

# Wpływ budowy geologicznej złoża na równanie propagacji na przykładzie kopalni Gliniany – Grupy Ożarów S.A.

Influence of geological deposits on the propagation equation illustrated with the example of the Gliniany Quarry – Grupa Ożarów S.A.



*Dr inż. Józef Pyra*<sup>\*)</sup>



*Mgr inż. Zbigniew Cichocki*<sup>\*\*)</sup>



*Mgr inż. Iwona Mazur*<sup>\*\*\*)</sup>



*Dr inż. Anna Soltys*<sup>\*)</sup>



*Dr inż. Jan Winzer*<sup>\*)</sup>

**Treść:** Wykonywanie robót strzałowych w kopalni odkrywkowej związane jest zawsze z generowaniem do ośrodka skalnego drgań parasejsmicznych. Ich intensywność zależy od wielu czynników, które w większym lub mniejszym stopniu winny być brane pod uwagę podczas wyznaczania równań propagacji. W artykule, na przykładzie kopalni wapienia Gliniany, należącej do Grupy Ożarów S.A., przedstawiono procedurę wyznaczania równań propagacji dla zmiennych warunków geologicznych. Zróżnicowana budowa geologiczna, bliska zabudowa w otoczeniu kopalni niekiedy powoduje konieczność wyznaczania dwóch, lub więcej równań propagacji drgań parasejsmicznych, a tym samym różnych ładunków MW, w zależności od miejsca wykonywania robót strzałowych. Jest to zagadnienie istotne z punktu widzenia przedsiębiorcy, któremu zależy na jak najmniejszej liczbie odpalanych serii, przy jednocześnie zmaksymalizowanym jednorazowym ładunku MW odpalonym w serii.

**Abstract:** Blasting operations in quarries are associated with the generation of ground vibration. Their intensity depends on a number of factors which, to a greater or lesser extent, are taken into account when determining the propagation equations. This paper presents the procedure for determining the propagation equations for the variable geological conditions, on the basis of Gliniany Quarry, belonging to the Grupa Ożarów S.A.. Diverse geology and close distance to the buildings surrounded by the quarry, sometimes makes it necessary to determine two or more vibration propagation equations and thus use different explosives charges depending on the place of blasting. This issue is important for the quarry owner point of view as he or she expects a decreasing number of blasts by maximum blast size.

<sup>\*)</sup> AGH w Krakowie <sup>\*\*)</sup> SSE Polska Sp. z o.o., Rogów Sobócki. <sup>\*\*\*)</sup> Grupa Ożarów S.A., Karsy

**Słowa kluczowe:**

roboty strzałowe, równanie propagacji, drgania parasejsmiczne, dopuszczalne ładunki

**Key words:**

blasting works, propagation equation, paraseismic vibrations, safety explosives charges

**1. Wprowadzenie**

W wyniku detonacji ładunków materiału wybuchowego (MW), oprócz uzyskanego urobku, propagowana jest wewnątrz masywu skalnego znaczna ilość energii, która skutkuje określonym poziomem intensywności drgań rejestrowanych w otoczeniu. Drgania te mogą oddziaływać na obiekty budowlane zlokalizowane w pobliżu wyrobiska. Sam fakt wystąpienia drgań nie oznacza ich szkodliwego wpływu na lokalną zabudowę, jednak wymusza na kopalni konieczność prowadzenia działań profilaktycznych, mających na celu ograniczenie tego oddziaływania. Rozpoznanie stopnia intensywności drgań i kierunków ich propagacji jest istotne, szczególnie ze względu na ochronę istniejących bądź projektowanych obiektów budowlanych w sąsiedztwie prowadzonych robót strzałowych [32].

Literatura naukowa [1÷5, 7, 9÷17, 19÷31, 33], na temat drgań wzbudzanych użyciem MW w odkrywkowych zakładach górniczych, podaje wiele czynników mających wpływ na intensywność drgań, do których należą:

- budowa geologiczna w miejscu prowadzonych robót strzałowych i na drodze przechodzenia fal sprężystych,
- prędkości fali podłużnej jako rzeczywistej charakterystyki skał w miejscu wykonywania robót i pomiaru,
- rodzaj i charakterystyka materiału wybuchowego oraz konstrukcja ładunku w otworze,
- parametry geometryczne siatki otworów strzałowych (długość otworów, zabiór, odległość między otworami i szeregami, przewężenia, średnica otworów strzałowych),
- masa ładunków MW: w serii otworów ( $Q_c$ ) przypadającego na pojedyncze opóźnienie międzyszałowe ( $Q_2$ ) oraz ładunku otworu ( $Q_1$ ),
- kolejność odpalania ładunków MW oraz wielkość stosowanego opóźnienia międzyszałowego,
- odległość punktu pomiarowego do źródła drgań,
- system inicjowania, precyzja zapalników,
- warunki atmosferyczne.

Ponadto do czynników, które dodatkowo wpływają na intensywność drgań w obiekcie chronionym należą:

- konstrukcja obiektu,
- stan techniczny obiektu,
- budowa podłoża pod ochraniającymi obiektami,
- rodzaj i głębokość posadowienia fundamentów,
- charakterystyka przenoszenia drgań z podłoża do obiektu,
- częstotliwość drgań własnych obiektu,
- usytuowanie obiektu względem odpalanej serii.

Grupa Ożarów S.A. w swojej kopalni od szeregu lat prowadzi skuteczną profilaktykę w zakresie ograniczenia oddziaływania robót strzałowych na zabudowania znajdujące się w sąsiedztwie. Począwszy od badań podstawowych – wyznaczenie dopuszczalnych ładunków MW dla robót strzałowych, poprzez systematycznie wykonywane badania kontrolne (okresowa kontrola założeń wyznaczonych w badaniach podstawowych), a skończywszy na ciągłym monitoringu drgań (bieżąca kontrola poziomu oddziaływania na wybranych, zlokalizowanych najbliżej, obiektach budowlanych w sąsiedztwie i w cementowni). Ponadto Kopalnia Gliniany, w ramach funkcjonowania polityki wewnętrznej koncernu, cały czas doskonali i optymalizuje roboty strzałowe pod kątem ograniczenia liczby strzelań [17] i zmniejszenia poziomu rejestrowanych drgań.

W większości prac badawczych, dotyczących ograniczenia poziomu drgań parasejsmicznych, brana jest przede wszystkim pod uwagę masa stosowanych ładunków MW i odległość prowadzonych robót od obiektów chronionych. Pozostałe czynniki (np. budowa geologiczna, stosowany system inicjacji i wielkość opóźnienia milisekundowego, itd.) są trudne do ogólnego zdefiniowania, dlatego też ich wpływ jest analizowany w danych warunkach lokalnych. Ważnym elementem prowadzonych badań jest dostosowanie parametrów prowadzonych robót strzałowych do właściwości ośrodka, w którym propagowane są drgania, tak aby zminimalizować oddziaływanie drgań na konstrukcje obiektów budowlanych znajdujących się w otoczeniu.

Jak już wcześniej wspomniano, zmienne warunki geologiczne są trudne do uwzględnienia w skali globalnej, dlatego problematykę wyznaczania równań propagacji i dopuszczalnych ładunków materiału wybuchowego w zmiennych warunkach geologicznych przeprowadzono dla lokalnych warunków złoża wapieni Gliniany – Duranów.

**2. Budowa geologiczna złoża Gliniany – Duranów**

Obecnie złożo eksploatowane jest przez kopalnię Gliniany dwoma poziomami wydobywczymi. Eksploatacja w poziomie I sięga do rzędnej około 175 m n.p.m. Drugi poziom wydobywczy udostępniony jest w części zachodniej, północno – zachodniej oraz południowej wyrobiska, a eksploatacja sięga w nim do rzędnej 160 m n.p.m. Front eksploatacyjny skierowany jest w kierunku północnym i zachodnim.

Złożo Gliniany – Duranów zlokalizowane jest we wschodniej części mezozoicznego „pierścienia” Gór Świętokrzyskich. Obrzeżenie to w tej części graniczy z transgresywnie nasuniętymi utworami kredy górnej. Granicę pomiędzy tymi dwoma jednostkami stanowi wąska struktura nosząca nazwę fleksury Sienno – Ożarów.

Samo złożo obejmuje swoją objętością utwory górnej jury o dużym zróżnicowaniu litologicznym. Zgodnie z dokumentacją geologiczną złoża Gliniany-Duranów, w złożu wyróżnia się trzy kompleksy o różnym wykształceniu litologiczno – facjalnym, i co istotne z punktu widzenia dalszego procesu produkcyjnego, odmiennym składzie chemicznym. Począwszy od najstarszego występują:

- **Kompleks wapienny** – zachodnia część złoża, to różnego rodzaju wapienie: pelityczne, oolitowe, detrytyczne i skaliste, z drobnymi wkładkami wapieni marglistych i margli, zwane dalej surowcem wysokim,
- **Kompleks wapienno-marglisty** – centralna część złoża, wykształcona w postaci wapieni marglistych, wapieni oolitowych, i detrytycznych oraz podrzędnie margli, zwane dalej surowcem średnim,
- **Kompleks marglisto-wapienny** – wschodnia część złoża, składające się z wapieni marglistych, margli i ilów marglistych z podrzędnym udziałem wapieni detrytycznych i organodetrytycznych, zwane dalej surowcem niskim.

Powyższy podział zbudowany został w oparciu o kryterium zawartości CaO.

Złożo wykazuje dosyć regularną zmienność wykształcenia litologicznego oraz dużą zmienność składu chemicznego w kierunkach równoleżnikowych (rys. 1), a także wraz z głębokością.

W występującej bardziej na wschód strefie przejściowej kompleks wapienno-marglisty średnia zawartość CaO maleje w kierunku wschodnim i ku stropowi. Podobną zależność można zaobserwować w osadach najmłodszych, czyli kompleks marglisto-wapienny, gdzie znaczny udział mają w tej części margle oraz ility.

Dość regularną zmienność wykształcenia litologicznego komplikują zjawiska krasowe, które tworzą formy szczelinowe, kieszeniowe, bądź leje. Krasowienie objęło wszystkie kompleksy występujące w złożu. Zjawiska krasowe związane są z licznymi występującymi w tym terenie dyslokacjami tektonicznymi, w obrębie których uprzywilejowane były procesy erozji i wietrzenia. Wyerodowane partie osadów węglanowych zastąpione zostały przez osady trzeciorzędowe w postaci piasków kwarcowych i glaukonitowych, ilów lub glin, bądź też osady czwartorzędowe w postaci zwietrzliny marglisto-wapiennej [6].

Nadkład nad złożem stanowią we wschodniej części utwory kredowe w postaci piasków, piaskowców glaukonitowych i opok. Natomiast nad pozostałym terenem złoża zalegają niezgodnie utwory czwartorzędowe o nieregularnej grubości, w głównej mierze są to piaski gliniaste i gliny piaszczyste. Stosunek nadkładu do złoża wynosi 0,06.

### 3. Metodologia wyznaczania równań propagacji

Zależność intensywności drgań  $u$  od masy  $Q$  detonowanego ładunku MW i odległości  $r$  miejsca wykonywanych robót strzałowych od punktu pomiarowego, można przedstawić w ogólnej postaci [24]

$$u = K \cdot Q^\alpha \cdot r^{-\beta} \quad (1)$$

gdzie :

- $u$  – prędkość drgań,
- $K, \alpha, \beta$  – współczynnik i wykładniki potęgowe, wyznaczone doświadczalnie dla danej kopalni,

Wyznaczenie nieznanymi parametrów  $K, \alpha, \beta$  wymaga przeprowadzenia szczegółowych badań w danych warunkach górniczo-geologicznych, w szczególności uwzględniających zmiany odległości punktów pomiarowych od miejsca wykonywanych robót strzałowych oraz znaczne zróżnicowanie wielkości ładunków serii i opóźnienia milisekundowego. Nie zawsze jest to możliwe w warunkach prowadzonej produkcji, dlatego na obecnym etapie wiedzy, wykorzystując wyniki wieloletnich badań efektu sejsmicznego, stosuje się powszechnie uproszczenie polegające na przedstawieniu zależności (1) w postaci

$$u = K \cdot \rho^\beta \quad (2)$$

gdzie:  $\rho$  oznacza względny ładunek i może być obliczony według wzoru (3)

$$\rho = \frac{Q^n}{r} \quad (3)$$

w którym wykładnik potęgowy  $n$  określa się jako (4)

$$n = \frac{\alpha}{\beta} \quad (4)$$

Problem polega na przyjęciu odpowiedniej wartości wykładnika potęgowego  $n$ . Badania efektu sejsmicznego od robót strzałowych wykazały, że w warunkach kopalni odkrywkowych wykładnik potęgowy można przyjmować jako  $n = 1/2$  lub  $n = 2/3$ . Stwierdzono także, że przy milisekundowym odpalaniu, intensywność drgań zależy głównie od masy ładunku przypadającej na opóźnienie  $Q_2$ , natomiast w mniejszym stopniu od ładunków serii otworów  $Q_1$ .

Analiza wieloletnich badań w kopalniach wapienia wskazuje na uzasadnione przyjęcie  $n = 2/3$ , stąd równanie (2) przedstawia się w postaci

$$u = K \cdot \left( \frac{Q^{2/3}}{r} \right)^\beta \quad (5)$$

a wzory do obliczania dopuszczalnych ładunków

$$Q = \left( \frac{u}{K} \right)^{\frac{3}{2\beta}} \cdot r^{1.5} \quad (6)$$

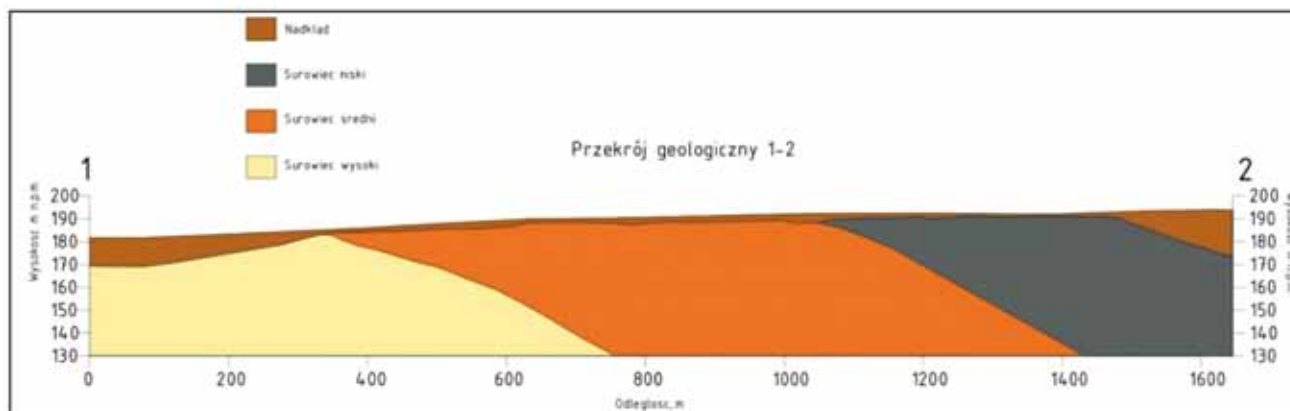
Podstawę dalszych rozważań stanowi równanie (5), w którym występują dwa nieznanne argumenty: współczynnik  $K$  charakteryzujący warunki strzelania oraz wykładnik potęgowy  $\beta$  wyrażający zmianę intensywności drgań z odległością.

Biorąc pod uwagę przeprowadzone pomiary drgań gruntu w różnych odległościach od wykonywanych robót, przy zróżnicowanych ładunkach  $Q_1$  i  $Q_2$ , oraz stosując metody statystyki matematycznej, oblicza się nieznanne wielkości  $K$  i  $\beta$  [24].

Wyznaczenie równania propagacji jest punktem wyjścia do określenia bezpiecznych warunków wykonywania robót strzałowych w konkretnych warunkach terenowych, geologicznych i górniczych.

### 4. Równania propagacji dla warunków kopalni Gliniany

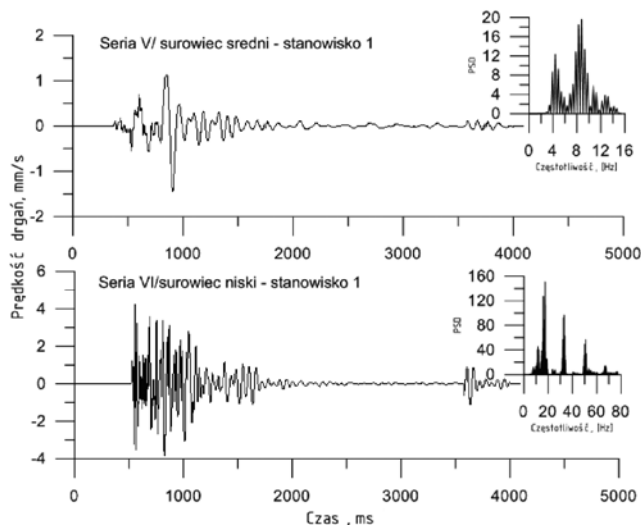
Materiał do wyznaczenia równań propagacji został zebrany podczas odpalania 17 serii, w czasie których, prze-



Rys. 1. Przekrój modelu złoża (1-wschód – 2-zachód) [6]

Fig. 1. Cross-section of the deposit model (1-east – 2-west) [6]

proawdzono pomiary intensywności drgań wzbudzanych, w czasie odpalania ładunków MW, w Kopalni Gliniany. Roboty strzałowe prowadzone były we wszystkich surowcach (niski, średni i wysoki) i wszystkich aktualnie czynnych piętrach roboczych. Drgania mierzono w stałych punktach pomiarowych miejscowości Potok i Gliniany, a stanowiska pomiarowe sytuowano w podłożu i na fundamentach budynków (łącznie 14 stanowisk pomiarowych). Dla przykładu na rysunku 2 przedstawiono zapis drgań podłoża na tym samym stanowisku, przy odpalaniu serii w różnych surowcach. Dodatkowo przedstawiono strukturę częstotliwościową.



**Rys.2. Sejsmogramy drgań wraz z ich charakterystyką częstotliwościową zarejestrowane na jednym stanowisku pomiarowym przy strzelaniu w surowcu niskim i w surowcu średnim (dla składowej poziomej) [6].**  
**Fig. 2. Seismograms and frequency analysis of vibrations recorded on the test-bench. Vibrations were generated by the blasting works which were conducted in deposits characterized by low and medium concentration of the calcium carbonate [6]**

Konsekwencją niejednorodności budowy złoża jest zmienność charakterystyki częstotliwościowej i prędkości drgań rejestrowanych w otoczeniu kopalni, co jednoznacznie wynika z rysunku 2.

Zgodnie z założoną procedurą wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 3, zaznaczając jednocześnie w jakim surowcu odpalane były serie ładunków.

Z rysunku 3 wynika, że jest wyraźna zależność intensywności drgań zarówno dla ładunku przypadającego na opóźnienie milisekundowe  $Q_z$  jak i dla ładunku całkowitego serii otworów  $Q_c$ . Jednocześnie można zauważyć, że intensywność drgań wzbudzanych robotami strzałowymi prowadzonymi w poszczególnych surowcach istotnie się różni. W związku z powyższym przeprowadzono analizę statystyczną zarówno dla całości wyników, jak i wyników uzyskanych dla poszczególnych surowców.

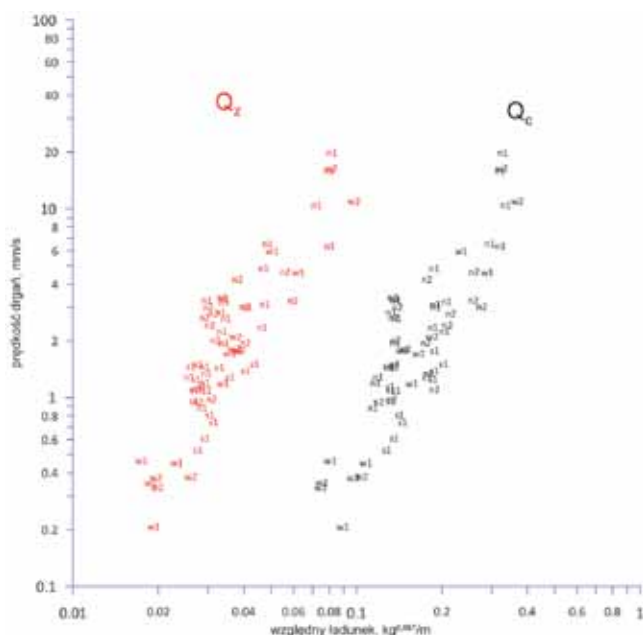
Z obliczeń, przeprowadzonych dla wszystkich surowców, otrzymano następujące zależności (rys. 4):

$$u_z = 3348 \cdot \rho^{2,261} \tag{7}$$

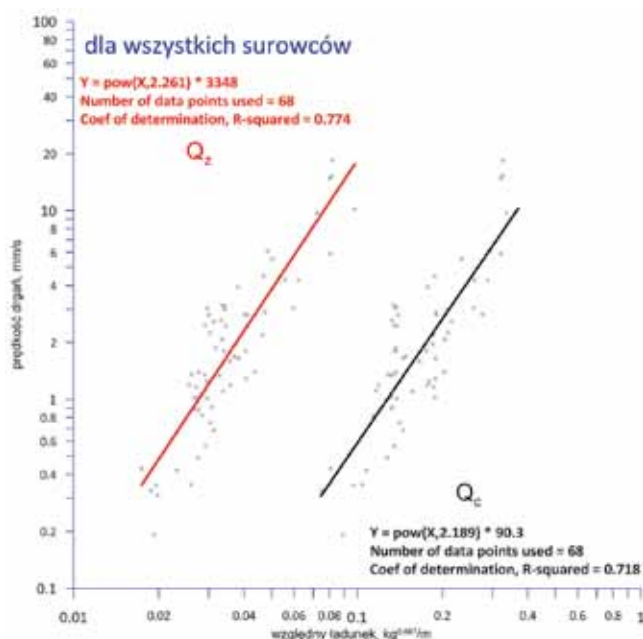
przy współczynniku determinacji  $R^2 = 0,774$

$$u_c = 90,3 \cdot \rho^{2,189} \tag{8}$$

przy współczynniku determinacji  $R^2 = 0,718$



**Rys. 3. Wizualizacja wyników pomiarów intensywności drgań**  
**Fig. 3. Results visualizations of ground vibrations measurements**



**Rys. 4. Zależność  $u(\rho)$  dla wszystkich surowców**  
**Fig. 4. Dependence  $u(\rho)$  for all raw materials**

Analizując położenie wyników pomiarów dla poszczególnych surowców w stosunku do zależności ogólnej można zauważyć, że najwyższą intensywnością charakteryzują się drgania wzbudane w czasie odpalania serii ładunków w surowcu niskim. Dodatkowo przyglądając się rozmieszczonym stanowiskom w korelacji z intensywnością zaobserwowano, że jedno znacznie się wyróżniało wysoką intensywnością w porównaniu do pozostałych stanowisk pomiarowych – zostało ono oznaczone numerem 10 i zostało szczególnie uwzględnione podczas wyznaczania równań propagacji. Chcąc wyznaczyć równania propagacji dla poszczególnych surowców dokonano założenia, że należy zachować trend zależności ogólnej, a surowce wyszczególnić zmiennymi parametrami  $K$ . Efekt obliczeń przedstawiono w postaci zależności 9 do 16 oraz graficznie na rysunku 5:

dla surowca niskiego

$$u_z = 4458 \cdot \rho^{2,261} \quad (9)$$

$$u_c = 123,6 \cdot \rho^{2,189} \quad (10)$$

dla surowca niskiego i rejonu stanowiska 10

$$u_z = 6109 \cdot \rho^{2,261} \quad (11)$$

$$u_c = 165,6 \cdot \rho^{2,189} \quad (12)$$

dla surowca średniego

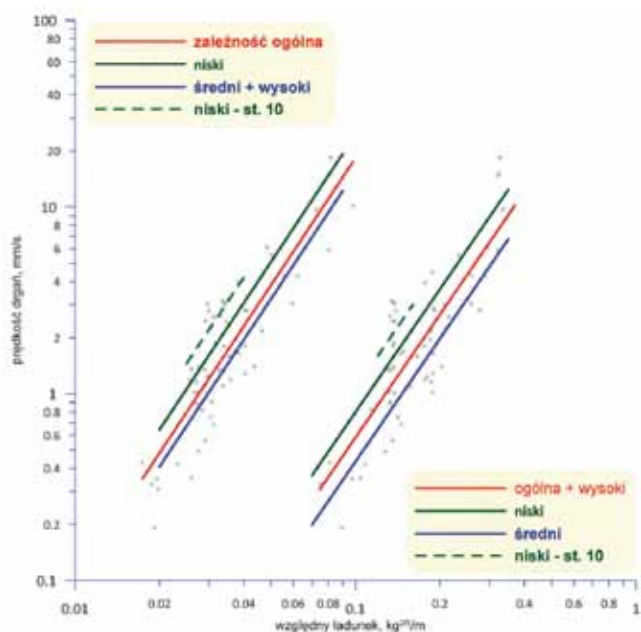
$$u_z = 2828 \cdot \rho^{2,261} \quad (13)$$

$$u_c = 67,1 \cdot \rho^{2,189} \quad (14)$$

dla surowca wysokiego

$$u_z = 2748 \cdot \rho^{2,261} \quad (15)$$

$$u_c = 87,8 \cdot \rho^{2,189} \quad (16)$$



Rys. 5. Zależności  $u(\rho)$  dla poszczególnych surowców  
Fig. 5. Dependencies  $u(\rho)$  for the individual raw materials

Budowa geologiczna złoża Gliniany jest istotnie skomplikowana pod względem chemicznym. Roboty strzałowe prowadzone są w trzech surowcach, a jednocześnie budynki w otoczeniu położone są na różnych podłożach, co dodatkowo komplikuje przeprowadzane analizy. Z rysunku 5 wynika istotna różnica w intensywności drgań wzbudzanych odpaleniem ładunków MW w poszczególnych surowcach, ale jednocześnie można z dużym prawdopodobieństwem wyznaczyć równania opisujące zależność intensywności drgań od masy ładunku MW i odległości do miejsca prowadzenia robót strzałowych (równania 9 do 16).

## 5. Wnioski

Złoże Gliniany jest typowym przykładem wskazującym, jak trudnym zagadnieniem jest wyznaczanie dopuszczalnych ładunków MW dla robót strzałowych prowadzonych w kopalniach odkrywkowych. Rozpoznanie lokalnych wa-

runków geologicznych, rozpoznanie zmienności struktury drgań wzbudzanych detonacją MW, rozpoznanie modyfikacji struktury drgań wynikającej ze zmienności podłoża na drodze fal, uzupełnione dodatkowo o rozpoznanie interakcji układu budynek-podłoże, daje gwarancję poprawnego określenia zarówno równań propagacji, jak i zależności służących do wyznaczania warunków bezpiecznego dla otoczenia wykonywania robót strzałowych.

Niejednokrotnie, jak to w przypadku złoża Gliniany (rys. 5), wskazane powyżej analizy, prowadzą do wyodrębnienia nawet pojedynczych zabudowań.

Rozdział równań propagacji na poszczególne surowce umożliwił powiększenie masy ładunku MW przypadającego na stopień opóźnienia o 34 % dla surowca średniego i o 6 % dla surowca wysokiego względem surowca niskiego. Zbliżone efekty uzyskało się dla masy ładunku MW odpalanego w serii.

Konieczność przeprowadzenia takich analiz wynika przede wszystkim z odpowiedzialności zespołów eksperckich, a uzyskanie materiałów do takich analiz nie jest możliwe przy odpaleniu jednej czy dwóch serii ładunków MW.

## Literatura:

1. *Batko P.*: O wpływie niektórych czynników na efekt sejsmiczny strzelania. Materiały konferencyjne nt. Materiały wybuchowe i technika strzelnicza. Aktualny stan i perspektywy rozwoju. Gliwice-Kraków 1993
2. *Batko P.*: Badanie wpływu własności strzelniczych materiałów wybuchowych na efekt sejsmiczny strzelania. Praca w ramach badań własnych nr 10.100.47. Sprawozdanie z badań wykonanych w 1993 roku. Kraków 1994
3. *Batko P.*: Wpływ wybranych elementów techniki strzelniczej na intensywność drgań gruntów. *Górnictwo i Geoinżynieria* 2004. Zeszyt 3/1. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków
4. *Biessikirski R., Sieradzki J., Winzer J.*: Uwagi praktyczne do nieelektrycznego odpalania długich otworów na przykładzie systemu Nonel Unidet. Konferencja: Technika strzelnicza w górnictwie. Wyd. Art.-tekst, Jaszowice 2001, s. 241÷252
5. *Biessikirski R., Winzer J., Sieradzki J.*: Strefa drgań parasejsmicznych wzbudzanych robotami strzałowymi w odkrywkowych zakładach górniczych. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* 2007, WUG nr 3, Katowice
6. *Cichoński Z.*: Wpływ robót strzałowych na obiekty budowlane w otoczeniu kopalni Gliniany. Praca magisterska, AGH 2012, Kraków.
7. *Crum S., Siskind D.*: Response of Structures to Low — Frequency Ground Vibrations — Preliminary Study. Symp. of Explosives and Blasting, San Diego 1993
8. *Dick R. A., Fletcher L. R., D'Andrea D. V.* (1983): Explosives and Blasting Procedures Manual. U.S. Bureau of Mines IC 8925
9. *Dojcar O.* (1996): Design methods for controlled blasting. Trans. Inst. Mining Metall. Sec. A, t. 105, nr 9–12,
10. *Dubiński J., Mutke G.*: Analiza czynników wpływających na intensywność drgań parasejsmicznych. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* 4(164)/2008, Katowice
11. *Egorov M.G., Glozman L.M.*: Issledovanie sejsmičeskogo dejstvija npromyšlennyh vzryvov na zdaniija i sooruzeniija. Probl. mech. gorn. porod. Tr. 11 Ros. konf. po mech. gorn. porod RusRock-1997, Sankt Petersburg
12. *Karakus D., Pamukcu C., Onur A.H., Konak G., Safak S.*: Investigation of the effect of ground vibration on buildings due to blasting. *Archives of Mining Science*, 2010, Vol. 55, No 1, p. 123÷140.
13. *Kelly M., White T.*: Environmental effect of blasting, Leeds University Mining Association Journal 1993
14. *Korzeniowski J.I Onderka Zb.*: Roboty strzelnicze w górnictwie odkrywkowym. Wydawnictwa i Szkolenia Górnicze Burnat & Korzeniowski, Wrocław 2006

15. *Kuzu C., Hudaverdi T.*: Evaluation of blast-induced vibrations – a case study of the Istanbul Cendere region. Third EFEE Word Conference on Explosives and Blasting, Brighton 2005, p. 119÷123
  16. *Maciąg E.*: Interakcja układu budynek – podłoże podlegającego działaniom sejsmicznym i parasejsmicznym. *Mechanika teoretyczna i stosowana* 4(17), Kraków 1979, s. 497÷536
  17. *Maciąg E., Winzer J., Biesskirski R.*: Metodyka postępowania w ochronie otoczenia w przypadku robót strzałowych. WUG 9/2007 Bezpieczeństwo Pracy i Ochrony Środowiska w Górnictwie, Katowice
  18. *Mazur I.*: Standardy CRH plc. w zakresie robót wiertniczo-strzałowych. *Technika strzelnicza w górnictwie i budownictwie* : konferencja : 25–27 września 2013 roku, Ustroń / Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica. Wydział Górnictwa i Geoinżynierii. Katedra Górnictwa Odkrywkowego. — Kraków : Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „ART-TEKST”, 2013. — ISBN: 978-83-7783-060-4. — S. 169÷178
  19. *Modrzejewski Sz.*: Prognozowanie wpływów robót strzałowych prowadzonych w górnictwie odkrywkowym na środowisko. *Górnictwo Odkrywkowe* ISSN 0043-2075. Nr 5-6/2004; Wrocław, str. 35÷42,
  20. *Modrzejewski Sz.*: Prędkość drgań jako wskaźnik propagacji parasejsmicznej. *Górnictwo i Geoinżynieria. Zeszyt 3/1. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH*, Kraków 2004, str. 361÷372
  21. *Modrzejewski Sz.*: Zasady doboru opóźnień milisekundowych w górnictwie skalnym. *Górnictwo Odkrywkowe* ISSN 0043-2075 Nr 1-2/2006r. Wrocław, str. 153÷159
  22. *Müller B., Böhnke R.*: Verbesserung des sprengergebnisses und verringering von erschütterungen durch anwendung der impulsstheorie bei gewinnungssprengungen. *Górnictwo Odkrywkowe* 7-8/2003
  23. *Oloffson S. O.*: Applied Explosives Technology for Construction and Mining. Nora Boktryckeri AB 1990
  24. *Onderka Zb., Sieradzki J., Winzer J.*: Technika strzelnicza 2 – Wpływ robót strzelniczych na otoczenie kopalń odkrywkowych. UWN-D AGH 2003, Kraków
  25. *Onderka Zb., Sieradzki J.*: Efekt sejsmiczny strzelania w kopalniach odkrywkowych – aktualny stan i zalecane kierunki badań. *Górnictwo i Geoinżynieria. Zeszyt 3/1. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH* 2004, Kraków
  26. PN-85/B-02170 – Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki
  27. *Pyra J.*: Ocena oddziaływania górniczych robót strzałowych na obiekty budowlane. WUG Bezpieczeństwo Pracy i Ochrony Środowiska w Górnictwie nr 3/2008, Katowice
  28. *Pyra J.* : Zastosowanie opóźnień milisekundowych do minimalizacji oddziaływania robót strzałowych na obiekty budowlane — *Górnictwo i Geoinżynieria / Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica*, Kraków 2010; ISSN 1732-6702.
  29. *Soltani S., Bakhshandeh-Amnieh H., Bahadori M.*: Predicting ground vibration caused by blasting operations in Sarcheshmeh copper mine considering the charge type by Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). *Archives of Mining Science* 2011, Vol. 56, No 4, p. 701÷710.
  30. *Soltani S., Bakhshandeh-Amnieh H., Bahadori M.*: Investigating ground vibration to calculate the permissible charge weight for blasting operations of Gotvand-Olya dam underground structures. *Archives of Mining Science* 2012, Vol. 57, No 3, p. 687÷697.
  31. *Siskind D. E.*: Noise and Vibrations in Residential Structures from Quarry Production Blasting: Measurements at six sites in Illinois 1979. University of Michigan Library
  32. *Winzer J., Biesskirski R., Sieradzki J.*: Roboty strzałowe a ochrona środowiska – uwagi krytyczne nie tylko o oddziaływaniu na obiekty. *Prace naukowe GiG*, Katowice 2006
  33. *Winzer J., Pyra A.*: Tłumienie drgań parasejsmicznych przy przejściu z podłoża do obiektów chronionych. *ZG SITG*, Katowice, *Przegląd Górnicy*, nr 6/2007
  34. *Winzer J.*: Przyczynek do dyskusji nad oddziaływaniem drgań na obiekty otoczenia kopalń odkrywkowych. *ZG SITG*, Katowice, *Przegląd Górnicy*, nr 2/2008, s. 10÷19
-