

KSMD APN – historia pracy jednej stacji pomiarowej

KSMD APN – history operation of one ground born vibration monitoring system unit



Dr inż. Anna Soltys^{*)}



Dr inż. Jan Winzer^{*)}

Treść: Monitoring drgań indukowanych robotami strzałowymi jest coraz powszechniej stosowaną formą działalności profilaktycznej prowadzonej w kopalniach odkrywkowych. Stosowany w kopalniach system KSMD został w roku 2012 zmodernizowany. Pozwoliło to na zmianę systemu łączności i wprowadzenia zarządzania danymi pomiarowymi gromadzonymi na centralnym serwerze. W artykule przedstawiono historię pracy jednej stacji pomiarowej, dokonano analizy zarejestrowanych drgań i wskazano korzyści płynące z tak prowadzonego dokumentowania oddziaływania robót strzałowych na obiekty budowlane w otoczeniu. Stacje pomiarowe rejestrują również inne zdarzenia, co pozwoliło na porównanie oddziaływania, na ten sam budynek, drgań wzbudzanych robotami strzałowymi i wstrząsem indukowanym eksploatacją podziemną.

Abstract: The ground borne vibration monitoring system is one of the most commonly used form of preventive activities applied by open-pit mines. The KSMD ground borne vibration monitoring system, which is still in use by various open pit mines, was modernized in 2012. The modernization allowed to change the communication system and apply data management system. The system allows to gather and manage recorded data on a central server. This paper presents the operation history of one of ground borne vibration monitoring unit and an analysis of recorded vibration. Moreover, the advantages of ground borne vibration monitoring were included. Except from ground borne vibration generated by blasting works, the ground borne vibration monitoring system allows to record events generated by other activities. The comparison between the impact effect of ground born vibration generated by blasting works and underground mining on a concrete structure was presented in this paper.

Słowa kluczowe:

górnictwo, roboty strzałowe, drgania indukowane robotami strzałowymi, monitoring drgań

Key words:

mining, blasting works, ground borne vibration, ground borne vibration monitoring

1. Wprowadzenie

Roboty strzałowe prowadzone w kopalniach odkrywkowych surowców skalnych wzbudzają drgania, które mogą powodować szkodliwe oddziaływanie na obiekty budowlane w otoczeniu. W związku z powyższym kopalnie prowadzą działania skierowane z jednej strony na wyznaczenie warunków bezpiecznego dla otoczenia wykonywania robót strzałowych, a z drugiej strony na dokumentowanie poziomu oddziaływania (Biessikirski i in. 2010, Winzer i in. 2008, Pyra i in. 2012, Onderka i in. 2002).

Działalność profilaktyczną kopalń odkrywkowych w zakresie minimalizacji oddziaływania robót strzałowych na otoczenie można podzielić na dwa zasadnicze zagadnienia (Pyra i in. 2015):

- badania podstawowe – inwentaryzacja stanu technicznego obiektów budowlanych w otoczeniu, przeprowadzenie pomiarów intensywności drgań i wyznaczenie dopuszczalnych ładunków MW dla strzelania w lokalnych warunkach geologiczno-górnictwowych,
- dokumentowanie oddziaływania drgań na obiekty w otoczeniu, przez cykliczne pomiary kontrolne lub stały monitoring intensywności drgań w wybranych obiektach budowlanych.

Dokumentowanie oddziaływania przez cykliczne pomiary kontrolne i oceny oddziaływania mają zasadniczą wadę w postaci okresowej ich realizacji. Odległość czasowa między badaniami to czasem rok, dwa lata i więcej. Fakt ten stanowi niejednokrotnie zarzut, co do celowości i skuteczności takich działań, podnoszony przez strony w procesach odszkodowawczych. Ta słaba strona pomiarów kontrolnych jest całkowicie niwelowana przez monitoring oddziaływania.

^{*)} AGH w Krakowie

Pod pojęciem monitoringu należy rozumieć ciągły pomiar drgań przez aparaturę samowłączającą się i archiwizującą wyniki pomiarów. Tego typu działalność może być z powodzeniem wykonywana przez służby własne zakładu górniczego. Bardzo istotnym elementem takich pomiarów kontrolnych jest stała obecność aparatury pomiarowej w konkretnym obiekcie oraz bezobsługowe wykonywanie pomiarów. Aparatura pracuje w sposób ciągły, rejestrując datę i czas zachodzących zdarzeń z jednoczesną ich archiwizacją.

W górnictwie odkrywkowym, do monitorowania drgań wzbudzanych robotami strzałowymi, znalazły zastosowanie następujące systemy: Mała Stacja Monitoringu Drgań – Explo 504 i Kopalniana Stacja Monitoringu Drgań KSMD (Pyra i in. 2013).

System KSMD ulegał ciągłej modernizacji, szczególnie w zakresie łączności i sposobu przesyłania danych pomiarowych. W 2011 została opracowana nowa wersja KSMD APN (rys. 1). Myślą przewodnią dokonanych zmian było uelastycznienie pracy systemu przez bezpośredni kontakt stacji pomiarowej z centralnym serwerem, ograniczenie obsługi przez operatora, wykorzystanie bezprzewodowej łączności internetowej oraz gromadzenie danych na serwerze z możliwością dostępu do nich w każdej chwili bez konieczności nawiązywania połączenia ze stacją pomiarową. Wprowadzenie nowych układów elektronicznych pozwoliło również na zdalne prowadzenie serwisu i dokonywanie zmian w oprogramowaniu stacji pomiarowych. Zaproponowany nowy model KSMD spotkał się z dużym zainteresowaniem i już większość pracujących systemów została poddana modernizacji w latach od 2012 do 2016.

Podstawowym ogniwem systemu jest Kopalniana Stacja Pomiaru Drgań KSPD (rys. 2), wyposażona w trójosiowy miernik prędkości drgań oraz szereg układów przetwarzania i gromadzenia danych pomiarowych. Integralną częścią stacji jest modem GSM/GPRS automatycznie przesyłający zebrałe pomiary do serwera KSMD zlokalizowanego w AGH, w Krakowie.

Najważniejszą zaletą nowego systemu jest gromadzenie danych pomiarowych na serwerze – stacja pomiarowa KSPD po zapisaniu zdarzenia w pamięci automatycznie nawiązuje kontakt i przesyła dane do serwera. W przypadku wystąpienia problemów z łącznością, transmisja danych jest ponawiana, aż do skutecznego przekazania danych. Jest to bardzo ważne, gdyż w efekcie tylko serwer KSMD przechowuje dane pomiarowe. Dlatego też operator systemu, w zakresie prowadzenia



Rys. 2. Kopalniana Stacja Pomiaru Drgań – model 2012 (Winzer i in. 2008)

Fig. 2. The Mine Vibration Measurement Station – model 2012 (Winzer et. al. 2008)

analiz czy korzystania z bazy danych, współpracuje tylko z serwerem.

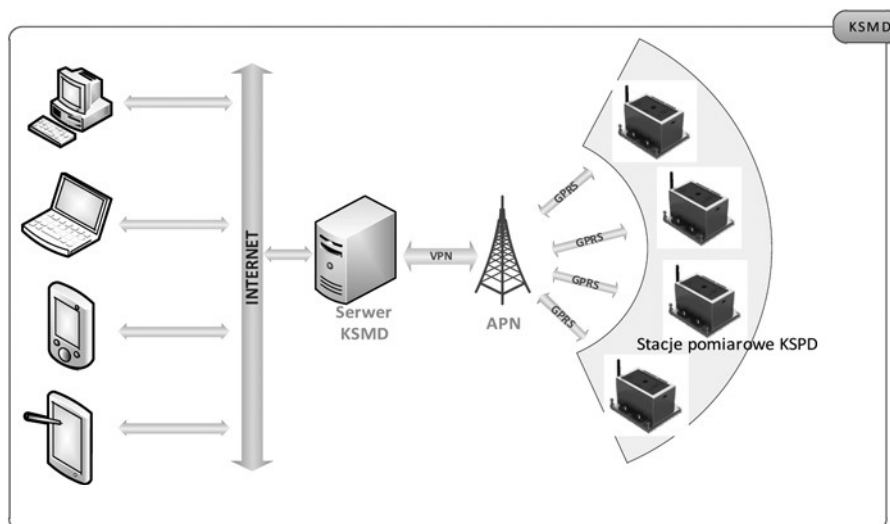
Aktualnie w 13 kopalniach odkrywkowych pracuje 40 punktów pomiarowych:

- model KSMD APN – 11 kopalń 29 KSPD,
- model KSMD GSM – 2 kopalnie, 11 punktów pomiarowych.

Również Laboratorium Robót Strzałowych i Ochrony Środowiska AGH wyposażone jest w trzy stacje pomiarowe, które wykorzystywane są w pracach badawczych i usługowych dla kopalń odkrywkowych. Łącznie wszystkie stacje pomiarowe KSMD APN wykonały w okresie do sierpnia 2016 roku 5835 pomiarów drgań wzbudzonych robotami strzałowymi w kopalniach odkrywkowych. Liczbę pomiarów wykonanych przez stacje pomiarowe na poszczególnych kopalniach zestawiono w tab. 1 (do 31 sierpnia 2016 r.).

We wszystkich przypadkach stacje pomiarowe KSPD mocowane są do fundamentów budynków na wysokości poziomu terenu, czyli pomiar drgań dotyczy budynku, a nie podłoża w jego otoczeniu. To jest ważna informacja, gdyż normy innych krajów stawiają w tym zakresie określone, ale różne wymagania.

Jak wynika z tab. 1, liczba pomiarów wykonywanych przez poszczególne stacje jest bardzo zróżnicowana i wynika przede wszystkim z częstości wykonywania robót strzałowych w kopalni, jak również od intensywności wzbudzanych drgań. Jest rzeczą zrozumiałą, że stacje pomiarowe rejestrują drgania



Rys. 1. Kopalniana Stacja Monitoringu Drgań APN – model 2012 (Winzer i in. 2008)

Fig. 1. The Mine Vibration Monitoring Station APN - model 2012 (Winzer et. al. 2008)

o intensywności przekraczającej założony próg włączenia aparatury i dlatego nie wszystkie odpalone w kopalni serie ładunków MW są rejestrowane.

2. Rejestracje drgań indukowanych robotami strzałowymi w kopalni dolomitu 1

W kopalni dolomitu 1 pracują dwie stacje pomiarowe KPSD, które kontynuują dokumentowanie oddziaływania ro-

bót strzałowych, prowadzone od roku 1999 przez stację Explo 504. Stacje rozpoczęły rejestracje 12.04.2013 roku w dwóch budynkach, a w dniu 11.07.2014 roku lokalizacja ich została zmieniona. W okresie 4 lat rejestracje zostały wykonane w 4 budynkach. Liczbę wykonanych pomiarów w poszczególnych budynkach zestawiono w tab. 2.

Jak wynika z tab. 2 największą liczbę rejestracji wykonała stacja nr 2. Dlatego też dokładniejszej analizie poddano wyniki pomiarów uzyskane przez tę stację, zarówno dla budynku 3, jak i budynku 4.

Tabela 1. Liczba pomiarów drgań wykonanych w okresie 2012 do 2016

Table 1. The number of vibration measurements performed between 2012 and 2016

Kopalnia	Okres pracy	Nr stacji pomiarowej	Liczba pomiarów	Łącznie pomiarów w kopalni
Kopalnia dolomitu 1	2013 ÷ 2016	stacja nr 1	334	1054
		stacja nr 2	720	
Kopalnia gipsu 1	2013 ÷ 2016	stacja nr 1	363	1158
		stacja nr 2	408	
		stacja nr 3	299	
		stacja nr 4	88	
Kopalnia wapienia 1	2012 ÷ 2016	stacja nr 1	613	699
		stacja nr 2	32	
		stacja nr 3	13	
		stacja nr 4	41	
Kopalnia wapienia 2	2012 ÷ 2016	stacja nr 1	405	914
		stacja nr 2	509	
Kopalnia gipsu 2	2012 ÷ 2016	stacja nr 1	297	1180
		stacja nr 2	272	
		stacja nr 3	281	
		stacja nr 4	330	
Kopalnia wapienia 3	2014 ÷ 2015	stacja nr 1	296	296
Kopalnia wapienia 4	1 miesiąc	stacja nr 1	17	60
		stacja nr 2	17	
		stacja nr 3	16	
		stacja nr 4	10	
Kopalnia wapienia 5	2013 ÷ 2016	stacja nr 1	35	276
		stacja nr 2	127	
		stacja nr 3	114	
Kopalnia wapienia 6	1 miesiąc	stacja nr 1	13	13
Kopalnia dolomitu 2	3 miesiące	stacja nr 1	10	10
Usługa okresowa				
Kopalnia granitu 1	4 miesiące		21	21
Kopalnia granitu 2	3 miesiące		24	24
Kopalnia dolomitu 3	3 miesiące		83	83
Kopalnia dolomitu 4	3 miesiące		42	42
Kopalnia amfibolitu	1 miesiąc		5	5
			Łącznie	5835

Tabela 2. Liczba pomiarów drgań wykonanych w kopalni dolomitu 1 w okresie od 2013 do 2016 roku

Table 2. The number of vibration measurements performed in the dolomite mine 1 between 2013 and 2016

Nr stacji budynek	Liczba pomiarów w poszczególnych latach				Razem
	2013	2014	2015	2016	
Stacja nr 1	210	109	94	41	454
budynek 1	210	72			282
budynek 2		37	94	41	172
Stacja nr 2	108	171	201	120	600
budynek 3	108	54			162
budynek 4		117	201	120	438

Na rys. 3 i 4, przedstawiono wizualizację wyników pomiarów na skali SWD-I (rys. 3a i 4a) oraz procentowy udział maksymalnych wartości prędkości w przyjętych przedziałach (rys. 3b i 4b). Zastosowano wizualizację wyników pomiarów na skali SWD-I, gdyż sama wartość maksymalna prędkości drgań, bez częstotliwości, ze względu na kształt linii granicznych skal SWD, nie daje pełnej informacji o oddziaływaniu. Jednocześnie należy mieć świadomość, że wyniki pomiarów, w postaci maksymalnych wartości prędkości drgań skorelowanych z częstotliwością, naniesione na skalę SWD nie stanowią oceny oddziaływania, a tylko obrazują skalę problemu i pozwalają na wstępne wnioskowanie, co do poziomu rejestrowanych drgań (Winzer i in. 2008).

Jak wynika z rys. 3 i 4, wartości maksymalne prędkości w większości znajdują się w II strefie skali SWD-I. Częstość występowania wyższych wartości prędkości ($1 \div 3\%$ ogółu pomiarów) potwierdza regułę, że oddziaływania związane z robotami strzałowymi należy zaliczyć do zdarzeń sporadycznych.

Liczba wykonanych pomiarów i zakres mierzonych wartości jest informacją o podstawowym znaczeniu w każdym postępowaniu odszkodowawczym. Fakt, że większość zdarzeń jest udokumentowana w postaci pomiaru drgań, z których każdy może być podstawą do oceny oddziaływania na budynek i co najważniejsze tylko kilka (o najwyższej intensywności) z setek udokumentowanych zdarzeń miało charakter drgań odczuwalnych, ma bardzo istotne znaczenie dla opiniodawców, a w konsekwencji dla sądów. Dlatego też powinno się analizować wyniki pomiarów również pod kątem liczności rejestracji w poszczególnych zakresach wartości prędkości drgań. Efekt takiej analizy, dla omawianych przypadków, przedstawiono na rys. 5 i 6.

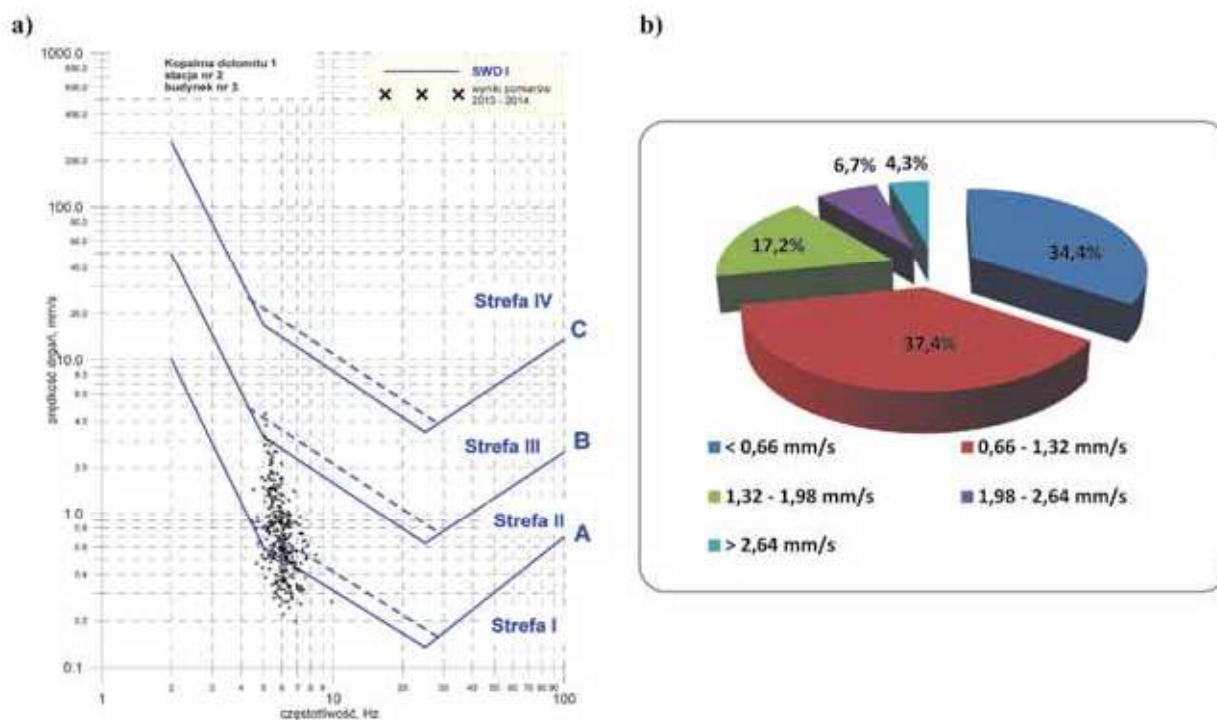
Jak widać, zdecydowanie najwięcej jest rejestracji o wartościach nieprzekraczających wartości prędkości drgań 1,32 mm/s – 117 (72 %) pomiarów w przypadku budynku nr 3 i 346 (78 %) dla budynku nr 4.

Jak już wspomniano, jednym z efektów prowadzenia monitoringu drgań, jest możliwość dokonania oceny oddziaływania drgań wzbudzanych robotami strzałowymi. Dla przykładu, na rysunkach poniżej przedstawiono sejsmogramy drgań i wynik oceny oddziaływania drgań (rys. 7 i 8), dla zdarzenia o najwyższej intensywności dla każdego budynku. Ocene przeprowadzono zgodnie ze wskazaniem normy (PN-B-02170:1985, PN-B-02170:2016-12) dla drgań impulsowych na podstawie pełnych przebiegów czasowych z zastosowaniem filtracji trzeczej (metoda pośrednia).

Jak wynika z rys. 7 i 8, w obu przypadkach drgania należy zakwalifikować do pogranicza strefy II i III, ale biorąc pod uwagę fakt, że jest to pojedyncze zdarzenie w ciągu dwóch i trzech lat, z pełną odpowiedzialnością można stwierdzić, że oddziaływanie drgań indukowanych robotami strzałowymi w kopalni dolomitu 1 było odczuwalne, ale nieszkodliwe dla obiektów w otoczeniu.

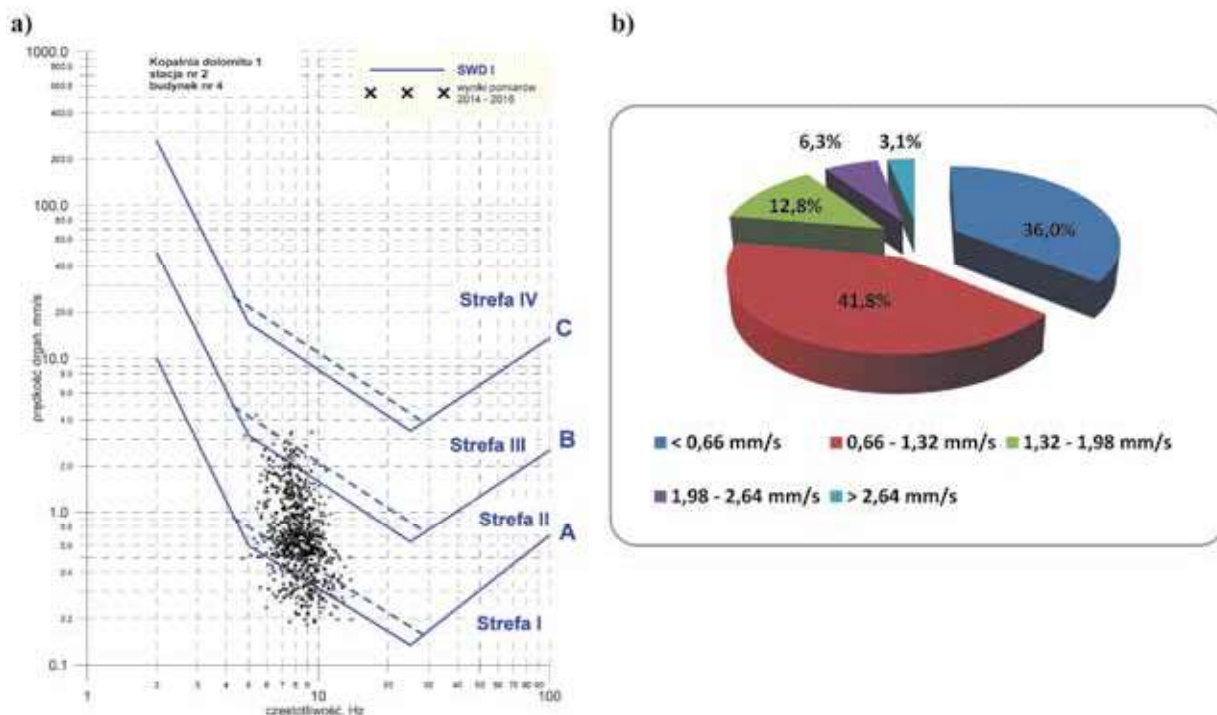
Analiza większej liczby pomiarów pozwala również na stwierdzenie jak ważną rolę w ocenie oddziaływania drgań na obiekty budowlane ma częstotliwość rejestrowanych drgań. Z rys. 6 i 7 wynika, że oddziaływanie drgań na budynki jest porównywalne, mimo że intensywność drgań w przypadku budynku 3 jest prawie o 50 % wyższa. Wynika to z faktu, że w strukturze drgań rejestrowanych w budynku 3 (rys. 7) dominuje częstotliwość 5 Hz, a w drugim przypadku (rys. 8) częstotliwość 8 Hz. Analiza częstotliwościowa drgań wzbudzanych robotami strzałowymi jest podstawowym elementem oceny zarówno intensywności drgań, jak i oceny oddziaływania tych drgań w otoczeniu.

Położenie wyników pomiarów na rys. 3 i 4 potwierdza ten wniosek, a to oznacza, że drgania indukowane robotami strzałowymi w tej samej kopalni mogą być w różny sposób odbierane przez budynki w otoczeniu.

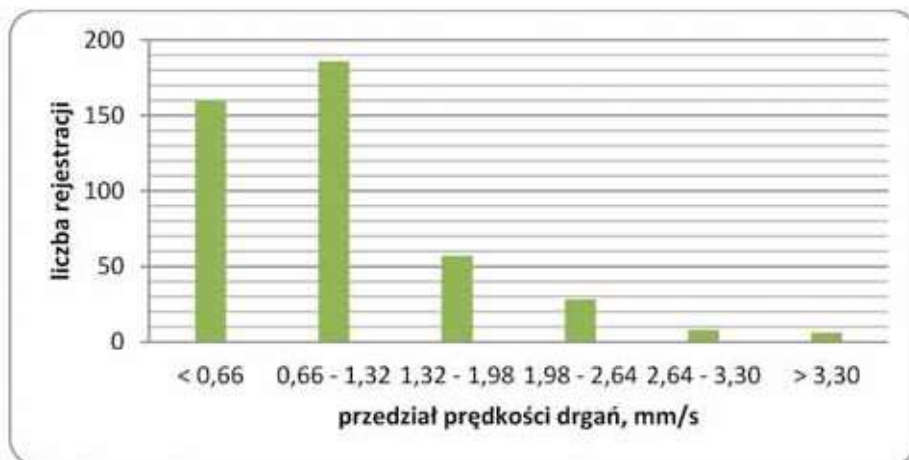


Rys. 3. Wizualizacja wyników rejestracji dokonanych przez KSPD w budynku nr 3 w latach 2013-2014 – kopalnia dolomitu 1/stacja 2

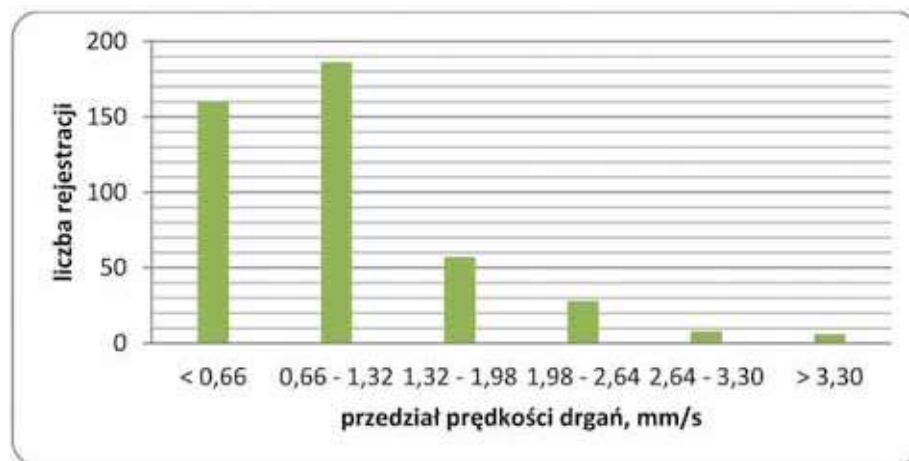
Fig. 3. Visualization results by KSPD registrations in the building no. 3 between 2013 and 2014 – dolomite mine 1/station no. 2



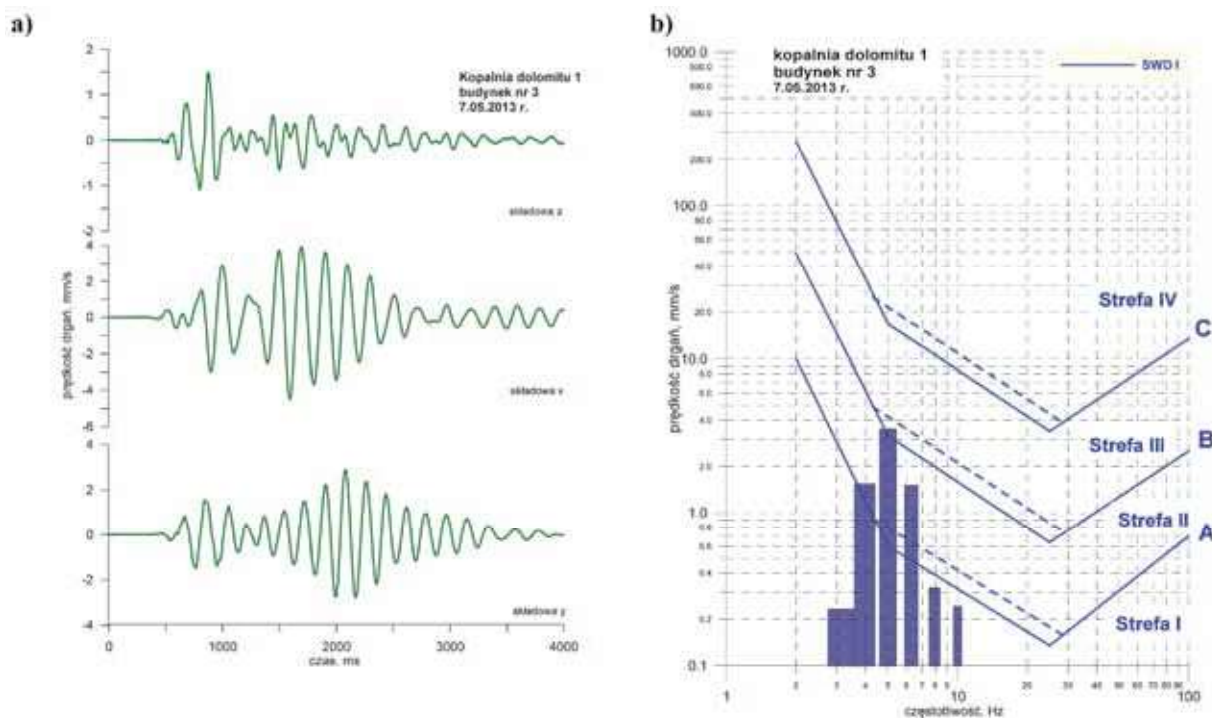
Rys. 4. Wizualizacja wyników rejestracji dokonanych przez KSPD w budynku nr 4 w latach 2014-2016 – kopalnia dolomitu 1/stacja 2
 Fig. 4. Visualization results by KSPD registrations in the building no. 4 between 2014 and 2016 – dolomite mine 1/station no. 2



Rys. 5. Liczba rejestracji w poszczególnych zakresach wartości prędkości drgań – kopalnia dolomitu 1 – budynek 3 – lata 2013 do 2014
 Fig. 5. The number of registrations in particular ranges of velocity – dolomite mine 1 – building no. 3 – between 2013 and 2014

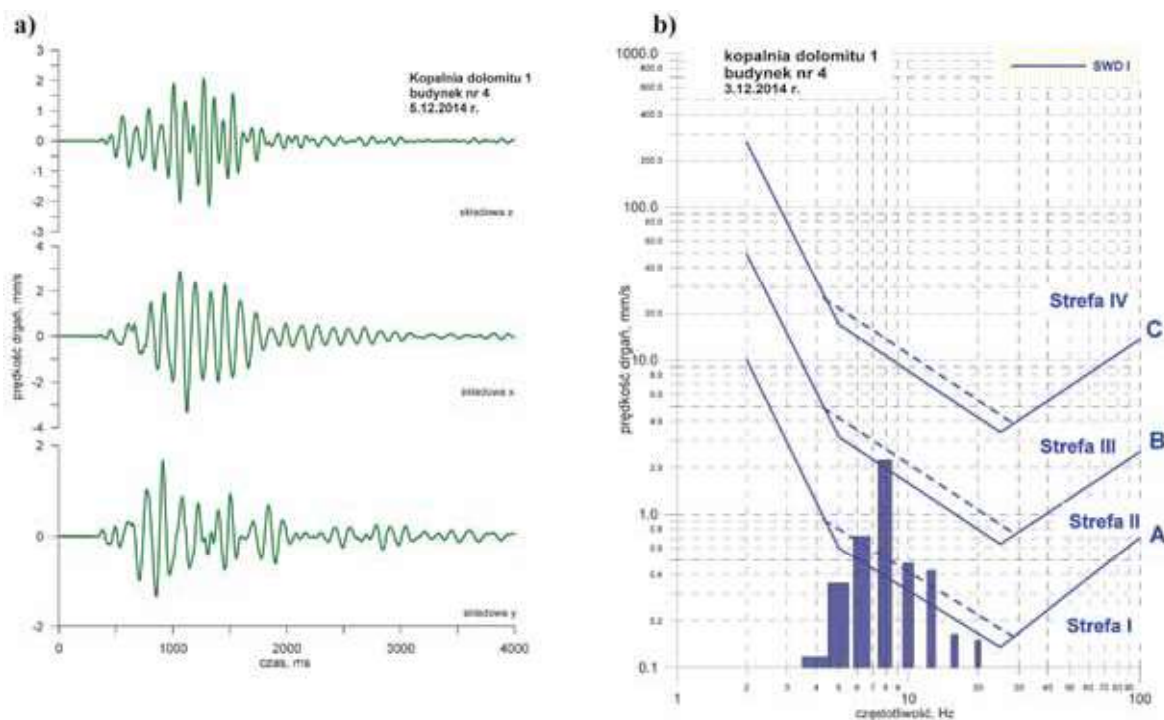


Rys. 6. Liczba rejestracji w poszczególnych zakresach wartości prędkości drgań – kopalnia dolomitu 1 – budynek 4 – lata 2014 do 2016
 Fig. 6. The number of registrations in particular ranges of velocity – dolomite mine 1 – building no. 4 – between 2014 and 2016



Rys. 7. Sejsmogram drgań o najwyższej intensywności oraz ocena pośrednia oddziaływania na obiekt budowlany – kopalnia dolomitu 1/budynek nr 3

Fig. 7. Seismogram with the highest intensity of vibrations and assessment of the indirect impact of vibrations on the protected object – dolomite mine 1/building no. 3



Rys. 8. Sejsmogram drgań o najwyższej intensywności oraz ocena pośrednia oddziaływania na obiekt budowlany – kopalnia dolomitu 1/budynek nr 4

Fig. 8. Seismogram with the highest intensity of vibrations and assessment of the indirect impact of vibrations on the protected object – dolomite mine 1/building no. 4

3. Rejestracje zdarzeń niezwiązanych z robotami strzałowymi

Dane pomiarowe w postaci pełnych zapisów drgań, gromadzone są na serwerze w Laboratorium Robót Strzałowych i Ochrony Środowiska AGH, co eliminuje konieczność obsługi samych stacji pomiarowych i dlatego w wielu przypadkach pozostają one w stanie czuwania przez 24 godziny na dobę.

W efekcie na serwerze gromadzone są dane nie tylko od robót strzałowych, ale również od innych zdarzeń, które mogą generować drgania. W bazie wyników łatwo jest wskazać oddziaływania przypadkowe (np. ruch mieszkańców, ruch drogowy i inne) przez analizę zapisu drgań – godzina wystąpienia zdarzenia czy czas trwania i kształt zapisu drgań. Kopalnie odkrywkowe prowadzą roboty strzałowe w określonych, w planie ruchu godzinach i wystąpienie zdarzeń w innych porach skłania do podjęcia czynności sprawdzających i identyfikujących źródło drgań.

Zdarza się, szczególnie w rejonach występowania kilku kopalń odkrywkowych, że stacje rejestrują drgania od robót strzałowych z wszystkich kopalń w otoczeniu obiektu bu-

dowlanego, w którym zainstalowana jest KSMD. W rejonach, w których prowadzona jest również eksploatacja podziemna, w historii pracy KSMD występują rejestracje wstrząsów indukowanych w tych kopalniach.

W okresie od września do października 2015 roku w rejonie budynku, w którym zainstalowana jest stacja nr 2 (budynek nr 4), monitorująca roboty strzałowe, prowadzone w kopalni dolomitu 1, wystąpiły intensywne wstrząsy spowodowane eksploatacją podziemną węgla kamiennego w pobliskich kopalniach.

Charakterystykę drgań indukowanych wstrząsami w kopalni podziemnej, a zarejestrowanych przez stację KSMD nr 2, przedstawiono w tab. 3. W tabeli tej zestawiono również parametry drgań wzbudzonych w czasie robót strzałowych, dla zdarzenia o najwyższej intensywności w okresie ostatnich trzech lat pracy stacji (rys. 8).

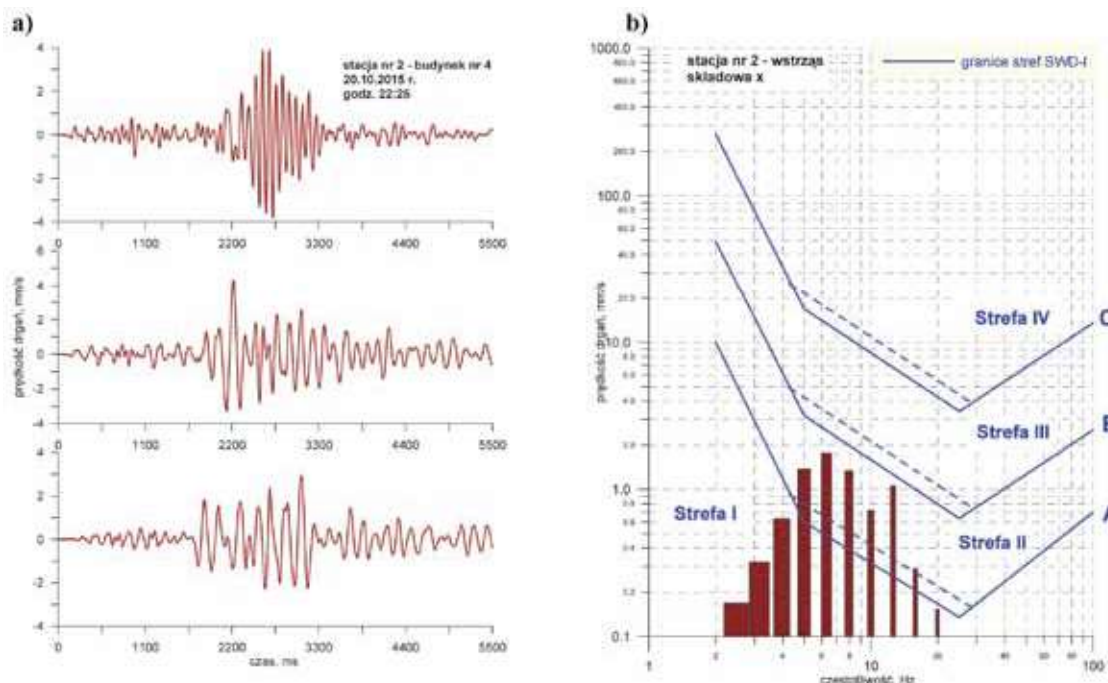
Dla porównania, na rys. 9 przedstawiono sejsmogram drgań dla wstrząsu z dnia 20.10.2015 wraz z oceną oddziaływania z zastosowaniem skali SWD-I.

Analiza rys. 8 i 9 pozwala stwierdzić, że stosując skalę SWD, ocena oddziaływania drgań na obiekt budowlany jest

Tabela 3. Intensywność drgań wzbudzonych wstrząsami w kopalni podziemnej i robotami strzałowymi w kopalni dolomitu 1 – KSMD nr 2

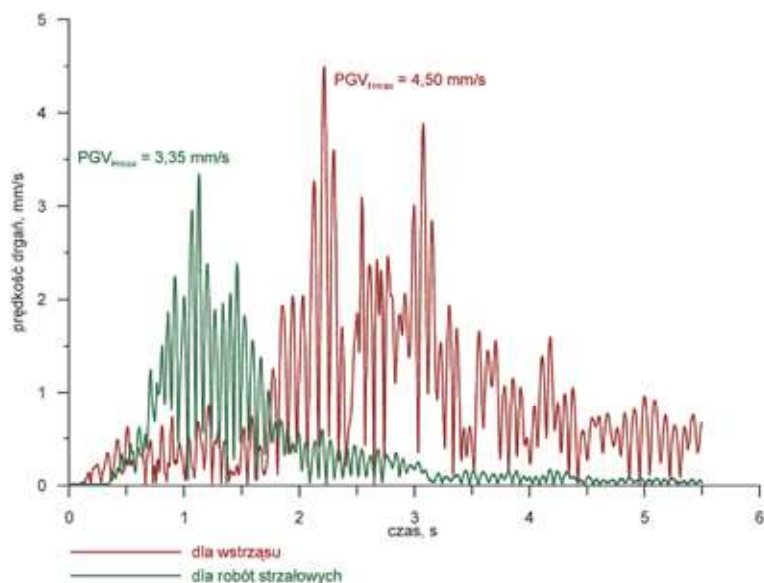
Table 3. The intensity of the vibration induced by shocks in underground mines and blasting works in the dolomite mine 1 – KSMD no. 2

Data	Czas	Prędkość drgań, mm/s			Częstotliwość, Hz		
		u_x	u_y	u_z	f_x	f_y	f_z
wstrząsy w kopalni podziemnej							
30-09-2015	11:15:00	7,05	3,33	3,24	11,2	9,4	6,4
30-09-2015	11:15:28	0,18	0,40	0,53	4,6	6,5	6,0
10-10-2015	23:02:05	1,24	0,68	0,66	11,5	5,7	7,2
20-10-2015	22:25:36	3,91	4,30	2,92	11,2	5,4	5,4
18-11-2015	00:28:17	2,34	2,95	3,17	9,7	5,2	4,8
18-11-2015	00:28:45	0,21	0,32	0,57	3,1	5,6	5,4
dla robót strzałowych							
03.12.2014	13:43:33	2,15	3,32	1,66	10,6	7,6	8,3



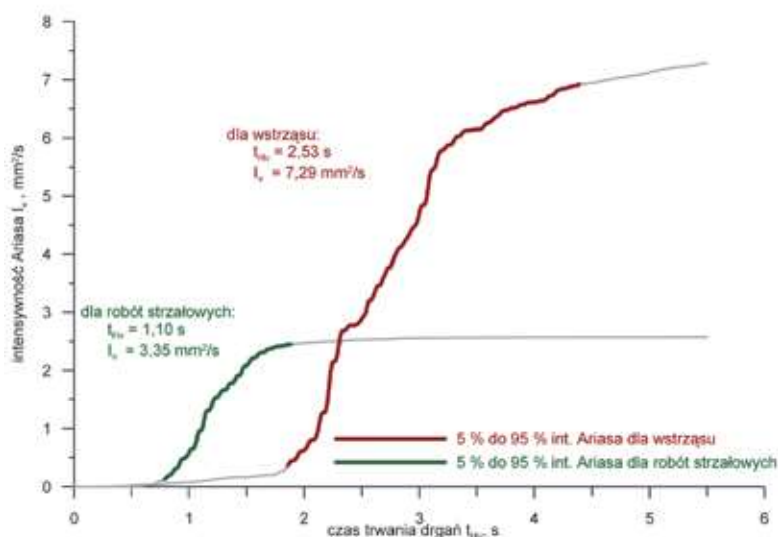
Rys. 9. Sejsmogram drgań indukowanych wstrząsem górniczym w kopalni podziemnej oraz ocena pośrednia oddziaływania na obiekt budowlany – kopalnia dolomitu 1/budynek nr 4

Fig. 9. Seismogram of vibration induced by shock in the underground mine and the assessment of indirect impact of vibrations on the protected object – dolomite mine 1/building no. 4



Rys. 10. Zmienność w czasie wektora PGVH drgań poziomych zarejestrowanych przez stację nr 2

Fig. 10. Variability vector PGVH in time of horizontal vibration registered by the station no. 2



Rys. 11. Obliczenie czasu trwania drgań zarejestrowanych przez stację nr 2

Fig. 11. The calculation of the duration of the vibration recorded by the station no. 2

porównywalna, ale należy zdawać sobie sprawę z faktu, że roboty strzałowe wykonywane były w odległości około 600 m od budynku, a wstrząs w kopalni podziemnej miał miejsce w odległości 10 km od tego samego budynku.

Zarejestrowane przez stację KSMD zdarzenia można również porównać, wykorzystując parametry stosowane w skali GSI, czyli (Barański i in. 2014):

- maksymalną amplitudę prędkości drgań poziomych PGV_{Hmax} , wyznaczoną jako maksimum poziomego wektora,
- czas trwania składowej poziomej prędkości drgań t_{HV} , który oznacza przedział czasu zawarty pomiędzy tymi

momentami czasowymi, kiedy intensywność Ariasa osiąga 5% i 95% swojej wartości.

Zmienność wektora drgań t_{HV} , dla zdarzeń przedstawionych na rys. 8 i 9, przedstawiono na rys.10 i 11.

Porównanie parametrów drgań, dla robót strzałowych i wstrząsu, obliczonych według procedury skali GSI, zestawiono w tab. 4.

Z rys. 10 i 11 oraz danych zawartych w tab. 4 wynika, że drgania wzbudzone w czasie robót strzałowych mają prawie trzykrotnie mniejszą intensywność Ariasa, dwa razy krótszy czas trwania i istotnie mniejszy wektor prędkości drgań poziomych.

Tabela 4. Obliczone parametry drgań dla oceny z zastosowaniem skali GSI
Table 4. Calculated vibration parameters for assessment with the use of GSI scale

Nr stacji	Źródło drgań	Iv, mm ² /s	tHv, s	PGVHmax, mm/s
1	Roboty strzałowe	2,58	1,10	3,35
	Wstrząs w kopalni podziemnej	7,29	2,53	4,50

4. Podsumowanie

Dokumentowanie oddziaływania robót strzałowych na otoczenie z zastosowaniem monitoringu jest rozwiązaniem, które pozwala na:

- zbieranie bieżących informacji dla dozoru o intensywności drgań wzbudzanych robotami strzałowymi,
- prowadzenie kontroli oddziaływania drgań na obiekty budowlane,
- tworzenie bazy danych, do której można zawsze sięgnąć w celu przedstawienia dowodów w sprawie o odszkodowania,
- dokonywanie bieżących korekt w warunkach ograniczających prowadzenie robót strzałowych.

KSMD po modernizacji umożliwia dostęp do urządzeń pomiarowych z dowolnego punktu, sterowanie aparaturą pomiarową, natychmiastowy podgląd zarejestrowanego zdarzenia i szybką ocenę oddziaływania.

W monitoringu drgań nic nie jest przypadkowe. Stała obecność aparatury pomiarowej w obiekcie chronionym pozwala na rejestrowanie również zdarzeń niezwiązanych z robotami strzałowymi. Zdarza się, że rejestrowane są wstrząsy indukowane działalnością kopalń podziemnych, jak również drgania wzbudzone robotami strzałowymi w sąsiednich kopalniach odkrywkowych. Monitoring tworzy historię oddziaływania drgań pochodzących od czynników zewnętrznych (ruch komunikacyjny, praca wszelkiego rodzaju urządzeń – młyny, młoty wibracyjne itp.) jak i wewnętrznych (użycie wiertarki, rąbanie drewna, prace remontowe w obiektach itp.).

Cztery lata pracy systemu KSMD APN to 5835 dowodów na to, że kontrolowane roboty strzałowe prowadzone w kopalniach odkrywkowych mogą być nieszkodliwe dla zabudowań w otoczeniu.

Publikacja zrealizowana w ramach działalności statutowej 11.11.100.597

Literatura

- BARAŃSKI A., KLOC L., KOWAL T., MUTKE G. 2014 - Górnicza Skala Intensywności Drgań GSIGZWKW-2012 w odniesieniu do odporności dynamicznej budynków. Konferencja – Oddziaływanie wstrząsów górniczych na obiekty budowlane i infrastrukturę. Politechnika Krakowska. Kraków.
- BIESSIKIRSKI R., WINZER J. 2010 - Organizacja centralnego systemu dokumentowania oddziaływania robót strzałowych na otoczenie. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 3.
- ONDERKA Z., BIESSIKIRSKI R., SIERADZKI J., WINZER J. 2002 - KSMD – system do monitorowania drgań powodowanych robotami strzelniczymi w otoczeniu kopalń odkrywkowych. Wyd. IGSMiE PAN – Warsztaty, Kraków.
- PN-B-02170:1985: Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- PN-B-02170:2016-12: Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- PYRA J., SOŁTYS A., WINZER J. 2012 - Skomputeryzowane systemy do dokumentowania oddziaływania robót strzałowych na otoczenie kopalń odkrywkowych. Bezpieczeństwo Robót Strzałowych – Główny Instytut Górnictwa. Katowice.
- PYRA J., SOŁTYS A., WINZER J. 2013 - Monitoring drgań jako skuteczne narzędzie do kontrolowania oddziaływania na obiekty. Mat. Konferencja – Technika Strzelnicza w Górnictwie i Budownictwie. Ustroń.
- PYRA J., SOŁTYS A., WINZER J. 2015 - Kopalniana Stacja Monitoringu Drgań KSMD APN. Górnictwo Odkrywkowe. Rocznik LVI, 1/2015. Wrocław..
- WINZER J., SIERADZKI J., SOŁTYS A. 2008 - Dokumentowanie oddziaływania robót strzałowych na otoczenie kopalń odkrywkowych WUG. „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie” nr 4 (164).

Artykuł wpłynął do redakcji – grudzień 2016
 Artykuł akceptowano do druku 15.02.2017