

Leszek Solecki

OCENA CAŁOROCZNEJ EKSPOZYCJI ROLNIKÓW INDYWIDUALNYCH NA DRGANIA MECHANICZNE ODDZIAŁUJĄCE NA CAŁE CIAŁO W WYBRANYCH GOSPODARSTWACH RODZINNYCH O PROFILU PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ

ASSESSMENT OF ANNUAL EXPOSURE OF PRIVATE FARMERS TO THE WHOLE BODY MECHANICAL VIBRATION
ON SELECTED FAMILY FARMS OF ANIMAL PRODUCTION PROFILE

Instytut Medycyny Wsi im. W. Chodźki, Lublin
Zakład Fizycznych Szkodliwości Zawodowych

STRESZCZENIE

Wstęp: Drgania mechaniczne o oddziaływaniu ogólnym (na całe ciało) stanowią obok hałasu istotny szkodliwy czynnik fizyczny w środowisku pracy rolnika. Drgania te występują na siedzikach pojazdów rolnych będących w ruchu podczas wykonywania określonych prac rolnych i transportowych. **Materiał i metody:** Zakres badań obejmował przeprowadzenie chronometraży prac rolnych oraz pomiary ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań (m/s^2), wyrażone jako wartości skuteczne (r.m.s.) dla każdej z trzech osi na powierzchni siedziska w okresie całego roku. Podstawowym parametrem wibracyjnym była dawka drgań (d). Określano następujące wartości: sumaryczną miesięczną dawkę drgań, średnią równoważną dzienną dawkę drgań oraz średnie równoważne dzienne przyspieszenie drgań. **Wyniki:** Najwyższe wartości sumarycznej dawki drgań (d) występują zarówno w miesiącach letnio-jesiennych (sierpień, wrzesień), jak i wiosennych (kwiecień, maj). Średnia równoważna wartość dziennego przyspieszenia drgań wykazuje najwyższe wartości w czterech miesiącach roku: kwietniu, maju ($0,50-0,53 m/s^2$) oraz sierpniu i wrześniu ($0,47-0,50 m/s^2$); wartość przeciętna tego parametru, dla całego roku, osiąga poziom $0,37 m/s^2$. **Wnioski:** Z uwagi na występowanie w pojazdach rolnych wstrząsów mechanicznych (wartości średnie maksymalnych przyspieszeń drgań: $0,86-0,99 m/s^2$ powyżej normy) oraz przekraczanie poziomu progowego działania drgań należy podjąć odpowiednie kroki w zakresie ochrony rolników indywidualnych przed ryzykiem wynikającym z narażenia na drgania mechaniczne podczas wykonywanej pracy. Med. Pr. 2010;61(2):143–154

Słowa kluczowe: wibracja ogólna, ekspozycja całoroczna, dawka drgań, przyspieszenie drgań, rolnicy indywidualni, produkcja zwierzęca

ABSTRACT

Background: Besides noise, mechanical vibration of a general effect (whole body vibration), is an important physical risk factor that occurs in the farmers' work environment. The vibration occurs on the seats of agricultural vehicles in motion, during the performance of specified field and transportation work tasks. **Material and Method:** The study covered the measurements of time schedules of agricultural activities, and effective values (RMS) for frequency of weighted vibration acceleration (equivalent), frequency corrected, on the seats of farm vehicles in three spatial directions of vibration (X,Y,Z) throughout the year. The basic vibration parameter was the dose (d). The following values were determined: total monthly vibration dose, mean equivalent daily vibration dose and mean equivalent daily vibration acceleration. **Results:** The highest values of the total monthly vibration dose occur both during summer-autumn months (August, September), and in spring (April, May). The mean equivalent daily vibration acceleration shows the highest values during four months of the year: April and May ($0.50-0.53 m/s^2$), and August and September ($0.47-0.50 m/s^2$); the average value of this parameter, for the whole year, reaches the level of $0.37 m/s^2$. **Conclusions:** Considering the fact that mechanical shocks occur in agricultural vehicles (mean maximum accelerations values registered: $0.86-0.99 m/s^2$; standard exceeding), and the threshold level of vibration exceeds the required values, adequate steps should be undertaken to protect private farmers against the risk resulting from exposure to mechanical vibration while performing their work. Med Pr 2010;61(2):143–154

Key words: whole body vibration, annual exposure, vibration dose, vibration acceleration, private farmers, animal production

Adres autora: Zakład Fizycznych Szkodliwości Zawodowych, Instytut Medycyny Wsi im. W. Chodźki,
ul. Jaczewskiego 2, 20-090 Lublin, e-mail: solecki20@wp.pl
Nadesłano: 27 lipca 2009
Zatwierdzono: 23 listopada 2009

WSTĘP

Drgania mechaniczne o oddziaływaniu ogólnym (na całe ciało) stanowią obok hałasu (1,2) istotny szkodliwy czynnik fizyczny występujący w środowisku pracy rolnika. Drgania te występują na siedziśkach pojazdów rolnych będących w ruchu podczas wykonywania określonych prac polowych i transportowych (3–7). Z kolei operatorzy obsługujący jednoosiowe ciągniki rolnicze narażeni są na drgania mechaniczne przekazywane z rękojeści maszyny na ręce operatora (8).

Przeprowadzone wcześniejsze wstępne badania drgań mechanicznych (7) emitowanych przez pojazdy rolne wykazały, że szczególne zagrożenie dla zdrowia rolników mogą stwarzać drgania mechaniczne występujące na siedziśkach podczas wykonywania takich prac, jak przetrząsanie i zgrabianie siana, rozsiewanie nawozów, agregatowanie gleby, koszenie trawy i kultywacja. Odbywają się one przy podwyższonych prędkościach roboczych ciągników poruszających się najczęściej po utwardzonym i nierównym podłożu.

Długotrwałe działanie ogólnych drgań mechanicznych może wywoływać w organizmie człowieka szereg niespecyficznych zmian o różnorodnym charakterze w obrębie narządów i układów (9–11), takich jak układ ruchu, układ trawienny, układ rozrodczy kobiet, narządy zmysłów i obwodowy układ krążenia. Obecnie coraz częściej pojawiają się doniesienia o dolegliwościach w obrębie kręgosłupa zgłaszanych przez pracowników eksponowanych na wibracje ogólne, w tym także przez rolników (12–19). Rolnicy najczęściej skarżą się na bóle zlokalizowane w odcinku lędźwiowym kręgosłupa (20–26). Zmiany stwierdzone w kręgosłupie (badania radiologiczne) dotyczą dyskopatii i zniekształceń zwyrodnieniowych kręgów i stawów, których podstawową przyczyną może być wpływ drgań mechanicznych na całe ciało. O większym stopniu uszkodzeń kręgosłupa w tej grupie zawodowej może decydować występowanie w środowisku pracy rolników wstrząsów mechanicznych (7,27).

Z uwagi na dużą liczbę prac polowych i transportowych, wykonywanych w różnych warunkach meteorologicznych i glebowych, oraz na zmienny czas ekspozycji dziennej na drgania jedynie właściwą metodą oceny stopnia zagrożenia rolników drganiami mechanicznymi o oddziaływaniu na całe ciało jest przeprowadzanie badań w okresie całego roku kalendarzowego. Ocena całorocznej ekspozycji na drgania ogólne rolników prowadzących gospodarstwa o wyspecjalizowanych kierunkach produkcji jest problemem nowym, o nowatorskim podejściu, praktycznie mało poruszonym

zarówno w kraju, jak i za granicą (25). Podjęcie tego tematu stanowi o oryginalności niniejszej pracy.

W celu rozpoznania i oceny całorocznej ekspozycji rolników indywidualnych na drgania mechaniczne oddziałujące na całe ciało, pracujących w wybranych gospodarstwach rodzinnych o profilu produkcji zwierzęcej, przeprowadzono badania w ramach przyznanego grantu (28).

MATERIAŁ I METODY

Do badań wytypowano 16 gospodarstw rodzinnych zlokalizowanych na terenie 6 gmin w województwie lubelskim, w których użytkowana jest ziemia orna o powierzchni 14–50 ha (średnio: 25,8 ha) i prowadzona jest głównie produkcja zwierzęca. Gospodarstwa te wyposażone były w ciągniki rolnicze i podstawowy zestaw maszyn współpracujących z ciągnikami, a także w niewielkiej liczbie maszyny samojezdne (głównie kombajny zbożowe).

Większość z 42 ciągników użytkowanych w wytypowanych gospodarstwach rolnych stanowiły ciągniki o małej mocy (większa część typu C-330 — 15 ciągników) i średniej (typ C-360 — 13 ciągników) oraz ciągniki produkcji czeskiej („Zetor” — 8 sztuk). Najmniej było ciągników o dużej mocy (6 sztuk produkcji polskiej różnego typu).

Wytypowane gospodarstwa rolne specjalizowały się głównie w produkcji zwierzęcej (hodowla bydła mlecznego i trzody chlewnej). Do produkcji paszy dla zwierząt stosowano surowce wytworzone we własnym gospodarstwie, to jest: zboże, zielonkę, kukurydzę, siano, wysłodki buraczane, marchew oraz liście z buraków. Dodatkowo produkowano warzywa i rośliny korzeniowe (ziemniaki, buraki cukrowe lub pastewne).

Zakres badań obejmował:

- przeprowadzenie chronometraży prac rolnych wykonywanych przez rolników w ich własnym gospodarstwie, w trakcie których występowały ekspozycje na drgania (pomiaru te realizowali rolnicy, pod nadzorem i kontrolą zespołu badawczego Instytutu Medycyny Wsi im. W. Chodźki);
- pomiary ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań (m/s^2) wyrażone jako wartości skuteczne (Root Mean Square — r.m.s.) dla każdej z trzech osi na powierzchni siedziska.

Zarówno pomiary chronometrażowe, jak i pomiary drgań realizowano podczas wykonywania przez rolników podstawowych prac polowych i transportowych, w okresie całego roku kalendarzowego.

W badaniach wykorzystano aparaturę naukowo-badawczą (spełniającą wymogi badawcze) firmy SVANTEK, w skład której wchodził przenośny analizator dźwięku i drgań typ SVAN 912 AE, czterokanałowy moduł pomiarowy typ SV 06A oraz trójosiowy czujnik siedziskowy typ PD 3s (prod. Emsonmat). Aparatura ta wyposażona była w filtry korekcyjne odnoszące się do trzech kierunków drgań, oznaczone symbolami: W_k (drgania ogólne, pionowe, oś „Z”) oraz W_d (drgania ogólne poziome, oś „X” lub „Y”), pozwalające uzyskiwać wartości przyspieszeń drgań, skorygowane częstościowo.

Do oceny stopnia zagrożenia rolników indywidualnych drganiami mechanicznymi, o działaniu na całe ciało, wykorzystano parametr wibracyjny, zwany dawką drgań (29,30) i określany wzorem:

$$d = \sum_{i=1}^n a_{w,i}^2 \times t_i \quad [1]$$

gdzie:

d — dawka drgań,

n — liczba przedziałów czasowych,

$a_{w,i}$ — skorygowana częstościowo wartość dominująca przyspieszenia drgań, z uwzględnieniem właściwych współczynników kierunkowych ($1,4 a_{w,x}$, $1,4 a_{w,y}$, $a_{w,z}$) w przedziale czasowym i (m/s^2),

t_i — czas działania drgań w przedziale czasowym i (godz.),

i — przedział czasowy.

Definicja dawki drgań zawiera w sobie dwie wielkości fizyczne — intensywność drgań, wyrażaną przez ważoną częstościowo wartość przyspieszenia $a_{w,i}$ oraz czas działania drgań t w określonych przedziałach czasowych i . Jednostką dawki drgań jest $m^2/s^4 \times \text{godz}$.

Na podstawie przeprowadzonych dokładnych chronometraży oraz wyników pomiarów przyspieszeń drgań otrzymano dane świadczące o poziomie zagrożenia rolników drganiami mechanicznymi działającymi na całe ciało oraz o czasie trwania ekspozycji na wibracje w poszczególnych miesiącach roku. Dla wyliczanej dawki drgań (d) określano następujące wartości: sumaryczną miesięczną dawkę drgań oraz średnią równoważną dzienną dawkę drgań (odnoszącą się do ustawowych dni roboczych w miesiącu). Średnia równoważna dzienna dawka drgań (dla danego miesiąca) to wartość otrzymana ze stosunku sumarycznej miesięcznej dawki drgań do liczby ustawowo ustalonych dni roboczych w danym miesiącu.

Analizę statystyczną wyników badań zrealizowano za pomocą komputerowego programu statystycznego SPSS/PC (31). Oceniano takie parametry statystyczne, jak: normalność rozkładu (skośność, kurtoza, test Kołmogorowa-Smirnowa), wartości średnie (arytmetyczna) i stopień rozproszenia danych (ranga, odchylenia standardowe, przedziały ufności). Dla określenia stopnia zróżnicowania uzyskanych wyników badań przeprowadzono analizę wariancji (jednoczynnikowa ANOVA), stosując test F, liczony jako stosunek zewnątrzgrupowej zmienności do wewnątrzgrupowej zmienności (próby niezależne, o rozkładzie normalnym i mające jednorodną wariancję), wyrażonych jako średnie sumy kwadratów. Dla zbadania jednorodności wariancji wykorzystano test Levena. W celu oceny różnic występujących między uzyskanymi wartościami średnich, odnoszonymi się do poszczególnych miesięcy w roku, zastosowano test mnogich porównań Duncana. Za poziom stanowiący istotność statystyczną danych otrzymanych w poszczególnych testach przyjęto wartość $p \geq 0,05$ (w przypadku testu Kołmogorowa-Smirnowa oznacza to, że rozkład danych spełnia zasady rozkładu normalnego, w przypadku testu Levena wskazuje to na jednorodność wariancji a dla testu Duncana oznacza brak zróżnicowania między średnimi określonych danych).

WYNIKI BADAŃ

Podstawowe dane statystyczne dotyczące sumarycznej miesięcznej dawki drgań mechanicznych w poszczególnych miesiącach analizowanego roku kalendarzowego zawarto w tabeli 1. Przedstawione dane wskazują na występowanie dużej zmienności wyników badań oraz dużego ich zróżnicowania. Szczególnie duże rozproszenie danych uzyskano w kwietniu, maju, październiku i listopadzie, na co wskazuje szeroki zakres mierzonych wartości (ranga) (maksymalnie 79,7–173,6 jednostek, zależnie od miesiąca), duże wartości współczynników spiętrzenia ($k = 2,10$ – $9,68$) i skośności ($\alpha = 1,39$ – $2,88$) oraz duże wartości odchyżeń standardowych (w stosunku do wartości średnich). Mimo takiego rozproszenia rozkłady danych w tych miesiącach zawierają się jeszcze w granicach rozkładu normalnego (test Kołmogorowa-Smirnowa: $p = 0,17$ – $0,39$). Lepszym rozkładem danych, podobnym do rozkładu normalnego ($p = 0,55$ – $0,72$), charakteryzują się miesiące: luty, marzec i czerwiec (niższe wartości analizowanych powyżej parametrów statystycznych). Zdecydowanie najlepszym rozkładem danych, najbardziej zbliżonym do rozkładu normalnego ($p = 0,82$ – $0,99$), cechują się

styczeń, lipiec, sierpień, wrzesień i grudzień (najniższe odchylenia standardowe, małe wartości współczynników spiętrzenia i skośności oraz najniższy zakres mierzonych wartości — w stosunku do wartości średnich).

W celu oszacowania, w jakim przedziale wartości, przy ustalonym poziomie ufności, można spodziewać się prawdziwej średniej miesięcznej wartości dawki drgań obliczono przedziały ufności (dla przyjętego poziomu ufności równego 95% i dwustronnego testu Studenta, po 2,5% poziomie istotności z każdej strony). Przedziały ufności, w jakich zawierają się średnie (tab. 1) obejmują zakres dość zróżnicowany, zależnie od miesiąca. Najmniejsza szerokość przedziału ufności przypada na sześć miesięcy w roku: kwiecień, czerwiec, lipiec, sierpień, wrzesień i październik (stosunek wartości górnych granic ufności do wartości średnich wynosi 1,31–1,40, co odpowiada w skali logarytmicznej wartości 1,2–1,5 dB). W pozostałych miesiącach (styczeń–marzec, maj, listopad–grudzień) szerokość przedziału ufności była większa, a górne granice ufności w stosunku do wartości średnich wynoszą

od 1,44–1,48 ($x_{sr} = 1,6–1,7$ dB) w przypadku stycznia, maja i listopada, do 1,59–1,64 ($x_{sr} = 2,0–2,2$ dB) w lutym, marcu i grudniu.

Z kolei analiza wariancji (ANOVA) dla sumarycznej (miesięcznej) dawki drgań mechanicznych wykazała, że wariancje określone w poszczególnych miesiącach roku różnią się między sobą istotnie statystycznie (test $F = 6,67$; $p = 0,0001$). Również przeprowadzony test Levena na homogeniczność wariancji wskazał, że otrzymane wartości średnie charakteryzują się zróżnicowaną jednorodnością ($S = 2,546$; $p = 0,006$). Badania istotności różnic między poszczególnymi miesiącami w roku wykonane za pomocą testu Duncana wykazały natomiast, że nie ma istotnego zróżnicowania między średnimi dawek sumarycznych w miesiącach: październik, wrzesień, kwiecień, sierpień i maj ($p = 0,117$); grudzień, styczeń, luty i marzec ($p = 0,078$); czerwiec, październik, wrzesień, kwiecień i sierpień ($p = 0,063$); lipiec, listopad, czerwiec, październik, wrzesień i kwiecień ($p = 0,061$); oraz lipiec i listopad ($p = 0,052$).

Tabela 1. Wartości statystyczne sumarycznej miesięcznej dawki drgań mechanicznych (d) [$m^2 \times s^{-4} \times \text{godz.}$]

Table 1. Statistical values of total monthly dose of mechanical vibration (d) [$m^2 \times s^{-4} \times h$]

Miesiące Months	Średnia Mean ±SD	PU	α	k	Ranga Range	p
Styczeń / January	5,16±3,61	2,74–7,58	0,91	0,56	0,93–12,76	0,99
Luty / February	7,39±6,48	2,76–12,03	1,62	2,32	1,80–22,30	0,58
Marzec / March	8,95±9,05	3,20–14,70	1,41	2,15	1,21–31,15	0,55
Kwiecień / April	39,71±26,69	24,93–54,49	1,39	3,44	0,75–112,55	0,17
Maj / May	47,46±38,04	26,39–68,52	2,88	9,68	11,13–173,61	0,32
Czerwiec / June	28,55±19,08	17,98–39,12	1,12	0,90	3,26–70,28	0,72
Lipiec / July	21,73±15,64	13,06–30,40	0,70	–0,02	1,39–56,11	0,99
Sierpień / August	46,10±25,71	31,86–60,34	0,26	–0,94	7,98–93,58	0,87
Wrzesień / September	35,64±22,16	23,37–47,91	0,73	0,04	7,29–84,55	0,98
Październik / October	32,57±19,97	21,51–43,63	2,17	6,07	10,31–93,35	0,39
Listopad / November	26,24±21,66	13,73–38,74	1,59	2,10	4,14–79,71	0,38
Grudzień / December	5,04±3,84	2,09–8,00	1,12	0,59	1,50–12,82	0,82
Dla całego roku / / For whole year	25,38±15,72	15,39–35,37	–0,08	–1,47	5,04–47,46	0,81

Średnia — wartość średnia arytmetyczna / Mean — mean arithmetic value.

Ranga — zakres wartości (min.–maks.) / Range — min–max range.

SD — odchylenie standardowe / standard deviation.

p — prawdopodobieństwo rozkładu normalnego / probability of normal distribution

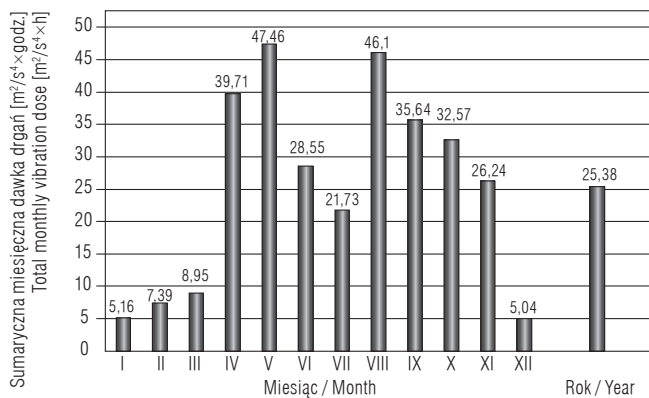
PU — przedział ufności / confidence interval.

α — współczynnik skośności / skewness coefficient.

k — współczynnik spiętrzenia (kurtoza) / kurtosis.

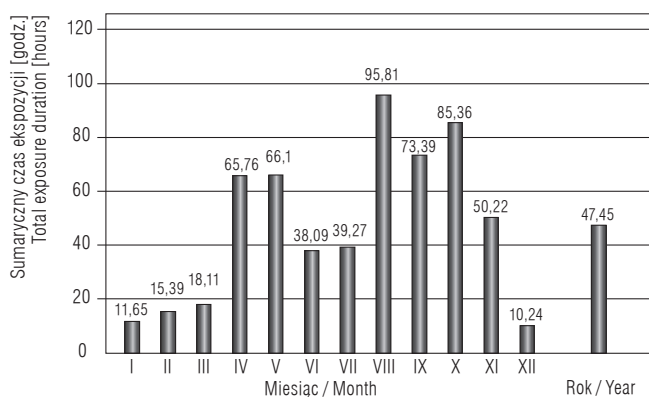
Do analizy i oceny higienicznej wartości przeciętnych dawek drgań mechanicznych, na jakie narażeni są rolnicy indywidualni, wybrano wartości średnie arytmetyczne jako najbardziej adekwatne względem energii mechanicznej. Najwyższe wartości średniej (arytmetycznej) sumarycznej dawki drgań stwierdzono w miesiącach (ryc. 1): maj (47,46 m²/s⁴×godz.), sierpień (46,10 m²/s⁴×godz.), kwiecień (39,71 m²/s⁴×godz.) i wrzesień (35,64 m²/s⁴×godz.); a najniższe w grudniu (5,04 m²/s⁴×godz.), styczniu (5,16 m²/s⁴×godz.), lutym (7,39 m²/s⁴×godz.) i marcu (8,95 m²/s⁴×godz.).

Wysokie wartości sumarycznych dawek drgań w miesiącach letnio-jesiennych (sierpień i wrzesień) należy wiązać z dużym nasileniem prac związanych ze zbiorami roślin okopowych, uprawą gleby oraz transportem produktów rolnych. (Wartości średnie sumarycznego czasu ekspozycji na drgania mechaniczne w tych miesiącach



Ryc. 1. Średnie wartości sumarycznej miesięcznej dawki drgań w poszczególnych miesiącach.

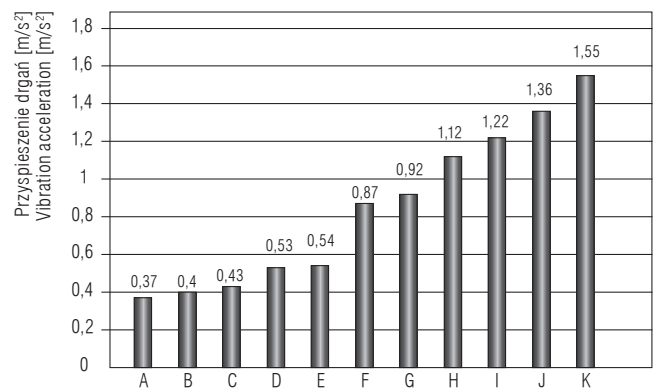
Fig. 1. Mean values of total monthly vibration dose in individual months.



Ryc. 2. Średnie wartości sumarycznego czasu ekspozycji na drgania w poszczególnych miesiącach.

Fig. 2. Mean values of total duration of exposure to vibration in individual months.

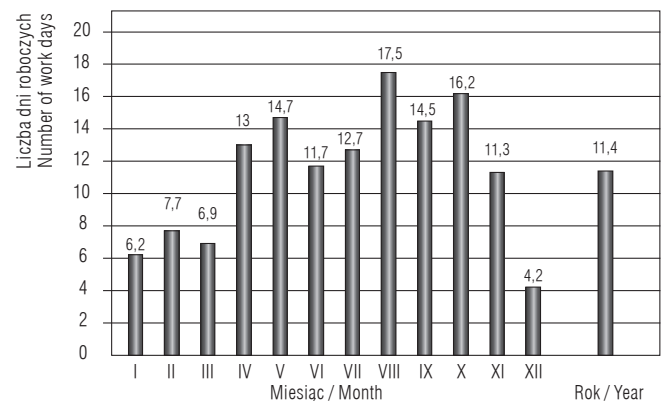
wynosiły: 96 godzin w sierpniu i 73 godzin we wrześniu, ryc. 2). Prace te charakteryzują się emisją drgań o dużych przyspieszeniach (zwłaszcza prace transportowe, wykonywane najczęściej w tych miesiącach, ryc. 3). Powodem jest też duża liczba dni roboczych z ekspozycją na drgania w tych miesiącach (średnio: 15–18 dni, ryc. 4) oraz często wydłużony czas trwania ekspozycji w tych dniach (średnio: 4,8–5,4 godz. dziennie; maksymalnie: 8,7–9,5 godz., ryc. 5; w pojedynczych przypadkach do 16,0–17,5 godz.).



- A — koszenie i rozdrabnianie kukurydzy / cutting and grinding of maize.
- B — zbiór zboża kombajnem / combine harvesting of cereal crops.
- C — kopanie buraków / beetroot digging.
- D — praca ciągnika z ładowaczem czołowym / working with tractor front loader.
- E — kopanie ziemniaków / potato digging.
- F — rozsiewanie nawozów / spreading of fertilizers.
- G — koszenie trawy / grass mowing.
- H — bronowanie / disk harrowing.
- I — transport obornika (droga polna) / transportation of manure (field road).
- J — przetrząsanie i zgrabianie siana / hay tedding and raking.
- K — transport 2 przyczep (droga asfaltowa) / transport of 2 trailers (asphalt road).

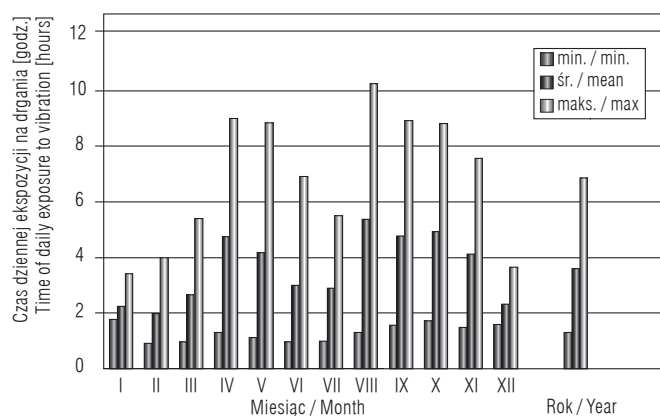
Ryc. 3. Wartości równoważne przyspieszeń drgań (przy ekspozycji 1-godzinnej) dla różnych prac.

Fig. 3. Equivalent values of vibration acceleration (for 1-hour exposition) for different work activities.



Ryc. 4. Średnia liczba dni roboczych w miesiącu, w warunkach narażenia na drgania.

Fig. 4. Mean number of workdays during a month in conditions of exposure to vibration.



Ryc. 5. Czas dziennej ekspozycji na drgania w poszczególnych miesiącach.

Fig. 5. Duration of daily exposure to vibration in individual months.

Z kolei wysokie wartości dawek drgań w maju i kwietniu spowodowane są zarówno wydłużonym czasem ekspozycji na drgania (średni czas sumaryczny: 66 godz.), dużą liczbą dni roboczych (średnio: 13–15 dni), wydłużonym czasem trwania ekspozycji (średnio: 4,2–4,8 godz. dziennie, maksymalnie: 8,0–9,4 godz.; w pojedynczych przypadkach do 13,5–14 godz.) oraz wykonywaniem prac charak-

teryzujących się emisją drgań o wysokich przyspieszeniach w tych miesiącach (transport, przetrząsanie i zgrabianie siana, bronowanie, rozsiewanie nawozów, opryski, ryc. 3).

W przypadku wartości przeciętnej, odnoszącej się do całego roku kalendarzowego (tab. 1), średnia miesięczna dawka drgań osiągnęła wartość równą $25,38 \pm 15,72 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$, z rozkładem danych odpowiadającym rozkładowi normalnemu (test Kołmogorowa-Smirnowa; $p = 0,81$).

Obiektywniejszym wskaźnikiem narażenia, odpowiadającym rzeczywistej ekspozycji na drgania mechaniczne, jest wartość średniej równoważnej dziennej dawki drgań, odniesionej do ustawowo ustalonych dni roboczych w każdym miesiącu (40-godzinny tydzień pracy, święta i soboty wolne od pracy). W wyniku obliczeń uzyskano dane statystyczne, dotyczące tego parametru, które zamieszczono w tabeli 2. Jak z niej wynika, zróżnicowanie średniej równoważnej dziennej wartości dawki drgań jest zdecydowanie mniejsze niż w przypadku omawianej sumarycznej miesięcznej dawki drgań (w przypadku średniej arytmetycznej zawiera się ona w przedziale $0,26\text{--}2,26 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$).

Tabela 2. Wartości statystyczne równoważnej dziennej dawki drgań mechanicznych (d) [$\text{m}^2 \times \text{s}^{-4} \times \text{godz.}$]
Table 2. Statistical values of mean equivalent daily dose of mechanical vibration (d) [$\text{m}^2 \times \text{s}^{-4} \times \text{h}$]

Miesiące Months	Średnia Mean \pm SD	PU	α	k	Ranga Range	p
Styczeń / January	0,28 \pm 0,20	0,14–0,41	0,64	–0,53	0,04–0,63	0,98
Luty / February	0,37 \pm 0,32	0,14–0,60	1,64	2,41	0,09–1,12	0,56
Marzec / March	0,41 \pm 0,41	0,15–0,67	1,42	2,20	0,06–1,42	0,57
Kwiecień / April	1,98 \pm 1,33	1,25–2,72	1,40	3,46	0,04–5,63	0,17
Maj / May	2,26 \pm 1,81	1,25–3,26	2,88	9,66	0,53–8,27	0,32
Czerwiec / June	1,42 \pm 0,95	0,90–1,95	1,12	0,90	0,16–5,51	0,73
Lipiec / July	0,99 \pm 0,71	0,59–1,38	0,69	–0,04	0,06–2,55	0,99
Sierpień / August	2,02 \pm 1,26	1,32–2,71	0,13	–1,04	0,13–4,25	0,96
Wrzesień / September	1,79 \pm 1,11	1,17–2,40	0,74	0,05	0,36–4,23	0,98
Październik / October	1,42 \pm 0,87	0,93–1,90	2,18	6,12	0,45–4,06	0,39
Listopad / November	1,25 \pm 1,03	0,65–1,85	1,59	2,10	0,20–3,80	0,39
Grudzień / December	0,26 \pm 0,20	0,11–0,42	1,13	0,62	0,08–0,67	0,83
Dla całego roku / / For whole year	1,20 \pm 0,73	0,74–1,67	–0,09	–1,56	0,26–2,66	0,76

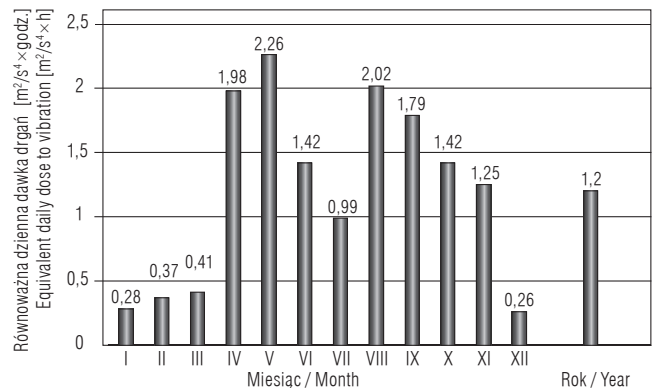
Największe rozproszenie danych stwierdzono, tak jak poprzednio, w czterech miesiącach roku, tj. kwietniu, maju, październiku i listopadzie, na co wskazuje szeroki zakres mierzonych wartości (ranga) (maksymalnie: 3,80–8,27 jednostek, zależnie od miesiąca), duże wartości współczynników spiętrzenia ($k = 2,10\text{--}9,66$) i skośności ($\alpha = 1,40\text{--}2,88$) oraz duże wartości odchyłeń standardowych (w stosunku do wartości średnich). Mimo takiego rozproszenia rozkłady danych w tych miesiącach zawierają się jeszcze w granicach rozkładu normalnego (test Kołmogorowa-Smirnowa: $p = 0,17\text{--}0,39$).

Lepszym rozkładem danych, podobnym do rozkładu normalnego ($p = 0,56\text{--}0,73$), charakteryzują się: luty, marzec i czerwiec (niższe wartości analizowanych powyżej parametrów statystycznych). Zdecydowanie najlepszym rozkładem danych, najbardziej zbliżonym do rozkładu normalnego ($p = 0,83\text{--}0,99$), cechują się: styczeń, lipiec, sierpień, wrzesień i grudzień (najniższe odchylenia standardowe, małe wartości współczynników spiętrzenia i skośności oraz najniższy zakres mierzonych wartości — w stosunku do wartości średnich).

Obliczone wartości przedziału ufności dla tego parametru wibracyjnego zachowują podobny rozkład jak w przypadku ekspozycji miesięcznej. Najwyższy przedział ufności uzyskano w kwietniu, czerwcu, lipcu, sierpniu, wrześniu i październiku ($1,34\text{--}1,39$, $x_{sr} = 1,3\text{--}1,4$ dB). W pozostałych miesiącach (styczeń–marzec, maj, listopad–grudzień) szerokość przedziału ufności była większa, a górne granice ufności, w stosunku do wartości średnich, wynoszą od $1,44\text{--}1,48$ ($x_{sr} = 1,6\text{--}1,7$ dB) w przypadku stycznia, maja i listopada, do $1,62\text{--}1,63$ ($x_{sr} = 2,1$ dB) w lutym, marcu i grudniu.

Z przeprowadzonej analizy wariancji wynika, że wariancje określone w poszczególnych miesiącach roku różnią się między sobą istotnie statystycznie (test F = 6,279; $p = 0,0001$). Również przeprowadzony test Levena na homogeniczność wariancji wskazuje na to, że otrzymane wartości średnie charakteryzują się zróżnicowaną jednorodnością ($S = 2,675$; $p = 0,004$). Z kolei badania istotności różnic między poszczególnymi miesiącami w roku przeprowadzone za pomocą testu Duncana wykazały, że nie ma zróżnicowania między średnimi równoważnych dziennych dawek drgań w odniesieniu do miesięcy: grudzień, styczeń, luty i marzec ($p = 0,114$); listopad, październik, czerwiec, wrzesień, kwiecień i sierpień ($p = 0,100$); lipiec, listopad, październik, czerwiec i wrzesień ($p = 0,080$); oraz październik, czerwiec, wrzesień, kwiecień, sierpień i maj ($p = 0,069$).

Z analizy uzyskanych danych wynika, że najwyższe wartości średniej (średnia arytmetyczna) równoważnej dziennej dawki drgań (ryc. 6) przypadają na cztery miesiące w roku: maj ($2,26 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$), sierpień ($2,02 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$), kwiecień ($1,98 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$), i wrzesień ($1,79 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$), a najniższe w grudniu ($0,26 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$), styczniu ($0,28 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$), lutym ($0,37 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$) i marcu ($0,41 \text{ m}^2/\text{s}^4 \times \text{godz.}$).



Ryc. 6. Wartości średnie równoważnej dziennej dawki drgań (w odniesieniu do ustawowo ustalonych dni roboczych) w poszczególnych miesiącach.

Fig. 6. Mean values of equivalent daily vibration dose (with relation to legally accepted workdays) in individual months.

Najwyższe wartości dawek drgań w sierpniu i wrześniu wynikają z dużego nasilenia wykonywanych prac transportowych, charakteryzujących się emisją drgań o wysokich przyspieszeniach, oraz z powodu wydłużonego czasu trwania dziennej ekspozycji na drgania i dużej liczby dni roboczych w tych miesiącach.

W kwietniu i maju także wykonywane są prace transportowe o znacznym nasileniu oraz przetrząsanie i grabienie siana, opryski, a także prace związane z obróbką gleby (kultywacja, bronowanie) — o wysokich poziomach drgań. W tych miesiącach występuje także długotrwała ekspozycja na drgania mechaniczne (duży czas miesięcznej ekspozycji, wydłużony czas dziennej ekspozycji, duża liczba dni roboczych w miesiącu).

Aby ocenić stopień narażenia rolników na drgania mechaniczne, otrzymane wartości równoważnej dziennej dawki drgań w poszczególnych miesiącach roku przeliczono na wartości przyspieszeń drgań — równoważnych energetycznie i ważonych częstotliwościowo, dla 8-godzinnej dziennej ekspozycji. Otrzymane w ten sposób dane przedstawiono w tabeli 3. Jak z niej wynika średnie wartości przyspieszeń drgań (średnia ekspozycja dzienna), zależnie od miesiąca, układają się w przedziale $0,18\text{--}0,53 \text{ m/s}^2$, przy czym najwyższe

wartości przypadają na maj, kwiecień, sierpień i wrzesień (0,47–0,53 m/s²), a najniższe dotyczą grudnia, stycznia, lutego i marca (0,18–0,23 m/s²).

W stosunku do wartości normatywnych (norma: A(8) = 0,8 m/s²) (32) odnotowane wartości średniej dziennej ekspozycji na drgania układają się poniżej poziomów dopuszczalnych, dla wszystkich miesięcy w roku. Dotyczy to także wartości przyspieszeń zawartych w przedziale ufności (PU). Również wyliczona przeciętna dla całego roku — średnia dzienna ekspozycja na drgania (0,37 m/s²±0,13) — nie przekracza wartości dopuszczalnych. Z kolei górne granice wartości przyspieszeń drgań wchodzące w zakres rangi (rozstęp danych) dla niektórych miesięcy znajdują się już na poziomie normy (kwiecień: 0,84 m/s²) lub ją przekraczają (maj: 1,02 m/s²).

Z uwagi jednak na duży udział w rejestrowanych przebiegach wibracyjnych wstrząsów mechanicznych (7,27), stanowiących duże zagrożenie dla kręgosłupa kierowców pojazdów rolnych, nie można pominąć w ocenie higienicznej stopnia zagrożenia drganiami mierzonych wartości maksymalnych przyspieszeń drgań (wywo-

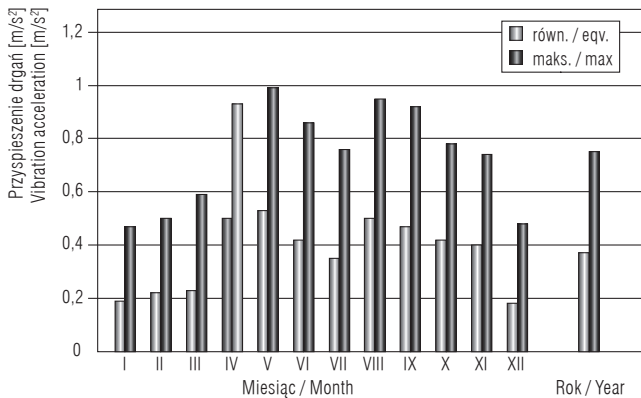
łanych przez wstrząsy), które osiągają dane (wartości średnie) zawarte w przedziale 0,47–0,99 m/s². Dla pięciu miesięcy (kwiecień, maj, czerwiec, sierpień i wrzesień) wartości te przekraczają poziomy dopuszczalny, osiągając wartość 0,86–0,99 m/s², przy czym w szczególności dotyczy to maja (0,99 m/s²), sierpnia (0,95 m/s²) i kwietnia (0,93 m/s²). Obserwowano również występowanie pojedynczych (chwilowych) najwyższych przyspieszeń drgań o wartości 1,67–1,69 m/s² w maju i sierpniu oraz 1,21–1,28 m/s² w listopadzie, lipcu i październiku. W sposób graficzny te dwa przebiegi drgań (średnie wartości równoważnych i maksymalnych przyspieszeń drgań) przedstawiono na rycinie 7.

Najnowsze krajowe przepisy prawne (33) dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na drgania mechaniczne, stanowiące wdrożenie postanowień Dyrektywy 2002/44/WE Parlamentu Europejskiego (34), określają wartość progową działania dla dziennej ekspozycji na drgania ogólne w wysokości: A(8)_w = 0,5 m/s², której przekroczenie zobowiązuje pracodawców do podjęcia określonych działań prewencyjnych.

Tabela 3. Wartości statystyczne równoważnych energetycznie dla 8 godzin, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań [m/s²]*
Table 3. Statistical values of energy equivalent for an 8-hour daily exposure, frequency of weighted vibration acceleration*

Miesiące Months	Średnia Mean ±SD	PU	Ranga Range	Wartości maksymalne Maximum values	
				średnie means	najwyższe chwilowe maximum instantaneous
Styczeń / January	0,19±0,16	0,13–0,23	0,07–0,28	0,47	0,67
Luty / February	0,22±0,20	0,13–0,27	0,11–0,37	0,50	0,68
Marzec / March	0,23±0,23	0,14–0,29	0,09–0,42	0,59	0,94
Kwiecień / April	0,50±0,41	0,40–0,58	0,07–0,84	0,93	1,18
Maj / May	0,53±0,48	0,40–0,64	0,26–1,02	0,99	1,67
Czerwiec / June	0,42±0,34	0,34–0,49	0,14–0,66	0,86	1,13
Lipiec / July	0,35±0,30	0,27–0,42	0,09–0,57	0,76	1,22
Sierpień / August	0,50±0,40	0,41–0,58	0,13–0,73	0,95	1,69
Wrzesień / September	0,47±0,37	0,38–0,55	0,21–0,73	0,92	1,15
Październik / October	0,42±0,33	0,34–0,49	0,24–0,71	0,78	1,28
Listopad / November	0,40±0,36	0,26–0,48	0,16–0,69	0,74	1,21
Grudzień / December	0,18±0,16	0,12–0,23	0,10–0,29	0,48	0,68
Dla całego roku / For whole year	0,37±0,13	0,28–0,45	0,18–0,53	0,75	1,13

* Przeliczonych z wartości równoważnych dziennej dawki drgań zamieszczonych w tabeli 2 / Converted from the value of equivalent daily vibration dose given in Table 2.
 Skrótowo jak w tabeli 1 / Abbreviations as in Table 1.



Ryc. 7. Równoważne i maksymalne wartości przyspieszeń drgań.
Fig. 7. Equivalent and maximum values of vibration accelerations.

W świetle uzyskanych danych pomiarowych należy stwierdzić, że zarejestrowane wartości średniej dziennej ekspozycji na drgania (średnia ekspozycja dzienna) przekraczają poziom progowy działania w przypadku maja oraz układają się na granicy wartości dopuszczalnej w kwietniu i sierpniu. Z kolei wartości maksymalne przyspieszeń (średnie) drgań przewyższają dopuszczalny poziom progowy prawie we wszystkich miesiącach roku (z wyjątkiem stycznia, lutego i grudnia).

OMÓWIENIE

Przeprowadzone badania całorocznej ekspozycji na drgania mechaniczne oddziałujące na całe ciało rolników indywidualnych, specjalizujących się w produkcji zwierzęcej, wykazały występowanie dużej złożoności i zmienności wyników badań w całym roku kalendarzowym. Wiąże się to przede wszystkim z rodzajem wykonywanych prac rolnych i transportowych w odpowiednich okresach.

Stopień obciążenia rolników indywidualnych drganiami mechanicznymi uwarunkowany jest z jednej strony wysokością poziomu drgań przekazywanych z siedzisk pojazdów na całe ciało operatorów, a z drugiej — długością trwania ekspozycji na ten czynnik w odpowiednim przedziale czasowym.

Wyniki badań wykazały, że najwyższe wartości sumarycznej dawki drgań występują zarówno w miesiącach letnio-jesiennych (sierpień, wrzesień), jak i wiosennych (kwiecień, maj). Wysokie wartości sumarycznych dawek drgań w miesiącach letnio-jesiennych mają związek z dużym nasileniem prac transportowych, obróbką gleby i zbiorem roślin okopowych (wydłużony czas ekspozycji, drgania o dużych przyspieszeniach). Z kolei w okresie wiosennym przeważają prace trans-

portowe, przetrząsanie i zgrabianie siana, bronowanie, rozsiewanie nawozów i opryski, podczas których emitowane są również wysokie wartości przyspieszeń drgań, przy długotrwałej ekspozycji. Takie wyniki badań wyraźnie potwierdzają zasadę, że aby otrzymać rzetelną i reprezentatywną ocenę stopnia zagrożenia wibracją ogólną rolników indywidualnych, należy badaniami objąć pełny cykl produkcyjny, obejmujący cały rok oraz wszystkie rodzaje wykonywanych prac rolnych i transportowych.

Z kolei obliczona średnia równoważna wartość dziennego przyspieszenia drgań najwyższe wartości wykazuje w czterech miesiącach: kwietniu i maju ($0,50$ – $0,53$ m/s^2) oraz sierpniu i wrześniu ($0,47$ – $0,50$ m/s^2), a najniższe w styczniu, lutym, marcu i grudniu ($0,18$ – $0,23$ m/s^2). Wartość przeciętna tego parametru dla całego roku wynosi $0,37$ m/s^2 (poniżej wartości dopuszczalnych).

Przeprowadzone przez autora niniejszej pracy (7) wcześniejsze badania wstępne drgań mechanicznych emitowanych przez pojazdy rolne wykazały, że szczególne zagrożenie dla zdrowia rolników mogą stwarzać drgania mechaniczne występujące na siedziskach podczas wykonywania takich prac, jak: przetrząsanie i zgrabianie siana ($0,94$ – $1,12$ m/s^2), rozsiewanie nawozów ($0,87$ – $1,35$ m/s^2), agregatowanie gleby ($0,87$ – $1,12$ m/s^2), koszenie trawy ($1,05$ m/s^2) i kultywacja ($0,46$ – $0,99$ m/s^2). Są to prace odbywające się przy podwyższonych prędkościach roboczych ciągników, najczęściej po utwardzonym i nierównym podłożu.

Wyniki badań drgań ogólnych przeprowadzonych przez innych autorów są najczęściej przedstawiane w postaci parametru zwanego sumą wektorową równoważnych przyspieszeń drgań (pierwiastek kwadratowy z sumy kwadratów przyspieszeń skorygowanych częstotliwościowo, dla trzech kierunków drgań). Jak podają Boshuizen i wsp. (14) podczas jazdy ciągnikiem po drodze utwardzonej emitowane są przyspieszenia drgań o wartości $1,1$ m/s^2 , a podczas jazdy po polu wynoszą one $0,6$ m/s^2 . Z kolei Bovenzi i Betta (20) oraz Bovenzi i Hulshof (15) uzyskali, zależnie od typu ciągnika, przyspieszenie drgań na siedzisku na poziomie $0,89$ – $1,41$ m/s^2 , natomiast Sandover i wsp. (35) otrzymali wartości $0,35$ – $1,45$ m/s^2 . Dane te są zbliżone do wartości uzyskanych przez autora tej pracy w pierwszym artykule (7).

Mimo że uzyskane w tej pracy wartości średnie ekspozycji dziennej na drgania układają się poniżej poziomów dopuszczalnych (norma: $A(8) = 0,8$ m/s^2), to mając na uwadze występowanie w pojazdach rolnych

wstrząsów mechanicznych (stanowiących duże zagrożenie dla kręgosłupa kierowców), w ocenie higienicznej należy uwzględnić rejestrowane maksymalne średnie wartości przyspieszeń drgań, których wartości ($0,86$ – $-0,99$ m/s^2) dla pięciu miesięcy (kwiecień, maj, czerwiec, sierpień i wrzesień) przekraczają cytowaną normę. Potwierdzają to dane literaturowe świadczące o szkodliwym działaniu drgań ogólnych na układ mięśniowo-szkieletowy. Występowanie znacznie częstszych bólów pleców u traktorzystów niż w grupie kontrolnej, nienarażonej na wibracje ogólne, stwierdzali Barbieri i wsp. (12), Bovenzi i Betta (20), Boshuizen i wsp. (14), Palmer i wsp. (17) oraz Manninen i wsp. (22). Częstość występowania tych bólów zwiększała się wraz ze wzrostem wchłanianej dawki drgań. Zdaniem Bovenzi i Betta (20) ekspozycji zawodowej na wibracje ogólne towarzyszy wzrost ryzyka powstawania bólów pleców (w dolnej części kręgosłupa), występowanie bólów nerwu kulszowego (ischias) oraz pojawiające się zmiany zwyrodnieniowe w kręgosłupie, w tym zniekształcenia międzykręgowych dysków lędźwiowych.

Wartości średnie przyspieszeń drgań, uzyskane w ramach niniejszej pracy, przekraczają poziom progowy działania ($A(8)_w = 0,5$ m/s^2) w przypadku czterech miesięcy (w kwietniu, maju, sierpniu i wrześniu). Przy tym przekroczenia dopuszczalnego poziomu progowego w odniesieniu do średnich wartości maksymalnego przyspieszenia dotyczą prawie wszystkich miesięcy w roku (z wyjątkiem stycznia, lutego i grudnia).

Uwzględniając wartości graniczne progów działania, Dyrektywa UE 2002/44/WE (34) określa obowiązki pracodawców w zakresie ochrony pracowników przed ryzykiem wynikającym lub mogącym wynikać z narażenia na drgania mechaniczne podczas pracy. Dyrektywa zobowiązuje pracodawcę do dokonania oceny ryzyka i w razie potrzeby do wykonania pomiarów poziomu drgań mechanicznych, na jakie narażeni są pracownicy. Mając na uwadze postęp techniczny i dostępność środków kontroli zagrożeń w miejscu jego powstawania, pracodawca powinien eliminować te zagrożenia u źródła lub ograniczać je do minimum. Gdy przekraczane są wartości progów działania, pracodawca jest zobowiązany ustalić i wdrożyć w życie program środków technicznych i/lub organizacyjnych, których celem jest ograniczenie do minimum narażenia na drgania, uwzględniając:

- inne metody pracy i dobór właściwego sprzętu roboczego zmniejszającego narażenie,
- urządzenia ograniczające drgania ogólne (np. amortyzowane siedziska),
- programy konserwacji sprzętu roboczego i miejsca pracy,
- informowanie pracowników o bezpiecznym użytkowaniu sprzętu roboczego i szkolenie ich w tym zakresie,
- odpowiednie harmonogramy pracy z przerwami na odpoczynek.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania całorocznej ekspozycji na drgania mechaniczne oddziałujące na całe ciało rolników indywidualnych, specjalizujących się w produkcji zwierzęcej, dowiodły, że stopień obciążenia rolników drganiami mechanicznymi uwarunkowany jest zarówno wysokością poziomu drgań przekazywanych z siedzisk pojazdów na całe ciało operatorów, jak i długością trwania ekspozycji na ten czynnik w określonym przedziale czasowym.
2. Badania wykazały, że najwyższe wartości sumarycznej dawki drgań występują zarówno w miesiącach letnio-jesiennych (sierpień, wrzesień), jak i wiosennych (kwiecień, maj).
3. Obliczona średnia ekspozycja dzienna na drgania wykazuje najwyższe wartości w czterech miesiącach roku: kwietniu i maju ($0,50$ – $0,53$ m/s^2) oraz sierpniu i wrześniu ($0,47$ – $0,50$ m/s^2). Wartość przeciętna tego parametru dla całego roku osiąga poziom $0,37$ m/s^2 (zawiera się ona poniżej wartości dopuszczalnych).
4. Ze względu na występowanie w pojazdach rolnych wstrząsów mechanicznych (rejestrowano wysokie, przewyższające normę, wartości średnich maksymalnych przyspieszeń drgań w zakresie: $0,86$ – $0,99$ m/s^2) oraz przekraczanie progowego poziomu działania, należy podjąć odpowiednie kroki w zakresie ochrony rolników indywidualnych przed ryzykiem wynikającym z narażenia na drgania mechaniczne podczas wykonywanej pracy.

PIŚMIENNICTWO

1. Solecki L.: Zagrożenie hałasem pracowników rolnych. W: Solecki L. [red.]. Zagrożenia fizyczne w rolnictwie. Instytut Medycyny Wsi, Lublin 1999, ss. 43–51
2. Mohr D.: Ocena zagrożeń fizycznych na stanowiskach pracy w rolnictwie. W: Solecki L. [red.]. Zagrożenia fizyczne w rolnictwie. Instytut Medycyny Wsi, Lublin 1999, ss. 80–87
3. Fairley T.E.: Predicting the discomfort caused by tractor vibration. *Ergonomics* 1995;38:2091–2106

4. Futatsuka M., Maeda S., Inaoka T., Nagano M., Shono M., Miyakita T.: Whole-body vibration and health effects in the agricultural machinery drivers. *Ind. Health* 1998;36:127–132
5. Solecki L.: Wibracja ogólna w pojazdach rolnych — istotny czynnik zagrożenia zdrowia. W: Solecki L. [red.]. *Zagrożenia fizyczne w rolnictwie*. Instytut Medycyny Wsi, Lublin 1999, ss. 57–65
6. Solecki L.: Wibracja ogólna w rolnictwie jako czynnik sprawczy wywołujący dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego. W: Solecki L., Saran T. [red.]. *Rozpoznanie i sposoby ograniczania ryzyka chorób układu mięśniowo-szkieletowego związanych z pracą w rolnictwie*. Instytut Medycyny Wsi, Lublin 2009, ss. 114–123
7. Solecki L.: Preliminary recognition of whole body vibration risk in private farmers' working environment. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2007;14:299–304
8. Goglia V., Gospodaric Z., Filipovic D., Djukic I.: Influence on operator's health of hand-transmitted vibrations from handles of a single-axle tractor. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2006;13:33–38
9. Holmberg S., Thelin A., Stiernström E.L., Svärdsudd K.: Low back pain comorbidity among male farmers and rural referents: A population-based study. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2005;12:261–268
10. Jankowski J., Piotrowski W.: Zespół chorobowy traktorzystów. *Med. Wiejska* 1987;22:55–67
11. Jurczak M.E.: Wpływ wibracji na ustrój. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1974
12. Barbieri G., Mattioli S., Grillo S., Geminiani A.M., Mancini G., Raffi G.B.: Spinal diseases in an Italian tractor drivers group. *Agric. Health Saf.* 1995;10:319–323
13. Belicka-Berling J., Majdecki T., Urbańska A.: Zespół bólowy okolicy lędźwiowo-krzyżowej u operatorów spalinowych wózków widłowych typu RAK. *Med. Kom.* 1988;1:13–16
14. Boshuizen H.C., Bongers P.M., Hulshof C.T.: Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1990;62:109–115
15. Bovenzi M., Hulshof C.T.: An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986–1997). *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 1999;72:351–365
16. Kohl U.: The dangers incurred by tractor drivers. *Arch. Mal. Prof.* 1975;36:145–162
17. Palmer K.T., Griffin M.J., Syddall H.E., Pannett B., Cooper C., Coggon D.: The relative importance of whole body vibration and occupational lifting as risk factors for low-back pain. *Occup. Environ. Med.* 2003;60:715–721
18. Xiang H., Stallones L., Keefe T.J.: Back pain and agricultural work among farmers: an analysis of the Colorado Farm Family Health and hazard Surveillance Survey. *Am. J. Ind. Med.* 1999;35:310–316
19. Park H., Sprince N.L., Whitten P.S., Burmeister L.F., Zwerling C.: Risk factors back pain among male farmers: analysis of Iowa Farm Family Health and hazard Surveillance Study. *Am. J. Ind. Med.* 2001;40:646–654
20. Bovenzi M., Betta A.: Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. *Appl. Ergon.* 1994;25:231–241
21. Hildebrandt V.H.: Musculoskeletal symptoms and workload in 12 branches of Dutch agriculture. *Ergonomics* 1995;38:2576–2587
22. Manninen P., Riihimaki H., Heliovaara M.: Incidence and risk factors of low-back pain in middle-aged farmers. *Occup. Med.* 1995;45:141–146
23. Rosencrance J., Rodgers G., Merlino L.: Low back pain and musculoskeletal symptoms among Kansas farmers. *Am. J. Ind. Med.* 2006;49:547–556
24. Stawczyk W.: Odcinek lędźwiowo-krzyżowy kręgosłupa u traktorzystów. *Med. Wiejska* 1983;18:209–213
25. Torén A., Oberg K., Lembke B., Enlund K., Rask-Andersen A.: Tractor-driving hours and their relation to self-reported low-back and hip symptoms. *Appl. Ergon.* 2002;33:139–146
26. Walker-Bone K., Palmer K.T.: Musculoskeletal disorders in farmers and farm workers. *Occup. Med.* 2002;52:441–450
27. Sorainen E., Penttinen J., Kallio M., Rytkonen E., Taatola K.: Whole-body vibration of tractor drivers during harrowing. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1998;59:642–644
28. Solecki L., Wasilkowski J., Choina P., Kozieł M.: Ocena całorocznej ekspozycji rolników indywidualnych na drgania mechaniczne oddziałujące na całe ciało, w gospodarstwach rodzinnych o różnych kierunkach produkcji [praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2010. Nr N404 060 32/1811]. Cz. II. Instytut Medycyny Wsi, Lublin 2008
29. ISO 2631-1:1997. Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements
30. Polska Norma PN-EN 14253/2006: Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia. Wytyczne praktyczne. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2006
31. Statistical data analysis: SPSS/PC + 4.0 Base Manual for the IBM-PC/XT/AT and PS/2. SPSS INC. 444N. Michigan Avenue, IL (USA) 1988

-
32. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 10 października 2005 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU z 2005 r. nr 212, poz. 1769
 33. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne. DzU z 2005 r. nr 157, poz. 1318
 34. Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC), OJ L177, 6.07.2002
 35. Sandover J., Gardner L., Stroud P., Robertson N.: Some epidemiological issues regarding vibration and tractor driving. Proceedings of the United Kingdom Informal Group Meeting on Human Response to Vibration. Institute of Naval Medicine, Alverstoke Gosport (Wielka Brytania) 1994, ss. 1-21