

ADAM ŁAPINKIEWICZ<sup>1</sup>, WŁADYSŁAW MORYC<sup>1</sup>, MARIA RUDZIK<sup>1</sup>

## ANALIZA PRĘDKOŚCI SEJSMICZNYCH W KARPATACH ZACHODNICH

(7 fig.)

### *Analysis of seismic velocities in the Western Carpathians*

(7 Figs.)

**Treść:** W pracy przeprowadzono analizę prędkości średnich, interwałowych, kompleksowych i warstwowych w utworach fliszu karpackiego, miocenu i podłoża mezopaleozoicznego, na obszarze Karpat między Dunajcem a zachodnią granicą Państwa. Zestawiono również hodografy pionowe otrzymane z pomiarów w 24 odwiertach celem zobrazowania różnic w wartościach prędkości średnich w tej części Karpat. Wykazano pewne zależności rozkładu prędkości sejsmicznych związane z rozwojem litologicznym i budową geologiczną tego regionu.

Podano wartości liczbowe prędkości dla utworów poszczególnych systemów geologicznych, jak również dla niektórych warstw określono zależności prędkości od głębokości.

#### WSTĘP

Opracowanie prędkości sejsmicznych wykonano dla obszaru Karpat wraz z jego przedpolem, w strefie na zachód od Dunajca. W ostatnich latach w Karpatach, w tym również w ich zachodniej części, prace sejsmiczne prowadzone są coraz intensywniej, co stwarza potrzebę przeanalizowania i jednolitego zestawienia wszystkich pomiarów prędkości.

Opracowanie takie i wnioski z niego wynikające mają istotne znaczenie przy wyborze odpowiednich modeli prędkościowych do interpretacji głębokościowej materiałów sejsmicznych. Na omawianym obszarze profilowanie prędkości sejsmicznych wykonano w 24 odwiertach. Otwory te zlokalizowane były w obrębie płaszczowiny śląskiej i podśląskiej, w większości w strefie brzeżnej Karpat. W bardziej wewnętrznej części Karpat fliszowych pomiary zostały wykonane tylko w kilku punktach (Cieszyn 1, Ustroń 1, Wiśniowa IG-1, Złota 2), natomiast nie

---

<sup>1</sup> „Geonafta” Lubicz 25, 31-503 Kraków.

posiadamy dotychczas informacji o rozkładzie prędkości z obrębu płaszczowiny magurskiej.

Flisz podhalański wraz z występującymi pod nim jednostkami tatrzańskimi rozpoznany został prędkościowo tylko w jednym otworze Zakopane IG-1.

Do analizy prędkości uwzględniono również pomiary z odwiertów położonych na przedpolu Karpat w bliskim z nimi sąsiedztwie. Było to niezbędne do ściślejszego ustalenia wartości prędkości interwałowych, warstwowych i kompleksowych w utworach miocenu podkarpackiego i jego podłoża.

Problem prędkości sejsmicznych w zachodnich Karpatach w dotychczasowej literaturze nie był szerzej omawiany. Zasadniczo zagadnienie to poruszone zostało ogólnie, jedynie w pracach A. Kisłowa (1971) oraz J. Łaskiego (1967), które nie dotyczą utworów mioceno-fliszowych, ograniczając się wyłącznie do ich podłoża.

Podobną analizę prędkości sejsmicznych w utworach podłoża miocenu na Przedgórzu Karpat wykonał Z. Soja (1965).

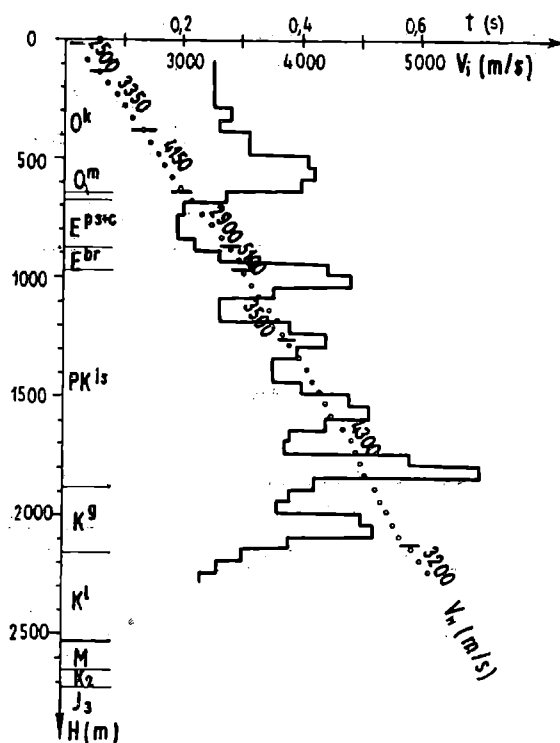


Fig. 1a. Wykres prędkości interwałowych i hodograf pionowy z pomiaru w odwiercie Złota 2.  $O^k$  — warstwy krośnieńskie;  $O^m$  — warstwy menilitowe;  $E^{ps+c}$  — pstre łupki z wkładkami piaskowców ciężkowickich;  $E^{br}$  — piaskowce bryłowe;  $PK^{is}$  — warstwy istebniańskie;  $K^g$  — warstwy godulskie;  $K^l$  — warstwy lgockie; M — miocen;  $K_2$  — kreda górna przedmurza;  $J_3$  — jura górna

Fig. 1a. Diagram of interval velocities and time-depth curve from measurements in the bore-hole Złota 2.  $O^k$  — Krosno beds;  $O^m$  — menilite beds;  $E^{ps+c}$  — variegated shales with intercalations of Ciężkowice sandstone;  $E^{br}$  — blocky sandstone;  $PK^{is}$  — Istebna beds;  $K^g$  — Godula beds;  $K^l$  — Lgota beds; M — Miocene;  $K_2$  — Upper Cretaceous rocks of the foreland;  $J_3$  — Upper Jurassic rocks

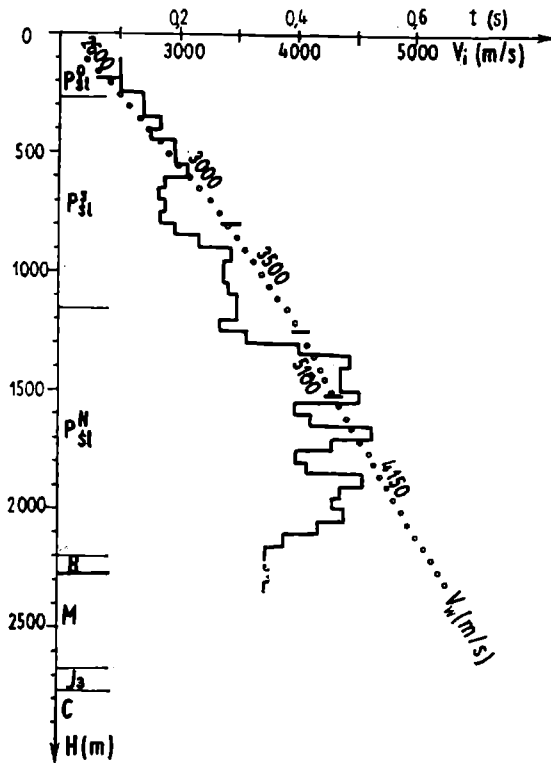


Fig. 1b. Wykres prędkości interwałowych i hodograf pionowy z pomiaru w odwiercie Wiśniowa IG-1. Profil geologiczny według doc. J. Burtan;  $P_{st}^o$  — jednostka podśląska „okienna”;  $P_{st}^s$  — jednostka podśląska południowa;  $P_{st}^N$  — jednostka podśląska północna; B — brekcja tektoniczna; M — miocen;  $J_3$  — jura górna; C — karbon

Fig. 1b. Diagram of interval velocities and time-depth curve from measurements in the bore-hole Wiśniowa IG-1. Geological profile after J. Burtan.  $P_{st}^o$  — rocks of the Sub-Silesian nappe of the tectonic window;  $P_{st}^s$  — southern Sub-Silesian Unit;  $P_{st}^N$  — northern Sub-Silesian unit; B — tectonic breccia; M — Miocene;  $J_3$  — Upper Jurassic; C — Carboniferous

#### ANALIZA PRĘDKOŚCI INTERWAŁOWYCH

Prędkości interwałowe obliczono dla wszystkich hodografów pionowych uzyskanych z pomiarów prędkości średnich w otworach tej części Karpat. Przedstawiamy tu graficznie tylko kilka wybranych przykładów dostatecznie ilustrujących stosunki prędkościowe w utworach budujących ten obszar.

W świetle dotychczasowych wyników, w obrębie utworów płaszczowiny śląskiej i podśląskiej dostrzega się wyraźne zmiany prędkości interwałowych a zarazem i warstwowych, co obrazują fig. 1 a i 1 b. Zmiany te nie zachodzą jednak na ogół na granicach stratygraficznych poszczególnych warstw. Wyjątek stanowią takie przypadki, gdy granice stratygraficzne wypadają na kontaktach różnych petrograficznie typów skał, na przykład pomiędzy kompleksami piaskowcowymi lub o przewodze piaskowców a kompleksami łupkowymi lub o przewodze łupków ilastych. Stwierdza się również brak granic prędkościowych na kontaktach tektonicznych jednostek karpacczych (płaszczowin, nasunięć),

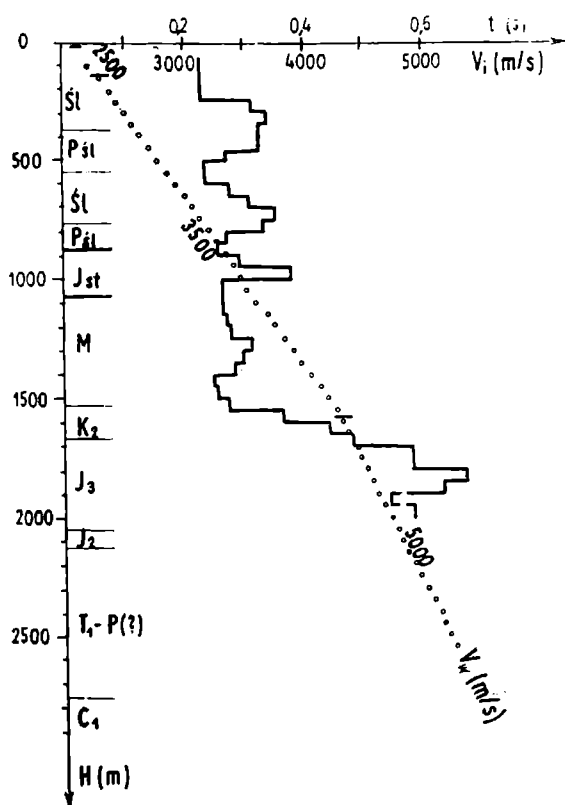


Fig. 1c. Wykres prędkości interwałowych i hodograf pionowy z pomiaru w odwiercie Jadowniki 5. Śl. — płaszczowina śląska (warstwy cieszyńsko-grodziskie); P<sub>Śl</sub> — płaszczowina podśląska; J<sub>st</sub> — jednostka stebnicka; M — miocen; K<sub>2</sub> — kreda górna przedmurza; J<sub>3</sub> — jura górna; J<sub>2</sub> — jura środkowa; T<sub>1</sub>—P(?) — pstry piaskowiec-perm (?); C<sub>1</sub> — karbon dolny

Fig. 1c. Diagram of interval velocities and time-depth curve from measurements in the bore-hole Jadowniki 5. Śl. — Silesian nappe (Cieszyn and Grodischt beds); P<sub>Śl</sub> — Sub-Silesian nappe; J<sub>st</sub> — Stebnik unit; M — Miocene; K<sub>2</sub> — Upper Cretaceous of the Foreland; J<sub>3</sub> — Upper Jurassic; J<sub>2</sub> — Middle Jurassic; T<sub>1</sub>—P(?) — Lower Triassic-Permian (?); C<sub>1</sub> — Lower Carboniferous

co należałoby wiązać z faktem, że rozwój litologiczny utworów fliszowych w różnych jednostkach tektonicznych jest zbliżony. Podobne zjawisko braku zróżnicowania prędkości zachodzi również na kontaktach pomiędzy utworami fliszowymi a miocenijskimi (fig. 1 c). Wyraźna granica prędkościowa zaznacza się natomiast, poza uzasadnionymi wyjątkami, co omówione zostanie później (rejon Kęt, Andrychowa, Piotrowic, Spytkowic), pomiędzy kompleksem miocenijsko-fliszowym a jego podłożem (utwory przedmurza). Ta ostra granica zmian prędkości warstwowych związana jest z przejściem do wysokoprędkościowych skał węglanowych podłoża (fig. 1 c i 1 d). Wyjątek, jak wspomniano wyżej, stanowi takie następstwo warstw w profilu, gdy utwory fliszowe lub miocenijskie leżą wprost na ilasto-piaszczystych osadach karbonu górnego. W przypadkach takich te klastyczne osady podłoża miocenu i fliszu karpacciego wykazują zbliżone wartości prędkości, wskutek czego nie zaznacza się wyraźna granica na hodografie pionowym jak i w wy-

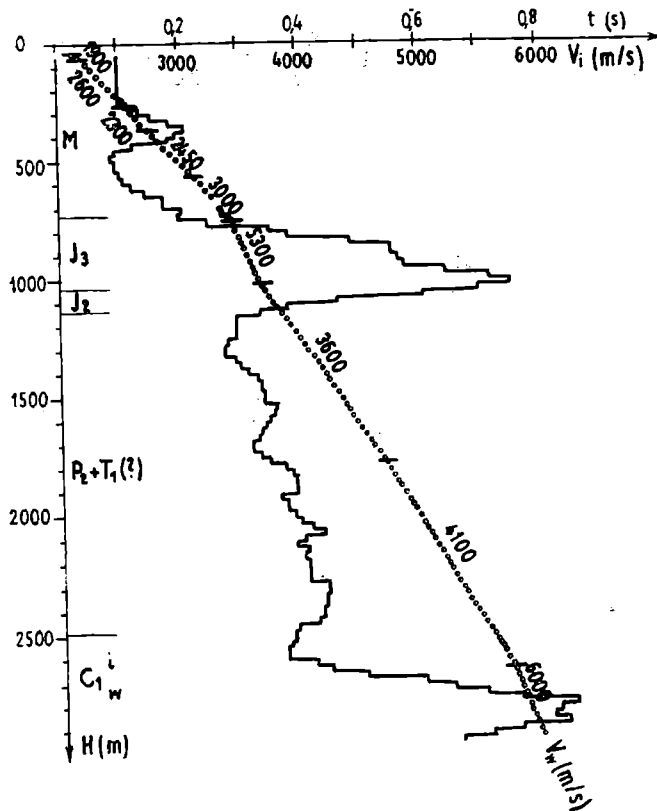


Fig. 1d. Wykres prędkości interwałowych i hodograf pionowy z pomiaru w odwiercie Liplas 2. M — miocen; J<sub>3</sub> — jura górna; J<sub>2</sub> — jura środkowa; P<sub>2</sub>+T<sub>1</sub> (?) — cechsztyń + w stropie prawdopodobny pstry piaskowiec; C<sub>1</sub> — karbon dolny — (i) seria ilasta, (w) seria węglanowa

Fig. 1d. Diagram of interval velocities and time-depth curve from measurements in the bore-hole Liplas 2. M — miocene; J<sub>3</sub> — Upper Jurassic; J<sub>2</sub> — Middle Jurassic; P<sub>2</sub>+T<sub>1</sub> (?) — Upper Permian + probable Triassic at top; C<sub>1</sub> — Lower Carboniferous (i) — clayey series, (w) — limestone series

kresie prędkości interwałowych. Zjawisko to obserwujemy np. w otworze Piotrowice 1 (fig. 1 e) oraz w rejonie Kęt, Andrychowa i Spytkowic, gdzie utwory miocenu kontaktują bezpośrednio z osadami karbonu górnego.

Podobnie wyraźnie zaznacza się granica prędkościowa przy przejściu z kompleksu węglanowego do serii ilasto-piaskowcowych, co uwidacznia się między innymi np. w odwiercie Liplas 2 (fig. 1 d), na kontakcie wapieni malmu z osadami klastycznymi doggeru i permu lub w odwiercie Mogilany 1 oraz Piotrowice 1 (fig. 1 e), gdzie pod węglanową serią dewonu wyższego zaznacza się ogólny spadek prędkości związany z występowaniem niżej ilasto-piaszczystych osadów dewonu dolnego.

Podobne zróżnicowanie prędkości w zależności od rozwoju litologicznego skał obserwujemy również w obrębie tego samego piętra lub systemu geologicznego, czego przykładem może być m. in. profil otworu Liplas 2 (fig. 1 d), w którym niskie prędkości w górnej części karbonu dolnego związane są z ilastym jego rozwojem.

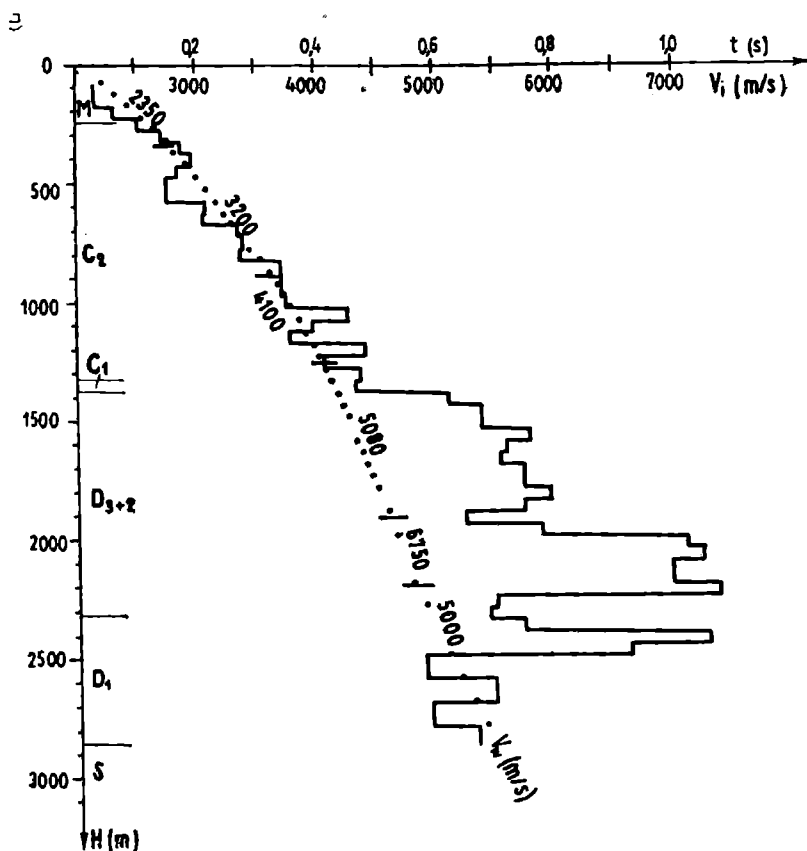


Fig. 1e. Wykres prędkości interwałowych i hodograf pionowy z pomiaru w odwiercie Piotrowice 1. M — miocen; C<sub>2</sub> — karbon górny; C<sub>1</sub> — karbon dolny; D<sub>3+2</sub> — dewon górny + środkowy; D<sub>1</sub> — dewon dolny; S — sylur

Fig. 1e. Diagram of interval velocities and time-depth curve from measurements in the bore-hole Piotrowice 1. M — miocene; C<sub>2</sub> — Upper Carboniferous; C<sub>1</sub> — Lower Carboniferous; D<sub>3+2</sub> — Upper and Middle Devonian; D<sub>1</sub> — Lower Devonian; S — Silurian

#### ANALIZA PRĘDKOŚCI WARSTWOWYCH

Analizę wartości prędkości warstwowych przeprowadzono w ujęciu stratygraficznym oddzielnie w poszczególnych jednostkach tektonicznych.

#### A. KARPATY

##### Flisz podhalański i jednostki tatrzańskie

Informacje o prędkościach warstwowych dla tych utworów uzyskano w oparciu o wyniki pomiaru wykonanego w otworze Zakopane IG-1 (fig. 2 a).

Zgodnie z wydzieleniami stratygraficznymi S. Sokołowskiego i A. Sławińskiego (1967) w otworze tym przewiercono do głębokości 1119 m utwory fliszu podhalańskiego, niżej zdygitowane osady płaszczowiny reglowej górnej i dolnej.

W utworach fliszu podhalańskiego zaznacza się na głębokości 530 m nieznaczny wzrost prędkości z 3650 m/s. do 4000 m/s. Wzrost ten utrzy-

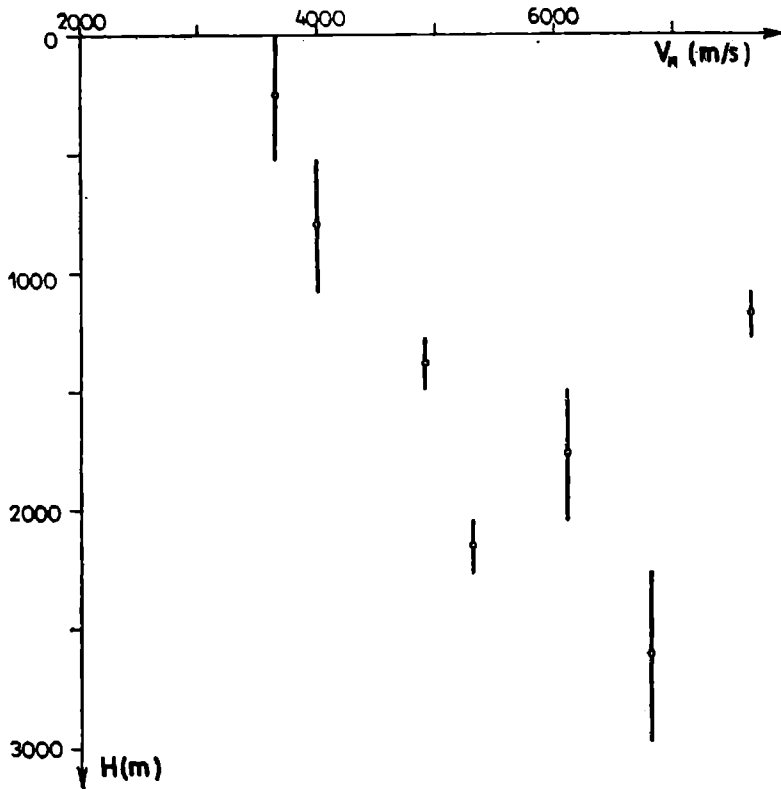


Fig. 2a. Wykres prędkości warstwowych dla utworów fliszu podhalańskiego i jednostek tatrzańskich z pomiaru w odwiercie Zakopane IG-1

Fig. 2a. Diagram of layer velocities for the Podhale Flysch and the Tatra Mts units from measurements in the bore-hole Zakopane IG-1

muje się mniej więcej do spągu fliszu podhalańskiego i być może należy go wiązać z występowaniem w tej części fliszu wapieni numulitowych i zlepieńców.

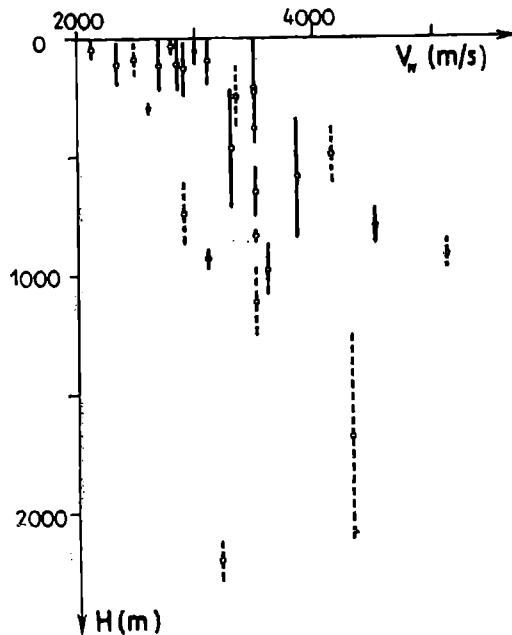


Fig. 2b. Wykres prędkości warstwowych dla utworów płaszczowiny śląskiej (na podstawie pomiarów z 15 otworów). Liniami przerywanymi wyróżniono otwór Złota 2

Fig. 2b. Diagram of layer velocities for the Silesian nappe based upon measurements in 15 bore-holes. The bore-hole Złota 2 marked by dashed line

Tabela I A i B

Tabelaryczne zestawienie wartości prędkości warstwowych i kompleksowych w utworach płaszczowiny śląskiej, podśląskiej i miocenu nadkarpackiego

Tabulation of values of layer velocities and velocities in lithological complexes in rocks of the Silesian nappe, the Sub-Silesian nappe and Miocene beds overlying the Carpathian Flysch

Tab. I A

| Lp. | Nazwa otworu | P ł a s z c z o w i n a ś l ą s k a                                     |                              |                              |                              |                                    |                              |  |                                   |  |                              |  |                   | P ł a s z c z o w i n a ś l ą s k a |                              | P ł a s z c z o w i n a p o d ś l ą s k a |                              |  |
|-----|--------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------------|--|------------------------------|--|-------------------|-------------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|--|
|     |              | w-wy krośnieńskie   |                              | w-wy menilitowe              |                              | ł-ki, pstrze + p-ce ciężkowickie   |                              | w-wy istebniańskie                                     |                                   | w-wy godulskie                         |                              | Kreda dolna                            |                   | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)        | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)              | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s) |  |
|     |              | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)  | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)       | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)                           | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)      | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)           | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s) |  |                   |                                     |                              |   |                              |  |
| 1.  | Złota 2      | 25-125<br>2500<br>125-375<br>3350<br>375-610<br>4150<br>610-650<br>2900 | 25-650<br>3250               | 650-655<br>2900?             | 650-655<br>2900?             | 655-870<br>2900<br>870-968<br>5100 | 655-968<br>3350              | 968-1250<br>3500<br>1250-1889<br>4300                  | 968-1889<br>4050                  | 1889-2115<br>4300<br>2115-2165<br>3200 | 1889-2165<br>4000            | 2165-2280<br>3200<br>2165-2280<br>3200 | 2165-2280<br>3200 | 25-2280<br>3630                     |                              |   |                              |  |
| 2.  | Dobczyce 1   |   |                              |                              |                              | 25-225<br>2700<br>225-405<br>3300  | 25-405<br>3000               | 405-715<br>3300<br>715-870<br>4500<br>870-1082<br>3600 | 405-1082<br>3600                  |  |                              |  |                   | 25-1082<br>3500                     | 1082-1228<br>3600            | 1082-1228<br>3600                         |                              |  |
| 3.  | Grabina 1    |   |                              | 20-158<br>2500               | 20-158<br>2500               |                                    |                              |  |                                   |  |                              |  |                   | 20-158<br>2500                      |                              |   |                              |  |
| 4.  | Jaroszówka 1 |   |                              |                              |                              |                                    |                              | 10-197<br>3100<br>340-840<br>3850                      | 10-197<br>3100<br>340-840<br>3850 | 197-340<br>3100                        | 197-340<br>3100              |  |                   | 10-840<br>3350                      |                              |   |                              |  |
| 5.  | Mogilany 1   |   |                              |                              |                              |                                    |                              | 12-42<br>2100  | 12-42<br>2100                     | 42-52<br>2100                          | 42-52<br>2100                |  |                   | 12-52<br>2100                       |                              |   |                              |  |

W pobliżu granicy fliszu podhalańskiego z płaszczowiną reglową zaznacza się zdecydowany wzrost  $v_w$  do wartości 7650 m/s wynikający z pojawienia się w jednostce reglowej górnej wapieni i dolomitów triasu środkowego i dolnego. Dalej ku dołowi, do ok. 1500 m obserwujemy znaczny spadek prędkości (do 4900 m/s) będący logicznym następstwem wystąpienia w profilu skał ilasto-marglistych i piaskowcowych jednostki reglowej dolnej.

Poniżej w profilu tego otworu (S. Sokołowski, A. Sławiński, 1967) występują w dalszym ciągu utwory jednostki reglowej dolnej (do 2828 m) oraz osady o niepewnej pozycji tektonicznej. Są to utwory triasu i jury rozwinięte jako osady węglanowe, siarczanowe i ilasto-piaskowcowe. W zależności od typu skały charakteryzują je w profilu mniejsze wartości prędkości (skały ilasto-piaskowcowe) albo większe (skały węglanowe i siarczanowe).

### P ł a s z c z o w i n a ś l ą s k a

Zgodnie z wynikami analizy prędkości interwałowych, w świetle której nie obserwuje się wyraźnego zróżnicowania prędkości na granicach stratygraficznych w poszczególnych jednostkach tektonicznych, uznano za właściwe przedstawienie prędkości warstwowych dla całości warstw wchodzących w skład płaszczowiny śląskiej.

Płaszczowina śląska zbudowana jest z bardzo zróżnicowanych litologicznie utworów i wykazuje dość pełny profil stratygraficzny obejmu-



Tab. I B

| L.p | Nazwa otworu  | Płaszczowina słańska<br>kreda dolna   |  | Pł.<br>słańska   | Płaszczowina<br>podśląska   |  | Miocen<br>nadkarpacki                  |  |
|-----|---------------|---|--|------------------|---|--|--|--|
|     |               | H(m)<br>V <sub>n</sub> (m/s)  | H(m)<br>V <sub>n</sub> (m/s)                               |                  | H(m)<br>V <sub>n</sub> (m/s)  | H(m)<br>V <sub>n</sub> (m/s)                                 | H(m)<br>V <sub>n</sub> (m/s)           | H(m)<br>V <sub>n</sub> (m/s)           |
| 6.  | Andrychów 3   |   |  |                  | 318 - 448<br>2600<br>525 - 810<br>3300<br>810 - 975<br>3600   | 318 - 448<br>2600<br>525 - 975<br>3450                       | 25 - 318<br>2600<br>448 - 525<br>3300  | 26 - 318<br>2600<br>448 - 525<br>3300  |
| 7.  | Andrychów 4   | 5 - 225<br>2850   | 5 - 225<br>2850  | 5 - 225<br>2850  | 225 - 340<br>2850<br>340 - 380<br>3100<br>435 - 534<br>3100<br>662 - 740<br>3100<br>740 - 1320<br>3200<br>1320 - 1587<br>3750 | 225 - 380<br>2850<br>435 - 534<br>3100<br>662 - 1587<br>3400 | 380 - 435<br>3100<br>534 - 662<br>3100 | 380 - 435<br>3100<br>534 - 662<br>3100 |
| 8.  | Bielsko 4     | 8 - 142<br>2700   | 8 - 142<br>2700  | 8 - 142<br>2700  | 142 - 350<br>3050<br>350 - 525<br>2700<br>525 - 1040<br>3150<br>1040 - 1090<br>3600   | 142 - 1090<br>3100   |  |  |
| 9.  | Cieszyn 1     | 0 - 130<br>3000<br>130 - 275<br>3500<br>275 - 325<br>2600<br>325 - 425<br>3500  | 0 - 425<br>3250  | 0 - 425<br>3250  | 425 - 475<br>3500   | 425 - 475<br>3500  |  |  |
| 10. | Jłownica 1    |   |  |                  | 100 - 210<br>2450   | 100 - 210<br>2450  | 90 - 100<br>2450                       | 90 - 100<br>2450                       |
| 11. | Jadowniki 5   | 17 - 140<br>2500<br>140 - 380<br>3500<br>540 - 752<br>3500<br>910 - 863<br>3500 | 17 - 380<br>3100<br>540 - 752<br>3500<br>810 - 863<br>3500 |                  | 380 - 540<br>3500<br>752 - 810<br>3500  | 380 - 540<br>3500<br>752 - 810<br>3500                       |  |  |
| 12. | Kęty 1        | 11 - 70<br>2800   | 11 - 70<br>2800  | 11 - 70<br>2800  | 70 - 225<br>2800<br>225 - 305<br>3100   | 70 - 305<br>2900   |  |  |
| 13. | Kęty 2        | 20 - 80<br>2850   | 20 - 80<br>2850  | 20 - 80<br>2850  | 80 - 280<br>2850  | 80 - 280<br>2850   |  |  |
| 14. | Kęty 3        | 5 - 105<br>2500   | 5 - 105<br>2500  | 5 - 105<br>2500  | 105 - 440<br>2500<br>140 - 630<br>3100  | 105 - 630<br>3000  |  |  |
| 15. | Kęty 6        | 20 - 200<br>2350<br>200 - 260<br>3100   | 20 - 260<br>2500   | 20 - 260<br>2500 | 260 - 890<br>3100<br>890 - 966<br>3500  | 260 - 966<br>3100  |  |  |
| 16. | Kęty 8        |   |  |                  | 20 - 312<br>2650  | 20 - 312<br>2650   |  |  |
| 17. | Kęty 9        |   |  |                  | 575 - 645<br>3200   | 575 - 645<br>3200  | 27 - 420<br>2650<br>420 - 575<br>3200  | 27 - 420<br>2650<br>420 - 575<br>3200  |
| 18. | Ustron 1      | 10 - 444<br>3500  | 10 - 444<br>3500   | 10 - 444<br>3500 | 444 - 500<br>3500<br>500 - 850<br>3000<br>850 - 1109<br>3500  | 444 - 1109<br>3200   |  |  |
| 19. | Wisniowa 16.1 |   |  |                  | 15 - 190<br>2600<br>190 - 800<br>3000<br>800 - 1250<br>3500<br>1250 - 1520<br>5100<br>1520 - 2268<br>4150                     | 15 - 2268<br>3540  |  |  |
| 20. | Wysoka 1      | 20 - 245<br>2900<br>245 - 427<br>3500   | 20 - 427<br>3100   | 20 - 427<br>3100 | 830 - 875<br>3200   | 830 - 875<br>3200  | 427 - 830<br>3200                      | 427 - 830<br>3200                      |

jący utwory od kredy dolnej aż po oligocen włącznie. Fakt ten odzwierciedla się w wartościach prędkości warstwowych. Widać to na wykresie (fig. 2 b), gdzie prędkości  $v_w$  w szeregu wierceń już w głębokościach bliskich powierzchni ziemi wykazują bardzo duże zróżnicowanie wartości od 2100 m/s (Mogilany 1) do 3500 m/s (Ustroń 1). To zróżnicowanie prędkości warstwowych (tab. IA, IB) związane jest z usytuowaniem wierceń w strefach o różnym wykształceniu litologicznym i stratygraficznym utworów jednostki śląskiej. Korzystnie przedstawia się profil otworu Złota 2, który mimo pewnych redukcji miąższości (np. tylko 5 m łupków menilitowych) wykazuje dość pełne następstwo stratygraficzne jednostki śląskiej. Dlatego na przykładzie tego otworu przedstawimy zależności  $v_w$  od wykształcenia litologicznego poszczególnych warstw. Do głębokości około 650 m obserwuje się stały wzrost wartości  $v_w$  z głębokością od 2500 m/s do 4150 m/s (fig. 2 b). Dalej w łupkach menilitowych i pstrych łupkach eocenu wartości  $v_w$  maleją do 2900 m/s. Wzrost ich zaznacza się ponownie w głębokości 870 m — 970 m osiągając wartość 5100 m/s. Ten znaczny wzrost prędkości warstwowych związany jest, jak wynika z rdzeni oraz z wykresów profilowania elektrycznego i profilowania gamma, z kompleksem piaskowcowym (piaskowce bryłowe).

Z analizy tych materiałów wynika podkreślona wyżej prawidłowość, że w obrębie utworów fliszowych zachodzi zjawisko wzrostu prędkości w osadach piaskowcowych względem łupków ilastych. Stąd też uzasadniony jest spadek prędkości w dalszej części profilu otworu Złota 2, do wartości 3500 m/s w interwale odpowiadającym górnej części warstw istebniańskich (tab. IA) rozwiniętych w przewodzie jako łupki ilaste. Ponowny ich wzrost do wartości 4300 m/s obserwujemy w związku z pojawieniem się piaskowców niższej części warstw istebniańskich i wyższej warstw godulskich. Podobny wzrost  $v_w$  w piaskowcowych osadach warstw istebniańskich niższych, zaznacza się również w otworze Dobczyce 1 i Jaroszkówka 1 (tab. IA).

W najniższej części profilu płaszczowiny śląskiej w otworze Złota 2 stwierdzony został kolejny spadek  $v_w$  (do 3200 m/s), co jest logicznym następstwem ilastego rozwoju niższej części warstw godulskich i warstw lgockich.

Jak wynika z przedstawionego na fig. 2 b zbiorczego wykresu prędkości warstwowych dla utworów płaszczowiny śląskiej, układ odcinków nie wykazuje funkcyjnej zależności  $v_w$  (H), dającej się ująć prostym wzorem matematycznym.

#### P ł a s z c z o w i n a   p o d ś l ą s k a

W odróżnieniu od płaszczowiny śląskiej jednostka podśląska nie wykazuje tak pełnego i normalnego pod względem następstwa, ułożenia warstw. W skład jej wchodzi zespół utworów silnie zmiętych i zaangażowanych

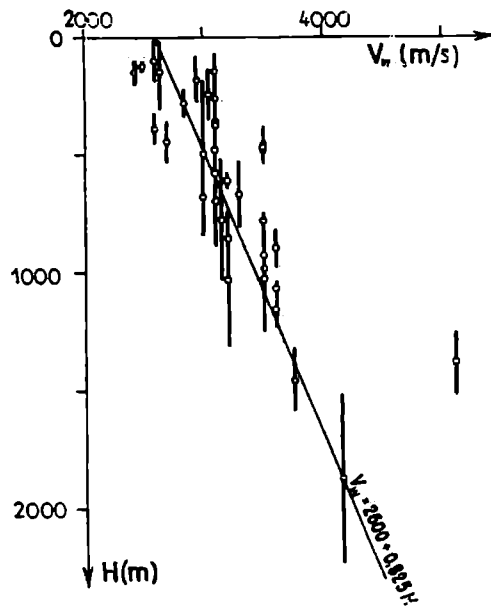


Fig. 2c. Wykres prędkości warstwowych dla utworów płaszczowiny podśląskiej (na podstawie pomiarów z 16 otworów)

Fig. 2c. Diagram of layer velocities for the Sub-Silesian nappe based upon measurements in 16 bore-holes

zowanych tektonicznie tworzących nieregularny kompleks o charakterze „megabrekcji”. Jak wynika ze zbiorczego wykresu  $v_w$  (fig. 2 c) oraz tab. IA i IB w utworach do głębokości 2270 m wartości  $v_w$  zmieniają się w granicach od 2500 m/s do 4100 m/s. Wyjątek stanowi tu tylko kompleks warstw w otworze Wiśniowa IG-1, który w interwale 1250—1520 m wykazuje anormalnie dużą prędkość  $v_w = 5100$  m/s. Według danych geologicznych (J. Burtan, 1971) utwory występujące w tym przedziale głębokościowym odpowiadają jednemu ze złuskowanych elementów jednostki podśląskiej z warstwami wierzowsko-cieszyńskimi, być może zawierającymi wkładki wapieni wpływających na wzrost prędkości.

Jak wynika z wykresu (fig. 2 c), w płaszczynie podśląskiej obserwuje się wyraźny wzrost prędkości z głębokością, według funkcji liniowej:  $v_w = 2600 + 0,825 H$ .

### Miocen nadkarpacki

Jak wynika ze zbiorczego wykresu (fig. 2 d), prędkości warstwowe w utworach miocenu nadkarpackiego (parautochton górny) w zachodniej części Karpat w przedziale głębokości od 30—830 m zmieniają się w granicach od 2600 m/s do 3300 m/s. Zbyt mała ilość wartości (tylko z 4 otworów) uniemożliwia określenie charakteru zależności prędkości warstwowych od głębokości. Utwory miocenu nadkarpackiego stanowią cienie kompleksy często na przemian kontaktujące tektonicznie z jednostką podśląską, tworzące łącznie zespół o podobnych wartościach prędkości (tab. IB).

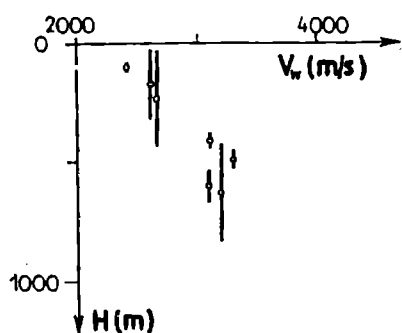


Fig. 2d. Wykres prędkości warstwowych dla utworów miocenu nadkarpackiego (na podstawie 5 wierceń)  
Fig. 2d. Diagram of layer velocities for the Miocene rocks overlying the Flysch, based upon measurements in 5 bore-holes

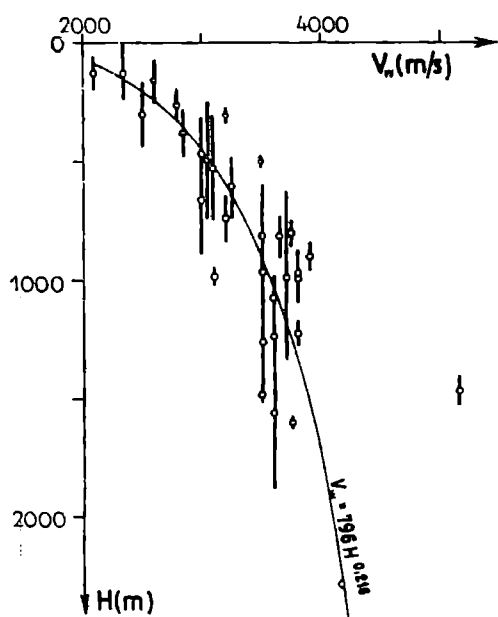


Fig. 2e. Wykres prędkości warstwowych dla utworów miocenu przedpola Karpat (na podstawie pomiarów z 18 wierceń ze strefy pod i przedkarpackiej)  
Fig. 2e. Diagram of layer velocities for the Miocene of the Carpathian Foreland, based upon measurements in 18 bore-holes under and in front of the Carpathian Flysch

## B. PODŁOŻE KARPAT

### Miocen

Podobnie jak w utworach miocenu nadkarpackiego, wykres prędkości warstwowych dla utworów miocenu strefy pod- i przedkarpackiej (fig. 2 e) wskazuje na zdecydowany wzrost tych prędkości z głębokością, który matematycznie można opisać funkcją:  $v_w = 796 H^{0,216}$ . Do głębokości 1900 m wszystkie wartości prędkości warstwowych (z wyjątkiem jednej) mieszczą się w granicach 2100—3900 m/s. Wspomniany wyjątek stanowi kompleks z odwiertu Bielsko 4 z głębokości 1400 m do 1530 m (zlepienie dębowieckie) o prędkości 5150 m/s (Tab. II B).

### Kreda

Utwory kredy przedmurza na obszarze analizowanej części Karpat ograniczają się do rejonu między Krakowem a Tarnowem. Stąd też prędkości w tych utworach zostały określone tylko w dwóch wierceniach, a mianowicie w Dobczycach 1 i Jadownikach 5 (tab. IIA). Prędkość warstwowa w utworach kredy górnej w odwiercie Jadowniki 5 z głębokości 1575—1685 m wynosi 5000 m/s. Jak wykazał Z. S o j a (1965)

Tabela II A i B

Tabelaryczne zestawienie wartości prędkości warstwowych i kompleksowych w utworach miocenu pod- i przedkarpacciego oraz podłoża mezopaleozoicznego. W odwiercie Jadowniki 5 również w utworach jednostki stebnickiej (863—1083 m) i miocenu sfałdowanego (1083—1440 m)

Tabulation of values of layer velocities and velocities in lithological complexes in Miocene beds of the foreland and basement of the Flysch and in the Mesozoic and Palaeozoic basement rocks. Data from the Bore-hole Jadowniki 5 comprise also the rocks of the Stebnik unit (depth interval 863—1083 m) and the folded Miocene rocks (depth interval 1083—1440 m)

Tab. II A

| L.p | Nazwa otworu | Czwarto-<br>rzed<br>+ Flysz<br>karpacki<br>H(m) | Miocen<br>przedgórze<br>autochton  |                              | Kreda                                  |                              | Jura  |                              | Trias + Perm                 |                              | Karbon dolny                           |                              | Dewon                               |                              |  |                              |
|-----|--------------|---|--|------------------------------|--|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|
|     |              |   | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)   | H(m)<br>V <sub>k</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)           | H(m)<br>V <sub>k</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)                                | H(m)<br>V <sub>k</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>k</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)           | H(m)<br>V <sub>k</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)        | H(m)<br>V <sub>k</sub> (m/s) | H(m)<br>V <sub>w</sub> (m/s)           | H(m)<br>V <sub>k</sub> (m/s) |
| 1.  | Dobczyce 1   | 0 - 1228<br>3600                                | 1228-1878<br>3600  | 1228-1878<br>3600            | 1878-1902<br>6300                      | 1878-1902<br>6300            | 1902-2050<br>6300   | 1902-2050<br>6300            |                              |                              |  |                              |                                     |                              |  |                              |
| 2.  | Grabina 1    | 0 - 158   | 158-445<br>2500<br>445-890<br>3000<br>890-1100<br>3800                                   | 158-1100<br>3000             |  |                              | 1100-1150<br>3800<br>1150-1340<br>6300<br>1340-1529<br>4000 | 1100-1529<br>5000            |                              | 1529-1845<br>4000            | 1529-1845<br>4000                      |                              |                                     |                              |  |                              |
| 3.  | Jadowniki 5  | 0 - 863   | 863-1521<br>3500   | 863-1521<br>3500             | 1521-1575<br>3500<br>1575-1685<br>5000 | 1521-1685<br>4000            | 1685-2119<br>5000   | 1685-2119<br>5000            | 2119-2543<br>5000            | 2119-2543<br>5000            |  |                              |                                     |                              |  |                              |
| 4.  | Liłpas 2     | 0 - 39  | 39-65<br>1900<br>65-265<br>2600<br>265-360<br>3200<br>360-560<br>2450<br>560-722<br>3000 | 39-722<br>2650               |  |                              | 722-745<br>3000<br>745-1010<br>5300<br>1010-1123<br>3600    | 722-1123<br>4500             | 1123-1765<br>3600            | 1123-2492<br>3850            | 2492-2625<br>4100<br>2625-2925<br>6000 | 2492-2925<br>5400            |                                     |                              |  |                              |
| 5.  | Mogilany 1   | 0 - 52  | 52-200<br>2100<br>200-330<br>2800  | 52-330<br>2350               |  |                              | 330-454<br>5350   | 330-454<br>5350              |                              |                              |  |                              | 454-650<br>5350<br>650-1098<br>6500 | 454-1098<br>6000             | 1098-1870<br>4500<br>1870-2450<br>5100 | 1098-2450<br>4800            |

dla utworów kredy Przedgórze Karpat zachodzi liniowy wzrost prędkości z głębokością wyrażony równaniem  $v_w = 3000 + 1,38 H$  (dla  $H > 400$  m). Wartość  $v_w$  z otworu Jadowniki 5 potwierdza słuszność przyjętego przez autora wzoru. Wysoka wartość prędkości warstwowej (6300 m/s) w otworze Dobczyce 1 jest dla utworów kredy górnej mało wiarygodna, gdyż z uwagi na małą ich miąższość (24 m) w porównaniu z dużym interwałem pomiaru prędkości najprawdopodobniej odpowiada ona wartościom niżejległych wapieni jurajskich.

Ogólnie można stwierdzić, że znikoma ilość pomiarów w utworach kredy na omawianym obszarze nie stanowi podstaw do wyciągnięcia szerszych wniosków.

### Jura

W omawianej strefie utwory jurajskie nawiercone zostały w niewielu otworach, przy czym tylko w niektórych z nich wykonano pomiary prędkości (fig. 2 f, tab. II A). Pomiarów tych jest zbyt mało, aby mogły być przedmiotem szerszej analizy.

Tab. II B

| Lp. | Nazwa otworu   | Czwartorzęd<br>+ Pliśz<br>karpacki<br>H(m) | Miocen<br>przedgórze<br>autochtone |                       | Karbon              |                      |                     |                      | Devon               |                      |                     |                      |
|-----|----------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
|     |                |  |                                    |                       | górnny              |                      | dolny               |                      | górnny + środkowy   |                      | dolny               |                      |
|     |                |  | H(m)                               | V <sub>w</sub> (m/s)  | H(m)                | V <sub>w</sub> (m/s) | H(m)                | V <sub>w</sub> (m/s) | H(m)                | V <sub>w</sub> (m/s) | H(m)                | V <sub>w</sub> (m/s) |
| 6.  | Andrychów 3    | 0 - 975                                    | 975 - 1170<br>3800                 | 975 - 1267<br>3800    | 1267 - 1512<br>3800 | 1267 - 1512<br>3800  | 1512 - 1643<br>3800 | 1512 - 1643<br>3800  | 1643 - 1990<br>5000 | 1643 - 1990<br>5000  |                     |                      |
| 7.  | Andrychów 4    | 0 - 1587                                   | 1587 - 1625<br>3750                | 1587 - 1625<br>3750   | 1625 - 1672<br>3750 | 1625 - 1672<br>3750  |                     |                      | 1672 - 2225<br>6150 | 1672 - 2225<br>6150  | 2225 - 2350<br>6150 | 2225 - 2350<br>6150  |
| 8.  | Bielsko 4      | 0 - 1090                                   | 1090 - 1400<br>3800                | 1090 - 1530<br>4050   |                     |                      |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| 9.  | Cieszyn 1      | 0 - 475                                    | 475 - 534<br>3500                  | 475 - 534<br>3500     | 534 - 600<br>3500   | 534 - 600<br>3500    |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| 10. | Nowica 1       | 0 - 210                                    | 210 - 240<br>2450                  | 210 - 750<br>3000     |                     |                      |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| 11. | Kęty 1         | 0 - 305                                    | 305 - 750<br>3100                  | 305 - 855<br>3200     | 855 - 1250<br>3750  | 855 - 1250<br>3750   |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| 12. | Kęty 2         | 0 - 280                                    | 280 - 480<br>2850                  | 280 - 911<br>3200     | 911 - 1007<br>3650  | 911 - 1007<br>3650   | 1007 - 1022<br>6100 | 1007 - 1022<br>6100  | 1022 - 1170<br>6100 | 1022 - 1170<br>6100  |                     |                      |
| 13. | Kęty 3         | 0 - 630                                    | 630 - 1340<br>3700                 | 630 - 1340<br>3700    |                     |                      |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| 14. | Kęty 6         | 0 - 966                                    | 966 - 1025<br>3100 ?               | 966 - 1025<br>3100 ?  |                     |                      |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| 15. | Kęty 8         | 0 - 312                                    | 312 - 600<br>3000                  | 312 - 1042<br>3300    |                     |                      | 1042 - 1210<br>6800 | 1042 - 1210<br>6800  | 1210 - 1260<br>4750 | 1210 - 1260<br>4750  | 1260 - 1437<br>4750 | 1260 - 1437<br>4750  |
| 16. | Kęty 9         | 0 - 645                                    | 645 - 840<br>3200                  | 645 - 982<br>3400     | 982 - 1040<br>3900  | 982 - 1067<br>4200   | 1067 - 1092<br>5850 | 1067 - 1092<br>5850  | 1092 - 1561<br>5650 | 1092 - 1561<br>5650  | 1561 - 1670<br>5650 | 1561 - 1795<br>4450  |
| 17. | Piotrowice 1   | 0 - 5                                      | 5 - 240<br>2350                    | 5 - 240<br>2350       | 240 - 340<br>2350   | 240 - 1325<br>3450   | 1325 - 1373<br>5080 | 1325 - 1373<br>5080  | 1373 - 1910<br>5080 | 1373 - 2315<br>5900  | 2315 - 2780<br>5000 | 2315 - 2780<br>5000  |
| 18. | Spytkowice 200 | 0 - 10                                     | 10 - 127<br>2250                   |                       | 127 - 325<br>2250   | 127 - 1650<br>3300   | 1650 - 2205<br>4100 | 1650 - 2550<br>4750  | 2205 - 2550<br>6500 | 2550 - 2780<br>6500  | 2550 - 2780<br>6500 |                      |
| 19. | Ustron 1       | 0 - 1109                                   |                                    |                       | 1109 - 1135<br>3500 | 1109 - 1135<br>3500  | 1135 - 1186<br>5040 | 1135 - 1186<br>5040  | 1186 - 1290<br>5040 | 1186 - 1290<br>5040  |                     |                      |
| 20. | Wiśniowa 10.1  | 0 - 2268                                   | 2268 - 2305<br>4150 ?              | 2268 - 2305<br>4150 ? |                     |                      |                     |                      |                     |                      |                     |                      |
| 21. | Wysoka 1       | 0 - 875                                    | 875 - 1061<br>3800                 | 875 - 1061<br>3800    |                     |                      |                     |                      | 1061 - 2007<br>6150 | 1061 - 2007<br>6150  | 2007 - 2095<br>6150 | 2007 - 2095<br>6150  |

Prędkości warstwowe w węglanowych utworach jury górnej osiągają duże wartości (np. 6300 m/s w otworze Dobczyce 1 i Grabina 1, 5350 m/s w Mogilanach 1 i Liplasie 2), a w osadach ilasto-piaszczystych doggeru wyraźnie spadają do wartości 4000 m/s w otworze Grabina 1 i 3600 m/s w otworze Liplas 2.

Utwory jurajskie zostały dobrze rozpoznane prędkościowo na obszarze Przedgórze Karpat. Znalazło to wyraz w szeregu opracowań

(Z. Soja, A. Karpała, A. Łapinkiewicz, F. Hoja, 1962; Z. Soja, 1965; A. Kisłowski, 1971).

### Permo — trias

Utwory zaliczane do permu (cechsztynu) i triasu (pstry piaskowiec) w strefie brzeżnej Karpat reprezentowane są przez serię ilasto-piaskowcową z wkładkami zlepieńców i anhydrytów. Ogólnie biorąc, wartości  $v_w$  w tej serii wahają się w granicach 4000—5000 m/s (fig. 2f, tab. IIA).

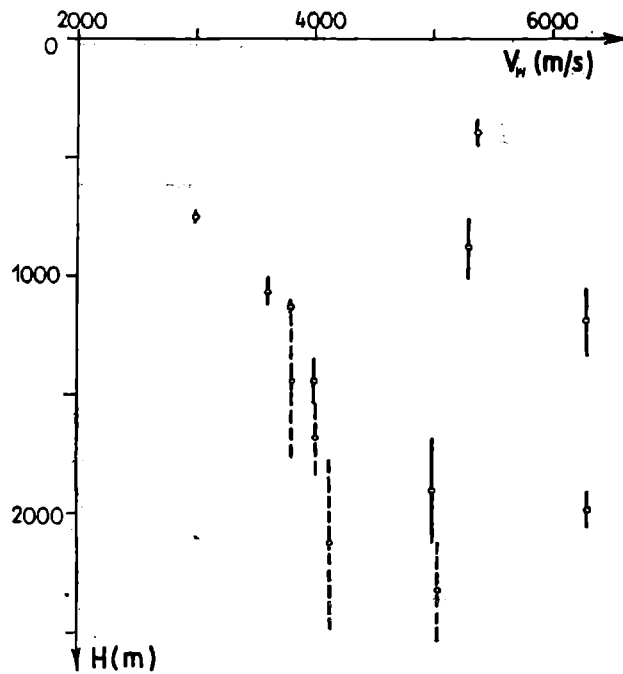


Fig. 2f. Wykres prędkości warstwowych dla utworów jury (linie ciągłe) i permo-triasu (linie przerywane) na podstawie pomiarów w 7 otworach

Fig. 2f. Diagram of layer velocities for Jurassic (continuous lines) and Permo-Triassic rocks (dashed lines) of the Carpathian Foreland, based upon measurements in 7 bore-holes

Maksymalne wartości prędkości warstwowych stwierdzone w otworze Jadowniki 5 (5000 m/s) związane są zapewne z obecnością w nim wkładek zlepieńców, w których skład wchodzi otoczaki wapieni górnopaleozoicznych. Dotychczasowe wyniki wierceń nie wykazały w tej strefie podłoża Karpat obecności utworów triasu młodszych od pstrego piaskowca (W. Moryc, 1971). W przypadku istnienia pod Karpatami węglanowych utworów triasu środkowego i retu należałoby przyjąć, że zgodnie z ogólną regułą, wynikającą z niniejszej analizy, prędkości w utworach tych powinny być wyższe niż w klastycznych osadach pstrego piaskowca i permu.

### Karbon

Utwory karbonu występują, poza przypadkami erozyjnego ich ścięcia, na całym obszarze zachodniej części Karpat, przy czym karbon górny ogranicza się do rejonu położonego na zachód od Krakowa. Utwory

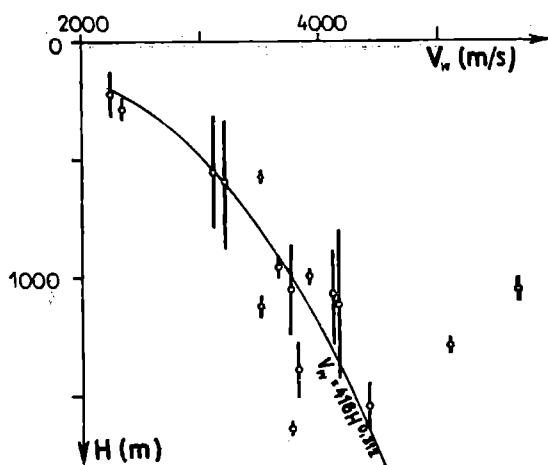


Fig. 2g. Wykres prędkości warstwowych dla utworów karbonu górnego (na podstawie pomiarów w 9 otworach)

Fig. 2g. Diagram of layer velocities for Upper Carboniferous rocks, based upon measurements in 9 bore-holes

karbonu górnego zbudowane są z piaskowców i łupków z wkładkami węgla kamiennego.

Jak wynika z wykresu prędkości warstwowych (fig. 2 g), obserwuje się wyraźny ich wzrost w zależności od głębokości. Zależność tę można matematycznie wyrazić funkcją  $v_w = 416 H^{0,312}$ . Wszystkie kompleksy, z wyjątkiem dwóch o znacznie większych wartościach, układają się w pobliżu krzywej określonej powyższym wzorem. Wyjątki te dotyczą kompleksów o niewielkiej miąższości karbonu górnego z odwiertu Kęty 9 i Piotrowice 1 (tab. II B), wobec czego na wzrost wartości  $v_w$  mogły mieć wpływ występujące niżej węglanowe utwory karbonu dolnego.

Karbon dolny rozwinięty jest głównie w facji wapienia węglowego, podrzędnie, zwłaszcza w zachodniej części obszaru, w ilasto-mułowcowej facji typu kulmowego.

Węglanowy charakter osadów karbonu dolnego spowodował znaczny wzrost prędkości warstwowych w tym podsystemie. Uwidacznia się to na wykresie  $v_w$  (fig. 2 h), gdzie w przedziale głębokościowym od 1000—2930 m prędkości warstwowe wahają się w granicach 3800—6600 m/s (tab. IIA, II B). Ułożenie poszczególnych kompleksów jest chaotyczne i nie uwidacznia się żaden logiczny związek prędkości z głębokością. Potwierdzeniem tego może być np. fakt stwierdzenia wysokich prędkości przy głębokości 1142—1210 m w otworze Kęty 8 ( $v_w = 6600$  m/s) i stosunkowo niskich prędkości kompleksowych w głębokości 2492—2625 m w otworze Liplas 2 ( $v_w = 4100$  m/s). Być może, że na ten duży wzrost prędkości w otworze Kęty 8 wywarły wpływ pojawiające się w karbonie dolnym wkładki dolomitów (występujące również w dewonie środkowym), natomiast spadek prędkości w górnej części karbonu dolnego w otworze Liplas 2 jest związany z ilastym rozwojem tej jego części.



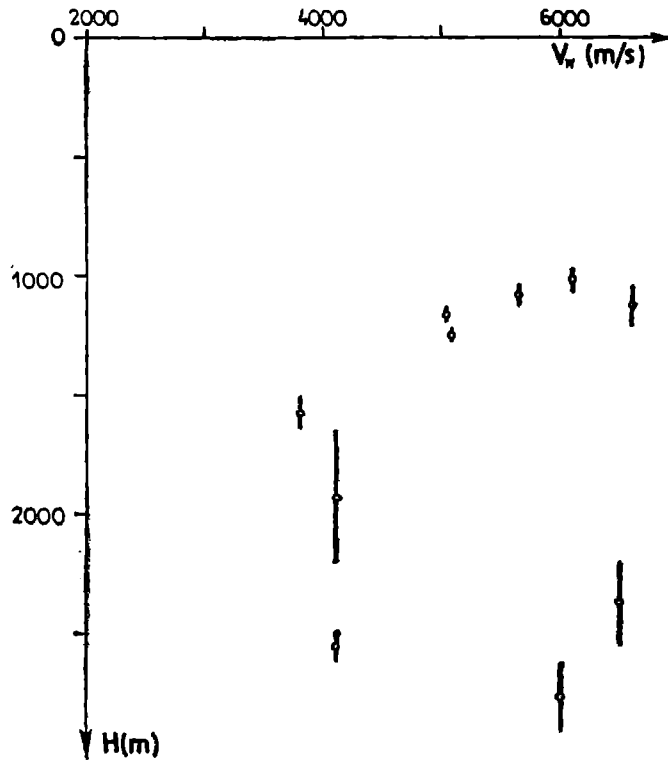


Fig. 2h. Wykres prędkości warstwowych dla utworów karbonu dolnego (na podstawie pomiarów z 8 otworów)

Fig. 2h. Diagram of layer velocities for Lower Carboniferous rocks, based upon measurements in 8 bore-holes

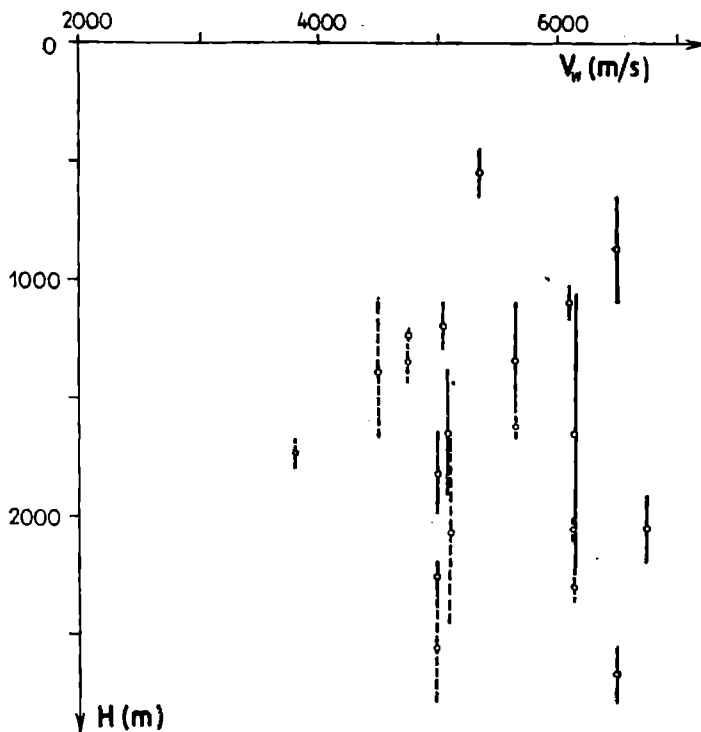


Fig. 2i. Wykres prędkości warstwowych dla utworów dewonu górnego i środkowego (linie ciągłe) i dewonu dolnego (linie przerywane). (Wykres sporządzony z 10 otworów)

Fig. 2i. Diagram of layer velocities for Upper and Middle Devonian rocks (continuous lines) and for Lower Devonian rocks (dashed lines), based upon measurements in 10 bore-holes

## Dewon

Podobnie jak w utworach karbonu dolnego, również w utworach dewońskich nie obserwuje się uporządkowanego układu wartości  $v_w$  i zależności ich od głębokości. Widać natomiast wpływ typu litologicznego skał na wartość pomierzonych prędkości warstwowych. Skały węglanowe dewonu górnego i środkowego charakteryzują bowiem w ogólnym obrazie większe prędkości sejsmiczne od ilasto-piaskowcowych osadów dewonu dolnego (oldredu). Jak wynika z wykresu (fig. 2 i), w utworach dewonu górnego i środkowego nawierconego w przedziale głębokościowym od 454—2780 m wartości prędkości warstwowych wahają się w granicach od 4750 m/s do 6750 m/s. W utworach dewonu dolnego pomiary te wykonano w 6 otworach (tab. IIA, IIB). W przedziale głębokościowym od 1098 m do 2780 m prędkości warstwowe zmieniają się w granicach od 3800—6150 m/s (fig. 2 i), jednakże wartości nie przekraczają przeważnie ok. 5000 m/s. W ogólnym obrazie na wykresie  $v_w$  dla utworów dewonu obserwuje się dwa zróżnicowane ośrodki prędkościowe o granicy przebiegającej około 5000 m/s. Ośrodek dolnodewoński posiada na ogół  $v_w$  mniejsze od tej wartości, natomiast utwory dewonu górnego i środkowego charakteryzują się wyższymi prędkościami — powyżej 5000 m/s. W utworach starszego paleozoiku (np. sylur w Piotrowicach 1) nie pomierzono prędkości średnich.

### ANALIZA PRĘDKOŚCI KOMPLEKSOWYCH JEDNOSTEK STRATYGRAFICZNYCH I TEKTONICZNYCH

W celu pełniejszego zobrazowania stosunków prędkościowych w omawianym rejonie oprócz prędkości warstwowych obliczono również prędkości kompleksowe dla całych jednostek stratygraficznych i tektonicznych.

Wartości te będą pomocne przy rozpatrywaniu modeli prędkościowych do interpretacji głębokościowej. Z uwagi bowiem na niedostateczne rozpoznanie geologiczne tego obszaru w większości przypadków nie będzie można do konstrukcji teoretycznych hodografów pionowych stosować prędkości warstwowych.

Na zestawieniach w tab. IA, IB i IIA, IIB oraz na fig. 3 uwzględniono jeszcze jeden czynnik kształtujący obraz prędkości, mianowicie miąższość tych jednostek. Tak więc zarówno miąższości, wykształcenie litologiczne, jak i głębokości występowania danych warstw wpływają na ukształtowanie obrazu na wykresie  $v_w$  (H).

Jak z tego zestawienia wynika, na obszarze Karpat zachodnich, przy obecnym stopniu rozpoznania prędkości sejsmicznych, można wyróżnić dwa zdecydowanie różniące się ośrodki. Są to: kompleks utworów mioceńsko-fliszowych oraz zespół osadów podłoża mezopaleozoicznego.

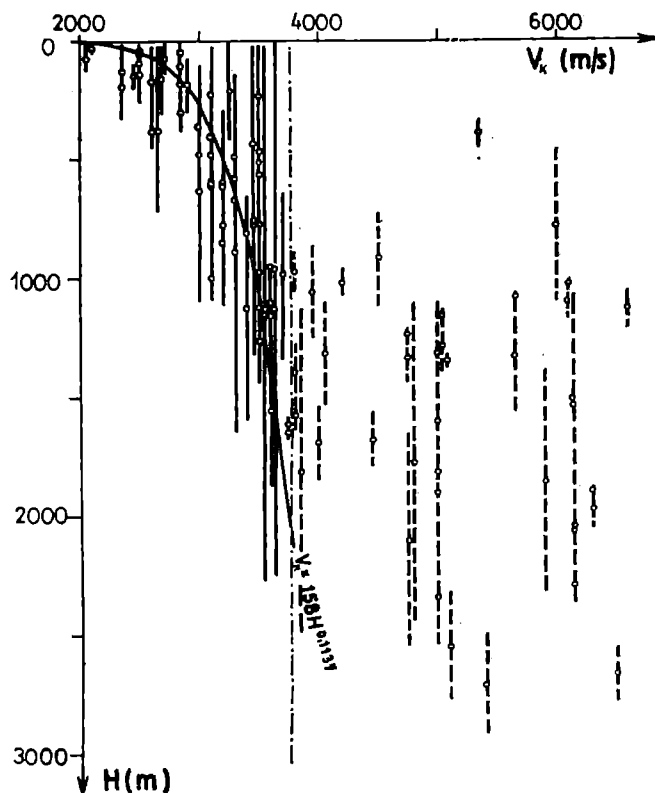


Fig. 3. Zestawienie prędkości kompleksowych dla utworów fliszu karpackiego i mioce-  
nu (linie ciągłe) oraz dla podłoża mioce-  
nu (linie przerywane)

Fig. 3. Seismic velocities in lithological complexes for the Carpathian Flysch and the  
Miocene rocks (continuous lines) and for the basement of the Miocene (dashed lines)

Granicę między tymi ośrodkami zaznaczono na fig. 3 wzdłuż wartości  $v_k = \text{ok. } 3800 \text{ m/s}$ . Na prawo od tej granicy występuje wprawdzie jeszcze jedna anomalnie wysoka wartość  $v_k$  odpowiadająca utworom mioce-  
nu, jest ona jednak najprawdopodobniej związana z występowaniem  
w ich obrębie zlepieńców dębowieckich. Na lewo od granicy  $v_k = \text{ok. } 3800 \text{ m/s}$  znajdują się trzy, nietypowe dla utworów mezopaleozoicznych (zmniejszone) wartości prędkości (tab. II B), co jednak nie podważa  
słuszności przyjętego podziału. Są one wynikiem ilasto-piaszczystego  
rozwoju karbonu górnego w otworach Piotrowice 1, Spytkowice 200  
i Cieszyn 1. W obrębie kompleksu fliszowo-mioceńskiego obserwuje się  
wyraźną zależność prędkości kompleksowych od głębokości (podobnie  
jak było to w przypadku prędkości warstwowych), którą można mate-  
matycznie wyrazić funkcją:

$$v_k = 158 H^{0,114}.$$

W warstwach podłoża mezopaleozoicznego związek taki nie jest wi-  
doczny, podobnie jak nie zarysował się on (z wyjątkiem utworów kar-  
bonu górnego) przy rozpatrywaniu prędkości warstwowych.

Jak wynika z fig. 3, prędkości kompleksowe rozrzucone są w dużych  
granicach, jednak w tabelach I i II można dostrzec zawężanie się prze-  
działów prędkości w poszczególnych ogniwach stratygraficznych. Przy  
rozpatrywaniu modeli prędkościowych dla potrzeb interpretacji głębo-

kościowej w rejonach, gdzie brak jest pomiarów  $\bar{v}$ , można przyjmować następujące wartości prędkości kompleksowych:

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| — dla dewonu        | 4800 m/s — 6150 m/s |
| — dla karbonu doln. | 5650 m/s — 6600 m/s |
| — dla karbonu górn. | 3500 m/s — 4200 m/s |
| — dla permo-triasu  | 4000 m/s — 5000 m/s |
| — dla jury          | 5000 m/s            |

Przy występowaniu w kompleksie jurajskim piaszczysto-ilastych utworów doggeru wartość ta powinna zostać obniżona w zależności od ich miąższości. Podane wyżej wartości są zbliżone do przyjmowanych przez A. Kisłowa (1971) dla zachodniej części Przedgórze Karpat.

#### ZESTAWIENIE HODOGRAFÓW PIONOWYCH

Na fig. 4a przedstawiono zestawienie hodografów pionowych z wszystkich wykonanych pomiarów prędkości, zredukowanych do

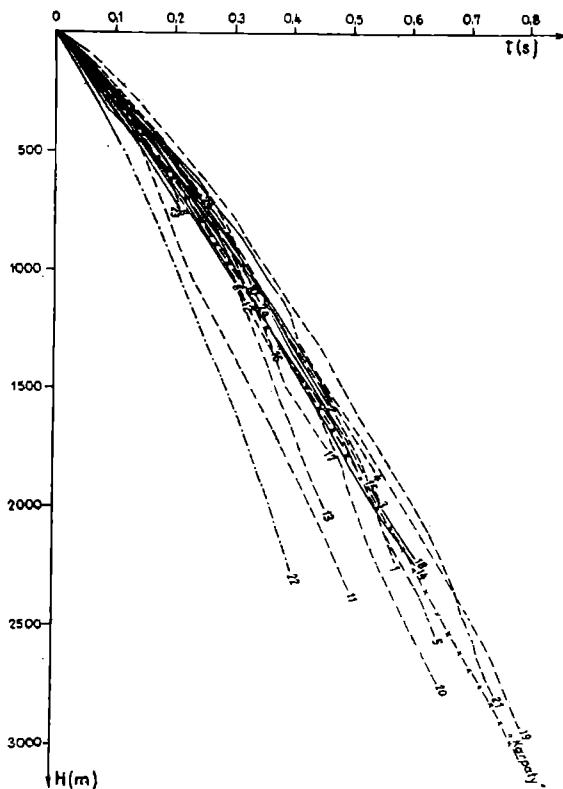


Fig. 4a. Zbiorcze zestawienie hodografów pionowych zredukowanych do poziomu +200 m n.p.m. Kompleks utworów fliszowych Karpat i miocenijskich przedstawiony liniami ciągłymi, kompleks mezopaleozoiczny — liniami przerywanymi. 1 — Andrychów 4; 2 — Bielsko 4; 3 — Dobczyce 1; 4 — Grabina 1; 5 — Jadowniki 5; 6 — Jaroszkówka 1; 7 — Kęty 1; 8 — Kęty 2; 9 — Kęty 3; 10 — Kęty 6; 11 — Mogilany 1; 12 — Ustron 1; 13 — Wysoka 1; 14 — Złota 2; 15 — Andrychów 3; 16 — Kęty 8; 17 — Kęty 9; 18 — Wiśniowa IG-1; 19 — Liplas 2; 20 — Piotrowice 1; 21 — Spytkowice 200; 22 — Zakopane IG-1; 23 — Cieszyn 1; 24 — Hownica 1

Fig. 4a. Time-depth curves reduced to the level +200 m a.m.s.l. The complex of Carpathian Flysch and Miocene rocks shown by continuous lines, the complex of Mesozoic-Palaeozoic rocks shown by dashed lines. 1 — 24 bore holes — see Polish text of explanation of this figure

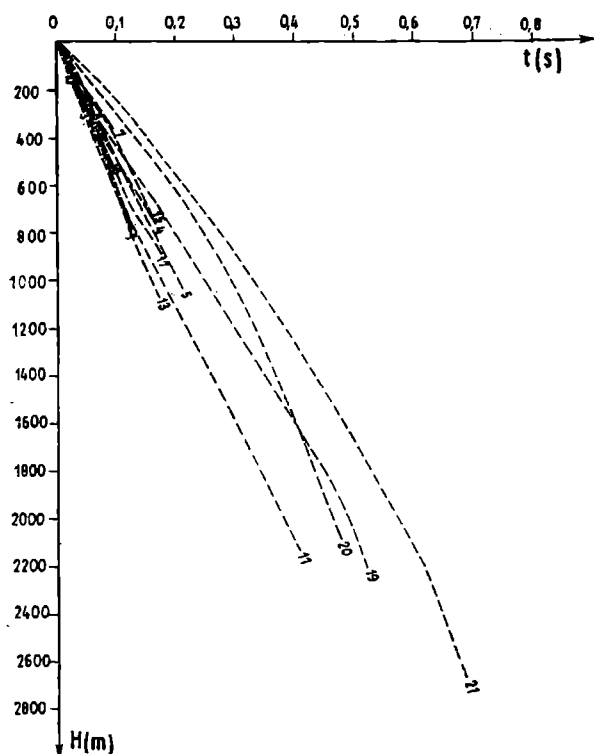


Fig. 4b. Zbiorcze zestawienie hodografów pionowych dla utworów mezopaleozoicznych, odniesionych do wspólnego poziomu. Objaśnienie hodografów jak na fig. 4a

Fig. 4b. Time-depth curves for the complex of Mesozoic-Palaeozoic rocks referred to a common level. Numbers refer to bore-holes as in Fig. 4a

wspólnego poziomu odniesienia +200 m npm. Odcinki hodografów z kompleksu utworów mioceno-fliszowych wykreślone zostały liniami ciągłymi, a z utworów podłoża mezopaleozoicznego — liniami przerywanymi. Zestawienie to posiada istotną wartość dla zobrazowania rozrzutu prędkości średnich w obrębie utworów mioceno-fliszowych, natomiast stosunki prędkościowe w podłożu obrazują lepiej fig. 4 b, fig. 2 f — 2 i oraz fig. 3. Z wykresu zbiorczego hodografów pionowych (fig. 4 a) widać, że wpływ na rozkład prędkości ma nie tylko lokalizacja otworu, w którym dokonano pomiaru (różne warstwy w różnych otworach), ale również głębokość występowania stropu utworów mezopaleozoicznych podłoża. Z tego względu omawiany wykres dobrze obrazuje gradient poziomy prędkości średnich w ośrodku mioceno-fliszowym, natomiast dla utworów podłoża mezopaleozoicznego obrazuje łączny gradient poziomy i pionowy. Na omawianym obszarze gradienty poziomy i pionowy prędkości powinny być oddzielnie analizowane i odpowiednio uwzględniane przy interpretacji głębokościowej.

Z fig. 4 a wynika, że największe prędkości średnie w kompleksie mioceno-fliszowym stwierdzono w odwiercie Jaroszkówka 1, a najmniejsze w odwiertach Grabina 1 i Liplas 2. Hodograf pionowy zwany „Karpaty”, dotychczas stosowany do interpretacji głębokościowej granic refleksyjnych we fliszu na wschód od południka Myślenic, przebiega pomiędzy wyżej wymienionymi krzywymi ograniczającymi pas

rozrzutu. Krzywa z pomiaru prędkości w otworze Zakopane IG-1 wykazuje zdecydowanie wyższe prędkości od pozostałych, co wynika z faktu, że otwór ten usytuowany jest w zupełnie innych jednostkach tektonicznych (flisz podhalański, Tatry).

#### MAPY ROZKŁADU PRĘDKOŚCI ŚREDNICH

Mapa rozkładu prędkości średnich dla poziomu —300 m n.p.m. (Utwory fliszowe Karpat i mioceńskie)

Mapę tę wykonano dla cięcia —300 m od poziomu morza, gdyż przy tej płaszczyźnie możliwe jest najpełniejsze przedstawienie rozkładu prędkości w tych utworach.

Należy nadmienić, że ze względu na małą ilość wykonanych w tej części Karpat pomiarów prędkości średnich, mapa ta w miarę dopływu nowych obserwacji może ulegać pewnym zmianom. W generalnym ujęciu z mapy tej wynika wzrost wartości prędkości ku południowi (fig. 5, 7).

W obrazie tym zarysowują się dwa anomalne rejony — jeden w okolicach Jaroszewki o podwyższonych wartościach, drugi w pobliżu odwiertu Wiśniowa IG-1 o obniżonych wartościach  $\bar{v}$  (fig. 7, przekrój II).

Mapa rozkładu prędkości średnich dla poziomu —800 m n.p.m.

Mapa ta ma charakter raczej poglądowy i nie posiada tak istotnego znaczenia dla wyboru sposobu rozwiązania problemu  $\bar{v}$  jak mapa omówiona poprzednio. Na tym poziomie cięcia przechodzimy, idąc ku północy, z utworów fliszowych Karpat, kolejno w różne utwory jego podłoża (fig. 6). Związana jest z tym anomalia dodatnia (podwyższone wartości prędkości) w rejonie Wadowice—Mogilany, której obecność uzasadniona jest występowaniem w profilu grubego kompleksu węglanowego dewonu i jury górnej. Anomalia ujemna zaznaczająca się w rejonie otworu Grabina 1 i Liplas 2 spowodowana jest występowaniem tu dość grubego kompleksu ilasto-piaszczystych osadów mioceńskich leżących ponad utworami węglanowymi.

W ogólnym obrazie mapy obserwujemy tutaj zjawisko odwrotne niż na mapie rozkładu prędkości średnich w utworach fliszowych i mioceńskich, a mianowicie wzrost wartości  $\bar{v}$  w kierunku północnym. Fakt ten wskazuje, jak ważne przy rozwiązywaniu problemu prędkości jest rozgraniczenie dwóch różnych ośrodków prędkościowych, tj. kompleksu fliszowo-mioceńskiego i jego mezopaleozoicznego podłoża.

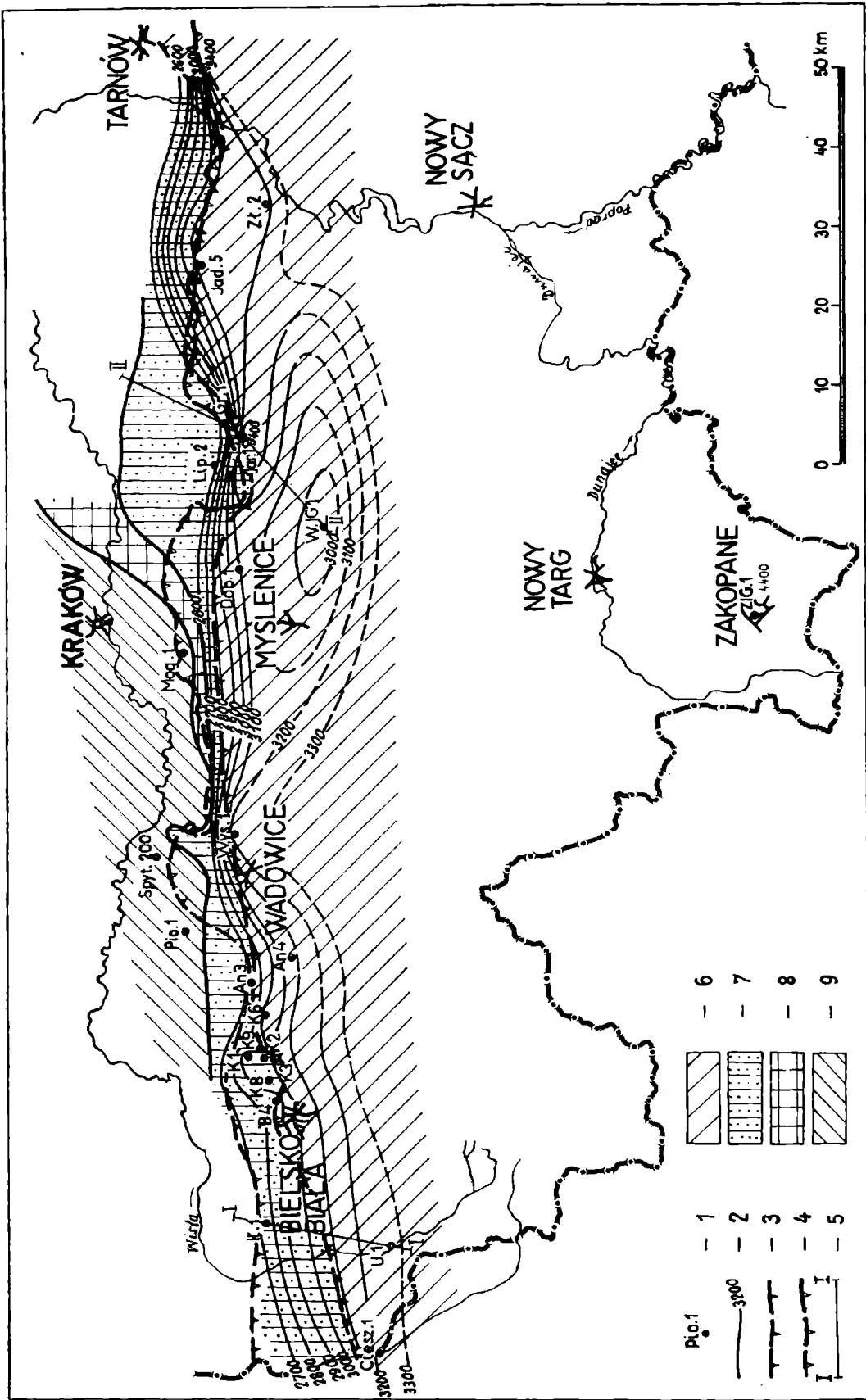


Fig. 5. Mapa rozkładu prędkości średnich dla poziomu 300 m poniżej poziomu morza (utwory fliszowe Karpat i mioceńskie).  
 Objaśnienia jak na fig. 6

Fig. 5. Map distribution of average velocities for the level 300 m below m.s.l. For explanations see Fig. 6

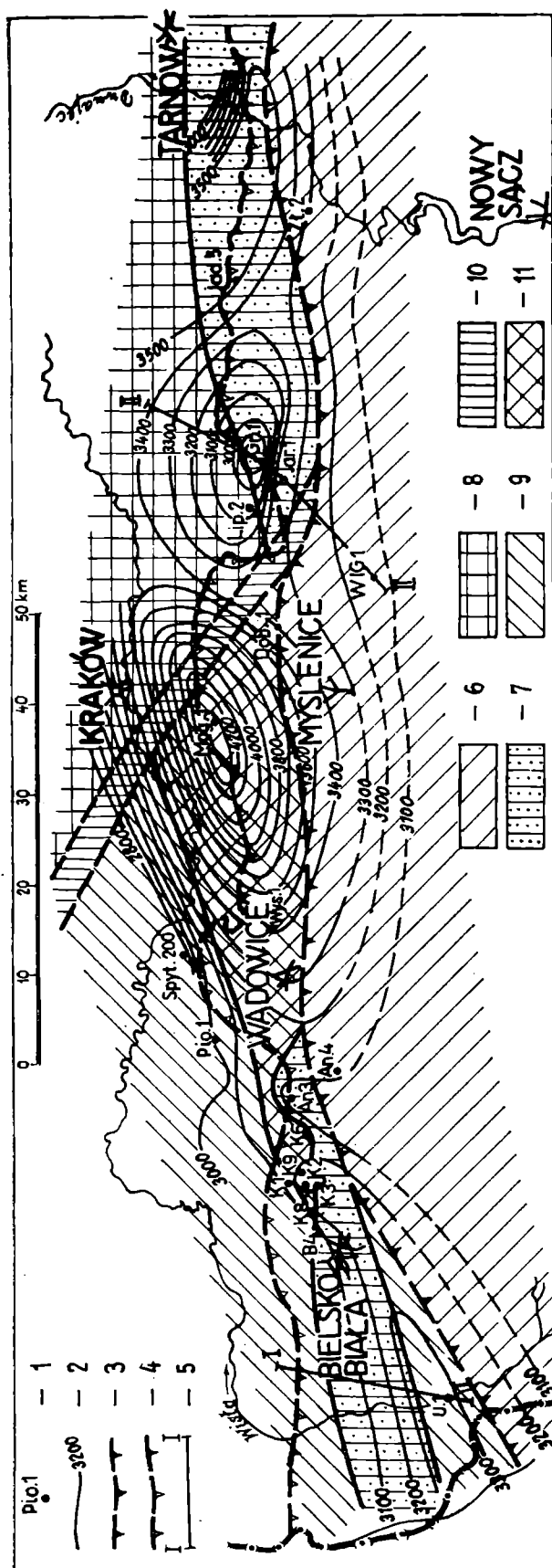


Fig. 6. Mapa rozkładu prędkości średnich dla poziomu 800 m poniżej poziomu morza. 1 — otwory w których wykonano pomiary prędkości sejsmicznych; 2 — izolinie prędkości średnich w m/s; 3 — linia nasunięcia Karpat na poziomie — 800 m (dla fig. 5 — na poziomie — 300 m); 4 — powierzchnię przebieg linii nasunięcia Karpat; 5 — linia przekroju geologicznego; 6 — flisz karpaccy; 7 — miocen; 8 — jura; 9 — karbon; 10 — przypuszczalny perm i psiry piaskowic; 11 — dewon

Fig. 6. Map of distribution of average velocities for the level 800 m below m.s.l. 1 — bore-holes measured; 2 — isolines of mean velocities m/sec; 3 — intersection of the Carpathian overthrust at the level of the map; 4 — intersection of the Carpathian overthrust at the surface; 5 — cross-section line; 6 — Carpathian Flysch; 7 — Miocene; 8 — Jurassic; 9 — Carboniferous; 10 — probable Lower Triassic and Permian; 11 — Devonian



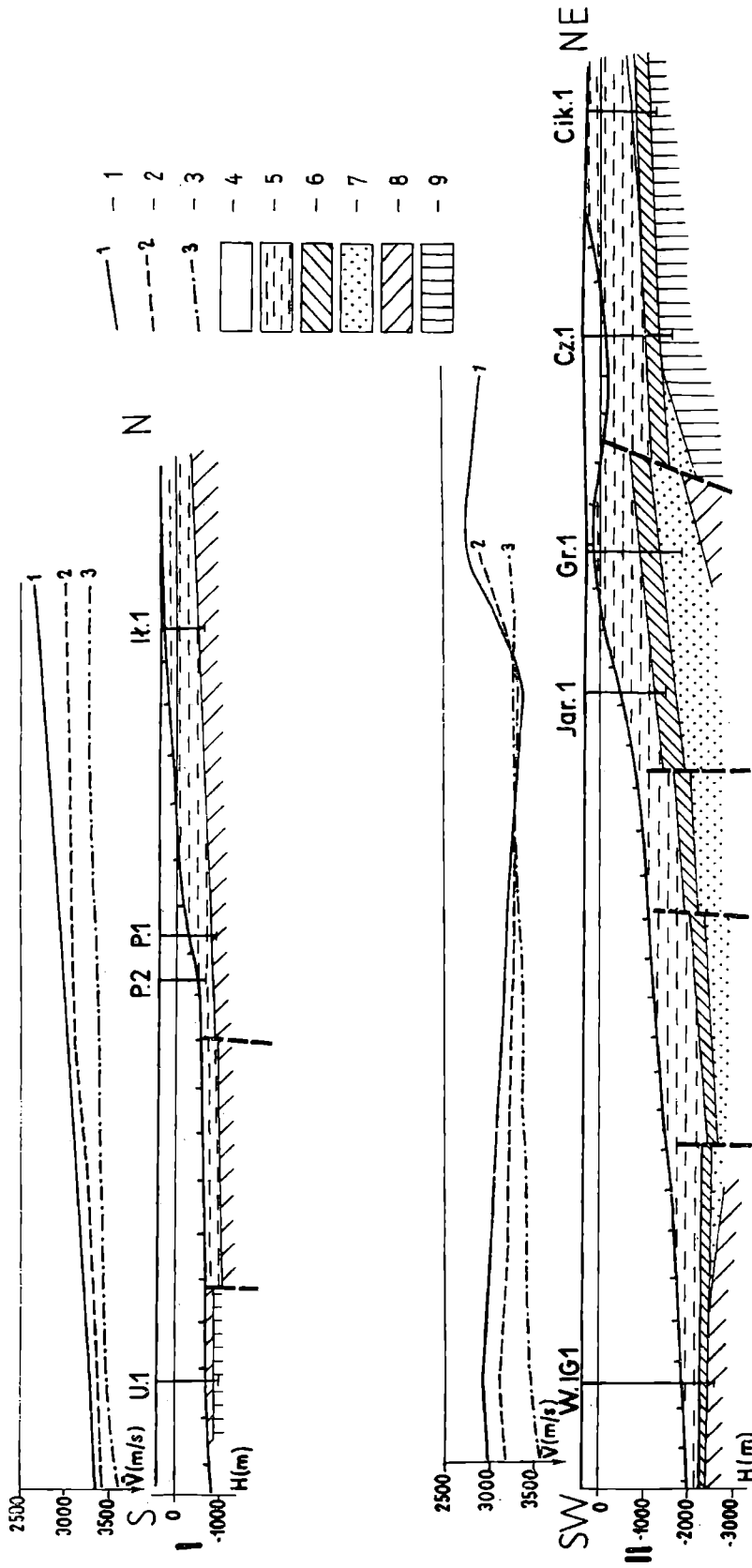


Fig. 7. Schematyczne przekroje geologiczne przez brzeżną strefę Karpat wraz z rozkładem prędkości średnich. 1 —  $\bar{v}$  przy cięciu na poziomie —300 m; 2 — na poziomie —800 m; 3 — na poziomie —1300 m; 4 — flisz karpaccy; 5 — miocen; 6 — jura; 7 — permo-trias; 8 — karbon; 9 — dewon

Fig. 7. Schematic geological cross-sections of the marginal zone of the Carpathians and the distribution of average velocities. 1 — average velocity at the level —300 m; 2 at the level —800 m; 3 — at the level —1300 m; 4 — Carpathian Flysch; 5 — Miocene; 6 — Jurassic; 7 — Permo-Triassic; 8 — Carboniferous; 9 — Devonian

WNIOSKI

- Wyraźne różnice w wartościach prędkości warstwowych związane są w pierwszym rzędzie z typem petrograficznym skał budujących omawiany obszar.
- Najwyższe wartości prędkości warstwowych związane są ze skałami węglanowymi i siarczanowymi (dolomity, wapienie, anhydryty). Wyraźnie odróżniają się one od prędkości obserwowanych w kompleksie ilasto-piaskowcowym, w którego obrębie z kolei piaskowce wykazują wyższe prędkości od skał ilastych. Wpływ skał węglanowych na podwyższenie prędkości warstwowych zaznacza się zarówno w utworach podłoża miocenu (jura górna, karbon dolny, dewon środkowy i górny), jak również w przypadku występowania ich wśród utworów fliszowych Karpat (wapienie cieszyńskie, wapienie numulitowe, utwory węglanowe jednostek tatrzańskich).
- Granice jednostek tektonicznych oraz kontakty utworów fliszowych z mioceniem nie zaznaczają się wyraźnym skokiem prędkości, gdyż wchodzące w ich skład osady tworzą wspólny kompleks o podobnych właściwościach litologicznych dających podobny obraz w rozkładzie prędkości sejsmicznych. Podobne zjawisko braku znacniejszego zróżnicowania prędkościowego obserwujemy w przypadku, gdy kompleks fliszowo-mioceński lub mioceński leży bezpośrednio na ilasto-piaszczystej serii karbonu górnego, odznaczającej się podobnymi do nadległych kompleksów własnościami fizycznymi.
- Podłoże miocenu lub fliszu karpackiego zaznacza się wyraźnym wzrostem prędkości jedynie w takich przypadkach, gdy zbudowane jest z utworów węglanowych, co ma miejsce w rejonie na wschód od południka Krakowa (strop jury górnej, karbonu dolnego i dewonu wyższego), a nie zaznacza się, zgodnie z tym, co podkreślono wyżej, gdy do kontaktu z nadkładem mioceńsko-fliszowym dochodzą utwory klastyczne np. karbonu górnego. Występuje to szczególnie na północ od linii Ustroń—Bielsko—Andrychów, w SW przedłużeniu G.Z.W., gdzie granica prędkościowa zaznacza się dopiero niżej, na węglanowych utworach karbonu dolnego i dewonu (Piotrowice 1, Spytkowice 200).
- Na obszarach, gdzie pod kompleksem fliszowo-mioceńskim występują skały węglanowe i siarczanowe, a granica ta jest w sposób ciągły rejestrowana sejsmicznie, należy stosować rozwinięcie prędkości średnich względem powierzchni wyżej wspomnianych warstw.

WYKAZ LITERATURY  
REFERENCES

- Burtan J. (1971), Stratygrafia otworu wiertniczego Wiśniowa. *Inst. Geol.* 1 (w druku).
- Kisłow A. (1971), Warunki petrograficzne i stosowanie metody sejsmicznej na obszarze zachodniego przedgórze Karpat. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 41, 3, Kraków.
- Łaski J. (1967), Analiza wyników profilowania prędkości z obszaru Polski przy zastosowaniu matematycznych maszyn cyfrowych. *Pr. geol. PAN* 39, W. G. Warszawa.
- Moryc W. (1971), Trias przedgórze Karpat środkowych. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 41, 3, Kraków.
- Soja Z. (1965), Głębokościowa interpretacja materiałów sejsmicznych na przedgórzu Karpat. *Geof. i Geol. Naft.*, 5—6, (101—102), maj—czerwiec 1965. Kraków.
- Soja Z., Karpała A., Łapinkiewicz A., Hoja F. (1962), Opracowanie prędkości dla rejonu przedgórze Karpat. *Arch. ZOG GN*, „*Geonafita*” Kraków.
- Sokołowski S., Sławiński A. (1967), New Data on the Deep Underground Water within Polish Inner Carpathians. *Bull. Ac. Pol. Sc., Sér. sc. Géol. Géogr.*, 15, 4, Varsovie.

SUMMARY

The analysis of seismic velocities carried out for the area of the Western Carpathians and their Foreland (Southern Poland), is based upon measurements of average velocities in 24 bore-holes. Most of these bore-holes are situated in the marginal zone of the Carpathians within the Silesian and the Sub-Silesian nappe. No measurements of seismic velocities were carried out in the inner Carpathians, with the exception of the Podhale Flysch, where one bore-hole provided data.

Bore-holes situated in the immediate foreland of the Carpathians were also used for the present analysis, since they were indispensable for the determination of seismic velocities in beds forming the basement of the Carpathians. Some preliminary data on seismic velocities in the Western Carpathians were mentioned earlier by A. Kisłow (1971) and J. Łaski (1967).

The present analysis comprise average velocities, layer velocities, velocities in lithological complexes and velocities in depth intervals. Layer velocities and velocities in lithologic complexes change within the Flysch beds of the Silesian and the Sub-Silesian nappe at contacts of various rock types. Generally no changes are observed at stratigraphic and tectonic contacts of petrographically similar rocks. Changes of seismic velocities are associated with petrographic changes e. g. at boundaries of sandstone and shale lithosomes. This situation is observed in sandy-shaly deposits of the Carpathian Flysch, in the Miocene rocks, as well as in the older basement, especially in the Upper Carboniferous beds (Figs. 1 a, b, c).

A marked discontinuity of velocity is associated with the contact of

the high-velocity carbonate rocks of various age forming part of the basement, and the sandy-shaly complex (Figs. 1 d, e).

Functions of layer velocities  $v_w(H)$  were established for the Sub-Silesian nappe, for the Miocene beds underlying the Carpathians and forming their immediate foreland (Fig. 2 e), and for the Upper Carboniferous (Fig. 2 g). No such functions can be established for other systems and rock series in the present state of investigations (Figs 2 a, b, d, f, h, i).

From the tabulation of bed velocities (Fig. 3) in the Western Carpathians it follows that two contrasting velocity media can be distinguished, one comprising the Flysch and Miocene beds, the other comprising the underlying Mesozoic and Palaeozoic rocks. The velocity function  $v_k(H)$  was established in the first medium comprising the Flysch/Miocene lithological complex, while no such function could be determined in the second medium. The horizontal velocity gradient is shown in maps (Fig. 5 and Fig. 6). The values of layer velocities and velocities in lithological complexes are tabulated in Table I and Table II.

*translated by R. Unrug*

*Oil Industry Prospecting Company  
„Geonafra”, Kraków*