

# Monitoring drgań gruntu indukowanych wstrząsami górnictwymi w KWK „Ziemowit”

## Monitoring of ground vibration induced by mining tremors in “Ziemowit” coal mine



Mgr inż. Adrian Gołda \*)



Mgr inż. Grzegorz Śladowski\*)

**Treść:** Oddziaływanie wstrząsów indukowanych działalnością górnictwami na powierzchnię terenu, budynki i odczucia mieszkańców jest istotnym problemem w kontaktach z administracją lokalną, z którym borykają się kopalnie prowadzące roboty górnicze. Istotnym zagadnieniem stał się monitoring drgań gruntu pozwalający określić ich rzeczywiste parametry oraz sklasyfikować stopień oddziaływania na obiekty powierzchniowe. KWK „Ziemowit” od wielu lat prowadzi monitoring parametrów drgań gruntu wywołanych eksploatacją górnictwami. W artykule autorzy przedstawiają rozwój metod obserwacji wpływu wstrząsów górnictwowych na powierzchnię terenu w KWK „Ziemowit” począwszy od końca lat 90. XX wieku (początki rejestracji) do chwili obecnej, kiedy na obszarze objętym przypuszczalnym wpływem oddziaływania wstrząsów górnictwowych pracuje rozbudowana sieć rejestratorów systemu AMAX-GSI.

**Abstract:** The impact of shocks induced by mining activities on the surface of the land, buildings as well as the feelings of residents is a major problem in dealing with the local government, faced by mines leading mining works which are accompanied by seismic activity. The monitoring of ground vibration, which allows to determine their actual performance and classify to the degree of impact on the objects surface, has become a major issue. For years, the “Ziemowit” coal mine monitors the parameters of ground vibration caused by mining exploitation. This paper presents the development of methods for observing the impact of mining tremors on the ground surface in “Ziemowit” coal mine (from the late 90s of the twentieth century - the beginnings of registration - until now), where the area under the supposed influence of the impact of mining tremors operates an extensive network recorders system AMAX-GSI.

### Słowa kluczowe:

oddziaływanie wstrząsów na powierzchnię, AMAX, rejestracje powierzchniowe, skala GSI

### Key words:

impact of tremors on the surface, AMAX, surface registrations, GSI scale

## 1. Wprowadzenie

KWK „Ziemowit” prowadzi roboty górnicze w OG „Łędziny I” o powierzchni 63,58 km<sup>2</sup> i „Imielin I” o powierzchni 5,87 km<sup>2</sup>. Na obszarze tym dominują grunty rolne i tereny leśne. Zabudowa jest skupiona w kilku miejscowościach, a mianowicie: Łędziny, Imielin i Chełm Śląski (rys 1.). W znacznej części posiada ona charakter zabudowy wiejskiej, rozproszonej. Jest to w dużej mierze budownictwo mieszkalne niskokondygnacyjne oraz budynki gospodarcze. Wyjątek stanowią osiedla mieszkaniowe w Łędzinach i Chełmie Śląskim o zabudowie 3-5 kondygnacyjnej.

Eksploatacji pokładów węgla w KWK „Ziemowit” towarzyszy aktywność sejsmiczna. Aktywność ta przejawia się występowaniem wstrząsów wysokoenergetycznych o maksymalnych energiach rzędu 10<sup>7</sup> J. W szczególności dotyczy to części

pokładów zaliczonych do I stopnia zagrożenia tąpnięciami – 209 i 207, których eksploatacja była i jest głównym jej źródłem. Indukowane eksploatacją wysokoenergetyczne wstrząsy górnicze są odczuwalne na powierzchni terenu, zwłaszcza w okolicach skupionej zabudowy. Są też potencjalnym źródłem szkód w obiektach powierzchniowych. Uciążliwość związana z odczuciami wstrząsów na powierzchni jest w GZW powszechnie znana. Wstrząsy górnicze powodują drgania cząstek gruntu w strefie przypowierzchniowej. Amplituda tych drgań zależy głównie od energii sejsmicznej wstrząsu, odległości epicentralnej ogniska wstrząsu oraz budowy geologicznej warstw przypowierzchniowych [1]. Na przestrzeni lat podejmowano wiele prób usystematyzowania ich wpływu na ludzi i zabudowę. Adaptowano do warunków górniczych skale służące ocenie skutków trzęsień ziemi (np. skala MŚK) oraz formułowano zależności wiążące parametry drgań gruntu z czynnikami mającymi decydujący wpływ na ich wartość. Z uwagi na złożoność zagadnienia, w tym oddziaływanie

\*) Kompania Węglowa S.A. Oddział KWK „Ziemowit”

warstw przypowierzchniowych, teoretycznie wyliczone wartości parametrów drgań gruntu i stosowane do oceny ich wpływu skale oddziaływań często wykazują znaczną rozbieżność w odniesieniu do rzeczywistych skutków wstrząsów górniczych na powierzchni terenu. Bezpośrednie pomiary parametrów drgań gruntu nieoparte odpowiednią analizą (np. filtracja separująca wysokie amplitudy o częstotliwościach niemających wpływu na budynki) również nie stanowią w pełni miarodajnego materiału do oceny ich szkodliwości.

Najbardziej wiarygodną metodą oceny wpływu drgań gruntu na powierzchnię terenu pozostaje bezpośredni pomiar parametrów drgań gruntu (przyspieszeń, prędkości), którego wyniki odpowiednio zinterpretowane umożliwiają zastosowanie skali empirycznej stworzonej w oparciu o rzeczywiste, stwierdzone skutki oddziaływania drgań o określonych parametrach. Na dzień dzisiejszy skalą spełniającą ten warunek dla kopalń węgla kamiennego wydaje się być skala  $GSI_{GZWKW}$ -2012, która jako parametry przyjmuje czas trwania wstrząsu oraz maksymalną wartość wypadkowej składowych poziomych prędkości drgań gruntu i maksymalne amplitudy przyspieszenia drgań w paśmie do 10 Hz ( $PGA_{H10}$ ).

## 2. Początki rejestracji parametrów drgań gruntu w KWK „Ziemowit”

Rejestrację drgań gruntu w celu oszacowania wpływu wstrząsów górniczych rozpoczęto w KWK „Ziemowit” w końcu lat 90. ubiegłego wieku. Zabudowane wówczas stanowisko pomiarowe wyposażono w rejestrator typu CRP (Centralny Rejestrator Przyspieszeń) produkcji GIG Katowice. Rejestrowane były trzy składowe przyspieszenia drgań gruntu za pomocą bloku akcelerometrów posadowionego na betonowym podłożu w piwnicy domu jednorodzinnej przy ul. Folwarcznej w Łędzinach-Goławcu. Konstrukcja aparatury i jej oprogramowanie pozwalały na odczyt dwóch parametrów - maksimum wypadkowej składowych poziomych i maksimum wypadkowej wszystkich trzech składowych przyspieszenia drgań gruntu. Znajomość tych parametrów nie wystarczała do oceny wpływu drgań na obiekty budowlane na

powierzchni. Oprogramowanie rejestratora nie pozwalało na właściwą interpretację otrzymanych zapisów, między innymi z powodu braku możliwości filtrowania zapisanych przebiegów.

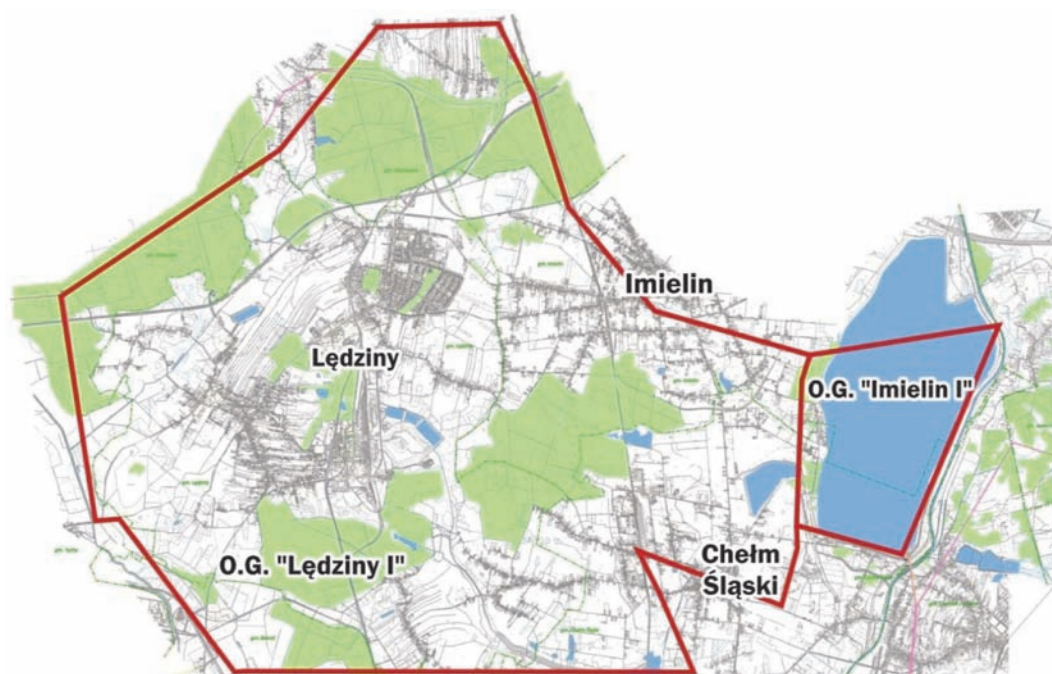
## 3. Rozwój rejestracji – aparatura AMAX-99

We wrześniu 2003 roku Kopalnia zakupiła rejestrator typu AMAX-99, również produkcji GIG Katowice. W skład rejestratora wchodził czujnik (zespół akcelerometrów piezoelektrycznych), wzmacniacz sygnałów, cyfrowa aparatura rejestrująca na bazie komputera PC wyposażona w 12-bitową kartę przetwornika AC wraz z oprogramowaniem SEJSGRAM. Oprogramowanie umożliwiało szerszą niż dotychczas analizę rejestrowanych wstrząsów, pozwalając na filtrację sygnału.

Aparatura wyposażona w system automatycznego wyzwalania zapisów wstrząsów pracowała w zakresie częstotliwości: 0,5 – 100 Hz z dynamiką rejestracji ok. 70-80 dB i pozwalała rejestrować maksymalne amplitudy przyspieszeń do 3000 mm/s<sup>2</sup>. Stanowisko pomiarowe zainstalowane zostało na terenie należącym do Urzędu Gminy Chełm Śląski, na betonowym postumencie związanym z gruntem (rys. 2). Zabudowa na zewnątrz budynku wymusiła zastosowanie osłony w postaci stalowej skrzyni chroniącej czujnik pomiarowy przed wpływem warunków zewnętrznych i dostępem osób niepowołanych.

Lokalizacja stanowiska pomiarowego spowodowana była dużą liczbą zgłoszeń okolicznych mieszkańców o odczuciach wstrząsów towarzyszących eksploatacji pokładu 209 w bloku F oraz pokładu 207 w bloku E OG „Łędziny I”.

Zarówno sposób prowadzenia obserwacji, jak i opracowanie wyników odbywały się zgodnie z wytycznymi zawartymi w instrukcji „Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych” wydanej przez GiG w 2000 r., która uzyskała pozytywną opinię Komisji do Spraw Ochrony Powierzchni przy Prezesie WUG. Zgodnie z zawartymi w „Zasadach...” [5] i [6] zaleceniami do oceny odporności budynków należało stosować zasady klasyfikacji i skal zweryfikowanych doświadczalnie na terenach górniczych, charakteryzujących się



Rys. 1. Obszar górniczy KWK „Ziemowit”  
Fig. 1. Mining area of “Ziemowit” coal mine



dużą aktywnością sejsmiczną. Jedną z takich skal była skala MSK-64, którą przyjęto do stosowania w KWK „Ziemowit”. Opracowanie zapisów rejestrowanych zjawisk sprowadzało się do wyznaczenia:

- maksymalnej wartości wypadkowej składowych przyspieszeń -  $a_{\max}$
- maksymalnej wartości wypadkowej składowych przyspieszeń po odfiltrowaniu sygnału w paśmie 0,5-10 Hz -  $a_{\max}$  (zgodnie ze skalą MSK-64)
- stopnia intensywności drgań wg skali MSK-64.



Rys. 2. Czujnik pomiarowy systemu AMAX-99  
Fig. 2. Sensor of AMAX-99 system

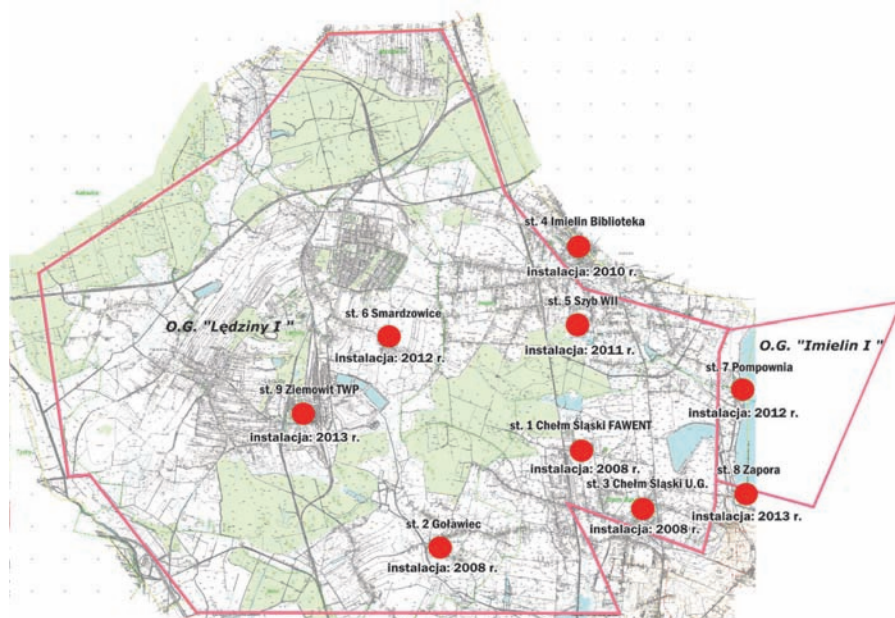
#### 4. Wprowadzenie skali GSI-GZW - rejestratory systemu AMAX-GSI

Interpretacja uzyskanych wyników w oparciu o zaadaptowaną dla potrzeb górnictwa ośmiostopniową skalę MSK-64, stosowaną dotychczas dla trzęsień ziemi, która dla warunków górniczych została ograniczona do siedmiu stopni i wykorzystywała parametr przyspieszenia drgań podłoża w paśmie do 10 Hz, w wielu przypadkach nie pokrywała się z faktycznymi obserwacjami oddziaływania drgań gruntu na obiekty powierzchniowe. Najczęściej dochodziło do zawyżania

skutków oceny drgań, kiedy to możliwość wystąpienia szkód przyporządkowana do określonego stopnia intensywności nie znajdowała odzwierciedlenia w faktycznym oddziaływaniu drgań na obiekty powierzchniowe. Rejestrowane wartości przyspieszeń wykraczały poza górną granicę VII stopnia skali, uznaną za maksymalną możliwą wartość w przypadku wstrząsów górniczych.

Z problemem tym borykała się cała branża górnicza. Pojawiła się potrzeba stworzenia skali korelującej wyniki rzeczywistych rejestracji i skutków drgań pochodzących od wstrząsów na powierzchni terenu. W 2007 GIG przedstawił nowatorską, empiryczną „Górnictwem Skalę Intensywności GSI-GZW-2006 do oceny oddziaływania drgań sejsmicznych od wstrząsów górniczych na powierzchnie terenu w GZW”. Skala opracowana została w oparciu o rzeczywiste rejestracje i stwierdzone skutki drgań gruntu na powierzchni. Materiałem badawczym dla jej twórców były między innymi zapisy z rejestratora AMAX-99 użytkowanego przez KWK „Ziemowit” w Chelmie Śląskim. Jako podstawowe parametry przyjęto wartość wypadkowej poziomej amplitudy prędkości drgań gruntu  $PGV_{H_{\max}}$  oraz czas trwania składowej poziomej drgań  $t_{Hv}$ . Jednocześnie jako pomocniczą wprowadzono skalę opartą o maksymalne amplitudy przyspieszenia drgań w paśmie do 10 Hz  $PGA_{H10}$  i czas ich trwania  $t_{Ho}$ . Skala GSI-GZW-2006 została zweryfikowana w 2012 roku [3]. Zachowano podstawowe założenia oceny intensywności wpływu drgań na obiekty powierzchniowe, wprowadzając modyfikacje w ich stopniowaniu.

W 2008 roku skalę GSI-GZW wprowadzono do stosowania w KWK „Ziemowit”. Zabudowano dwa nowe stanowiska pomiarowe: w Chelmie Śląskim w sąsiedztwie fabryki wentylatorów FAWENT oraz na terenie Zespołu Szkół w Łędzinach-Goławcu. Stanowisko AMAX-99, dotychczas działające na terenie Urzędu Gminy Chelme Śląski, zostało zmodernizowane. Czujniki pomiarowe zamontowane zostały w budynkach, na ścianach fundamentowych lub posadzce. Wprowadzono do stosowania nową generację oprogramowania SEJSGRAM, które pozwala na bezpośrednią interpretację wyników pomiarów zgodnie ze skalą GSI. Nowe stanowiska pomiarowe zamontowano w rejonach potencjalnie najbardziej narażonych na wpływ wstrząsów górniczych na obiekty powierzchniowe. (rys. 3).



Rys. 3. Sieć rejestratorów systemu AMAX-GSI w KWK „Ziemowit”

Fig. 3. Network of measuring stations of the AMAX-GSI system in “Ziemowit” coal mine

W kolejnych latach dokonywano systematycznej rozbudowy sieci obserwacyjnej AMAX-GSI. W latach 2010-2013 zainstalowano dwa stanowiska pomiarowe na obszarze miasta Imielin, dwa stanowiska pomiarowe w bezpośrednim sąsiedztwie Zbiornika Dzieńkowice, po jednym w Lędzinach-Smardzowicach oraz na terenie Kopalni „Ziemowit”.

Od roku 2014 ocenę wpływu drgań na obiekty powierzchniowe KWK „Ziemowit” prowadzi w oparciu o 5-stopniowe skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012: skalę prędkościową GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-V oraz skalę przyspieszeniową (pomocniczą) GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-A.

Aparatura AMAX-GSI pracuje w zakresie częstotliwości: 1–100 Hz (dla –3 dB) z próbkowaniem w zakresie 1 Hz-100 kHz, zapewniając dynamikę rejestracji ok. 70-80 dB i pozwala na rejestrowanie przyspieszeń o maksymalnych amplitudach 3m/s<sup>2</sup> oraz prędkości o maksymalnych amplitudach do 0,2 m/s. Istotnym usprawnieniem systemu jest możliwość przesyłania danych za pomocą sieci GSM, co pozwala na niezwłoczne dokonanie analizy zapisów, bez konieczności odwiedzania stanowiska przez pracownika Stacji Geofizyki. Spośród 9 pracujących rejestratorów AMAX-GSI jeden zamontowano na terenie prywatnego budynku mieszkalnego. Pozostałe pracują w obiektach użyteczności publicznej lub innych stanowiących część infrastruktury komunalnej. Rejestratory zainstalowane na stanowiskach pomiarowych zaprojektowano jako „bezbosługowe”. Realizowane są jednak okresowe kontrole stanowisk oraz doraźne wizyty pracowników Stacji Geofizyki spowodowane np. brakiem łączności ze stanowiskiem pomiarowym. Zdecydowana większość problemów związanych z działaniem rejestratorów AMAX-GSI leży po stronie oprogramowania komputera: systemu operacyjnego oraz oprogramowania modemów transmisji GSM. Dotychczas stosowana transmisja GSM jest „wąskim” gardłem systemu. Ponadto rejestratory zasilane z ogólnodostępnej sieci 230V narażone są na przerwy w pracy wynikłe z braku zasilania. Z tego względu wydaje się zasadne zastosowanie urządzeń typu UPS, które w połączeniu z odpowiednimi filtrami eliminującymi zakłócenia sieci zasilającej zapewnią bezprzerwowe działanie rejestratorów. Dział Tapar KWK „Ziemowit”, który sprawuje pieczę nad siecią rejestratorów podjął już stosowne działania w tym kierunku. Kilkuletnie doświadczenia w eksploatacji systemu zaowocowały również wprowadzeniem innych rozwiązań poprawiających jakość obsługi, między innymi oprogramowania pozwalającego na zmianę nazw plików bezpośrednio po zapisie rejestrowanego zjawiska, które umożliwia jednoznaczny identyfikację stanowiska pomiarowego, z którego pochodzi zarejestrowany wstrząs. Analiza zapisów zarejestrowanych na stanowiskach pomiarowych obejmuje wyznaczenie:

- maksymalnej wartości wypadkowej składowych poziomych prędkości –  $PGV_{Hmax}^V$ ,
- czasu trwania wstrząsu,
- stopnia intensywności drgań wg. skali podstawowej- prędkościowej
- maksymalnej wartości wypadkowej składowych poziomych przyspieszeń po odfiltrowaniu sygnału w paśmie 0,5-10 Hz –  $PGA_{H10}$ ,
- stopnia intensywności drgań wg. skali pomocniczej – przyspieszeniowej.

W latach 2008-2014 na stanowiskach AMAX-GSI zarejestrowano łącznie ponad 8,7 tys. zapisów będących rezultatem wystąpienia ponad 4,3 tys. wstrząsów górniczych z obszaru eksploatacji KWK „Ziemowit” i KWK „Piast”. Największą liczbę rejestracji zapisano na stanowiskach pomiarowych nr 1 i nr 3 w Chełmie Śląskim (FAWENT i Urząd Gminy). Wynika to po części z faktu, że te stanowiska są jednymi z najdłuższych działających, a po części z lokalizacji sąsiadującej z generu-



Rys. 4. Czujnik rejestratora AMAX-GSI

Fig. 4. Sensor of AMAX-GSI system

jącą okresowo wysoką aktywność sejsmiczną eksploatacją pokładu 209 w blokach F i D oraz pokładu 207 w bloku E, prowadzoną przez KWK „Ziemowit” i eksploatacji pokładów 207 oraz 209, prowadzonej w parceli XV przez KWK „Piast”.

Dotychczas (marzec 2014 roku) jednokrotnie zanotowano na stanowiskach pomiarowych przekroczenie IV stopnia intensywności drgań (wg skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012V). Miało to miejsce na stanowisku nr 2 (Lędziny-Goławiec) w wyniku wstrząsu o energii  $4 \times 10^7$  J z rejonu ściany 904 w pokładzie 209, którego ognisko zlokalizowano w odległości ok. 370 m od stanowiska pomiarowego (tabela 1). Zarejestrowane prędkości (60,3 mm/s) oraz przyspieszenia (1364,5 mm/s<sup>2</sup>) drgań gruntu z uwzględnieniem czasu ich trwania klasyfikują ten wstrząs w IV stopniu intensywności oddziaływania skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-V oraz GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-A (wg obowiązującej wówczas skali GSIGZW – III stopień intensywności oddziaływania). Wyniki rejestracji na stanowisku nr 3 w odległości ok. 2,85 km wskazują zgodnie z oczekiwaniami na gwałtowny spadek wartości prędkości i przyspieszeń drgań gruntu i pozwalają sklasyfikować intensywność jego oddziaływania na I stopień wg skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012.

W wyniku wstrząsu stwierdzono uszkodzenia w czterech budynkach. Odległość tych obiektów od epicentrum wynosiła od około 1000 do około 1600 m. Nie stwierdzono uszkodzeń elementów konstrukcyjnych budynków, będących bezpośrednim skutkiem tego wstrząsu, które stwarzałyby zagrożenie dla bezpieczeństwa obiektów.

Ponadto dwukrotnie odnotowano przekroczenia progów III stopnia intensywności oddziaływania wg skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-V, które miały miejsce w wyniku wstrząsu o energii  $2 \times 10^7$  J z rejonu ściany 904 (tabela 4. 2) oraz regionalnego wstrząsu o energii  $3 \times 10^9$  J z dnia 9.02.2010 roku, który wystąpił w rejonie ściany 399 w pokładzie 209 eksploatowanym przez KWK „Piast” (tabela 4.3).

W przypadku wzmiankowanych wstrząsów z rejonu ściany 904 o energiach 4E7 (4 przypadki stwierdzonych uszkodzeń niekonstrukcyjnych) i 2E7 J (3 zgłoszenia o uszkodzeniach w budynkach – brak stwierdzonych szkód) zauważyć można prawidłowość wzmiankowaną przez autorów skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012, że w przypadku czasów poniżej 1,5 s pomierzony poziom drgań osiąga wyższy stopień intensywności niż wskazują na to skutki w budynkach [2].

Pozostałe rejestracje klasyfikują się w II, a w zdecydowanej większości w I i zerowym stopniu intensywności oddziaływania, co pokrywa się z rzeczywistym brakiem negatywnych skutków na powierzchni.



**Tabela 1. Parametry drgań gruntu po wstrząsie o energii  $4 \times 10^7$  J z dnia 17.11.2009 r.**  
**Table 1. Parameters of ground vibration energy from the shock of  $4 \times 10^7$  J on 17 November 2009**

Stanowisko	PGV <sub>Hmax</sub> mm/s	t <sub>Hv</sub> s	Stopień*	PGA <sub>H10</sub> mm/s <sup>2</sup>	t <sub>Ha</sub> s	Stopień**	Odległość, m	Stopień wg skali MSK-64
St. nr 2	60,3	1,07	IV	1364,5	0,88	IV	368	VIII
St. nr 3	6,3	5,08	I	160	4,28	I	2853	V

\* stopień wg skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-V      \* degree acc. to the GSIGZWKW-2012-V scale  
 \*\* stopień wg skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-A      \*\* degree acc. to the GSIGZWKW-2012-A scale

**Tabela 2. Parametry drgań gruntu po wstrząsie o energii  $2 \times 10^7$  J z dnia 05.09.2008 r.**  
**Table 2. Parameters of ground vibration energy from the shock of  $2 \times 10^7$  J on 5 September 2008**

Stanowisko	PGV <sub>Hmax</sub> mm/s	t <sub>Hv</sub> s	Stopień*	PGA <sub>H10</sub> mm/s <sup>2</sup>	t <sub>Ha</sub> s	Stopień**	Odległość, m	Stopień wg skali MSK-64
St. nr 1	1,5	5,20	0	34,8	4,29	0	2649	III
St. nr 2	44,4	1,40	III	1284,2	0,57	IV	223	VIII
St. nr 3	2,0	5,65	0	36,4	5,25	0	3052	III

\* stopień wg skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-V      \* degree acc. to the GSIGZWKW-2012-V scale  
 \*\* stopień wg skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-A      \*\* degree acc. to the GSIGZWKW-2012-A scale

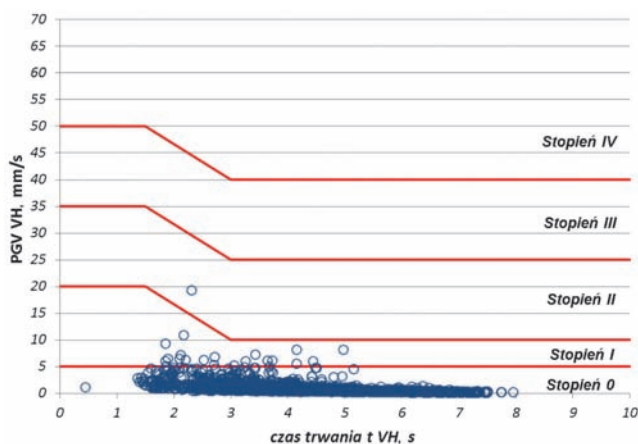
**Tabela 3. Parametry drgań gruntu po wstrząsie o energii  $5 \times 10^9$  J z dnia 09.02.2010 r.**  
**Table 3. Parameters of ground vibration energy from the shock of  $3 \times 10^9$  J on 9 February 2010**

Stanowisko	PGV <sub>Hmax</sub> mm/s	t <sub>Hv</sub> s	Stopień*	PGA <sub>H10</sub> mm/s <sup>2</sup>	t <sub>Ha</sub> s	Stopień**	Odległość, m	Stopień wg skali MSK-64
St. nr 1	8,2	4,97	I	220,2	4,04	I	2420	V
St. nr 2	8,7	14,9	I	180,4	3,93	I	3490	V
St. nr 3	32,5	4,14	III	433,6	2,86	III	1210	VI

\* stopień wg skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-V      \* degree acc. to the GSIGZWKW-2012-V scale  
 \*\* stopień wg skali GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-A      \*\* degree acc. to the GSIGZWKW-2012-A scale

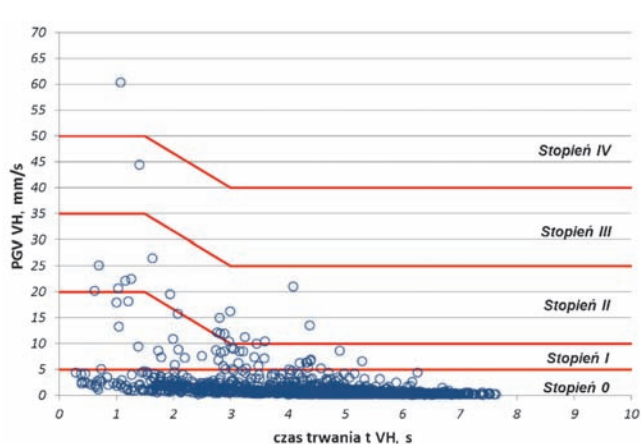
W celach porównawczych w tabelach (tabela 1-3) umieszczono klasyfikację analizowanych wstrząsów wg skali MSK-64. Wartości przyspieszeń drgań gruntu po wstrząsach o energiach  $4E7$  J oraz  $2E7$  J wykraczają poza górny zakres VII stopnia intensywności ( $1000 \text{ mm/s}^2$ ), przyjęty dla górnictwa za maksymalny [1] i odpowiadają VIII stopniowi tej skali,

co zgodnie z jej interpretacją wskazuje na drgania niszczące. W oczywisty sposób nie znalazło to odzwierciedlenia w opisanych skutkach. Wyniki prowadzonych w latach 2008-2014 rejestracji prędkości drgań gruntu przedstawiono na rysunkach 5÷13.



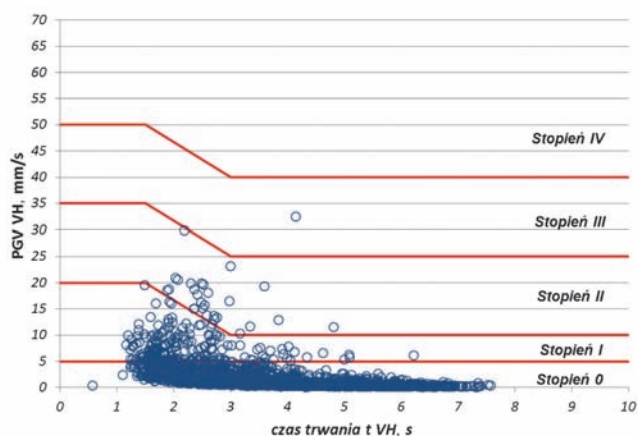
**Rys. 5. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na stanowisku numer 1 (Chelm Śląski - FAWENT) - skala GSIGZWKW-2012-V (od 2008 roku)**

**Fig. 5. Results of ground vibration speed recording at position number 1 (Chelm Slaski - FAWENT) – GSIGZWKW-2012-V scale (since 2008)**



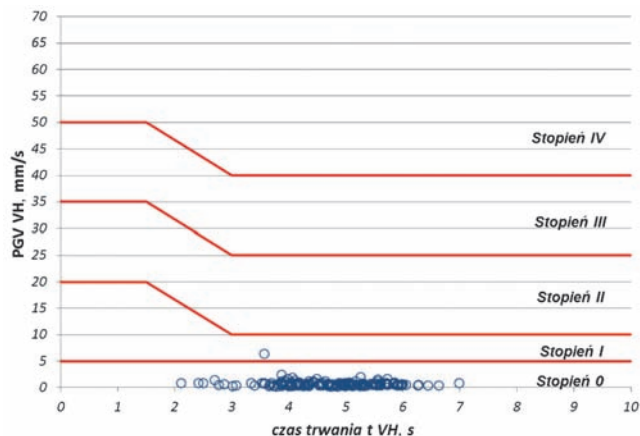
**Rys. 6. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na stanowisku numer 2 (Łędziny-Golawiec) - skala GSIGZWKW-2012-V (od 2008 roku)**

**Fig. 6. Results of ground vibration speed recording at position number 2 (Ledziny-Golawiec) – GSIGZWKW-2012-V scale (since 2008)**



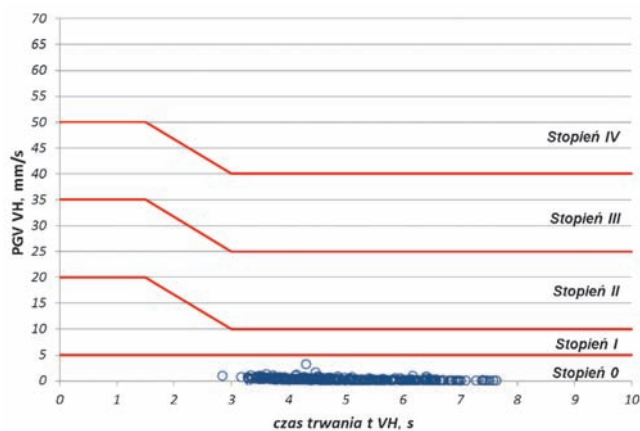
Rys. 7. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na stanowisku numer 3 (Chelmski Urząd Gminy) - skala GSIGZWKW-2012-V (od 2008 roku)

Fig. 7. Results of ground vibration speed recording at position number 4 (Chelmski - Municipal Office) - GSIGZWKW-2012-V scale (since 2008)



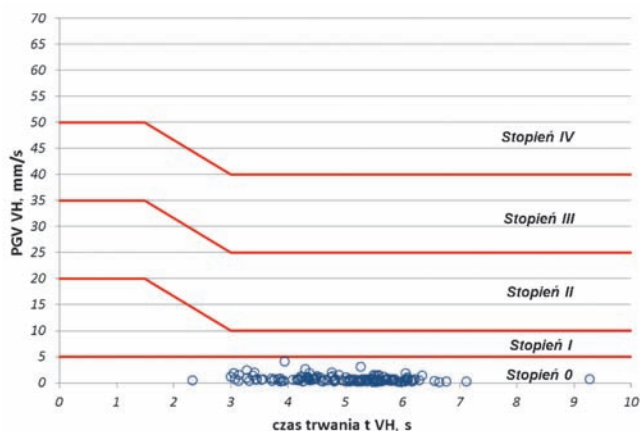
Rys. 8. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na stanowisku numer 4 (Imielin - Biblioteka) - skala GSIGZWKW-2012-V (od 2010 roku)

Fig. 8. Results of ground vibration speed recording at position number 4 (Imielin - Library) - GSIGZWKW-2012-V scale (since 2010)



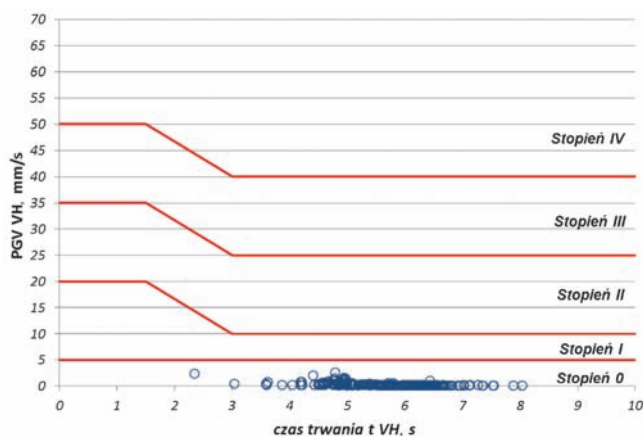
Rys. 9. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na stanowisku numer 5 (Imielin - Szyb WII) - skala GSIGZWKW-2012-V (od 2011 roku)

Fig. 9. Results of ground vibration speed recording at position number 5 (Imielin - Shaft WII) - GSIGZWKW-2012-V scale (since 2011)



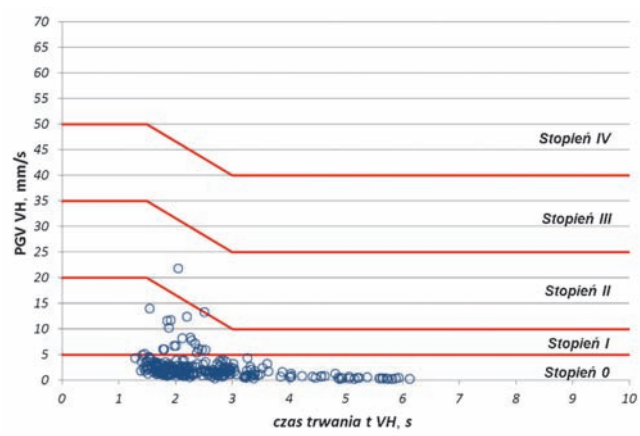
Rys. 10. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na stanowisku numer 6 (Smardzowice) - skala GSIGZWKW-2012-V (od 2012 roku)

Fig. 10. Results of ground vibration speed recording at position number 6 (Smardzowice) - GSIGZWKW-2012-V scale (since 2012)



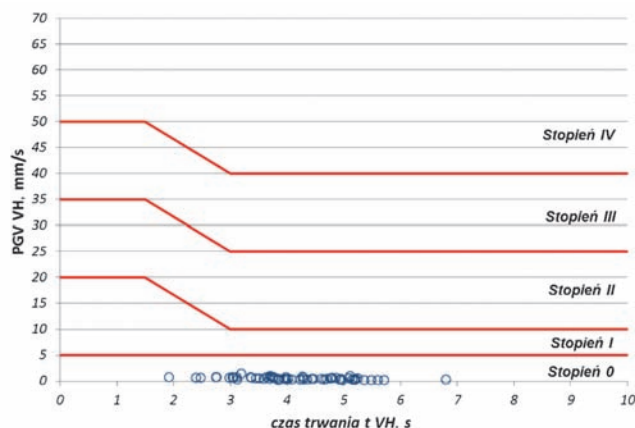
Rys. 11. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na stanowisku numer 7 (Dzieckowice - Pompownia) - skala GSIGZWKW-2012-V (od 2012 roku)

Fig. 11. Results of ground vibration speed recording at position number 7 (Dzieckowice - Pumping station) - GSIGZWKW-2012-V scale (since 2012)



Rys. 12. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na stanowisku numer 8 (Dzieckowice - Zapora) - skala GSIGZWKW-2012-V (od 2013 roku)

Fig. 12. Results of ground vibration speed recording at position number 8 (Dzieckowice - Dam) - GSIGZWKW-2012-V scale (since 2013)



Rys. 13. Wyniki rejestracji prędkości drgań gruntu na stanowisku numer 9 (KWK „Ziemowit”) - skala GSI<sub>GZWKW</sub>-2012-V (od 2013 roku)

Fig. 13. Results of ground vibration speed recording at position number 9 (“Ziemowit” coal mine) – GSIGZWKW-2012-V scale (since 2013)

## 5. Podsumowanie

Właściwe oszacowanie wpływu wstrząsów górniczych na powierzchnię terenu jest tematem trudnym i złożonym. Niejednokrotnie jest źródłem sporów i kontrowersji pomiędzy mieszkańcami, administracją lokalną a zakładami górniczymi z powodu rozbieżności pomiędzy odczuciami mieszkańców i rzeczywistym zakresem ewentualnych szkód na powierzchni terenu powstałych w wyniku wstrząsów górniczych. Z tego względu prowadzenie obserwacji powierzchniowych i ich właściwa interpretacja do oceny wpływu wstrząsów na budynki i ludzi jest niezwykle istotna.

Monitoring drgań gruntu prowadzony przez KWK „Ziemowit” na stanowiskach na powierzchni terenu w istotny sposób wspomaga ocenę wpływu wstrząsów górniczych na obiekty powierzchniowe poprzez dostarczanie rzeczywistych wartości parametrów drgań gruntu. Doświadczenia KWK „Ziemowit” pozwalają stwierdzić, że skala GSI-GZW-2006 i jej rozwinięcie GSI<sub>GZWKW</sub>-2012, wykorzystujące jako jeden z parametrów czas trwania wstrząsu, wykazują znacznie lepszą

korelację między zarejestrowanymi wartościami parametrów drgań gruntu i ich rzeczywistym oddziaływaniem na obiekty powierzchniowe niż stosowana wcześniej skala MSK-64.

Rejestratory systemu AMAX-GSI pracujące w sieci obserwacyjnej KWK „Ziemowit” wraz z zastosowanym oprogramowaniem SEJSGRAM pozwalają na ciągły monitoring parametrów drgań gruntu. Elementem wymagającym udoskonalenia jest niewątpliwie system zdalnej transmisji plików, obecnie realizowany przez sieć GSM, który stanowi najbardziej awaryjną część całej sieci stanowisk powierzchniowych i często eliminuje możliwość niezwłocznej analizy wyników.

Należy dążyć do możliwie pełnego pokrycia siecią rejestratorów obszaru objętego przypuszczalnym wpływem oddziaływania wstrząsów na powierzchnię w celu uzyskania rzeczywistych parametrów drgań gruntu. Rozszerzenie sieci stanowisk daje możliwość wykreślenia izolinii rozkładu przyspieszeń i prędkości drgań w oparciu o dane z rejestratorów. Instalacja rejestratorów na terenach, z których pochodzi znaczna liczba zgłoszeń od mieszkańców spełnia również społeczną rolę, zwracając uwagę na zainteresowanie kopalni wpływem odczuwanych przez lokalną ludność wstrząsów na infrastrukturę w ich otoczeniu.

## Literatura

1. *Dubiński J.*: Prognoza oddziaływania wstrząsów górniczych na obiekty powierzchniowe położone na OG „Łędziny I” na lata 1998-2002 (Praca niepublikowana) 1997.
2. *Dubiński J. i Zespół*: Skala oceny oddziaływań wstrząsów indukowanych eksploatacją złóż węgla kamiennego na powierzchnię dla obszaru kopalń Kompanii Węglowej. Etap V – kopalnie nadwiślańskie. Praca naukowo-badawcza, 2006.
3. *Dubiński J. i Zespół*: Zasady stosowania zweryfikowanej górniczej skali intensywności drgań GSIGZWKW-2012 do prognozy i oceny skutków oddziaływania wstrząsów indukowanych eksploatacją złóż węgla kamiennego w zakładach górniczych Kompanii Węglowej S.A. na obiekty budowlane i ludzi. Katowice 2013.
4. Główny Instytut Górnictwa: Cyfrowy rejestrator przyspieszeń CRP-97. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej, Katowice 1998.
5. Główny Instytut Górnictwa: Zasada działania oraz instrukcja obsługi rejestratora drgań AMAX-99.
6. Główny Instytut Górnictwa: Zasada działania rejestratora drgań AMAX-GSI. Instrukcja obsługi, dokumentacja techniczno-ruchowa.