

*aktywność sejsmiczna górotworu, profilaktyka tąpaniowa*

Anna GOGOLEWSKA\*, Marcin BERNAT\*\*

## AKTYWNA PROFILAKTYKA TĄPANIOWA STOSOWANA W WYBRANYM ODDZIALE EKSPLOATACYJNYM O/ZG „RUDNA” KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. W LATACH 2001-2003

Zagrożenie tąpniętami w kopalniach rud miedzi, należących do KGHM Polska Miedź S.A. w Legnicko-Głogowskim Zagłębiu Miedziowym systematycznie rośnie wraz z rozwojem eksploatacji, z rosnącą głębokością wybierania złoża oraz powiększaniem się powierzchni zrobów. W O/ZG „Rudna” eksploatacja prowadzona jest w warunkach dużego zagrożenia tąpniętami, co jest związane z koniecznością prowadzenia intensywnych profilaktycznych działań skierowanych na ograniczenie tego zagrożenia. Przedstawiono stan zagrożenia sejsmicznego w wybranym oddziale eksploatacyjnym O/ZG „Rudna” w okresie od 01.01.2001 do 01.03.2003, na tle budowy geologicznej złoża rud miedzi. Omówiono aktywne metody ograniczania zagrożenia tąpniętami, stosowane w badanym oddziale. Na podstawie wyników badań sejsmologicznych oceniono skuteczność stosowania aktywnych metod profilaktyki tąpniowej polegających na prowokowaniu zjawisk dynamicznych w badanym obszarze.

### 1. WSTĘP

W kopalni „Rudna”, jednej z trzech kopalń należących do KGHM „Polska Miedź S.A. w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (LGOM) wybieraniu złoża rud miedzi towarzyszy zagrożenie dynamicznymi przejawami ciśnienia górotworu tj. tąpniętami i odprężeniami górotworu. Naturalnymi czynnikami powodującymi występowanie zagrożenia tąpniętami w kopalniach rud miedzi LGOM są:

- występowanie w stropie złoża mocnych skał serii dolomitowo-wapiennej i skał serii anhydrytowej oraz słabszych skał w furcie eksploatacyjnej,
- duże zaangażowanie tektoniczne złoża,
- duża głębokość zalegania złoża.

Wraz z rozwojem eksploatacji i powiększaniem się powierzchni zrobów w poszczególnych polach eksploatacyjnych zaobserwowano wzrost zagrożenia

---

\* Politechnika Wroclawska, Instytut Górnictwa, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław,  
e-mail: anna.gogolewska@pwr.wroc.pl

\*\* Agencja Rozwoju Regionalnego „Agroreg” S.A., ul. Kłodzka 27, 57-402 Nowa Ruda

tapaniami. Złoże wybierane jest na coraz większej głębokości (od 700 do 1150 m) i w znacznej części w warunkach skrzepowanych oraz często w zasięgu wpływu zaburzeń tektonicznych (uskoków), co jest związane ze wzrostem ciśnienia górotworu, prowadzącym do odprężeń i tąpnięć. Obecnie w kopalniach rud miedzi około 70% wydobywanej rudy pochodzi z obszarów złoże, zaliczonych do III stopnia zagrożenia tapaniami (Butra, 2004). Wobec wzrastającej w ostatnich latach ilości wysokoenergetycznych wstrząsów i związanych z nimi tąpnięć szczególnego znaczenia w kopalniach rud miedzi nabiera profilaktyka tapaniowa obejmująca następujące działania: rozpoznanie i ocenę źródeł i przyczyn zagrożenia, dobór odpowiedniej metody ograniczania zagrożenia, realizacja wybranej metody ograniczania zagrożenia oraz systematyczna kontrola skuteczności zastosowanej metody (Kłeczek, 2002). Zadania te realizowane są za pomocą następujących metod:

- metody rozpoznania i oceny stanu zagrożenia,
- technologiczne metody ograniczania (zwalczania) zagrożenia polegające na doprowadzeniu górotworu otaczającego wyrobiska eksploatacyjne, przez odpowiednią rozcinkę, do stanu pokrytycznego (pozniszczeniowego) (Kunysz, 1981),
- aktywne metody ograniczania (zwalczania) zagrożenia polegające na prowokowaniu zjawisk dynamicznych przodkowymi robotami strzałowymi umożliwiającym w pewnym stopniu sterowanie czasem ich wystąpienia.

W kopalniach LGOM ze względu na możliwość sprowokowania zjawisk dynamicznych wszystkie roboty strzałowe wykonywane są w godzinach międzymianowych, podczas nieobecności załogi w polach eksploatacyjnych. Dla zapewnienia bezpieczeństwa po robotach strzałowych, silnych wstrząsach górotworu, odprężeniach i tąpnięciach obowiązuje przestrzeganie określonych czasów oczekiwania.

Przy stosowaniu aktywnych metod profilaktyki tapaniowej występowanie wysokoenergetycznych wstrząsów bezpośrednio po odpaleniu ładunków MW decyduje o skuteczności tych zabiegów.

## 2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Badaniami objęto pole 3 oddziału G-7 (oddział G-7/3) leżącego w obrębie Zakładów Górniczych „Rudna”. Zakłady Górnicze „Rudna” zlokalizowane są na terenie miasta Polkowice. Od północnego – zachodu obszar górniczy „Rudnej” graniczy z obszarem górniczym O/ZG „Sieroszowice”, od południa z obszarem O/ZG „Polkowice”, natomiast od południowego – wschodu z obszarem O/ZG „Lubin”.

Pole 3 oddziału G-7 zlokalizowane jest w południowo – wschodnim obszarze O/ZG „Rudna”. Obszar ten graniczy od strony północno – zachodniej z uskokiem

Biedrzychowej, od południowo – zachodniej z polem G – 7/5, a od południowo – wschodniej ze zrobami pola G-8/2.

## 2.1. BUDOWA GEOLOGICZNA, LITOLOGIA I WŁASNOŚCI FIZYKOMECHANICZNE SKAŁ ZŁOŻA RUD MIEDZI W ODDZIALE G-7/3

W obszarze projektowanych robót górniczych złoża wykształcone jest w formie pseudopokładu. Ukształtowanie jak i budowa litologiczna złoża w oddziale G-7 związane są z Centralną Elewacją Rudnej, na której usytuowane jest pole 3 oddziału (część NE oddziału G-7). Oś Elewacji posiada przebieg NW-SE i biegnie przez środek pola G-7/3. W obszarze Elewacji złoża występuje w obrębie strefy bezłupkowej. W strefie tej stwierdzono występowanie nieregularnych płatów piaskowca o spoiwie anhydrytowym i miąższości od 0,4 m do 8,8 m. W pozostałej części oddziału G-7 tj. w części SW oddziału, złoża charakteryzuje się pełnym wykształceniem litologicznym.

Serię złożową w obszarze pola G-7/3 tworzą okruszcowane dolnocechsztyńskie dolomity (ilasty, smugowany i wapnisty) i łupki oraz białe piaskowce czerwonego spągowca. Miąższość złoża jest zmienna i wynosi od 2,5 m do 6,0 m w rejonie SW pola oraz wzrasta do około 14,0 m w środkowej części pola.

Wykształcenie litologiczne złoża w opisywanym rejonie przedstawia się następująco:

- w obrębie Elewacji występuje dolomit wapnisty o miąższości od 1,0 do 1,4 m, dolomit smugowany o miąższości około 0,2 m, dolomit jasnoszary o miąższości 0,2 m oraz piaskowiec o miąższości od 7,0 do 13,0 m; miąższość bilansowo okruszczonych dolomitów wapnistych dochodzi do 2,0 m,
- w NE skrzydle Elewacji występuje dolomit smugowany o miąższości od 0,0 do 0,6 m, dolomit ilasty o miąższości około 0,2 m, łupek miedzionośny o miąższości zmieniającej się od 0,0 do 0,1 m oraz piaskowiec o miąższości od 4,0 do 12,0 m,
- w SW skrzydle Elewacji występuje dolomit wapnisty o miąższości zmieniającej się od 1,0 do 1,2 m, dolomit smugowany o miąższości od 0,4 do 0,7 m, dolomit ilasty o miąższości około 0,1 m, łupek miedzionośny o miąższości 0,3 m oraz piaskowiec o miąższości zmieniającej się od 4,0 do 6,0 m.

W stropie wyrobisk występuje dolomit wapnisty, barwy szaro beżowej, skrytokrystaliczny o niewyraźnej i nieciągłej podzielności na płyty. Całkowita miąższość serii węglanowych w tym rejonie wynosi 65 m.

W spągu wyrobiska występuje piaskowiec kwarcowy drobnoziarnisty, barwy jasnoszarej o spoiwie ilastym. Miąższość białego piaskowca wynosi od 14 do 20 m. Całkowita miąższość piaskowców czerwonego spągowca wynosi około 300 m.

W skrzydle NE Elewacji złoża posiada rozciągłość NW-SE i zapada pod kątem 6° w części NE pola i zwiększa upad do 9° w części SE. W skrzydle SW Elewacji złoża

zmienia swoją rozciągłość na NE-SW. Upad złoża w tym rejonie wynosi  $2^\circ$  do  $3^\circ$  na NW.

Czynnikiem mocno związanym z występowaniem zagrożenia tapaniami jest tektonika obszaru. W opisywanym rejonie występują dwa uskoki o przebiegu NW – SE i zrzutach na NE. Pierwszy o zrzutach od  $h = 0,7$  do  $1,0$  m na NE leży w części NE pola. Drugi uskok leży w środkowej części pola przebiegając przez cały jego obszar. Uskok ten osiąga zrzuty do  $1,0$  m w części NE pola a w jego środkowej partii osiąga zrzut  $h = 6,5$  m na NE. W obrębie stref uskokowych, w stropie wyrobisk obserwuje się liczne ślizgi i niejednokrotnie związane z nimi wyklinowania się warstw dolomitowych.

W stropie wyrobisk występują pionowe i nachylone spękania wypełnione substancją ilastą, kalcytem, gipsem lub anhydrytem. W skrzydle NE Elewacji spękania te tworzą dwa główne kierunki: NW–SE (maks.  $325^\circ$ ) oraz NE–SW (maks.  $35^\circ$ ). W skrzydle SW Elewacji występują spękania o przebiegu także NW-SE. Główne kierunki spękań w tej części pola to: NW-SE (maks.  $305^\circ$ ) oraz NE-SW (maks.  $25^\circ$ ) z przewagą tego pierwszego. W części SE pola strop wyrobisk charakteryzuje się występowaniem licznych ślizgów i spękań o nachyleniu płaszczyzn od  $15$  do  $45^\circ$ .

W rejonie XIII O/ZG „Rudna” średnia wytrzymałość warstw stropowych do  $15$  metrów powyżej zawału technologicznego wynosi  $107,3$  MPa. Średnia wytrzymałość na ściskanie, skał furty eksploatacyjnej wynosi  $72,3$  MPa, warstwy skalnej w spągu do  $2$  metrów poniżej spągu wyrobiska  $23,1$  MPa (tab. 1.). Widać tu wyraźnie, że skały stropowe i furty eksploatacyjnej charakteryzują się znacznie większą wytrzymałością niż skały w spągu.

Tabela 1

Klasy stropu i spągu w rejonie XIII O/ZG „Rudna”

Współczynnik tektonicznego zaangażowania stropu M	Średnia grubość ławic występujących w stropie S [m]	Średnia wytrzymałość warstw stropowych do $15$ m powyżej zawału technologicznego $R_c$ [MPa]	Średnia wytrzymałość na ściskanie skał furty eksploatacyjnej $R_c$ [MPa]	Klasa stropu	Mięszczość warstwy skalnej w spągu bezpośrednim o wytrzymałości powyżej $60$ MPa [m]	Średnia wytrzymałość warstwy skalnej w spągu do $2$ m poniżej spągu wyrobiska $R_c$ [MPa]	Klasa spągu
0,63	0,25	107,3	72,3	II	do $1,0$	23,1	I

## 2.2. SYSTEM EKSPLOATACJI W ODDZIALE G-7/3

Najwyższą skuteczność w ograniczaniu zagrożenia tapaniami osiąga się w rezultacie odpowiednio zaprojektowanej technologii eksploatacji dostosowanej do właściwości mechanicznych i budowy geologicznej górotworu.

W oddziale G-7/3 w pierwszym kwartale 2001 roku w związku z pękaniem stropu w szczególności w osiach wyciętych pasów, Kopalniany Zespół ds. Zwalczenia Tapani

i Zwałów wprowadził zmianę systemu eksploatacji. W miejsce komorowo – filarowego systemu „R-UO” (przeznaczonego do eksploatacji złoża pokładowego o miąższości do 7 metrów, upadzie do 8° i stropie umożliwiającym stosowanie obudowy kotwowej) wprowadzono system z podszką hydrauliczną „RG-8”. W związku ze zmianą systemu eksploatacji (pomimo zbliżania się do strefy bezłupkowej i piaskowca o spoiwie anhydrytowym) oczekiwano zmniejszenia emisji energii sejsmicznej.

Obecnie stosowanym w oddziale G-7/3 systemem eksploatacji jest nadal system komorowo – filarowy z podszką hydrauliczną dla warunków występowania zmiennej stateczności stropu „RG-8”. System ten przeznaczony jest do wybierania złoża typu pokładowego w warunkach zmiennej stateczności stropu, gdy miąższość złoża nie przekracza 15 metrów, upad złoża nie jest większy niż 8°, a skały stropowe nadają się do stosowania obudowy kotwowej. Przygotowując pole do eksploatacji, okonturowuje się je wiązkami wyrobisk przygotowawczych, prowadzonymi pod stropem złoża w układzie dwu- lub trójnitkowym. Wyrobiska ograniczające front eksploatacyjny muszą mieć stałe połączenie z czynnymi wyrobiskami kopalni. W systemie „RG-8” roboty eksploatacyjne prowadzone są wyrównaną linią przodków lub z wydzieleniem na froncie eksploatacyjnym bloków technologicznych. W blokach tych poszczególne operacje technologiczne wykonywane są naprzemiennie. W oddziale G-7/3 złożo rozcinane jest wyrobiskami o szerokości 6 – 7 m z wydzieleniem filarów technologicznych o wymiarach 7–10 m × 16–38 m, przy czym zasadnicze wymiary filarów wynoszą 9 m × 28 m. Do czasu zakończenia rozinki upodatniającej otwarcie przestrzeni roboczej zawarto w przedziale od 70 do 200 metrów. Robotami likwidacyjnymi objęta jest część złoża od granicy ze zrobami pola G-8/2. Urabianie złoża prowadzone jest za pomocą materiałów wybuchowych. Organizacja robót w przodkach prowadzona jest szeregowo – cyklicznie. Prowadzenie przodków komór i pasów oraz podszkanie wybranej przestrzeni odbywa się systematycznie w każdej fazie robót eksploatacyjnych.

### 3. STAN ZAGROŻENIA TĄPANIAMI W ODDZIALE G-7/3

Oddział G-7/3 prowadzi roboty górnicze zlokalizowane w rejonie XIII kopalni „Rudna”. Złożo w tym rejonie początkowo zaliczono do II – go stopnia zagrożenia tąpnięciami na podstawie stwierdzonych klas skał stropu (II) i spągu (I) (tab. 2). Obecnie oddział zaliczony jest do III – go stopnia. O zmianę stopnia zagrożenia tąpnięciami z II na III wystąpiono w związku z zaistniałym w oddziale G – 8/2 w dniu 4 czerwca 1994 r. o godzinie 16<sup>54</sup> tąpnięciem o energii  $2,1 \cdot 10^8$  J sprowokowanym robotami strzałowymi.

Wskaźnikiem stanu zagrożenia tąpnięciami może być, poza ilością zaistniałych dynamicznych przejawów ciśnienia górotworu (takich jak odprężenia i tąpnięcia),

ilość rejestrowanych wstrząsów oraz ilość wyzwolanej energii sejsmicznej. W kopalniach LGOM, ilością rejestrowanych wstrząsów oraz ich energią, określaną jest najczęściej aktywność sejsmiczna górotworu. Dane te pozwalają na wskazanie miejsca o największym potencjalnym zagrożeniu tąpnięciami oraz na ocenę i kontrolę skuteczności stosowania profilaktycznych metod. W tabeli 3 i tabeli 4 zestawiono parametry aktywności sejsmicznej górotworu, zarejestrowane w oddziale G-7/3 O/ZG "Rudna" w okresie czasu od 01.01.2001 do 30.06.2003.

Tabela 2

Oznaczenie stopni zagrożenia tąpnięciami dla rejonu XIII O/ZG „Rudna”

Klasa stropu	Klasa spągu	Wytrzymałość na ściskanie			Ilość zaistniałych wstrząsów o energii przekraczającej $1,0E6$ [J]	Ilość zaistniałych tąpnięć	Stopień zagrożenia tąpnięciami	Ilość otworów badawczych
		Strop	Furta	Spąg				
II	I	107,3	72,3	17,0	82	4	III	13

W roku 2001 w oddziale G – 7/3 na tle sejsmicznej aktywności śladowej wystąpiło 87 wstrząsów o energiach  $E \geq 10^3$ J, w tym 8 silnych zjawisk klasy energetycznej E6 – E7 i jedno bardzo silne klasy energetycznej E8 o energii  $1,0 \cdot 10^8$  J. Natomiast w roku 2002 na tle aktywności śladowej wystąpiło 86 wstrząsów o energiach  $E \geq 10^3$ J w tym 7 silnych zjawisk klasy energetycznej E6 – E7.

Pierwsze półrocze 2003 roku przyniosło 43 zjawiska o energii  $E \geq 10^3$ J, w tym jedno silne zjawisko klasy E7 o energii  $2,5 \cdot 10^7$ J (tab. 4).

W okresie od 1 stycznia 2001 do 30 czerwca 2003 w oddziale G – 7/3 wystąpiło 216 wstrząsów o energii  $E \geq 10^3$ J w tym (tab. 3):

- 113 wstrząsów o energii sejsmicznej rzędu  $10^3$ J (53,31 % wszystkich wstrząsów) o łącznej energii  $4,02 \cdot 10^5$ J (0,12 % całkowitej energii),
- 57 zjawisk o energii rzędu  $10^4$ J (26,39 % wszystkich wstrząsów), których łączna energia wyniosła  $1,72 \cdot 10^6$ J (0,50 %),
- 29 silnych zjawisk o energii rzędu  $10^5$ J (13,43 %) o łącznej energii  $1,03 \cdot 10^7$ J (2,99 %),
- 6 zjawisk o energii rzędu  $10^6$ J (2,70 %; 3 w roku 2001, oraz 2002) o łącznej energii  $1,69 \cdot 10^7$ J (4,88 %),
- 10 zjawisk o energii rzędu  $10^7$ J (4,63 %) o łącznej energii  $2,17 \cdot 10^8$ J (62,65 %),
- jedno bardzo silne zjawisko o energii  $1,0 \cdot 10^8$ J (28,87 %).

Z zestawienia ilości wstrząsów poszczególnych rzędów energii wynika, że pomimo kilkakrotnie większej liczby wstrząsów niskoenergetycznych (E3, E4) ich łączna energia równa jest energii pojedynczych zjawisk z grupy E5. Wstrząsy klasy energetycznej E3 stanowiły odpowiednio 49,43 % w 2001, 55,81 % w 2002 i 51,16 % w 2003 – całkowitej liczby wstrząsów, lecz ich energia stanowiła odpowiednio 0,06 %, 0,21 % i 0,33 % całkowitej wyzwolonej energii (tab.4). Podobnie zjawiska o

energii rzędu  $10^4$ J, chociaż stanowiły kolejno 24,14 %, 20,93 % oraz 41,86 % wszystkich zjawisk, ich udział w całkowitej energii kształtuje się na poziomie 0,26 %, 0,58 % i 2,34 % (tab.4). Zjawiska klasy energetycznej E5 nie przekraczają 20 % całkowitej liczby wstrząsów, a ich udział w wyemitowanej energii wynosi odpowiednio 1,59 %, 7,41 % i 1,46 % (tab.4). Wstrząsy klasy energetycznej E6 w latach 2001 i 2002 stanowią poniżej 7 % w ilości wszystkich zjawisk, a ich udział energetyczny wynosi kolejno 4,73 % i 6,82 %. W pierwszym półroczu 2003 roku zjawiska klasy energetycznej E6 nie występowały (tab. 4).

Odwrotną zależność obserwujemy przy wstrząsach o energiach rzędu  $10^7$ J i  $10^8$ J. Udział wstrząsów klasy energetycznej E7 w całkowitej ilości zjawisk stanowi 5,75 % w 2001, 4,65 % w 2002 i 2,33 % w 2003, a klasy energetycznej E8 1,15 % (tylko w roku 2001). Natomiast udział energii wyzwolonej przez wstrząsy klasy energetycznej E7 w całkowitej energii wynosi odpowiednio: 51,11 %, 84,98 % oraz 95,88 % i 42,24 % dla wstrząsów klasy energetycznej E8 (tab. 4).

Można stwierdzić, że energia zjawisk wysokoenergetycznych stanowi dominujący składnik energii wyemitowanej w poszczególnych latach. Dotyczy to zarówno roku 2001, 2002, pierwszej połowy 2003 r. jak i całego analizowanego okresu od 1 stycznia 2001 r. do 30 czerwca 2003 r., w którym energia wstrząsów wysokoenergetycznych ( $E \geq 10^5$ J) stanowi 99,38 % całkowitej wyzwolonej energii (tab. 3). Natomiast liczba wstrząsów wysokoenergetycznych w całym badanym okresie wynosi 20,30 % całkowitej liczby wstrząsów. Ilościowo dominują wstrząsy niskoenergetyczne.

Tabela 3  
Zestawienie ilości i energii wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych w oddziale G – 7/3 od 01.01.2001 do 30.06.2003 r. i ich udział procentowy w poszczególnych klasach wstrząsów

Rząd energii sejsmicznej	E3	E4	E5	E6	E7	E8	SUMA
Sumaryczna ilość wstrząsów	113	57	29	6	10	1	<b>216</b>
Procentowy udział ilości w poszczególnych klasach wstrząsów	53,31%	26,39%	13,43%	2,78%	4,63%	0,46%	<b>100,00%</b>
Sumaryczna energia wstrząsów	4,02E+05	1,72E+06	1,03E+07	1,69E+07	2,17E+08	1,00E+08	<b>3,46E+08</b>
Procentowy udział w ilości wyzwolonej energii	0,12%	0,50%	2,99%	4,88%	62,65%	28,87%	<b>100,00%</b>

Całkowita ilość wstrząsów kształtuje się na podobnym poziomie w analizowanych latach. Podobnie ilość wstrząsów wysokoenergetycznych ( $E \geq 10^5$ J) oraz niskoenergetycznych ( $10^3$ J i  $10^4$ J) w poszczególnych latach utrzymuje się na stałym poziomie. Natomiast całkowita wyzwolona energia w kolejnych latach zmniejszyła się o około 65%. Można stwierdzić, że stan zagrożenia tąpnięciami określany wielkością aktywności sejsmicznej utrzymuje się w oddziale G-7/3 na średnim poziomie. Aktywność sejsmiczna wyrażona energią maleje w czasie natomiast określana ilością wstrząsów jest na stałym poziomie.

Tabela 4

Zestawienie ilości i energii wstrząsów sejsmicznych zarejestrowanych oddziale G – 7/3 od 01.01.2001 do 30.06.2003 r. oraz ich udział procentowy w poszczególnych klasach wstrząsów

Rok	Rząd energii sejsmicznej	E3	E4	E5	E6	E7	E8	SUMA
2001	Sumaryczna ilości wstrząsów	43	21	14	3	5	1	<b>87</b>
	Procentowy udział ilości w poszczególnych klasach wstrząsów	49,43%	24,14%	16,09%	3,45%	5,75%	1,15%	<b>100,00%</b>
	Sumaryczna energia wstrząsów	1,41E+05	6,23E+05	3,77E+06	1,12E+07	1,21E+08	1,00E+08	<b>2,37E+08</b>
	Procentowy udział w ilości wyzwolonej energii	0,06%	0,26%	1,59%	4,73%	51,11%	42,24%	<b>100,00%</b>
2002	Sumaryczna ilości wstrząsów	48	18	13	3	4	0	<b>86</b>
	Procentowy udział ilości w poszczególnych klasach wstrząsów	55,81%	20,93%	15,12%	3,49%	4,65%	0,00%	<b>100,00%</b>
	Sumaryczna energia wstrząsów	1,76E+05	4,87E+05	6,19E+06	5,70E+06	7,10E+07	0,00E+00	<b>8,36E+07</b>
	Procentowy udział w ilości wyzwolonej energii	0,21%	0,58%	7,41%	6,82%	84,98%	0,00%	<b>100,00%</b>
2003	Sumaryczna ilości wstrząsów	22	18	2	0	1	0	<b>43</b>
	Procentowy udział ilości w poszczególnych klasach wstrząsów	51,16%	41,86%	4,65%	0,00%	2,33%	0,00%	<b>100,00%</b>
	Sumaryczna energia wstrząsów	8,56E+04	6,09E+05	3,80E+05	0,00E+00	2,50E+07	0,00E+00	<b>2,61E+07</b>
	Procentowy udział w ilości wyzwolonej energii	0,33%	2,34%	1,46%	0,00%	95,88%	0,00%	<b>100,00%</b>

#### 4. AKTYWNA PROFILAKTYKA TĄPANIOWA STOSOWANA W ODDZIALE G-7/3

Stosowanie aktywnych metod przeciwdziałania tąpniom nie jest w kopalniach rud miedzi LGOM obligatoryjne. Jednak, jeśli uzasadnione okaże się zastosowanie którejkolwiek z metod, jej wybór należy do kierownictwa ruchu zakładu.



Aktywne metody ograniczania zagrożenia tąpniętami opierają się głównie na robotach strzałowych, prowokujących zjawiska dynamiczne. Celem takich robót strzałowych jest zmiana właściwości wytrzymałościowych i zdolności do akumulowania energii sprężystej skał w otoczeniu wyrobisk górniczych oraz zmniejszenie naprężeń występujących w górotworze (Butra, 2002). Dla zapewnienia bezpieczeństwa dąży się do sprowokowania wstrząsów, tąpnięć i odprężeń w godzinach strzelania i w czasie wyczekiwania (tj. w czasie nieobecności załogi).

Aktywna profilaktyka tąpniowa w oddziale G-7/3 obejmuje następujące metody i rygory prowadzenia robót:

- grupowe strzelania urabiająco – odprężające przodków (maksymalizacja ilości strzelanych przodków) wykonywane w sposób prowokujący tj. przez jednoczesne odpalenie większej ilości przodków skoncentrowanych obok siebie na kolejnych odcinkach frontów; dla frontu rozczekowego pola G-7/3 obowiązuje rygor grupowego strzelania minimum 6 przodków,
- strzelania odprężające w caliznie, polegające na odpaleniu w przodkach MW w dodatkowych wielkośrednicowych otworach o długości od 6 do 8 m, wykonywane z częstotliwością 1 raz na trzy zabioły,
- strzelania odprężające w spągu i w filarach zdolnych do kumulacji naprężeń,
- strzelania urabiająco – odprężające w caliznie polegające na urabianiu calizny w przodkach komór, pasów i zabierek, normalnymi zabiorami przy zwiększonym ładunku MW w otworach włomowo – odprężających przez zwiększenie ich średnicy lub ilości; w oddziale G-7/3 stosuje się strzelanie w otworach włomowo – odprężających o średnicy  $\varnothing$  127 mm; metodę tą stosuje się przede wszystkim w strefach szczególnego zagrożenia tąpniętami.
- zachowanie minimum 2 godzinnego czasu wyczekiwania po grupowym strzelaniu przodków,
- ograniczenie do maksymalnie 20 liczby osób mogących przebywać jednocześnie w obowiązującej ustalonej strefie szczególnego zagrożenia tąpniętami
- czas strzelania otworów odprężających może występować w dwóch odmianach: jako odrębne niezależne strzelanie przed strzelaniem urabiającym przodków lub łącznie ze strzelaniem urabiającym przodków pod warunkiem, że zastosowany zostanie ten sam MW w przodkach i otworach odprężających, a także wkomponowanie otworów odprężających w metrykę przodkową nastąpi z zachowaniem normalnych odległości między otworami.

## 5. SKUTECZNOŚĆ STOSOWANIA AKTYWNEJ PROFILAKTYKI TĄPANIOWEJ

Ocena skuteczności profilaktyki tąpniowej przeprowadzana jest głównie na podstawie analizy wyników badań sejsmologicznych i sejsmoakustycznych jak też

pomiarów geotechnicznych, takich jak pomiar konwergencji, rozwarstwień stropu oraz deformacji otworów. Badania te mają na celu określenie stanu zagrożenia.

W celu dokonania prawidłowej oceny skuteczności aktywnych metod zwalczania zagrożenia tapaniami, stosowanych w oddziale G-7/3 w okresie czasu od 01.01.2001 do 30.06.2003, poddano analizie dane sejsmologiczne i dane dotyczące robót strzałowych. Ciągła rejestracja wstrząsów i odprężeń pozwala na skorelowanie czasów i miejsc występowania zjawisk dynamicznych ze sposobem i miejscem prowadzenia robót górniczych. W głównej mierze na ocenę skuteczności aktywnych metod stosowanych w oddziale G-7/3 mają czynniki takie jak: skuteczność prowokowania wstrząsów, wielkość ładunku MW konieczna do sprowokowania wstrząsu, czas wystąpienia prowokowanych wstrząsów oraz ich energia i ilość.

#### 5.1. DOBOWE ROZKŁADY ILOŚCI I ENERGII SILNYCH WSTRZĄSÓW GÓROTWORU O ENERGII SEJSMICZNEJ $E \geq 10^5 J$ W LATACH 2001-2003

Ocenę profilaktyki tapaniowej opartej na prowokowaniu zjawisk dynamicznych robotami strzałowymi i stosowaniu odpowiednich czasów wyczekiwania po tych robotach oraz silnych wstrząsach i zjawiskach dynamicznych przeprowadzono na podstawie dobowego rozkładu ilości wstrząsów sejsmicznych oraz dobowego rozkładu ilości wyzwolonej energii sejsmicznej. Przy prowokowaniu zjawisk dynamicznych najkorzystniejsze są przypadki, gdy zjawiska występują bezpośrednio po odpaleniu ładunków MW lub w obowiązującym czasie wyczekiwania po robotach strzałowych (przy nieobecności załogi) oraz gdy w tym samym czasie, wyzwolona zostaje największa ilość energii.

W tabeli 5 przedstawiono dobowy rozkład ilości wstrząsów i ilości wyzwolonej energii w oddziale G-7/3 w badanym okresie czasu. Przedstawiono również procentowy udział energii i ilości wstrząsów zarejestrowanych w poszczególnych godzinach.

W dobowym rozkładzie zjawisk wyodrębniają się zarówno w rozkładzie ilościowym, jak i energetycznym, okresy międzymianowe tj. między godzinami 5 a 6 oraz 21 a 22, w których występuje wzmożona aktywność sejsmiczna górotworu zarówno pod względem ilości wstrząsów jak i wyzwolonej energii. W okresie tych dwóch godzin, czyli w okresie czasu stanowiącym 8,33% doby wyzwała się 64,6% całkowitej energii sejsmicznej. W godzinach wykonywania robót strzałowych występuje największy procentowy udział ilości wstrząsów oraz wyzwolony zostaje znaczny procent energii sejsmicznej. W kolejnej godzinie po robotach strzałowych, wydatek energii spada. Biorąc pod uwagę obowiązujący czas wyczekiwania, można zauważyć, że wyzwolane jest wtedy 87,6 % energii oraz występuje 47,8 % wszystkich wstrząsów. Rozkład taki zaburzają pojedyncze silne zjawiska sejsmiczne, które występują losowo w ciągu doby, niezależnie od wykonywanych robót strzałowych. Te losowe zjawiska mogą być związane z uaktywnieniem się dyslokacji tektonicznych.

Rozkład statystyczny wysokoenergetycznych wstrząsów występujących w oddziale G-7/3 potwierdza znaczenie i celowość koncentracji robót strzałowych w godzinach międzymianowych oraz stosowania strzelania prowokującego w przodkach jako jednej z podstawowych metod ograniczania zagrożenia tapaniami. W oparciu o przedstawiony dobowy rozkład ilości wstrząsów oraz wyzwolonej energii, można stwierdzić, że obowiązująca w badanym oddziale długość czasu wyczekiwania po robotach strzałowych jest odpowiednia i pozwala zmniejszyć zagrożenie ze strony zjawisk dynamicznych.

Tabela 5

Dobowy rozkład ilości wstrząsów sejsmicznych o energii  $E \geq 10^5 \text{ J}$  oraz dobowy rozkład ilości wyzwolonej energii sejsmicznej w oddziale G-7/3 O/ZG „Rudna” (od 01.01.2001 do 30.06.2003)

Godzina	Ilość zjawisk	Udział w całkowitej ilości zjawisk [%]	Wyzwolona energia sejsmiczna [ $\times 10^6 \text{ J}$ ]	Udział w całkowitej wyzwolonej energii [%]
0-1	1	2 18	0 34	0 10
1-2	1	2 18	0 70	0 20
2-3	0	0 00	0 00	0 00
3-4	0	0 00	0 00	0 00
4-5	2	4 35	11 13	3 23
5-6	8	17 39	57 13	16 60
6-7	3	6 50	23 28	6 76
7-8	2	4 35	30 10	8 74
8-9	4	8 70	1 29	0 38
9-10	2	4 35	23 00	6 68
10-11	0	0 00	0 00	0 00
11-12	1	2 18	2 50	0 74
12-13	0	0 00	0 00	0 00
13-14	1	2 18	0 50	0 16
14-15	2	4 35	1 31	0 38
15-16	1	2 18	0 21	0 06
16-17	0	0 00	0 00	0 00
17-18	3	6 50	0 82	0 25
18-19	2	4 35	0 20	0 06
19-20	2	4 35	0 37	0 12
20-21	1	2 18	0 20	0 06
21-22	7	15 20	165 21	48 00
22-23	2	4 35	25 84	7 51
23-0	1	2 18	0 11	0 03
suma	46	100 00	344 24	100 00

## 5.2. AKTYWNOŚĆ SEJSMICZNA W CZASIE WYCZEKIWANIA PO ROBOTACH STRZAŁOWYCH W ODDZIALE G-7/3

W celu ograniczenia zagrożenia związanego z występowaniem zjawisk dynamicznych, obowiązuje przestrzeganie po robotach strzałowych, odprężeniach i tapaniach określonych czasów wyczekiwania. Wskaźnikiem celowości stosowania założonych i obowiązujących czasów wyczekiwania po robotach strzałowych może być udział zjawisk dynamicznych, jakie występują w czasie wyczekiwania w ogólnej

ilości zjawisk oraz odpowiadający im procentowy udział wielkości wyzwolonej energii.

W tabeli 6 i tabeli 7 zestawiono dane o charakterze aktywności sejsmicznej badanego oddziału w odniesieniu do czasu wyczekiwania. Dane przedstawione w tabelach wykazują, że w badanym oddziale znakomita większość zjawisk dynamicznych występuje w pierwszej godzinie po przodkowych robotach strzałowych. Natomiast w drugiej godzinie po strzelaniu przodków ilość zjawisk i wydatek wyzwolonej energii sejsmicznej jest już bardzo mały. Potwierdza to zasadność stosowania, obowiązującej w badanym oddziale długości czasu wyczekiwania po robotach strzałowych.

Skuteczność stosowanych metod aktywnych jest wysoka, gdy wstrząsy spowodowane występują w jak najkrótszym czasie po robotach strzałowych oraz mają jak największą energię. Na podstawie analizy czasu występowania wstrząsów ( $E \geq 10^3 \text{J}$ ), po przeprowadzeniu robót strzałowych stwierdzono, że: 29,88 % ilości zjawisk i 75,22 % ich energii w roku 2001, 33,72 % zjawisk i 79,09 % ich energii w roku 2002 oraz 34,88 % wstrząsów i 0,94 % ich energii w pierwszej połowie 2003 r. były zjawiskami spowodowanymi, które wystąpiły natychmiast po strzelaniu lub w pierwszej godzinie czasu wyczekiwania (tab.6 i tab.7).

Tabela 6  
Zestawienie ilości wstrząsów górotworu o energii sejsmicznej  $E \geq 10^3 \text{J}$ , zarejestrowanych w oddziale G-7/3 O/ZG „Rudna” od 01.01.2001 do 30.06.2003

Ilość wstrząsów o energii $E \geq 10^3 \text{J}$					
Rok	Całkowita	Natychmiastowych	Do 10 s	W 1 godzinie czasu wyczekiwania	W 2 godzinie czasu wyczekiwania
2001	87	9	4	13	3
2002	86	7	7	15	2
2003*	43	4	2	9	3
Wyzwolona energia sejsmiczna [J]					
2001	2,37E+08	5,35E+07	2,45E+06	1,22E+08	6,56E+04
2002	8,36E+07	1,74E+06	4,62E+07	1,82E+07	3,72E+05
2003*	2,61E+07	1,15E+05	3,21E+04	1,00E+05	7,38E+04

Tabela 7  
Procentowy udział wstrząsów górotworu o energii sejsmicznej  $E \geq 10^3 \text{J}$ , zarejestrowanych w oddziale G-7/3 O/ZG „Rudna” od 01.01.2001 do 30.06.2003

Procentowy udział wstrząsów sejsmicznych o energii $E \geq 10^3 \text{J}$					
W ilości					
Rok	Natychmiastowych	Do 10 s	W 1 godzinie czasu wyczekiwania	W 2 godzinie czasu wyczekiwania	Samoistnych
2001	10,34 %	4,60 %	14,94 %	3,45 %	66,67 %
2002	8,14 %	8,14 %	17,44 %	2,33 %	63,95 %
2003*	9,30 %	4,65 %	20,93 %	6,98 %	58,14 %
W energii					
2001	22,60 %	1,03 %	51,59 %	0,03 %	24,75 %
2002	2,08 %	55,24 %	21,77 %	0,45 %	19,44 %

2003*	0,44 %	0,12 %	0,38 %	0,28 %	98,77 %
-------	--------	--------	--------	--------	---------

\* - dla roku 2003 przeanalizowano zjawiska zaistniałe od 01.01.2003 do 30.06.2003 r.

Na podstawie powyższych danych wyraźnie widać tendencję wzrostową ilości zjawisk prowokowanych i ich energii występujących w pierwszej godzinie czasu wyczekiwania w badanym okresie za wyjątkiem pierwszej połowy 2003 r., w której energia wstrząsów sprowokowanych wyraźnie spadła, co może być związane z wystąpieniem wysokoenergetycznych (E5 i E7) wstrząsów samoistnych. Można powiedzieć, że stopień skuteczności aktywnych metod zwalczania zagrożenia tapaniami, określany na podstawie udziału ilości i energii wstrząsów występujących w poszczególnych godzinach czasu wyczekiwania w całkowitej ilości i energii wstrząsów jest stosunkowo wysoki.

### 5.3. SKUTECZNOŚĆ PROWOKOWANIA WYSOKOENERGETYCZNYCH WSTRZĄSÓW GÓROTWORU GRUPOWYM STRZELANIEM PRZODKÓW

Do właściwej oceny skuteczności prowokowania wstrząsów robotami strzałowymi polegającymi na jednoczesnym odpalaniu większej ilości blisko siebie leżących przodków niezbędna jest analiza porównawcza ilości wstrząsów samoistnych i ilości wstrząsów prowokowanych. Zarówno procentowe udziały ilości wstrząsów jak i udziały ich energii stanowią podstawowe dane mogące służyć ilościowej ocenie skuteczności prowokowania.

W tabeli 8 przedstawiono dane dotyczące efektywności prowokowania wysokoenergetycznych wstrząsów o energii  $E \geq 10^5 \text{ J}$  w oddziale G-7/3 w latach 2001-2003.

Efektywność prowokowania wstrząsów górotworu (o energii  $E \geq 10^5 \text{ J}$ ), mierzona ilością wstrząsów rośnie od 34,78% w 2001 do 52,38% w 2002 natomiast w 2003 roku spada do 0%. Skuteczność prowokowania wstrząsów mierzona ich energią rośnie od 75,36% w 2001 do 79,66% w 2002 a następnie spada do 0% w 2003 roku.

W 2003 roku wystąpiły 3 zjawiska o energiach  $E \geq 10^5 \text{ J}$ , z których żadne nie zostało sprowokowane robotami strzałowymi.

Jak wynika z zebranych powyżej danych, zarówno pod względem ilości zaistniałych zjawisk jak i wielkości wyzwolonej energii, jedynie w latach 2001 i 2002 występuje pewne podobieństwo. Przejawia się ono tendencją wzrostową ilości wysokoenergetycznych prowokowanych wstrząsów. Taką samą tendencją wzrostową można zaobserwować w wydatku energetycznym wstrząsów prowokowanych.

Słaba skuteczność prowokowania wstrząsów w pierwszej połowie 2003 roku jest wynikiem wystąpienia trzech silnych zjawisk samoistnych o energii  $E \geq 10^5 \text{ J}$ . Pierwsze z nich (o energii  $2,5 \cdot 10^5 \text{ J}$ ) miało miejsce w caliznie na poziomie pokładu i wystąpiło 7 godzin po słabszym wstrząsie (o energii  $1,2 \cdot 10^4 \text{ J}$ ), który był następstwem robót strzałowych i wystąpił w 39 minucie po strzelaniu przodków. Drugi z omawianych wstrząsów samoistnych (o energii  $2,5 \cdot 10^7 \text{ J}$ ) miał miejsce na

prawym zrobie na poziomie pokładu po zjawisku sprowokowanym strzelaniem przodków (o energii  $2,5 \cdot 10^4$  J). Zjawisko poprzedzające silny wstrząs miało miejsce 4 sekundy po strzałowych robotach przodkowych. Trzeci wysokoenergetyczny wstrząs samoistny o energii  $1,8 \cdot 10^5$  J wystąpił na lewym froncie robót bez wystąpienia zjawisk poprzedzających. Wystąpienie tych wysokoenergetycznych samoistnych wstrząsów górotworu w badanym oddziale może być związane z uaktywnianiem się dyslokacji tektonicznych oraz prowadzeniem robót górniczych w sąsiedztwie zrobów pola G-8/2. Natomiast trudności w prowokowaniu wstrząsów w tym czasie mogą wynikać z prowadzenia robót w strefie bezłupkowej złoża, w obrębie której występuje mocny piaskowiec o spoiwie anhydrytowym

Powyższe obserwacje pokazują, że skuteczność prowokowania wysokoenergetycznych wstrząsów, w omawianym okresie czasu, mierzona wielkością ich energii jest na stosunkowo wysokim poziomie.

Tabela 8  
Skuteczność prowokowania wysokoenergetycznych wstrząsów górotworu (o energii  $E \geq 10^5$  J) w oddziale G-7/3 O/ZG „Rudna” od 01.01.2001 do 30.06.2003

Rok	Wstrząsy samoistne		Wstrząsy po strzelaniu przodków	
	Ilość wstrząsów	Energia [ $\times 10^7$ J]	Ilość wstrząsów	Energia [ $\times 10^7$ J]
2001	15 65,22%	5,8 24,64%	8 34,78%	17,8 75,36%
2002	10 47,62%	1,69 20,34%	11 52,38%	6,60 79,66%
2003*	3 100%	2,54 100%	0 0,00%	0,00 0,00%

\* - dla roku 2003 przeanalizowano zjawiska zaistniałe od 01.01.2003 do 30.06.2003 r.

## 6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W kopalniach rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A. głównym problemem występującym podczas eksploatacji złoża jest zagrożenie wstrząsami górotworu oraz wywołanymi przez nie odprężeniami i tapaniami. Występowanie w stropie zasadniczym złoża rud miedzi LGOM wytrzymałych i sztywnych skał oraz słabszych skał w furcie eksploatacyjnej wraz z dużą głębokością zalegania złoża i znacznym zaangażowaniem tektonicznym górotworu stanowią naturalne przyczyny występowania zagrożenia tapaniami. Aktywność sejsmiczna górotworu w kopalniach LGOM w miarę rozwoju eksploatacji, powiększania się powierzchni zrobów oraz wzrostu głębokości eksploatacji rośnie.

W obliczu wzrastającego zagrożenia sejsmicznego w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. podstawowe znaczenie dla bezpieczeństwa załogi a także dla utrzymania ciągłości eksploatacji ma profilaktyka tapaniowa mająca na celu zminimalizowanie zagrożenia lub skutków już zaistniałych tapanień lub odprężeń. Profilaktyka tapaniowa

w kopalniach miedzi LGOM obejmuje ocenę stanu zagrożenia oraz ograniczanie i zwalczanie zagrożenia. W ramach działań ograniczających zagrożenie stosowane są technologiczne i aktywne metody. Spośród aktywnych metod największe znaczenie ma grupowe strzelanie przodków. Zakres stosowanej profilaktyki jest ściśle związany ze stopniem zagrożenia, do jakiego zostało zaliczone złożę w danym rejonie.

Pole 3 oddziału G-7 zaliczone jest do III stopnia zagrożenia tąpnięciami. Aktywność sejsmiczna tego rejonu utrzymuje się na stosunkowo średnim poziomie. Roboty górnicze dostosowywane są do zmiennych w tym rejonie warunków stropowych (Centralna Elewacja Rudnej) oraz zaangażowania tektonicznego górotworu.

Aktywna profilaktyka tąpniowa w oddziale G-7/3 obejmuje przede wszystkim grupowe strzelanie przodków oraz strzelanie odprężające w caliznie z wykorzystaniem dodatkowych otworów wielkośrednicowych. W rejonie oddziału obowiązuje ustalony czas wyczekiwania po robotach strzałowych.

Analiza wyników badań sejsmologicznych wskazuje na wyraźną zależność między aktywnością sejsmiczną rejonu i postępem eksploatacji. Na podstawie wyników tych badań, można określić skuteczność stosowania aktywnej profilaktyki. Sporządzone na podstawie badań sejsmologicznych dobowe rozkłady ilości wstrząsów oraz ilości wyzwolonej energii pokazują, że w badanym oddziale w okresach międzymianowych, gdy wykonywane są roboty strzałowe występuje najwięcej wstrząsów i wyzwolony jest największy procent energii sejsmicznej. Wyjątki stanowią losowo pojawiające się silne samoistne zjawiska, które mogą być związane z bliskim sąsiedztwem zrobów lub uaktywnianiem się dyslokacji tektonicznych. Rozkłady dobowe potwierdzają celowość i znaczenie stosowania prowokującego strzelania w przodkach jako jednej z podstawowych metod ograniczania zagrożenia tąpnięciami oraz koncentracji robót strzałowych w godzinach międzymianowych. W oparciu o przedstawiony dobowy rozkład ilości wstrząsów oraz wyzwolonej energii, można stwierdzić, że obowiązująca w badanym oddziale długość czasu wyczekiwania po robotach strzałowych jest odpowiednia i pozwala zmniejszyć zagrożenie ze strony zjawisk dynamicznych.

Prowadząc eksploatację zmierzającą do zwiększenia skuteczności prowokowania wysokoenergetycznych wstrząsów i zakładając, że wstrząs sprowokowany pojawiający się w czasie wyczekiwania po robotach strzałowych jest wstrząsem prognozowanym, można określić czas wystąpienia wstrząsu. W badanym oddziale większość sprowokowanych zjawisk oraz większość wydatku energetycznego zaobserwowano w pierwszej godzinie czasu wyczekiwania, co świadczy o stosunkowo wysokiej skuteczności prowokowania wstrząsów.

Można stwierdzić, że w omawianym okresie czasu w oddziale G-7/3 skuteczność prowokowania wysokoenergetycznych wstrząsów mierzona ich energią jest na wysokim poziomie rosnąc od 75,36% w 2001 roku do 79,66% w 2002 roku, natomiast skuteczność mierzona ilością sprowokowanych wstrząsów jest trochę niższa i rośnie od 34,78% w 2001 roku do 52,38% w 2002 roku. W pierwszej połowie 2003 roku

w oddziale G-7/3 nie spowodowano robotami strzałowymi żadnego wysokoenergetycznego wstrząsu. Może to być spowodowane prowadzeniem robót w strefie bezłupkowej złoża, w obrębie której występuje mocny piaskowiec o spoiwie anhydrytowym. W tym czasie wystąpiły trzy wysokoenergetyczne wstrząsy samoistne, dwa jako wtórne po słabszych wstrząsach spowodowanych robotami strzałowymi, co obniża skuteczność prowokowania. Pojawienie się tych samoistnych wstrząsów może być związane z uaktywnianiem się dyslokacji tektonicznych oraz prowadzeniem robót górniczych w sąsiedztwie zrobów pola G-8/2.

Stosowana w badanym oddziale aktywna profilaktyka pozwala na utrzymanie zagrożenia sejsmicznego na względnie stałym poziomie zapewniając tym samym, bezpieczeństwo pracy.

Zagrożenie tąpnięciami w kopalniach LGOM wzrośnie w następnych latach w związku ze wzrostem głębokości oraz rozwojem eksploatacji. Dlatego konieczne jest opracowywanie nowych metod badania stanu zagrożenia i jego ograniczania.

#### LITERATURA

- BUTRA J., *Aktualny stan zagrożenia tąpnięciami w kopalniach LGOM*, Materiały konferencyjne XXVII Zimowej Szkoły Mechaniki Górniczej, Kraków, 2004.
- BUTRA J., *Rozwój metod profilaktyki tąpniowej w górnictwie rud miedzi*, Materiały konferencyjne Międzynarodowego Sympozjum naukowo-technicznego, Tąpnięcia 2002 – stan badań i profilaktyki, 12-15. 11.2002, Ustroń, Katowice, 2002.
- KŁECZEK Z., *Sterowanie wstrząsami górnictwa jako forma profilaktyki tąpniowej w kopalniach LGOM*, Materiały konferencyjne XXV Zimowej Szkoły Mechaniki Górniczej, Zakopane, 2002.
- KUNYSZ N.M., *Zagadnienia związane z projektowaniem komorowo-filarowych systemów eksploatacji*, Rudy i Metale Nieżelazne R-26, Nr 3 s. 130-135, 1981.

*seismic activity, rockburst active prevention*

#### ROCKBURST ACTIVE PREVENTION METHODS IN SELECTED MINING PANEL OF RUDNA COPPER MINE IN 2001, 2002 AND 2003

Rockburst hazard in KGHM Polska Miedź S.A. copper mines in Legnica-Głogów Copper District has been permanently increasing with mining development, increasing depth of excavation and growing area of gobs. In Rudna copper mine mining is accompanied by serious bump hazard, so prevention activities are necessary to limit it. Rockburst hazard and geological conditions of ore deposit in the selected mining panel of Rudna copper mine for the period from 2001 to 2003 are described in the paper. Moreover, rockburst active prevention activities and methods used in this mining panel are also discussed and presented in detail. Using seismological data, the effectiveness of active methods for the hazard limitation with special attention to provocation of high-energy tremors by means of simultaneous concentrated blasting in numerous faces was assessed