

Ekoverum Kamila Mazur  
Ul. Pogodna 10  
55-010 Kotowice

Kopalnia Kamienna Góra Sp. z o.o.  
Micigózd, ul. Częstochowska 6  
26-065 Piekoszów



Kotowice, 27.01.2022

Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska  
W Opolu, ul. Firmowa 1, 45-594 Opole

Burmistrz Miasta Otmuchów  
Ul. Zamkowa 6, 48-385 Otmuchów

**Dotyczy:** przesłanego przez Kopalnia Kamienna Góra Sp. z o.o. skanu pisma Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Opolu z dnia 29 grudnia 2021 r. (pismo o znaku WOOŚ.4221.33.2021.MSe.7). W nawiązaniu do ww. pisma przedstawiamy niniejsze wyjaśnienia. Kolejność poruszanych zagadnień zachowano jak w ww. piśmie.

1. **Doprecyzować zakres przedsięwzięcia tj. jednoznacznie wskazać działki, na których jest obecnie prowadzona eksploatacja i planuje się pogłębienie wydobywania do rzędnej 260 m n.p.m.**  
Uzupełnić przedłożone obliczenia propagacji hałasu, zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz. U. poz. 2008, poz. 1526 r.) załącznik nr 7 i 8, o punkty obserwacji zlokalizowane na granicy terenów normowanych.  
Uwzględnić ruch pojazdów poruszających się po terenie kopalni.  
Dodatkowo przedłożyć obliczenia hałasu impulsowego wynikającego z robót strzałowych i urządzeń pracujących w tym czasie.

Przedsięwzięcie pn: „Poszerzenie odkrywkowej eksploatacji złoża granitu i gnejsu „kamienna Góra”, dotyczy pogłębienia wyrobiska do rzędnej 260 m n.p.m.:

- działki nr: 126/11 (część działki), 114/2, 115/2 obręb Nadziejów,
- działka nr 495 obręb Biskupów

oraz poszerzenia wyrobiska (objęcia eksploatacją do rzędnej 260 m n.p.m. terenów, które do tej pory znajdowały się poza granicami obszaru górniczego)

- działki nr: 101/9 i 101/7 obręb Biskupów
- działka nr 126/11 (część działki) obręb Nadziejów.

Granice terenów normowanych pod kątem dopuszczalnych poziomów hałasu określa przebieg granic terenów chronionych wyznaczony na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

Dla rozpatrywanego terenu otoczenia kopalni oraz zakładu przerobczego nie sporządzono miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

Obliczenia wykonano zatem dla wszystkich budynków chronionych w bezpośrednim otoczeniu kopalni oraz zakładu przerobczego.

W analizie akustycznej uwzględniono wszystkie źródła hałasu pracujące w obszarze kopalni, takie jak koparka, ładowarka, samochód wyładowczy, kruszarka udarowa. W obliczeniach obliczeniach uwzględniono również roboty strzałowe (źródła scharakteryzowano w rozdziale 9.2.2.). W obliczeniach uwzględniono ponadto wszystkie źródła hałasu pracujące w obszarze zakładu przerobczego (rozdział 9.2.3).

To samo dotyczy transportu ciężarowego (źródła scharakteryzowano w rozdziale 9.2.4.).

W analizie uwzględniono transport pojazdów poruszających się po terenie kopalni i zakładu przerobczego.

2. Ze względu na zakwalifikowanie, przez Gminę Otmuchów (pismo nr WI.6724.21.2021 z dnia 29 lipca 2021 r.), terenów zlokalizowanych wokół kopalni Kamienna Góra do zabudowy jednorodzinnej (działki 108/3, 101/3, 99/3, 101/2, 126/4, 126/1, 88/3, 96/2, 89 obręb Nadziejów - przysiółek Kamienna Góra), przeanalizować przebieg izolinii 50dB - pora dnia, w kontekście dotrzymania na tych terenach ww. standardu;

Zgodnie z treścią ww. pisma”

„.....najbliższe obszary podlegające ochronie akustycznej to tereny zabudowy zagrodowej-chronionej **wg pkt. 3a i b) tabeli 1** Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007r. w sprawie dopuszczanych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. z dnia 22 stycznia 2014r., poz. 112)”.

W związku z czym jednoznacznie wskazano dopuszczalny poziom hałasu na poziomie określonym w rozporządzeniu na poziomie 55dB dla pory dnia i 45 dB dla pory nocy.:

Tabela nr 1 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007r. w sprawie dopuszczanych poziomów hałasu w środowisku.

Lp.	Przeznaczenie terenu	Dopuszczalny poziom hałasu wyrażony równoważnym poziomem dźwięku A w dB	
		Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu	
		pora dnia – przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia kolejno po sobie następującym	pora nocy – przedział czasu odniesienia równy 1 najmniej korzystnej godzinie nocy
3	a. Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b. Tereny zabudowy zagrodowej	55	45

Do niniejszego uzupełnienia załączono stanowisko Kopalni dotyczące punktów 3 i 4 ww. pisma wraz z „Opinią w sprawie oddziaływania robót strzałowych prowadzonych w kopalni Kamienna Góra na zabudowania w otoczeniu”.

Z poważaniem

*Grzegorz Kacuta*  
**EkoVerum**  
Pracownia Ochrony Środowiska  
Kotowice, ul. Pogodna 10  
55-010 Święta Katarzyna  
NIP: 8851545330 REGON: 362999670

## **Ocena z zastosowaniem normy PN-B-02170:2016-12**

Wyjaśnienia wymaga fakt, że od roku 2016 w Polsce, do oceny oddziaływania drgań na budynki, obowiązuje norma PN-B-02170:2016-12 „Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki”. W znowelizowanej normie wprowadzone zostały zmiany w treści, które nie są uwzględniane w opracowaniach wykonywanych przez rzeczoznawcę dr inż. Janusza Mirka. Niestety brak aktualizacji dotyczy również opisu stref wpływu drgań na budynek.

Nawet w opracowaniu podpisanym 5.01.2022 r. dr Janusz Mirek podaje błędne określenia dotyczące stref I i II, a przecież zmiana normy miała miejsce 5 lat temu.

Poniżej wyłuszczone określenia prawidłowe (tekst normy) a błędnie określane w opiniach dr Janusza Mirka.

Strefy wpływu na skalach SWD według PN-B-02170:2016-12:

- I. - **drgania pomijalne w ocenie wpływu drgań na budynek,**  
krzywa A - **dolna granica uwzględnienia wpływów dynamicznych na budynek;** przy drganiach poniżej tej granicy można nie uwzględniać wpływów dynamicznych,
- II. - **drgania nieszkodliwe dla konstrukcji;** można jednak spodziewać się przyspieszonego zużycia budynku i pierwszych rys w wyprawach, tynkach, zarysowania w narożnikach ścian i w fasetach itp.,  
krzywa B - granica sztywności budynku, dolna granica powstawania zarysowań i spękań w elementach konstrukcyjnych,
- III. - drgania szkodliwe dla budynku, powodują lokalne zarysowania i spękania, przez co osłabiają konstrukcję budynku i zmniejszają jego nośność oraz odporność na dalsze wpływy dynamiczne; może nastąpić odpadanie wypraw i tynków, mogą powstawać zarysowania na stykach elementów konstrukcyjnych itp.,  
krzywa C - granica wytrzymałości pojedynczych elementów budynku, dolna granica ciężkich szkód budowlanych,
- IV. - drgania o dużej szkodliwości dla budynku, stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa ludzi; powstają liczne spękania, lokalne zniszczenia ścian i innych pojedynczych elementów konstrukcyjnych budynku; istnieje możliwość spadania przedmiotów zawieszonych, odpadanie płyt wypraw sufitów, odpadanie gzymsów, spadanie dachówek, wysunięcia się belek stropowych z łożysk itp.; wymagane możliwie szybkie usunięcie źródła drgań lub zmniejszenie jego wpływów,

- krzywa D - granica stateczności konstrukcji, dolna granica awarii całego budynku; drgania powyżej tej granicy mogą spowodować awarię budynku i zagrażają bezpieczeństwu życia ludzkiego,
- V. - drgania powodują awarię budynku przez walenie się ścian, spadanie stropów itp.; pełne zagrożenie bezpieczeństwa życia ludzkiego; w przypadku groźby powstania drgań tego typu budynek nie może być użytkowany.

W treści znowelizowanej normy zmieniono opisy dotyczące strefy I, linii A i strefy II. Zmienione określenia strefy I i linii A podkreślają praktyczną kwestię możliwości pominięcia wpływów dynamicznych – precyzyjnie określono, że drgania zakwalifikowane do strefy I mogą być pomijalne w ocenie wpływu drgań na budynki. Zmiana opisu strefy II, przez usunięcie pojęcia „drgania odczuwalne”, spowodowała przesunięcie istoty opisu w kierunku braku szkodliwego wpływu drgań na konstrukcję budynku, z jednoczesnym podkreśleniem możliwości wystąpienia uszkodzeń niekonstrukcyjnych.

Drgania wzbudzone w czasie robót z użyciem materiałów wybuchowych są drganiami krótkotrwałymi klasyfikowanymi, jako niestacjonarne procesy losowe o charakterze transjentowym (nieustalonym), a to oznacza, że są to drgania złożone wymagające indywidualnego podejścia i szczegółowych analiz, w celu uzyskania jak największej ilości informacji.

Bardzo ważną rolę w kwalifikowaniu drgań odgrywa czas trwania. Znowelizowana norma wprowadza to pojęcie, jako czas, w którym wartości ocenianego parametru drgań są większe niż 0,2 wartości szczytowej. Przy tak zdefiniowanym czasie trwania norma rozróżnia drgania występujące stale (czas trwania w ciągu doby przekracza 30 minut), drgania długotrwałe (łączny czas trwania w ciągu doby jest większy niż 3 minuty i nie przekracza 30 minut) oraz drgania krótkotrwałe, których łączny czas trwania w ciągu doby nie przekracza 3 minut.

Czas trwania drgań wzbudzanych robotami strzałowymi jest bardzo krótki w większości przypadków nie przekraczający 5 sekund. Można stwierdzić, że w ciągu dnia można wykonać roboty strzałowe 36 razy, a w dalszym ciągu będzie to czas trwania drgań krótkotrwałych.

Do normy zostało wprowadzone pojęcie wskaźnika WODB (Wskaźnik Odczuwalności Drgań przez Budynki) zdefiniowanego następująco: wyznaczona w poszczególnych pasmach tercjowych największa wartość stosunku maksymalnych wartości prędkości lub przyspieszenia drgań, wyznaczonych w wyniku analizy sejsmogramu w pasmach tercjowych, do wartości prędkości albo przyspieszenia odpowiadającej dolnej granicy uwzględnienia wpływów dynamicznych na budynki objęte skalami SWD w tym samym paśmie częstotliwości. Aby nie zgubić informacji w dziedzinie częstotliwości, należy podawać wartość wskaźnika WODB łącznie z wartością częstotliwości środkowej pasma tercjowego, w którym ten stosunek wyznaczono.

Wskaźnik WODB informuje o tym:

- jak odległe są parametry drgań występujących w budynku od najniższej linii granicznej (linia A) -  $WODB \leq 1$ ,
- albo ilokrotnie granica ta została przekroczona -  $WODB > 1$ .

Jeżeli przyjmujemy, że linia A ma wskaźnik WODB = 1, to linia B ma wskaźnik WODB = 5. Oznacza to, że do strefy II można zaliczyć drgania o amplitudach różniących się nawet pięciokrotnie.

To samo przeliczenie można zastosować do strefy III, czyli przyjmując, że linia B ma wskaźnik WODB = 1, a wtedy linia C ma wskaźnik WODB = 5. Oznacza to, że do strefy III można zaliczyć drgania o amplitudach różniących się nawet pięciokrotnie.

W tym miejscu występuje bardzo trudna sytuacja interpretacyjna, gdyż wnioskując po linii najmniejszego oporu, w przypadku skali SWD-I przy częstotliwości 39,8 Hz, jako szkodliwe należy uznać drgania o prędkościach 1,0 mm/s ale również o prędkościach 5,0 mm/s. Oznacza to, że drgania o pięciokrotnie różnej intensywności powodują takie samo oddziaływanie na budynek.

Idąc dalej, przyjmując linię B jako graniczne wartości prędkości dopuszczalne dla budynku, należy uznać, że drgania o prędkości 1,05 mm/s (dla częstotliwości 39,8 Hz przekraczające wartości dopuszczalne o 5 %) są szkodliwe dla konstrukcji, a 0,95 mm/s są nieszkodliwe. Różnica między tymi wartościami prędkości wynosi 10 %. W ten sposób dochodzimy do trudnego momentu w interpretacji wpływu drgań na budynek – różnica o 10 % może stanowić o diametralnej zmianie kwalifikacji drgań (ze strefy niższej do strefy wyższej), a z drugiej strony zmiana o 500 % pozostawia tą samą kwalifikację oddziaływania drgań na budynek.

Biorąc powyższe pod uwagę należy bardzo ostrożnie podchodzić do zdecydowanych stwierdzeń o szkodliwości drgań przy sporadycznych i niewielkich przekroczeniach linii uznanych za graniczne.

Dodać należy również, że w opiniach dr Janusza Mirka brak jest jednoznacznego wskazania, które składowe brane są pod uwagę przy ocenie szkodliwości (można się domyślać, że zgodnie z normą są to składowe poziome) oraz jaka metodyka została przyjęta do wyboru składowej prezentowanej na skali SWD – składowe poziome są dwie a prezentowany jest jeden histogram, jako wynik analizy tercjowej.

Wracając jeszcze raz do opinii dr Janusza Mirka z 5.01.2022 r. we wnioskach końcowych podano, że 3 rejestracje przekroczyły granicę B skali SWD-I, a w tabeli 4.1 (str. 4) wskazano 2 zdarzenia w strefie III. Ponadto podano we wnioskach informację, że 4 rejestracje znalazły się na granicy B lub bardzo blisko granicy B, a pozostałych przypadkach drgania znajdują się w strefie II skali SWD-I. Można zadać pytanie w której strefie znajdowały się te 4 rejestracje blisko granicy B, czy one przypadkiem nie były w strefie II ?

### **Problem zastosowania skali niemieckiej DIN-4150**

Trudno jest odnieść się do uwagi dotyczącej zastosowania do oceny wpływu robót strzałowych na zabudowania norm unijnych, w przypadkach, gdy znajduje uzasadnienie zastosowanie normy polskiej. Należy zaznaczyć jednak, że w opracowaniach eksperckich dotyczących tych zagadnień często spotyka się odniesienia do normy niemieckiej DIN 4150. Dlatego też przyjęcie granicy odporności (dopuszczalnej prędkości drgań) dla budynków mieszkalnych równej 5 mm/s nie znajduje uzasadnienia, tym bardziej, że norma niemiecka wskazuje wartości graniczne dla pomiarów wykonanych na fundamencie budynku, a wartość

ta została użyta w równaniu propagacji drgań przenoszonych podłożem. Wadliwość tego założenia pogłębia fakt braku rozpoznania funkcji przejścia drgań z podłoża do fundamentów budynków (rozpoznania interakcji układu budynek-podłoże, co wymaga przeprowadzenia pomiarów jednocześnie w podłożu i na fundamencie budynku). Brak określenia ewentualnego tłumienia drgań oraz możliwej modyfikacji ich struktury częstotliwościowej przy przejściu z podłoża do fundamentu, skutkuje trudnością w wyjaśnieniu czy wartość graniczna powinna być przyjęta na poziomie 5 mm/s czy ewentualnie 3 mm/s, a może powinna to być zupełnie inna wartość. Niewątpliwie wybór wartości granicznej jest związany z oceną stanu technicznego budynków chronionych, a ocena ta w świetle dostępnych dokumentów nie jest dla tych budynków zbyt korzystna. W przypadku budynku nr 6 w Kamiennej Górze już w roku 1982, a więc 40 lat temu, stwierdzono : „...*obiekt znajduje się w bardzo złym stanie technicznym. Widoczne są liczne spękania i ubytki tynków zewnętrznych. Wewnątrz widoczne są też liczne pęknięcia murów nośnych i stropów. Widać ślady zagrzybienia, pomimo malowania obiektu w 1981 r.*” Podobna ocena stanu technicznego budynku została przedstawiona w opracowaniu Poltegor-Instytut z 1998 r. „... *Budynek od lat nieremontowany z licznymi śladami zawilgocenia, ubytkami tynków zewnętrznych i zaprawy, Widoczne są liczne spękania tynków i murów, ślady zagrzybienia...*”. Najdokładniejszą ocenę stanu technicznego budynku nr 6 przeprowadzono w roku 2013, w której stwierdzono przede wszystkim naturalne zużycie budynku na około 65 do 70 % oraz zlokalizowano liczne uszkodzenia, odspojenia ścian, zawilgocenia, miejscowe ubytki i korozję tynków. Należy jednak zwrócić uwagę, że budynek ten jest nieustannie remontowany, zatem jego stan na przestrzeni ostatnich lat uległ zmianie. Przeprowadzenie oceny stanu technicznego wspomnianego budynku bez zgody właścicieli jest niemożliwe, a byłoby pomocne w znalezieniu rozwiązania całej sytuacji. Ostatnia próba uzyskania zgody właściciela przedmiotowej nieruchomości na umieszczenie czujnika drgań przy okazji wykonywanych pomiarów spotkała się z jego sprzeciwem, tłumaczonym prowadzonym aktualnie remontem. Po pewnym czasie otrzymaliśmy pismo z wynikami badań przeprowadzonych dokładnie tego dnia na zlecenie samego właściciela.

## **Podjęte środki**

Wartym podkreślenia jest fakt, że przedstawione w poprzedniej odpowiedzi zapewnienia o podjęciu działań mających na celu podniesienia na wyższy poziom ochronę okolicznych zabudowań, są wdrożone i realizowane. Wprowadzony został dodatkowy stały monitoring drgań wzbudzanych robotami strzałowymi. Exploconsult sp. z o.o. w Krakowie – jednostka badawcza, decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, mająca uprawnienia Rzeczoznawcy ds. ruchu zakładu górniczego w zakresie grupy XII – roboty strzałowe, na zlecenie Kopalni „Kamienna Góra” zainstalowała i uruchomiła stację badawczą. Zgodnie z przedstawioną wcześniej deklaracją raporty z oceną oddziaływania zarejestrowanych drgań na budynki będą udostępniane zainteresowanym stronom.

Dodatkowo, w celu poprawy bezpieczeństwa prowadzonych robót zwrócono się o pomoc i nawiązano współpracę z zespołem badawczym z Akademii Górniczo – Hutniczej w efekcie

czego powstała „Opinia w sprawie oddziaływania robót strzałowych prowadzonych w kopalni Kamienna Góra na zabudowania w otoczeniu.” Rozwiązania zaproponowane w ww. opinii zostały zaakceptowane przez Inwestora i wprowadzone do realizacji.

PREZES ZARZĄDU

  
*Mariusz Hochel*





Kraków, dn. 7.02.2022 r.

## Opinia

### w sprawie oddziaływania robót strzałowych prowadzonych w kopalni Kamienna Góra na zabudowania w otoczeniu

Opinia została sporządzona na podstawie następujących dokumentów:

1. PN-B-02170:2016-12 - „Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłóże na budynki”
2. Sprawozdanie z pomiarów drgań parasejsmicznych wywołanych robotami strzałowymi w Kopalni „Kamienna Góra” na budynki mieszkalne w okresie od 1.01.do 31.12.2018 r., Poltegor-Institut, Wrocław, 2019 r.
3. Sprawozdanie z pomiarów drgań parasejsmicznych wzbudzanych robotami strzałowymi prowadzonymi w Kopalni Kamienna Góra na budynki mieszkalne od 01.01.2019 do 30.06.2020 r. – Poltegor-Institut, Wrocław, 2020 r.
4. Badania poziomu drgań parasejsmicznych generowanych robotami strzałowymi w kopalni „Kamienna Góra” –Poltegor-Institut, Wrocław, 2021 r.
5. Analiza poziomu drgań generowanych robotami strzałowymi w Kopalni Kamienna Góra w dniu 2021-09-10. GAGAT Janusz Mirek, 2021 r.
6. Analiza poziomu drgań generowanych robotami strzałowymi w Kopalni Kamienna Góra w dniu 2021-09-28. GAGAT Janusz Mirek, 2021 r.
7. Analiza poziomu drgań generowanych robotami strzałowymi w Kopalni Kamienna Góra w okresie 2021-10-01 do 2021—11-29. GAGAT Janusz Mirek, 2022 r.

oraz z wykorzystaniem dostępnej literatury technicznej w zakresie oddziaływania robót strzałowych na otoczenie kopalń odkrywkowych:

1. Winzer J, Sołtys A., Pyra J.: Oddziaływanie na otoczenie robót z użyciem materiałów wybuchowych. Wydawnictwa AGH. Kraków 2016 r.
2. Winzer J, Sołtys A.: Ocena oddziaływania drgań wzbudzanych robotami strzałowymi na zabudowania zgodnie z normą PN-B-02170:2012-12. Przegląd Górniczy 6/2019

## 1. Skrótowe ujęcie zagadnienia oddziaływania drgań wzbudzanych robotami strzałowymi na zabudowania w otoczeniu kopalń odkrywkowych

Odpalanie ładunków materiału wybuchowego (MW) w długich otworach jest powszechnie stosowaną metodą urabiania skał, dlatego problemy z tym związane są tak ważne dla górnictwa odkrywkowego. Tylko 20 do 30 procent energii detonacji ładunków MW jest wykorzystana na urabianie. Pozostała część zostaje utracona i powoduje powstanie rozrzutu odłamków skalnych, powietrznej fali uderzeniowej oraz fal sejsmicznych. Zwłaszcza te ostatnie sprawiają dużo problemów, ponieważ drgania podłoża mogą oddziaływać na różne obiekty budowlane znajdujące się w sąsiedztwie kopalń. Zarówno efektywność urabiania jak i względy ekonomiczne, skłaniają do stosowania w jednej serii jak największej liczby ładunków MW, co może jednak być przyczyną narastającego problemu szkodliwego oddziaływania.

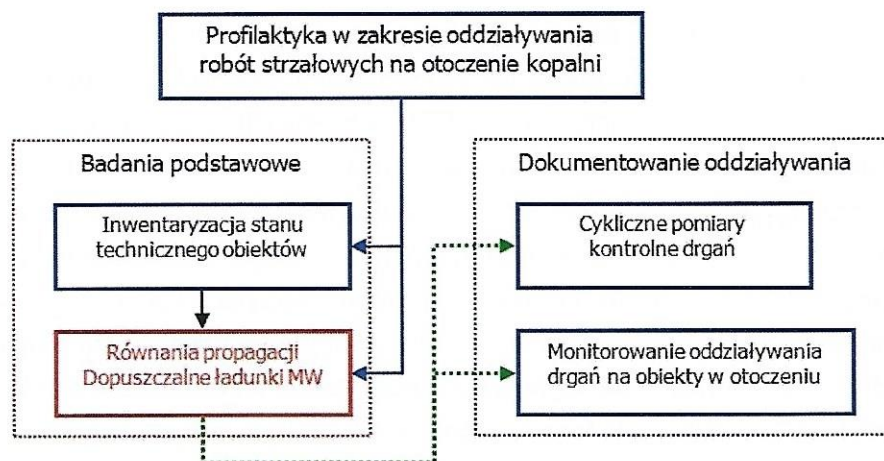
Obecnie wyznaczanie dopuszczalnych ładunków MW do robót strzałowych jest praktycznie początkiem drogi w działalności profilaktycznej kopalń odkrywkowych. Coraz więcej kopalń zaczyna prowadzić szerokie działania mające na celu bezpieczne wykonywanie robót strzałowych z jednoczesnym, cyklicznym lub ciągłym dokumentowaniem oddziaływania na zabudowania w otoczeniu. Działania takie powoli stają się rutynowymi, a osoby dozoru ruchu traktują to, jako coś całkiem naturalnego, związanego z odpowiedzialnym prowadzeniem ruchu zakładu górniczego.

Obiekty budowlane będące w zasięgu propagowanych drgań, powstałych na skutek odpalania ładunków MW, traktuje się jako obiekty chronione. Stosowanie właściwej, a więc skutecznej profilaktyki musi wynikać z ujęcia zagadnienia, jako przyczyna – skutek. Chodzi o wyjaśnienie czy istnieje związek skutkowo – przyczynowy między uszkodzeniami w danym budynku (lub budynkach), a eksploatacją złoża z użyciem MW, a niekiedy również o stwierdzenie czy drgania budynku są uciążliwe dla ludzi.

Powyższe wyraża ogólny tok postępowania, w którym niezbędne są następujące etapy:

- rozpoznanie charakteru zabudowy w sąsiedztwie kopalni,
- rozpoznanie źródeł drgań uwzględniające warunki eksploatacji oraz drogę propagacji drgań od źródeł do obiektów budowlanych,
- ocena oddziaływania robót strzałowych na obiekty (i ewentualna ocena ich uciążliwości dla ludzi),
- właściwa diagnoza stwierdzająca czy istnieje związek skutkowo – przyczynowy między stwierdzonym stanem technicznym przedmiotowych budynków, a drganiami wzbudzanymi w kopalni.

Generalnie działalność profilaktyczna obejmuje dwie grupy zagadnień: badania podstawowe oraz dokumentowanie oddziaływania drgań w otoczeniu (rys. 1).



Rys. 1. Działalność profilaktyczna kopalń odkrywkowych w zakresie oddziaływania robót strzałowych na otoczenie

Celem badań podstawowych jest określenie warunków bezpiecznego wykonywania robót strzałowych z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań geologicznych i górniczych oraz rodzaju, jakości i stanu technicznego zabudowy w otoczeniu. Efektem końcowym badań podstawowych jest wyznaczenie zależności pozwalających na obliczanie dopuszczalnych ładunków MW dla przewidywanego w określonym horyzoncie czasowym zakresu eksploatacji wraz z opisem techniki i technologii wykonywania robót strzałowych.

Dokumentowanie oddziaływania robót strzałowych ma na celu kontrolę aktualności zależności określonych w badaniach podstawowych, czyli zgodności poziomu intensywności drgań wzbudzanych w otoczeniu z wartościami prognozowanymi wraz z oceną wpływu rejestrowanych drgań na zabudowania. Działania te mogą być realizowane, jako cykliczne pomiary kontrolne lub w szerszym zakresie, jako monitoring drgań w wyznaczonych budynkach w otoczeniu wyrobiska górniczego.

Wynika stąd, że działalność profilaktyczna w tym zakresie powinna obejmować (rys. 1):

- inwentaryzację stanu technicznego obiektów w otoczeniu,
- rozpoznanie kierunków propagacji drgań i stopnia ich intensywności w otoczeniu wyrobiska górniczego, na podstawie, których wyznacza się zasięg szkodliwego oddziaływania drgań i dopuszczalne ładunki MW,
- prowadzenie cyklicznych pomiarów kontrolnych,
- w szczególnych przypadkach monitorowanie drgań w chronionych obiektach.

Dwa ostatnie z wymienionych powyżej punktów są niejednokrotnie wymieniane przez rzeczoznawców, jako zalecane do realizacji, a w ostatnim okresie czasu wymagane również przez organy udzielające koncesji, jako warunkujące jej uzyskanie. Są to działania wynikające z Prawa ochrony środowiska i Prawa geologicznego i górniczego, znajdujące zastosowanie w stosunku do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko. Do takich należy zaliczyć większość kopalń wydobywających kopalinę z zastosowaniem MW.

Zapewnienie bezpieczeństwa obiektom podlegającym wpływom drgań stwarza konieczność prowadzenia wielokierunkowych badań, a w szczególności:

- badania zjawiska propagacji drgań w środowiskach skalnych i prognozowanie ich intensywności na podstawie ograniczonej liczby obserwacji sejsmometrycznych – dzięki stanowiskom pomiarowym umieszczonym w gruncie,
- badania oddziaływania drgań na obiekty budowlane i inżynierskie, ocena stopnia szkodliwości, określenie kryteriów bezpieczeństwa – dzięki stanowiskom pomiarowym umieszczonym na fundamentach lub ścianach nośnych budynków w poziomie terenu.

Efektom końcowym tych badań jest określenie masy dopuszczalnych ładunków MW, które podczas robót eksploatacyjnych nie będą powodowały szkód w ochronianych obiektach.

Punktem wyjścia do rozwiązania tego zagadnienia są wyniki pomiarów intensywności drgań i ich statystyczne opracowanie. Wiarygodność metody w dużym stopniu zależy od dokładności wyników pomiarów, dlatego też konieczne jest stosowanie wysokiej klasy aparatury pomiarowej o odpowiedniej dynamice, szerokim zakresie częstotliwości i wystarczająco długim czasie rejestracji.

Po zakończeniu pierwszej fazy pomiarów (dla określenia równania propagacji), należy uzupełniająco w wybranych punktach przeprowadzać pomiary drgań w budynkach z jednoczesnym pomiarem w podłożu. Wyniki tych pomiarów służą do rozpoznania interakcji układu budynek – podłoże, co ma istotne znaczenie dla przyjęcia współczynników tłumienia (lub przenoszenia), a w konsekwencji pozwala na przyjęcie dopuszczalnych (bezpiecznych dla obiektów) wartości mierzonego parametru drgań.

Można spotkać się z opiniami, że przekazywanie drgań z podłoża do fundamentów, w przypadku drgań wzbudzanych w czasie robót strzałowych, w zasadzie odbywa się bez zmian. Opinia taka może dotyczyć tylko niewielkiej grupy przypadków, gdy mamy do czynienia z niskimi częstotliwościami drgań podłoża (przykładowo  $2 \div 8$  Hz). W przypadku wyższych częstotliwości, następuje istotna modyfikacja drgań, zarówno pod względem intensywności, jak i ich struktury częstotliwościowej.

Pomiary drgań fundamentów budynków znajdują swoje uzasadnienie również w powiązaniu z polską normą, która stawia wymóg ich prowadzenia w przypadku oceny oddziaływania drgań przenoszonych przez podłoże na obiekty. Dlatego też należy podkreślić konieczność prowadzenia pomiarów drgań jednocześnie w podłożu obiektu, jak i na jego fundamencie, z wyraźnym rozdzieleniem celu, jakiemu mają służyć wyniki badań.

Zagadnienia powyższe można ująć w następującą procedurę:

- wyznaczenie równania lub równań propagacji do otoczenia drgań wzbudzanych w czasie robót strzałowych – pomiary drgań na gruncie,
- ocena oddziaływania drgań na obiekt chroniony z zastosowaniem analizy tercjowej i skal SWD – pomiary drgań prowadzone na fundamentach budynków,
- określenie charakterystyki częstotliwościowej drgań podłoża i fundamentu, rozpoznanie interakcji układu budynek-podłoże oraz wyznaczenie współczynnika tłumienia drgań przy przejściu z podłoża do fundamentu – pomiary drgań podłoża

- i fundamentów budynków lub określenie funkcji przejścia i na podstawie pomiarów w podłożu prognozować drgania fundamentu budynku,
- wyznaczenie dopuszczalnych wartości prędkości drgań dla obiektów oraz wartości krytycznych dla podłoża,
  - wyznaczenie dopuszczalnych ładunków MW z wykorzystaniem równania propagacji i wartości krytycznych drgań dla podłoża.

W zależnościach, które pozwalają na wyznaczenie dopuszczalnych ładunków MW bardzo ważnym parametrem jest prędkość krytyczna drgań gruntu. Wyznaczenie tej wartości to zadanie trudne i wymagające zebrania odpowiedniej ilości informacji o stanie technicznym budynków, propagacji drgań w podłożu i stopniu przenoszenia drgań z podłoża do obiektów chronionych. Ważnym elementem tych rozważań jest tłumienie drgań. Biorąc pod uwagę stan techniczny obiektów chronionych, analizę intensywności i częstotliwości drgań budynków (np. na skali SWD-I), można z dużym przybliżeniem określić poziom prędkości dopuszczalnych dla obiektu (próg szkodliwości). Uwzględnienie tłumienia, pozwala na określenie prędkości krytycznej dla podłoża pod obiektami chronionymi. Odniesienie tej wartości do przekształconego równania propagacji, umożliwi wyznaczenie dopuszczalnych ładunków MW.

Jak widać, określenie wartości współczynników tłumienia, jest ważnym elementem procedury wyznaczania dopuszczalnych ładunków MW. Nieuwzględnienie tego zjawiska może skutkować nieuzasadnionym ograniczeniem ładunków MW lub niedowartościowaniem oddziaływania drgań na obiekty w otoczeniu robót strzałowych.

Profilaktyka w zakresie ograniczenia oddziaływania na otoczenie drgań wzbudzanych robotami strzałowymi wykonywanymi w kopalniach odkrywkowych nie może być pozbawiona elementu oceny wpływu drgań na budynki.

Najprostszym sposobem oceny szkodliwości drgań przekazywanych z podłoża na budowlę może być wykorzystanie odpowiednio skonstruowanych skal. Na podstawie wybranych, istotnych parametrów charakteryzujących wymuszenie i obiekt odbierający drgania, można za pomocą skali ocenić spodziewane skutki ich oddziaływania.

Na świecie, do oceny szkodliwości stosuje się cały szereg skal i norm. Tak duża ich liczba wynika z trudności w normatywnym ujęciu wszystkich czynników, jakie mogą mieć wpływ na szkodliwość drgań. Zatem, z konieczności, normy dotyczą określonych typów budynków i uwzględniają tylko część czynników, jakie w danym przypadku należałoby brać pod uwagę. W Polsce, od roku 1985, do oceny oddziaływania drgań na budynki stosowana była norma PN-B-02170:1985 (poprzednio PN-85/B-02170) - *Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki*, która w roku 2016 została znowelizowana i obecnie obowiązuje pod numerem PN-B-02170:2016-12.

## 2. Ocena z zastosowaniem normy PN-B-02170:2016-12

W znowelizowanej normie PN-B-02170:2016-12 wprowadzone zostały zmiany w treści, które nie zawsze są uwzględniane w opracowaniach wykonywanych przez rzeczoznawców. Poniżej wyłuszczone określenia prawidłowe (tekst normy).

Strefy wpływu na skalach SWD według PN-B-02170:2016-12:

- I. - **drżania pomijalne w ocenie wpływu drgań na budynek**,  
krzywa A - **dolna granica uwzględnienia wpływów dynamicznych na budynek**; przy drżaniach poniżej tej granicy można nie uwzględniać wpływów dynamicznych,
- II. - **drżania nieszkodliwe dla konstrukcji**; można jednak spodziewać się przyspieszonego zużycia budynku i pierwszych rys w wyprawach, tynkach, zarysowania w narożnikach ścian i w fasetach itp.,  
krzywa B - granica sztywności budynku, dolna granica powstawania zarysowań i spękań w elementach konstrukcyjnych,
- III. - drżania szkodliwe dla budynku, powodują lokalne zarysowania i spękania, przez co osłabiają konstrukcję budynku i zmniejszają jego nośność oraz odporność na dalsze wpływy dynamiczne; może nastąpić odpadanie wypraw i tynków, mogą powstawać zarysowania na stykach elementów konstrukcyjnych itp.,  
krzywa C - granica wytrzymałości pojedynczych elementów budynku, dolna granica ciężkich szkód budowlanych,
- IV. - drżania o dużej szkodliwości dla budynku, stanowią zagrożenie dla bezpieczeństwa ludzi; powstają liczne spękania, lokalne zniszczenia ścian i innych pojedynczych elementów konstrukcyjnych budynku; istnieje możliwość spadania przedmiotów zawieszonych, odpadanie płyt wypraw sufitów, odpadanie gzymsów, spadanie dachówek, wysunięcia się belek stropowych z łożysk itp.; wymagane możliwie szybkie usunięcie źródła drgań lub zmniejszenie jego wpływów,  
krzywa D - granica stateczności konstrukcji, dolna granica awarii całego budynku; drżania powyżej tej granicy mogą spowodować awarię budynku i zagrażają bezpieczeństwu życia ludzkiego,
- V. - drżania powodują awarię budynku przez walenie się ścian, spadanie stropów itp.; pełne zagrożenie bezpieczeństwa życia ludzkiego; w przypadku groźby powstania drgań tego typu budynek nie może być użytkowany.

W treści znowelizowanej normy zmieniono opisy dotyczące strefy I, linii A i strefy II. Zmienione określenia strefy I i linii A podkreślają praktyczną kwestię możliwości pominięcia wpływów dynamicznych – precyzyjnie określono, że drżania zakwalifikowane do strefy I mogą być pomijalne w ocenie wpływu drgań na budynki. Zmiana opisu strefy II, przez usunięcie pojęcia „drżania odczuwalne”, spowodowała przesunięcie istoty opisu w kierunku braku

szkodliwego wpływu drgań na konstrukcję budynku, z jednoczesnym podkreśleniem możliwości wystąpienia uszkodzeń niekonstrukcyjnych.

Drgania wzbudzone w czasie robót z użyciem materiałów wybuchowych są drganiami krótkotrwałymi klasyfikowanymi, jako niestacjonarne procesy losowe o charakterze transjentowym (nieustalonym), a to oznacza, że są to drgania złożone wymagające indywidualnego podejścia i szczegółowych analiz, w celu uzyskania jak największej ilości informacji.

Bardzo ważną rolę w kwalifikowaniu drgań odgrywa czas trwania. Znowelizowana norma wprowadza to pojęcie, jako czas, w którym wartości ocenianego parametru drgań są większe niż 0,2 wartości szczytowej. Przy tak zdefiniowanym czasie trwania norma rozróżnia drgania występujące stale (czas trwania w ciągu doby przekracza 30 minut), drgania długotrwałe (łączny czas trwania w ciągu doby jest większy niż 3 minuty i nie przekracza 30 minut) oraz drgania krótkotrwałe, których łączny czas trwania w ciągu doby nie przekracza 3 minut.

Czas trwania drgań wzbudzanych robotami strzałowymi jest bardzo krótki w większości przypadków nie przekraczający 5 sekund. Można stwierdzić, że w ciągu dnia można wykonać roboty strzałowe 36 razy, a w dalszym ciągu będzie to czas trwania drgań krótkotrwałych.

W tym kontekście, należy wziąć pod uwagę, że zupełnie inne jest oddziaływanie drgań trwających kilka sekund (drania wzbudzone w czasie wykonywania robót strzałowych) a inne drgań trwających nawet kilka godzin dziennie (praca maszyn, wibromłotów, ruch kołowy czy kolejowy).

Do normy zostało wprowadzone pojęcie wskaźnika WODB (Wskaźnik Odczuwalności Drgań przez Budynki) zdefiniowanego następująco: wyznaczona w poszczególnych pasmach tercjowych największa wartość stosunku maksymalnych wartości prędkości lub przyspieszenia drgań, wyznaczonych w wyniku analizy sejsmogramu w pasmach tercjowych, do wartości prędkości albo przyspieszenia odpowiadającej dolnej granicy uwzględnienia wpływów dynamicznych na budynki objęte skalami SWD w tym samym paśmie częstotliwości. Aby nie zgubić informacji w dziedzinie częstotliwości, należy podawać wartość wskaźnika WODB łącznie z wartością częstotliwości środkowej pasma tercjowego, w którym ten stosunek wyznaczono.

Wskaźnik WODB informuje o tym:

- jak odległe są parametry drgań występujących w budynku od najniższej linii granicznej (linia A) -  $WODB \leq 1$ ,
- albo ilokrotnie granica ta została przekroczona -  $WODB > 1$ .

Jeżeli przyjmimy, że linia A ma wskaźnik WODB = 1, to linia B ma wskaźnik WODB = 5. Oznacza to, że do strefy II można zaliczyć drgania o amplitudach różniących się nawet pięciokrotnie.

To samo przeliczenie można zastosować do strefy III, czyli przyjmując, że linia B ma wskaźnik WODB = 1, a wtedy linia C ma wskaźnik WODB = 5. Oznacza to, że do strefy III można zaliczyć drgania o amplitudach różniących się nawet pięciokrotnie.

W tym miejscu występuje bardzo trudna sytuacja interpretacyjna, gdyż wnioskując po linii najmniejszego oporu, w przypadku skali SWD-I przy częstotliwości 39,8 Hz, jako szkodliwe należy uznać drgania o prędkościach 1,0 mm/s ale również o prędkościach 5,0 mm/s. Oznacza

to, że drgania o pięciokrotnie różnej intensywności powodują takie samo oddziaływanie na budynek.

Idąc dalej, przyjmując linię B jako graniczne wartości prędkości dopuszczalne dla budynku, należy uznać, że drgania o prędkości 1,05 mm/s (dla częstotliwości 39,8 Hz przekraczające wartości dopuszczalne o 5 %) są szkodliwe dla konstrukcji, a 0,95 mm/s są nieszkodliwe. Różnica między tymi wartościami prędkości wynosi 10 %. W ten sposób dochodzimy do trudnego momentu w interpretacji wpływu drgań na budynek – różnica o 10 % może stanowić o diametralnej zmianie kwalifikacji drgań (ze strefy niższej do strefy wyższej), a z drugiej strony zmiana o 500 % pozostawia tą samą kwalifikację oddziaływania drgań na budynek.

Biorąc powyższe pod uwagę należy bardzo ostrożnie podchodzić do zdecydowanych stwierdzeń o szkodliwości drgań przy sporadycznych i niewielkich przekroczeniach linii uznanych za graniczne.



### 3. Działania podjęte w celu ograniczenia oddziaływania robót strzałowych na otoczenie kopalni

Stosowanie materiałów wybuchowych do urabiania złóż w kopalniach surowców skalnych nieodzwrotnie wiąże się z zastosowaniem odpowiedniego systemu inicjowania, umożliwiającego odpalenie ładunków materiału wybuchowego z opóźnieniem czasowym (milisekundowym). Taki sposób detonacji ładunków daje szerokie możliwości przy projektowaniu jednoszeregowych, jak i wieloszeregowych siatek strzałowych, a jednocześnie wpływa korzystnie na minimalizację oddziaływania robót strzałowych na zabudowania w otoczeniu kopalń. W wielu pracach, w tym również w Polsce, wskazywano na konieczność prowadzenia badań wstępnych przy wprowadzaniu nowych systemów inicjowania. W czasie takich badań należy zwrócić uwagę na podstawowe charakterystyki drgań wzbudzanych w wyrobisku i propagowanych do otoczenia. Dobór właściwego opóźnienia milisekundowego powinien bazować przede wszystkim na sejsmogramach drgań wzbudzanych w czasie odpalania pojedynczych ładunków materiału wybuchowego i analizie struktury częstotliwościowej tych drgań. Taki tok postępowania, znany jest, jako metoda *signature hole (SH)*.

W latach 90. ubiegłego stulecia, do projektowania robót strzałowych z zastosowaniem systemów elektronicznych wprowadzono programy komputerowe, które umożliwiają dobór opóźnień milisekundowych dla konkretnych warunków terenowych kopalni z uwzględnieniem lokalizacji strzelania i konstrukcji siatki otworów strzałowych. Programy te muszą mieć przygotowaną bazę danych, której ważnym elementem są zapisy drgań rejestrowanych w czasie odpalania pojedynczych ładunków MW. Taki sposób postępowania przyjęty został w algorytmie programu *Paradigm* firmy Austin Powder i jest on już stosowany przez tą firmę do projektowania opóźnień milisekundowych również w polskich kopalniach odkrywkowych:

Program, na podstawie danych wejściowych dokonuje symulacji przebiegu drgań podłoża z zastosowaniem różnych kombinacji opóźnień wskazując, jako wynik końcowy maksymalne wartości prędkości drgań i skorelowane z nimi częstotliwości, wektor przestrzenny prędkości, minimalne opóźnienie milisekundowe. Wynik obliczeń może być uzupełniony dodatkowo współczynnikami, które pomagają w dokonywaniu wyboru rozwiązania. Efektem obliczeń programu jest propozycja czasem ponad tysiąca i więcej kombinacji opóźnień między ładunkami MW i między szeregami.

Wybór optymalnego rozwiązania jest najważniejszym momentem pracy projektującego strzelanie. Dokonanie wyboru spośród tysiąca rozwiązań musi być z jednej strony poparte szerszymi analizami, a z drugiej strony konieczna jest weryfikacja wybranego rozwiązania przez pomiar drgań w wybranym punkcie w otoczeniu kopalni i porównanie efektu prognozowanego z rzeczywistym.

Prowadzone od 6 lat badania *in situ* w kopalni z użyciem zarówno programu komputerowego do projektowania jak i elektronicznego systemu odpalania ładunków MW, pozwoliło na wypracowanie procedury wyboru optymalnego rozwiązania (opóźnienia milisekundowego) z uwzględnieniem wymagań stawianych przez polską normę PN-B-02170:2016-12. Wybór ten jest osiągany przez wykorzystanie systemu elektronicznego do modyfikacji struktury częstotliwościowej drgań podłoża, co umożliwia zwiększenie tłumienia

przy przejściu drgań do fundamentu budynku a tym samym obniża stopień oddziaływania drgań na okoliczne zabudowania.

Firma Austin Powder, wykonująca roboty strzałowe w kopalni Kamienna Góra, jest przygotowana do realizacji tego typu działań, dysponuje zarówno środkami strzałowymi, oprogramowaniem do projektowania jak i przeszkoloną w tym zakresie kadrą inżynierską.

Realizacja założeń, co do ograniczenia oddziaływania robót strzałowych na zabudowania w otoczeniu wymaga przeprowadzenia określonych badań, których zakres przedstawiono poniżej:

- przeprowadzone zostaną dodatkowe badania mające na celu wyznaczenie równania propagacji drgań dla aktualnego położenia frontów roboczych z uwzględnieniem zastosowania nowoczesnych materiałów wybuchowych i najnowszych systemów odpalania ładunków MW (systemy elektroniczne),
- pomiary drgań wykonywane będą jednocześnie w podłożu i na fundamentach budynków, w celu określenia mechanizmu przenoszenia drgań z gruntu do budynku, zostaną przeprowadzone badania struktury wzbudzanych drgań w celu wyznaczenia stopnia tłumienia i modyfikacji częstotliwościowej przy przejściu drgań z gruntu do fundamentu,
- na tej podstawie zostaną przyjęte wartości progowe prędkości drgań do wyznaczenia optymalnych (dopuszczalnych) ładunków MW,
- do projektowania robót strzałowych zastosowane zostaną systemy informatyczne (program Paradigm) wykorzystujące metodę SH (odpalanie pojedynczych ładunków MW dla uzyskania sygnału charakterystycznego dla lokalnych warunków geologicznych kopalni i w otoczeniu wyrobiska),
- kontynuacja stałego monitoringu drgań wzbudzanych robotami strzałowymi oraz udostępnianie zainteresowanym stronom raportów z oceną oddziaływania na budynki.

Przeprowadzenie takiego cyklu badań, wypracowanie procedur projektowania robót strzałowych dla lokalnych warunków kopalni i otoczenia, zastosowanie elektronicznego systemu odpalania ładunków MW oraz wprowadzenie stałej kontroli oddziaływania przez zastosowanie monitoringu drgań, pozwoli na zapewnienia bezpieczeństwa sąsiadujących z wyrobiskiem budynków – docelowo nieprzekraczanie granicznej linii B skali SWD-I.

Będzie to spełnieniem oczekiwań okolicznych mieszkańców, co do akceptowalnego poziomu oddziaływania drgań wzbudzanych robotami strzałowymi na zabudowania.

EXPLOCONSULT sp. z o.o.  
RZECZOZNAWCA PREZESA WUG  
DO SPRAW RUCHU ZAKŁADU GÓRNICZEGO  
GG.911.6.2018 Ldz. 2332/01/2018/AM

dr inż. Jan Winzer

EXPLOCONSULT sp. z o.o.  
RZECZOZNAWCA PREZESA WUG  
DO SPRAW RUCHU ZAKŁADU GÓRNICZEGO  
GG.911.6.2018 Ldz.2332/01/2018/AM

dr inż. Anna Sołtys