_0 + a \cdot H$ jest wzór empiryczny

$$v_k = 4404 + 0,01 \cdot H$$



Ryc. 2. Sejsmiczne prędkości kompleksowe w karbonie.

Fig. 2. Seismic wave velocities in the Carboniferous.

Średnia wartość v_k ze zbioru danych pomiarowych wynosi 4450 m/s i tę wartość można przyjąć dla karbonu do ogólnego modelu regionalnego.

PRĘDKOŚCI KOMPLEKSOWE W DEWONIE

Zbiórny wykres prędkości kompleksowych sporządzono na podstawie pomiarów w następujących odwiertach (ryc. 3): Brda 1 (nr 7 na wykresie), Chojnice 3 (12), Chojnice 5 (14), Człuchów IG 1 (16), Debrzno IG 1 (17), Drzewiany 1 (20), Gozd 1 (21), Jamno IG 1 (25), Jamno IG 2 (26), Karsina 1 (28), Koczała 1 (31), Kościelnica 1 (32), Krojanty 1 (34), Miastko 1 (36), Nicponie 1 (38), Stobno 2 (46), Stobno 3 (47), Tuchola IG 1 (51), Wyszehórz 1 (59).

Oprócz wymienionych fragmenty utworów dewońskich sprofilowano sejsmicznie również w odwiertach: Babilon 1, Bysław 2, Gozd 4, Jamno IG 3, Kłanino 1, ale ze względu na zbyt małą mięszkość sprofilowanego odcinka lub wątpliwą dokładność pomiarów nie wzięto ich do zestawienia zbiorczego.

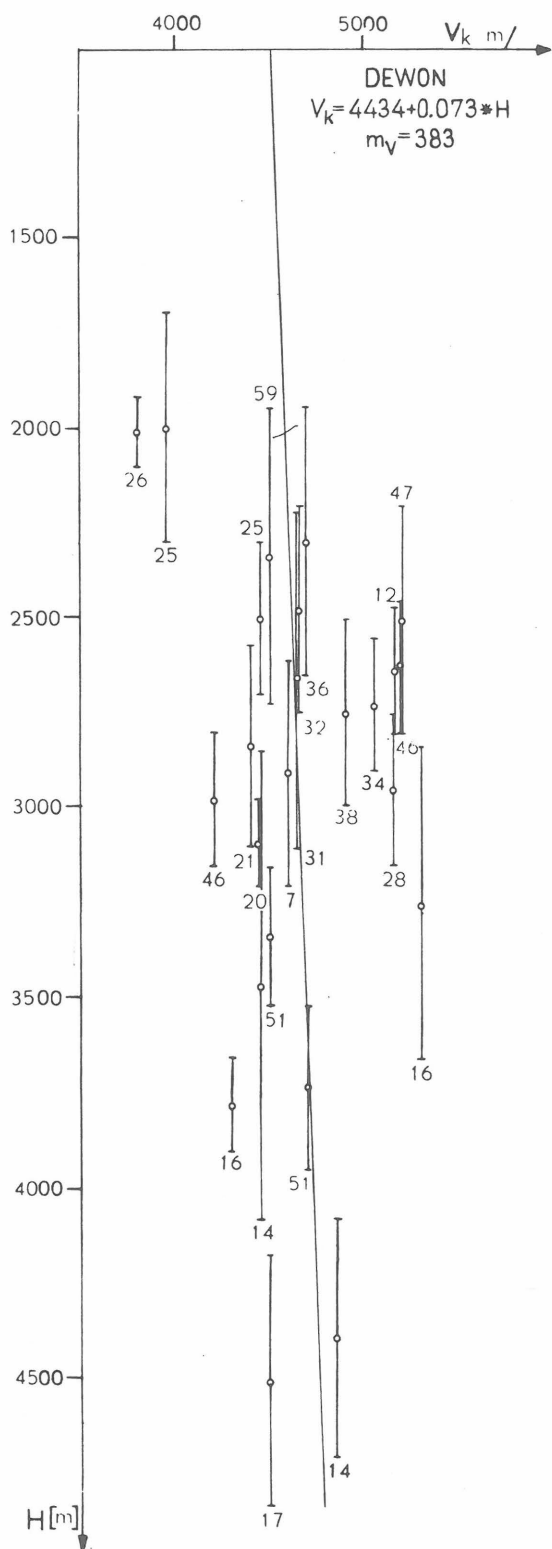
Wynikiem aproksymowania danych na wykresie funkcją $v_k = v_0 + a \cdot H$ jest wzór empiryczny

$$v_k = 4434 + 0,073 \cdot H$$

Średnia wartość v_k ze zbioru danych pomiarowych wynosi 4700 m/s. Tę wartość można przyjąć dla dewonu do ogólnego modelu regionalnego.

PRĘDKOŚCI KOMPLEKSOWE W SYLURZE

Sejsmiczne profilowanie prędkości objęło odcinki syluru w odwiertach: Lutom 1 (2464–2700 = 236 m), Klo-



Ryc. 3. Sejsmiczne prędkości kompleksowe w dewonie.

Fig. 3. Seismic wave velocities in the Devonian.

snowo IG 1 (2426–2430 = 4 m), Nicponie 1 (2991–3000 = 9 m), Wierzchocina 1 (1930–1950 = 20 m), ale tylko w otworze Lutom 1 objęło wystarczająco duży odcinek do ostatecznego określenia prędkości kompleksowej. Wynosi ona 3700 m/s i generalnie charakteryzuje łańcuch a, mówiąc dokładniej, w otworze Lutom 1 na 552 m przewierconych skał sylurskich składają się

łańcuch, łańcuch i mułowce dolomityczne, przechodzące partiami w dolomity ilaste.

Sądząc również po wynikach pomiarów w niezbyt odległych otworach w syneklizie perybałtyckiej, prędkość kompleksowa 3700 ± 300 m/s jest reprezentatywna dla łańcuchowej formacji sylurskiej.

PRĘDKOŚCI KOMPLEKSOWE W ORDOWIKU

Sejsmiczne profilowanie prędkości objęło odcinki ordowiku wystarczająco duże do obliczenia prędkości kompleksowej tylko w następujących odwiertach:

Jamno IG 2, 2096–2500 = 404 m, $v_k = 3800$ m/s;
Nowa Karczma 1, 2254–2550 = 296 m, $v_k = 3850$ m/s;
Skibno 1, 1727–1950 = 223 m, $v_k = 3700$ m/s i 1950–2800 = 850 m, $v_k = 4250$ m/s.

Obliczona z tych danych średnia ważona wartość v_k wynosi 4012 m/s. Do modelu regionalnego można przyjąć dla ordowiku $v_k = 4000 - 300$ m/s.

Poza wyliczonymi wyżej odwiertami, sejsmiczne profilowanie prędkości dotarło do ordowiku w Brdzie 2 (2576,5–2650 = 73,5 m) i w Wyszczorzu 1 (2724–2750 = 26 m). W otworze Karsina 1 ordowik osiągnęło (3142,5–3148 = 5,5 m) profilowanie akustyczne prędkości, $v_w = 3850$ m/s.

Utwory ordowiku nawiercono jeszcze w innych otworach np.: Chojnice 5, Jamno IG 1, Miastko 1. W żadnym otworze nie przebito ordowiku. Sprofilowano ordowik górny (karadok) i część środkowego (landeil). Największą grubość ordowiku (karadok + landeil?) przewiercono w Skibnie 1 (1727–2807 = 1080 m), a najgłębiej osiągnięto go w Chojnicach 5 (4890–5055,5 = 165,5 m).

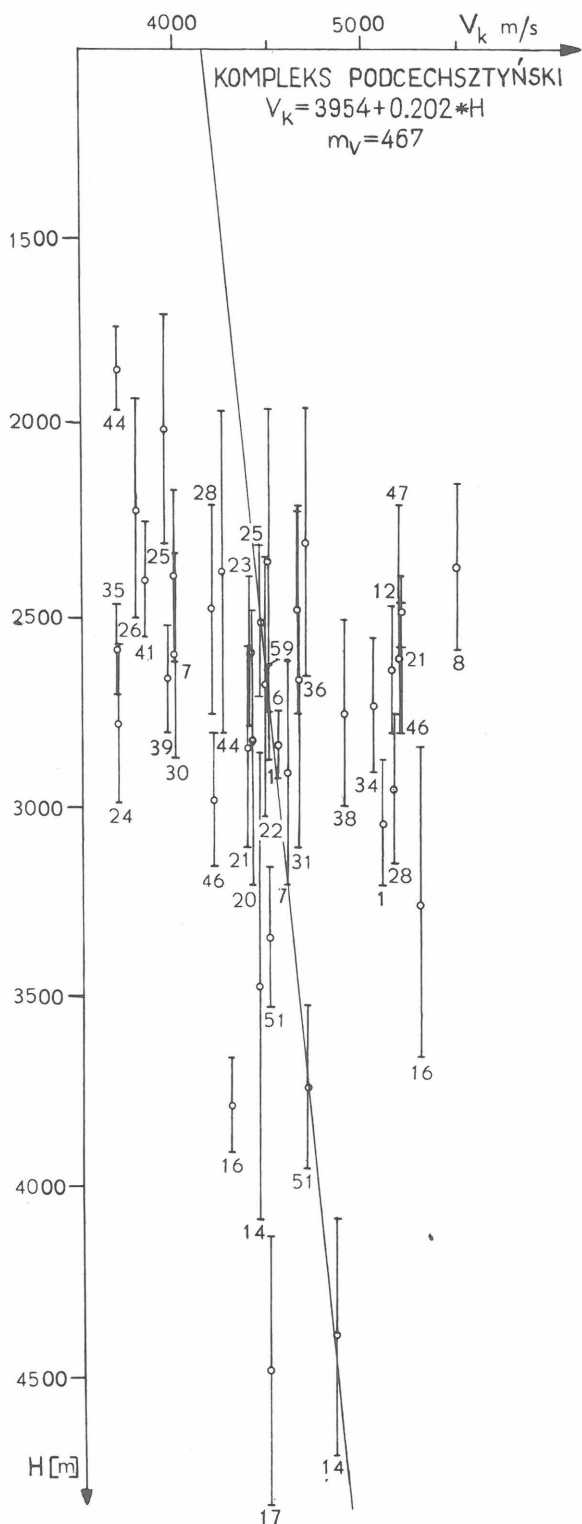
Skład litologiczny ordowiku jest we wszystkich otworach podobny. Dominują łańcuch, często towarzyszą im mułowce. W Skibnie 1 są to łańcuch dolomityczne silnie złustrowane i pokruszone; upad $0-90^\circ$. W Nowej Karczmie 1 – łańcuch i mułowce, wapień mułowcowe, piaskowce wapieniste. W Chojnicach 5 – łańcuch bardzo słabo dolomityczne, zbrekijowane, łańcuch i mułowce krzemionkowe; upad $0-50^\circ$. Ten opis litologiczny ordowiku tłumaczy istnienie stosunkowo niskich prędkości na dużych głębokościach (w porównaniu z v_k w cechszynie lub w dewonie). Prędkości sejsmiczne zależą głównie od gęstości i zwięzłości skał.

Utwory ordowickie są najstarsze i najgłębiej położone (Chojnice 5) spośród skał nawierconych w synklinorium pomorskim.

PRĘDKOŚCI KOMPLEKSOWE W KOMPLEKSIE PODCECHSZYŃSKIM $P_1 + C + D + S + O$

Pod pojęciem „kompleks podcechszczyński” należy rozumieć w tym przypadku wszystkie podcechszczyńskie utwory paleozoiku łącznie, zawarte pomiędzy spągkiem cechszczyny i najgłębiej położonym punktem sejsmicznego profilowania prędkości w odwiertach. W poszczególnych odwiertach ma on różną miąższość (zależną od głębokościowego zasięgu profilowania prędkości) oraz nierzadko różny skład wiekowy i litologiczny. Istnieje potrzeba zdefiniowania i wydzielenia dla celów sejsmicznych takiego kompleksu oraz sporządzenia jego charakterystyki sejsmiczno-prędkościowej ze względu na wymogi interpretacji głębokich badań refleksyjnych i refrakcyjnych.

W synklinorium pomorskim na kompleks podcechszczyński, scharakteryzowany przez profilowanie prędkości, składają się przeważnie osady dewońskie, mniejszy jest



Ryc. 4. Sejsmiczne prędkości kompleksowe w kompleksie podcechsztyńskim $P_1+C+D+S+O$.

Fig. 4. Seismic wave velocities in the sub-Zechstein complex $P_1+C+D+S+O$.

udział osadów karbońskich, rzadki – utworów sylurskich lub ordowickich oraz w kilku odwiertach – udział skał czerwonego spągowca, nieistotny w skali sejsmicznej.

Zbiorczy wykres prędkości kompleksowych sporządzilem na podstawie pomiarów w następujących odwiertach (ryc. 4): Babilon 1 (nr 1 na wykresie), Bobolice 1 (6), Brda 1 (7), Brda 2 (8), Chojnice 3 (12), Chojnice 5 (14), Człuchów IG 1 (16), Debrzno IG 1 (17), Drzewiany 1 (20), Gozd 1 (21), Gozd 2 (22), Gozd 4 (23), Grzybница IG 1 (24), Jamno IG 1 (25), Jamno IG 2 (26), Karsina 1 (28), Kłanino 1 (30), Koczała 1 (31), Kościernica 1 (32), Krojanty 1 (34), Lutom 1 (35), Miastko 1 (36), Nicponie 1 (38), Niekłonice 1 (39), Nowa Karczma 1 (41), Skibno 1 (44), Stobno 2 (46), Stobno 3 (47), Tuchola IG 1 (51), Wyszebórz 1 (59).

Wynikiem aproksymowania danych na wykresie funkcją $v_k = v_0 + a \cdot H$ jest wzór empiryczny

$$v_k = 3954 + 0,202 \cdot H$$

Średnia ważona wartość v_k ze zbioru danych pomiarowych wynosi 4600 m/s i tę wartość można przyjąć w całym kompleksie podcechsztyńskim $P_1+C+D+S+O$ do ogólnego modelu regionalnego.

Na podstawie wyżej udokumentowanych obliczeń autor wyprowadził uogólniony, regionalny profil – model prędkości kompleksowych (wartości uśrednione) dla paleozoiku synklinorium pomorskiego. Przedstawia się on następująco:

perm – cechsztyń	$v_k = 5150 \pm 600$ m/s ($\pm 12\%$)
karbon	4450 ± 500 m/s ($\pm 11\%$)
dewon	4700 ± 400 m/s ($\pm 9\%$)
sylur	3700 ± 300 m/s ($\pm 8\%$)
ordowik	4000 ± 300 m/s ($\pm 8\%$)
kompleks podcechsztyński $P_1+C+D+S+O$	4600 ± 500 m/s ($\pm 11\%$)

W profilu zwraca uwagę inwersja prędkości czyli zmniejszanie się prędkości kompleksowych ze wzrostem głębokości zalegania utworów i ich wieku. Stan taki jest przyczyną ekranowania, tłumienia fal i powstawania fal kanałowych. Ta inwersja prędkości wykazuje, że o liczbowej wartości prędkości decyduje litologia utworów.

Dotychczas przyjmowano w opracowaniach do interpretacji głębokościowej granic podcechsztyńskich rosnące lub stałe prędkości kompleksowe rzędu 5000–5200 m/s i większe, co jak wynika z niniejszego artykułu, nie było właściwe.

S U M M A R Y

The paper presents the results of summative, regional analysis of seismic wave velocities for Zechstein, Carboniferous, Devonian, Silurian and Ordovician rocks in the Pomeranian synclinorium. A general profile – model of velocities of seismic waves for Paleozoic rocks in this region is given.

Р Е З Ю М Е

В статье обсуждены результаты сопоставления пластовых скоростей сейсмических волн в отложениях цехштейна, карбона, девона, силура, ордовика, измененных в скважинах в Поморском синклинии.

Представлена обобщенная модель пластовых скоростей для отложений палеозоя.