

mgr inż. JACEK ZAJĄC (ORCID: 0000-0003-2975-6680)
 dr inż. PIOTR KOWALSKI (ORCID: 0000-0003-4066-9967)
 mgr inż. MAŁGORZATA REJMAN (ORCID: 0000-0002-2317-3356)

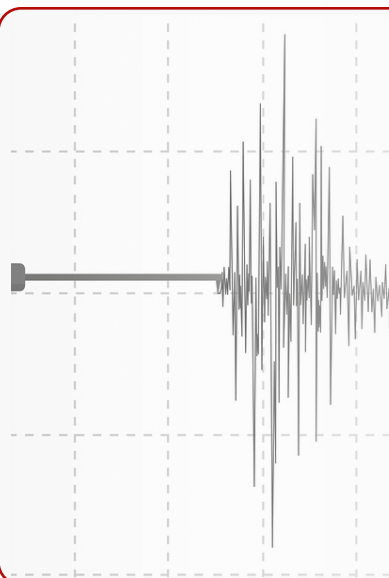
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: jazaj@ciop.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0014.0962

Drgania o ogólnym działaniu na wybranych stanowiskach pracy w firmach zajmujących się przeróbką surowców mineralnych – wyniki badań własnych

Fot. dmitry/Bigstockphoto



W artykule przedstawiono wyniki badań drgań działających w sposób ogólny na 30 stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych. Analiza narażenia na drgania ogólne wykazała, że na tego typu stanowiskach pracy mogą wystąpić przekroczenia wartości dopuszczalnych. Na 7 spośród zbadanych stanowisk ryzyko zawodowe ze względu na drgania ogólne oszacowano jako *duże*. Na 6 stanowiskach pracy wyznaczone wartości dziennych ekspozycji przekraczały 0,5 NDN (ryzyko *średnie*), także na 6 stanowiskach nie przekraczały 0,5 NDN (ryzyko *małe*). Na 11 stanowiskach ryzyko zawodowe oszacowano jako *pomijalnie małe* (wartości dziennych ekspozycji nie przekraczają 0,2 NDN). Uzyskane wyniki badań wskazują na potrzebę przeprowadzania pomiarów kontrolnych i oceny drgań ogólnych na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych.

Słowa kluczowe: drgania ogólne, ryzyko zawodowe, pomiary drgań, przeróbka surowców mineralnych

General vibrations at chosen workstations in companies associated with the processing of raw minerals – original research results

The paper presents the results of whole-body vibration research at 30 workstations associated with the processing of raw minerals. Measurements of the acceleration of mechanical vibrations were carried out at selected workstations located in places where the person supervising the machine/equipment works. Based on the results of the measurements, daily exposure levels to whole-body vibration and occupational risk were determined. The risk was *large* at 7 workstations. At 6 workstations the daily exposure values exceeded 0.5 the threshold limit value (TLV) (*medium risk*); at 6 workstations did not exceed 0.5 TLV (*low risk*). At 11 workstations daily exposure values do not exceed 0.2 TLV (*negligible risk*). Obtained research results indicate the need to carry out control measurements and WBV assessment at workstations associated with the processing of mineral raw materials.

Keywords: whole-body vibration, occupational risk, vibration measurements, processing of mineral raw materials

Wstęp

Na podstawie danych z lat 2018-2019, zawartych w sprawozdaniach z działalności GUS, można oszacować, że na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych (takich jak: wapień, dolomit, rudy miedzi itp.) zatrudnionych jest ponad 130 tys. pracowników [1]. Jak wynika z przeglądu literatury, obecnie pomiary drgań mechanicznych, pochodzących od maszyn i urządzeń wykorzystywanych w przemyśle do przeróbki surowców mineralnych, przeprowadzane są zazwyczaj w celu diagnozowania i monitoringu ich stanu technicznego. Wynika to z faktu, że drgania mechaniczne na niektórych tego typu stanowiskach pracy nie są jeszcze dostatecznie rozpoznane pod kątem narażenia pracowników przebywających w pobliżu (np. sprawując nadzór) maszyn i urządzeń, związanych z przeróbką surowców mineralnych.

Badania drgań mechanicznych, chociaż oczywiście prowadzone w przeszłości w różnych ośrodkach naukowych, obecnie na takich stanowiskach

pracy nie są wykonywane wszędzie, a w niektórych miejscach przeprowadzane są w ograniczonym zakresie. W dużej mierze, jeżeli taka sytuacja ma miejsce, wynika z braku rozpoznania głównych źródeł narażenia na drgania pracowników, niekiedy konieczności użycia niestandardowej aparatury, a także ograniczonych możliwości przebywania na tego typu stanowiskach pracy dodatkowej osoby poza głównym operatorem. Ze względu na powyższe, ocena ryzyka zawodowego w takich miejscach bywa zatem niepełna, a należy podkreślić, że do jej przeprowadzania pracodawcy są zobowiązani zarówno na podstawie dyrektywy 2002/44/WE w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (wibracjami) [2], jak i Kodeksu pracy. W celu uzupełnienia stanu wiedzy na temat sposobu przeprowadzania pomiarów drgań o ogólnym działaniu, a tym samym oceny narażenia pracowników na nie, na stanowiskach pracy

związanych z przeróbką surowców mineralnych przeprowadzono badania własne w wybranych przedsiębiorstwach w Polsce.

Opis badań własnych – metoda badawcza

Zastosowana przez autorów metoda badań jest oparta na jednoczesnej rejestracji przebiegów czasowych sygnałów przyspieszeń drgań w trzech kierunkach: x, y, z. Podstawową wielkością wyznaczaną w celu oceny narażenia pracownika na drgania jest dzienna ekspozycja A (8), bazująca na dawce drgań $D_{calkowita}$, która – jak się zakłada, najlepiej odzwierciedla działanie drgań na organizm człowieka [3-6].

$$D_{calkowita} = \sum_{i=1}^n a_i^2 \cdot t_i, \text{ m}^2/\text{s}^3 \quad (1)$$

gdzie:

a_i – przyspieszenie drgań w i-tym przedziale czasu, m/s^2

t_i – czas działania przyspieszenia drgań, s

Dawka drgań wyznaczana jest na podstawie zmierzonych skorygowanych wartości składowych kierunkowych przyspieszeń drgań i jest wielkością wyznaczaną pośrednio przy obliczaniu wartości dziennej ekspozycji na drgania $A_l(8)$.

Dzienna ekspozycja na drgania o ogólnym działaniu $A_l(8)_{WB}$ wyznaczana jest z następującej zależności:

$$A_l(8)_{WB} = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wli}^2 \cdot T_i}, \text{ m/s}^2 \quad (2)$$

gdzie:

a_{wli} – skorygowana częstotliwościowo skuteczna wartość przyspieszenia drgań określona w odniesieniu do przedziału czasu T_i [s],

l – kierunek x, lub y lub z

$k_x = k_y = 1,4$ w przypadku kierunków x i y; $k_z = 1$ w przypadku kierunku z

T_0 – czas odniesienia równy 8h (480 min = 28800 s)

Oceny narażenia zdrowia pracownika ze względu na drgania mechaniczne dokonuje się poprzez porównanie wyznaczonych dziennej ekspozycji z wartościami dopuszczalnymi, podanymi w rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [7]. W wyniku tego porównania wyznaczana jest krotność przekroczenia wartości dopuszczalnej ekspozycji na drgania działające w sposób ogólny:

$$k_{r,WB} = \frac{A(8)_{WB}}{A(8)_{WB,dop}}, \quad (3)$$

gdzie:

$A(8)_{WB}$ – wyznaczona wartość dziennej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu, m/s^2

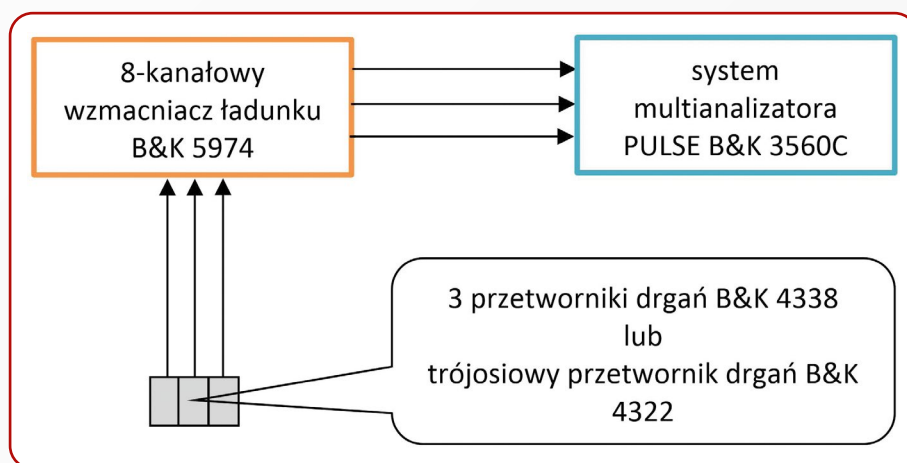
$A(8)_{WB,dop}$ – dopuszczalna wartość dziennej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu, m/s^2 .

Przy pomocy wartości krotności można ocenić wielkość ryzyka zawodowego ze względu na zagrożenia drganiami mechanicznymi. Przyjęto, że ryzyko zawodowe jest *pomijalnie małe*, jeżeli wyznaczona w odniesieniu do badanego stanowiska pracy krotność, jest mniejsza niż 0,2 ($kr < 0,2$), zaś *małe*, gdy krotność mieści się w zakresie: $0,2 \leq kr \leq 0,5$. Ryzyko zawodowe jest *średnie* (akceptowalne), jeżeli wyznaczona w stosunku do stanowiska pracy krotność jest z zakresu: $0,5 < kr \leq 1$. Ryzyko zawodowe jest *duże* (nieakceptowalne), jeżeli wyznaczona w odniesieniu do stanowiska pracy krotność jest większa od 1, $kr > 1$ [7, 8].

Ocena ryzyka zawodowego ze względu na zagrożenia drganiami mechanicznymi decyduje o rodzaju przedsięwzięć, które należy podjąć w ramach realizacji polityki bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników, a także o terminie wykonania następnych badań drgań na ocenianym stanowisku pracy. Częstotliwość wykonywania badań czynników potencjalnie szkodliwych na stanowiskach pracy w zależności od wielkości ustalonego ryzyka zawodowego, jest określona w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [9].

Aparatura pomiarowa

Tytułowe badania przeprowadzono przy użyciu dwóch alternatywnych zestawów przyrządów pomiarowych. Jeden z nich (do pomiaru przyspieszeń drgań na 27 stanowiskach pracy, na których



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego

Fig. 1. Diagram of the measurement set

realizowane są poszczególne procesy etapów technologicznych) bazował na trzech przetwornikach drgań, drugi zaś (do pomiaru przyspieszeń drgań na 3 stanowiskach pracy związanych z transportem wewnątrzzakładowym przerabianego surowca) na siedziskowym trójosiowym przetworniku drgań. Dobre zestawy aparatury umożliwiły pomiar i rejestrację sygnałów w całym zakresie częstotliwości drgań działających w sposób ogólny na pracownika: $0,9 \div 90$ Hz bez zniekształceń i zakłóceń. Na rys. 1 przedstawiono schemat zestawu aparatury pomiarowej w kontekście zastosowanej aparatury (przykładowe źródło drgań zostało uwidocznione na rys. 2.).

Przetworniki drgań mocowano za pośrednictwem kostki pomiarowej przy użyciu magnesu, dwustronnej taśmy klejącej lub kleju na bazie dwuskładnikowej masy żywicznej – w zależności od rodzaju podłoża. Siedziskowy trójosiowy przetwornik drgań mocowano do foteli operatorów przy pomocy taśm. Przetworniki umieszczano w taki sposób, aby kierunki pomiarowe odpowiadały anatomicznemu układowi odniesienia X, Y, Z.

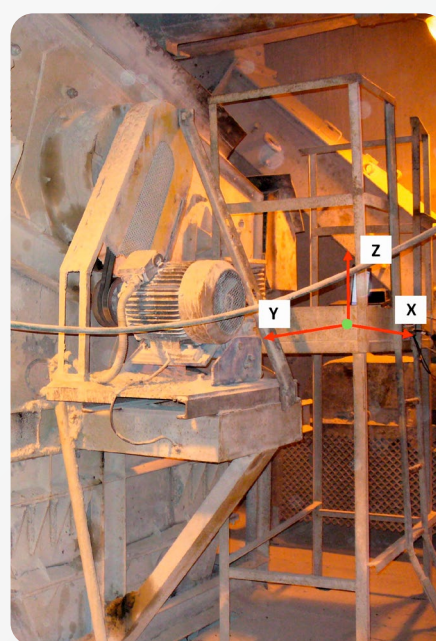
Na każdym stanowisku pracy przeprowadzano 3 pomiary. Czas trwania każdego z nich wynosił 5 minut. Określone na podstawie obserwacji i pomiarów wstępnych liczba i czas trwania pomiarów, były wystarczające do wykazania, że otrzymana wartość średnia jest reprezentatywna w odniesieniu do drgań występujących przez cały dzień pracy [10].

Obiekty badań

Pomiary przyspieszeń drgań o ogólnym działaniu przeprowadzono w czterech przedsiębiorstwach zajmujących się przeróbką surowców mineralnych (takich jak: rudy miedzi, wapienie, dolomity). Do badań wybrano 27 stanowisk pracy, na których realizowane są poszczególne procesy etapów technologicznych (pracownik w pozycji stojącej), oraz 3 stanowiska pracy związane z transportem wewnątrzzakładowym przerabianego surowca (pracownik w pozycji siedzącej).

Ze względu na zastrzeżone informacje danych technicznych wykorzystywanych maszyn/urządzeń w firmach, w których przeprowadzono badania, w artykule zamieszczone zostały jedynie nazwy użytkowe badanych obiektów.

Pomiary przeprowadzano w miejscach przebywania osoby nadzorującej pracę maszyny/



Rys. 2. Lokalizacja punktu pomiarowego (zielona kropka) i kierunki pomiarowe na stanowisku pracy zlokalizowanym przy przesiewaczu sitowym

Fig. 2. Location of measurement point (green dot) and measurement directions at workstation near the rectangular screen

urządzenia. Punkty pomiarowe były lokalizowane na podłożu przy maszynie, na platformie okalającej urządzenie lub na siedzkach (w przypadku pojazdów transportu wewnątrzzakładowego). Przykład lokalizacji i orientacji punktów pomiarowych na jednym z badanych stanowisk pracy, przedstawiono na rys. 2.

Wyniki badań

Na podstawie zarejestrowanych wartości przyspieszeń drgań wyznaczono dzienne ekspozycje oraz ryzyko zawodowe na 30 stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych.

W tabeli przedstawiono wyznaczone wartości dziennej ekspozycji na drgania działające na człowieka w sposób ogólny $A(8)$ w przypadku czasu narażenia 480 min, oraz ocenę ryzyka zawodowego na zbadanych stanowiskach pracy.

Tabela. Dzienna ekspozycja na drgania działające w sposób ogólny oraz ocena ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy związanych z przeróbką surowców mineralnych
 Table. Daily exposure to whole-body vibration and occupational risk determined on the workstations associated with the processing of mineral raw materials

Nr Stanowiska	Objekt pomiaru	Dzienna ekspozycja na drgania (największa składowa kierunkowa) $A_z(8) \text{ m/s}^2$	Ryzyko zawodowe	
1	Kruszarka młotowa KR3 – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy kruszarce młotowej	$A_z(8)=0,05$	Pomijalnie małe	
2	Kruszarka szczękowa	punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy szafie sterowniczej na poziomie stalowo-człono-wym maszyny	$A_z(8)=0,05$	Pomijalnie małe
3		punkt pomiarowy na podeście wykonanym ze stalowych płyt przy kruszarce szczękowej	$A_z(8)=0,17$	Małe
4	Kruszarka szczękowa – punkt pomiarowy na betonowym podłożu u podstawy maszyny, przy szafie sterowniczej	$A_z(8)=0,02$	Pomijalnie małe	
5	Kruszarka szczękowa – punkt pomiarowy u podstawy maszyny na pomoście wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=1,55$	Duże	
6	Kruszarka szczękowa 40-17	punkt pomiarowy przy kruszarce na pomoście wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,40$	Małe
7		punkt pomiarowy na podłodze w wibroizolowanej kabinie operatora	$A_z(8)=0,09$	Pomijalnie małe
8	Kruszarka stożkowa – punkt pomiarowy na metalowym podłożu u podstawy maszyny, przy szafie sterowniczej	$A_z(8)=0,42$	Średnie	
9	Przesiewacz SWR-1 – punkt pomiarowy przy wibroizolatorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,34$	Małe	
10	Przesiewacz SWR-3	punkt pomiarowy przy wibroizolatorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,32$	Małe
11		punkt pomiarowy przy silniku i reduktorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=1,23$	Duże
12		punkt pomiarowy przy taśmociągu transportowym na podeście wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=2,46$	Duże
13	Przesiewacz sitowy – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy silniku przesiewacza	$A_z(8)=0,81$	Duże	
14	Przesiewacz sitowy – punkt pomiarowy przy silniku przesiewacza na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=1,81$	Duże	
15	Przesiewacz sitowy – punkt pomiarowy przy wibroizolatorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,81$	Duże	
16	Mobilny przesiewacz sitowy Metso ST 458 – punkt pomiarowy na gruncie przy panelu sterowniczym przesiewacza	$A_z(8)=0,03$	Pomijalnie małe	
17	Przesiewacz sitowy WPB-821 – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy przesiewaczu	$A_z(8)=0,16$	Małe	
18	Przesiewacz palcowy – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy wibroizolatorze	$A_z(8)=0,15$	Pomijalnie małe	
19	Przesiewacz wibracyjny RHEWUM – punkt pomiarowy przy przesiewaczu na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,56$	Średnie	
20	Separator piasku – punkt pomiarowy przy separatorze na podłożu wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,47$	Średnie	
21	Młyn kulowy MK-121	punkt pomiarowy przy młynie na podeście wykonanym ze stalowych płyt	$A_z(8)=0,19$	Małe
22		punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy młynie	$A_z(8)=0,06$	Pomijalnie małe
23	Młyn misowo-walcowy Gebr.Pfeiffer – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy młynie	$A_z(8)=0,02$	Pomijalnie małe	
24	Młyn misowo-walcowy 521/37 Gebr.Pfeiffer – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy młynie	$A_z(8)=0,02$	Pomijalnie małe	
25	Susznarnia rurowa obrotowa S-4	punkt pomiarowy na podłożu wykonanym ze stalowych płyt, podczas odwadniania koncentratu	$A_z(8)=0,44$	Średnie
26		punkt pomiarowy na podeście wykonanym ze stalowych płyt, podczas suszenia termicznego	$A_z(8)=0,07$	Pomijalnie małe
27	Podajnik taśmowy – punkt pomiarowy na betonowym podłożu przy silniku-reduktorze podajnika taśmowego	$A_z(8)=0,12$	Pomijalnie małe	
28	Ładowarka kołowa VOLVO L350F – punkt pomiarowy na siedzisku	$A_z(8)=0,73$	Średnie	
29	Ładowarka kołowa CATERPILLAR CAT 988F – punkt pomiarowy na siedzisku	$A_z(8)=0,73$	Średnie	
30	Samochód ciężarowy – wywrotka kopalniana BIEŁAZ 7547 – punkt pomiarowy na siedzisku	$A_z(8)=0,81$	Duże	

Podsumowanie

Analiza narażenia na drgania o ogólnym działaniu przeprowadzona na 30 wybranych stanowiskach pracy, związanych z przeróbką surowców mineralnych, wykazała, że na niektórych z nich występują przekroczenia wartości dopuszczalnych. Na 7 spośród zbadanych stanowisk oszacowano ryzyko *duże*. Na 6 stanowiskach pracy wyznaczone wartości dziennych ekspozycji przekroczyły 0,5 NDN (ryzyko *średnie*), także na 6 stanowiskach nie przekroczyły 0,5 NDN (ryzyko *małe*). Na 11 stanowiskach ryzyko zawodowe ze względu na zagrożenia drganiami oszacowano jako *pomijalnie małe* (wartości dziennych ekspozycji nie przekroczyły 0,2 NDN).

Uzyskane wartości dziennej ekspozycji na drgania na zbadanych stanowiskach pracy w dużej mierze zależały od lokalizacji punktów pomiarowych. Większe wartości rejestrowano w miejscach, gdzie podłoże, na którym stał pracownik nadzorujący działanie maszyny, było wykonane ze stalowych płyt w porównaniu do podłoża betonowego lub gruntu. W przypadku stanowisk pracy, na których występują przekroczenia wartości dopuszczalnych, należałoby

rozważyć zastosowanie wibroizolacji lub ograniczyć czas ekspozycji pracownika na drgania.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Główny Urząd Statystyczny, Warunki pracy w 2018 r. Warszawa, Gdańsk 2019
- [2] Dyrektywa 2002/44/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (wibracji) (szesnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG).
- [3] ENGEL, Z. Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem. [Protecting the Environment against Vibration and Noise] Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.
- [4] ENGEL, Z., KOWALSKI, P. Evaluation indices of exposure to vibration, Machine Dynamics Problems. str. 21 – 33. tom 24, nr 3. Warszawa. 2000.
- [5] ENGEL, Z., ZAWIESKA, W.M. Hałas i drgania w procesach pracy: źródła, ocena, zagrożenia. [Noise and vibration in work processes. Sources, assessment, threat] Wydawnictwo CIOP-PIB, Warszawa, 2010.
- [6] GRIFFIN, M. J. Effects of Vibration on People, in Handbook of Noise and Vibration Control (ed M. J. Crocker). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken. NJ. USA. 2008 doi: 10.1002/9780470209707.ch2.

[7] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2018 poz. 1286).

[8] KOWALSKI, P., ZAJĄC, J. Ocena narażenia na drgania mechaniczne pracowników transportu wewnątrzzakładowego w celu profilaktyki. [Assessment of exposure to mechanical vibrations of employees of in-house transport for the purpose of prevention]. Program wieloletni pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, okres realizacji 2008-2010.

[9] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2011 nr 33 poz. 166).

[10] Norma PN-EN 14253+A1:2011 – Drgania mechaniczne – Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia – Wytyczne praktyczne.

Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.