

System monitorowania drgań gruntu wywołanych silnymi wstrząsami na powierzchni obszaru górniczego O/ZG Rudna

Surface seismic monitoring system in the Rudna mining area in the aspects of recorded high-energy mining tremors



Mgr inż. Eugeniusz Koziarz*)



Mgr inż. Jerzy Wróbel*)



Mgr inż. Arkadiusz Anderko*)



Dr inż. Adam Mirek**)

Treść: W referacie przedstawiono aktualną bazę pomiarową oraz wyniki rejestracji oddziaływania wstrząsów na powierzchnię terenu górniczego O/ZG Rudna w latach 2013-2014. Stwierdzono, że maksymalne amplitudy rejestrowanych przyspieszeń drgań osiągają duże wartości, przekraczające 2000 mm/s². Drgania te nie powodują trwałych uszkodzeń budynków oraz Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych „Żelazny Most”.

Abstract: This paper presents the current surface measurement base and the results of the recordings of the impact of tremors on the surface mining area Rudna in 2013-2014. It was found that the maximum amplitude of the recorded acceleration achieves high values of 2000 mm/s² and more. These vibrations do not cause permanent damage to the buildings and the impacts on mining waste treatment facility „Iron Bridge”.

Słowa kluczowe:

sejsmologia górnicza, oddziaływanie wstrząsów na powierzchnię, monitoring sejsmiczny

Key words:

mining seismology, the impact of mining tremors on the surface, seismic monitoring

1. Wprowadzenie

Jednym z podstawowych zagrożeń związanych z eksploatacją górnictw jest dynamiczne wyzwalamie się energii

z górotworu. Część tej energii, rozchodząc się w górotworze w postaci fal sejsmicznych powoduje drgania górotworu, co stwarza zagrożenie dla wyrobisk górniczych na dole kopalni i dla obiektów na powierzchni terenu. W pierwszym przypadku wstrząsy mogą być źródłem tąpnięć w wyrobiskach górniczych, a w drugim – uszkadzać obiekty na powierzchni terenu [3, 4].

*) ZG Rudna **) ITI EMAG Katowice

Zagrożeniem są głównie drgania wskutek wstrząsów wysokoenergetycznych, których przyczyną jest pęknięcie wytrzymałych warstw skalnych nad wybranym złożem. W związku z tym eksploatacja pod terenami o wysokim stopniu zurbanizowania i uprzemysłowienia może stanowić duże zagrożenie dla obiektów na terenie górniczym. W celu oceny faktycznego stopnia szkodliwości wstrząsów, podjęto [3] systematyczne badania ich oddziaływania na powierzchnię terenu. Począwszy od 1999 r. na O.G. ZG „Rudna” zlokalizowano sieć stanowisk pomiarowych, na których rejestrowane są w sposób ciągły przyspieszenia drgań. Lokalizację tych stanowisk na tle mapy obszaru górniczego przedstawiono na rysunku 1. Niezależnie od tego, po każdym silnym wstrząsie, prowadzona jest systematyczna inwentaryzacja uszkodzeń w budynkach, których lokalizacja znajduje się najbliżej wyznaczonych stref epicentralnych wstrząsów. Znacząca część wstrząsów indukowanych eksploatacją w ZG „Rudna” charakteryzuje się relatywnie dużą energią sejsmiczną. W okresie od 1.01.2013 r. do 30.04.2015 r. wystąpiło 18 wstrząsów, których energie przekraczały poziom $1,0E7$, J. Rejestrowane, maksymalne amplitudy przyspieszenia drgań wywołanych tymi wstrząsami w strefach epicentralnych osiągały duże wartości, przekraczające nawet 2000 mm/s^2 . Jak wykazano w trakcie inwentaryzacji, nawet tak duże wartości przyspieszeń okazały się nieszkodliwe dla elementów konstrukcyjnych budynków.

Obszar Górniczy ZG „Rudna” położony jest w północnej części województwa dolnośląskiego i obejmuje około 72 km^2 powierzchni. Sieć osadniczą tworzy 12 wsi o różnej wielkości, a największym ośrodkiem jest miasto Polkowice liczące około 22,8 tys. mieszkańców (2011 r.) i zajmujące powierzchnię około $23,7 \text{ km}^2$. Łącznie obszary zabudowane i przemysłowe zajmują około 33,5% powierzchni terenu górniczego. Ze względu na duży obszar, na którym można spodziewać się oddziaływania wstrząsów na powierzchnię, pomiary wielkości przyspieszeń ograniczono do terenu najbardziej zurbanizowanego oraz tam, gdzie występuje największa aktywność sejsmiczna – miasto Polkowice i kilka wiosek.

2. Opis sieci pomiarowej i sposobów rejestracji drgań

O/ZG „Rudna” prowadzi eksploatację rudy miedzi na obszarze górniczym bardzo zróżnicowanym pod względem zurbanizowania, w tym pod miastem Polkowice. Ocena [1] intensywności drgań, a w konsekwencji oddziaływania wstrząsów na obiekty znajdujące się na powierzchni terenu powiązana jest z parametrami: przyspieszeniem lub prędkością drgań gruntu. W celu oceny rzeczywistego wpływu wstrząsów na obiekty na powierzchni, ZG „Rudna” od 1988 r. prowadzi pomiary parametrów drgań obiektów budowlanych oraz, od 1999 r., parametrów drgań gruntu na powierzchni terenu. Drgania te są rejestrowane za pomocą dwóch systemów:

- a) System sejsmiczny ELOGOR-C, za pomocą którego prowadzone są rejestracje wywołanych wstrząsami parametrów drgań budowli (wielopiętrowe budynki mieszkalne). W mieście Polkowice zlokalizowano cztery stacjonarne stanowiska sejsmiczne (tab. 1):
 - trzy stanowiska dwuskładowe o orientacji poziomej, usytuowane w budynku mieszkalnym (12-kondygnacyjny) przy ul. Miedzianej 8, mierzące drgania wzdłuż dłuższych (YY) i krótszych (XX) krawędzi budynku. Stanowiska te zabudowane są w piwnicy (fundament), na III piętrze oraz na XI piętrze. Na stanowiskach mierzona jest wielkość przyspieszeń akcelerometrami typu SP-3 firmy Sensonics.
 - jedno stanowisko dwuskładowe o orientacji poziomej, usytuowane w budynku mieszkalnym 5-kondygnacyj-

nym przy ul. 3-go Maja 7, mierzące drgania wzdłuż dłuższych (YY) i krótszych (XX) krawędzi budynku. Stanowisko to zabudowane jest w piwnicy (fundament budynku). Na tym stanowisku mierzona jest prędkość drgań sejsmometrami typu SP-3.

Transmisja sygnałów sejsmicznych do rejestratora w budynku Kopalnianej Stacji Geofizyki Górniczej (KSGG) O/ZG „Rudna” odbywa się siecią techniczną niezależną od telefonicznej. Rejestrator sejsmiczny ELOGOR-C dokonuje cyfrowego przetworzenia sygnałów i zapisuje je na dysk w postaci pliku komputerowego.

- b) System pomiarowy oparty na aparaturze typu ARP-2000 - są to autonomiczne urządzenia pomiarowe z synchronizacją czasową za pomocą GPS, zabudowane w terenie i pracujące pod nadzorem Centrum ARP-2000 zlokalizowanego w rejestratorni sejsmicznej KSGG. Rejestratory takie wyposażone są w jeden, dwa lub trzy trójskładowe czujniki akcelerometryczne. Transmisja danych z Centrum ARP-2000 odbywa się drogą radiową przy wykorzystaniu modemowej łączności komórkowej. Łącznie na obszarach górniczych „Rudna” zabudowanych jest 24 komplety rejestratorów ARP-2000-pow.

miasto Polkowice:

ul. Akacja, ul. Sosnowa, ul. Fiołkowa – pomiar drgań gruntu i fundamentu budynku,
ul. Miedziana – pomiar drgań gruntu,
ul. 3-go Maja – pomiar drgań gruntu, fundamentu i IV piętra budynku.

miejsowości: Grodowiec, Komorniki, Moskorzyn, Trzebeż, Guzice, Biedzychów, Żuków, Pieszkowice, Tarnówek – pomiar drgań gruntu,

przekroje poprzeczne zapor zbiornika odpadów „Żelazny Most”: IIW, VIIIW, XVII, XVW, XXS, XIXN, IVN – pomiar drgań podstawy i korony (czujniki akcelerometryczne), przedpole AKC1 i AKC2 – pomiar drgań podstawy (czujniki akcelerometryczne), przekrój poprzeczny zapory zbiornika odpadów „Żelazny Most” VIIW – pomiar drgań podstawy i korony (czujniki typu MK-3A – pomiar prędkości).

Podstawowe parametry techniczne LKP:

- pomiar w zakresie częstotliwości od 0,5 do 100 Hz,
 - dynamika rejestracji sygnału – 90 dB,
 - zakres pomiarowy dla systemów pracujących na zaporach Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych „Żelazny Most”:
- a) 1500 mm/s^2 – przy pomiarze przyspieszeń czujnikami CZP3X,
 - b) 150 mm/s – przy pomiarze prędkości drgań sejsmometrami MK3A,
- częstotliwość próbkowania: $f_0 = 384,61 \text{ Hz}$,
 - transmisja sygnałów od czujnika do LKP - cyfrowa,

Powierzchniowe stanowiska sejsmiczne do pomiarów drgań w ZG „Rudna” w latach 2013–2015 wyposażone były w aparaturę zapewniającą pomiar drgań z zapisem cyfrowym o paśmie rejestracji zgodnym z PN-85/B-02170 (0,5–100 Hz). Aparatura ma inteligentny układ czuwający i wyzwala sygnały bez konieczności utrzymywania stałej obsługi.

W skład zestawu rejestrującego wchodzi:

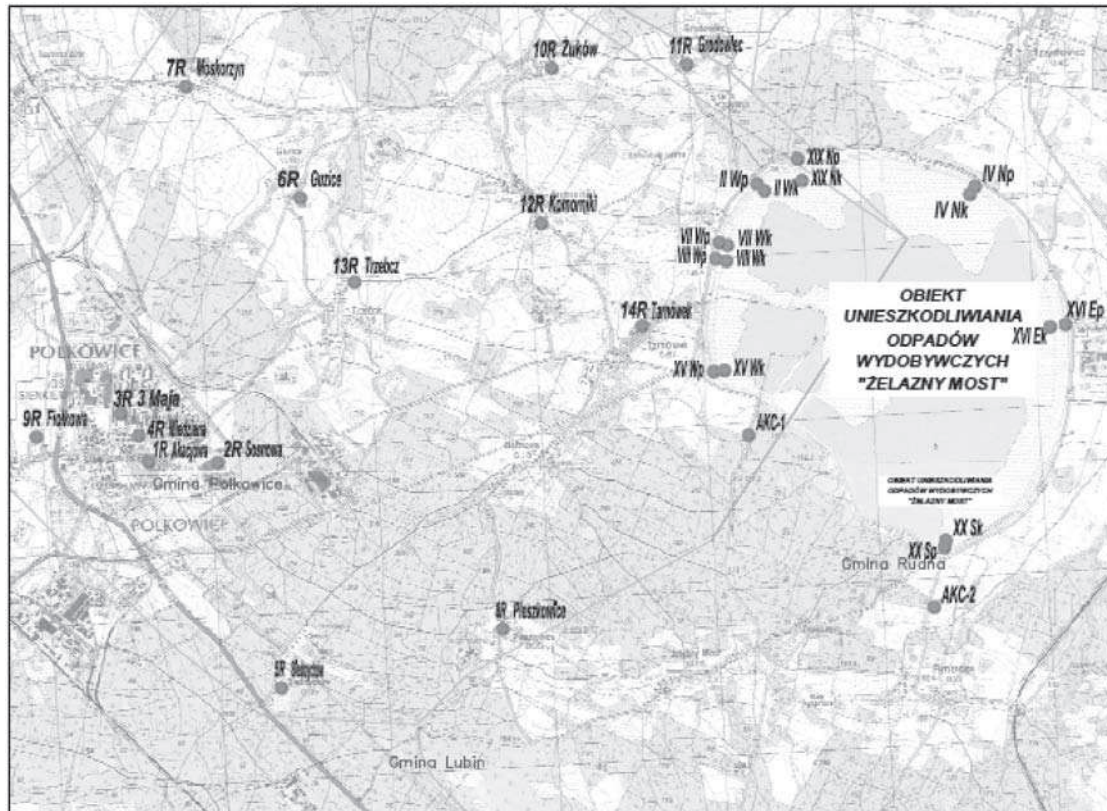
- zintegrowany trójskładowy czujnik drgań (akcelerometry) – górny zakres pomiarowy rejestrowanych sygnałów w przedziale $1500\text{--}3000 \text{ mm/s}^2$ (ARP-2000 w Komornikach – 4000 mm/s^2),
- układ transmisji prądowej,
- moduł przetwornika analogowo-cyfrowego (12-bitowy),
- moduł zegara czasu rzeczywistego,
- moduły dysku elektronicznego.

Każdy zestaw rejestrujący został sprawdzony wraz z przetwornikami drgań w zakresie:

- sprawdzenia czułości standardowej toru pomiarowego, (czułość znamionowa, błąd podstawowy sprawdzanych torów pomiarowych nie przekracza 5 %),
 - sprawdzenia charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej przetworników drgań wraz z wbudowanymi nadajnikami modulacji napięciowej (charakterystyka przetwarzania sygnału z dokładnością do 0,5 dB przy $f = 20$ Hz),
 - sprawdzenie charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej toru pomiarowego.
- Lokalizacja powierzchniowych stanowisk sejsmicznych ustalona została przez specjalistów z Działu Szkód Górniczych O/ZG „Rudna”. Zainstalowany układ rejestracji sejsmicznych oparty o aparaturę ARP-2000 miał za zadanie:
- rejestrować poziom drgań indukowany wstrząsami sejsmicznymi w danym punkcie pomiarowym,
 - tworzenie zbioru danych do dalszych analiz oddziaływania drgań na zabudowę, prowadzonych przez jednostki naukowo-badawcze zajmujące się taką tematyką.
- Czujniki drgań stanowiące zintegrowany czujnik trójskładowy (dwie składowe poziome wzajemnie do siebie prostopadłe oraz składowa pionowa) instalowano zgodnie z PN-85/B-02170. Czujniki drgań montowano na poziomie gruntu, zespalając je na sztywno ze specjalnie zabudowanym postumentem na powierzchni terenu. Składowe poziome drgań we wszystkich punktach obserwacyjnych są usytuowane równoległe do głównych osi budynku wokół którego montowany był czujnik.

Tablica 1. Zestawienie stanowisk sejsmicznych powierzchniowych
Table 1. Summary of surface seismic positions:

Aparatura ELOGOR-C:			
Miejsce zabudowy	Nr kan. sejsm.	Kierunek	UWAGI
piwnica, ul. Miedziana 8	21	YY	pomiar przyśpieszeń drgań
	22	XX	
III piętro, ul. Miedziana 8	24	XX	pomiar przyśpieszeń drgań
	25	YY	
XI piętro, ul. Miedziana 8	27	XX	pomiar przyśpieszeń drgań
	28	YY	
XI piętro, ul. Miedziana 7	29	XX	pomiar przyśpieszeń drgań
XI piętro, ul. Miedziana 9	30	XX	pomiar przyśpieszeń drgań
Aparatura ARP-2000p			
	Miejsce zabudowy	Liczba kan.	UWAGI
3R	Polkowice, ul. 3-go Maja	9	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu, fundamentu i IV piętra budynku; 3x3-składowe
1R	Polkowice, ul. Akacyjowa	6	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu i fundamentu budynku; 2 x 3-składowe
2R	Polkowice, ul. Sosnowa	6	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu i fundamentu budynku; 2 x 3-składowe
4R	Polkowice, ul. Miedziana	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
9R	Polkowice, ul. Fiołkowa	6	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu i fundamentu budynku; 2 x stanowisko 3-składowe
11R	Grodowiec	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
12R	Komorniki	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
7R	Moskorzyn	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
5R	Biedrzychów	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
13R	Trzebech	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
6R	Guzie	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
10R	Żuków	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
8R	Pieszkowice	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
14R	Tarnówek	3	Pomiar przyśpieszeń drgań gruntu; stanowisko 3-składowe
Żelazny Most - przekrój II-W		6	Pomiar przyśpieszeń drgań podstawy i korony zapory; 2 stanowiska 3-składowe
Żelazny Most – przekrój VIII-W		6	Pomiar przyśpieszeń drgań podstawy i korony zapory; 2 stanowiska 3-składowe
Żelazny Most – przekrój XV-W		6	Pomiar przyśpieszeń drgań podstawy i korony zapory; 2 stanowiska 3-składowe
Żelazny Most – przekrój XVI-E		6	Pomiar przyśpieszeń drgań podstawy i korony zapory; 2 stanowiska 3-składowe
Żelazny Most – przekrój XX-S		6	Pomiar przyśpieszeń drgań podstawy i korony zapory; 2 stanowiska 3-składowe
Żelazny Most – przekrój XIX-N		6	Pomiar przyśpieszeń drgań podstawy i korony zapory; 2 stanowiska 3-składowe
Żelazny Most – przekrój IV-N		6	Pomiar przyśpieszeń drgań podstawy i korony zapory; 2 stanowiska 3-składowe
Żelazny Most – przekrój AKC 1		3	Pomiar przyśpieszeń drgań podstawy zapory; 1 stanowisko 3-składowe
Żelazny Most – przekrój AKC 2		3	Pomiar przyśpieszeń drgań podstawy zapory; 1 stanowisko 3-składowe
Żelazny Most – przekrój VII-W		6	Pomiar prędkości drgań podstawy i korony zapory; 2 stanowiska 3-składowe



Rys. 1 Lokalizacja stanowisk pomiarowych na terenie górniczym O/ZG Rudna.
Fig. 1. Location of measurement sites in the mining area of O/ZG Rudna

Zapisy zjawisk, drgań gruntu i obiektów budowlanych są archiwizowane przez stację sejsmiczną ZG Rudna i przekazywane do KGHM „Cuprum” Sp. z o.o. CBR we Wrocławiu celem dalszego opracowania.

3. Analiza maksymalnych amplitud przyspieszenia drgań

Pomiar przyspieszeń drgań gruntu za pomocą systemu ARP-2000 ma 15-letnią historię. Cały system pomiarowy uruchomiono w roku 1999 [1]. Zarejestrowane parametry drgań pozwalają na wstępną ocenę wpływu wstrząsów wywołanych eksploatacją na powierzchnię terenu górniczego.

Od października 1999 r. aktywność sejsmiczna w zakresie energetycznym powyżej $1E6$ J kształtowała się na wysokim poziomie. Ostatnie 2 lata (2013÷2014) przedstawiają niższy poziom w stosunku do lat poprzednich. Dla przykładu w tabelicy 1 przedstawiono zestawienie energii wstrząsów, które wystąpiły w okresie od 1.10.1999 r. do 30.04.2015 r., natomiast w Tabeli 3 opisano parametry wstrząsów (energia $E \geq E7$ J) i liczby zgłoszeń uszkodzeń w budynkach po tych wstrząsach za okres 1.01.2013 r. do 30.04.2015 r. Tablica 4 obrazuje parametry najsilniejszych wstrząsów zarejestrowanych w O/ZG Rudna. W Tabeli 5 zestawiono parametry zarejestrowanych wypadkowych składowych x-y przyspieszeń drgań gruntu po filtracji sygnału w paśmie do 10 Hz. Na zamieszczonych rysunkach 2 i 3 przedstawiono przykładowe przebiegi wartości maksymalnej amplitudy przyspieszenia w paśmie do 10 Hz dla wybranych wstrząsów o energiach $E \geq E7$ J.

Wstrząsy górotworu wywołują drgania podłoża gruntowego w szerokim paśmie częstotliwości, od zbliżonych do okresu drgań własnych obiektów budowlanych (kilka Hz) do wielokrotnie wyższych. Prowadzone analizy sygnałów sejsmicznych bazowały na procedurach skali GSI-2004/11,

która do oceny oddziaływania wstrząsów górniczych na zabudowę powierzchniową wymaga określenia odpowiednich parametrów charakteryzujących składowe poziome drgań [2]. Wyznaczenie parametrów drgań należy poprzedzić jakościową oceną rejestracji, a w przypadku dużego poziomu szumów lub zakłóceń usunąć je stosując odpowiednie procedury sejsmiczne, przede wszystkim poprzez filtrację zapisów.

Tablica 2. Zestawienie energii wstrząsów ZG Rudna w okresie 1.01.1999 r. - 30.04.2015 r.

Table 2. Summary of tremor energy of ZG Rudna between 1 January 1999 and 30 April 2015

ROK	E6, J	E7, J	E8, J	E9, J	SUMA	$\sum E, J$
1999	9	9	3	0	21	9.88E8
2000	87	28	3	1	119	3.67E9
2001	68	36	5	0	109	2.15E9
2002	59	31	10	1	101	4.84E9
2003	65	28	3	0	96	1.94E9
2004	85	37	9	1	132	5.41E9
2005	75	17	5	0	97	1.91E9
2006	73	19	2	1	95	3.19E9
2007	87	21	2	0	110	1.11E9
2008	71	12	1	0	84	6.64E8
2009	78	33	1	0	112	1.26E9
2010	55	27	2	0	84	1.08E9
2011	80	23	0	0	103	7.23E8
2012	47	20	0	0	67	6.16E8
2013	57	10	1	0	68	5.52E8
2014	56	6	0	0	62	3.39E8
2015	16	1	0	0	17	4.93E7
SUMA	1068	358	47	4	1477	3.05E10

Tablica 3. Parametry wstrząsów O/ZG „Rudna” wraz z ilością zgłoszeń uszkodzeń w okresie od 1.01.2013 r. do 30.04.2015 r.

Table 3. Parameters of tremors of O/ZG Rudna along with the number of damage notifications between 1 January 2013 and 30 April 2015

lp	DATA	GODZ	ODDZIAŁ	ENG	MAGN	TYP	X	Y	Z	UWAGI	ZGŁOSZENIA SZKÓD	ZGŁOSZENIA UZNANE
1	2013.02.09	18:09:29	G-11/8	1.7E7	3.1	W	5713141	5577008	-872	FL/PP9/CW/+123	0	0
2	2013.03.10	00:01:54	XV/1	3.9E7	3.3	O	5710229	5576504	-874	PP3s/CW/R/+16	1	1
3	2013.03.17	04:56:59	XX/1	1.8E7	3.1	W	5710976	5579103	-907	FL/CW/+71/PP289	0	0
4	2013.03.19	22:09:51	G-3/4	1.6E8	3.6	T	5707047	5575540	-599	FS/+151	195	100
5	2013.04.05	06:14:15	XII/1	1.1E7	3.0	W	5708676	5578306	-841	FP/PP22/CW/+59	0	0
6	2013.05.27	23:35:15	XX/1	1.2E7	3.0	W	5710976	5579034	-866	FL/+116	0	0
7	2013.07.30	01:32:14	G-11/8	1.2E7	3.0	O	5713051	5577044	-850	CL/+145	0	0
8	2013.09.20	03:07:02	XX/1	4.2E7	3.3	W	5710903	5578930	-915	FS/+60	1	1
9	2013.11.24	00:15:20	XII/1	2.4E7	3.2	W	5708198	5578173	-803	FL/PP83s/CW/+74	2	1
10	2013.12.10	07:23:28	G-7/5	1.0E7	3.0	W	5705626	5577243	-745	CP/+0/PP112/CW	0	0
11	2013.12.10	08:47:54	XX/1	2.1E7	3.1	W	5710944	5579033	-912	FL/+70	0	0
12	2014.03.16	07:32:24	XX/1	3.7E7	3.3	W	5710874	5579000	-901	FS/CW/+73	7	5
13	2014.03.20	06:47:15	X/1	5.9E7	3.4	W	5710814	5574385	-782	FS/+36	2	0
14	2014.05.16	05:37:02	XV/3	1.1E7	3.0	W	5711777	5576824	-914	FL/+3	4	0
15	2014.07.05	14:04:55	XV/3	3.2E7	3.2	O	5711642	5576637	-931	FP/+0	2	0
16	2014.07.21	18:49:56	XX/1	1.7E7	3.1	W	5710822	5579064	-735	FL/PP57/CW/+235	3	0
17	2014.12.12	03:49:59	XX/1	1.9E7	3.1	W	5710778	5579062	-609	FL/+361	4	0
18	2015.02.05	05:44:05	G-7/5	1.1E7	3.0	W	5705476	5577216	-739	FP/PP2s/CW/R/+0	0	0
SUMA											221	108

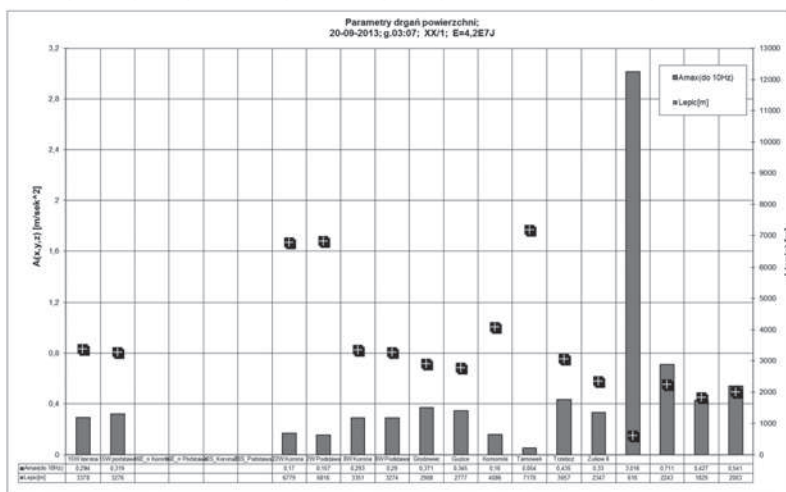
Tablica 4. Parametry najsilniejszych energetycznie wstrząsów zarejestrowanych w O/ZG „Rudna”

Table 4. Parameters of the highest-energy tremors recorded in O/ZG Rudna

lp	DATA	GODZ	ODDZIAŁ	ENG	MAGN	TYP	X	Y	Z	UWAGI
1	2000.07.18	05:45:25	G-23/1	2.0E9	4,16	T	5708584	5578834	-810	Z/C.W.
2	2002.02.20	12:27:03	G-1/8	1.5E9	4,09	T	5707550	5575036	-757	ZP
3	2004.09.02	07:24:55	G-22/4	1.8E9	4,14	T	5709377	5578018	-798	FS/112/PP102/CW
4	2006.05.21	12:57:57	G-1/7	1.9E9	4,15	T	0	0	0	PP0s/CW

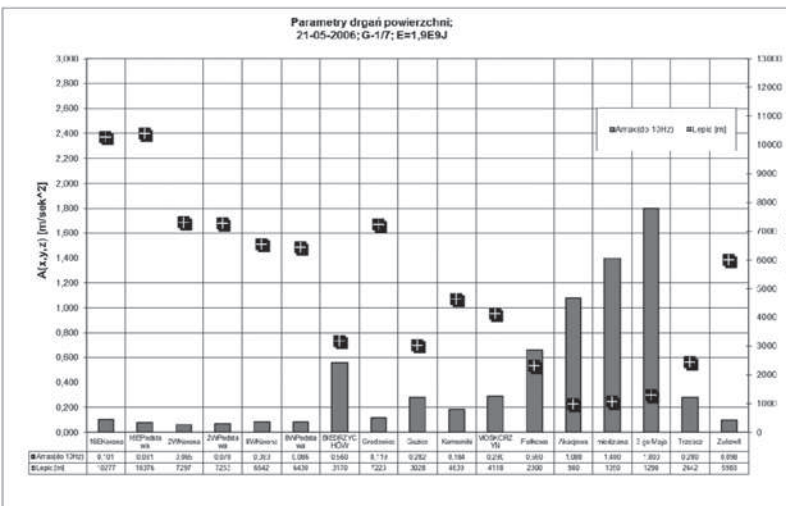
Rys. 2. Wartości maksymalnej amplitudy przyspieszenia w paśmie do 10 Hz dla wstrząsu o energii E = 4,2E7 J z dnia 20.09.2013 r. zarejestrowanego na terenie górniczym O/ZG „Rudna”

Fig. 2. Values of maximum acceleration amplitude in the band up to 10Hz for the tremor energy E = 4.2E7 J from 20 September 2013 recorded in the mining area of O/ZG Rudna



Rys. 3. Wartości maksymalnej amplitudy przyspieszenia w paśmie do 10 Hz dla wstrząsu o energii E = 1,9E9 J z dnia 21.05.2006 r. zarejestrowanego na terenie górniczym O/ZG „Rudna”

Fig. 3. Values of maximum acceleration amplitude in the band up to 10Hz for the tremor energy of E = 1.9E9J from 21 Mai 2006 recorded in the mining area of O/ZG Rudna



Tablica 5. Parametry zarejestrowanych wypadkowych składowych x-y przyspieszeń drgań gruntu po filtracji sygnału w paśmie do 10 Hz w okresie od 1.01.2013 r. do 30.04.2015 r.

Table 5. Parameters of recorded products of components x-y of ground vibration accelerations after filtering the signal in the band up to 10Hz between 1 January 2013 and 30 April 2015

Wstrząs z dnia: 09-02-2013; pole G-11/8; E=1,7E7		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona		
15W podstawa		
16E_n Korona		
16E_n Podstawa		
20S_Korona1		
20S_Podstawa2		
2W Korona	0,027	5576
2W Podstawa	0,022	5465
8W Korona	0,024	5510
8W Podstawa	0,034	5386
Grodowiec	0,063	4322
Guzice		
Komorniki	0,095	3400
Tarnówek	0,066	5153
Trzebcz	0,092	2992
Żuków 8	0,09	2686

Wstrząs z dnia: 10-03-2013; pole XVI/1; E=3,9E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,054	5393
15W podstawa	0,057	5267
16E_n Korona	0,028	9264
16E_n Podstawa	0,031	9450
20S_Korona1	0,039	8597
20S_Podstawa2	0,031	8614
2W Korona	0,043	5852
2W Podstawa	0,049	5782
8W Korona	0,071	5297
8W Podstawa	0,079	5169
Grodowiec	0,085	5466
Guzice	0,406	967
Komorniki	0,125	3104
Tarnówek	0,147	4308
Trzebcz		
Żuków 8	0,071	4060

Wstrząs z dnia: 17-03-2013; pole XX/1; E=1,8E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,158	3276
15W podstawa	0,186	3178
16E_n Korona	0,049	6783
16E_n Podstawa	0,061	6962
20S_Korona1	0,094	6681
20S_Podstawa2	0,075	6720
2W Korona	0,177	3172
2W Podstawa	0,173	3093
8W Korona	0,189	2752
8W Podstawa	0,181	2620
Grodowiec	0,261	2876
Guzice	0,176	2512
Komorniki	1,953	448
Tarnówek	0,397	2149
Trzebcz		
Żuków 8	0,408	1876

Wstrząs z dnia: 19-03-2013; pole G-3/4; E=1,6E8J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,145	6558
15W podstawa	0,115	6428
16E_n Korona	0,108	10526
16E_n Podstawa	0,155	10714
20S_Korona1	0,052	8937
20S_Podstawa2	0,045	8921
2W Korona	0,086	7939
2W Podstawa	0,079	7910
8W Korona	0,087	7106
8W Podstawa	0,098	7005
Grodowiec	0,134	8161
Guzice	0,158	4270
Komorniki	0,205	5533
Tarnówek	0,205	5829
Trzebcz		
Żuków 8	0,112	7052

Wstrząs z dnia: 05-04-2013; pole XII/1; E=1,1E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,065	3493
15W podstawa	0,048	3360
16E_n Korona	0,033	7501
16E_n Podstawa	0,04	7691
19N_Korona	0,019	5185
19N_Podstawa		
20S_Korona1	0,027	6393
20S_Podstawa2	0,031	6400
2W Korona	0,02	4731
2W Podstawa	0,019	4705
8W Korona	0,031	3901
8W Podstawa	0,038	3797
AKC-1	0,08	3784
AKC-2	0,03	6520
Grodowiec		
Guzice		
Komorniki	0,075	2518
Tarnówek	0,102	2639
Trzebcz	0,084	1816
Żuków 8		

Wstrząs z dnia: 27-05-2013; pole XX/1; E=1,2E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,04	3332
15W podstawa	0,039	3233
16E_n Korona	0,016	6851
16E_n Podstawa	0,019	7030
19N_Korona	0,03	3710
19N_Podstawa	0,031	3702
20S_Korona1		
20S_Podstawa2		
2W Korona	0,043	3241
2W Podstawa	0,057	3162
8W Korona	0,062	2819
8W Podstawa	0,08	2688
AKC-1	0,033	4055
AKC-2		
Grodowiec	0,073	2930
Guzice	0,125	2443
Komorniki	0,259	516
Tarnówek	0,083	2203
Trzebcz	0,112	1954
Żuków 8	0,095	1898

Wstrząs z dnia: 30-07-2013; pole G-11/8; E=1,2E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona		
15W podstawa		
16E_n Korona		
16E_n Podstawa		
19N_Korona		
19N_Podstawa		
20S_Korona1		
20S_Podstawa2		
2W Korona		
2W Podstawa		
8W Korona	0,018	5435
8W Podstawa	0,017	5310
AKC-1		
AKC-2		
Grodowiec		
Guzice	0,144	1920
Komorniki		
Tarnówek		
Trzebcz	0,081	2899
Żuków 8	0,031	2639

Wstrząs z dnia: 20-09-2013; pole XX/1; E=4,2E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,294	3378
15W podstawa	0,319	3276
16E_n Korona		
16E_n Podstawa		
19N_Korona		
19N_Podstawa		
20S_Korona1	0,17	6779
20S_Podstawa2	0,157	6816
2W Korona	0,293	3351
2W Podstawa	0,29	3274
8W Korona	0,371	2908
8W Podstawa	0,345	2777
AKC-1	0,16	4086
AKC-2	0,054	7170
Grodowiec	0,435	3057
Guzice	0,33	2347
Komorniki	3,016	610
Tarnówek	0,711	2243
Trzebcz	0,427	1829
Żuków 8	0,541	2003

Wstrząs z dnia: 24-11-2013; pole XII/1; E=2,4E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,09	3709
15W podstawa	0,059	3577
16E_n Korona	0,039	7706
16E_n Podstawa	0,033	7896
19N_Korona		
19N_Podstawa		
20S_Korona1	0,038	6416
20S_Podstawa2	0,033	6416
2W Korona		
2W Podstawa		
8W Korona	0,105	4249
8W Podstawa	0,099	4153
AKC-1	0,077	3898
AKC-2	0,025	6480
Grodowiec	0,051	5583
Guzice	0,087	3375
Komorniki	0,131	3002
Tarnówek	0,037	4538
Trzebcz	0,098	2164
Żuków 8		

c.d. Tablica 5

Wstrząs z dnia: 10-12-2013; pole G-7/5; E=1,0E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,018	5699
15W podstawa	0,017	5585
16E_n Korona		
16E_n Podstawa		
19N Korona		
19N Podstawa		
20S_Korona1		
20S_Podstawa2		
2W Korona	0,012	7554
2W Podstawa	0,01	7559
8W Korona		
8W Podstawa		
AKC-1	0,021	5512
AKC-2		
Grodowiec		
Guzice		
Komorniki		
Tarnówek	0,036	5328
Trzebcz		
Żuków 8	0,004	7540

Wstrząs z dnia: 10-12-2013; pole XX/1; E=2,1E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,158	3315
15W podstawa	0,173	3215
16E_n Korona	0,038	6845
16E_n Podstawa	0,042	7025
19N Korona		
19N Podstawa		
20S_Korona1	0,102	6719
20S_Podstawa2	0,087	6757
2W Korona	0,121	3245
2W Podstawa	0,112	3167
8W Korona	0,114	2814
8W Podstawa	0,123	2683
AKC-1	0,115	4035
AKC-2	0,034	7120
Grodowiec	0,101	2951
Guzice	0,066	2445
Komorniki	1,042	2184
Tarnówek	0,408	2184
Trzebcz	0,104	1940
Żuków 8	0,168	1929

Wstrząs z dnia:16-03-2014; pole XX/1 E=3,7E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,013	5620
15W podstawa	0,013	5504
16E_n Korona		
16E_n Podstawa		
19N Korona		
19N Podstawa		
20S_Korona1		
20S_Podstawa2		
2W Korona		
2W Podstawa		
8W Korona		
8W Podstawa		
AKC-1	0,012	5463
AKC-2		
Grodowiec		
Guzice		
Komorniki		
Tarnówek		
Trzebcz		
Żuków 8		

Wstrząs z dnia: 20-03-2014; pole X/1 E=5,9E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,031	7590
15W podstawa	0,025	7466
16E_n Korona		
16E_n Podstawa		
19N Korona		
19N Podstawa		
20S_Korona1	0,024	10787
20S_Podstawa2	0,02	10802
2W Korona	0,027	7889
2W Podstawa	0,037	7807
8W Korona	0,03	7423
8W Podstawa	0,031	7293
AKC-1	0,04	8089
AKC-2	0,022	10971
Grodowiec	0,054	7215
Guzice		
Komorniki	0,079	5154
Tarnówek		
Trzebcz		
Żuków 8	0,097	5631

Wstrząs z dnia:16-05-2014; pole XV/3 E=1,1E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona		
15W podstawa		
16E_n Korona	0,019	9359
16E_n Podstawa	0,022	9182
19N Korona	0,035	5908
19N Podstawa	0,033	5850
20S_Korona1		
20S_Podstawa2		
2W Korona	0,038	5366
2W Podstawa	0,032	5460
8W Korona	0,041	5025
8W Podstawa	0,036	5156
AKC-1	0,018	6300
AKC-2		
Grodowiec	0,074	4611
Guzice	0,15	634
Komorniki	0,158	2862
Tarnówek		
Trzebcz	0,102	1675
Żuków 8	0,082	3010

Wstrząs z dnia:5-07-2014; pole XV/3 E=3,2E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona		
15W podstawa		
16E_n Korona	0,015	9334
16E_n Podstawa	0,02	9512
19N Korona	0,027	6088
19N Podstawa	0,013	6036
20S_Korona1		
20S_Podstawa2		
2W Korona	0,031	5636
2W Podstawa	0,026	5543
8W Korona	0,033	5304
8W Podstawa	0,029	5172
AKC-1	0,015	6385
AKC-2		
Grodowiec	0,033	4825
Guzice	0,477	460
Komorniki	0,048	3002
Tarnówek		
Trzebcz	0,101	1607
Żuków 8		

Wstrząs z dnia:21-07-2014; pole XX/1 E=1,7E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,146	3222
15W podstawa	0,123	3120
16E_n Korona	0,042	6792
16E_n Podstawa	0,043	6973
19N Korona	0,037	3701
19N Podstawa	0,046	3705
20S_Korona1	0,055	6623
20S_Podstawa2	0,039	6660
2W Korona	0,054	3229
2W Podstawa	0,056	3155
8W Korona	0,11	2763
8W Podstawa	0,108	2632
AKC-1	0,071	3932
AKC-2	0,024	7016
Grodowiec	0,072	3006
Guzice	0,108	2491
Komorniki	0,751	477
Tarnówek		
Trzebcz	0,141	1923
Żuków 8	0,073	2035

Wstrząs z dnia:12-12-2014; pole XX/1 E=1,9E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,12	3200
15W podstawa	0	3097
16E_n Korona		
16E_n Podstawa		
19N Korona	0,111	3710
19N Podstawa	0,104	3717
20S_Korona1	0,057	6599
20S_Podstawa2	0,039	6636
2W Korona	0,227	3237
2W Podstawa	0,137	3164
8W Korona	0,219	2759
8W Podstawa	0,217	2628
AKC-1	0,067	3905
AKC-2	0,03	6988
Grodowiec	0,221	3037
Guzice	0,458	2496
Komorniki	0,771	486
Tarnówek	0,312	2064
Trzebcz	0,11	1906
Żuków 8	0,14	2077

Wstrząs z dnia:05-02-2015; pole G-7/5 E=1,1E7J		
Punkt pomiarowy	A10(x,y)	Odległość [m]
15W korona	0,002	5812
15W podstawa	0,015	5700
16E_n Korona		
16E_n Podstawa		
19N Korona		
19N Podstawa		
20S_Korona1		
20S_Podstawa2		
2W Korona		
2W Podstawa		
8W Korona		
8W Podstawa		
AKC-1	0,019	5610
AKC-2		
Grodowiec		
Guzice		
Komorniki		
Tarnówek		
Trzebcz		
Żuków 8		

4. Podsumowanie

W pracy przedstawiono system rejestracji drgań gruntu ARP-2000 stosowany w KGHM Polska Miedź S.A. O/ZG „Rudna” oraz wyniki rejestracji oddziaływania silnych wstrząsów na powierzchnię terenu górniczego ZG „Rudna”. Z dotychczasowych pomiarów wynika, iż maksymalne amplitudy przyspieszeń drgań pochodzących od wstrząsów o wysokich energiach - rzędu $1E7$ J, w strefach epicentralnych przekraczają wartości 2000 mm/s². Zgodnie z obowiązującymi skalami szkodliwości np. MSK-64, drgania o tak dużych amplitudach przyspieszeń powinny powodować istotne uszkodzenia budynków. W rzeczywistości drgania te powodują jedynie nieliczne zarysowania oraz pęknięcia tynków. W pracy przedstawiono informację za okres 1.01.2013 r. do 30.04.2015 r. o aktywności sejsmicznej w zakresie wstrząsów o energii $E \geq 1E7$ J. Ocenę wpływów dynamicznych kopalnia przeprowadza dla parametru przyspieszenia i prędkości drgań stosując procedury określone w „Górnictwej skali intensywności sejsmicznej GSI-2004/11”, którą wprowadzono do stosowania ustaleniem organizacyjnym nr PT/2/2012 Wiceprezesa Zarządu KGHM z dnia 20.04.2012 r.

Literatura

1. *Koziarz E.*: Opis Stacji Geofizyki Górniczej O/ZG Rudna, Polkowice, 2015.
2. *Mirek A., Oset K.*: Ocena oddziaływania sejsmiczności indukowanej działalnością górnictwem na obiekty budowlane na podstawie wybranych skal, Przegląd Górniczy nr 6/2014, Katowice, 2014.
3. „Opracowania wyników pomiarów powierzchniowej sieci sejsmicznej dla stanowisk typu ARP-2000 rozlokowanych na terenie górniczym ZG Rudna”, Zakład Mechaniki Górniczej KGHM CUPRUM, Wrocław, 2013, 2014.
4. *Laskowski M., Samokar Z., Wróbel J.*: Wpływ zjawisk dynamicznych o charakterze regionalnym na wyrobiska górnicze i powierzchnię terenu na przykładzie tąpnięcia górotworu zaistniałego 19 marca 2013 r. w polu G-3/4 O/ZG Rudna, Materiały konferencyjne XVI Warsztatów Górniczych, Wieliczka, 2014.

Szanowni Czytelnicy! *Przypominamy o wznowieniu* *prenumeraty „Przeglądu Górniczego”*

Informujemy też, że od 2009 roku w grudniowym zeszycie P.G. zamieszczamy listę naszych prenumeratorów.