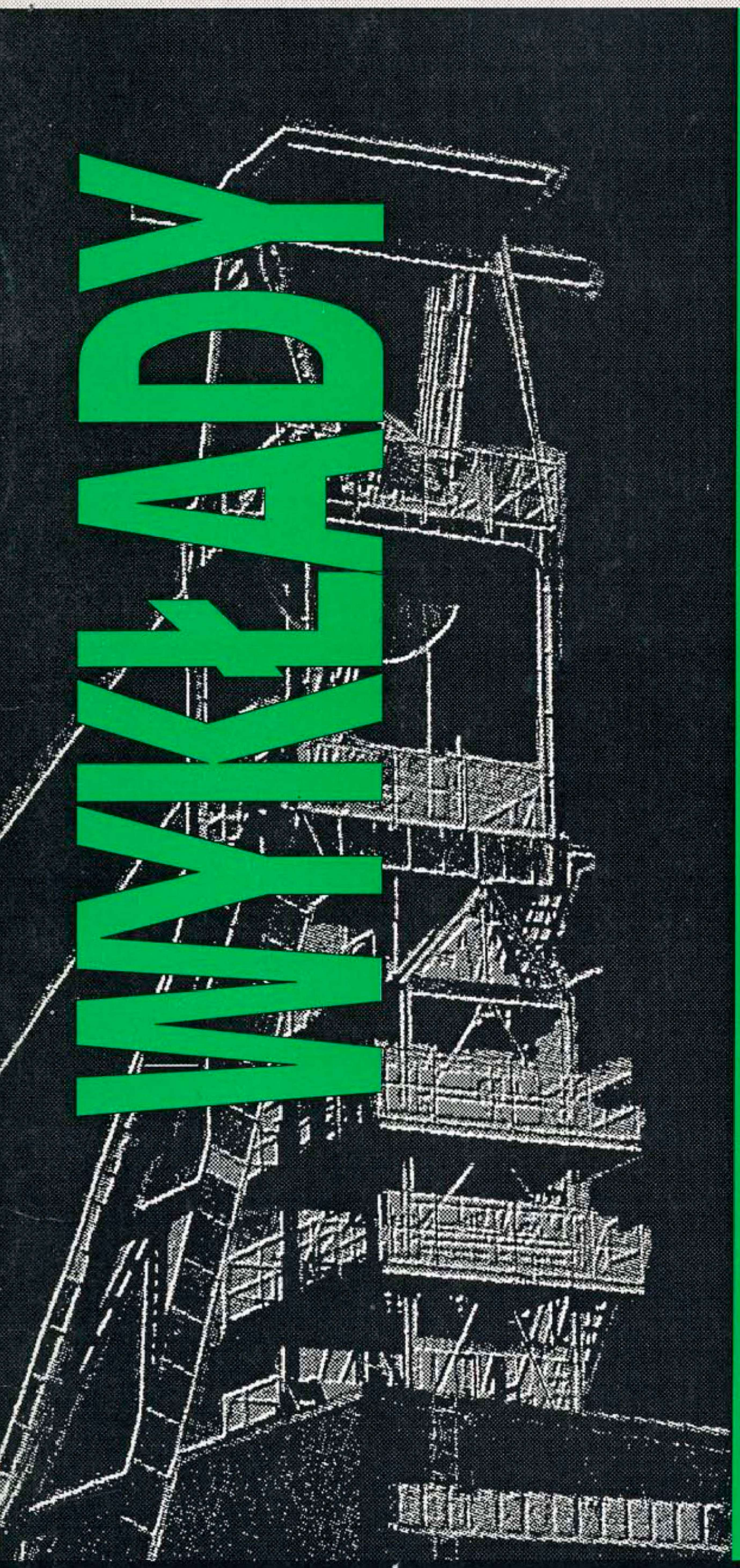


NR 7

SZKOŁA EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ

Marian POKULTINIS
Krzysztof KRÓL
Andrzej MALESZA
Janusz DWORAK
Jerzy KORNOWSKI

TECHNOLOGIA PROWADZENIA ZAMYKAJĄCYCH ŚCIAN ZAWAŁOWYCH W WARUNKACH SILNEGO ZAGROŻENIA TĄPANIAMI NA PRZYKŁADZIE ŚCIAN 4 i 5 W WARSTWIE PRZYSTROPOWEJ POKŁADU 509 W KOPALNI "BOBREK"

BIBLIOTEKA SZKOŁY EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ

Patron
Jubileuszowego wydania
Materiałów Konferencyjnych SEP
1992-2021

KGHM
POLSKA MIEDŹ

SZKOŁA EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ

MARIAN POKULTINIS, KRZYSZTOF KRÓL,
ANDRZEJ MALESZA JANUSZ DWORAK,
JERZY KORNOWSKI,

TECHNOLOGIA PROWADZENIA ZAMYKAJĄCYCH ŚCIAN ZAWAŁOWYCH W WARUNKACH SILNEGO ZAGROŻENIA TĄPANIAMI NA PRZYKŁADZIE ŚCIAN 4 I 5 W WARSTWIE PRZYSTROPOWEJ POKŁADU 509 W KOPALNI „BOBREK"

Szkoła Eksploatacji Podziemnej

Szczyrk, 27 luty—3 marzec 1995

BIBLIOTEKA SZKOŁY EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ

SERIA WYKŁADY NR 7

KOMITET ORGANIZACYJNY

Jacek Jarosz (sekretarz), Jerzy Kicki (przewodniczący), Maciej Mazurkiewicz, Zenon Pilecki (wiceprzewodniczący), Zbigniew Piotrowski, Richard Sabela — honorowy przedstawiciel w Niemczech, Piotr Saluga, Jacek Sobczyk, Krzysztof Stachurski, Jan Wacławski

ADRES KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

Szkoła Eksploatacji Podziemnej
ul. J. Wybickiego 7
31-261 Kraków 65, skr. poczt. 49
tel/fax (0-12) 36-12-24
fax 36-35-24

Druk publikacji wykonano na podstawie tekstów dostarczonych przez Autorów

Wszelkich informacji dotyczących materiałów udziela Komitet Organizacyjny

ISBN 83-86286-12-1

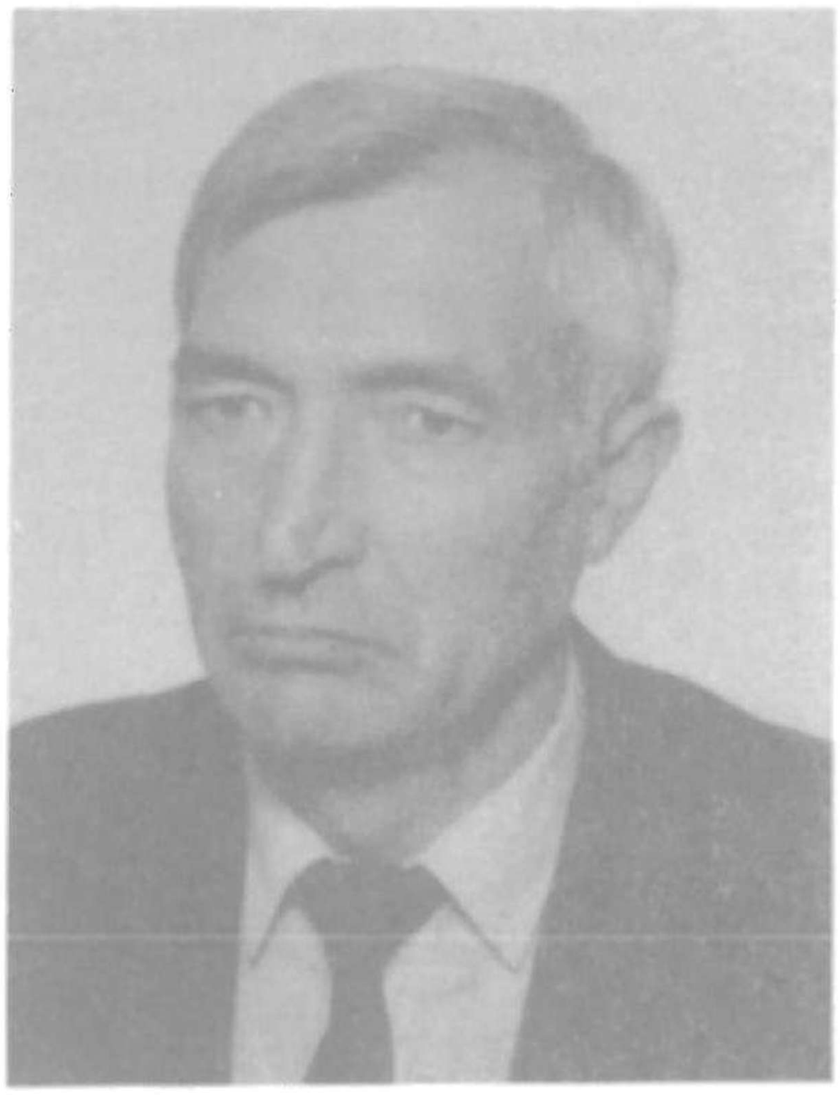
ADRES WYDAWNICTWA

31-261 Kraków, ul. J. Wybickiego 7, CPPGSMiE PAN

Druk z gotowych oryginałów wykonała: Drukarnia „APOSTROF", ul. Rajska 6
Wydanie I. Nakład 300 egz.

MARIAN POKULTINIS, KRZYSZTOF KRÓL
ANDRZEJ MALESZA JANUSZ DWORAK
JERZY KORNOWSKI,

Technologia prowadzenia zamykających ścian zawałowych w warunkach silnego zagrożenia tąpaniami na przykładzie ścian 4 i 5 w warstwie przystropowej pokładu 509 w kopalni „Bobrek”



MARIAN POKULTINIS

(notka biograficzna)

Ur. 1944 r. Absolwent Wydziału Górniczego Politechniki Śląskiej.

Całe życie zawodowe, poczynając od 1970 r., związany z górnictwem węglowym, w tym większość z Kopalnią „Bobrek". Przez kilka lat pracował w OUG w Katowicach i Kopalni „Śląsk". Obecnie dyrektor i kierownik Ruchu Zakładu Górniczego KWK „Bobrek".

Seria „Wykłady" nr 7 Szkoły
Eksploatacji Podziemnej, s. 5—36

Marian POKULTINIS, Krzysztof KRÓL, Andrzej MALESZA
Bytomska Spółka Węglowa S.A. — KWK „Bobrek", Bytom
Janusz DWORAK, Jerzy KORNOWSKI
Główny Instytut Górnictwa, Katowice

Technologia prowadzenia zamykających ścian zawałowych w warunkach silnego zagrożenia tąpaniami na przykładzie ścian 4 i 5 w warstwie przystropowej pokładu 509 w kopalni „Bobrek"

Słowa kluczowe

Eksploatacja górnicza-zagrożenie tąpaniami-profilaktyka tąpaniowa-metody badania stanu zagrożenia tąpaniami

Streszczenie

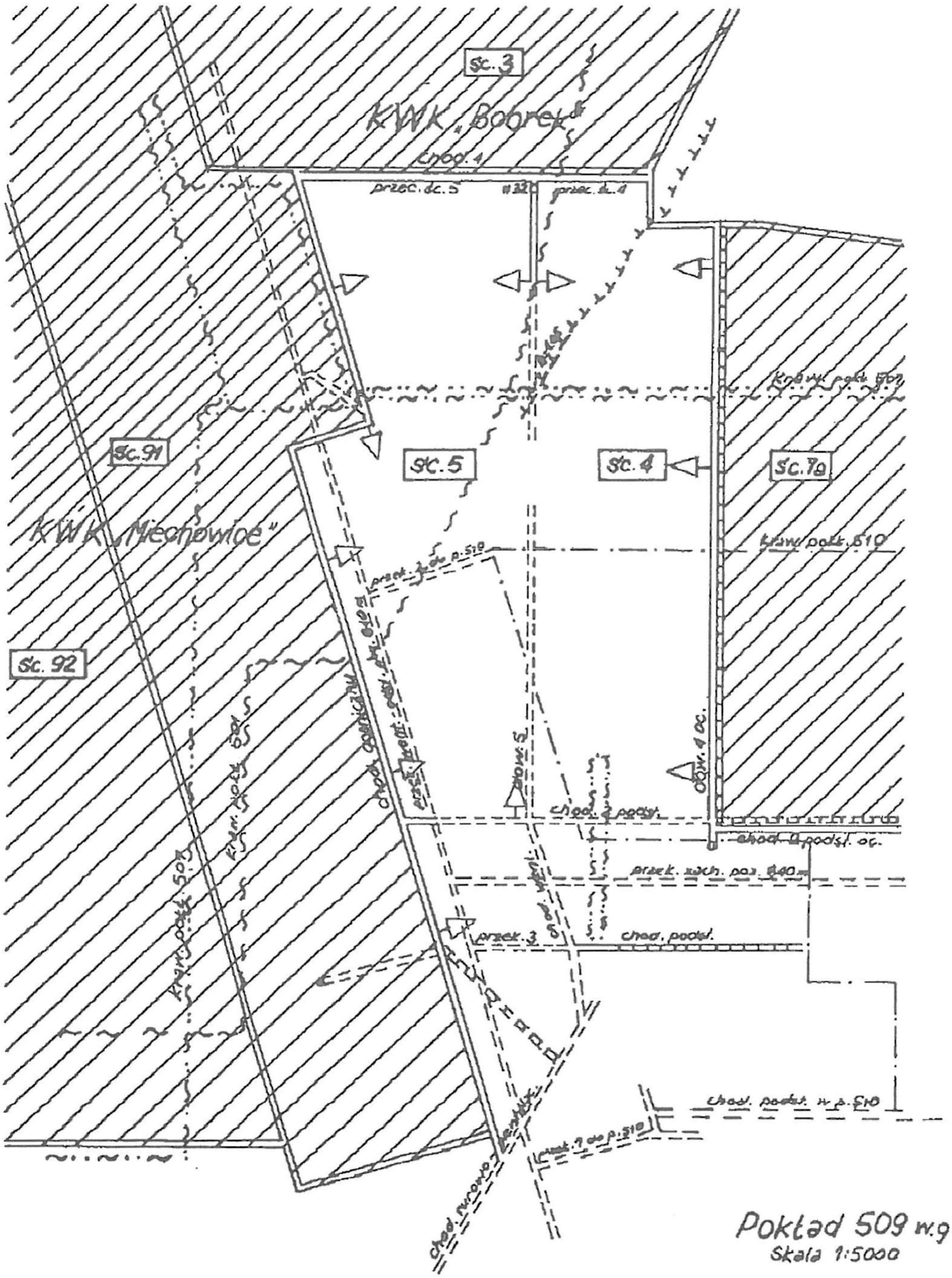
Opracowanie przedstawia realizację eksploatacji ścianami zawałowymi 4 i 5 w warstwie przystropowej pokładu 509 w warunkach silnego zagrożenia tąpaniami, spowodowanego niekorzystnymi warunkami geologicznymi i górniczymi. Ściany te zamykały eksploatację zawałową pokładu 509 w polu północnym kopalni „Bobrek", otwierając zarazem obszerne pole dla zawałowego wybierania przyspągowej warstwy pokładu 509 i dwóch warstw pokładu 510.

W artykule przedstawiono sposób rozcięcia i wybrania parcel ścian 4 i 5 w pokładzie 509, opisano warunki geologiczno-górnicze eksploatacji, technologię prowadzenia ścian 4 i 5, metody bieżącej i okresowej prognozy stanu zagrożenia tąpaniami oraz środki profilaktyki tąpaniowej.

1. Wprowadzenie

W okresie ostatnich dwóch lat (1992—94) kopalnia „Bobrek" osiągnęła jeden z podstawowych celów swego istnienia. Polegały one na zamknięciu płaszczyzny wybrania warstwy przystropowej pokładu 509 na linii chodnika 2 podstawowego i otwarcie znacznego pola eksploatacji zawałowej dla warstwy przyspągowej pokładu 509 i dwóch warstw pokładu 510 (rys. 1).

Zgodnie z pierwotnym *„Projektem eksploatacji górniczej na lata 1986—90"* parcela ścian 4 i 5 miała być wybrana trzema ścianami podłużnymi 4, 5 i 6 o kierunku wschód — — zachód. W 1989 roku nastąpiła zmiana koncepcji wybierania partii „D" przez kopalnię „Miechowice", graniczącej z kopalnią „Bobrek", gdzie zrezygnowano z eksploatacji warstwy



Rys. 1. Sytuacja geologiczno-górnicza rejonu ścian 4 i 5 w pokładzie 509; warstwa przystropowa wraz z wyjściowym schematem rozmieszczenia geofonów do obserwacji sejsmoakustycznych

Fig. 1. Mining and geological situation in the area of longwalls No 4 and 5 in a top slise of coal seam No 509 along with the initial geophone arrangement for seismoacoustic monitoring

przyspągowej pokładu 507 na rzecz eksploatacji warstwy przystropowej pokładu 509. Kopalnia „Bobrek", aby uniknąć dochodzenia partiami ścian 4, 5 i 6 do zrobów warstwy górnej pokładu 509 kopalni „Miechowice", wprowadziła dwie ściany zamykające 4 i 5 o frontach przesuwających się z północy na południe. W sierpniu 1990 roku kopalnia „Bobrek" przystąpiła do drążenia dowierzchni 5, jako chodnika międzyścianowego ścian 4 i 5. Dowierzchnię 5 najpierw drążono na północ z chodnika 2 podstawowego, następnie z chodnika 4 na południe, by w 1992 roku ponownie powrócić do drążenia od strony chodnika 2 podstawowego. Ostatecznie odcinek południowy osiągnął długość 328 m, a północny — 265 m. W trakcie drążenia dowierzchni 5 wystąpiły 4 tąpnięcia: po dwa w każdym odcinku dowierzchni. Po ostatnim tąpnięciu w dniu 9.05.1992 r. Kopalnia odstąpiła od przebicia pozostających jeszcze 58 m dowierzchni 5 i postanowiła przeprojektować sposób eksploatacji ścian 4 i 5.

2. Warunki geologiczno-górnicze

Pokład 509 o grubości ok. 5,4 m, nachyleniu 3—6° w kierunku południowym, zalega na głębokości ok. 720—840 m i w przedmiotowym rejonie obejmuje dno Niecki Bytomskiej. Pokład 509 zaliczony jest do III stopnia zagrożenia tąpaniami, I stopnia zagrożenia wodnego, II kategorii zagrożenia metanowego, klasy B zagrożenia pyłowego i III grupy skłonności do samozapalenia — wskaźnik Sz^{af} = 111°c/min.

Eksploatację pokładu 509 prowadzono dwoma systemami: z zawałem stropu i na podsadzkę hydrauliczną oraz warstwy przystropową i przyspągową. Wybieranie na podsadzkę wynikało z konieczności ochrony dzielnic miasta Bytom-Karb i Miechowice. Linię graniczną systemów eksploatacji dla warstwy przystropowej stanowi chodnik 2 podstawowy, a dla warstwy przyspągowej linię tę wyznaczono 80 m na północ od chodnika 2 podstawowego. Na północ od linii granicznych założono eksploatację zawałową, a na południe eksploatację podsadzkową (rys. 1).

Rozkład eksploatacji warstwy przystropowej pokładu 509 przez kopalnie „Bobrek" i „Miechowice" zdeterminował niekorzystne położenie, kształt i warunki naprężeniowe w polach ścian 4 i 5 (rys. 1). Parcela ścian 4 i 5 stała się rozległą resztką warstwy przystropowej pokładu 509, otoczoną zrobami:

— od północy — ściany 3,
— od wschodu — ściany 7a,
— od zachodu — ściany 91 KWK „Miechowice".

W polu ścian 4 i 5 przebiegają ślady krawędzi eksploatacji dokonanej w przeszłości w pokładach:

— 501 — na wysokość 3,0—3,2 m systemem zawałowym w latach 1983—84 przez KWK „Miechowice",
— 507 — na wysokość 3,5—3,9 m systemem zawałowym w latach 1982—88 przez KWK „Bobrek",
— 510 — na wysokość 2,3—2,5 m systemem z podsadzką hydrauliczną w latach 1988—89 przez KWK „Bobrek".

Pokład 501 zalega ok. 147 m, a pokład 507 ok. 8—10 m nad pokładem 509. Pokład 510 zalega 4—6 m pod pokładem 509.

Pole ścian 4 i 5 w większości odprężone było przez nadebranie zawałowe pokładu 507 oraz częściowo przez podebranie eksploatacją z podsadzką hydrauliczną pokładu 510. Jednak czynnikami mającymi większe znaczenie dla prowadzenia eksploatacji w pokładzie 509 były strefy zwiększonych naprężeń spowodowanych przez krawędzie tych samych dokonań eksploatacyjnych.

Na wybiegu ścian 4 i 5 znajdowały się:

— równoległa resztka pokładu 507 o szerokości 6—10 m,

— ukośna, natępnie równoległa, krawędź eksploatacji pokładu 501,

— równoległa, następnie ukośna, krawędź eksploatacji pokładu 510.

Na końcowym odcinku wybiegu ściany 4 położona była prostopadła do frontu resztka pokładu 507 o szerokości 10—12 m.

Rozruch ściany 4 prowadzony był w sąsiedztwie zalegających od północnego wschodu resztek pokładów 507 i 509, które pozostawiono z uwagi na stwierdzone robotami górniczymi występowanie strefy uskokowej i silne zagrożenie tąpaniami połączone z zagrożeniem pożarowym. Rozruch ściany 5 prowadzony był z kolei w sąsiedztwie pozostawionej, wskutek pożaru, od strony zachodniej rozległej resztki pokładu 507.

Pole ściany 4 i ok. 30% powierzchni pola ściany 5 znajdowało się pod obszarem sedymentacyjnego wymycia pokładu 501.

W polach ścian 4 i 5 występował uskok nożycowy o zrzucie 2,0 m w przecince ściany 4 i 1,05 m w miejscu przecięcia z dowierzchnią 5. Uskok ten wygasał w polu ściany 5 tuż przy dowierzchni 5 (5 m na zachód od dowierzchni i 232 m od przecinki ściany 5).

Ściana 5 przechodziła na poziomie 840 m nad przekopem 2 do pokładu 510 i przekopem wentylacyjno-odstawczym.

Parcela ścian 4 i 5 była nieregularna, dwukrotnie zawężała się od szerokości maksymalnej ok. 440 m do minimalnej ok. 320 m. Od południowej strony wybieg ścian otwierał się na caliznę pokładu 509, ale w rejonie tym — gęsto rozciętym wyrobiskami chodnikowymi w pokładach 509 i 510 oraz wyrobiskami przekopowymi na poziomach 726 m i 840 m — często dochodziło do dużej koncentracji naprężeń i występowania wstrząsów oraz sprowokowanych przez nie zjawisk określanych jako tąpnięcia.

Na skomplikowaną sytuację górniczą krępującą technologię eksploatacji ścian 4 i 5 nałożyła się budowa geologiczna złoża sprzyjająca występowaniu silnych wstrząsów sejsmicznych.

W stropie pokładu 509 zalega kilka kompleksów mocnych warstw piaskowców. Najbardziej istotnymi są 25-metrowa warstwa piaskowca drobnoziarnistego nad pokładem 507 w odległości ok. 25 m, 19,3-metrowa piaskowca średnioziarnistego nad pokładem 503 w odległości ok. 100 m i 20,8-metrowa piaskowca drobnoziarnistego nad pokładem 501 w odległości ok. 160 m.

Na niekorzystne warunki zalegania pokładu 509 nakładają się także znaczna skłonność węgla do tąpań (W_{ET} = 4,5) oraz jego wysoka wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe (Rc = 25—30 MPa). Poziom ciśnienia naturalnego w pokładzie 509 wynosi ok. 20 MPa, co stanowi przyczynę wysokiego naturalnego wytężenia tego pokładu. Z racji położenia w dnie niecki możliwe jest występowanie w warstwach skalnych zwiększonych ponad stan naturalny wartości ciśnień poziomych.

Celem ilościowego określenia stanu zagrożenia pola ścian 4 i 5 wykonane zostały badania geofizyczne metodą geotomografii sejsmicznej, oparte na międzychodnikowych prześwietleniach. Badania te wykonano we wrześniu 1992 roku przed uruchomieniem ścian 4 i 5. Potwierdziły one wysokie ryzyko wystąpienia tąpnięcia, wynikające z nawarstwienia niekorzystnych czynników geologicznych i górniczych. Analiza parametrów fal sejsmicznych wykazała, że pokład 509 poddany był silnemu oddziaływaniu krawędzi eksploatacji dokonanej w pokładach 501, 507 i 510 oraz zjawisk zachodzących wzdłuż diagonalnie biegnącego uskoku o zrzucie 1,0—2,0 m. W miejscach superpozycji tych wpływów poziom parametrów fal sejsmicznych był charakterystyczny dla **obszarów silnie zagrożonych tąpnięciem.**

3. Technologia eksploatacji ścian 4 i 5

Ostateczny projekt prowadzenia ścian 4 i 5 w warstwie przystropowej pokładu 509 powstał po tragicznym, czwartym tąpnięciu w drążonej dowierzchni 5 w dniu 9.05.1992 r. Dowierzchnia 5, jako chodnik międzyścianowy, miała służyć do odstawy urobku, wentylacji i jako dodatkowa droga wyjścia załogi. Najważniejszą funkcją tego wyrobiska było jednak dostarczenie powietrza w pole ścian 4 i 5, ponieważ sumaryczna długość ich frontów przewietrzanych jednym prądem powietrza przekraczała 400 m.

Po tym zdarzeniu zrezygnowano jednak z przebicia dowierzchni 5, a odstawę urobku przeniesiono do chodników konturujących pole ścian 4 i 5 i przylegających do zrobów uprzednio wybranych ścian w warstwie przystropowej pokładu 509. Na odcinkach wybiegu ścian 4 i 5, gdzie została wykonana dowierzchnia 5, bądź została zniszczona w wyniku zaistniałych tąpnięć, założono, że będzie ona wygradzana i utrzymywana pomiędzy tymi ścianami. Komisja ds. Tąpań w Kopalniach Węgla Kamiennego zabroniła prowadzenia jakichkolwiek prac w dowierzchni 5 związanych z likwidacją skutków tąpnięć. Kopalnia musiała utrzymywać więc dodatkowe wyjście z rejonu poprzez wykonany specjalnie szybik 32 z przekopu 1 wschodniego na poziomie 840 m do dowierzchni 5 i utrzymywanie dowierzchni 5 za frontem ścian.

Dla zwiększenia bezpieczeństwa prowadzenia robót założono czasowe zatrzymanie podsadzkowych ścian 3 i 4 w pokładzie 510 w warstwie przyspągowej, na odcinku 100 m na wschód od dowierzchni 4 ociosowej w pokładzie 509. Front ścian 3 i 4 w pokładzie 510 przesuwał się ze wschodu na zachód. Tąpnięcie, które w marcu 1993 r. wystąpiło w pokładzie 510 w chodniku podstawowym przed frontem zatrzymanej ściany 4 przy czynnej ścianie 3, spowodowało, że ściana 4 nie osiągnęła założonej linii zatrzymania. Jej front znajduje się ok. 90 m na wschód od ściany 3.

Zgodnie z wymogami *„Wytycznych bezpiecznego prowadzenia eksploatacji w pokładach zagrożonych tąpaniami"* w zakresie wybierania parcel resztkowych grubych pokładów, ściany 4 i 5 zaprojektowano w warstwie przystropowej pokładu 509 o froncie prostopadłym do zrobów i przesuwającym się w kierunku calizny węglowej. Grubość wybieranej warstwy wynosiła 2,5 m. Długość ściany 4 wynosiła najpierw 100 m, a po wydłużeniu 178 m. Długość ściany 5 wahała się od 245 m do 140 m. Ściany wyposażone były w obudowę zmechnizowaną FAZOS 12/28-Oz. Na napędach tylnych obydwu ścian przy dowierzchni 5 zabudowane były po dwie sekcje obudowy FAZOS 12/28-Oz/BSN, pozwalające podeprzeć strop na większej długości.

Ściana 4 została uruchomiona 4 listopada 1992 r. i na początkowym odcinku ok. 55 m była prowadzona jako pojedyncza. Po przystąpieniu do wydłużania ściany 4, w dniu 12 grudnia 1992 r. uruchomiono ścianę 5. Po zrównaniu się frontów ścian 4 i 5, od dnia 1 lutego 1993 r. obydwie ściany prowadzone były skoordynowanym frontem z przesunięciem frontów nie większym niż 10 m i postępem dobowym nie przekraczającym 3 m. Na zmianie do wydobycia obłożona była tylko jedna ściana. Od linii 220 m na południe od przecinek ścian 4 i 5 ograniczono postęp dobowy do 2,5 m. Przy odległości ok. 15 m przed krawędzią pokładu 510 postęp ścian został zmniejszony do 1,5 m na dobę, a maksymalne przesunięcie ścian po dowierzchni 5 ograniczono do 3 m celem osiągnięcia prostolinijności ścian przy przechodzeniu nad krawędzią pokładu 510. Od linii 30 m na południe od krawędzi pokładu 510 ściany 4 i 5 prowadzono z maksymalnym wyprzedzeniem frontów ścian wynoszącym tylko 1,5 m i postępem dobowym 1,5 m.

Po osiągnięciu przez ściany ok. 230 m wybiegu, za zgodą Wyższego Urzędu Górniczego, odstąpiono od pracochłonnego i niebezpiecznego, z uwagi na stan techniczny obudowy, utrzymywania dowierzchni 5 za frontem ścian. Nad dowierzchnią 5, która na przeważającej długości była zniszczona zaistniałymi w przeszłości tąpnięciami i zagnieciona występującymi w jej otoczeniu wzmożonymi ciśnieniami, stosowano pomiędzy skrajnymi sekcjami obudowy zmechanizowanej ścian obudowę indywidualną ze stropnicami stalowo-członowymi zagęszczonymi do 0,5 m i podpartymi stojakami hydraulicznymi SHC.

4. Metody bieżącej i okresowej prognozy stanu zagrożenia tąpaniami

W zakresie bieżącej kontroli stanu zagrożenia Kopalnia obligatoryjnie stosowała kompleksową metodę oceny stanu zagrożenia tąpaniami.

Rozeznanie górnicze prowadzano dwoma sposobami, opierając się na instrukcji metody kompleksowej oraz na wynikach cyklicznie prowadzonych badań sejsmicznych. Metody te wykorzystywano przede wszystkim do wyznaczania rejonów szczególnie zagrożonych oraz oceny efektywności stosowanych metod aktywnej profilaktyki tąpaniowej. Ocenę zagrożenia prowadzono zgodnie z metodą kompleksową według jednolitej punktacji metod szczegółowych, przyjmując każdorazowo wyższą punktację spośród dwóch wymienionych powyżej sposobów rozeznania.

Do okresowych prognoz wykorzystywano pomiary sejsmoakustyczne aparaturą WLIS, stosując najpierw metodę Wzbudzonej Aktywności Sejsmoakustycznej (WAS), a następnie Rozwiniętą Metodę Sejsmoakustyczną (RMS), oraz pomiary sejsmiczne metodą prześwietleń międzychodnikowych z wykorzystaniem profesjonalnej aparatury Głównego Instytutu Górnictwa i kopalnianych stacjonarnych aparatur sejsmoakustycznych PRS i ARES.

Wskazania rozeznania górniczego przeprowadzonego według instrukcji i według badań sejsmicznych determinowały częstotliwość badań metodami WAS lub RMS oraz badań geotomograficznych. Celem tego działania było zwiększenie ilości kontroli rozkładu stanu naprężenia w górotworze w przypadkach silnego zagrożenia, by móc jak najwcześniej podjąć decyzje ruchowe co do zasad poruszania się i przebywania załogi w rejonie ścian 4 i 5 i by ustalić bieżące i długofalowe środki aktywnej profilaktyki tąpaniowej.

4.1. Wiercenia otworów małośrednicowych

Podczas wiercenia otworów małośrednicowych nie stwierdzono stref koncentracji naprężeń w ociosach ścian 4 i 5 na głębokości do 12 m, ani na głębokości do 15 m w otworach do strzelań wstrząsowo-odprężających w pokładzie. Maksymalny wychód zwiercin w ścianach 4 i 5 wyniósł 4,5 l/mb otworu.

4.2. Obserwacje sejsmologiczne

Obserwacje mikrosejsmologiczne prowadzone były za pomocą 6 sejsmometrów SPI-70 umieszczonych na pięciu stanowiskach sejsmologicznych tworzących sieć pozwalającą na lokalizację wstrząsów na całym obszarze eksploatacyjnym Kopalni. Dla zwiększenia dokładności rejestracji wstrząsów w rejonie ścian 4 i 5 Kopalnia zabudowała dodatkowo w grudniu 1993 r. trzy stanowiska sejsmologiczne w przekopach 1 i 2 do pokładu 510 i w przekopie zachodnim na poziomie 840 m, umożliwiające rejestrację wstrząsów z tego rejonu o energiach od 10^2 J.

Aktywność sejsmologiczna w rejonie ścian 4 i 5 początkowo była słaba i średnia. Następnie ustabilizowała się jako średnia, niejednokrotnie na pograniczu aktywności dużej.

W tabelach 1 i 2 przedstawiono aktywność sejsmologiczną dla ścian 4 i 5.

Tabela 1. Aktywność sejsmologiczna dla ściany 4 w warstwie przystropowej pokładu 509 od rozpoczęcia eksploatacji, tj. od 4.11.1992 r. do 31.12.1994 r.
Table 1. Seismoacoustic activity of longwall no 4 from 4.11.92 to 31.12.94

Energia / Miejsce wstrząsu	10^2 J od 12.93	10^3 J	10^4 J	10^5 J	Suma wstrząsów	Całkowita ilość wydzielonej energii $*10^5$ J
Zroby	10	43	77	3	133	112,762
Wybieg	71	70	105	20	266	
Suma wstrząsów	81	113	182	23	399	

Tabela 2. Aktywność sejsmologiczna dla ściany 5 w warstwie przystropowej pokładu 509 od rozpoczęcia eksploatacji, tj. od 12.12.1992 r. do 31.12.1994 r.
Table 2. Seismoacoustic activity of longwall no 5 from 12.12.92 to 31.12.94

Energia / Miejsce wstrząsu	10^2 J od 12.93	10^3 J	10^4 J	10^5 J	Suma wstrząsów	Całkowita ilość wydzielonej energii $*10^5$ J
Zroby	7	47	64	6	124	146,078
Wybieg	53	81	126	29	298	
Suma wstrząsów	60	128	190	35	413	

Ogółem w rejonie ścian 4 i 5 wystąpiło 812 wstrząsów górotworu, z tego 141 wstrząsów rzędu 10^2 J, 241 — rzędu 10^3 J, 372 — rzędu 10^4 J i 58 — rzędu 10^5 J.

Ponad 2/3 wstrząsów z ogólnej ich ilości wystąpiło na wybiegu ścian, a spośród wstrząsów o energii rzędu 10^5 J aż 85% wystąpiło przed frontem ścian 4 i 5.

Po wstrząsach górotworu generowanych przez eksploatację ścianami 4 i 5 nie wystąpiły zjawiska dynamiczne powodujące przemieszczanie się mas skalnych do czynnych wyrobisk i utratę ich funkcjonalności. W czasie zbliżania się frontu ścian 4 i 5 do krawędzi pokładu 510 po wstrząsach o energii rzędu 10^5 J następowało z reguły urabianie ociosu węglowego tych ścian na przenośnik, nie powodujące zatrzymania ruchu ani obrażeń załogi.

4.3. Obserwacje i badania sejsmoakustyczne

Badania sejsmoakustyczne prowadzone były w ciągu całego czasu eksploatacji omawianego rejonu, przy użyciu zarówno biernej (stacjonarnej), jak i aktywnej metody sejsmoakustycznej.

Do pomiarów aktywnych początkowo (do 1993 r.) wykorzystywano metodę Wzbudzonej Aktywności Sejsmoakustycznej (WAS), a następnie tak zwaną Rozwiniętą Metodą Sejsmoakustyczną (RMS), która jest nowoczesną wersją metody WAS. Kopalnia „Bobrek": posiada dwie aparatury WLIS, niezbędne do tych pomiarów, dzięki czemu pomiary mogą być wykonywane ze znaczną częstotliwością. Metodę RMS stosowano na podstawie Instrukcji opracowanej przez Główny Instytut Górnictwa. Pomiar RMS polega na odpaleniu 1 kg MW i rejestracji w ciągu ok. 1 godziny tak wzbudzonej emisji sejsmoakustycznej. Wyniki rejestracji są wprowadzane do komputera, gdzie odpowiedni program wykonuje określone w Instrukcji tej metody obliczenia i podaje wynik oceny zagrożenia w formie dokumentu zgodnego z wymogami tej Instrukcji.

Zarówno metoda RMS, jak i metoda WLIS posiadają niezbędne zezwolenia i dopuszczenia do stosowania. Metoda, początkowo zwana jako „metoda WAS", stosowana jest w większości kopalń Bytomskiej Spółki Węglowej S.A. co najmniej od połowy lat osiemdziesiątych (Chachulski i Trombik 1985 r.). Dokładniejszy opis metody wraz z przykładami stosowania podaje np. Kornowski (1994 r.).

Bierna metoda sejsmoakustyczna realizowana była przy użyciu aparatury PRS-4a wyposażonej w tory TSA-32 z geofonami DF7G. Metodę stosowano zgodnie z Instrukcją Wspólnoty Węgla Kamiennego (Cianciara i in., 1988 r.) z zaostrzonymi kryteriami — o czym poniżej. Dla geofonów uznanych za zasadnicze dla oceny zagrożenia w bezpośrednim otoczeniu ścian 4 i 5, do oceny zagrożenia tąpaniami wykorzystywano przede wszystkim godzinowe oceny sejsmoakustyczne. Od pewnego etapu godzinowe kryteria zostały zaostrzone. Doświadczenie Kopalni wykazało, że wykorzystanie ocen godzinowych miało zasadnicze znaczenie dla uzyskania użytecznej w praktyce rozdzielczości czasowej przy określaniu czasów zarówno wzrostów, jak spadków zagrożenia. Autorzy sądzą, że ograniczenie się do obserwacji i ocen zmianowych zdecydowanie zredukowałoby użyteczność sejsmoakustyki, praktycznie uniemożliwiając krótkotrwałe (trwające od jednej do trzech godzin, patrz tab. 3 i 4) wycofania załogi z miejsc chwilowo najbardziej zagrożonych.

Informacje zgromadzone w wyniku prowadzonych robót górniczych, z rozeznania górniczego oraz badań geofizycznych spowodowały, że rejon ścian 4 i 5 w warstwie przystropowej pokładu 509 od początku uznano za rejon, w którym istnieje możliwość koncentracji dużych

naprężeń górotworu i największe prawdopodobieństwo wystąpienia wysokoenergetycznych wstrząsów i tąpań.

W związku z tym rejon ten objęty został szczególną obserwacją sejsmoakustyczną. Obserwację prowadzono przy użyciu stacjonarnej aparatury PRS-4a, z geofonami zabudowanymi na kotwiach. Stwierdzono przy tym, że daje to obserwacje jakościowo równie dobre lub lepsze niż w przypadku geofonów umieszczonych na dnie otworów, znacznie zmniejszając przy tym straty wywołane np. zaciśnięciem lub uszkodzeniem geofonu w głębi otworu.

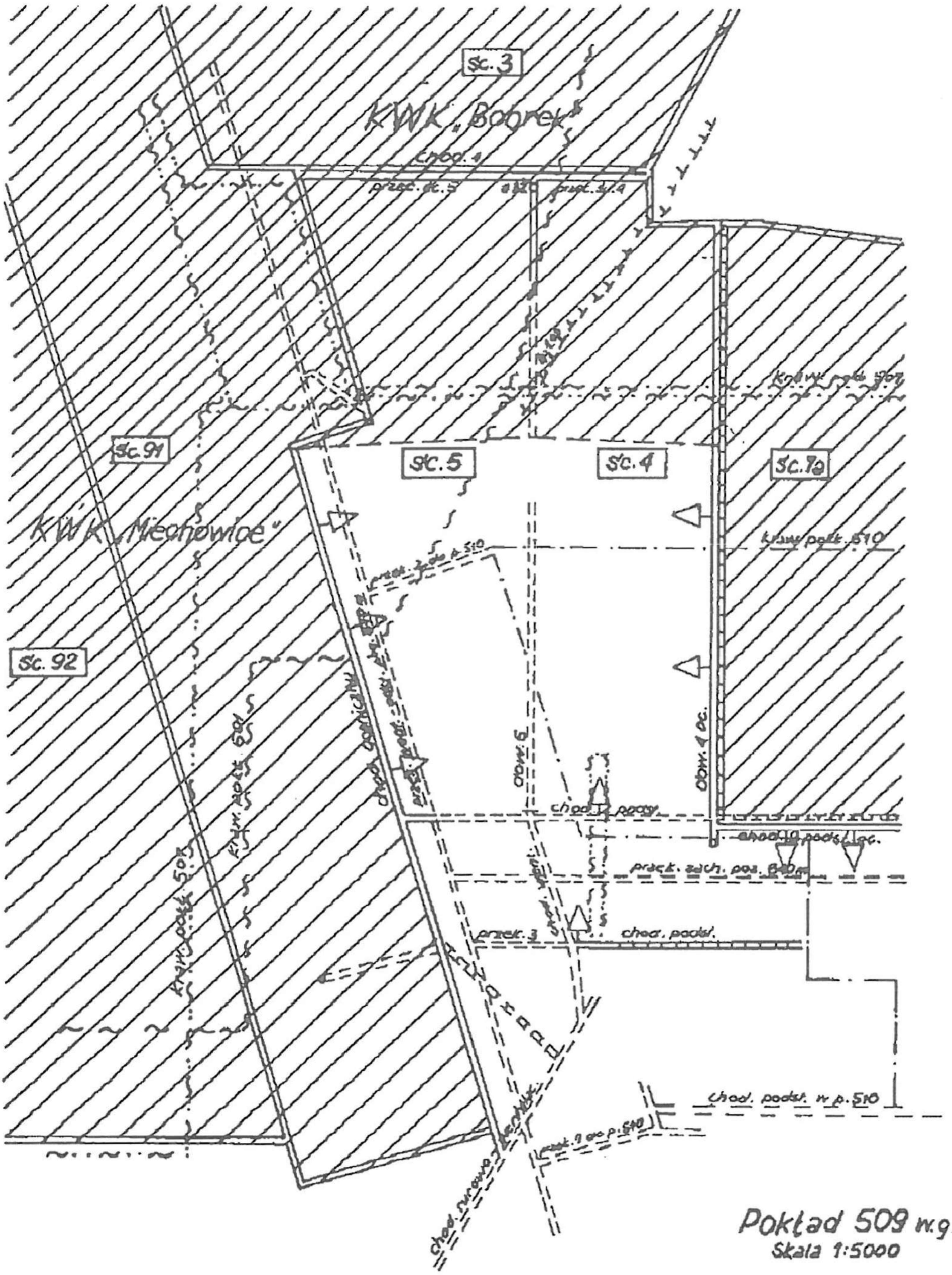
Początkowo obserwacje prowadzono przy użyciu 11 geofonów, rozmieszczonych jak pokazano na rysunku 1. Cztery z tych geofonów były geofonami zasadniczymi. Od momentu, w którym pozostało ok. 260 m do zakończenia biegu ścian, obserwacje prowadzono przy użyciu 9 geofonów, rozmieszczonych jak pokazano na rysunku 2. Ostatnie 100 m biegu ścian obserwowano również przy użyciu 9 geofonów, lecz zabudowanych w innej konfiguracji, pokazanej na rysunku 3. Dodatkowo, we wrześniu 1993 r., zabudowano dwa geofony w pokładzie 509 z chodnika podstawowego w pokładzie 510.

Od dnia 28.04.1993 r., gdy ściany miały jeszcze przed sobą ok. 440 m wybiegu, wszystkie geofony w rejonie ścian 4 i 5 traktowane były jako zasadnicze, a ich wskazania brane pod uwagę przy ocenie stanu zagrożenia tąpaniami w rejonie ścian i przy podejmowaniu decyzji o wycofaniu załogi poza strefy szczególnego zagrożenia tąpaniami.

Dla całego rejonu ścian 4 i 5 obniżony był próg procentowego wzrostu aktywności sejsmoakustycznej (dopuszczalna odchyłka), którego przekroczenie decydowało o wycofaniu załogi.

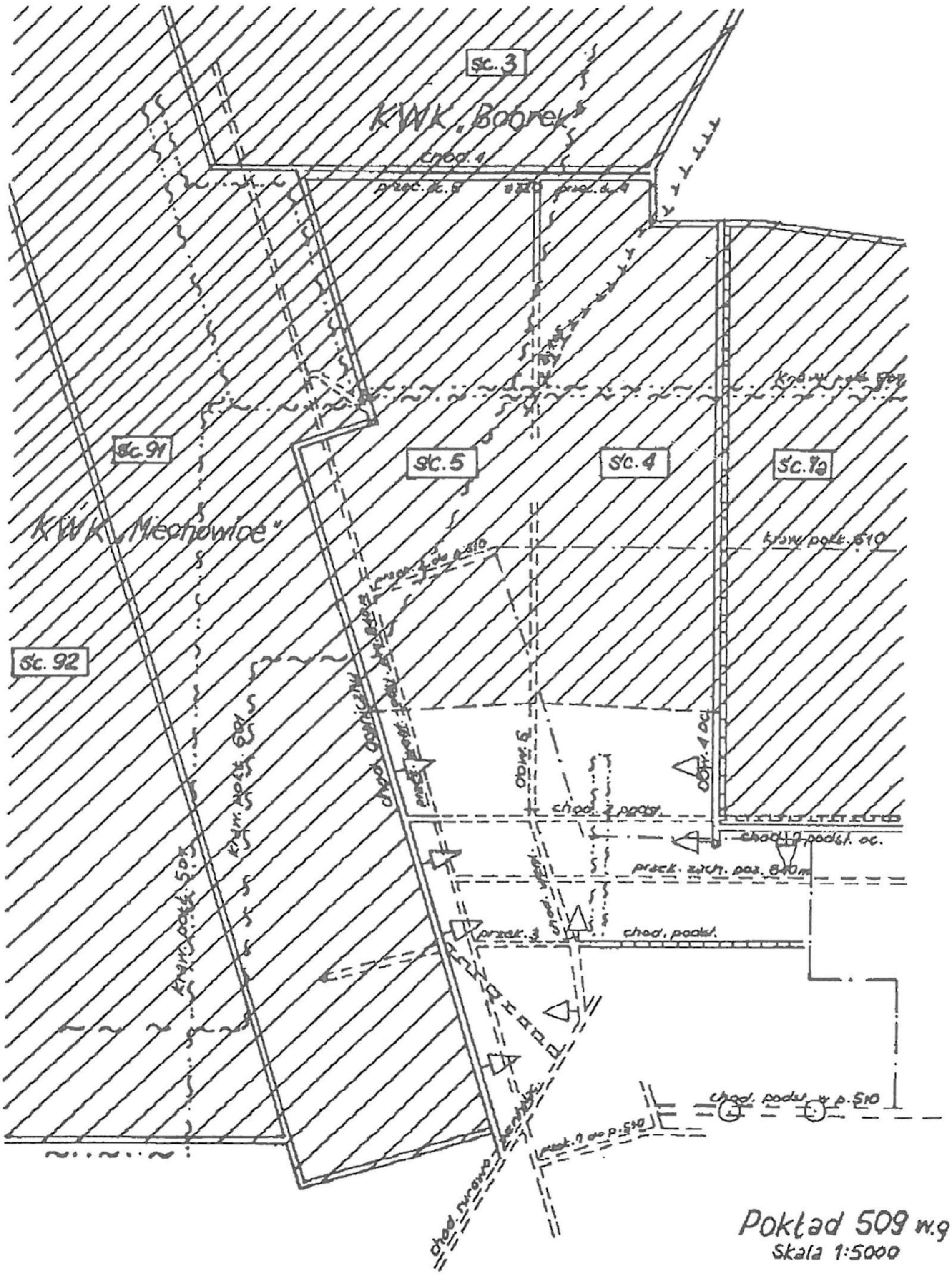
Przyjęto, że odchyłka ponad 200% trwająca ponad godzinę jest wystarczającym powodem do wycofania załogi. Należy zauważyć, że według nadal obowiązującej Instrukcji stosowania metody sejsmoakustycznej, do wycofania załogi potrzebna jest trwająca co najmniej cztery godziny odchyłka 300%. Ponadto, na ostatnich 80 m wybiegu ścian czas trwania wycofania zależny był od energii wstrząsu (o ile wstrząs wystąpił), a samo kryterium — po stwierdzeniu, że rejon ognisk zbliża się do frontu ścian — jeszcze zaostrzono do 100%.

W rejonie ścian 4 i 5 stosowano więc znacznie zaostrzone — zarówno co do wielkości, jak i czasu trwania odchyłek emisji — kryterium decydujące o wycofaniach załogi. Podkreślić należy, iż przy takim sposobie realizacji metody, dzięki użyciu dużej ilości (9—11) geofonów i godzinowych ocen zagrożenia, metoda sejsmoakustyczna miała wielokrotnie polepszoną rozdzielczość zarówno czasową, jak i przestrzenną. Umożliwiło to ograniczenie negatywnych dla produkcji skutków i często nietrafnych wycofań załogi (tzw. fałszywych alarmów). Rejon ścian 4 i 5 w pokładzie 509 charakteryzował się dużą aktywnością sejsmoakustyczną, która często sygnalizowała istotny wzrost zagrożenia tąpaniami. Stwierdzono łącznie 107 przypadków wzrostów emisji powodujących wycofanie załogi przed wstrząsem — były to więc alarmy trafne. 57 trafnych alarmów miało miejsce w ścianie 4 i 50 trafnych alarmów w ścianie 5. Dla ściany 4 alarmy trafne (gdy w czasie wycofania załogi wystąpił wstrząs) stanowiły ok. 15% z ogólnej liczby 399 wycofań, dla ściany 5 stanowiły one nieco ponad 8% z liczby 608 wycofań. Łącznie zanotowano ok. 10% alarmów trafnych i ok. 90% alarmów fałszywych w dużym zbiorze, liczącym ponad 1000 przypadków wycofania załogi. Jest to więc statystyka wiarygodna.



Rys. 2. Konfiguracja geofonów do obserwacji sejsmoakustycznych w fazie zbliżania się frontu ścian 4 i 5 do krawędzi eksploatacji pokładu 510

Fig. 2. Geophone arrangement for seismoacoustic monitoring when the faces of longwall No 4 and 5 were approaching an edge Coal seam No 510



Rys. 3. Konfiguracja geofonów do obserwacji sejsmoakustycznych w końcowej fazie eksploatacji ścian 4 i 5

Fig. 3. Geophone arrangement for seismoacoustic monitoring in a final stage of mining of longwall No 4 and 5

Tabela 3. Rozkład aktywności sejsmoakustycznej dla ściany 4
Table 3. Seismoacoustic activity of longwall No 4

Data miesiąc, rok	Ilość wycofań załogi	Czas wycofań załogi h : min	Ilość wzrostów zmianowych
XI 92	23	55 : 05	3
XII 92	12	22 : 00	1
I 93	17	24 : 00	1
II 93	21	32 : 00	2
III 93	38	66 : 45	5
IV 93	22	36 : 00	1
V 93	18	34 : 00	6
VI 93	20	34 : 55	1
VII 93	17	39 : 45	2
VIII 93	22	44 : 00	5
IX 93	20	37 : 00	2
X 93	3	3 : 00	—
XI 93	11	21 : 00	2
XII 93	16	25 : 00	2
I 94	19	33 : 00	1
II 94	18	43 : 00	2
III 94	20	51 : 00	7
IV 94	7	10 : 00	1
V 94	14	27 : 00	—
VI 94	16	32 : 00	2
VII 94	26	54 : 00	6
VIII 94	17	29 : 00	1
IX 94	2	34 : 00	—
Razem	399	787 : 30	53

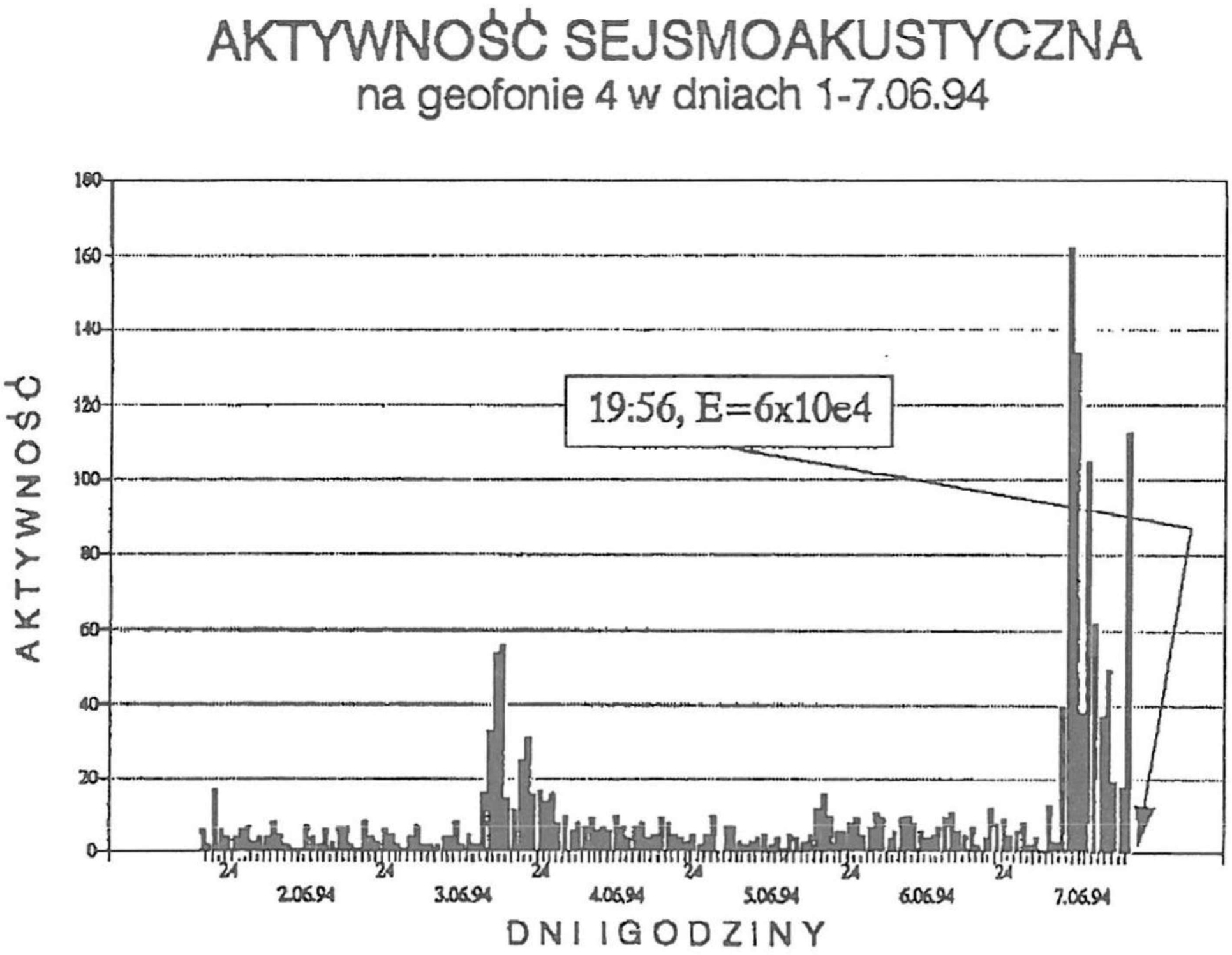
Jest to bardzo ważna, po raz pierwszy — zapewne w skali światowej — **podana statystyczna ocena potencjalnej** (przy poprawnej i ostrożnej realizacji) **skuteczności metody sejsmoakustycznej, stosowanej do oceny zagrożenia tąpaniami** (co w praktyce aproksymowano zagrożeniem wstrząsami). Bez wątpienia zmniejszenie liczby fałszywych alarmów winno być jednym z celów dalszego rozwoju metody sejsmoakustycznej. Straty czasu pracy — wywołane wycofaniami — w zestawieniu miesięcznym podano w tabelach 3 i 4 odpowiednio dla ścian 4 i 5. Z końcowego

zestawienia wynika, że średni czas wycofania był zbliżony do 2 godzin (mimo, że w końcowym etapie po silniejszych, np. ponad 10^4 J lub ponad 10^5 J, wstrząsach czas wycofania był znacznie dłuższy) i występowało średnio ok. 23 wycofań miesięcznie (dla obu ścian 1008 wycofań w ciągu 23 + 21 = 44 miesięcy) na każdej ze ścian. Oznacza to, że średnio na każdej ścianie raz na dobę w dni robocze wycofywano załogę. Gdybyśmy posługiwali się ocenami zmianowymi, zapewne oznaczałoby to całkowitą dezorganizację produkcji. Czwarta (tzn. prawa) kolumna w tabelach 3 i 4 podaje ilości alarmujących przekroczeń na podstawie ocen zmianowych.

Dwa typowe przypadki trafnej oceny prognozy pokazano na rysunkach 4 i 5.

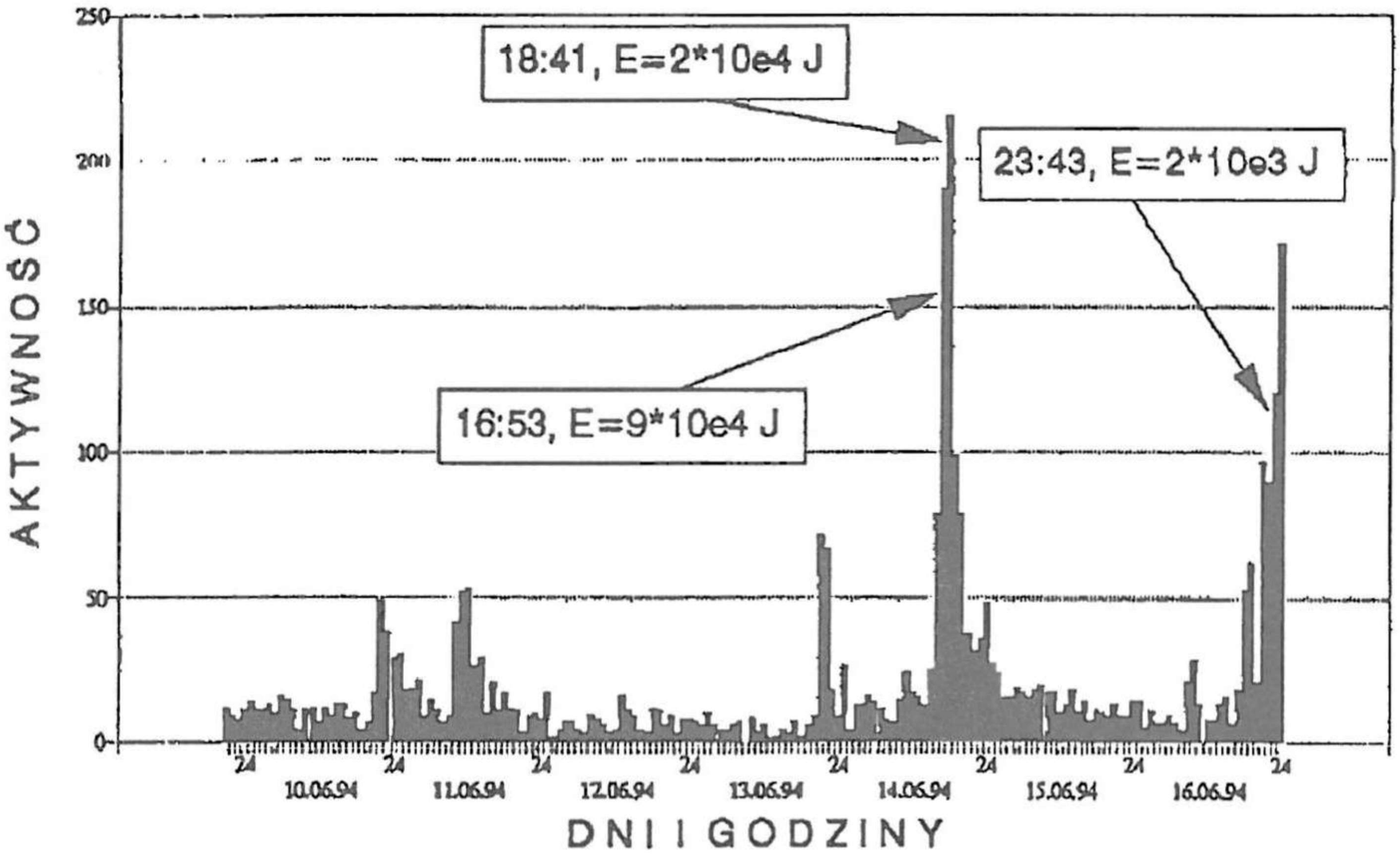
Tabela 4. Rozkład aktywności sejsmoakustycznej dla ściany 5
Table 4. Seismoacoustic activity of longwall No 5

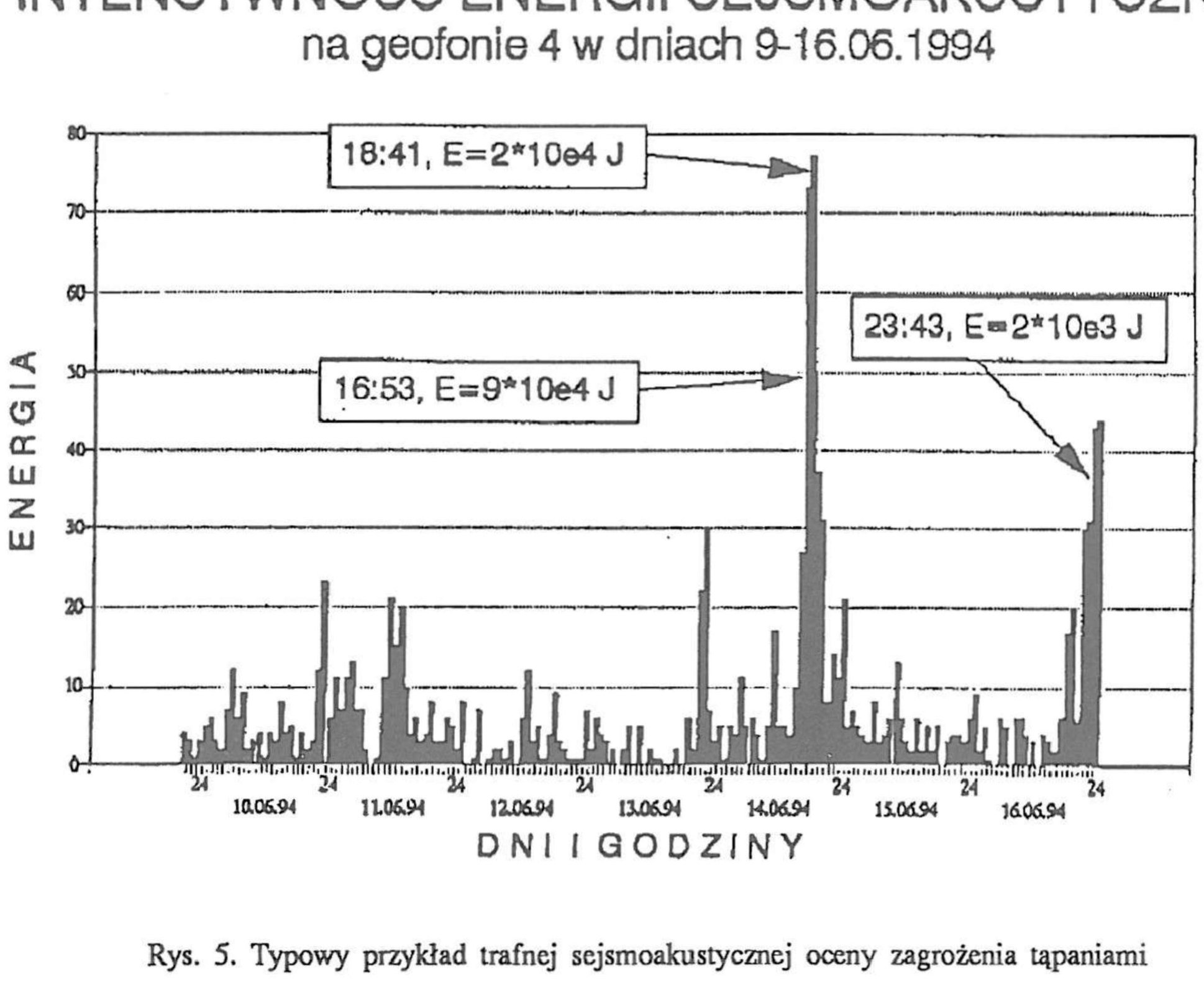
Data miesiąc, rok	Ilość wycofań załogi	Czas wycofań załogi h : min	Ilość wzrostów zmianowych
XII 92	15	34 : 45	3
I 93	19	30 : 00	—
II 93	33	51 : 00	3
III 93	42	73 : 00	2
IV 93	25	55 : 00	5
V 93	16	29 : 00	3
VI 93	34	58 : 00	2
VII 93	36	57 : 00	5
VIII 93	24	69 : 00	3
IX 93	27	55 : 00	3
X 93	29	49 : 00	—
XI 93	35	53 : 00	1
XII 93	41	64 : 00	5
I 94	41	86 : 00	10
II 94	49	70 : 00	5
III 94	25	52 : 00	10
IV 94	22	44 : 00	2
V 94	28	54 : 00	4
VI 94	25	55 : 00	5
VII 94	25	46 : 00	6
VIII 94	17	35 : 00	2
IX 94	—	—	—
Razem	608	1 119 : 45	79



Rys. 4. Typowy przykład trafnej sejsmoakustycznej oceny zagrożenia tąpaniami

Fig. 4. A typical example of proper rockburst risk evaluation by seismoacoustic method





Rys. 5. Typowy przykład trafnej sejsmoakustycznej oceny zagrożenia tąpaniami

Fig. 5. A typical example of proper rockburst risk evaluation by seismoacoustic method

Należy zauważyć, że wstrząsy wystąpić mogą zarówno w okresie spadku emisji po jej uprzednim silnym wzroście (rys. 4), jak i w okresie silnego wzrostu emisji (rys. 5), bez uprzedniego spadku. Ponieważ przykładów takich jest więcej, obserwacja ta może mieć znaczenie dla toczącej się dyskusji o instrukcji metody sejsmoakustycznej. Ponadto rysunki 4 i 5 wskazują na niemal idealną korelację pomiędzy rejestrowaną energią i aktywnością (rejestrowaną aparaturą PRS z torem TSA-32), co oznacza, że mimo niekorzystnej charakterystyki pomiar energii aparaturą PRS ma sens i dostarcza użytecznych informacji.

Ponieważ rejon ścian 4 i 5 traktowany był jako trudnoobserwowalny bierną metodą sejsmoakustyczną, dla pełniejszej oceny zagrożenia, na każdej ze ścian dwa razy w tygodniu wykonywano pomiar aktywną metodą sejsmoakustyczną (na początku WAS, potem RMS). W miejscach oczekiwanego silnego zagrożenia badania przeprowadzano co dwa dni w co najmniej trzech punktach, by wyeliminować efekt „punktowego" charakteru pomiaru. Na ostatnich 60 m wybiegu ścian pomiary RMS jeszcze zagęszczono do trzech tygodniowo zawsze w trzech punktach na każdej ścianie. Na tym (końcowym) odcinku wybiegu badania aktywne wykazywały zwykle słaby stan zagrożenia, co było potwierdzane też metodą geotomografii sejsmicznej.

Podsumowanie

Wykorzystanie godzinowych (zamiast zmianowych) ocen zagrożenia i gęstej sieci czujników (9—11 dla rejonu dwóch ścian) umożliwiło lokalne i krótkotrwałe wycofanie załogi poza strefy zagrożone bez poważnej dezorganizacji produkcji.

Po raz pierwszy określono na dużej próbie (ponad 1000 alarmów) statystykę trafności alarmów sejsmoakustycznych. Dla ścian 4 i 5 kopalni „Bobrek" otrzymano ok. 10% alarmów trafnych i ok. 90% alarmów fałszywych.

Właściwa koordynacja pomiarów aktywnych i biernych prowadzi do znacznie bardziej wiarygodnych wyników sejsmoakustycznej oceny stanu zagrożenia tąpaniami. Wyniki pomiarów aktywnych są z reguły zgodne z wynikami oceny zagrożenia uzyskanymi na podstawie geotomografii dla obszarów, gdzie stosowano obydwie metody.

Celowa jest dalsza poprawa rozdzielczości metody sejsmoakustycznej, zmierzająca do dokładniejszego określania momentu spadków zagrożenia umożliwiającego powrót załogi do miejsca pracy.

4.4. Badania sejsmiczne

Eksploatacja górnicza skrępowana różnego typu uwarunkowaniami geomechanicznymi może doprowadzić do indukowania silnych wstrząsów górotworu, a w efekcie do wystąpienia tąpnięć niszczących wyrobiska górnicze. Istnienie tego typu zagrożenia wymaga prowadzenia monitoringu ośrodka w celu:

— zapewnienia bezpieczeństwa prowadzonych robót i zainstalowanych pod ziemią urządzeń, poprzez ostrzeganie o anomalnym rozwoju procesów naprężeniowo-deformacyjnych,

— sprawdzania słuszności przyjętych modeli teoretycznych oraz wartości własności masywu skalnego, przyjętych w obliczeniach,

— kontrolowania efektu stosowanych robót zabezpieczających (Brown E.T. 1993).

Istotnym ponadto elementem zadań metod diagnozujących stan górotworu jest analiza sejsmiczności danego obszaru przed i po rozpoczęciu eksploatacji. Wieloletnie doświadczenia prowadzone w kopalniach wykazały, że jedną z podstawowych metod badawczych realizujących przedstawione powyżej zadania jest metoda sejsmiczna zakładająca, że zjawiska zachodzące w masywie górotworu poddanym wpływom działalności górniczej znajdują odzwierciedlenie w zmianach lepkosprężystych własności ośrodka skalnego, a te z kolei określają kinematyczne i dynamiczne parametry fal sejsmicznych rozchodzących się w tym ośrodku. Metoda ta wykazuje szczególną efektywność przy ocenie przestrzennego rozkładu zagrożenia oraz kontrolowaniu efektywności stosowanych środków zabezpieczających roboty górnicze. W przypadku sytuacji, jaka wystąpiła w polu ścian 4 i 5 KWK „Bobrek", czynniki te miały kapitalne znaczenie zarówno przy wyborze właściwej technologii prowadzenia eksploatacji, jak i prawidłowo umieszczonych w czasie i przestrzeni metod profilaktyki tąpaniowej. Z obszernego materiału obserwacyjnego, uzyskanego w trakcie prowadzonych w okresie ponad dwóch lat badań, przytoczymy typowe przykłady uzyskanych rezultatów.

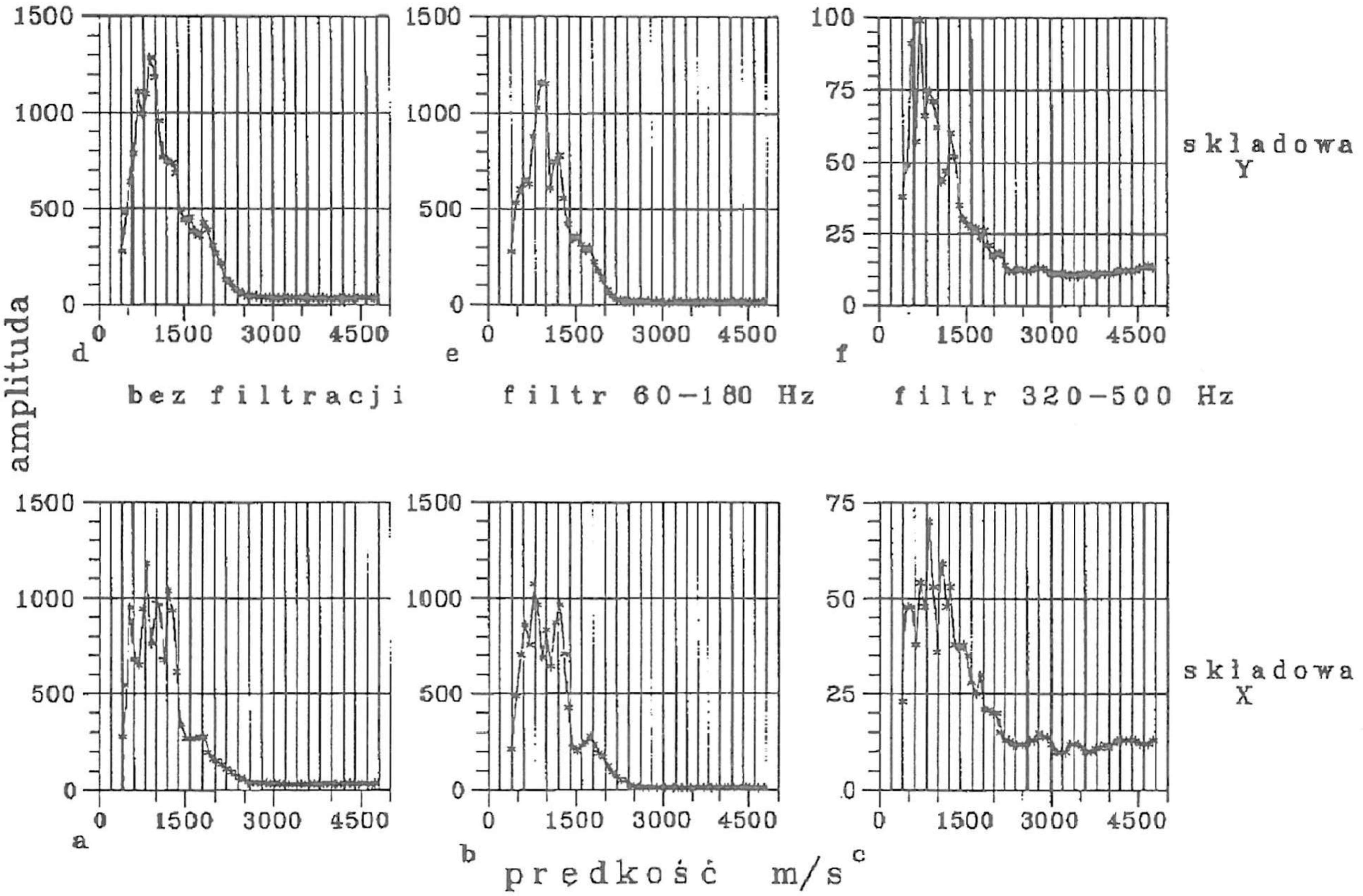
Metodyka prac badawczych

Badania sejsmiczne wykonywane były metodą międzychodnikowych prześwietleń sejsmicznych. W chodnikach konturujących pole ścian 4 i 5 lokalizowano geofony rejestrujące fale sejsmiczne wzbudzane przez odpalanie małych ładunków MW w otworach odwierconych w tych wyrobiskach oraz na froncie ścian. Pokrywano w ten sposób badany obszar gęstą siecią 300—400 promieni sejsmicznych, wzdłuż których śledzono kinematyczne i dynamiczne parametry fal, a następnie komputerowymi procedurami obliczeniowymi dokonywano odwzorowywania rozkładu przestrzennego określonych parametrów sejsmicznych sposobami opisanymi obszernie w przedmiotowej literaturze (Dines K., Lyttle P. 1988, Dworak J. 1994). Badania wykonywane były dwoma typami aparatur pomiarowych. Podstawowy zakres informacji uzyskano w trakcie dwóch cykli pomiarowych przeprowadzonych przez Główny Instytut Górnictwa cyfrową aparaturą sejsmiczną SEAMAX. Zestaw danych uzyskanych za pomocą tego sprzętu pozwolił kontynuować dalsze obserwacje poprzez system obserwacji sejsmoakustycznych ARES. Cyfrowa forma zapisu przebiegów falowych rejestrowanych w tym systemie umożliwia określenie czasu przebiegu poszczególnych typów fal sejsmicznych oraz ich strukturę częstotliwościowo-amplitudową, a tym samym pozwala stwarzać bazę danych dla klasycznych metod tomografii sejsmicznej.

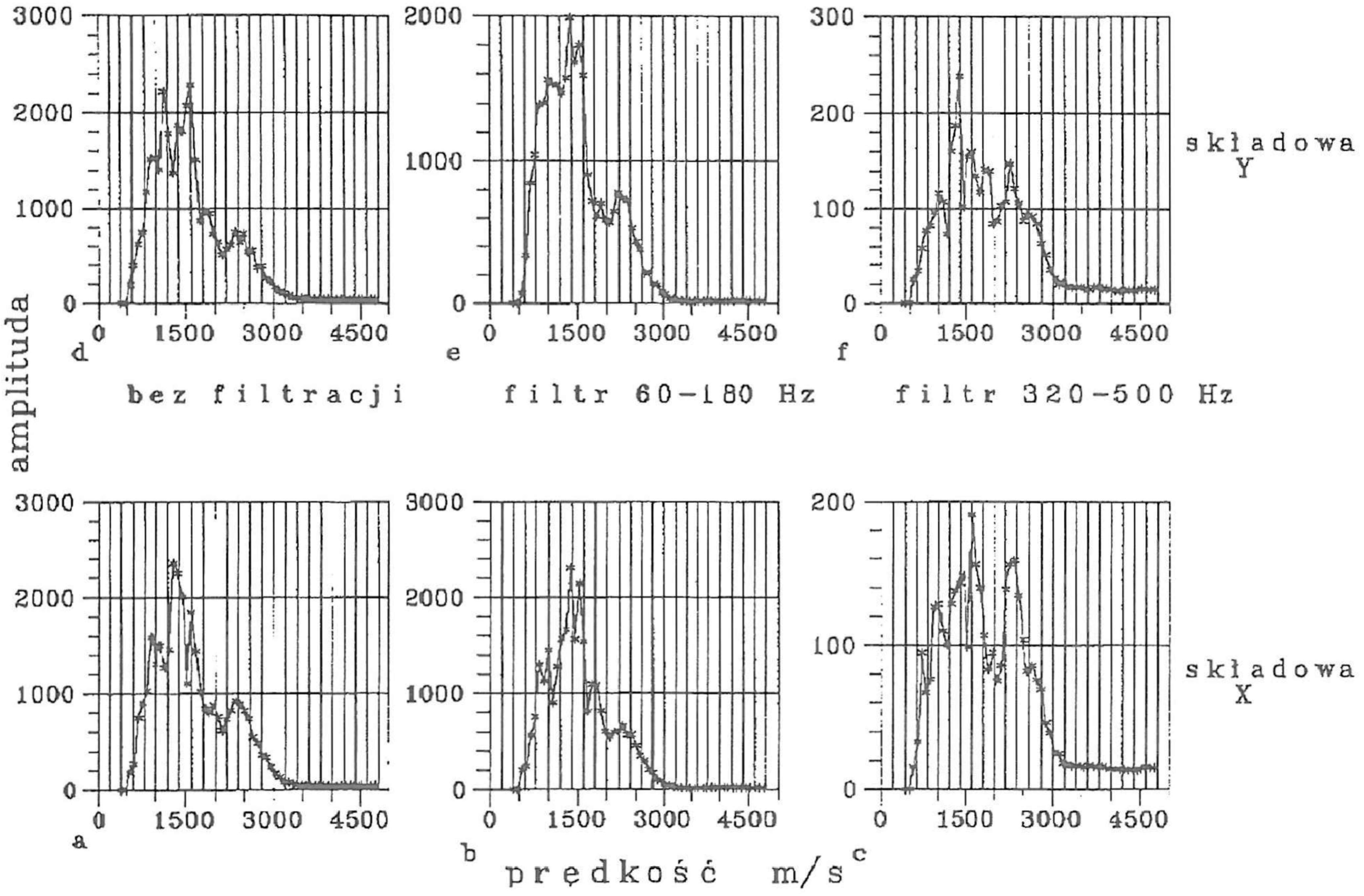
Wybór parametru sejsmicznego

Podstawą wyboru parametru sejsmicznego, na podstawie którego dokonywano informatywnej oceny stanu ośrodka, był zestaw krzywych ilustrujących spektra amplitudowo-częstotliwościowe określony na podstawie badań wykonanych aparaturą SEAMAX. Spektra te wykazują silny wzrost tłumienia fal sejsmicznych z częstotliwością. Ponadto charakterystyczną ich cechą są niskie wartości prędkości fali poprzecznej w węglu, nie przekraczające z reguły poziomu 1100 m/s, i niewielka wartość stosunku AS/AP (AS — amplituda fali S, AP — amplituda fali P) niewiele przekraczająca wielkość $K_{sp} = 1$ (rys. 6 i 7). Cechy powyższe są charakterystyczne dla pokładu węglowego, którego struktura mechaniczna uległa znacznej dezintegracji. Obserwując w badanym obszarze silną zmienność struktury amplitudowo-prędkościowej stwierdziliśmy, że stanowi ona informatywny parametr układu obserwacyjnego, a rozkład przestrzenny współczynników transmisji poszczególnych typów fal sejsmicznych odzwierciedla charakter zmian zachodzących w ośrodku.

KWK BOBREK p. 509 śc. 4–5 – SPEKTRUM PRĘDKOŚCI W POKŁADZIE
W STREFIE WYSOKIEGO RYZYKA SEJSMICZNEGO



Rys. 6. Spektrum prędkościowo-częstotliwościowe fali sejsmicznej w pokładzie — pomiar 1
Fig. 6. Velocity spectra of seismic waves propagating in coal seam — survey No 1



Rys. 7. Spektrum prędkościowo-częstotliwościowe fali sejsmicznej w pokładzie — pomiar 2
Fig. 7. Velocity spectra of seismic waves propagating in coal seam — survey No 2

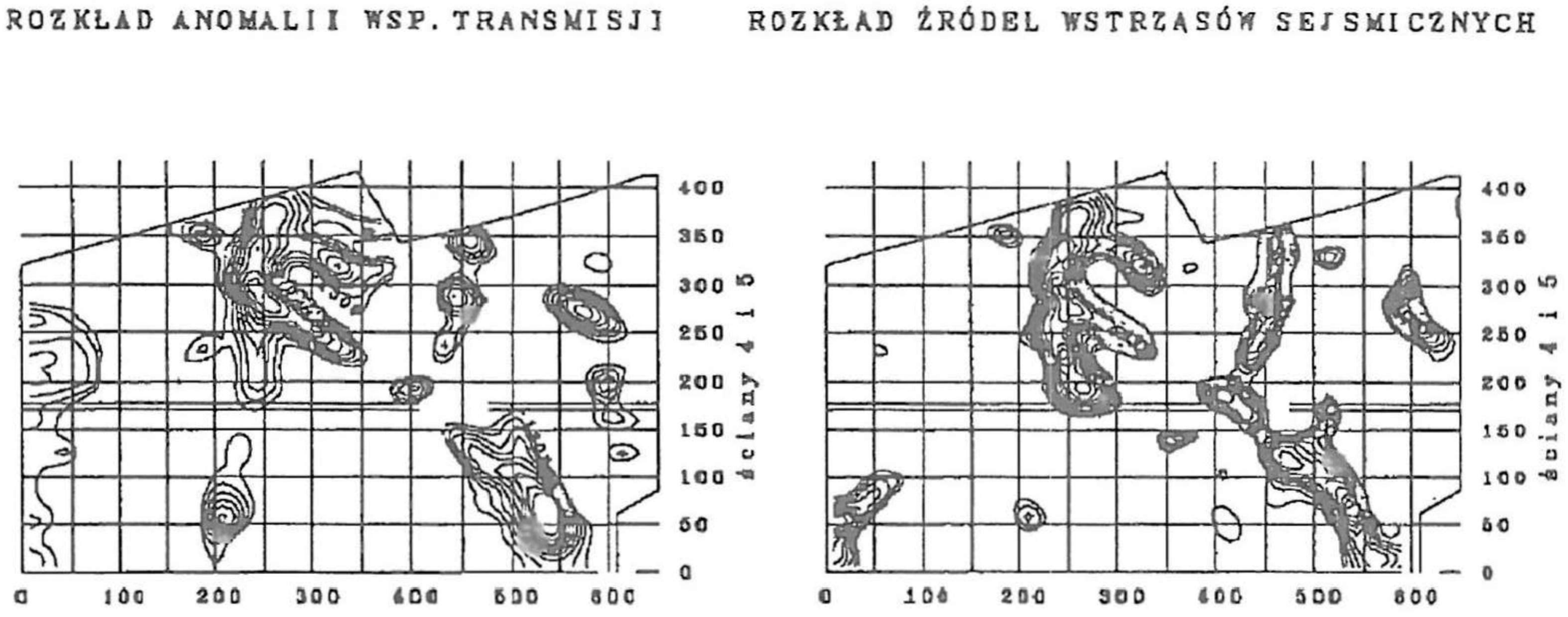
Model interpretacji

Jako wskaźnik prawidłowości interpretacji rezultatów badań przyjęto zgodność wyznaczonych rozkładów z gęstości energii sejsmicznej emitowanej z poszczególnych parcel, rozumianą jako sumaryczną energię ognisk zlokalizowanych w tych parcelach, przy założeniu gaussowskiego błędu lokalizacji ognisk wstrząsów. Oszacowania tej zgodności dokonano na podstawie pierwszych badań geotomograficznych, wykonanych w tej parceli w dniu 26.09.1992, przed rozpoczęciem eksploatacji ścianami 4 i 5. Efekt analizy uzyskanych wówczas rezultatów przedstawia rysunek 8. Rozkład gęstości energii sejsmicznej określony w okresie 6 miesięcy po przeprowadzeniu pomiarów znajduje pełne odzwierciedlenie w rozkładzie anomalii poszczególnych parametrów sejsmicznych. W szczególności dotyczy to zgodności rozkładu anomalii współczynnika transmisji energii sejsmicznej odzwierciedlającego lepkosprężyste własności ośrodka skalnego, rozumianych w tym przypadku jako podatność ośrodka do trwałych deformacji. Podobnie duży stopień korelacji wykazują rozkłady prędkości podłużnej i poprzecznej fali sprężystej.

Badania wykonane w pierwszym cyklu pomiarowym wykazały, że pokład 509 poddany jest silnemu oddziaływaniu krawędzi eksploatacji dokonanej w pokładach 501, 507 i 510, a szczególnie intensywna anomalia sejsmiczna występuje wzdłuż diagonalnie biegnącego uskoku o zrzucie 0—2,0 m. W miejscach superpozycji tych wpływów poziom wartości analizowanych parametrów fal sejsmicznych był charakterystyczny dla obszarów silnie zagrożonych tąpnięciem.

Powtórne badania wykonano cyfrową aparaturą sejsmiczną SEAMEX w dniu 14.03.1993 po przesunięciu frontów ścian 4 i 5 o ok. 115 m. Generalnie nie wystąpiły istotne zmiany wartości parametrów sejsmicznych w porównaniu z danymi uzyskanymi poprzednio. Zmiany zarówno prędkości poszczególnych typów fal sejsmicznych, jak i współczynników transmisji ich energii nie przekraczały 10%, co zgodnie z kryteriami sejsmicznej oceny stanu zagrożenia mieści je w klasie zmian słabych. Zauważono jednak dynamikę przestrzenną rozkładu poszczególnych stref anomalnych. O ile strefa związana z uskokiem diagonalnym h = 2 m zachowała swoje położenie, to pozostałe strefy odsunęły się od frontu ścian w stronę calizny (rys. 9).

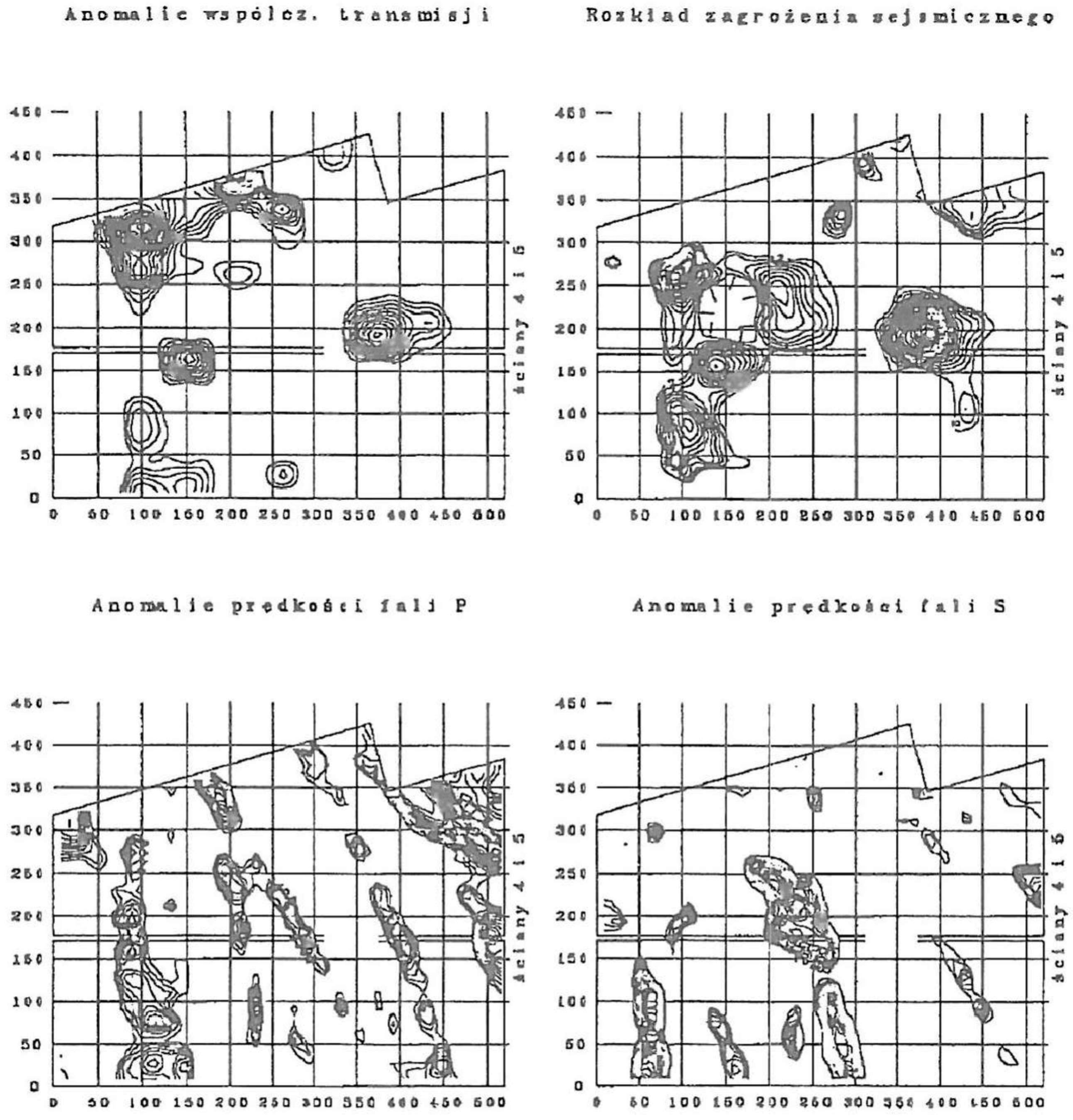
Rezultaty dwu pierwszych cyklów pomiarowych wykonanych wysokiej klasy cyfrową aparaturą sejsmiczną pozwoliły określić wartości poszczególnych parametrów sejsmicznych oraz charakter ich rozkładów. W szczególności stwierdzono jednoznaczną zgodność współczynnika transmisji energii sejsmicznej z prędkością poprzecznej fali rozchodzącej się w pokładzie. Wyznaczone zostały krzywe tłumienia różnych typów fal sejsmicznych oraz widma amplitudowo-częstotliwościowe. Dane te umożliwiły prowadzenie dalszych badań za pomocą kopalnianego systemu obserwacji sejsmoakustycznych ARES. System ten określa czas przyjścia i energię fali sejsmicznej, a tym samym pozwala wyznaczyć szereg parametrów, za pomocą których określa się stan zagrożenia sejsmicznego. Przykładowe rezultaty takiej analizy ilustruje rysunek 10. Dane przedstawione na tym rysunku wyznaczono, gdy ściany osiągnęły średni wybieg 252 m i znalazły się ok. 110 m od krawędzi eksploatacji dokonanej w pokładzie 510. W rozkładzie anomalii poszczególnych parametrów fal sejsmicznych zauważalna jest całkowita zgodność rozkładów prędkości fali poprzecznej S i współczynnika transmisji. Ponadto charakterystyczne jest podobieństwo wyznaczonych rozkładów z wyznaczonymi w poprzednich cyklach pomiarowych. Świadczy to o dużej stabilności warunków geomechanicznych w przedmiotowym rejonie. Wykonane badania wykazały, że zagrożenie koncentruje się generalnie w obrębie ściany 4 i zdecydowanie odsunięte zostało od frontu ścian 4 i 5.



Rys. 8. Rozkłady parametrów sejsmicznych przed uruchomieniem eksploatacji

Fig. 8. Distribution of seismic parameters before exploatation

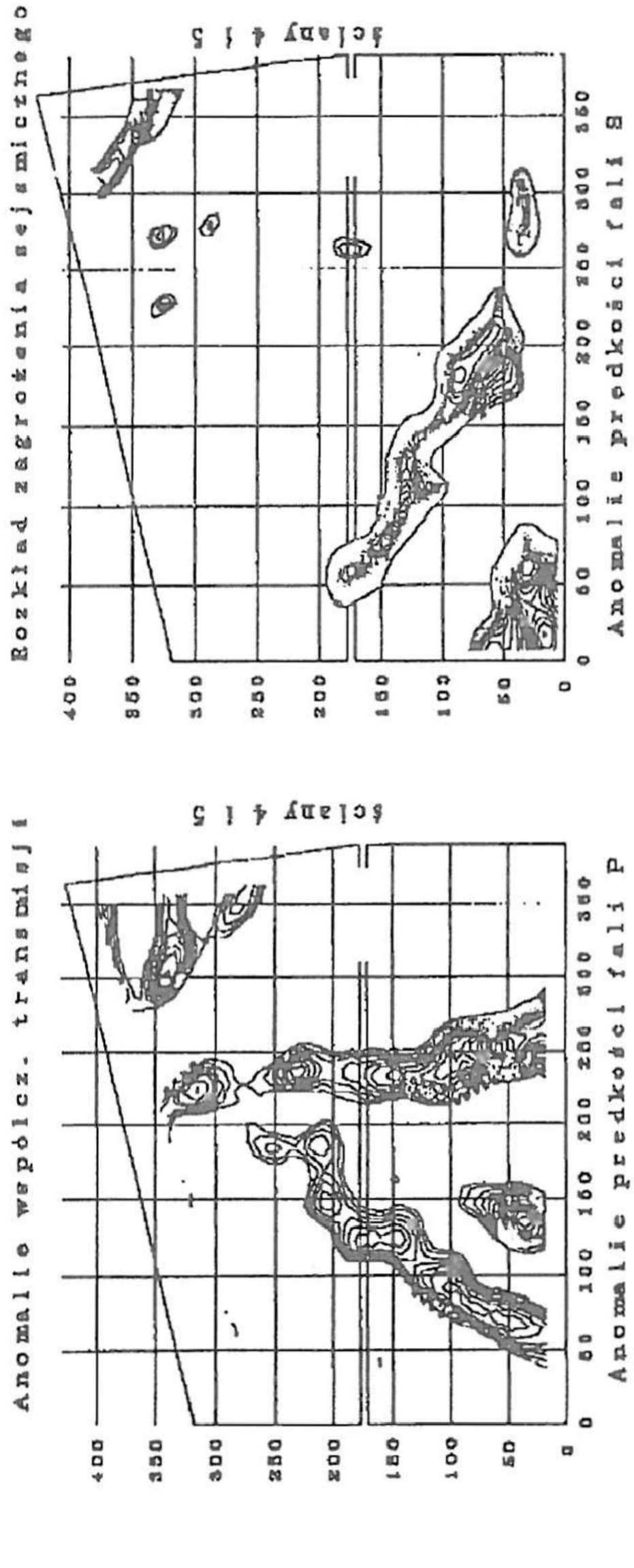
a — distribution of the anomaly of transmission coeffcients; b — distribution of mine tremor sources; c — distribution of the anomaly of P-wave velocity; d — distribution of the anomaly of S-wave velocity



Rys. 9. Rozkłady parametrów sejsmicznych po rozpoczęciu eksploatacji

Fig. 9. Distribution of seismic parameters after begining exploatation

a — distribution of the anomaly of transmission coeffcients; b — distribution of seismic risk; c — distribution of the anomaly of P-wave velocity; d — distribution of the anomaly of S-wave velocity



Rys. 10. Rozkłady parametrów sejsmicznych — trzeci etap badań

Fig. 10. Distribution of seismic parameters — the third stage of investigations

a — distribution of seismic risk; b — distribution of the anomaly of P-wave velocity; c — distribution of the anomaly of transmission coeffcients; b — distribution of the anomaly of S-wave velocity

d — distribution of the anomaly of S-wave velocity

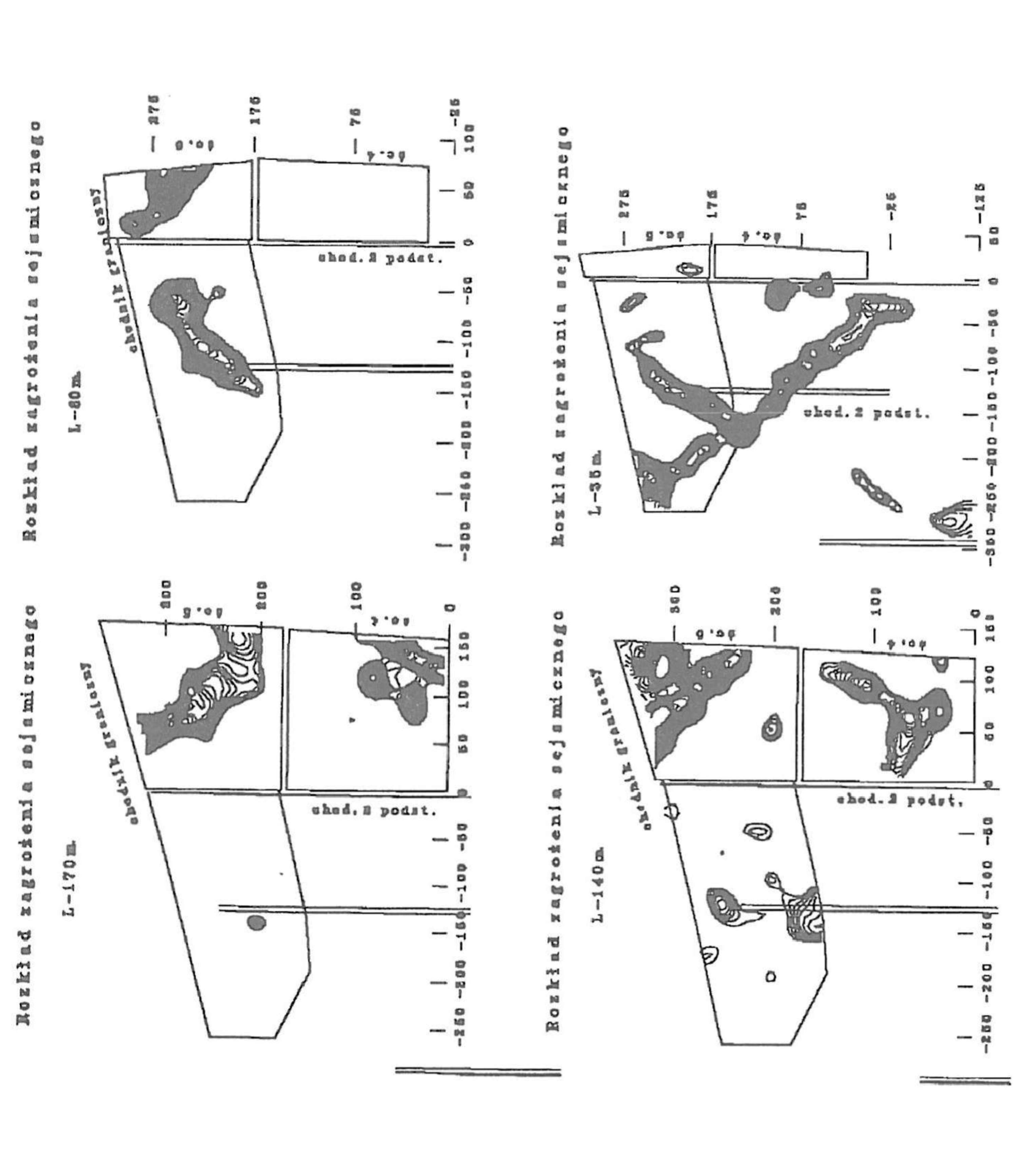
Kolejne badania wykonywane były w kilkumiesięcznych odstępach. Badania te wykazywały stopniowe obniżanie się wartości parametrów fal sejsmicznych, co wskazywało na rozwijające się w miarę eksploatacji i w wyniku indukowanej przez nią aktywności sejsmicznej obniżanie się wartości własności mechanicznych pokładu i skał zalegających w jego stropie. Stosowane aktywne metody profilaktyki tąpaniowej odsuwały od czynnych wyrobisk chodnikowych i ścianowych tworzące się strefy zagrożone wstrząsami. W tym obrazie interesujący jest rozkład stref zagrożonych sejsmicznie w końcowym etapie eksploatacji. Przedstawiono go na rysunku 11. Przy odległości 160 m od chodnika 2 podstawowego zagrożenie sejsmiczne koncentruje się jeszcze w polu ścian 4 i 5. Po przejściu ok. 40 m zaznacza się wpływ prowadzonej eksploatacji na wyrobiska oddalone od frontu o ok. 250 m, gdzie poziom wyznaczanych parametrów zaczyna być charakterystyczny dla rejonów zagrożonych sejsmicznie. Proces ten nasila się z czasem i w momencie, kiedy ściany znalazły się w odległości 80 m od chodnika podstawowego strefy zagrożenia sejsmicznego zdecydowanie przesunęły się na południe w rejon chodnika podstawowego i wentylacyjnego. Ostatnie oznaczenie wykonane w sytuacji, kiedy front ściany oddalony był 35 m od chodnika 2, wykazało, że strefy zagrożone przesunęły się w całości na południe od tego chodnika, a zagrożenie w bezpośrednim otoczeniu ściany zanikło.

Kiedy fronty ścian znalazły się w odległości 5 m od chodnika podstawowego objęto badaniami obszar położony na południe od tego chodnika. Stwierdzono obecność wzmożonych ciśnień w tym rejonie. Przyrost ten mieszczący się w zakresie wartości słabych i średnich, zaznaczył się w obszarze zawartym pomiędzy chodnikami wentylacyjnym i granicznym. Bezpośrednio przed frontem ścian 4 i 5 stwierdzono obecność strefy o szerokości ok. 25 m, w której zaznaczyło się odprężenie pokładu w stopniu średnim. Analiza intensywności anomalii parametrów fal sejsmicznych oraz bezwzględnych ich wartości wykazuje, że przeważająca część zbadanego obszaru cechuje się własnościami charakterystycznymi dla słabego zagrożenia sejsmicznego. Lokalnie tylko w strefie zawartej między chodnikami wentylacyjnym i granicznym oraz w kilku miejscach w otoczeniu chodnika podstawowego własności ośrodka charakterystyczne były dla średniego stopnia zagrożenia.

Podsumowanie

Rezultaty badań wykonanych w polu ścian 4 i 5 wykazały, że w pełni możliwe jest lokalizowanie zagrożenia sejsmicznego, co pozwala efektywnie stosować aktywne środki profilaktyki tąpaniowej. Charakterystyczną cechą rozkładów poszczególnych parametrów sejsmicznych był spadek ich wartości w kolejnych cyklach pomiarowych. Przy tym jednak stwierdzono, że rejony wysokiej aktywności sejsmicznej pokrywają się z dodatnimi anomaliami rozkładu prędkości fali P w **stropie**, ale w szeregu przypadków z obszarami, gdzie wartości parametrów w **pokładzie są anomalnie niskie.**

Z tym ostatnim spostrzeżeniem wiąże się podjęta w trakcie tych badań próba, udana w efekcie, ilościowej oceny stopnia zagrożenia opartej na rozkładzie przestrzennym i intensywności anomalii kinematycznych i dynamicznych parametrów fal sejsmicznych. Możliwość wszechstronnej analizy porównawczej wyników uzyskiwanych w trakcie kolejnych cyklów pomiarowych oraz badanie zgodności wyznaczanych rozkładów z gęstości energii sejsmicznej emitowanej z badanego obszaru upoważniała do opisywania prognozowanego zagrożenia w kategoriach podziału na klasy zagrożenia — **silnego, średniego** i **słabego** oraz stwierdzanie braku zagrożenia.



Rys. 11. Rozkłady stref zagrożenia sejsmicznego w końcowym etapie eksploatacji ścian 4 i 5
Fig. 11. The distributions of zones of seismic risk in the last period of exploatation of longwall No 4 and 5

5. Środki profilaktyki tąpaniowej

W zakresie profilaktyki tąpaniowej działania zapewniające bezpieczne wybranie warstwy przystropowej pokładu 509 obejmowały:

a) zaostrzenie rygorów bieżącej obserwacji stanu zagrożenia tąpnięciem,

b) wprowadzenie dodatkowych metod prognostycznych, m.in. badania sejsmoakustyczne metodami WAS i RMS, prześwietlenia sejsmiczne, obliczenia numeryczne Głównego Instytutu Górnictwa,

c) ustalenie w oparciu o dane prognostyczne środków profilaktyki organizacyjno-technicznej i aktywnej.

Zagadnienia dwóch pierwszych podpunktów w decydującej części zostały omówione w rozdziałach 3 i 4. Poniżej przedstawiono przedsięwzięcia organizacyjno-techniczne i profilaktykę aktywną.

5.1. Środki organizacyjno-techniczne

Kierownik Ruchu Zakładu KWK „Bobrek" uznał rejon ścian 4 i 5 w warstwie przystropowej pokładu 509 za rejon, w którym istnieje możliwość koncentracji znacznych naprężeń górotworu i największe prawdopodobieństwo występowania wysokoenergetycznych wstrząsów górotworu i tąpnięć. Jednocześnie Kierownik Ruchu Zakładu wyznaczył granice „rejonu ścian 4 i 5 w warstwie górnej pokładu 509", które na bieżąco aktualizowane były przez Kopalniany Zespół ds. Tąpań, Obudowy i Kierowania Stropem w analizach kwartalnych i bieżących protokołach w oparciu o obserwowany na bieżąco stan zagrożenia i badania sejsmiczne.

Do nadzorowania prowadzenia robót górniczych Kierownik Ruchu Zakładu wyznaczył dyspozytorów ds. zagrożenia tąpaniami w rejonie ścian 4 i 5 w warstwie przystropowej pokładu 509, których zadaniem były koordynacja robót, bieżąca analiza stanu zagrożenia tąpaniami i kontrola realizacji ustaleń tąpaniowych obowiązujących w tym rejonie. Kopalniany Zespół ds. Tąpań, Obudowy i Kierowania Stropem wyznaczył szczegółowy zakres czynności dyspozytorów, zobowiązując ich m.in. do prowadzenia zeszytów pracy, w którym odnotowywali:

— ilościową ewidencję załogi w poszczególnych wyrobiskach,

— wycofania załogi,

— stany zagrożenia tąpnięciem,

— wstrząsy,

— wzrosty okresowych odchyłek aktywności lub intensywności energii impulsów sejsmoakustycznych — decyzje, wynikające z bezpieczeństwa pracy w rejonie ścian 4 i 5 w warstwie górnej pokładu 509. Miejscem pracy dyspozytorów był Dział ds. Tąpań, Obudowy i Kierowania Stropem. Dyspozytorzy pełnili swoje obowiązki na zmianach wydobywczych i niewydobywczych w ścianach 4 i 5.

Wszyscy pracownicy zatrudnieni w rejonie ścian 4 i 5 zobowiązani byli do przestrzegania ciągle aktualizowanych ustaleń zawartych w *„Instrukcji zasad przebywania i postępowania w rejonie ścian 4 i 5 w warstwie przystropowej pokładu 509"*, opracowywanej przez Głównego Inżyniera ds. Tąpań, Obudowy i Kierowania Stropem i zatwierdzanej przez Kierownika Ruchu Zakładu.

Wyznaczano rozległe, dochodzące do 600 m, strefy szczególnego zagrożenia tąpaniami w wyrobiskach chodnikowych. Strefy szczególnego zagrożenia tąpaniami wyznaczano także w czynnych przekopach na poziomie 840 m, jeśli znajdowały się one w zasięgu oddziaływania frontu eksploatacyjnego ścian 4 i 5 lub jeśli w ich otoczeniu stwierdzono badaniami anomalną koncentrację naprężeń, tj. w przekopie wentylacyjno-odstawczym, przekopie zachodnim i przekopie 3. W strefach, w chodnikach bezpośrednio przed frontami ścian 4 i 5 obowiązywały ścisłe czasowe i ilościowe limity przebywania załogi. Przyjęto założenie, że czas przebywania załogi ma ograniczać się do minimum niezbędnego dla wykonania poleconych zadań. Dopuszczano:

1. Wejście do usuwania awarii oraz kontroli urządzeń, jednak nie wcześniej, jak 30 minut po zatrzymaniu urabiania i nie więcej, jak 5 pracowników.

2. Wejście 10 pracowników:

— na stanowiskach stałych 5 pracowników, w zależności od potrzeb do: profilaktyki tąpaniowej, przebudowy odstawy, pobierki spągu lub przebudowy chodnika, przebudowy skrzyżowania z chodnikiem i przebudowy podciągów,

— na stanowiskach niestałych 5 pracowników spośród niżej wymienionych: obsługa transportu, cieśla górniczy, elektryk, ślusarz, teletechnik, metaniarz, osoba dozoru ruchu itp.

3. Prace, takie jak: przebudowa odstawy, transport, pobierka spągu lub przebudowa chodnika, mogły być prowadzone po czasie nie krótszym niż 8 godzin od zatrzymania urabiania w ścianie. Z uwagi na intensywność prowadzonej profilaktyki tąpaniowej dopuszczono do zatrudnienia pracowników do profilaktyki tąpaniowej po 2 lub 4 godzinach od zatrzymania urabiania w czynnej ścianie, w zależności od stwierdzonego stanu zagrożenia tąpaniami.

Drogi dojścia załogi do ścian 4 i 5 określano w zależności od rozkładu stref koncentracji naprężeń w polach ścian 4 i 5 stwierdzanych rozeznaniem górniczym i badaniami geofizycznymi.

Urządzenia odstawy w strefach sterowane były zdalnie przy wykorzystaniu do obserwacji przesypów przenośników kamer TV przemysłowej. Stanowiska monitorów telewizji przemysłowej budowane były poza strefami szczególnego zagrożenia tąpaniami w znacznej, kilkusetmetrowej odległości od frontów ścian 4 i 5. Po wstrząsie w dniu 11.01.1994 r. o energii $5 \cdot 10^5$ J na wybiegu ściany 5 Zespół ds. Tąpań podjął decyzję o objęciu obserwacją i sterowaniem za pomocą telewizji przemysłowej wszystkich przesypów przenośników na skrzyżowaniach znajdujących się w pokładzie 509 na przedłużeniu frontów ścian 4 i 5, ze stanowiskiem monitorów w przekopie wentylacyjno-odstawczym na poziomie 840 m.

Roboty górnicze prowadzone były pod szczególnym nadzorem służby mierniczo-geologicznej polegającym m.in. na:

— codziennym raportowaniu o usytuowaniu ścian 4 i 5 ze szczególnym uwzględnieniem położenia ścian w stosunku do krawędzi pokładu 510 oraz w stosunku do siebie,

— cotygodniowym pomiarze prostolinijności ścian.

Zanim uruchomiono ściany 4 i 5 wszystkie chodniki na całej ich długości — w strefach szczególnego zagrożenia tąpaniami i poza strefami — były wzmocnione podciągami drewnianymi na stojakach Valent lub SV-29 budowanymi w osi wyrobisk pod każdą stropnicą. Obudowa chodników była zagęszczona do 0,8 m, a w zasięgu wpływów krawędzi pokładów 507 i 510 oraz na odcinkach przebudów obudowę zagęszczono do 0,5 m.

Z dużym wyprzedzeniem wyłączano z ruchu, przez otamowanie bądź hydrauliczne podsadzenie, wyrobiska znajdujące się przed frontami ścian 4 i 5. Chodnik 2 podstawowy w pasie ściany 5 został podsadzony, gdy ściany znajdowały się w odległości 400 m, a w pasie ściany 4 — w odległości 265 m od tego chodnika.

Czas wyczekiwania po strzelaniach wstrząsowo-odprężających wydłużono do 60 minut; w indywidualnych przypadkach czas wyczekiwania był wydłużony do 2 i 8 godzin.

5.2. Aktywna profilaktyka tąpaniowa

Brak dostępu do dowierzchni 5 oraz duża ogólna długość frontów ścian 4 i 5 wykluczyły przeprowadzenie wyprzedzającego nawadniania długimi i równoległymi otworami, tak by odprężyć całą szerokość pola ścian 4 i 5. W związku z niemożnością ingerencji w głębokie obszary calizny węglowej pokładu 509, działania profilaktyczne skumulowano przede wszystkim na ochronie czynnych wyrobisk, gdzie przebywała załoga i zabudowane były urządzenia, przed skutkami wysokoenergetycznych wstrząsów. Zadaniem profilaktyki było stworzenie zruszonych stref buforowych (odprężonych) w ociosach wyrobisk od strony calizny pokładu, które miały wytłumić energię sejsmiczną wstrząsów, zaś w nickorzystnym przypadku — ulec zniszczeniu kruchemu, a nie sprężystemu. Minimalna założona głębokość strefy buforowej dla wyrobisk ścianowych wynosiła 9 m, w praktyce wynosiła średnio 12 m. Dla wyrobisk chodnikowych strefa buforowa wytworzona w pokładzie wynosiła od 35 m do 55 m. Ponadto dla chodników podścianowych profilaktyką objęto także skały płonne stropu i pokład 510.

W zakres profilaktyki tąpaniowej wchodziły:

a) strzelania wstrząsowo-odprężające w pokładzie,
b) strzelania wstrząsowo-odprężające w stropie,
c) nawadnianie pokładu 509,
d) nawadnianie pokładu 510.

Ad. a.

Strzelania wstrząsowo-odprężające w pokładzie wykonywano z czoła ścian otworami o średnicy 42 mm i długości początkowo 12 m, następnie 15 m. Wykonano też dwie serie strzelań otworami o średnicy 75 mm i długości 22—30 m.

W ścianie 4 wykonano 18 strzelań 130 otworami długości 12 m zużywając 780 kg MW i 228 strzelań 2595 otworami długości 15 m przy użyciu 15 430 kg MW. Wykonano również jedno strzelanie 3 otworami o średnicy 75 mm i długości 30 m zużywając 90 kg MW. Z chodnika 2 podstawowego ociosowego w pokładzie 509 przeprowadzono 8 strzelań 9 otworami o średnicy 75 mm i długości 17—22 m zużywając 164 kg MW.

Łącznie dla ściany 4 podczas strzelań w pokładzie zużyto 16 474 kg MW.

W ścianie 5 wykonano 3 strzelania 21 otworami długości 12 m zużywając 126 kg MW i 274 strzelania 2778 otworami długości 15 m przy użyciu 16 728 kg MW. Wykonano również 2 strzelania 7 otworami o średnicy 75 mm o długości 22—30 m zużywając 180 kg MW.

Łącznie dla ściany 5 podczas strzelań w pokładzie zużyto 17034 kg MW.

Ad. b.

Z dowierzchni 4 ociosowej, chodnika granicznego i przecinek ścian 4 i 5 prowadzono strzelania wstrząsowo-odprężające w stropie nad ścianami. Otwory były prostopadłe do chodników i skierowane pod kątem 35—45° od poziomu. Odległość między otworami wynosiła 8—25 m w zależności od warunków stropowych, stanu zagrożenia i możliwości zabudowy wiertnicy. Średnica otworów — 75 mm. Wyprzedzenie strzelań w stosunku do frontu ścian wynosiło minimum 40 m.

Dla ściany 4 w stropie dowierzchni 4 ociosowej wykonano 28 strzelań 37 otworami długości 9—12 m przy użyciu 401 kg MW oraz 2 strzelania dwoma otworami długości 7,5 i 12 m w przecince (przedłużeniu) ściany 4 przy użyciu 24 kg MW.

Łącznie w stropie przed ścianą 4 wykonano 30 strzelań 39 otworami przy użyciu 425 kg MW.

Dla ściany 5 w stropie chodnika granicznego wykonano 36 strzelań 43 otworami długości 8,5—12 m przy użyciu 428 kg MW oraz 4 strzelania 4 otworami długości 10—11 m w przecince (przedłużeniu) ściany 5 przy użyciu 46 kg MW.

Łącznie w stropie przed ścianą 5 wykonano 40 strzelań 47 otworami przy użyciu 474 kg MW.

Ad. c.

Z dowierzchni 4 ociosowej, chodnika 2 podstawowego i chodnika granicznego prowadzono nawadnianie calizny węglowej z wyprzedzeniem minimalnym 100 m przed frontem ścian. Nawadniano dwustopniowo. Najpierw w czasie ok. 6—10 godzin woda wtłaczana była pod wysokim ciśnieniem za pomocą agregatu nawadniającego NW-3 w celu dokładnego rozszczelinowania pokładu, a następnie nawadnianie aż do wycieku wody z ociosu lub stropu kontynuowano przez wtłaczanie wody z rurociągu przeciwpożarowego. Nawadnianie prowadzono otworami równoległymi do frontu ścian, wierconymi co 10—14 m.

Z dowierzchni 4 ociosowej nawodniono metodą wysokociśnieniową 59 otworów długości 30—50 m, przy maksymalnym wstępnym ciśnieniu 19 MPa, wtłaczając ok. 850 m^3 wody. Następnie powyższe 59 otworów nawodniono niskociśnieniowo, wtłaczajac ok. 1750 m^3 wody.

Z chodnika 2 podstawowego ociosowego nawodniono metodą wysokociśnieniową 10 otworów długości 25—32 m, przy maksymalnym wstępnym ciśnieniu 18 MPa, wtłaczając ok. 120 m^3 wody. Następnie otwory te nawodniono niskociśnieniowo, wtłaczając ok. 200 m^3 wody.

Z chodnika granicznego nawadniano metodą wysokociśnieniową 54 otwory długości 30—50 m, przy maksymalnym wstępnym ciśnieniu 20 MPa, wtłaczając ok. 885 m^3 wody. Następnie otwory te nawodniono niskociśnieniowo, wtłaczając ok. 2055 m^3 wody.

Łącznie do calizny węglowej na wybiegu ściany 4 wtłoczono ok. 2920 m^3 wody, a na wybiegu ściany 5 — ok. 2940 m^3 wody.

Ad. d.

Otwory o średnicy 42 mm wiercono z dowierzchni 4 ociosowej i chodnika granicznego na wybiegu ścian 4 i 5 pod kątem 45—50° do poziomu w odstępach 10—15 m. Z do wierzchni 4 ociosowej nawadnianie prowadzono do krawędzi eksploatacji przyspągowej warstwy pokładu 510.

W pasie ściany 4 z dowierzchni 4 ociosowej nawodniono 12 otworów długości 16—18 m, przy maksymalnym ciśnieniu wstępnym 18 MPa , wtłaczając pod wysokim ciśnieniem ok. 130 m^3 wody, a metodą niskociśnieniową ok. 350 m^3 wody, czyli **łącznie ok. 480 m^3**.

W pasie ściany 5 z chodnika granicznego nawodniono 33 otwory długości 15—19 m, przy maksymalnym ciśnieniu wstępnym 19 MPa, wtłaczając pod wysokim ciśnieniem ok. 380 m^3 wody, a metodą niskociśnieniową ok. 920 m^3 wody, czyli **łącznie ok. 1200 m^3**.

5.3. Podsumowanie profilaktyki tąpaniowej

Dla odprężenia pokładów 509 i 510 oraz skał stropowych w rejonie **ściany 4** zużyto razem **16 899 kg MW** i wtłoczono ok. **3400 m^3** wody, w rejonie **ściany 5** zużyto razem **17 508 kg MW** i wtłoczono ok. **4140 m^3** wody. Łącznie dla obu ścian zużyto ponad **34,4 tony MW** i wtłoczono ok. **7540 m^3** wody.

W wyniku strzelań wstrząsowo-odprężających w ścianie 4 sprowokowano 51 wstrząsów górotworu, w tym: 46 wstrząsów rzędu 10^2 J, 4 wstrząsy rzędu 10^3 J i jeden wstrząs rzędu 10^4 J, a w ścianie 5—46 wstrząsów, w tym: 35 wstrząsów rzędu 10^2 J, 7 wstrząsów rzędu 10^3 J, 3 wstrząsy rzędu 10^4 J i jeden wstrząs rzędu 10^5 J.

Łącznie strzelaniami wstrząsowo-odprężającymi sprowokowano 97 wstrząsów.

Dziś, po zakończeniu eksploatacji ścianami 4 i 5 w warstwie przystropowej pokładu 509 i ich likwidacji, można jednoznacznie stwierdzić, że zastosowane tam wielokierunkowe działania profilaktyczne były wysoce skuteczne. Badania geofizyczne metodami WAS, RMS i prześwietleń sejsmicznych wykonywane w czasie prowadzenia robót wybierkowych praktycznie każdorazowo wykazywały systematyczne przesuwanie się stref odprężonych przed frontem ścian wraz z ich postępem. Szerokość odprężonych pasów przyfrontowych wynosiła 30—100 m. Strefy koncentracji naprężeń w przeważających przypadkach odsunięte były na odległość powyżej 20 m od chodników przyścianowych. Sądzić należy, że nałożenie się dużego naturalnego wytężenia pokładu 509 z dezintegracją ośrodka skalnego przez wstrząsy i aktywną profilaktykę tąpaniową powodowało ciągły proces utraty zdolności do akumulowania energii sprężystej przez górotwór w bezpośrednim otoczeniu czynnych wyrobisk górniczych.

Nadmienić trzeba także, że pozytywną rolę „bezpiecznika" spełnił południowy odcinek dowierzchni 5, który w momencie zamknięcia go przed uruchomieniem ścian był częściowo zatąpany na długości 62 m. W trakcie eksploatacji okazało się, że zagnieciony i zatąpany został cały południowy odcinek dowierzchni 5 o długości 328 m z wyłączeniem rejonu skrzyżowania dowierzchni 5 z chodnikiem 2 podstawowym i wentylacyjnym. Dowierzchnia 5, stanowiąc jedno z podstawowych zaburzeń ciągłości pola ścian 4 i 5 spotęgowane występowaniem przecinającej ją dwukrotnie krawędzi pokładu 510, powodowała powstawanie stref dużej koncentracji naprężeń i wstrząsów, w wyniku których następowało mniejsze lub większe przemieszczanie się otaczających mas skalnych do wybranej przestrzeni do wierzchni. W efekcie procesy zachodzące wokół dowierzchni 5, tj. w środku pola, z dala od chodników, powodowały odprężanie znacznej części obszaru ścian 4 i 5.

6. Podsumowanie

Intensyfikacja wydobycia w kopalniach silnie zagrożonych tąpaniami ograniczona jest obecnie czynnikami zarówno naturalnymi, jak i technicznymi. Ograniczenia naturalne wiążą się z potrzebą oceny zagrożenia w czasie i przestrzeni, a techniczne z możliwością efektywnego stosowania biernych i aktywnych środków przeciwtąpaniowych.

Przedstawione w studium rezultaty działań podjętych w polu ścian 4 i 5 w pokładzie 509 warstwa przystropowa wykazały, że odpowiednio dobrany zestaw metod i środków może zapewnić efektywne prowadzenie robót górniczych, nawet w bardzo skrępowanych zagrożeniami naturalnymi warunkach.

Prawidłowe stosowanie aktywnych metod profilaktyki tąpaniowej uwarunkowane jest lokalizacją poszczególnych stref zagrożonych sejsmicznie oraz oceną ich czasowo-przestrzennej dynamiki. Zastosowane metody monitoringu górotworu oparte na badaniach geotomograficznych oraz obserwacjach sejsmoakustycznych i sejsmologicznych spełniły ten warunek. Pozwoliło to opracować właściwą technologię robót wybierkowych. Przede wszystkim istotną rolę odegrały tu działania zmierzające do utrzymania odpowiedniej geometrii eksploatacji, minimalizowania funkcji spełnianych przez czynne wyrobiska chodnikowe i elastycznego sterowania postępem ścian w zależności od skali zagrożenia sejsmicznego.

Warunkiem niezbędnym sukcesu w prowadzeniu tych ścian był prawidłowy dobór metod profilaktyki tąpaniowej i stosowanie ich w odpowiednim czasie i miejscu. Dzięki dobremu rozpoznaniu stanu zagrożenia zastosowane środki spełniły swoje zadanie. Strzelania wstrząsowo-odprężające sprowokowały 97 wstrząsów sejsmicznych, a ponadto łącznie z nawadnianiem pokładów 509 i 510 pozwoliły wytworzyć wokół wyrobisk strefę absorbującą energię sejsmiczną licznych wstrząsów, dzięki czemu wyrobiska zachowały swoją funkcjonalność.

Zastosowane metody monitoringu górotworu umożliwiły prawidłową interpretację anomalnych stanów zachowania ośrodka. Pozwoliło to 107 razy wycofać załogę z zagrożonego rejonu.

Uzyskane w czasie eksploatacji ścian 4 i 5 doświadczenia i poczynione w tym czasie spostrzeżenia upoważniają autorów do stwierdzenia, że nawet w warunkach silnego zagrożenia tąpaniami korzystne jest wprowadzanie szerokich frontów wydobywczych. W związku z tym kopalnia „Bobrek" podjęła się kolejnego zadania, mającego na celu długofalowe zmniejszenie stanu zagrożenia tąpaniami, a polegającego na kontynuacji wybierania warstwy przystropowej pokładu 509 w kierunku na południe ścianą szerokości 450 m dla odprężenia silnie tąpiącego pokładu 510.

Literatura

Brown E. T. , 1993: *Geotechnical monitoring in surface and underground mining*. W: *Geotechnical instrumentation and monitoring in open pit and underground mining*. Balkema, Roterdam.

Chachulski A., Trombik M., 1985: *Możliwości wykorzystania wzbudzonej aktywności sejsmoakustycznej dla określania skuteczności odprężania pokładów węgla*. Materiały I Krajowej Konferencji nt. „Zastosowanie metod geofizycznych w górnictwie kopalin stałych", Wydawnictwo AGH, Kraków.

Cianciara B., Grzybowski A., Kornowski J., Marcak H., Pilecki Z., Trombik M., Zuberek W., 1988: *Instrukcja stosowania metody sejsmoakustycznej do oceny stanu zagrożenia tąpaniami*. Wspólnota Węgla Kamiennego, Katowice.

Dines K., Lyttle P. J., 1988/7: *Computerised geophysical tomography*. Proc. I.E.E.E.

Dubiński J., 1989: *Sejsmiczna metoda wyprzedzającej oceny zagrożenia wstrząsami górniczymi*. Prace GIG, Katowice.

Dworak J., 1994: *Procedury przetwarzania i interpretacji w tomografii sejsmicznej pokładu węglowego*. Materiały CPPGSMiE PAN, Kraków.

Kornowski J., 1994: *Podstawy aktywnych sejsmoakustycznych metod oceny zagrożenia lokalnym zniszczeniem górotworu*. Prace Naukowe GIG, nr 793, Katowice.

Technology of mining in strong rock burst hazard conditions in the area of closing longwalls no 4 and 5 in a top slice of coal seam no 509 of „Bobrek" mine

Abstract

The realisation of the exploatation of longwalls No 4 and 5 in a top slice of coal seam No 509 in strong rock burst hazard's conditions is presented. The methods of rock mass monitoring, passive and active protective actions and effectiveness of this means are introduced. The dynamic of zones of hazard in the time and space of coal seam when underground mining going is presented.