



WYŻSZY URZĄD GÓRNICZY

***ZAGROŻENIE TĄPANIAMI
W GÓRNICTWIE POLSKIM***



KATOWICE 2007

Spis treści

1. Wybrane definicje	3
1.1. Stopnie zagrożenia tapaniami – trzy stopnie w KWK i w kopalniach rud miedzi	3
1.2. Organy opiniotawcze w zakresie zagrożenia tapaniami	5
1.3. Metody oceny stanu zagrożenia tapaniami	6
1.4. Aparatury pomiarowe do oceny zagrożenia tapaniami.....	7
1.5. Metody profilaktyki tapaniowej.....	7
2. Zagrożenie tapaniami w górnictwie polskim.....	11
3. Tryb postępowania rzeczoznawców przy zaliczaniu złóż lub ich partii do odpowiednich stopni zagrożenia tapaniami	13

1. Wybrane definicje

(z rozporządzenia MSWiA w sprawie zagrożeń... z 14 czerwca 2002r. – Dz.U. Nr 94 poz. 841)

- 1) **zagrożenie tąpnięciami** - możliwość wystąpienia tąpnięcia w rezultacie niekorzystnych warunków górnictwo-geologicznych w wyrobisku górnictwym lub w jego otoczeniu,
- 2) **skłonność górotworu i skał do tąpań** - zdolność do kumulowania energii w górotworze lub skałach i nagłego jej wyzwolenia w momencie zmiany lub zniszczenia ich struktury,
- 3) **odprężenie partii złoża (pokładu)** - dokonanie takich zabiegów technicznych w tej partii złoża (pokładu) lub jego sąsiedztwie, w szczególności eksploatację sąsiednich pokładów lub wykonanie strzelań powodujących destrukcję górotworu, których skutkiem jest pozbawienie tej partii złoża (pokładu) zdolności do kumulowania energii lub obniżenia tej zdolności,
- 4) **wstrząs górotworu** - wyładowanie energii nagromadzonej w górotworze, objawiające się drganiem górotworu i zjawiskami akustycznymi niepowodujące pogorszenia funkcjonalności wyrobisk i bezpieczeństwa ich użytkowania,
- 5) **zjawisko odprężenia w wyrobisku** - zjawisko dynamiczne spowodowane wstrząsem górotworu, w wyniku którego wyrobisko lub jego odcinek uległo uszkodzeniu, niepowodującemu jednak utraty jego funkcjonalności lub bezpieczeństwa jego użytkowania,
- 6) **tąpnięcie** - zjawisko dynamiczne spowodowane wstrząsem górotworu, w wyniku którego wyrobisko lub jego odcinek uległo gwałtownemu zniszczeniu lub uszkodzeniu, w następstwie czego nastąpiła całkowita lub częściowa utrata jego funkcjonalności lub bezpieczeństwa jego użytkowania.

1.1. Stopnie zagrożenia tąpnięciami – trzy stopnie w KWK i w kopalniach rud miedzi

I. Kopalnie węgla kamiennego

- 1) **Do I stopnia ZT** zalicza się pokłady lub ich części zalegające w górotworze skłonnym do tąpań, w których:
 - a) dokonano odprężenia:
 - przez wybranie pokładu odprężającego z zawałem stropu w odległości nie większej niż 50m pod pokładem odprężanym lub 20m nad tym pokładem,
 - przez wybranie pokładu odprężającego z podsadzką hydrauliczną w odległości nie większej niż 30m pod pokładem odprężanym lub 15m nad tym pokładem,
 - w przypadku grubego pokładu - przez czyste wybranie warstwy tego pokładu,

- nie zachowując parametrów określonych w lit. a)-c), ale wyniki badań i opinia rzeczoznawcy uzasadniają takie zaliczenie w związku z występującymi warunkami geologiczno-górnictwowymi oraz własnościami geomechanicznymi pokładu i skał otaczających,
 - b) po odprężeniu tąpnięcia nie występują.
- 2) Skuteczność odprężenia, o którym mowa w ust. 1 pkt 1 lit a)-c), winna być potwierdzana badaniami geofizycznymi lub analitycznymi z częstotliwością określoną przez kierownika ruchu zakładu górniczego na podstawie opinii kopalnianego zespołu ds. tąpnięć,
 - 3) **Do II stopnia ZT** zalicza się pokłady lub ich części zalegające w górotworze skłonnym do tąpnięć, w którym nie dokonano odprężenia przez wybranie pokładu sąsiedniego, ale wyniki badań i opinia rzeczoznawcy uzasadniają takie zaliczenie w związku z występującymi warunkami geologiczno-górnictwowymi oraz własnościami geomechanicznymi pokładu i skał otaczających,
 - 4) **Do III stopnia ZT** zalicza się pokłady lub ich części zalegające w górotworze skłonnym do tąpnięć, w których nie dokonano odprężenia przez wybranie pokładu sąsiedniego lub wystąpiło tąpnięcie, pomimo dokonanego wcześniej odprężenia.

II. Kopalnie rud miedzi

- 1) **Do I stopnia ZT** zalicza się część złoża zbudowaną ze skał skłonnych do tąpnięć, jeżeli w stropie występują skały pierwszej lub drugiej klasy stropu, a w spągu – skały pierwszej klasy spągu, przy którego nieprzerwanej eksploatacji w niezmiennych warunkach geologiczno-górnictwowych nie wystąpiło tąpnięcie lub wystąpił wstrząs o energii nieprzekraczającej 10^6 J, zlokalizowany w rejonie frontu eksploatacyjnego lub przed tym frontem,
- 2) **Do II stopnia ZT** zalicza się część złoża zbudowaną ze skał skłonnych do tąpnięć, jeżeli w stropie występują skały drugiej lub trzeciej klasy stropu, a w spągu – skały pierwszej lub drugiej klasy spągu, przy którego nieprzerwanej eksploatacji w niezmiennych warunkach geologiczno-górnictwowych w ostatnich dwóch latach nie wystąpiło tąpnięcie, lecz wystąpił wstrząs o energii przekraczającej 10^6 J, zlokalizowany w rejonie frontu eksploatacyjnego lub przed tym frontem.
- 3) **Do III stopnia ZT** zalicza się część złoża zbudowaną ze skał skłonnych do tąpnięć, jeżeli w stropie występują skały trzeciej lub czwartej klasy stropu, a w spągu – skały drugiej lub trzeciej klasy spągu, przy którego eksploatacji w ostatnich dwóch latach wystąpiło tąpnięcie.
- 4) **Klasy stropu** - na podstawie wartości wskaźnika stateczności stropu wyrażającego zależności między wytrzymałością skał, grubością warstw oraz ich szczelinowatością oraz **klasy spągu** – na podstawie wytrzymałości i grubości skał spągowych – określa KRZG w oparciu o opinię rzeczoznawcy.

W sejsmologii stosuje się kilka sposobów klasyfikacji energetycznych wstrząsów. Dla potrzeb prognozy (oceny) zagrożenia tąpniętami określa się bezwzględną wielkość ich energii (wyrażaną w jednostkach układu SI – Joule'ach).

Wstrząsy wysokoenergetyczne – to wstrząsy o energiach równych lub większych niż $1 \cdot 10^5 \text{ J}$.

§ 328.1. rozporządzenia MG w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 139, poz. 1169):

W zakładzie górnym wybierającym złoża (pokład) lub jego części zagrożone tąpniętami projektuje się i prowadzi roboty górnicze w sposób ograniczający powstawanie nadmiernej koncentracji naprężeń w górotworze.

2. Dla złoża (pokładu) lub jego części, zaliczonych na podstawie odrębnych przepisów do odpowiedniego stopnia zagrożenia tąpniętami, opracowuje się kompleksowy projekt eksploatacji; projekt opiniuje specjalna komisja, o której mowa w art. 107 ust. 8 pkt 3 ustawy z dnia 4 lutego 1994r. - Prawo geologiczne i górnicze oraz zatwierdza kierownik ruchu zakładu górnego.
3. Kompleksowy projekt eksploatacji zawiera w szczególności:
 - 1) charakterystykę złoża (pokładu) wraz z niezbędnymi mapami i przekrojami,
 - 2) sposób udostępnienia i przygotowania złoża (pokładu) do wybierania,
 - 3) zakres i kolejność wybierania, na okres od 3 do 6 lat oraz kierunki wybierania na okres następnych 3 do 5 lat, z uwzględnieniem złóż (pokładów) niezagrożonych tąpniętami, jeżeli roboty górnicze w nich prowadzone będą miały wpływ na złoża (pokłady) zagrożone tąpniętami,
 - 4) charakterystykę stosowanych systemów eksploatacji,
 - 5) sposób koordynacji projektowanych robót górniczych z robotami w sąsiednich rejonach i w sąsiednich zakładach górniczych,
 - 6) prognozę zagrożenia tąpniętami i wstrząsami, w okresie obowiązywania projektu,
 - 7) wyposażenie i możliwości pomiarowe kopalnianej stacji geofizyki górniczej (w tym projekt dostosowania geometrii sieci sejsmologicznej do planowanych robót górniczych).

Powyższe zapisy określają zarówno cel jak również konieczną „zawartość” opracowywanych „Kompleksowych projektów ...”.

1.2. Organy opiniodawcze w zakresie zagrożenia tąpniętami

- 1) **Kopalniany Zespół ds. Tąpnięć** – powoływany przez kierownika ruchu zakładu górnego w celu ustalania rygorów prowadzenia robót w warunkach zagrożenia tąpniętami (postęp dobowy w wyrobiskach ścianowych i chodnikowych, wzajemna

koordynacja robót, strefy szczególnego zagrożenia tąpniętami – wzmocnienia obudowy, limity zatrudnienia, określanie niezbędnych urządzeń technologicznych – zakres i sposoby oceny stanu zagrożenia tąpniętami oraz stosowane środki profilaktyki tąpniowej, czasy wyczekiwania po strzelaniach), opiniowania: wniosków o zaliczanie pokładów do odpowiednich stopni zagrożenia tąpniętami lub o zezwolenie na odstąpienie od obowiązujących, planów ruchu, projektów technicznych prowadzenia robót, w tym tzw. projektów kompleksowych, nowych metod oceny zagrożenia i profilaktyki tąpniowej, przed skierowaniem ich do dalszego trybu załatwiania.

- 2) W razie gdy sprawa dotyczy sąsiednich kopalń opinie mogą **wydawać** tzw. **Połączone Zespoły ds. Tąpań tych Kopalń**.
- 3) Komisja ds. Tąpań w Zakładach Górniczych Wydobywających Węgiel Kamienny oraz Komisja ds. Tąpań, Obudowy i Kierowania Stropem w Zakładach Górniczych Wydobywających Rudy Miedzi – powoływane przez Prezesa WUG jako swoje organy opiniodawczo-doradcze, **w celu kompleksowej analizy:** stanu zagrożenia tąpniętami oraz wskazywania kierunków działań w zakresie zwalczania tego zagrożenia, przyczyn i okoliczności zaistniałych tąpnięć, **opiniowania:** projektów technicznych eksploatacji złóż – tzw. projektów kompleksowych oraz projektów robót górniczych w rejonach szczególnie zagrożonych tąpniętami, a także projektów przepisów i rozwiązań organizacyjno-technicznych regulujących problematykę prowadzenia robót w warunkach zagrożenia tąpniętami, **inspirowania** prac naukowo-badawczych oraz współpracy z ośrodkami zagranicznymi w zakresie zwalczania zagrożenia tąpniętami.

1.3. Metody oceny stanu zagrożenia tąpniętami

I. Kopalnie węgla kamiennego

- 1) Metoda kompleksowa (nie wymagana prawem), w jej skład wchodzi:

a) metoda rozeznania górniczego	\	Metoda kompleksowa
b) metoda sejsmologiczna	\	
c) metoda sejsmoakustyczna	\ metoda sumaryczna oceny / rzeczywistego stanu zagrożenia	
d) metoda wierceń sondażowych	/	

oraz metody dodatkowe ujmowane w punktacji metody kompleksowej:

 - a) **wzbudzonej aktywności sejsmoakustycznej,**
 - b) **geotomografii sejsmicznej,**
 - c) **analityczne.**
- 2) Inne metody oceny zagrożenia tąpniętami jak np. metody: **sejsmiczna – profilowania, prześwietlania, grawimetryczna, elektrooporowa, tensometryczna, konwergencji i pomiarów deformacji otworów wiertniczych.**

II. Rudy miedzi

W kopalniach rud miedzi stosowane są wszystkie ww. metody (poza metodą kompleksową), a ponadto metoda aktywności sejsmoakustycznej wzbudzanej grupowymi strzelaniami przodków.

1.4. Aparatury pomiarowe do oceny zagrożenia tąpniętami

1) Sejsmologia:

a) Kopalnie węgla kamiennego:

systemy: **SYLOK** (**SY**stem **LOK**alizacji), **ARAMIS** (nazwa wymyślona), **LKZ** (**L**okalny **K**oncentrator **Z**apisów), **AS** (**A**paratura **S**ejsmologiczna) oraz **PCMG – 3** (symbole producenta), w różnych konfiguracjach i modyfikacjach.

b) Rudy miedzi:

systemy: **ELOGOR-C** – cyfrowy oraz **ELOGOR-A** – analogowy. (**ELOGOR** – nazwa wymyślona).

2) Sejsmoakustyka:

systemy: **SAK** (aparatura z końca lat 70-siątych – **S**ystem **AK**ustyczny), **ARES** (nazwa wymyślona).

3) Pomiary wzbudzonej aktywności sejsmoakustycznej:

a) Kopalnie węgla kamiennego: **WLIS** (**W**ielokanałowy **L**icznik **I**mpulsów **S**ejsmoakustycznych).

b) Rudy miedzi: **MLT-3** (**M**ikroprocesorowy **L**icznik **T**rzasków).

4) Sejsmika: **PASAT-12i** (**P**rzenośna **A**paratura **S**ejsmiczna, „**AT**” – aparatura powstawała w czasach gdy komputery personalne miały w nazwie ten skrót; „**i**” oznacza tu aparaturę iskrobezpieczną) oraz sporadycznie przestarzały **CS-4M** (**C**zasomierz **S**ejsmiczny, „**M**” – dopuszczony do pokładów gdzie występuje zagrożenie metanowe).

1.5. Metody profilaktyki tąpniowej

1) Pasywne:

- a) **na etapie projektowania** – właściwy dobór parametrów eksploatacji (dobór obudowy, postępu itp.,
- b) **odprężanie pokładów poprzez eksploatację pokładów sąsiednich** – mniej zagrożonych,
- c) **organizacyjno-techniczne** – ograniczanie lub eliminacja zatrudnienia w „strefach”, wzmacnianie obudowy itp.,

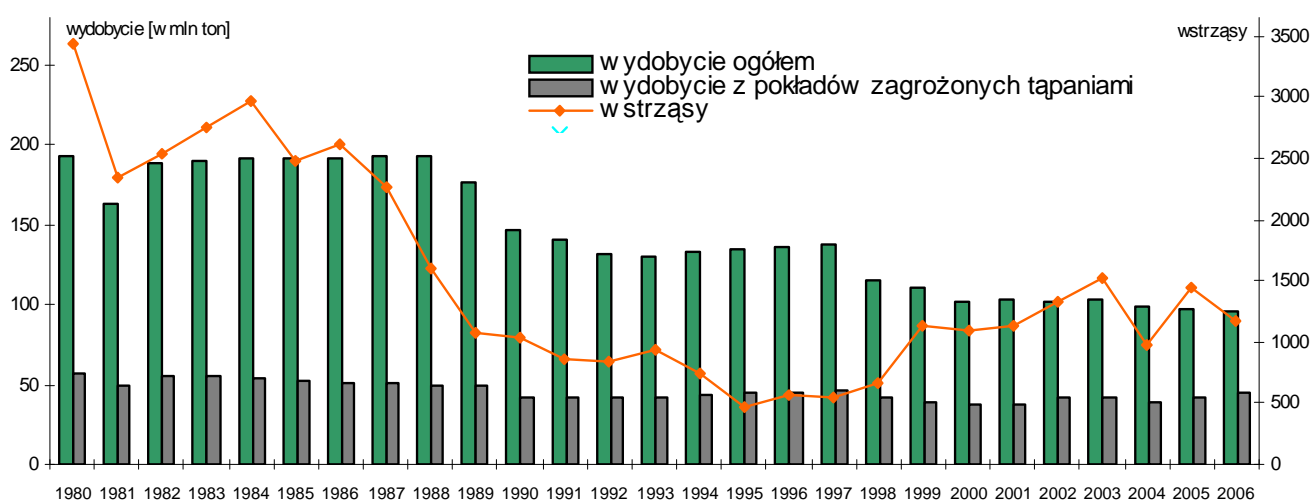
2) Aktywne:

- a) **strzelania wstrząsowe** w złożu oraz **odprężające i torpedujące** w skałach otaczających, a także **mieszane**, np. wstrząsowo-odprężające,
- b) **wysoko- i niskociśnieniowe nawadnianie** calizny pokładu i skał otaczających,
- c) **rozwiercanie otworami wielkośrednicowymi** calizny złoża i skał otaczających,
- d) **hydroszczelinowanie** skał stropowych (wytwarzanie szczeliny – dezintegracja skał stropowych poprzez nawadnianie pod bardzo wysokim ciśnieniem otworów z wykonaną szczeliną zarodnikową),
- e) **szczelinowanie za pomocą techniki strzelniczej** skał stropowych (wytwarzanie szczeliny – dezintegracja skał stropowych poprzez odpalanie MW w otworach z wykonaną szczeliną zarodnikową).

Tab. 1. Zestawienie wydobywania, wstrząsów wysokoenergetycznych, tąpnięć i wypadków w kopalniach węgla kamiennego

Rok	Wydobywanie [mln ton]	Wydobycie z pokładów zagrożonych tąpniętami				Wstrząsy $\geq 1 \times 10^5 \text{ J}$ [wg GIG]		Liczba tąpnięć	Wypadki wskutek tąpnięć	
		I-III st. ZT [mln ton]	%	III st. ZT [mln ton]	%	liczba	ΣE [GJ]		śmiertelne	ogółem
1980	192,8	57,1	29,6			3432	13,58	21	7	59
1981	162,7	49,4	30,3			2336	11,03	29	4	73
1982	188,9	55,5	29,4			2545	4,39	20	29	105
1983	190,5	55,2	28,9			2749	11,05	14	4	46
1984	191,0	54,3	28,3			2970	14,59	16	20	66
1985	191,1	51,9	27,1			2480	14,04	16	9	54
1986	191,3	51,6	27,0			2606	9,66	27	22	83
1987	192,7	50,9	26,4			2260	6,33	11	7	51
1988	192,7	49,5	25,7			1599	2,05	13	3	48
1989	177,7	49,5	27,9			1076	2,44	16	7	77
1990	147,4	42,2	28,6			1038	2,09	16	6	36
1991	140,1	41,9	29,9			863	1,25	9	7	27
1992	131,3	41,8	31,8			833	6,00	10	9	45
1993	130,2	42,6	32,7			932	12,60	16	11	37
1994	132,7	43,0	32,4			750	1,49	12	4	47
1995	135,3	45,4	33,6			465	1,94	7	7	39
1996	136,2	44,2	32,5			564	1,07	2	3	21
1997	137,1	46,2	37,7			547	0,87	2	-	6

1998	115,9	41,9	36,2			663	0,68	5	2	17
1999	110,4	39,4	35,7			1135	1,59	2	-	3
2000	102,5	37,2	36,3			1088	2,12	2	-	-
2001	102,6	37,4	36,5			1137	1,85	4	2	21
2002	102,1	41,8	40,9			1324	1,96	4	3	20
2003	100,5	42,3	42,1			1524	2,82	4	2	18
2004	99,5	39,2	39,4			974	1,30	3	-	11
2005	97,0	41,6	42,9	13,3	13,7	1451	1,79	3	1	13
2006	94,4	42,1	44,2	15,9	16,7	1170	2,06	4	4	20

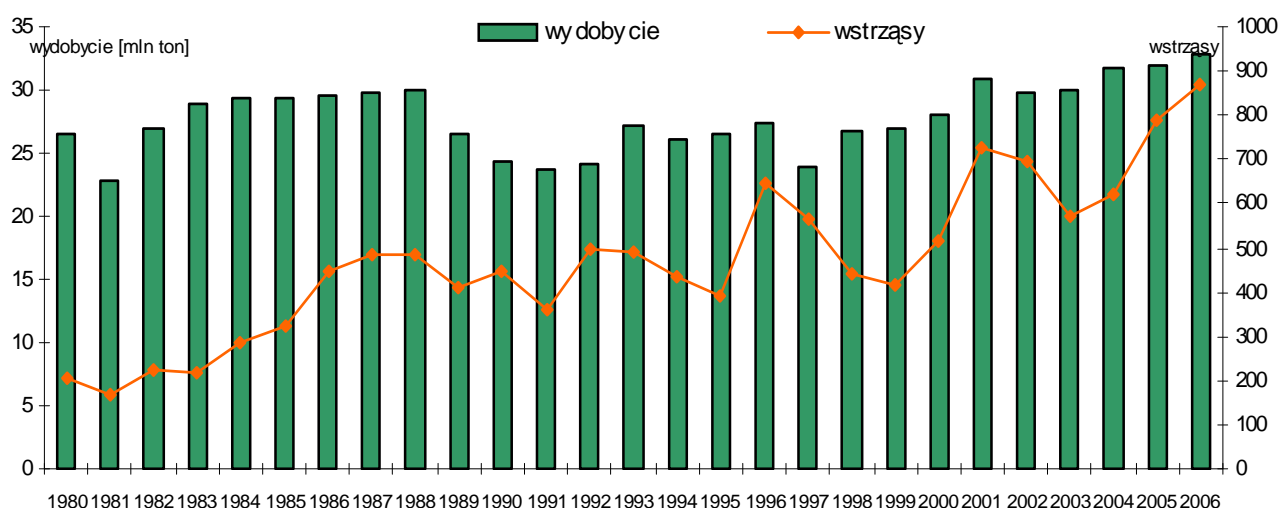


Rys. 1. Wstrząsy wysokoenergetyczne na tle wydobywania (w tym wydobywania z pokładów zagrożonych łąpaniami) w kopalniach węgla kamiennego

Tab. 2. Zestawienie wydobywania, wstrząsów wysokoenergetycznych, łąpień i wypadków w kopalniach rud miedzi

Rok	Wydobywanie w mln ton	Wydobywanie ze złóż zagrożonych łąpaniami		Wstrząsy $\geq 1 \times 10^5 \text{ J}$		Liczba łąpień	Wypadki wskutek łąpień	
		w mln ton	%	liczba	$\Sigma E \text{ [GJ]}$		śmiertelne	ogółem
1980	26,6	26,6	100	206	brak danych	6	3	4
1981	22,8	22,8	100	168	brak danych	7	6	26
1982	27,0	27,0	100	221	brak danych	9	3	9
1983	29,0	29,0	100	217	brak danych	5	2	7
1984	29,4	29,4	100	286	brak danych	5	1	3
1985	29,4	29,4	100	325	1,73	2	1	9

1986	29,6	29,6	100	446	1,72	4	-	10
1987	29,8	29,8	100	484	1,72	5	7	27
1988	30,0	30,0	100	482	1,75	1	1	2
1989	26,5	26,5	100	407	2,82	4	3	8
1990	24,4	24,4	100	447	1,29	2	2	12
1991	23,7	23,7	100	359	0,92	2	2	4
1992	24,1	24,1	100	499	1,22	-	-	-
1993	27,1	27,1	100	492	3,05	4	1	7
1994	26,1	26,1	100	433	2,84	2	5	6
1995	26,5	26,5	100	389	1,87	4	2	13
1996	27,4	27,4	100	644	1,82	4	3	12
1997	24,0	24,0	100	567	2,76	-	-	-
1998	26,8	26,8	100	443	2,80	2	3	9
1999	27,0	27,0	100	414	3,96	3	2	14
2000	28,0	28,0	100	514	7,11	4	2	4
2001	30,9	30,9	100	729	6,22	5	-	3
2002	29,7	29,7	100	694	7,36	8	3	15
2003	30,0	30,0	100	570	3,39	9	5	28
2004	31,8	31,8	100	621	6,56	8	1	15
2005	32,0	32,0	100	786	4,02	3	1	22
2006	32,9	32,9	100	872	5,65	2	-	5



Rys. 2. Wstrząsy wysokoenergetyczne na tle wydobywania w kopalniach rud miedzi

2. Zagrożenie tąpniętami w górnictwie polskim

Wybrane wypadki zbiorowe zaistniałe wskutek tąpnięć w latach 1984-2006:

Tab. 3. Kopalnie węgla kamiennego

Ip.	Kopalnia	Data	godzi- na	Energia [J]	Wypadki			uwagi
					śmiertelne	ciężkie	lekkie	
1	Czerwone Zagłębie	9.10.1984	18.10	2×10^6	3	1	4	
2	Powstańców Śląskich	8.11.1984	23.56	1×10^7	8	4	-	
3	Siemianowice	22.05.1985	19.52	6×10^7	6	-	1	
4	Bobrek	25.06.1986	18.42	7×10^6	9	-	1	
5	Zabrze-Bielszowice	27.12.1986	21.00	1×10^6	3	-	5	
6	Śląsk	13.03.1987	10.00	2×10^6	4	2	1	
7	Halemba	7.03.1991	11.38	1×10^7	5	-	-	
8	Porąbka Klimontów	5.06.1992	17.47	1×10^7	4	2	5	
9	Miechowice	17.09.1993	01.34	3×10^5	6	-	2	
10	Nowy Wirek	11.09.1995	13.57	5×10^7	5	-	4	
11	Zabrze-Bielszowice	12.12.1996	04.57	5×10^7	5	-	6	
12	Wesoła	9.08.2002	19.34	3×10^7	2	-	9	
13	Halemba	22.01.2004	7.00	3×10^7	-	-	6	
14	Bielszowice	27.01.2005	7.32	8×10^6	1	1	1	
15	Rydułtowy-Anna	13.05.2006	11.12	$1,2 \times 10^8$	-	-	7	
16	Pokój	27.07.2006	2.08	9×10^7	4	-	6	

Tab. 4. Kopalnie rud miedzi

Ip.	Kopalnia	data	godzina	Energia [J]	Wypadki			uwagi
					śmiertelne	ciężkie	lekkie	
1	Lubin	20.06.1987	02.17	$3,2 \times 10^7$	4	1	10	
2	Rudna	8.06.1991	09.11	$2,0 \times 10^6$	2	-	1	
3	Rudna	22.11.1991	05.24	$1,2 \times 10^6$	2	-	-	
4	Rudna	3.06.1994	19.44	$1,7 \times 10^8$	2	1	-	
5	Rudna	14.04.1994	20.10	$1,0 \times 10^8$	3	-	-	
6	Rudna	31.03.1995	02.58	$9,5 \times 10^7$	2	-	1	
7	Rudna	21.08.1998	0129	$4,0 \times 10^6$	3	-	1	
8	Rudna	29.01.1999	02.12	$2,5 \times 10^8$	2	1	3	
9	Lubin	17.06.2003	21.13	$1,4 \times 10^6$	1	-	2	

10	Lubin	4.08.2003	10.17	$1,9 \times 10^8$	3	2	5	
11	Rudna	25.10.2003	4.18	$3,4 \times 10^6$	1	-	1	
12	Rudna	25.08.2004	8.55	$1,3 \times 10^8$	-	-	7	
13	Lubin	25.11.2004	3.28	$1,5 \times 10^5$	1	1	1	
14	Rudna	5.08.2005	18.33	$6,4 \times 10^7$	1	3	13	
15	Lubin	11.07.2006	15.24	$2,2 \times 10^7$	-	-	5	

Tab. 5. Zestawienie ilości ścian eksploatowanych w warunkach zagrożeń skojarzonych w roku 2006

Rok	Kopalnia	Zagrożenia skojarzone		Ilość ścian	Łącznie
		ZM (kategoria)	ZT (stopień)		
2006	Bielszowice	IV	III	7	21
	Halemba	IV	III	3	
	Rydułtowy-Anna	IV	III	4	
	Staszic	IV	III	4	
	Wesoła	IV	III	3	

Przedstawione w tabelach wypadki zbiorowe to największe, związane z zagrożeniem tąpniętami, katastrofy jakie wystąpiły w kopalniach podziemnych w latach 1984-2006. W ostatnich latach zagrożenie tąpniętami objawia się kilkoma zjawiskami tąpnięć i odprężeń w skali roku.

Analizując statystykę dotyczącą tąpnięć w kopalniach węgla kamiennego można zaobserwować trwałą tendencję utrzymywania się ich liczby na względnie niskim (do kilku zdarzeń rocznie) poziomie. Tendencja powyższa wiąże się głównie ze zmniejszeniem wydobycia węgla (z około 200mln ton w latach osiemdziesiątych zeszłego wieku do około 95mln ton w latach 2000-2006), poprawiającą się koordynacją eksploatacji w kopalniach i w rejonach przygranicznych, skuteczniejszym odprężaniem pokładów zagrożonych tąpniętami, rezygnacją z eksploatacji partii o najwyższym zagrożeniu, a także z postępującym doskonaleniem metod oceny stanu tego zagrożenia oraz sposobów jego zwalczania.

W kopalniach rud miedzi zagrożenie tąpniętami utrzymuje się na wysokim poziomie, a ilość tąpnięć i wypadków (przy wydobyciu wynoszącym ok. 25-32mln ton) oscyluje wokół kilku zdarzeń rocznie. Ponadto zaistniało kilka wysokoenergetycznych wstrząsów i odprężeń górotworu spowodowanych wysokoenergetycznymi wstrząsami, których skutkiem było 8 wypadków lekkich.

Można też zaobserwować zwiększanie się energii wstrząsów wyzwalanych przy eksploatacji rud miedzi. Zastosowanie jednak tzw. systemów z ugięciem stropu oraz grupowych strzelań przodków praktycznie wyeliminowało tąpnięcia złożowe - naprężeniowe, a dominujące obecnie tąpnięcia stropowe charakteryzują się mniejszą rozległością skutków w wyrobiskach górniczych.

Narastająca głębokość prowadzonych robót górniczych, zwiększenie powierzchni zrobów oraz eksploatacja w rejonach aktywnych sejsmicznie stref

uskokowych powoduje, że zagrożenie sejsmiczne w kopalniach rud miedzi w dalszym ciągu utrzymywało się na wysokim poziomie.

Ponieważ zagrożenie tąpniętami w dalszym ciągu trudno jest prognozować, oczekiwania w stosunku do ośrodków naukowo-badawczych winny się głównie koncentrować na:

- poprawie efektywności prognoz przy wykorzystaniu coraz szerszej gamy coraz doskonalszych metod pomiarowych w tym poprawy precyzji określania składowej „Z” ognisk wstrząsów,
- dalszym porządkowaniu eksploatacji,
- ograniczaniu liczby wyrobisk narażonych na skutki tąpnięć oraz liczby osób zatrudnionych w wyrobiskach niezbędnych do prowadzenia wydobywania, w miejscach gdzie można się spodziewać wystąpienia skutków wstrząsów górotworu,
- udoskonalaniu metod profilaktyki aktywnej (strzelania, dezintegracja skał stropowych itp.) w szczególności w sytuacjach koincydencji występujących zagrożeń naturalnych.

3. Tryb postępowania rzeczoznawców przy zaliczaniu złóż lub ich partii do odpowiednich stopni zagrożenia tąpniętami

1) Wstęp

Zaliczenia złoża lub jego partii do odpowiednich stopni zagrożenia tąpniętami dokonuje dyrektor właściwego oug na wniosek kierownika ruchu zakładu górnictwa. Do wniosku dołączona jest m.in. opinia rzeczoznawcy wskazanego przez Prezesa WUG. Opinia ta opracowywana jest w oparciu o rezultaty badań uzyskiwane następującymi metodami:

- rozpoznania geologicznego i geomechanicznego,
- sejsmologii górniczej,
- rozpoznania górnictwa,
- obserwacji i badań górotworu.

2) Ocena stanu górotworu w fazie przygotowania złoża do eksploatacji

Metody oceny zagrożenia tąpniętami w polach przygotowywanych do eksploatacji opierają się w głównej mierze na rozpoznaniu budowy geologicznej oraz znajomości geomechanicznych własności górotworu otaczającego wyrobiska górnicze, co uzyskuje się w badaniach laboratoryjnych oraz w badaniach i pomiarach w warunkach "in situ". Na ocenę stanu zagrożenia tąpniętami duży wpływ ma określenie aktywności sejsmicznej, metodą sejsmologii górniczej, (wstrząsy wysokoenergetyczne i tąpnięcia) w sąsiedztwie nowoudostępnianych pól

eksploatacyjnych. Wyniki badań obu metod stanowią podstawowy materiał źródłowy do oceny stanu górotworu i ustalenia stopni potencjalnego zagrożenia tąpnięciami.

2.1. Metoda rozpoznania geologicznego i geomechanicznego

Rozpoznanie geologiczne i geomechaniczne dotyczy złożeń i skał otaczających tj. skał występujących w stropie (nadkładzie) i spągu złoża. Rozeznanie to oparte jest o wyniki badań, pomiarów i obserwacji prowadzonych w trakcie przygotowania i udostępniania pól do eksploatacji na podstawie wierceń rozpoznawczych z powierzchni i z poziomu złoża przez działy: Geologiczny, Mierniczy i Mechaniki Górotworu i Obudowy poszczególnych kopalń oraz laboratoria badawcze. Rozpoznanie geomechaniczne i geologiczne dostarcza informacji, które zawierają charakterystyki następujących cech górotworu:

- **cechy litologiczne:**
 - budowę geologiczną złoża, stropu i spągu;
 - nachylenie i głębokość zalegania złoża
 - okruszcowanie Cu furty eksploatacyjnej w pionowym profilu litologicznym;
 - zmienność miąższości furty eksploatacyjnej;
 - miąższość poszczególnych odmian litologicznych w stropie i spągu;
 - budowę strukturalno-teksturalną skał stropowych, w tym grubość
 - poszczególnych ławic;
 - porowatość i kawernistość skał stropowych;
 - zmineralizowanie szczelin oraz rodzaj substancji mineralnej występującej na powierzchniach oddzielności w skałach stropowych.
- **czynniki tektoniczne:**
 - spękania i szczelinowatość,
 - główne kierunki spękań,
 - uskoki: ich wielkość i przebieg zrzutów.
- **właściwości geomechaniczne:**
 - własności fizykomechaniczne skał złożowych i otaczających.

Właściwości geomechaniczne górotworu określane są badaniami laboratoryjnymi i obejmują skały występujące w pełnym profilu górniczym:

- **strop** – do wysokości równej pięciokrotnej miąższości furty eksploatacyjnej; przeciętnie do wysokości 25m,
- **furtę** – eksploatacyjną (wyróbisko);
- **spąg** – do głębokości jednokrotnej miąższości furty eksploatacyjnej – nie mniej niż 5m.

Materiał skalny do badań stanowią rdzenie skalne z wierceń geotechnicznych oraz próby bruzdowe (bryły) pobierane z furty w przekroju wyróbiska. Otwory geotechniczne odwierca się prostopadle do uławicenia skał w polach przygotowywanych do eksploatacji, przy zachowaniu zasady, by jeden otwór przypadł na powierzchnię nie większą niż 15ha. Przy występowaniu zmienności określanych parametrów fizykomechanicznych zagęszcza się siatkę wierceń do 10ha. Rdzenie odwiercone ze stropu i spągu są następnie profilowane w Dziale

Geologicznym; pobiera się także próby bruzdowe z furty w przekroju wyrobiska w pobliżu miejsca wykonania wierceń geotechnicznych. Zgromadzone i zabezpieczone w skrzynkach rdzenie i bryły skalne są wysyłane do jednostek naukowo-badawczych uprawnionych przez Prezesa WUG do przeprowadzenia badań skał w zakresie oceny stopnia zagrożenia tąpniętami w zakładach górniczych wydobywających rudy miedzi (m.in. do CBPM „Cuprum” – Wrocław, AGH – Kraków, GIG – Katowice).

W zakładach górniczych całością spraw związanych z zabezpieczeniem niezbędnego zakresu badań geotechnicznych skał koordynuje Główny Inżynier ds. Tapań. Zakres tych badań obejmuje profilowanie i ocenę jakości rdzeni skalnych oraz określenie następujących własności fizykomechanicznych:

- gęstości objętościowej – ρ_o ,
- wytrzymałości na ściskanie – R_c ,
- wytrzymałości na rozciąganie – R_t ,
- modułu sprężystości Younga – E_s ,
- współczynnika rozszerzalności Poissona – ν ,
- energetycznego wskaźnika skłonności do tupań – W_{ET} ,

Wyniki badań przedstawiane są w ujęciu tabelarycznym oraz graficznie na profilach strukturalnych i geomechanicznych własności skał. Podsumowaniem badań jest zbiorcza tablica, zawierająca uśrednione wyniki wszystkich parametrów fizykomechanicznych własności skał wyznaczonych w profilu górniczym. Uzyskane wyniki rozpoznania geologicznego i geomechanicznego wykorzystuje się głównie do oceny tąpliwości skał w profilu górniczym oraz jakościowej klasyfikacji stropu i spągu.

Tąpliwość skał to istotna cecha potencjalnego zagrożenia górotworu do tupań, wynikająca ze struktury i budowy litologicznej skał. Określa ona zdolność skały do rozpadu pod wpływem działającego obciążenia. Naturalną skłonność skał do tupań wyraża wskaźnik W_{ET} liczony z bilansu energetycznego, wyznaczonego z przebiegu charakterystyk naprężeniowo-odkształceniowych próbek skalnych ściskanych cyklicznie w warunkach jednoosiowego stanu naprężenia. Wskaźnik W_{ET} jest stosunkiem wielkości energii sprężystej ϕ_{sp} zakumulowanej w próbce, wyzwolanej w czasie jej zniszczenia, do energii straconej ϕ_{st} przy deformacji próbki:

$$W_{ET} = \frac{\phi_{sp}}{\phi_{st}}$$

Im większa jest wartość wskaźnika W_{ET} , tym większa energia sprężysta zgromadzona w próbce podczas ściskania zostanie wyzwolona w momencie jej rozpadu, a to decyduje o grupie tąpliwości skał. Rozróżnia się **trzy grupy skał** pod względem skłonności do tupań, które przedstawiono w tablicy 6.

Tab. 6. Klasyfikacja skał w kopalniach rud miedzi LGOM pod względem naturalnej skłonności do tapani

Grupa skał	Energetyczny wskaźnik skłonności do tapani W_{ET}	Charakterystyka tapani
I	$W_{ET} < 1$	Skały niesklonne lub o niskiej skłonności do tapani
II	$2 < W_{ET} < 5$	Skały średnio sklone do tapani
III	$5 < W_{ET}$	Skały sunie sklone do tapani

Sposób wyznaczania naturalnej skłonności skał do tapani określa „Instrukcja wyznaczania energetycznego wskaźnika skłonności skał do tapani w kopalniach rud miedzi”. (Ministerstwo Hutnictwa i Przemysłu Maszynowego, Departament Górnictwa i Metali Nieżelaznych, Warszawa 1982).

Podstawą klasyfikacji stropów jest wskaźnik stateczności stropu L_t , determinowany takimi cechami jak:

- wytrzymałością na ściskanie – R_c ,
- wskaźnikiem zuskokowania – u_h ,
- wskaźnikiem gęstości zmineralizowanych szczelin – z ,
- wskaźnikiem średniego odstępu między spękaniami ciosowymi – c ,
- średnią grubością ławic w stropie – s .

Na podstawie obliczeń uwzględniających parametry: u_h , z i c wyznacza się współczynnik tektonicznego zaangażowania stropu M , a w konsekwencji określa się wskaźnik stateczności stropu L_t według zależności:

$$L_t = R_c \cdot s \cdot M$$

Ze względu na wielkość wskaźnika stateczności stropu wydziela się **cztery klasy stropu** przedstawione w tablicy 7.

Tab. 7. Klasyfikacja stropów w kopalniach rud miedzi LGOM w aspekcie zagrożenia tapaniami

Klasa stropu	Wskaźnik stateczności stropu L_t	Współczynnik tektonicznego zaangażowania M	Charakterystyka zachowania de stropu
I	$L_t < 15$	$M < 0,25$	Strop o budowie drobno ławicowej i niskiej wytrzymałości. Bardzo duże zaangażowanie tektoniczne warstw stropowych. Strop wykazuje doszczelnianie zrobów na skutek samoczynnego obrywania się i odpadania płatów skalnych.
II	$15 < L_t < 25$	$0,25 < M < 0,75$	Strop o zróżnicowanej budowie i wytrzymałości oraz o zmiennym zaangażowaniu tektonicznym. Obserwuje się tendencję do odpadania płatów lub bloków skalnych nad zrobami.

III	$25 < L_t < 50$	$0,75 < M < 0,90$	Strop o budowie grubo ławicowej i dużej wytrzymałości. Lokalnie strop sztywny o dużej nośności, zdolny do akumulowania energii sprężystej i gwałtownego jej oddawania podczas okresowych jego załamań.
IV	$L_t < 15$	$0,90 < M < 1,00$	Strop o budowie grubo ławicowej i dużej wytrzymałości. Na całej powierzchni strop sztywny o dużej nośności, zdolny do skumulowania energii sprężystej i gwałtownego jej oddawania

Dokładne wytyczne odnośnie klasyfikacji stropów zawarte są w „Instrukcji w sprawie zasad i sposobu klasyfikowania stropów dla oceny zagrożenia łąpaniami w kopalniach rud miedzi” (Ministerstwo Hutnictwa i Przemysłu Maszynowego, Departament Górnictwa i Metali Nieżelaznych, Warszawa 1982).

Klasyfikacja spągów uwzględnia właściwości wytrzymałościowe skał występujących w spągu wyrobiska. Podstawą tej klasyfikacji jest wytrzymałość na ściskanie R_c warstwy skalnej w spągu bezpośrednim, do głębokości 2m poniżej spągu wyrobiska. Wyróżnia się **trzy klasy spągów**, które zostały przedstawione w tablicy 8.

Tab. 8. Klasyfikacja spągów w kopalniach rud miedzi LGOM w aspekcie zagrożenia łąpaniami

Klasa spągu	Miąższość warstwy skalnej w spągu bezpośrednim h [m] o wytrzymałości $R_c > 60$ MPa	Średnia wytrzymałość R_c [MPa] warstwy skalnej w spągu bezpośrednim	Charakterystyka skał spągu
I	brak	$R_c < 30$	W spągu bezpośrednim występują skały o niskiej wytrzymałości na ściskanie.
II	$h < 1,5$	$30 < R_c < 60$	W spągu bezpośrednim występują skały o średniej wytrzymałości na ściskanie.
III	$h > 1,5$	$R_c > 60$	W spągu bezpośrednim występują skały o dużej wytrzymałości na ściskanie.

Procedurę klasyfikacyjną spągów zawiera „Instrukcja w sprawie zasad i sposobu klasyfikowania spągów w kopalniach rud miedzi” (Ministerstwo Hutnictwa i Przemysłu Maszynowego, Departament Górnictwa i Metali Nieżelaznych, Warszawa 1982).

2.2. Metoda sejsmologii górniczej

Istotą metody sejsmologii górniczej jest określenie miejsca i energii zaistniałych wstrząsów, świadczących o przekroczeniu wytrzymałości złoża lub skał otaczających. Górniczymi wstrząsami górotworu umownie nazywa się zjawiska

sejsmiczne o energii powyżej 10 J(dzuli) i częstotliwości drgań do kilkudziesięciu Hz (herców). Polega ona na analizowaniu **aktywności sejsmicznej i występowania łąpanięć** dla:

- oceny stanu zagrożenia wstrząsami i łąpaniami w aktualnych rejonach eksploatacyjnych i polach przygotowywanych do eksploatacji,
- kontroli skuteczności stosowanej profilaktyki łąpaniowej,
- określenie wpływu czynników geologiczno-górnicznych na poziom wyzwalanej energii sejsmicznej.

Przy ocenie potencjalnego stanu zagrożenia łąpaniami w udostępnianych polach eksploatacyjnych uwzględnia się wstrząsy o energii powyżej 10^6 J oraz zaistniałe łąpanięcia w otoczeniu analizowanego pola.

2.3. Stopnie zagrożenia łąpaniami

Uwzględniając aktualnie prowadzone roboty górnicze, planowany rozwój eksploatacji oraz dotychczasowe rozeznanie warunków geologiczno-górnicznych zalicza się poszczególne partie złoże do odpowiednich stopni zagrożenia łąpaniami. Kryteria zaliczania złoże kopalin, ich części lub wyrobisk górniczych do poszczególnych stopni zagrożenia łąpaniami przedstawiono w tablicy 9.

Ustalono **trzy stopnie zagrożenia łąpaniami**.

Tab. 9. Stopnie zagrożenia łąpaniami w kopalniach rud miedzi LGOM

Stopnie zagrożenia łąpaniami	Charakterystyka profilu górniczego		Aktywność sejsmiczna i łąpaniowa (w ostatnich dwóch latach)
	STROP klasa	SPĄG klasa	
I	I lub II	I	W niezmiennych warunkach geologiczno-górnicznych nie wystąpiło łąpanięcie lub wstrząs o energii nie przekraczającej 10^6 J, zlokalizowany w rejonie frontu eksploatacyjnego lub przed tym frontem.
II	II lub III	I lub II	W niezmiennych warunkach geologiczno-górnicznych nie wystąpiło łąpanięcie lecz wystąpił wstrząs o energii przekraczającej 10^6 J, zlokalizowany w rejonie frontu eksploatacyjnego lub przed tym frontem.
III	III lub IV	II lub III	W ostatnich dwóch latach prowadzenia eksploatacji wystąpiło łąpanięcie.