

Józef ŁOJAS

Gotfryd OCHMAN

Główny Instytut Górnictwa - Katowice

ODPRĘŻAJĄCY WPŁYW WYBRANIA PRZYSTROPOWEJ WARSTWY GRUBEGO POKŁADU  
NA ZMIANĘ NAPRĘŻEŃ I WYTRZYMAŁOŚCI WĘGLA W NIŻSZYCH WARSTWACH

**Streszczenie.** W kopalniach węgla w Polsce, dla zmniejszenia zagrożenia tapaniami, występującymi w grubych pokładach, bardzo często eksploatację prowadzi się w ten sposób, że w pierwszej kolejności wybierana jest jako odprężająca górna podstropowa warstwa pokładu z zawałem lub z podsadzka, a następnie wybierane są warstwy niższe.

Dla zbadania zmian, jakie wywołuje odprężająca eksploatacja oraz dla ustalenia jej wpływu na warunki wybierania pozostałej części pokładu, zostały przeprowadzone kompleksowe badania laboratoryjne oraz "in situ".

Stwierdzono, że badania laboratoryjne, obejmujące oznaczenie parametrów:  $R_c$ ,  $E_c$ ,  $E_s$  oraz wskaźnika naturalnej skłonności węgla do tapani  $W_{ET}$ , są dla tych celów mało przydatne. Wynika to stąd, że do badań laboratoryjnych używa się praktycznie najmocniejszych fragmentów węgla, eliminując tym samym powstałe w trakcie eksploatacji odprężającej wszelkie pęknięcia i szczeliny, które stanowią główny czynnik obniżający parametry wytrzymałościowe węgla w całości.

Najbardziej przydatne są badania penetrometryczne oraz sejsmiczne "in situ". Wyniki badań penetrometrycznych wykazały, że parametry wytrzymałościowe węgla odprężonego przez wybranie w pierwszej kolejności podstropowej warstwy z podsadzka zostały obniżone o 30% do odległości 3 m i 12% do odległości 7,5 m, natomiast przez wybranie warstwy odprężającej z zawałem stropu - o 30% na odległość do 11 m poniżej spągu tej warstwy.

Badaniami sejsmicznymi określano anomalie prędkości

$$A = \frac{V_{odp} - V_0}{V_0}$$

gdzie:

$V_{odp}$  - prędkość rozchodzenia się podłużnej fali sejsmicznej w górotworze odprężonym,

$V_0$  - prędkość rozchodzenia się podłużnej fali sejsmicznej w górotworze nie odprężonym,

i na tej podstawie stwierdzono, że po wybraniu podstropowej warstwy odprężającej o grubości ok. 3 m z podsadzka czas trwania odprężenia wynosi ok. 3 lat, natomiast przy wybieraniu tej grubości warstwy z zawałem stropu - ok. 5 lat.

## 1. WPROWADZENIE

Obserwacje i badania prowadzone podczas wybierania grubych pokładów węgla wykazały, że głównymi naturalnymi przyczynami występowania w nich tępań są: skłonność górotworu do akumulowania energii, występowanie grubych i zwięzłych warstw skał stropowych oraz mocnych skał spagowych, gębokość zalegania pokładu, a także zaburzenia geologiczne w budowie złoża. Niemniej istotny wpływ na powstanie zjawiska tąpnięcia mają również niewłaściwe górniczo-techniczne sposoby eksploatacji, prowadzące do powstawania nadmiernych naprężeń eksploatacyjnych, przekraczających wytrzymałość skał otaczających wyrobisko.

Dla zmniejszenia zagrożenia tąpnięciami w pokładach grubych bardzo często prowadzona jest eksploatacja w ten sposób, że w pierwszej kolejności wybierana jest górna podstropowa warstwa pokładu, z zawałem lub z podsadzką, a następnie wybierane są warstwy niższe.

Taki sposób eksploatacji powoduje już w trakcie wybierania pierwszej warstwy cały szereg zmian w stanie naprężeń oraz we własnościach wytrzymałościowo-odkształceniowych węgla w pozostałej części pokładu, których znajomość pod względem ilości i jakości w warunkach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego jest mała.

W związku z powyższym przeprowadzono w kilku kopalniach GZW eksploatujących grube pokłady kompleksowe badania laboratoryjne oraz "in situ", których celem było doświadczalne zbadanie zmian, jakie wywołuje odprężająca eksploatacja warstwy podstropowej w pozostałych niższych warstwach, oraz ustalenie jej wpływu na warunki prowadzenia dalszej eksploatacji.

## 2. METODYKA I ZAKRES PRZEPROWADZONYCH BADAŃ LABORATORYJNYCH I POMIARÓW DOŁOWYCH

Badania laboratoryjne oraz pomiary dołowe prowadzone były w pokładzie 510 w kopalniach: "Kazimierz Juliusz", "Czerwone Zagłębie", "Nowy Wirek", "Pstrowski", "Lenin" oraz "Niwka Modrzejów". Obejmowały one wszystkie dostępne warstwy pokładu zarówno w partiach nieodprężonych, jak i w partiach odprężonych w wyniku wybrania w pierwszej kolejności warstwy podstropowej z zawałem lub z podsadzką. Celem tych badań i pomiarów było ustalenie wpływu eksploatacji odprężającej w warstwie podstropowej grubego pokładu na stan naprężeń i własności węgla w niższych warstwach.

Dla osiągnięcia tego celu przeprowadzono następujące rodzaje badań i pomiarów:

### badania laboratoryjne:

- oznaczenie parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych węgla pokładu 510 w warunkach laboratoryjnych;

- oznaczenie wskaźnika naturalnej skłonności węgla do tępaków  $W_{ET}$ ;
- określenie zmian naprężeń w dolnych warstwach grubego pokładu pod wpływem wybierania warstwy przystropowej z zawałem na modelu z materiałów ekwiwalentnych;

#### badania dołowe:

- oznaczenie podstawowych parametrów wytrzymałościowych węgla w warunkach "in situ" penetrometrem otworowym;
- odbojnościowe badania wytrzymałości calizny węglowej;
- określenie zmian naprężeń w węglu pod wpływem wybierania w pierwszej kolejności warstwy podstropowej przy zastosowaniu czujników hydraulicznych;
- określenie metodą sejsmiczną stopnia efektywności odprężenia dolnych warstw grubego pokładu pod wpływem wybierania warstwy przystropowej.

#### 2.1. Badania laboratoryjne

Pobieranie i przygotowanie próbek do badań wytrzymałościowo-odkształceniowych przebiegało zgodnie z ustaleniami polskiej normy branżowej BN-75/8704-06 pt.: "Pobieranie i przygotowanie próbek". Przy lokalizacji miejsc pobierania próbek kierowano się zasadą, aby badaniami objąć możliwie różnorodne typy węgla pokładu 510 i w różnych jego rejonach. Dla każdej przygotowanej próbki węgla określono wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie  $R_c$ , moduł odkształcenia  $E_0$  oraz moduł sprężystości  $E_s$ .

Badania laboratoryjne naturalnej skłonności węgla do tępaków przeprowadzono w oparciu o następujące założenia:

- skłonność węgla do tępaków jest wprost proporcjonalna do zdolności akumulowania energii odkształcenia sprężystego,
- skłonność węgla do tępaków jest odwrotnie proporcjonalna do trwałych deformacji zachodzących w procesie obciążenia.

Klasyfikacja skłonności węgla do tępaków w zależności od wartości energetycznego wskaźnika  $W_{ET}$  przedstawia się następująco:

- $W_{ET} < 2$  - węgiel nie skłonny do tępaków,
- $2 \leq W_{ET} < 5$  - węgiel słabo skłonny do tępaków,
- $5 \leq W_{ET}$  - węgiel silnie skłonny do tępaków.

Do kompleksu przeprowadzonych badań laboratoryjnych wchodziły również badania modelowe. Na modelu płaskim, zbudowanym z materiałów ekwiwalentnych, przedstawiono sytuację górnictw w pokł. 510 w KWK "Kazimierz Juliusz". Skład materiału modelowego dobrano tak, aby jego własności mechaniczne odpowiadały zgodnie z ustaloną skalą ciśnień i naprężeń własnościom węgla i skał otaczających w odwzorowanym górotworze. Celem badań modelowych było określenie wpływu wybierania w pierwszej kolejności podstropowej warstwy odprężającej na własności węgla w niższych warstwach grubego pokładu.



## 2.2. Badania dołowe

Badania przy użyciu hydraulicznego penetrometru otworowego prowadzono w celu określenia podstawowych parametrów wytrzymałościowych węgla w warunkach "in situ" na całej grubości badanego pokładu, zarówno w odprężonych jak i nieodprężonych jego rejonach. Badania te pozwoliły na wykonanie dokładnych profili wytrzymałościowych badanych warstw pokładu.

Dla określenia wytrzymałości calizny węglowej na ściskanie wykorzystano zależność pomiędzy wielkością wskaźnika odbojności mierzonego młotkiem odbojnym a własnościami wytrzymałościowymi badanego materiału skalnego. W każdym badanym punkcie wykonano serię uderzeń, a otrzymane wyniki uśredniono. Znajac średni wskaźnik odbojności określono wytrzymałość węgla na ściskanie wg wzoru:

$$R_c = 0,447 \cdot e^{0,045 \cdot L\bar{s}r} + \gamma \quad (\text{MPa})$$

gdzie:

$L\bar{s}r$  - średni wskaźnik odbojności,

$\gamma$  - ciężar objętościowy węgla [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ].

Zmiany naprężeń występujące w niższych warstwach grubego pokładu pod wpływem eksploatacji odprężającej w warstwie podstropowej określono za pomocą hydraulicznych czujników otworowych oraz badaniami sejsmicznymi.

Czujniki hydrauliczne połączone rurowym przewodem z manometrem wprowadzone zostały z chodnika przyścianowego pod wybieraną warstwę odprężającą. Okresowe odczyty wskazań manometru w miarę zbliżania się, a następnie oddalania się frontu ściany pozwalały na określenie wielkości nacisków na zabudowane czujniki.

Sejsmiczna metoda oceny efektywności odprężenia pokładu grubego przez wcześniejsze wybranie warstwy odprężającej polega na wykorzystaniu fizycznej zależności, jaka występuje pomiędzy wartością rozchodzenia się fal sejsmicznych w górotworze a stanem panującym w nim naprężeń. W górotworze (węgla) odprężonym rejestruje się niższe wartości prędkości rozchodzenia się fali sejsmicznej  $V_{\text{odp}}$  niż w jego części nieodprężonej  $V_0$ . Porównanie tych dwóch prędkości daje ujemną anomalię prędkości  $A$ , której rozkład w badanym pokładzie i jej wielkość są podstawą wyznaczenia zasięgu i efektywności odprężenia:

$$A = \frac{V_{\text{odp}} - V_0}{V_0} \cdot 100\%$$

Dla jakościowej charakterystyki stopnia efektywności odprężenia posłużono się skalą opracowaną w GIG na bazie sejsmicznych pomiarów dołowych.

Stopień odprężenia	Anomalia prędkości (%)	Charakterystyka odprężenia
I	poniżej - 30	bardzo dobre
II	-20 - -30	dobre
III	-10 - -20	średnie
IV	-5 - -10	słabe
V	powyżej -5	bardzo słabe

### 3. WYNIKI PRZEPROWADZONYCH BADAŃ ORAZ ICH ANALIZA

Badaniami laboratoryjnymi objęto i określono własności wytrzymałościowo-odkształceniowe badanego węgla, natomiast badaniami "in situ" określono zarówno wskaźniki wytrzymałościowe węgla, jak i stopień jego odprężenia w niżej zalegających warstwach pod wpływem wybrania warstwy podstropowej.

#### 3.1. Wyniki badań laboratoryjnych oraz ich analiza

Średnie wyniki laboratoryjnych badań parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych węgla pokładu 510 z wybranych kopalń przedstawiono w tabelicy nr 1. Zestawienie to wykonano w oparciu o wyniki badań, przeprowadzonych na około 720 próbkach wykonanych z węgla pobranych z różnych warstw i partii pokładu 510 w rejonach odprężonych i nieodprężonych.

Analizując wyniki badań przedstawionych w tabelicy nr 1 można stwierdzić, że różnice wytrzymałości węgla na ściskanie "Rc" - określone laboratoryjnie na próbkach pobranych z warstw odprężonych i nieodprężonych pokładu 510 w różnych kopalniach - są trudne do uchwycenia. Zarówno wyniki Rc uzyskane w trakcie badań w KWK "Kazimierz Juliusz" jak i "Czerwone Zagłębie" nie pozwalają na jednoznaczne stwierdzenie, że w warstwach odprężonych wytrzymałość ta jest mniejsza.

Pewne różnice wartości parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych węgla pokładu 510 w rejonie odprężonym i nieodprężonym w KWK "Czerwone Zagłębie" uchwyciono badaniami laboratoryjnymi próbek węgla pobranych z pochylni transportowej do G/VII (rejon nieodprężony) oraz z przecinki do upadowej 2/III (rejon odprężony) - rysunki 1 i 2. Te dwa wyrobiska przecinały pokład od spągu do stropu.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabl. nr 2.

Z zestawienia wynika, że średnie wartości Rc węgla w rejonie odprężonym i nieodprężonym w tych samych warstwach pokładu różnią się jedynie w granicach 1,3-9,8% - średnio 5,2%. Jest to wartość zbyt mała, by można mówić o istotnym wpływie wybieranej warstwy podstropowej grubego pokładu na zmianę wytrzymałości węgla w niższych warstwach.

Tabela 1

Zestawienie średnich wyników z laboratoryjnych badań parametrów wytrzymałościowo-sprężystych węgla pokładu 510 z wybranych kopalń

Lp.	Kopalnia	Warstwa pokładu 510 wg kolejności wybrania	Wartości średnie				Średnia odległość pobrania próbek od spągu warstwy odprężającej (m)	Czas od wybrania warstwy odprężającej (lata)	Uwagi
			R <sub>0</sub> (MPa)	E <sub>0</sub> (MPa)	E <sub>s</sub> (MPa)	W <sub>ST</sub>			
1	KAZIMIERZ-JULIUSZ	podstropowa (nieodprężona)	30,4	2.580	2.950	5,8	-	-	pokład podzielony na 6 warstw
2		I w. - przyspągowa (odprężona)	35,8	2.560	2.860	7,9	14,0	3,3	
3		II w. (odprężona)	31,4	2,370	2.510	6,4	11,0	3,4	
4		III w. (odprężona)	32,7	1.910	2.220	5,0	8,0	4,2	
5	CZERWONE ZAGŁĘBIE	przyspągowa (nieodprężona)	28,0	1.990	2.210	5,0	9,0	-	na połowie wybiegu ściana została zastrymana
6		podstropowa (nieodprężona)	26,0	1.890	2.180	4,2	-	-	
7		przyspągowa (odprężona)	30,5	1.990	2.180	4,3	9,0	2,0	
8		III w. (odprężona)	28,8	1.420	1.540	4,7	2,0	2,0	
			22,1	1.280	1.450	3,8		3,0	
9	NOWY WIREK	podstropowa (nieodprężona)	30,0	2.650	2.890	5,2	-	-	pokład podzielony na 2 warstwy
10		przyspągowa (odprężona)	27,2	2.510	2.830	4,3	3,0	2,5	
11	FSTROWSKI	podstropowa (nieodprężona)	26,3	2.150	2.530	4,2	-	-	pokład podzielony na 2 warstwy
12		przyspągowa (odprężona)	24,9	2.110	2.440	3,7	2,0	0,5	
13	LEŚNIN	podstropowa (nieodprężona)	33,3	2.200	2.370	4,8	-	-	pokład podzielony na 3 warstwy
14		III w. (odprężona)	31,5	2.170	2.310	4,0	2,0	2,0	
15	NIVIA MODRZEJÓW	podstropowa (nieodprężona)	28,2	2.090	2.340	5,2	-	-	pokład podzielony na 4 warstwy
16		przyspągowa (odprężona)	27,9	2.100	2.340	5,1	12,0	4,0	
17		II w. (odprężona)	25,4	1.950	2.180	4,7	10,5	5,0	

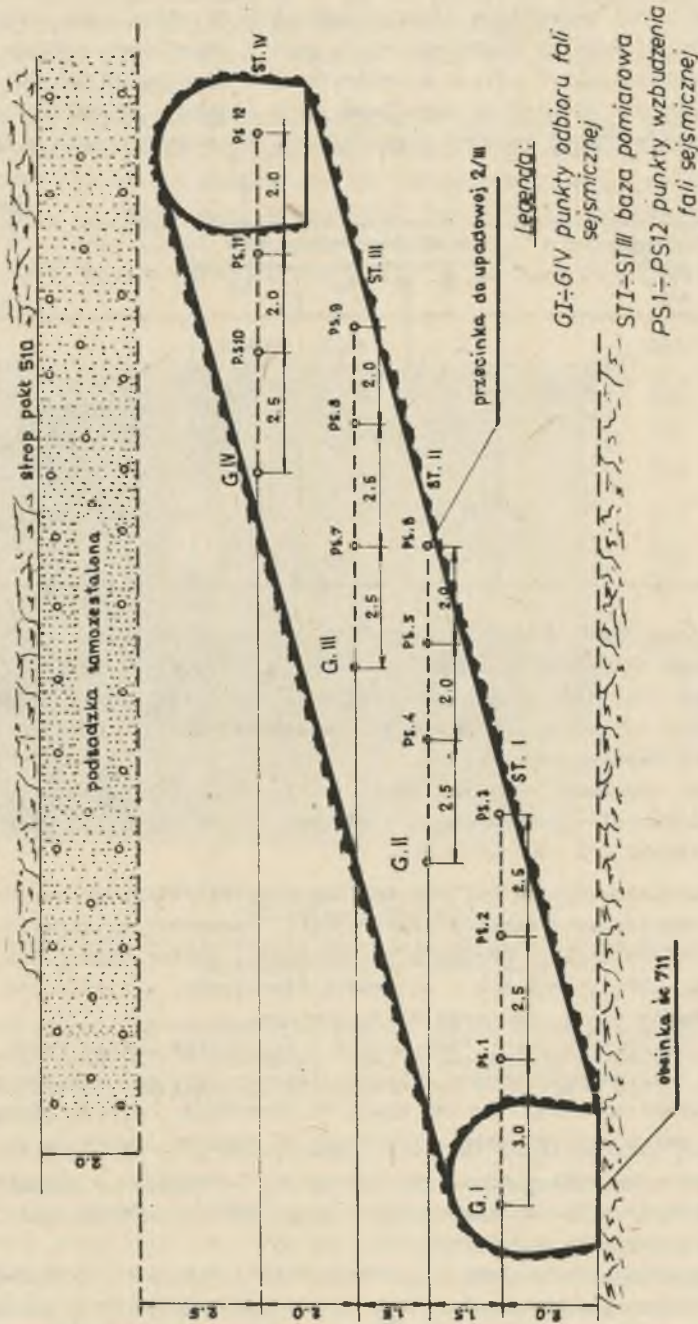


Tablica 2

Ip.	Rejon nieodprężony				Rejon odprężony			
	Odległość od stropu pokładu (m)	R <sub>c</sub> śr (MPa)	E <sub>o</sub> śr (MPa)	E <sub>b</sub> śr (MPa)	Odległość od stropu pokładu (podszaki) (m)	R <sub>c</sub> śr (MPa)	E <sub>o</sub> śr (MPa)	E <sub>b</sub> śr (MPa)
1	3,0	28,8	1.839	2.003	4,0 (1,0)	28,2	1.312	1.407
2	4,5	30,6	1.938	2.140	4,5 (1,5)	27,8	1.337	1.455
3	5,5	31,5	2.008	2.138	5,5 (2,5)	29,9	1.560	1.704
4	7,5	32,0	2.011	2.159	7,5 (4,5)	30,5	1.732	1.919
5	8,5	30,8	2.982	2.128	9,5 (6,5)	30,4	1.672	1.855
6	11,5	31,2	2.032	2.173	11,5 (8,5)	28,2	1.964	2.122







Rys. 2. Schemat uwytyowania badań sejsmicznych w odprężonej partii pokł. 510 w rejonie obcinki ściany 711 KWK Czerwone Zagłębie

Fig. 2. Location of seismic tests in instressed parts of the bed 510 near the boundary caving drift of the longwall 711 in "Czerwone Zagłębie" coal mine

Natomiast wartości parametrów odkształceniowych do odległości około 3,0 m poniżej wybranej warstwy odprężającej (w partii odprężonej pokładu) są wyraźnie niższe, aniżeli w partii nieodprężonej i wynoszą 20 do 32% - średnio 27%. Następnie różnica ta zmniejsza się i zanika w odległości około 8,0 m poniżej wybranej warstwy odprężającej, co przedstawiono w tabl. 3.

Tablica 3

Lp.	Odległość od posadzki (m)	Spadek wyrażony w %			Uwagi
		Rc	Eo	Es	
1	1,0	2,1	28,2	29,8	Odprężająca warstwa podstropowa została wybrana przed 2 laty
2	1,5	9,1	31,0	32,0	
3	2,5	5,1	22,2	20,3	
4	4,5	4,4	13,9	11,1	
5	6,5	1,3	15,8	12,8	
6	8,5	9,8	3,4	2,4	

W kopalniach "Nowy Wirek", "Pstrowski" i "Lenin" wartości Rc węgla nieodprężonego są wyższe od wartości Rc dla węgla odprężonych i wynoszą od 5 do około 10%; nie są to więc wielkości pozwalające na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków, tym bardziej, że warstwy odprężone zalegały bezpośrednio pod warstwą odprężającą.

Analizując uzyskane badaniami laboratoryjnymi wyniki parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych węgla w różnych (odprężonych i nieodprężonych) warstwach pokładu 510 stwierdza się, że:

- w KWK "Kazimierz-Juliusz", "Czerwone Zagłębie" i "Niwka-Modrzejów" po wybraniu odprężającej warstwy podstropowej parametry wytrzymałościowo-odkształceniowe węgla w warstwie przyspągowej, pomimo odprężenia, praktycznie nie ulegają zmianom - są prawie identyczne, a nieznaczne odchylenia mieszczą się w granicach błędu pomiaru,
- w kopalniach "Nowy Wirek", "Pstrowski" oraz "Lenin" pomimo faktu, że odprężająca warstwa podstropowa zalegała bezpośrednio nad warstwą odprężoną oraz bardzo krótkiego okresu czasu od odprężenia, efekty odprężenia w postaci zmian wytrzymałościowych węgla są znikome i wynoszą ok. 7%.

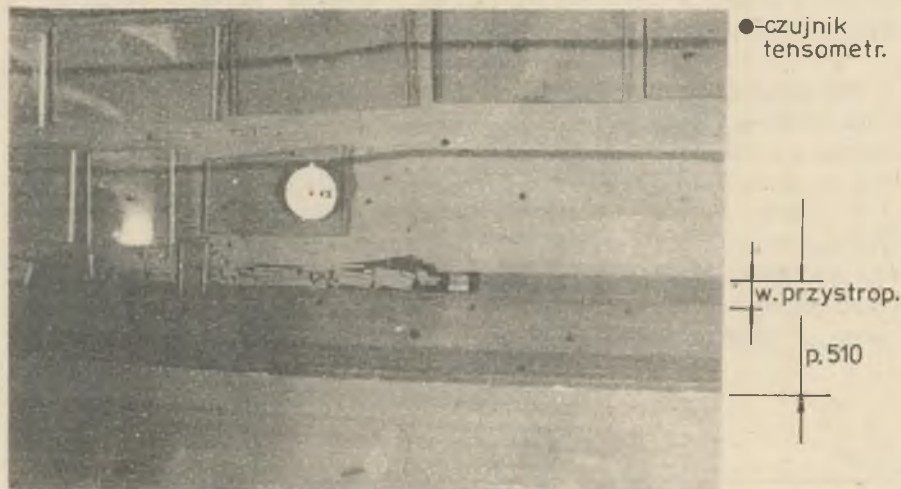
Obok badań wytrzymałościowo-odkształceniowych prowadzono również na pobranych próbkach węgla badania energetycznego wskaźnika naturalnej skłonności węgla do tapania -  $W_{ET}$  (tabl. 1).

W warunkach kopalń "Nowy Wirek", "Pstrowski", "Lenin" i "Niwka-Modrzejów" stwierdzono spadek wartości  $W_{ET}$  w partiach odprężonych pokładu średnio w granicach 14-17% w stosunku do wartości  $W_{ET}$  w partiach nieodprężo-

nych. Należy jednak zaznaczyć, że partie odpężone pokładu zalegały bezpośrednio pod wcześniej wybraną warstwą odpężającą.

W warunkach KWK "Kazimierz-Juliusz" średnie wartości wskaźnika  $W_{ET}$  są bardzo zróżnicowane.

W kopalni "Czerwone Zagłębie" najwyższe wartości  $W_{ET}$  stwierdzono w nieodpężonej warstwie przyspagowej, natomiast w odpężonych rejonach tej warstwy zanotowano znaczny spadek wartości  $W_{ET}$ , sięgający nawet 30%. W warstwie III, zalegającej bezpośrednio pod odpężającą warstwą podstropową, stwierdzono spadek wartości wskaźnika  $W_{ET}$  w granicach od 4 do 22% w stosunku do maksymalnych wartości  $W_{ET}$  w partiach niedopężonych tej warstwy.



Rys. 3. Model z materiałów ekwiwalentnych wybierania pokładu 510 w KWK "Kazimierz Juliusz"

Fig. 3. Model made of equivalent materials of winning the bed 510 in "Kazimierz Juliusz" coal mine

Oprócz badania parametrów wytrzymałościowych węgla z pokładu 510 w warunkach laboratoryjnych zbudowano model z materiałów ekwiwalentnych, na którym odwzorowano wybieranie pokładu 510 na 6 warstw w KWK "Kazimierz Juliusz" (rys. 3).

Na modelu w pierwszej kolejności wybrano na zawał warstwę podstropową - odpężającą, a następnie kolejno warstwy na podsadzkę hydrauliczną, rozpoczynając od warstwy przyspagowej. Umieszczone w różnych miejscach pokładu czujniki tensometryczne wykazały, że proces odciążenia warstw węgla zalegających bezpośrednio pod warstwą odpężającą zostaje zahamowany po okresie około 2 tygodni od chwili przejścia frontu ściany w warstwie odpężającej (rys. 4), natomiast po okresie około 1-2 miesięcy naciski na węgiel



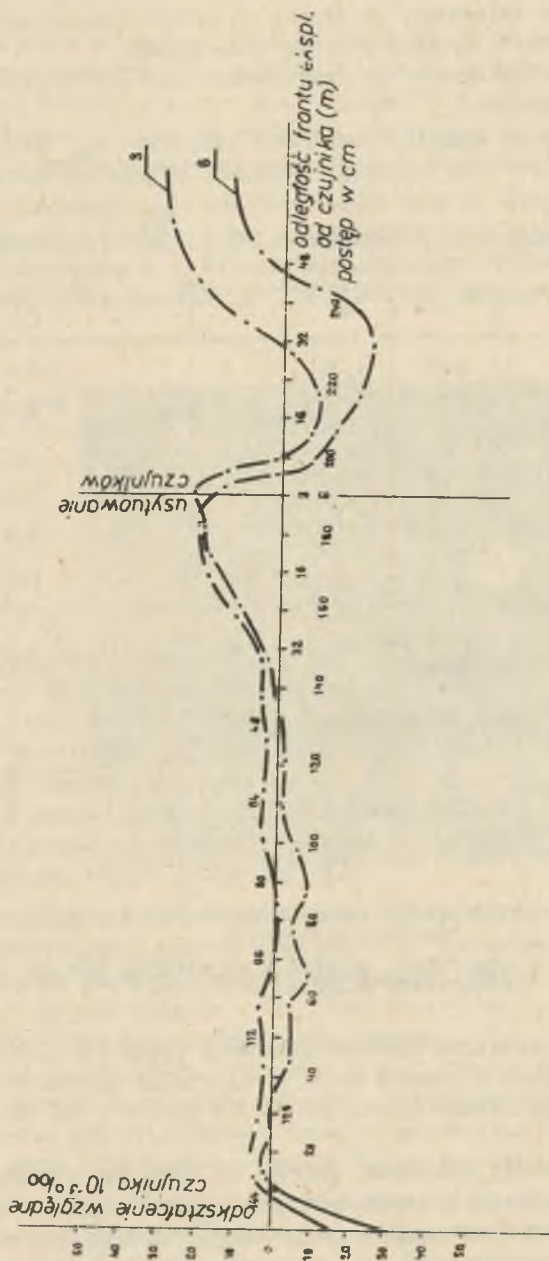
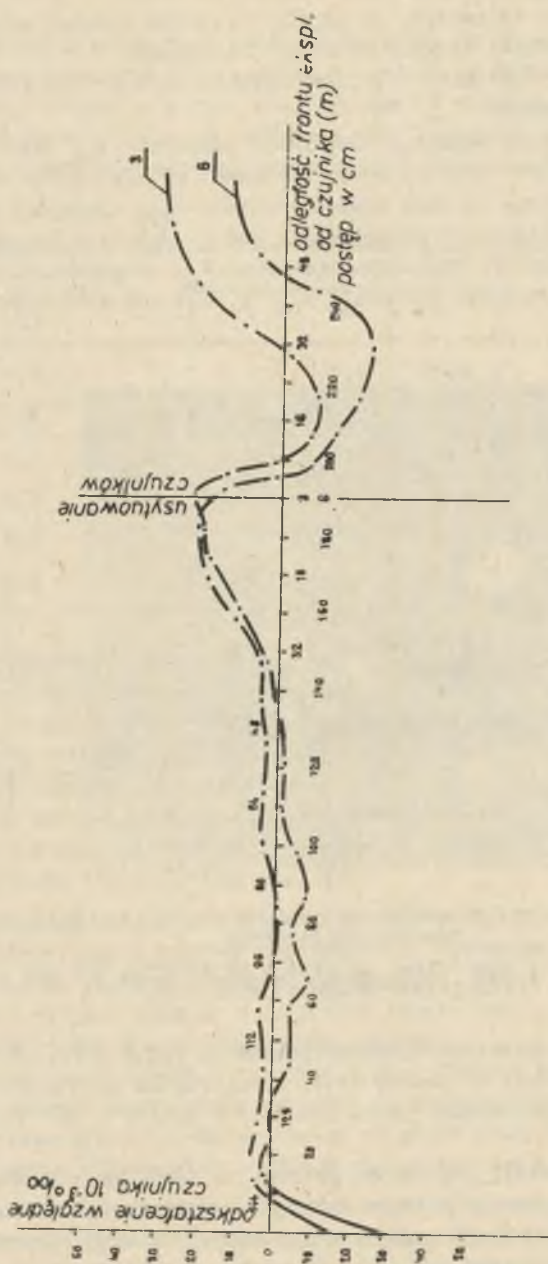


Рис. 4. Типовый wykres zmian stanu naprężeń czujników tensometrycznych nr 3 i 6 założonych 2 m oraz 6 m pod warstwą odpężającą

Fig. 4. Typical diagram of changes of stress states of strain gauges no 3 and 6 put 2 m and 6 m under the untreassing stratum



Rys. 4. Typowy wykres zmian stanu naprężeń czujników tensometrycznych nr 3 i 8 założonych 2 m oraz 6 m pod warstwą odprężającą

Fig. 4. Typical diagram of changes of stress states of strain gauges no 3 and 8 put 2 m and 6 m under the unpressing stratum

zalegający w odległości 2-6 m poniżej spągu warstwy odprężającej wracają do normy, czyli posiadają wartości podobne do tych, jakie istniały przed przejściem frontu ściany w warstwie odprężającej.

### 3.2. Wyniki badań "in situ" oraz ich analiza

Oprócz laboratoryjnych badań wytrzymałościowo-odkształceniowych przeprowadzono cały szereg badań własności wytrzymałościowych węgla odprężonego i nieodprężonego w warunkach "in situ".

#### W y n i k i   b a d a ń   p e n e t r o m e t r y c z n y c h

Badania penetrometryczne prowadzono w KWK "Kazimierz-Juliusz" oraz "Czerwone Zagłębie" zarówno w partiach odprężonych w wyniku wcześniejszego wybrania warstwy podstropowej, jak również w partiach nieodprężonych pokładu 510.

W Kopalni "Kazimierz-Juliusz" wykonano badania wytrzymałościowe w 13 otworach usytuowanych w wyrobiskach I, II i III warstwy pokładu 510 w partii odprężonej wcześniejszym wybraniem warstwy podstropowej z zawałem oraz w "chodniku wznoszącym 5" w partii nieodprężonej. Ze względu na fakt, że wyniki uzyskane w otworach wykonanych z wyrobisk usytuowanych w II i III warstwie pokładu są zniekształcone przez dodatkowe oddziaływanie wybranej z podsadzki hydraulicznej dolnej warstwy, przy analizie porównawczej uwzględniono wyniki z otworów usytuowanych w rejonie nieodprężonym pokładu oraz w chodnikach warstwy I, będących tylko pod wpływem wybranej na zawał warstwy podstropowej.

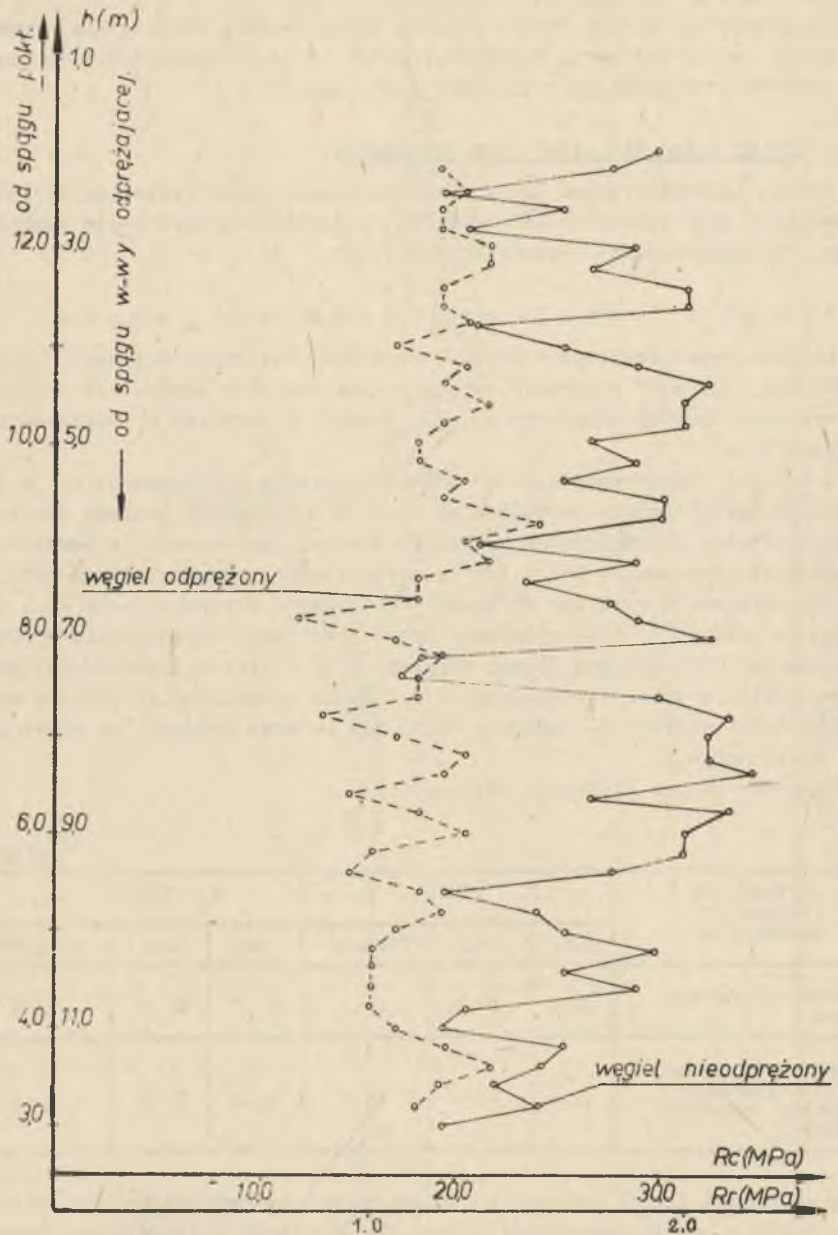
Uzyskane wyniki ilustruje tablica 4.

Tablica 4

Usytuowanie otworów badawczych	$R_C$ (MPa)			$R_T$ (MPa)		
	min.	max.	średnie	min.	max.	średnie
Partia nieodprężona	12,0	35,0	26,4	0,77	2,31	1,70
Partia odprężona przez wybranie warstwy podstropowej	9,6	33,6	17,4	0,62	2,15	1,12

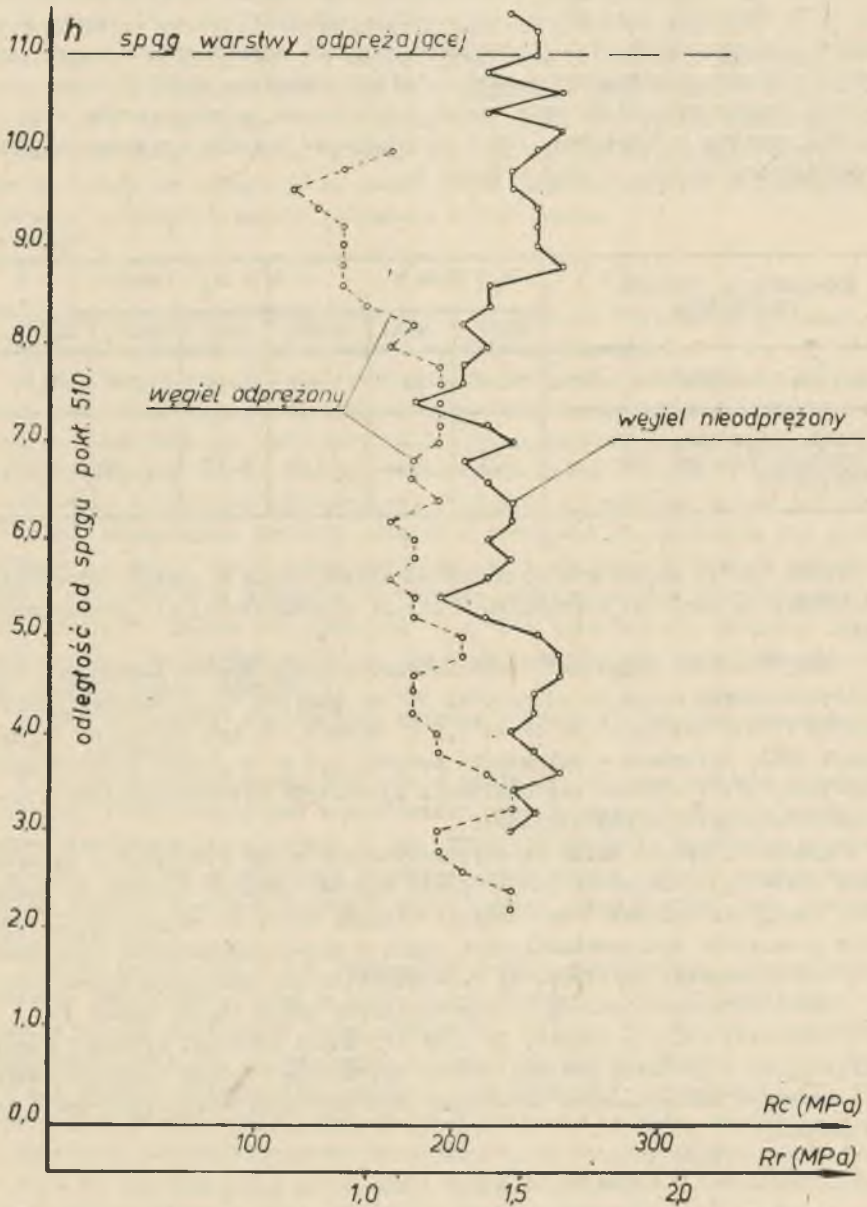
Z powyższej tabeli wynika, że średni spadek parametrów wytrzymałościowych węgla w partii odprężonej w stosunku do partii nieodprężonej wynosi około 34%. Uwzględniając nawet pewne różnice w wykształceniu petrograficznym węgla w miejscu przeprowadzonych badań, wynik ten należy uznać za jednoznacznie wskazujący na osłabienie struktury węgla w odprężonym rejonie pokładu, co graficznie przedstawiono na rys. 5.





rys. 5. Średnia wytrzymałość węgla pokł. 510 w odprężonych i nieodprężonych partiach kWK "Kazimierz-Juliusz" z badań penetrometrycznych

Fig. 5. Average coal strength in the bed 510 in stressed and unstressed parts in "Kazimierz-Juliusz" coal mine from penetrometer tests



Rys. 6. Średnia wytrzymałość węgla pokł. 510 w odprężonych i nieodprężonych partiach KWK "Czerwone Zagłębie" wg badań penetrometrycznych

Fig. 6. Average coal strength in the bed 510 in stressed and unstressed parts in "Czerwone Zagłębie" coal mine according to penetrometr tests

W KWK "Czerwone Zagłębie" badania penetrometryczne przeprowadzono łącznie w 18 otworach, lecz do analizy wyników zakwalifikowano 4 otwory w rejonach nieodprężonych oraz 8 otworów w rejonach odprężonych w wyniku wybrania warstwy podstropowej z samozestaloną podsadzką hydrauliczną; pozostałe otwory usytuowane były bowiem w miejscach, gdzie wybrana była zarówno warstwa podstropowa, jak i przysypagowa. Średnie uzyskane wyniki przedstawiono na rys. 6 oraz w tabl. 5.

Tablica 5

Usytuowanie otworów badawczych	$R_c$ (MPa)			$R_r$ (MPa)		
	min.	max.	średn.	min.	max.	średn.
partia nieodprężona	14,4	33,6	23,1	0,92	2,16	1,49
partia odprężona przez wybranie warstwy podstropowej	3,6	31,2	19,1	0,23	2,00	1,22

Średni spadek parametrów wytrzymałościowych węgla w partii odprężonej w stosunku do wartości uzyskanych w partii nieodprężonej nie przekracza 18%.

W KWK "Czerwone Zagłębie" zaobserwowano znaczny spadek parametrów wytrzymałościowych węgla do odległości 3,0 m poniżej spągu warstwy odprężającej (36%), następnie do około 7,5 m spadek ten był niewielki (w granicach 12%), natomiast w odległości powyżej 8,0 m od spągu warstwy odprężającej nie stwierdza się obniżenia parametrów wytrzymałościowych pod wpływem eksploatacji odprężającej.

W oparciu o wyniki badań penetrometrycznych można stwierdzić, że wybranie w pierwszej kolejności podstropowej warstwy grubego pokładu na zawał (KWK "Kazimierz-Juliusz") ma znacznie większy wpływ na odprężenie i obniżenie parametrów wytrzymałościowych węgla w niżej zalegających warstwach od wybrania warstwy podstropowej z samozestalającą podsadzką hydrauliczną, której ściśliwość według przeprowadzonych badań wynosi około 33%.

Z powyższej analizy wynika, że przy tej samej grubości wybranej warstwy podstropowej i grubości pokładu sposób kierowania stropem decyduje zarówno o pionowym zasięgu zmian parametrów wytrzymałościowych węgla jak i ich wielkości.

#### W y n i k i b a d a ń o d b o j n o ś c i o w y c h

Badania odbojnościowe przeprowadzone zostały w dwóch wyrobiskach pochyłych KWK "Czerwone Zagłębie", przecinających pokład 510 od spągu do stropu, a mianowicie w pochylni transportowej do G-VII (partia nieodprężona) oraz w przecince do upadowej 2/III (partia odprężona) - rys. 1 i 2.



Stwierdzono, że średnia wytrzymałość węgla na ściskanie  $R_c$  w partii nieodpężonej pokładu jest wyższa aniżeli w partii odpężonej. Do odległości 3,5 m poniżej warstwy odpężającej wynosi ona 20%, następnie różnica ta systematycznie zmniejsza się, zanikając praktycznie w odległości około 6,0 m poniżej warstwy odpężającej (rys. 7). Wyniki badań odbojnościowych wskazują zatem, że obniżenie parametrów wytrzymałościowych węgla występuje na odległość do około 6,0 m poniżej warstwy podstropowej wybranej z samczestalającą podsadzką hydrauliczną.

#### W y n i k i b a d a ń s e j s m i c z n y c h

Badania sejsmiczne przeprowadzono w kopalniach "Kazimierz-Juliusz", "Czerwone Zagłębie", "Pstrowski" oraz "Niwka-Modrzejów".

W KWK "Kazimierz-Juliusz" stwierdzono, że pomimo wcześniejszego odpężenia warstwy przyspagowej wybraniem na zawał warstwy podstropowej prędkość rozchodzenia się podłużnej fali sejsmicznej  $V$  w obu warstwach była prawie jednakowa (tabl. 6). Nie stwierdzono zatem w warstwie przyspagowej - oddalonej od warstwy odpężającej o 13,0 m i wybranej przed 4,5 laty - skutków odpężenia. Wyraźne różnice w prędkości rozchodzenia się fali podłużnej w węglu stwierdzono natomiast przy porównaniu wyników osiągniętych w warstwie II w stosunku do warstw: podstropowej i przyspagowej; różnica ta wynosi 23,0%, zaś anomalia  $A = -22\%$  (tablica 6). Jednakże zaznaczyć należy, że istotny wpływ na ten stan rzeczy miało odebranie II warstwy pokładu przez warstwę I.

W KWK "Pstrowski" stwierdzono wyraźne różnice w prędkości rozchodzenia się fali podłużnej.

W warstwie podstropowej była ona o około 29% większa aniżeli w znajdującej się bezpośrednio pod nią warstwie przyspagowej, przy czym węgiel w obydwu warstwach był podobny. W tym przypadku anomalia prędkości wynosi  $A = -29\%$ . Warstwa przyspagowa odpężona jest więc w stopniu prawie bardzo dobrym przez dokonana w warstwie podstropowej przed 6 miesiącami eksploatację zawałową.

Badania sejsmiczne w KWK "Niwka-Modrzejów" prowadzono w nieodpężonej warstwie podstropowej oraz w odpężonych warstwach I i II. Analizując średnie wyniki uzyskanych badań stwierdzić należy, że różnice w prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych w warstwach nieodpężonych pokładu różnią się jedynie nieznacznie (około 1%) od prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych w odpężonej, przyspagowej warstwie pokładu. Wynika to z faktu znacznego oddalenia warstwy przyspagowej od warstwy odpężającej (około 12,0 m) oraz długiego czasu, jaki upłynął od chwili wybrania warstwy podstropowej (około 4 lat). Natomiast pomiary wykonane w II warstwie pokładu, odpężonej zarówno przez wybranie warstwy podstropowej jak i przyspagowej, wykazują wyraźne obniżenie prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych  $A = -30\%$ .

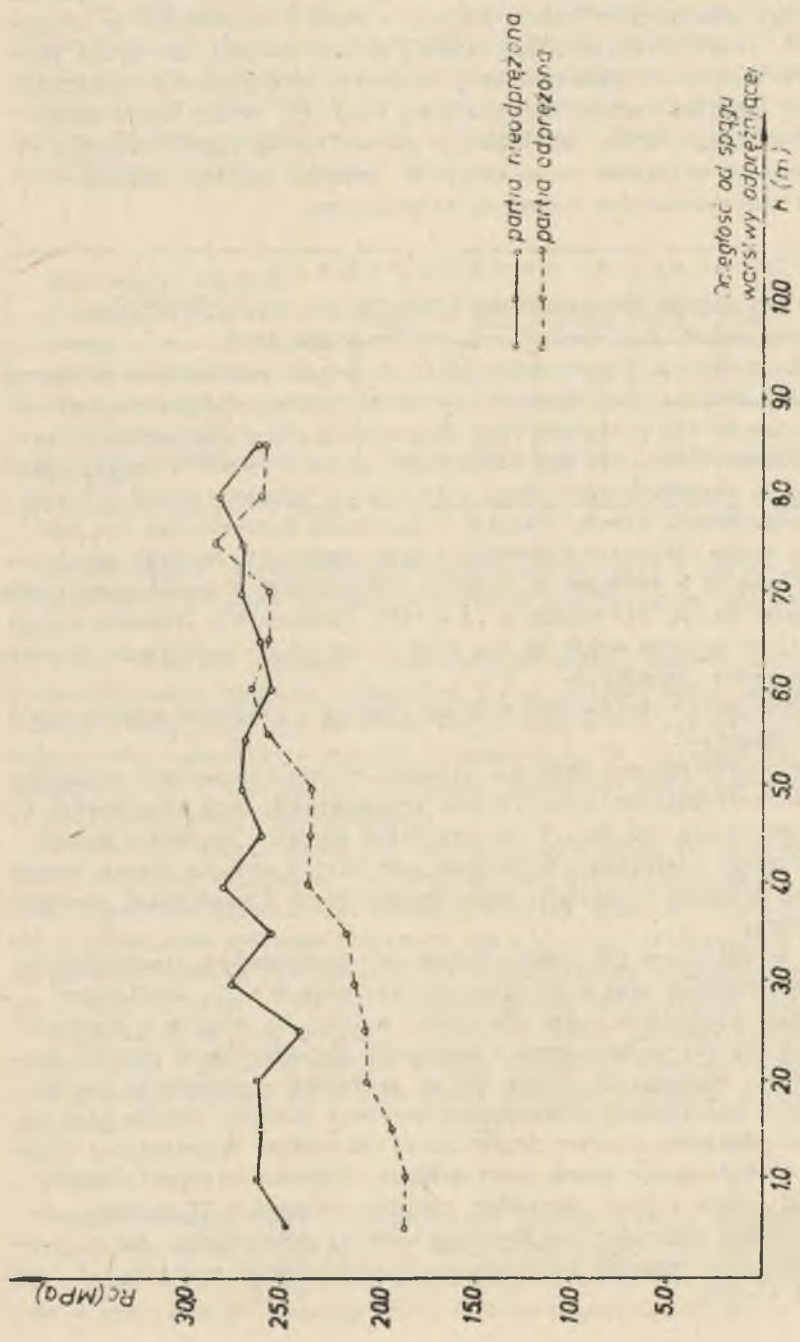


Рис. 7. Wytrzymałość na ściskanie ( $R_c$ ) węgla pod p. 510 dm<sup>3</sup> w "Betonowej Kopalni" w różnych odległościach od warstwy odprężającej (w kierunku odłożenia).

Fig. 7. Coal compressive strength ( $R_c$ ) in the bed 510 of "Betonowa Kopalnia" near the stratum to the distance of unstressing stratum (according to published tests).

Tabela 6

Zestawienie średnich wyników badań sejsmicznych węgla pokładu 510 w wybranych kopalniach ŻW

Lp.	Kopalnia	Warstwa pokładu	Odległość (m)		Średnia prędkość fal podłużnych $V_p$ (m/s)	Anomalia prędkości A (%)	Czas od wybrania warstwy odprężającej (lata)
			od stropu pokładu	od spągu warstwy odprężającej			
1	KAMIENIZ -JULIUSZ	podstropowa (nieodprężona)	2,0	-	1.895	-	-
		I w. - przyspałowa (odprężona)	17,0	13,0	1.915	+ 1,0	4,5
		II w. (odprężona)	14,0	10,0	1.480	-22,0	4,5
2	SIEDLONÓW -KAPUŚCIE	rejon nieodprężony pokładu	3,0	-	1.655	-	-
		pochylnia transportowa do G-VII	5,0	-	1.620	-	-
		o długości ok. 50 m wykonana od spągu	8,0	-	1.820	-	-
		do stropu pokładu (rys. 1)	10,5	-	1.380	-	-
		rejon odprężony pokładu	5,5	2,5	1.030	-36,0	-
		przecinka od spągu pokł. do warstwy odprężającej ze ścian 711 do upadłej 2/III (rys. 2)	7,5	4,5	1.500	-18,0	2,0
			9,0	6,0	1.590	-	-
	10,5	7,5	1.710	-14,0	-		
3	POTRZYSKI	podstropowa (nieodprężona)	2,0	-	1.980	-	-
		przyspałowa (odprężona)	5,0	2,0	1.405	-29,0	0,5
4	MIEJA KODRZELICH	podstropowa (nieodprężona)	2,5	-	1.940	-	-
		przyspałowa (nieodprężona)	16,0	-	1.890	-	-
		przyspałowa (odprężona)	16,0	12,0	1.870	-1,0	4,0
		II w. (odprężona)	13,0	9,0	1.340	-30,0	5,0

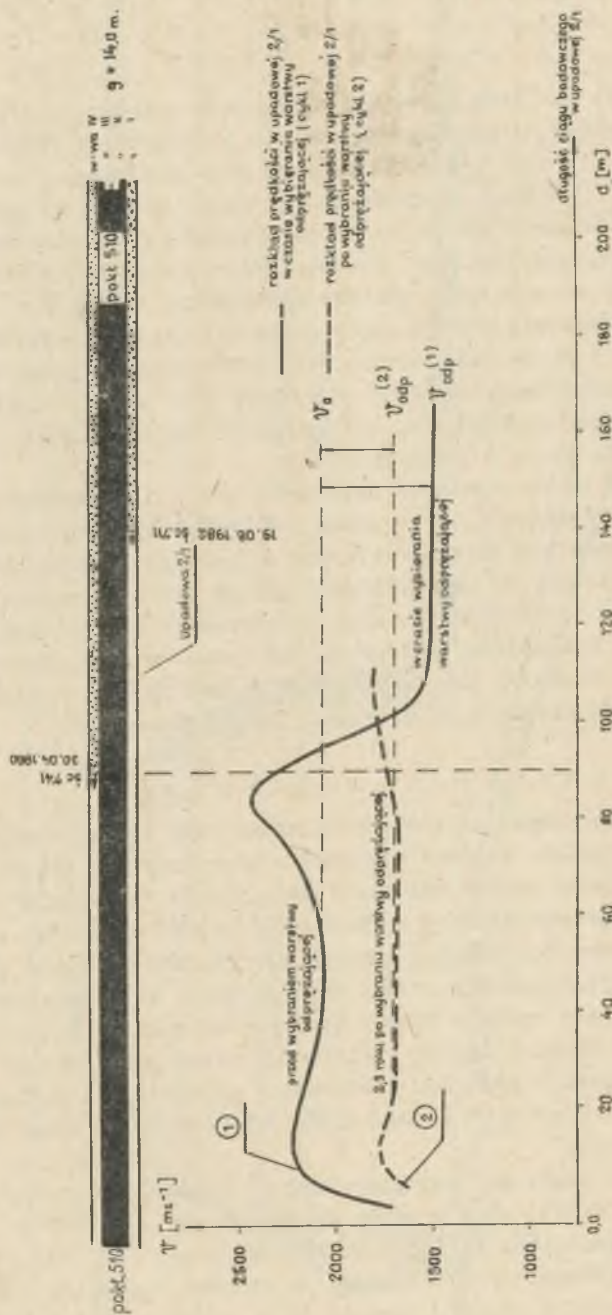


W KWK "Czerwone Zagłębie" badaniami sejsmicznymi objęto całą grubość pokładu 510 i to zarówno w partii odprężonej (przecinka do upadowej 2/III - rys. 2), jak i nieodprężonej (pochylnia transportowa do oddz. G-VII - rys. 1). Ponadto badania prowadzono w wyrobiskach chodnikowych wykonanych bezpośrednio lub w niewielkiej odległości poniżej wybranej podstropowej warstwy odprężającej. Warstwa ta wybierana była z samozestalająca podsadzka hydrauliczna. Średnie wyniki przeprowadzonych badań podano w tablicy 6. Badania wykonane w rejonie nieodprężonym w pochylnej transportowej do oddz. G-VII wykazały niewielkie zróżnicowanie w prędkościach rozchodzenia się fal sejsmicznych w różnych warstwach pokładu. Różnice te dochodziły do 18%. Znacznie większe zróżnicowanie wyników stwierdzono w przecince do upadowej 2/III w rejonie odprężonym. Różnica w prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych w warstwie bezpośrednio pod wybraną na samozestalającą podsadzka warstwa podstropowa w stosunku do warstwy przyspągowej, odległej od wybranej warstwy odprężającej o około 7,5 m wynosiła 40%. Podobnie przedstawiała się sprawa z anomalią prędkości rozchodzenia się fali sejsmicznej, która wahała się od  $A = -36\%$  bezpośrednio pod warstwą odprężającą do  $A = -14\%$  - przy spagu pokładu. Czas odprężenia w tym przypadku wynosił 2 lata.

W celu uzyskania wyników z pomiarów wykonanych w tym samym węglu i na tym samym miejscu przeprowadzono pomiary sejsmiczne wg metodyki profilowania sejsmicznego w upadowej 2/I w czasie odprężenia tego rejonu pokładu ściana 741 w warstwie podstropowej w 1980 r. oraz w czasie wybierania ściany 711 po spagu pokładu w 1982 r. Profil pomiarowy wykonany w pierwszym cyklu badawczym usytuowany był pod odprężającą ścianą 741 w warstwie przystropowej na odcinku 80 m przed czołem ściany oraz 70 m za czołem ściany. Pomiarami określono wartość prędkości w strefie pod wybraną IV warstwą pokładu 510 i pod calizną poza rejonem wpływu krawędzi wybranej warstwy IV. Uzyskany rozkład prędkości przedstawia krzywa (1) na rys. 8. Prędkość odniesienia  $V_0$  (węgiel nienaruszony) wynosi 2050 m/s, a prędkość charakterystyczna dla strefy odprężonej  $V_{odp}(1) = 1500$  m/s. Ujemna anomalia prędkości wynosi  $A = -26,8\%$ .

Drugi cykl badawczy wykonano po upływie 2,5 roku w trakcie wybierania I warstwy pokładu ściana 711 pod wybraną warstwą IV. Profil pomiarowy usytuowany był w tym samym miejscu, a rozkład prędkości fali podłużnej przedstawia krzywa (2) na rys. 8. Określona wartość prędkości fali podłużnej pod wybraną warstwą IV pokładu 510 wynosi 1.700 m/s. Ujemna anomalia prędkości określona w stosunku do pierwotnej prędkości odniesienia 2.050 m/s wynosi  $A = -17,0\%$ . Na podstawie uzyskanych wyników można ocenić stopień efektywności odprężenia w poszczególnych okresach czasu; a mianowicie:

- bezpośrednio po wybraniu IV warstwy pokładu 510 ściana 741 odprężenie warstwy I pokładu jako dobre,
- po upływie 2,5 lat od wybrania IV warstwy pokładu 510 odprężenie warstwy I jako średnie.



Rys. 8. Wykres prędkości fali podłużnej w upadkowej 2/I punkt. 510 kwi. "Czerwone Zagłębienie" pomiarzonej w różnych okresach wybrania pokładu  
 Fig. 8. Diagram of longitudinal wave velocity in dip-heading 2/I in the bed 510 in "Czerwone Zagłębienie" coal mine measured at different times of bed winning

W y n i k i p o m i a r ó w n a c i s k ó w n a c z u j n i -  
k i h y d r a u l i c z n e z a i n s t a l o w a n e b e z p o -  
ś r e d n i o p o d w a r s t w ą o d p r ę ż a j ą c a

W celu określenia nacisków na węgiel zalegający bezpośrednio pod wars-  
twą odprężającą w spagu ściany odprężającej na głębokości 1,5-2,0 m zains-  
talowano specjalne czujniki hydrauliczne połączone manometrem, na którym  
odczytywano wzrost lub spadek nacisków na czujniki. Badania te prowadzi-  
no przez okres 3 miesięcy w KWK "Kazimierz-Juliusz" i "Czerwone Zagłębie"  
w rejonie ścian odprężających (rys. 9). Stwierdzono wzrost nacisku na za-  
łożone bezpośrednio pod wybieraną warstwą odprężającą czujniki w chwili,  
gdy front ściany w warstwie odprężającej znajdował się w odległości o oko-  
ło 25 m od miejsca ich założenia (rys. 10). Nacisk ten osiągnął maksymal-  
ną wartość, gdy front ściany znajdował się około 5 m przed czujnikami,  
by następnie gwałtownie obniżyć się, osiągając swe minimum około 15-20 m  
za frontem ściany (po około 2 tygodniach).

Zaznaczyć należy, że w czujnikach założonych pod ścianą wybieraną z  
zawąsem stropu stwierdzono większy o około 30% spadek nacisku aniżeli na  
czujnikach zabudowanych pod ścianą wybieraną z podsadzką. Następnie ciś-  
nienie ponownie wzrastało, by ustabilizować się po dwóch miesiącach w  
odległości około 90 m za frontem ściany. Jednocześnie stwierdzono, że  
na czujniki założone w mniejszej odległości od spagu warstwy odprężającej  
wywierany był nacisk większy, przy czym równocześnie prędzej następowała  
rekonstrukcja nacisków wtórnych po przejściu frontu ściany.

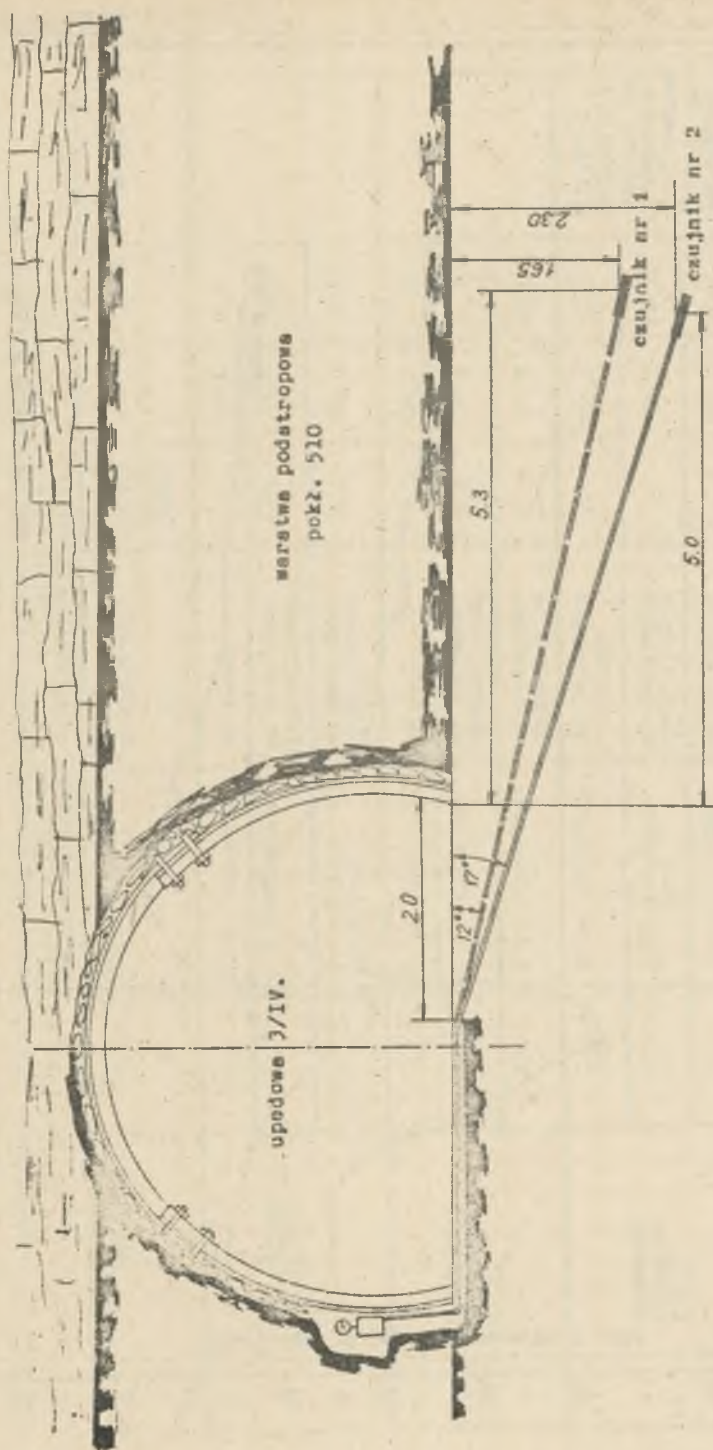
W y n i k i o b s e r w a c j i d o ł o w y c h

Obok badań laboratoryjnych i dołowych dokonano całej szereg obserwacji  
w różnych fazach wybierania grubych pokładów w odprężonych i nieodprężo-  
nych rejonach. Obserwacje przeprowadzone w kopalniach: "Andaluzja", "Czer-  
wone Zagłębie", "Kazimierz-Juliusz" i "Niwka Modrzejów" wykazały, że ura-  
bianie węgla w warstwach odprężonych grubego pokładu było o wiele trud-  
niejsze aniżeli w przystropowej warstwie odprężającej, w której kombajn  
często nie urabiał więcej aniżeli 50-60% powierzchni calizny węglowej.

Prowadzono również analizę ilości i wielkości odprężeń o energii powy-  
żej  $10^3\text{J}$ , rejestrowanych w rejonach prowadzonej eksploatacji pokładu 510  
w kopalniach "Czerwone Zagłębie" i "Kazimierz Juliusz" (w partiach odprę-  
żonych i nieodprężonych).

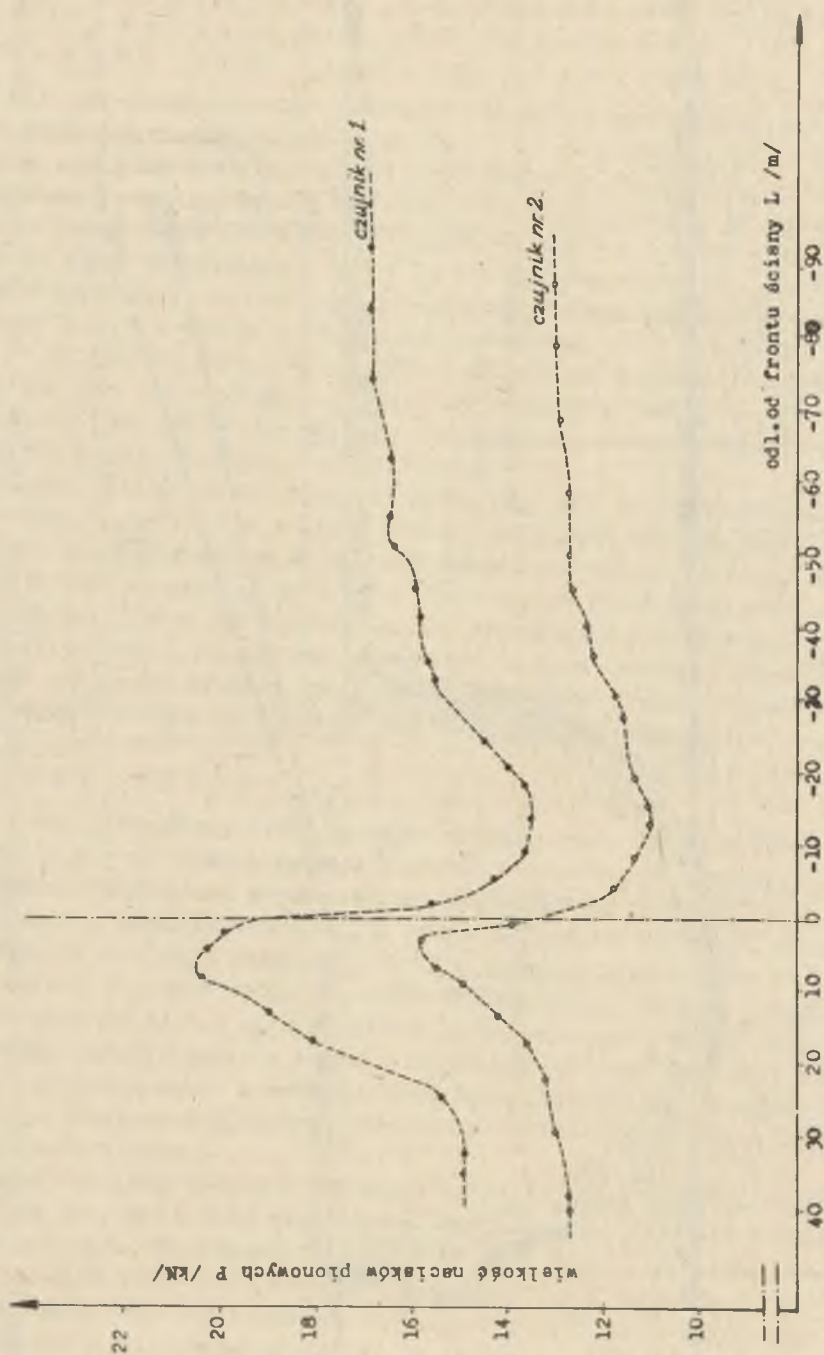
W kopalni "Czerwone Zagłębie" dokonano analizy ilości odprężeń w oddz.  
G-II (ściany 264, 214 i 215) oraz w oddz. G-VII (ściany 741, 742 i 711),  
natomiast w kopalni "Kazimierz Juliusz" w rejonie ścian: 165, 113, 114,  
114z i 123. Celem określenia porównywalnych zależności oznaczono ilość  
zarejestrowanych odprężeń o energii powyżej  $10^3\text{J}$  w ścianie o długości  
100 m w ciągu miesiąca wskaźnikiem  $K_3$ , a ilość odprężeń o energii powy-  
żej  $10^4\text{J}$  w ścianie o długości 100 m w ciągu miesiąca - wskaźnikiem  $K_4$ .





Rys. 9. Schemat usytuowania otworzonych czujników hydraulicznych w rejonie ściany 741 pokł. 510 KWK "Czerwone Zapętkie"

Fig. 9. Location of opening hydraulic gauges near the longwall no 741 of the bed 510 in "Czerwone Zapętkie" coal mine



Rys. 10. Wykres zmian wielkości nacisków pionowych na czujniki hydrauliczne umieszczone pod spagiem ścian na nr 741 w pokł. 510 KWK "Czerwone Zagłębie"

Fig. 10. Diagram of changes of perpendicular pressures on hydraulic gauges placed under the floor of the longwall no 741 of the bed 510 in "Czerwone Zagłębie" coal mine

Tablica 7

Zestawienie ilości zarejestrowanych wstrząsów o energii powyżej  $10^3$  J i  $10^4$  J w przeliczeniu na ścianie o długości 100 m w ciągu miesiąca w kopalniach "Kazimierz-Juliusz" i "Czerwone Zagłębie"

Lp.	Kopalnia	Ściana	Warstwa pokładu 510	Sposób wybiere- nia warstwy	Czas odprę- żenia (lata)	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	Uwagi
1	KAZIMIERZ -JULIUSZ	165	VI w. odprężaj.	na zaważ	-	35,0	5,2	
2		113 i 114	I w. odprężona	na podsadzkę hydrauliczną	2,0	15,8	0,42	
3		114z i 123	I w. i II w. odprężone	na podsadzkę hydrauliczną	4,5	20,0	0,56	
4	CZERWONE ZAGŁĘBIE G-II	264	VI.w. odprężaj.	na zaważ	-	105,0	13,8	
5		214	I w. odprężona	na podsadzkę hydrauliczną	2,5	17,4	1,5	
6		215	I w. odprężona	na podsadzkę hydrauliczną	3,3	78,0	15,6	
7	CZERWONE ZAGŁĘBIE G-VII	741 i 742	IV w. odprężaj.	na podsadzkę zestaloną	-	157,0	37,9	IX.79 r. ściana 711 została za- trzymana i uruchomiona I.82 r. po odprężeniu I w.
8		711	I w. nieodprę- żona	na podsadzkę hydrauliczną	-	301,0	45,0	
9		711	I w. odprężona	na podsadzkę hydrauliczną	2,2	128,0	20,5	



Rejestracje tych odprężeń prowadziły kopalniane stacje sejsmologiczne. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabl. 7. Z analizy wynika, że w warunkach kopalni "Czerwone Zagłębie", gdzie odprężona warstwa przyspagowa zalega około 10 m poniżej podstropowej warstwy odprężającej, wskaźniki  $K_3$  i  $K_4$  dla ścian 214 i 711 prowadzonych w warstwie odprężonej przed 2,0-2,5 laty są kilkakrotnie niższe aniżeli w warstwie odprężającej. Równocześnie stwierdzono, że w ścianie 215, prowadzonej w podobnych warunkach geologiczno-górnictwowych jak ściana 214, lecz odprężonej przed 3,3 laty, wskaźniki  $K_3$  i  $K_4$  znacznie wzrosły. Świadczy to o rekonstrukcji stanu naprężeń w tym rejonie po upływie 3-4 lat od chwili odprężenia.

Podobne wnioski wynikają po analizie wyników zarejestrowanych odprężeń w czasie wybierania pokładu 510 w kopalni "Kazimierz-Juliusz". W ścianach 113 i 114, prowadzonych w odprężonej przed 2 laty warstwie przyspagowej zalegającej około 14 m pod warstwą odprężającą, wskaźniki  $K_3$  i  $K_4$  są również kilkakrotnie niższe aniżeli w warstwie odprężającej. Dla ścian 114z i 123 prowadzonych w warstwach odprężonych przed 4,5 laty wskaźniki  $K_3$  i  $K_4$  są zniekształcone z tego powodu, że rejestracja odprężeń prowadzona była wspólnie dla ścian 114z i 123, przy czym ściana 123 prowadzona była w warstwie II odprężonej dodatkowo warstwą I.

#### 4. OCENA WPŁYWU EKSPLOATACJI ODPRĘŻAJĄCEJ W PRYZSTROPOWEJ WARSTWIE GRUBEGO POKŁADU NA STAN NAPRĘŻEŃ I WŁASNOŚCI WĘGLA W NIŻSZYCH WARSTWACH

Dokonana analiza uzyskanych wyników badań i obserwacji pozwala na stwierdzenie, że metodami laboratoryjnymi bardzo trudno jest ustalić zmiany, jakie zachodzą w węglu pod wpływem jego odprężenia. Spowodowane to jest faktem, że do badań laboratoryjnych używa się praktycznie najmocniejszych fragmentów węgla, eliminując tym samym powstałe w trakcie eksploatacji odprężającej wszelkie pęknięcia i szczeliny, które stanowią główny czynnik obniżający parametry wytrzymałościowe węgla w całości.

Uzyskane w badaniach laboratoryjnych wartości  $R_c$  dla węgla odprężonego i nieodprężonego są podobne i różnią się między sobą średnio o około 5%; tak małe zróżnicowanie niekoniecznie musi być w wyniku odprężenia węgla, lecz również na skutek niedoskonałości obróbki lub zmienności wykształcenia petrograficznego węgla.

Podobnie przedstawia się sprawa z wynikami wskaźnika naturalnej skłonności węgla do tapania, który jest bardzo zróżnicowany. Najbardziej zauważalny jest spadek wartości WET w warstwie zalegającej bezpośrednio pod warstwą odprężającą i mieści się on w granicach 15%; w głębszych warstwach obniżenie to zanika.

Z kolei szczegółowe badania laboratoryjne parametrów odkształceniowo-sprężystych  $E_0$  i  $E_s$  wykazały jednoznaczny ich spadek jedynie w warstwie

zalegającej bezpośrednio pod warstwą odpężającą i to w szerokich granicach, wynoszących 30% dla warunków KWK "Czerwone Zagłębie" i ok. 3% w kopalniach "Nowy Wirek", "Pstrowski" i "Lenin". Wyniki parametrów odkształceniowo-sprężystych osiągnięte w warstwach odpężonych zalegających w odległości większej aniżeli 5 m od warstwy odpężającej są różne w różnych kopalniach, a więc są bardzo kontrowersyjne.

Wyniki badań modelowych potwierdzają tylko częściowo wyniki badań laboratoryjnych i dołowych, a wnioski podnośnie do czasu trwania odpężenia znacznie odbiegają od wyników obserwacji dołowych oraz doświadczeń kopalń w tym zakresie.

Dla określenia i oceny stopnia odpężenia, czasu jego trwania, jak również określenia zmian wartości parametrów wytrzymałościowo-sprężystych węgla w niższych warstwach grubego pokładu pod wpływem eksploatacji odpężającej w warstwie podstropowej najbardziej przydatne okazały się badania penetrometryczne oraz sejsmiczne w wersji przeznaczonych do oceny stanu naprężeń.

Badania penetrometryczne jednoznacznie wykazały wpływ eksploatacji odpężającej w warstwie podstropowej na obniżenie parametrów wytrzymałościowych w niżej zalegających warstwach.

W kopalni "Kazimierz-Juliusz", gdzie warstwa podstropowa wybrana została z zawałem, badania penetrometryczne wykazały obniżenie parametrów wytrzymałościowych o 34% na odległość do 11 m poniżej spągu wybranej warstwy odpężającej (rys. 5).

W kopalni "Czerwone Zagłębie", gdzie warstwa podstropowa wybrana została z samozestaloną podsadzką hydrauliczną, stwierdzono obniżenie o 35% parametrów wytrzymałościowych na głębokości do 3,0 m poniżej wybranej warstwy odpężającej, zaś na głębokości 7,5 m poniżej spągu warstwy odpężającej różnica ta praktycznie zanika (rys. 6).

Według badań odbojnościowych, przeprowadzonych w KWK "Czerwone Zagłębie", obniżenie parametrów wytrzymałościowych pod wpływem eksploatacji odpężającej w warstwie podstropowej występuje do głębokości około 6,0 m (rys. 7).

Pozytywne wyniki w zakresie określenia stopnia odpężenia niższych warstw węgla pod wpływem wybrania warstwy podstropowej uzyskano badaniami sejsmicznymi. Badania te, prowadzone w różnych rejonach pokładu 510 w partiach odpężonych i nieodpężonych, wykazały jednoznacznie dobre odpężenie w warstwach zalegających bezpośrednio pod warstwą odpężającą oraz słabszy wpływ odpężenia na odleglejsze warstwy pokładu.

Bardzo miarodajne wyniki uzyskano przy zastosowaniu badań sejsmicznych w upadkowej 2/I KWK "Czerwone Zagłębie", bowiem przeprowadzone w niej badania obejmowały zarówno nieodpężoną jak i odpężoną część pokładu w różnych okresach czasu, co pozwoliło na dokładne ustalenie w tym samym wyrobisku różnic w stanie naprężeń panujących na całej długości profilu, między innymi po okresie 2,5 lat.

Przeprowadzona analiza zarejestrowanych odprężeń o energii powyżej  $10^3$  J w rejonach prowadzonej eksploatacji wykazała, że w warstwie odprężonej w porównaniu z warstwą nieodprężoną ilość odprężeń jest kilkakrotnie mniejsza w okresie do ok. 3 lat, a później następuje wzrost ilości odprężeń.

Oceniając całościowo wszystkie wyniki uzyskane różnymi metodami badawczymi można stwierdzić, że pod wpływem wybrania podstropowej warstwy odprężającej w niżej zalegających warstwach grubego pokładu następuje zarówno odprężenie węgla, jak i osłabienie jego parametrów wytrzymałościowych. Jednakże tak zasięg jak i czas odprężenia oraz jego stopień są bardzo trudne do ścisłego określenia.

Zastosowane metody badawcze określają jedynie w przybliżeniu wielkość wpływu eksploatacji odprężającej na poszczególne parametry mechaniczne węgla, jak i zasięg efektów odprężenia. Podstawowymi czynnikami wpływającymi na trudność jednoznacznej interpretacji uzyskanych wyników są między innymi:

- trudności przeprowadzenia badań w miejscach odpowiadających warunkom założeniowym, między innymi niemożliwość badania tej samej warstwy, w tym samym miejscu przed i po dokonaniu eksploatacji odprężającej;
- zmienność wykształcenia litologicznego węgla w obrębie danego pokładu zarówno w poszczególnych warstwach, jak i w obrębie danej warstwy w różnych miejscach badania.

#### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione badania i pomiary miały na celu ustalenie prawidłowości kształtowania się zmian w stanie naprężeń oraz we własnościach wytrzymałościowych węgla, zalegającego w niższych warstwach grubego pokładu, pod wpływem wybrania podstropowej warstwy odprężającej. Na podstawie przeprowadzonych licznych badań stwierdzono występowanie oddziaływania eksploatacji odprężającej w warstwie przystropowej na obniżenie się parametrów wytrzymałościowo-sprężystych węgla w niższych warstwach, a w szczególności w warstwie zalegającej bezpośrednio pod warstwą odprężającą.

Zmiany te określić można głównie na podstawie wyników badań dołowych w warunkach "in situ", natomiast badania laboratoryjne ze względu na swoją specyfikę wydają się być w tym zakresie mało przydatne. Badania i obserwacje dołowe pozwalają na stwierdzenie, że pod wpływem eksploatacji odprężającej w warstwie podstropowej zachodzi czasowe zwolnienie naprężeń w warstwach niżej zalegających, które po pewnym czasie ponownie wzrastają. Świadczy to o rekonstrukcji naprężeń zbliżonych do pierwotnych, co powoduje ponowne nagromadzenie energii sprężystej, a w konsekwencji przypadki jej gwałtownego wyładowania w czasie późniejszego wybierania niższych warstw pokładu.



Na podstawie przeprowadzonych badań, pomiarów i obserwacji uzyskanych wyników i ich analizy można sformułować następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Do określenia stopnia odpężenia oraz zmian wielkości parametrów wytrzymałościowo-sprężystych węgla w niższych warstwach grubego pokładu pod wpływem eksploatacji odpuszczającej w warstwie podstropowej najbardziej przydatne są badania dołkowe: penetrometryczne i sejsmiczne, natomiast metody laboratoryjne ze względu na swoją specyfikę są w tym zakresie mniej przydatne.

2. W wyniku badań laboratoryjnych nie stwierdzono zmian parametrów wytrzymałościowych węgla zalegającego w niższych warstwach grubego pokładu pod wpływem eksploatacji odpuszczającej w warstwie podstropowej. Natomiast stwierdzono, że parametry odkształceniowo-sprężyste oraz wskaźnik naturalnej skłonności węgla do tapania  $W_{ST}$  uległy obniżeniu w granicach od 3 do 35% w stosunku do wartości w partiach nieodpężonych, na odległość do 6,5 m - poniżej spągu warstwy odpuszczającej.

3. Na podstawie wyników badań penetrometrycznych oraz odbojnościowych stwierdzono:

- obniżenie się parametrów wytrzymałościowych węgla odpężonego przez wybranie w pierwszej kolejności podstropowej warstwy odpuszczającej z samozestalającą podsadzką hydrauliczną w granicach 30% do odległości około 3 m i 12% do odległości 7,5 m poniżej spągu warstwy odpuszczającej,
- obniżenie się parametrów wytrzymałościowych niższych warstw węgla grubego pokładu, odpężonych przez wybranie podstropowej warstwy odpuszczającej z zawałem, średnio o 30% na odległość do 11,0 m poniżej spągu warstwy odpuszczającej.

Zawałowa eksploatacja podstropowej warstwy odpuszczającej grubego pokładu zwiększa prawie dwukrotnie pionowy zasięg osłabienia wytrzymałości węgla w porównaniu z wybieraniem odpuszczającej warstwy tej samej grubości na podsadzkę.

4. Eksploatacja odpuszczająca warstwy podstropowej grubego pokładu powoduje czasowe obniżenie naprężeń w węglu warstw niżej zalegających. Czas trwania odpężenia uzależniony jest od całego szeregu czynników, z których najważniejszymi są: sposób kierowania stropem w przystropowej warstwie odpuszczającej oraz parametry wytrzymałościowe węgla warstw odpężonych. Przeprowadzona analiza badań sejsmicznych oraz ilości odpężeń zarejestrowanych w trakcie wybierania pokładu 510 w kopalniach "Czerwone Zagłębie" i "Kazimierz-Juliusz" wykazała, że po wybraniu podstropowej warstwy odpuszczającej o grubości około 3,0 m z samozestalającą podsadzką hydrauliczną czas trwania odpężenia wynosi około 3 lat, natomiast przy wybraniu tej warstwy z zawałem stropu - około 5 lat. Najkorzystniej jest wybierać warstwy odpęzone w okresie do 2 lat.

5. W wyniku obniżenia się stanu naprężeń w niższej zalegających warstwach grubego pokładu, pod wpływem wybrania odprężającej warstwy podstropowej, węgiel tych warstw jest trudniej urabialny.

6. Na podstawie całokształtu przeprowadzonych kompleksowo badań geotechnicznych oraz obserwacji dołowych stwierdza się, że po wybraniu podstropowej warstwy odprężającej grubego pokładu dalsze wybieranie niższej zalegających warstw węgla powinno następować w strefie bardziej odprężonej, a więc kolejno warstwami "z góry na dół".

#### LITERATURA

- [1] Szczurowski A., Łojas J.: Zestawienie gruzowisk zawałowych przy eksploatacji pokładów grubych warstwami z góry na dół. Przegląd Górniczy 1981, nry 7-8.
- [2] Popow N.J.: Prognozowanie stanu naprężeniowo-odkształceniowego skał z głębokością odbudowy grubych pokładów węgla. Iz.V.U. Gornyj Żurnal 1979/7.
- [3] Wpływ eksploatacji odprężającej w warstwie podstropowej na stan naprężeń i własności wytrzymałościowo-odkształceniowe węgla w niższych warstwach grubego pokładu. Dokumentacja GIG, 1983, (niepublikowane).
- [4] Dubiński J.: Wyznaczanie stref anomalii naprężeń w górotworze kopalnianym metodami sejsmicznymi. Prace GIG, Komunikat nr 705, Katowice 1979.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Podgórski

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1985 r.

ОТПУСКАЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ВЫБОРКИ ОКОЛОКРОВЕЛЬНОГО  
ПЛАСТА ГРУБОЙ ТОЛЩИ НА ИЗМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ  
И ПРОЧНОСТИ УГЛЯ В НИЖНИХ ТОЛЩАХ

#### Резюме

Для уменьшения угрозы горных ударов, выступающих в толстых слоях, в угольных шахтах Польши очень часто эксплуатацию ведут образом, что в первую очередь разрабатывают, как снимающую напряжение, верхней околокровельный слой пласта с завалом или закладкой, а затем разрабатываются нижние пласты.

Для исследования изменений, которые вызывает снимающая напряжения эксплуатация, а также для определения её влияния на условия выборки оставшейся части пласта, были проведены комплексные лабораторные исследования и исследования "in situ".

Подтверждено, что лабораторные исследования, охватывающие обозначения параметров:  $R_c$ ,  $E_o$ ,  $E_s$ , а также коэффициента натуральной склонности угля к горным ударам, являются для этих целей мало пригодными. Это следует из того, что для лабораторных исследований практически применяются самые крепкие фрагменты угля, исключая тем самым возникающие в процессе эксплуатации, снимающей напряжение, разного рода трещины, которые являются главным фактором обнижающим параметры прочности угля.

Наиболее пригодными являются исследования пенетрометрические и исследования сейсмические "in situ". Пенетрометрические исследования показали параметры прочности угля, с которого снято напряжение путём снятия в первую очередь околорудельного слоя с закладкой, понизились на 30% на расстоянии 3 м и на 12% на расстоянии 7,5 м, а при выборке слоёв снимающих напряжение с обрушением кровли - на 30% на расстояние до 11 м ниже лежащего бока пласта.

На основании сейсмических исследований определено аномалию скорости:

$$\Delta = \frac{V_{\text{одр}} - V_o}{V_o}$$

где:  $V_{\text{одр}}$  - скорость распространения продольной сейсмической волны в горной породе со снятым напряжением,  $V_o$  - скорость распространения продольной сейсмической волны в горной породе, в которой напряжение не снято.

На этом основании утверждается, что после выборки околорудельного слоя снимающего напряжение на глубине ок. 3 м с закладкой время действия отпуска - около 3 лет, а при выборке слоя этой толщины с завалом кровли - ок. 5 лет

#### UNSTRESSING INFLUENCE OF SUPERSTRATUM WINNING OF THICK BED ON THE CHANGE OF COAL STRESSES AND RESISTANCE IN LOWER STRATA

##### S u m m a r y

In Polish coal mines in order to decrease threatening with crumps occurring in thick beds the exploitation is often carried out in such a way that at first the upper superstratum of the bed with breaking down or packing is extracted, and then the lower strata.

To examine the changes caused by unstressing exploitation and to determine its influence on the winning conditions of the rest of the bed the laboratory tests and "in situ" examinations have been carried out.

It has been found out that laboratory tests concerning determination of parameters:  $R_c$ ,  $E_o$ ,  $E_s$  and indicator of natural coal tendency to crumps  $W_{ST}$  are not very useful for these purposes. It results from the fact that for laboratory tests the strongest parts of coal are used what during unstressing exploitation eliminates all crackings which are basic and factors decreasing strength parameters of unmined coal.

The most useful are penetrometer and seismic tests "in situ". By means of penetrometer tests it has been shown that strength parameters of coal



unstressed by winning at first of underroof stratum with packing have been decreased with 30% to the distance of 3 m and 12% to the distance of 7,5 m, and by winning of unstressing stratum with roof breaking down - with 30% to the distance up to 11 m beneath the floor of this stratum.

By means of seismic tests velocity anomalies

$$\lambda = \frac{V_{odp} - V_o}{V_o}$$

have been defined, where:  $V_{odp}$  - velocity of seismic longitudinal wave propagation in instressed rock,  $V_o$  - velocity of seismic longitudinal wave propagation in stressed rock, and on the base of these tests it has been found that after winning . of underroof unstressing stratum with thickness about 3 m with packing the time of unstressing is about 3 years, and winning of similar stratum with roof breaking down - ab. 5 years.