

Rozdział 5

Narażenia kierowców i pasażerów autobusów miejskich na drgania ogólne

Zbigniew Damijan, Grzegorz Dahlke,
Dariusz Iwański

1. Wprowadzenie

Podczas jazdy autobusami jesteśmy narażeni na różnego rodzaju czynniki fizyczne. Należą do nich między innymi: hałas i drgania. W literaturze można wyróżnić podział narażeń na:

- bierne (narażenie pasażera) i
- czynne (narażenie kierowcy – operatora) (J.H. Czajka, 2000).

Narażenie pasażerów na poszczególne szkodliwe czynniki dokonuje się przez porównanie z granicznymi wartościami określającymi szkodliwość, natomiast narażenie operatorów odnosi się do zaleceń dotyczących uciążliwości (J.H. Czajka, 2000). Narażenie człowieka na czynniki uciążliwe i szkodliwe jest przedmiotem badań ergonomii (W. Horst, 2004). O ile wartości dopuszczalne ekspozycji na drgania zostały określone w rozporządzeniach (Dz. U. nr 217 z dnia 18 grudnia 2002 r., poz. 1833; Dz. U. nr 212 z dnia 28 października 2005 r., poz. 1769; Dz. U. nr 157 z dnia 19 sierpnia 2005 r., poz. 1318; Dz. U. nr 136 z dnia 25 lipca 2005 r., poz. 1145; Dz. U. nr 127 z dnia 10 sierpnia 2002 r., poz. 1092), o tyle zalecenia dotyczące granicy uciążliwości wibracji możemy spotkać w literaturze (Z. Engel, 2001) i normach. W kolejnych podrozdziałach zaprezentowane zostaną przykładowe wartości narażeń na drgania z jakimi możemy się spotkać podróżując autobusami miejskimi, odniesione do granic szkodliwości i uciążliwości.

2. Klasyfikacja drgań oddziałujących na człowieka

Według 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 (Dz. U. nr 157 z dnia 19 sierpnia 2005 r., poz. 1318), drgania mechaniczne to drgania lub wstrząsy przekazywane do organizmu człowieka

przez części ciała mające bezpośredni kontakt z drgającym obiektem; jako czynnik szkodliwy dla zdrowia w środowisku pracy występują w postaci drgań miejscowych albo drgań ogólnych. Dzielimy je na:

- drgania miejscowe - drgania mechaniczne działające na organizm człowieka i przenoszone bezpośrednio przez kończyny górne;
- drgania ogólne - drgania mechaniczne o ogólnym działaniu na organizm człowieka, przekazywane do organizmu jako całości przez stopy lub części tułowia, w szczególności miednicę lub plecy.

Wpływ drgań na człowieka może być rozpatrywany w zależności od (Z. Engel, 2001):

- wartości parametrów opisujących drgania (przyspieszenie drgań, amplituda przemieszczeń, częstotliwość, czas narażenia);
- miejsca przekazywania drgań na człowieka (ogólne i miejscowe);
- indywidualnych predyspozycji psychofizycznych człowieka.

Drgania mechaniczne są silnym stresem, który wpływa równocześnie na wszystkie narządy człowieka. Pobudzają mechanoreceptory skóry i innych tkanek powodując odruchowe reakcje całego organizmu. Wywołują zaburzenia w układach: kostno – stawowym, mięśniowym, krążenia, nerwowym (Z. Engel, 2001). Wpływają więc na dolegliwości całego narządu ruchu stanowiąc między innymi jeden z ergonomicznych czynników ryzyka wystąpienia dolegliwości mięśniowo szkieletowych (MSD's) (W. Horst, 2004).

W Dz. U. nr 212 z dnia 28 października 2005 r., poz. 1769 podano wartości dopuszczalne dla ekspozycji na drgania mechaniczne (tabela 1).

Tabela 1. Wartości dopuszczalne dla ekspozycji na drgania mechaniczne
(Źródło: Dz. U. nr 212 z dnia 28 października 2005 r., poz. 1769)

Rodzaj drgań	Wartość ekspozycji dziennej nie może przekraczać	Wartość ekspozycji trwającej 30 minut i krócej nie może przekraczać
Drgania działające na organizm człowieka przez kończyny górne	2,8 m/s ²	11,2 m/s ²
drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka	0,8 m/s ²	3,2 m/s ²

W 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 podano w przypadku wibracji wartości progów działania, tzn. wartości wielkości charakteryzujących hałas i drgania mechaniczne w środowisku pracy (bez uwzględniania skutków stosowania środków ochrony indywidualnej) (określone w załączniku do rozporządzenia) .W przypadku drgań mechanicznych:

1) jeżeli występują w postaci drgań miejscowych: dla ekspozycji dziennej wyrażonej w postaci równoważnej energetycznie dla 8 godzin działania sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań, wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych (a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z}) - wartość progu działania wynosi 2,5 m/s²;

2) jeżeli występują w postaci drgań ogólnych: dla ekspozycji dziennej wyrażonej w postaci równoważnego energetycznie dla 8 godzin działania skutecznego, ważonego częstotliwościowo przyspieszenia drgań, dominującego wśród przyspieszeń drgań, wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych z uwzględnieniem właściwych współczynników ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz}) - wartość progu działania wynosi $0,5 \text{ m/s}^2$.

Wartości dopuszczalne ekspozycji drgań mechanicznych dla kobiet w ciąży podano w Dz. U. nr 127 z dnia 10 sierpnia 2002 r., poz. 1092. Wzbroniono prac w warunkach narażenia na drgania działające na organizm przez kończyny górne, których:

- a) wartość sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych X, Y, Z, przy 8-godzinnym działaniu drgań na organizm, przekracza 1 m/s^2 ,
- b) maksymalna wartość sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych X, Y, Z, dla ekspozycji trwających 30 minut i krótszych, przekracza 4 m/s^2 ,

Ponadto zabroniono wykonywania wszystkich prac w warunkach narażenia na drgania o ogólnym oddziaływaniu na organizm.

W Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 5 lipca 2005 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac, wzbroniono:

- 1) prac w warunkach narażenia na drgania działające na organizm człowieka przez kończyny górne, przy których:
 - a) wartość ekspozycji dziennej wyrażonej w postaci równoważnej energetycznie dla 8 godzin działania sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych (a_{hwx} , a_{hwy} , a_{hwz}), przekracza 1 m/s^2 ,
 - b) wartość ekspozycji trwającej 30 minut i krócej, wyrażonej w postaci sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych (a_{hwx} , a_{hwy} , a_{hwz}), przekracza 4 m/s^2 .
- 2) prac w warunkach narażenia na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka, przy których:
 - a) wartość ekspozycji dziennej wyrażonej w postaci równoważnego energetycznie dla 8 godzin działania skutecznego, ważonego częstotliwościowo przyspieszenia drgań dominującego wśród przyspieszeń drgań wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych, z uwzględnieniem właściwych współczynników ($1,4 a_{wx}$, $1,4 a_{wy}$, a_{wz}), przekracza $0,19 \text{ m/s}^2$,
 - b) wartość ekspozycji trwającej 30 minut i krócej, wyrażonej w postaci skutecznego ważonego częstotliwościowo przyspieszenia drgań dominującego wśród przyspieszeń drgań wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych, z uwzględnieniem właściwych współczynników ($1,4 a_{wx}$, $1,4 a_{wy}$, a_{wz}), przekracza $0,76 \text{ m/s}^2$.

Powyższe wartości prezentują uogólnioną granicę szkodliwości. W przypadku granicy uciążliwości, wartości podano np. w ISO 2631 (części od 1 do 5) (Z. Engel, 2001) (tabela 2).

Tabela 2. Dopuszczalne wartości amplitud przyspieszeń drgań pionowych
(Źródło: ISO 2631 (części od 1 do 5); (Z. Engel, 2001))

Dopuszczalne wartości amplitud przyspieszeń drgań pionowych w m/s ²									
Częstotliwości środkowe w Hz	Czas oddziaływania w minutach								
	1	16	25	60	150	240	480	960	1440
od 4 do 8	2,8	2,12	1,8	1,18	0,71	0,53	0,315	0,212	0,14

3. Przykład wyników narażeń na drgania w autobusach miejskich

W odniesieniu do drgań działających przez kończyny górne, na podstawie zmierzonych trzech składowych drgań: a_{hwx_i} ; a_{hwy_i} ; a_{hwz_i} dla każdej wyodrębnionej czynności obliczana jest wartość sumy wektorowej skutecznych ważonych przyspieszeń drgań a_{hvi} wg wzoru:

$$a_{hvi} = \sqrt{a_{hwx_i}^2 + a_{hwy_i}^2 + a_{hwz_i}^2}$$

gdzie: a_{hwx_i} ; a_{hwy_i} ; a_{hwz_i} – skuteczne wartości ważne przyspieszenia drgań, zmierzone dla kierunku x, y i z na stanowisku pracy przy wykonywaniu i-tej czynności w narażeniu na drgania, m/s².

Zgodnie z nowymi przepisami sposób oceny drgań działających ogólnie znacznie różni się od stosowanego do tej pory. W miejsce obliczanej wartości sumy wektorowej (wyznaczanej na podstawie trzech składowych kierunkowych ważonych przyspieszeń drgań) wprowadzone zostało tzw. dominujące ważne przyspieszenie drgań – największa wartość ważonego przyspieszenia drgań wybierana spośród trzech składowych kierunkowych przyspieszeń, a więc w rzeczywistości jedna składowa kierunkowa (P. Kowalski, 2006).

Prezentowane w kolejnych podrozdziałach wyniki charakteryzowały się największą wartością ważonego przyspieszenia drgań w kierunku osi Z, a więc pionowej do osi głównej kierowcy (oznaczonej jako 3 na rysunku 2).

Pomiary wykonywane były w autobusach miejskich wyszczególnionych w tabeli 3 poruszających się po trasach miejskich i podmiejskich.

Tabela 3. Wykaz autobusów w których dokonywano badania narażeń kierowców na drgania ogólne (Źródło: opracowanie własne)

L.p.	Nazwa autobusu	Typ autobusu	Przebieg w km	Wiek w miesiącach
1	A	przegubowy	26916	4
2	B	nieprzegubowy	456031	51
3	C	przegubowy	729284	198
4	D	przegubowy	4835	1
5	E	nieprzegubowy	517855	107
6	F	nieprzegubowy	415805	51
7	G	nieprzegubowy	263022	51

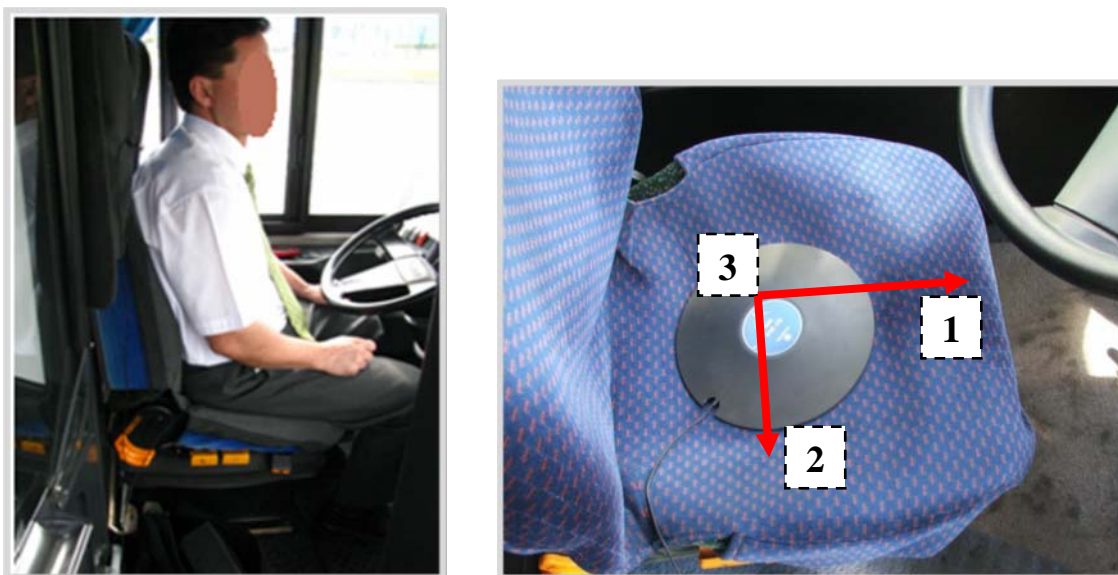
Do pomiarów zastosowano czterokanałowy miernik poziomu dźwięku i drgań SVAN 948 (rys. 1).



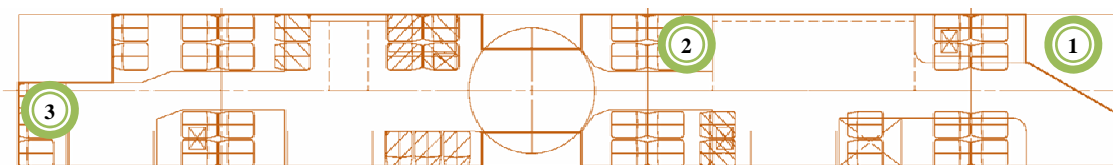
Rysunek 1. Aparatura pomiarowa zastosowana do badań (foto.: opracowanie własne)

Pomiary przeprowadzano podczas przejazdów z pasażerami na trasach komunikacji miejskiej i podmiejskiej. Pomiary wykonywane były jednocześnie w trzech punktach autobusu. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych zamieszczono na rys. 3.

Badania wykonywano podczas przejazdów na pełnej trasie autobusu. Czasy te wynosiły maksymalnie prawie 3,3 godziny.



Rysunek 2. Przykład rozmieszczenia czujników pomiarowych (foto.: opracowanie własne)



Rysunek 3. Rozmieszczenie punktów pomiarowych podczas badania narażenia na drgania (Źródło: opracowanie własne)

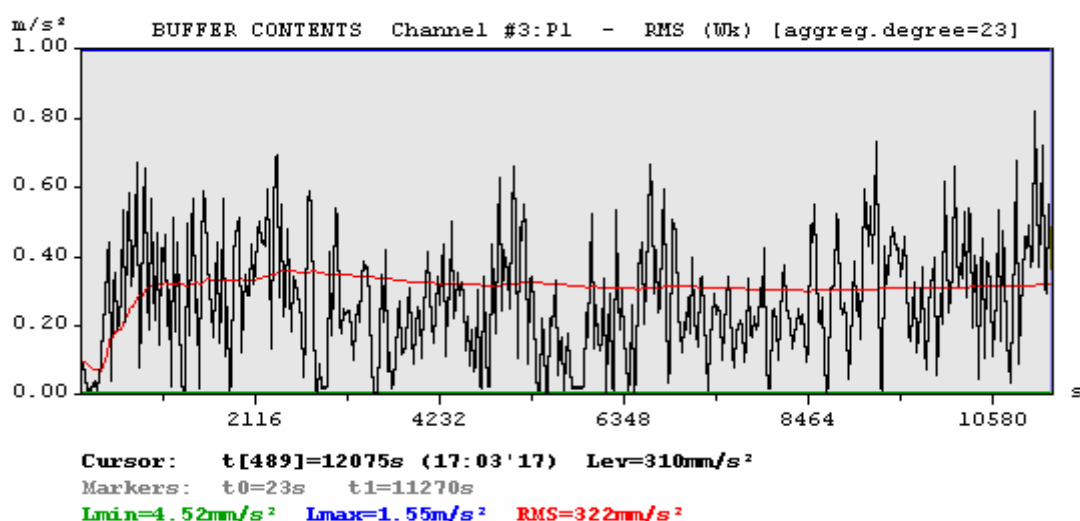
Wyniki badań zaprezentowane zostaną w podrozdziale rozdziale 3.1 oraz 3.2. Zawierają one:

- wykresy liniowe z rozkładem skutecznych wartości ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu (podrozdział 3.1) oraz pasażera (podrozdział 3.2), zmierzone dla kierunku Z oraz
- wykresy słupkowe (histogramy) prezentujące procentowy rozkład mierzonych wartości (wyrażonych w dB).

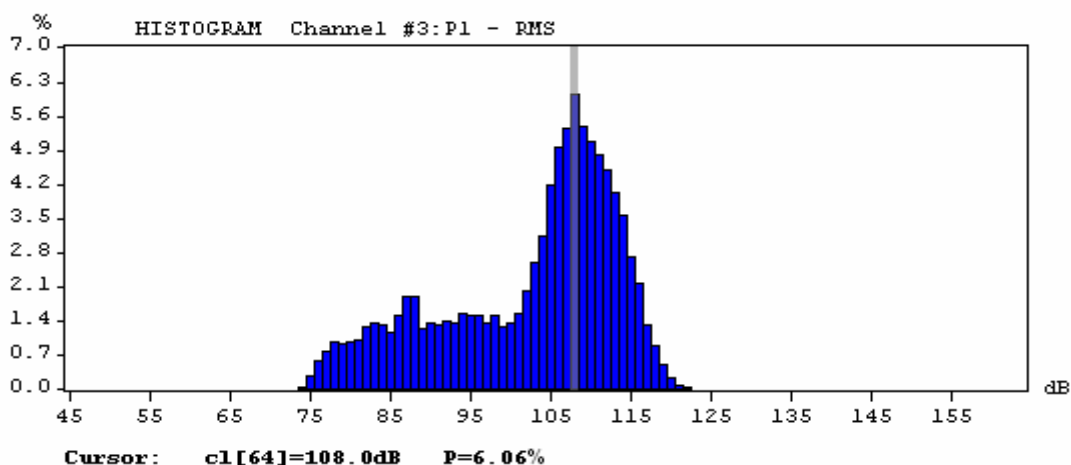
Wykresy i histogramy przypisano autobusom wyszczególnionym w tabeli 3.

3.1. Narażenia kierowców na drgania ogólne

1. Autobus A - przegubowy

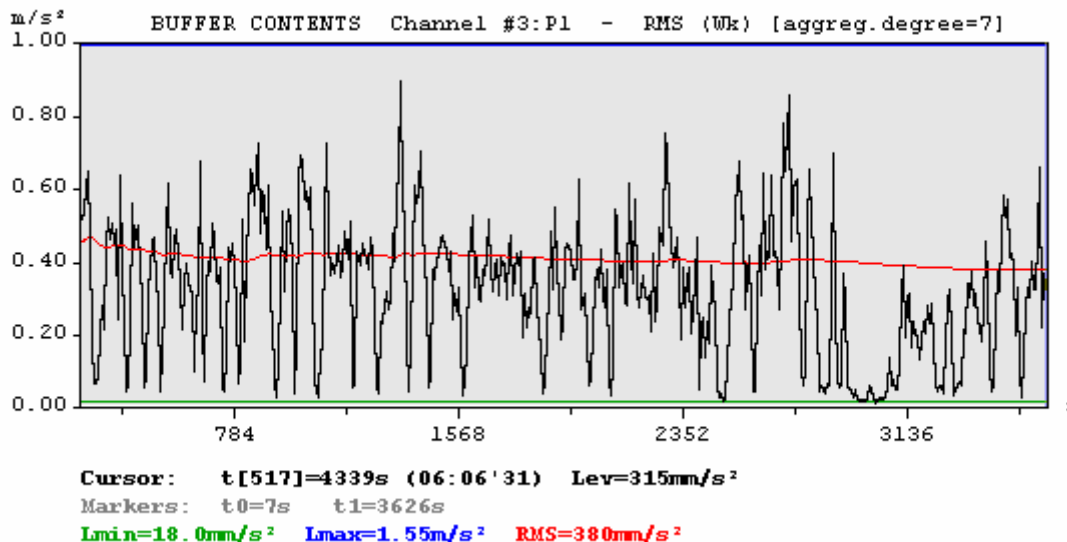


Rysunek 4. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

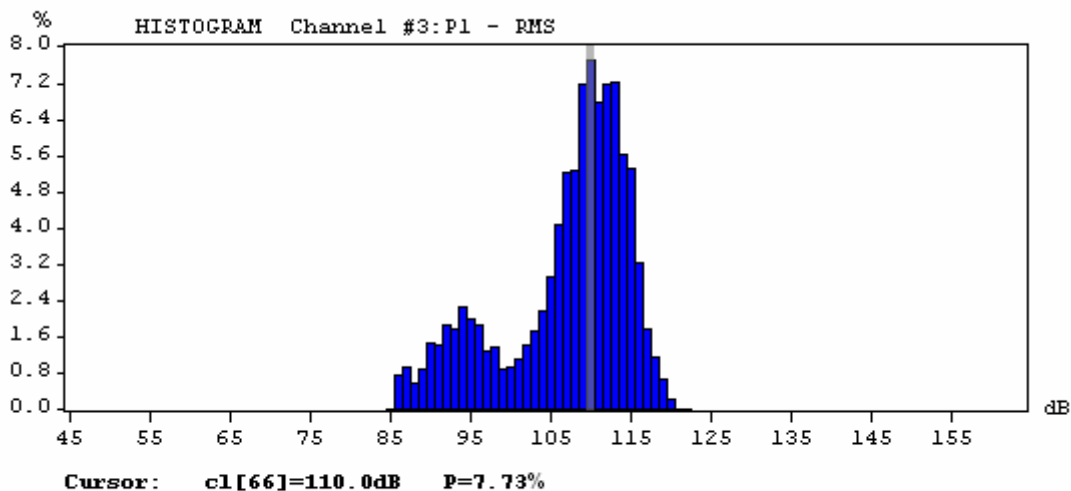


Rysunek 5. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

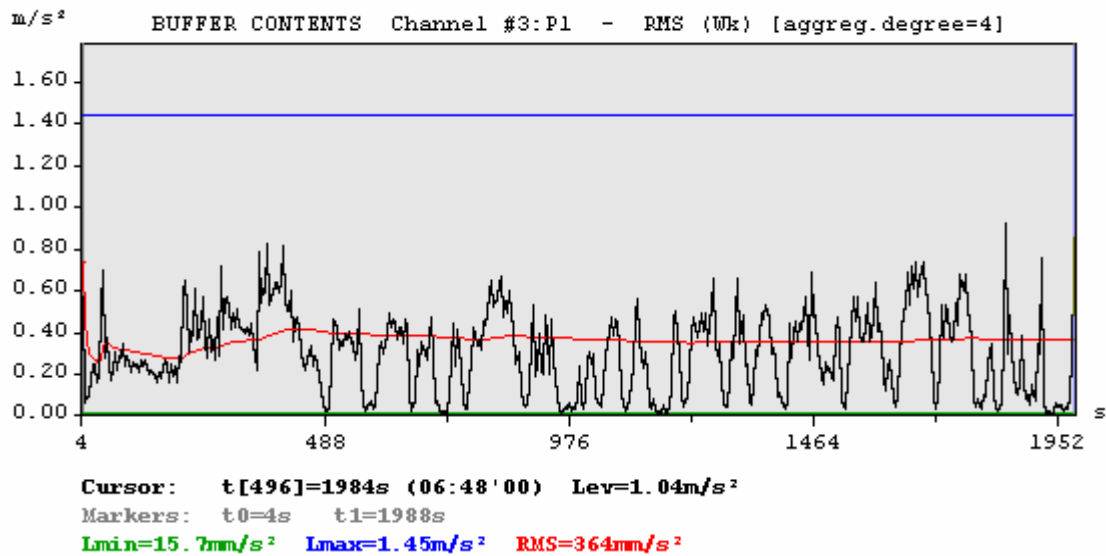
2. Autobus B - nieprzegubowy



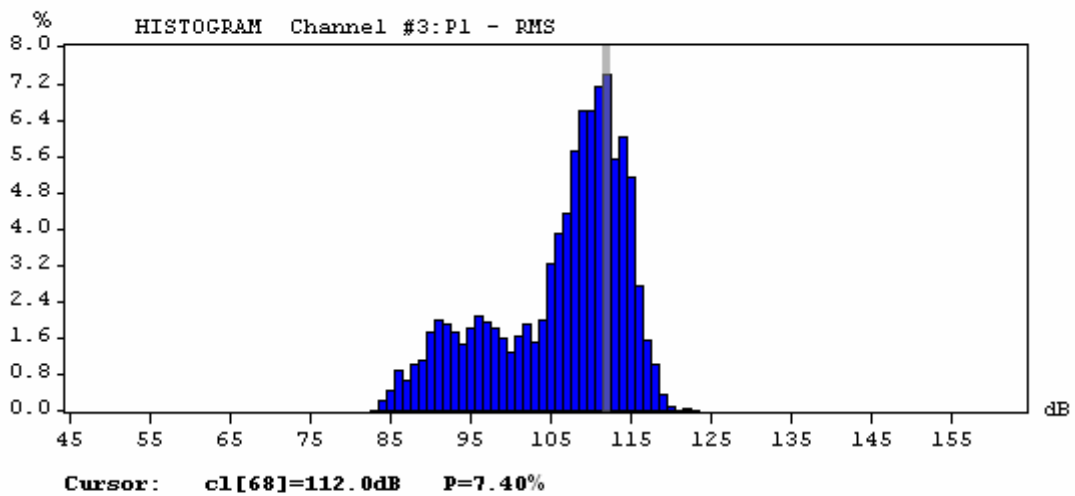
Rysunek 6. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



Rysunek 7. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

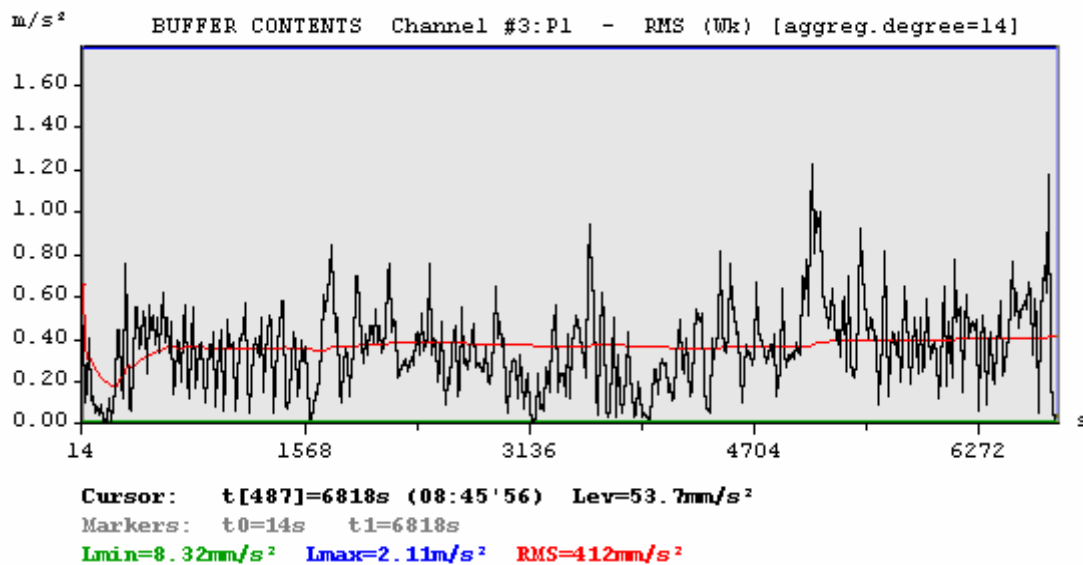


Rysunek 8. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważne przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

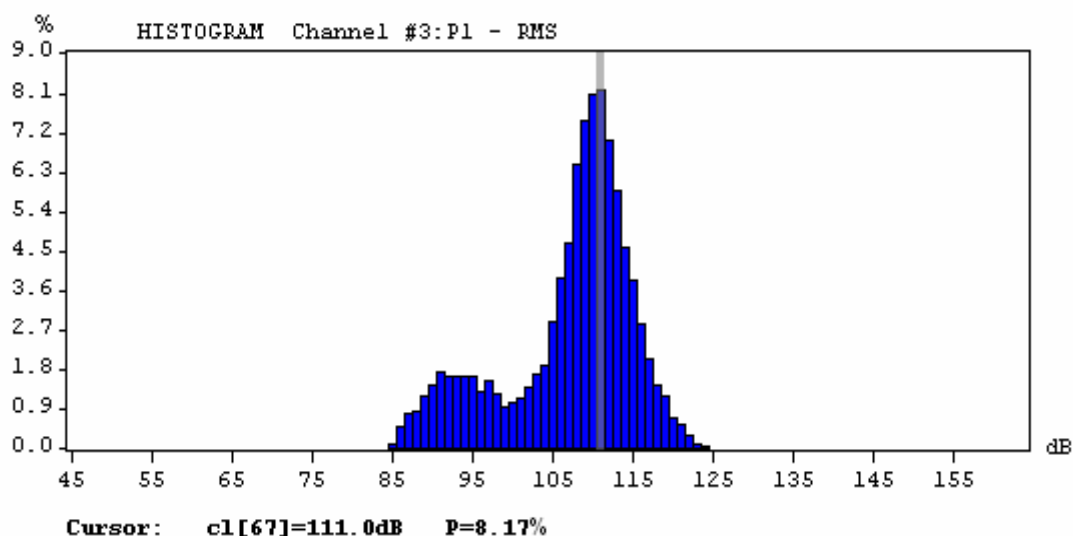


Rysunek 9. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

3. Autobus C - przegubowy

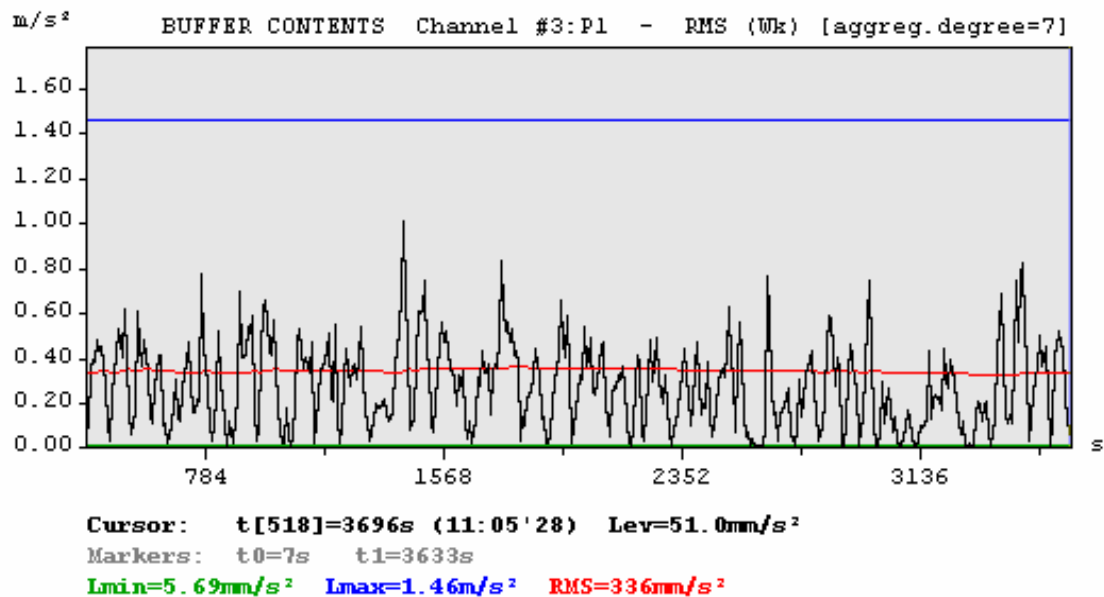


Rysunek 10. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważne przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

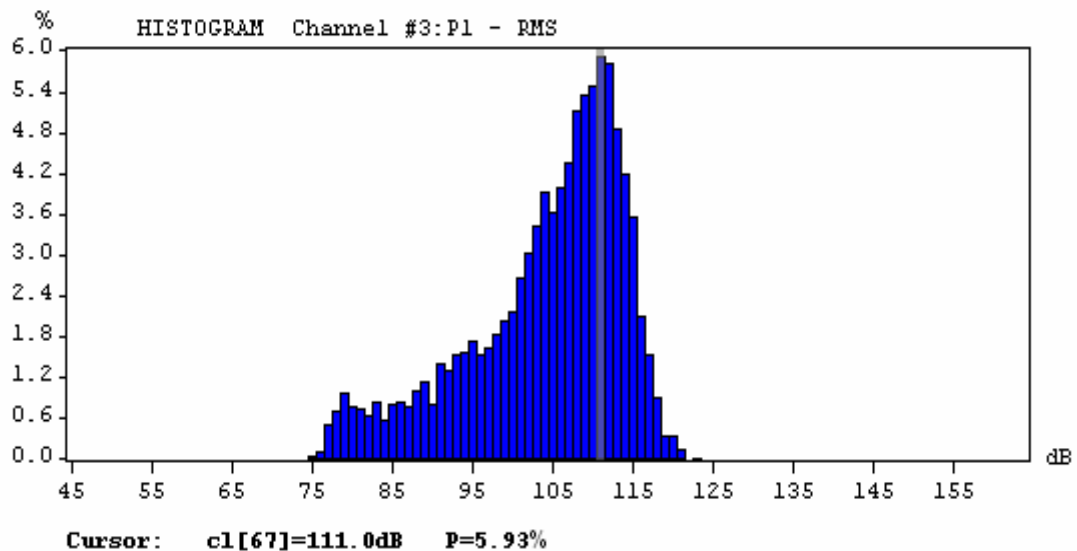


Rysunek 11. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

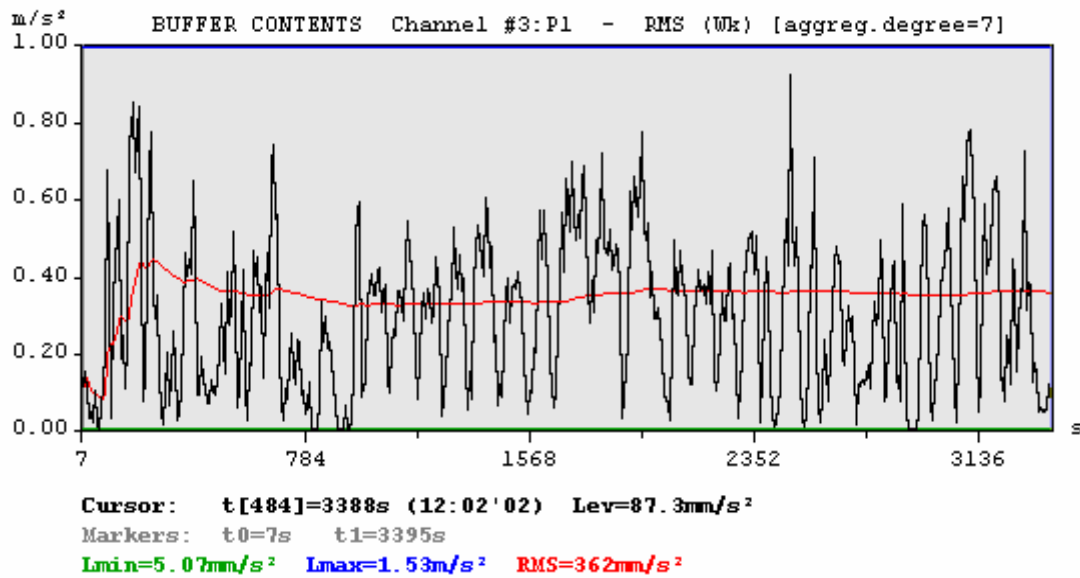
4. Autobus D - przegubowy



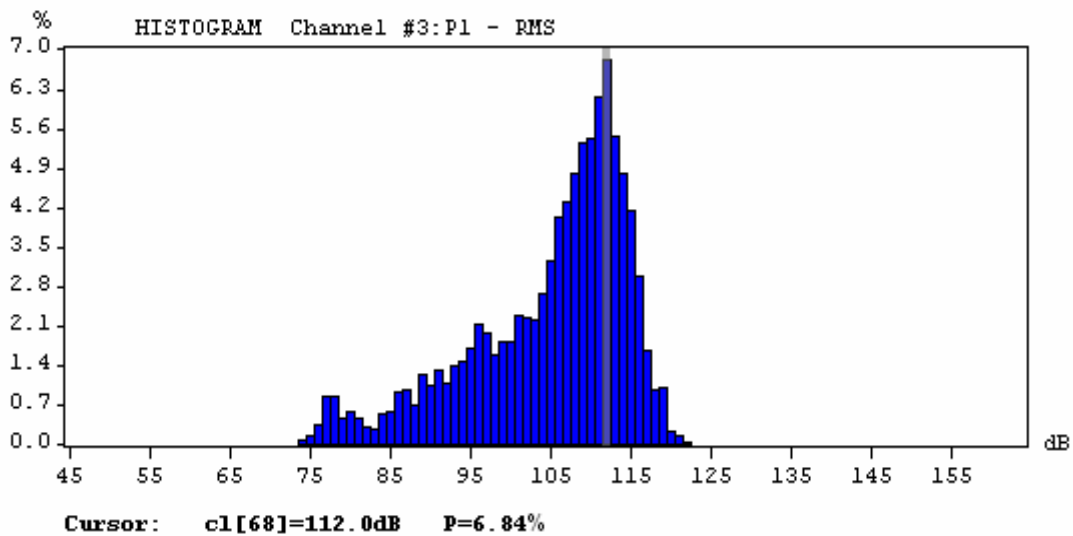
Rysunek 12. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



Rysunek 13. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

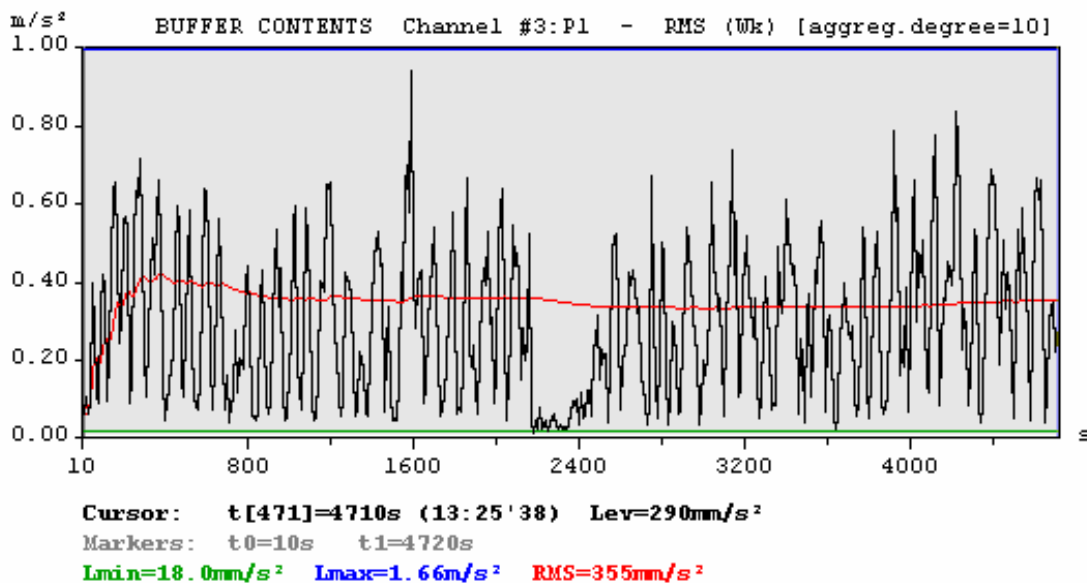


Rysunek 14. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

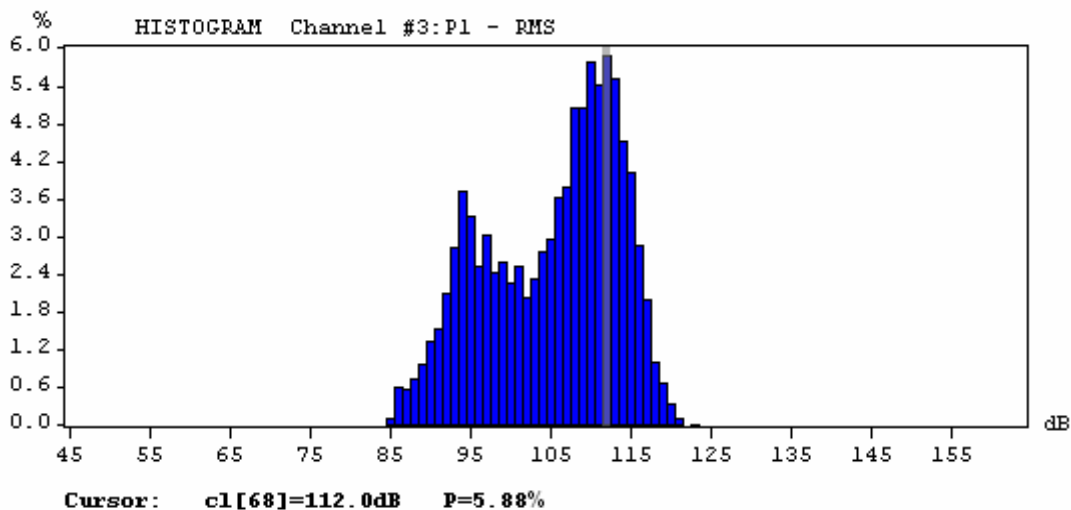


Rysunek 15. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

5. Autobus E - nieprzegubowy

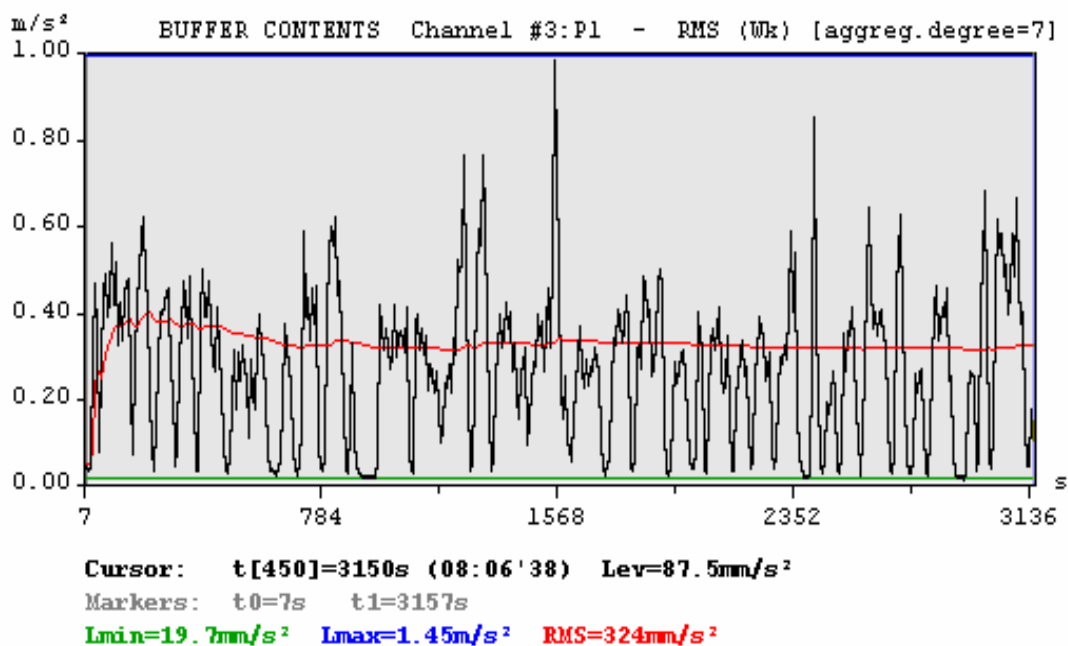


Rysunek 16. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

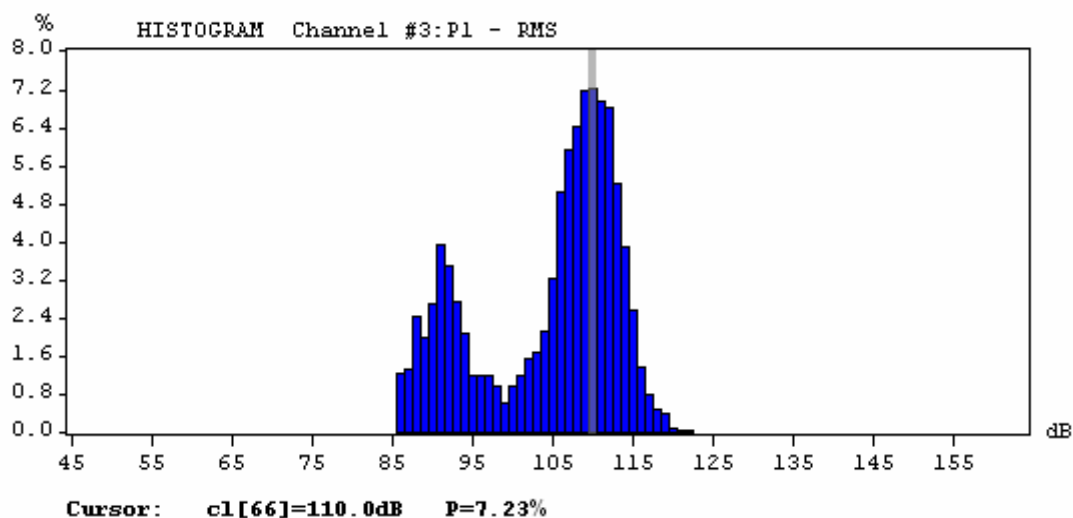


Rysunek 17. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

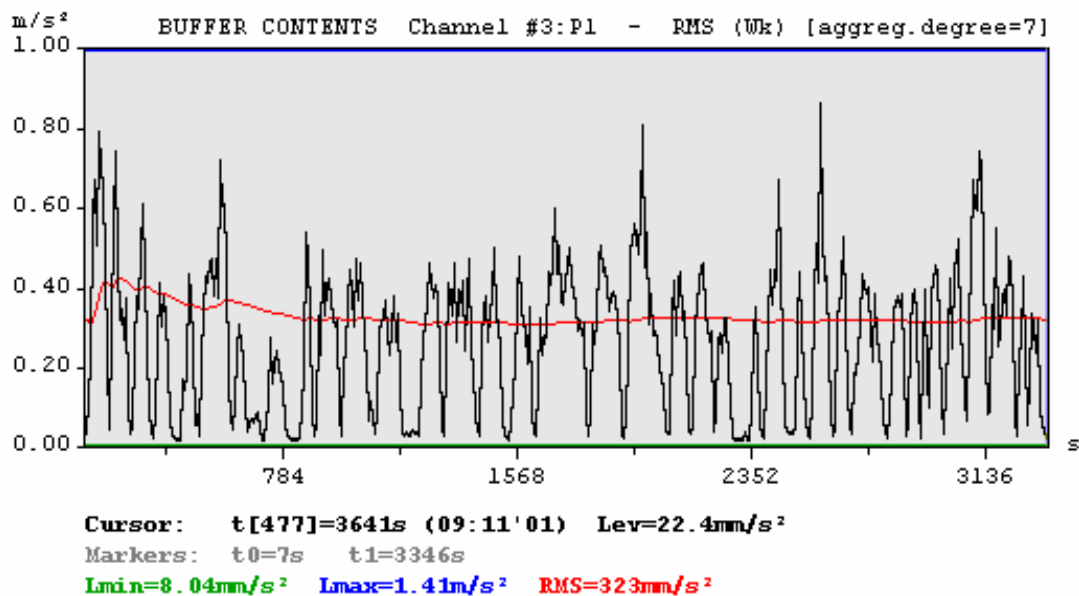
6. Autobus F - nieprzegubowy



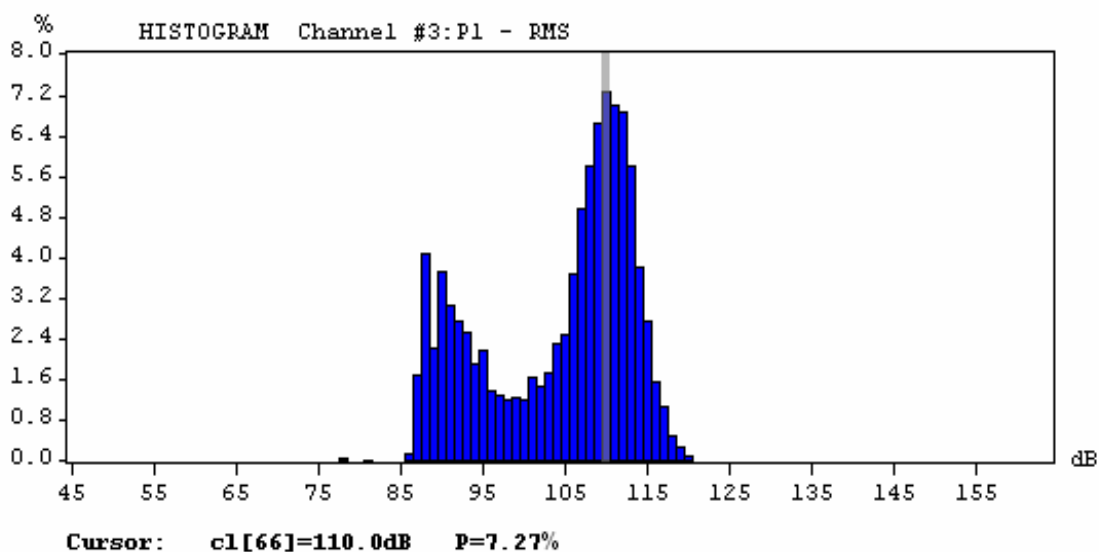
Rysunek 18. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważne przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



Rysunek 19. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

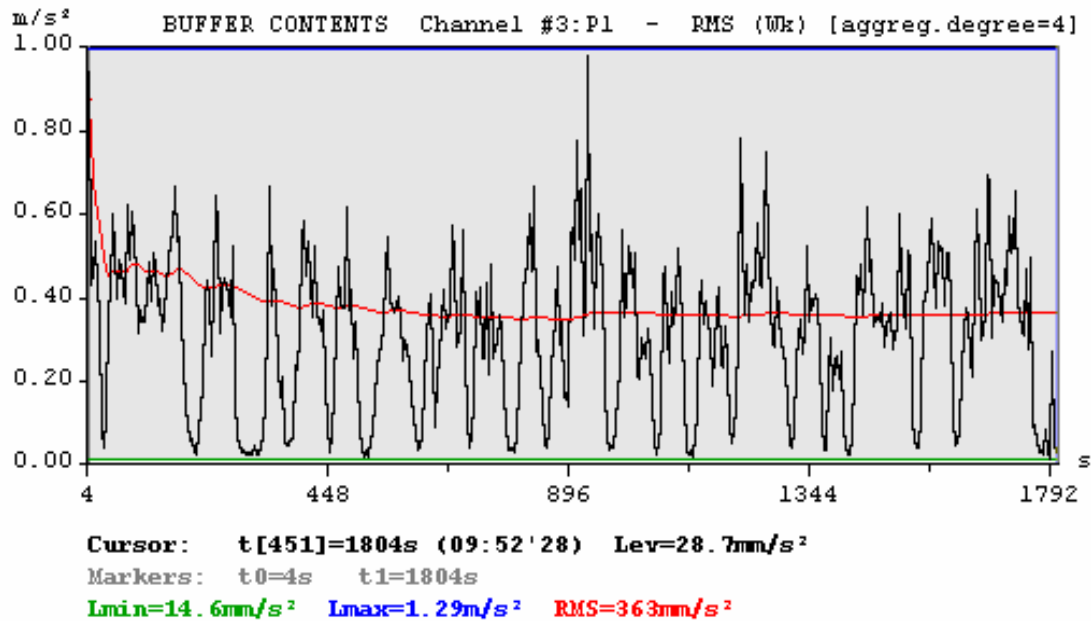


Rysunek 20. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważne przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

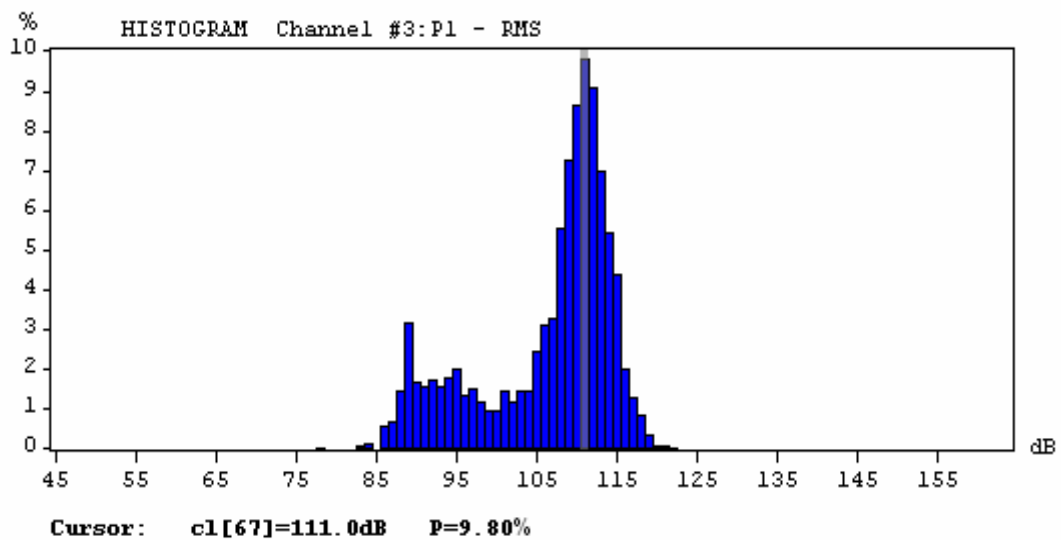


Rysunek 21. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

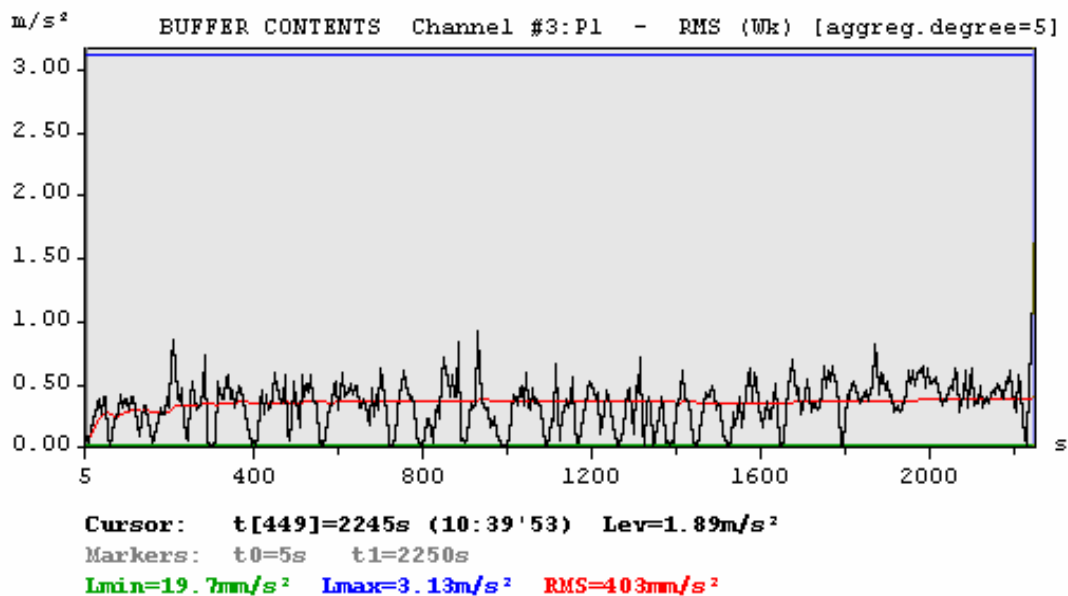
7. Autobus G - nieprzegubowy



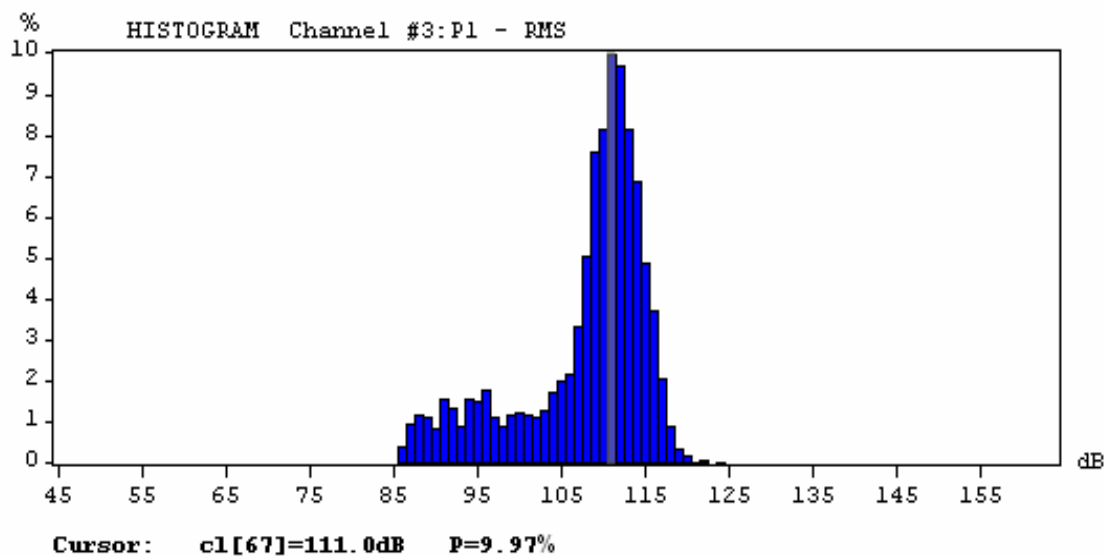
Rysunek 22. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



Rysunek 23. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



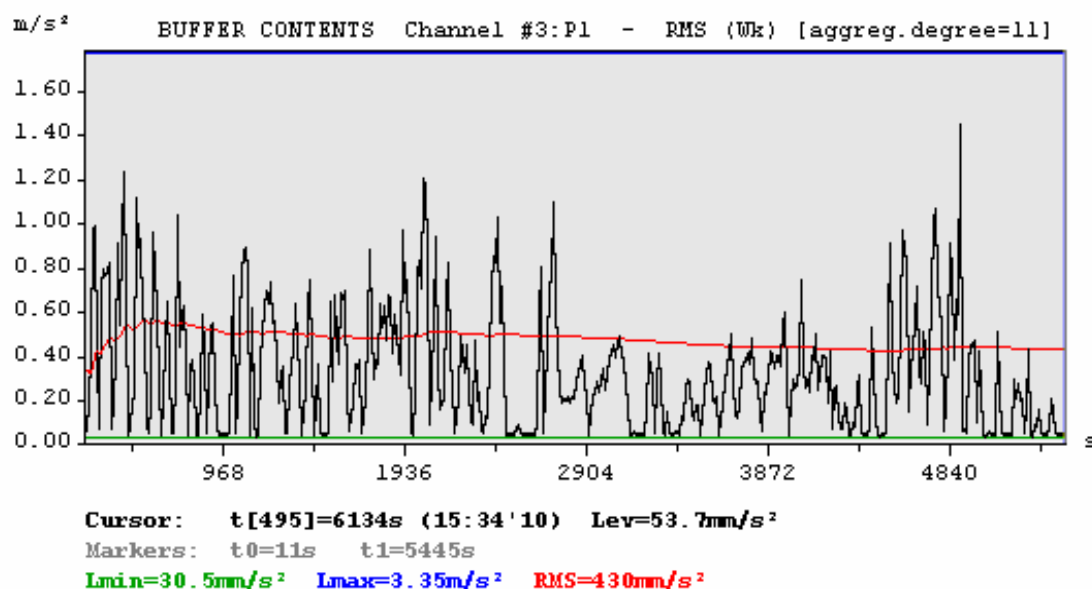
Rysunek 24. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważne przyspieszenia drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



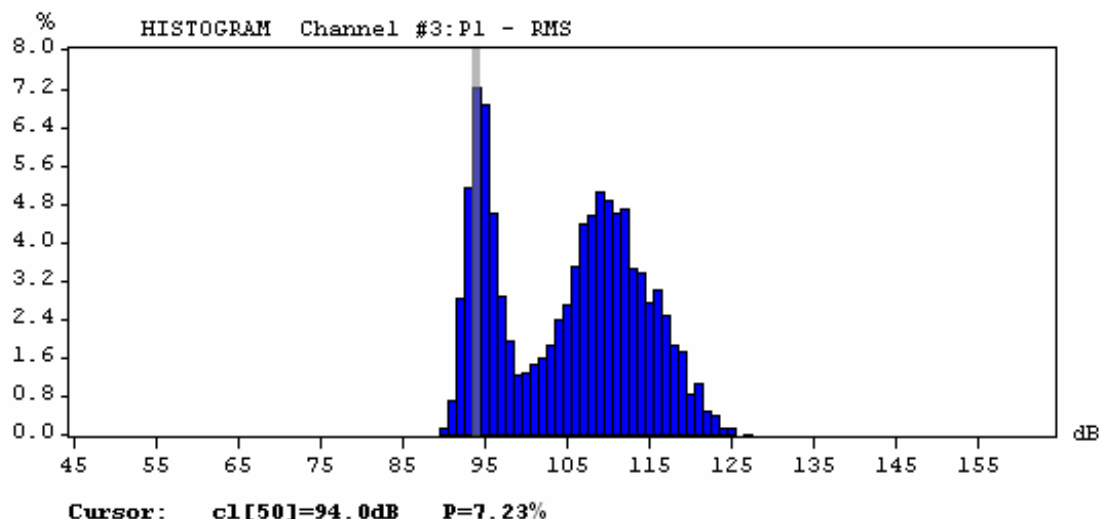
Rysunek 25. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na kierowcę autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

3.2. Narażenia pasażerów na drgania ogólne - pomiary w środkowej części pojazdu

1. Autobus A- przegubowy

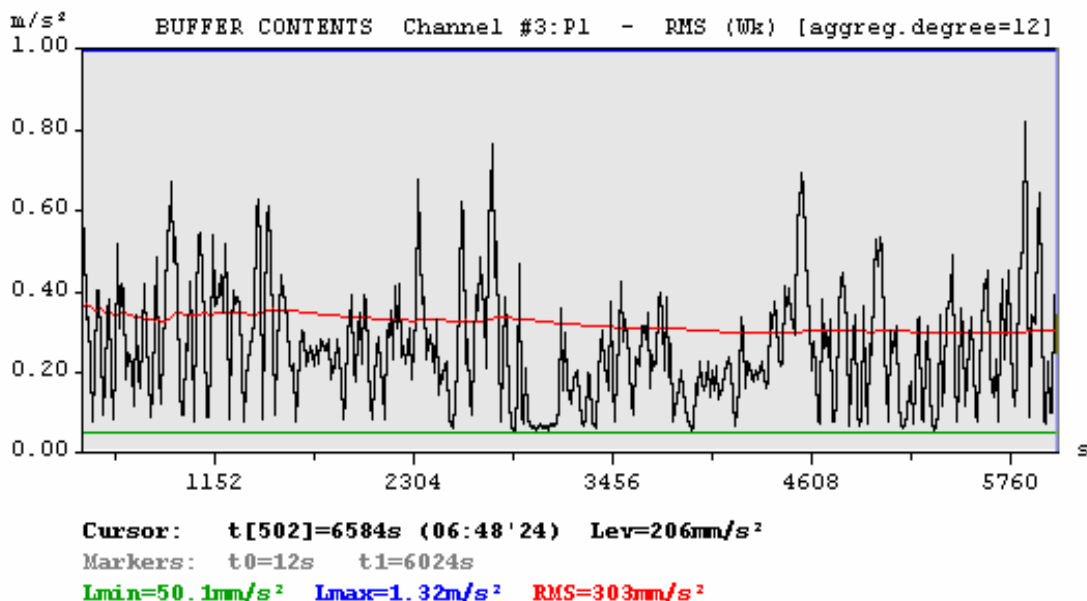


Rysunek 26. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

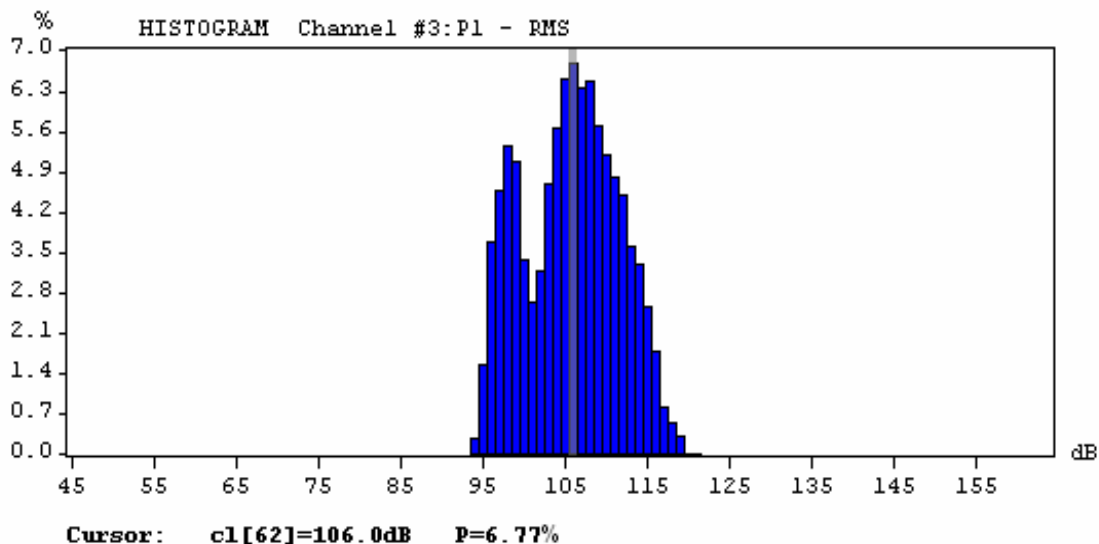


Rysunek 27. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

2. Autobus B - nieprzegubowy

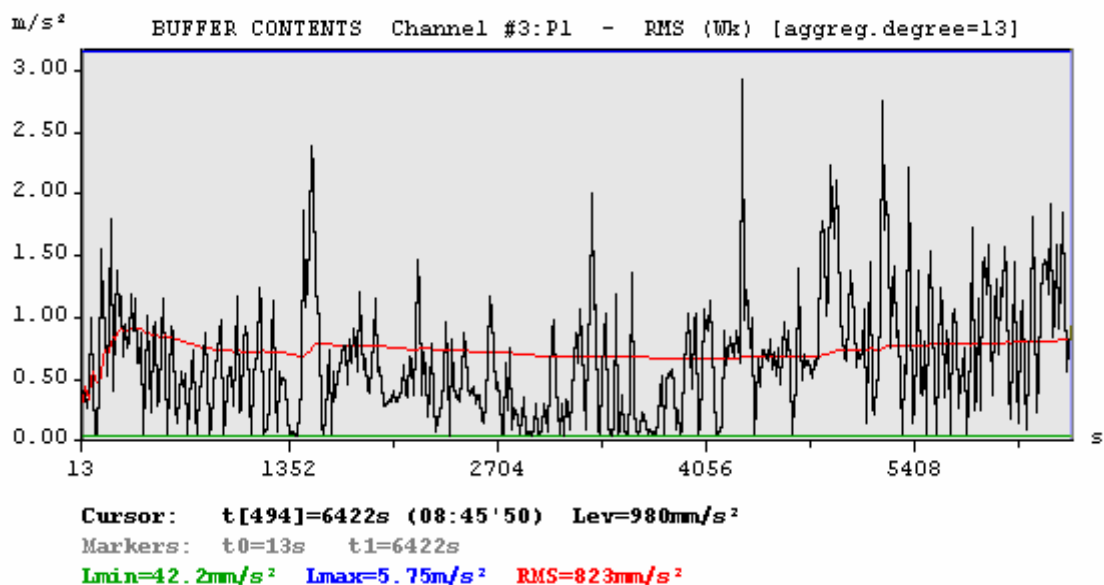


Rysunek 28. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

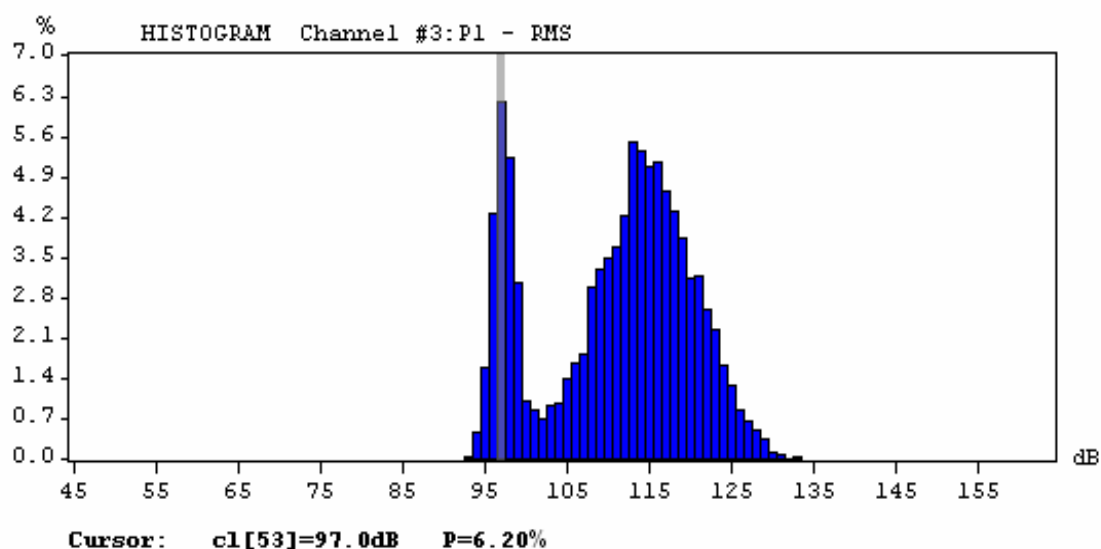


Rysunek 29. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

3. Autobus C - przegubowy

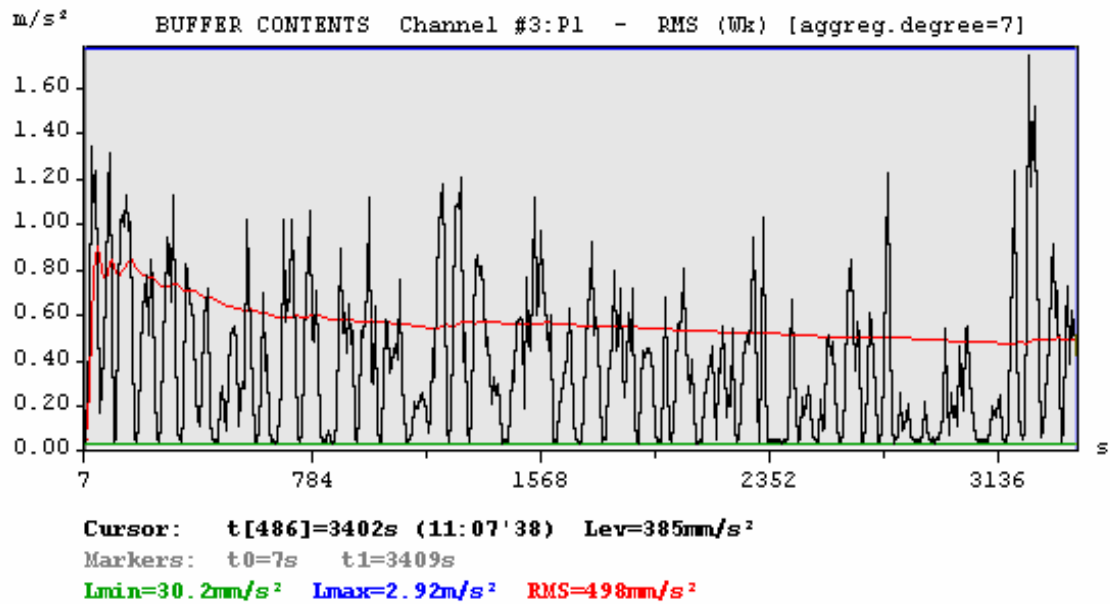


Rysunek 30. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

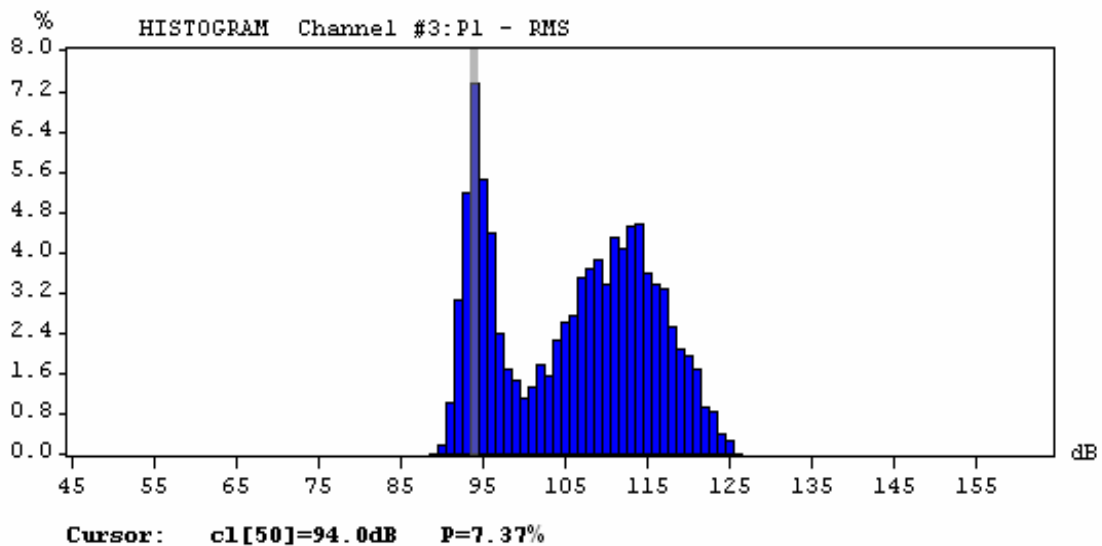


Rysunek 31. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

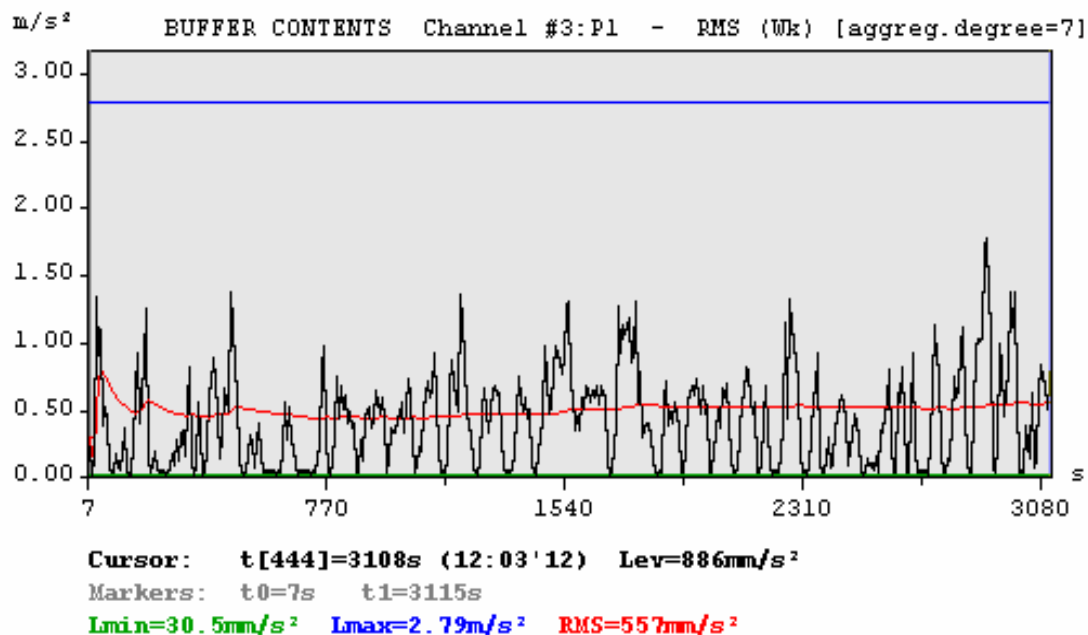
4. Autobus D - przegubowy



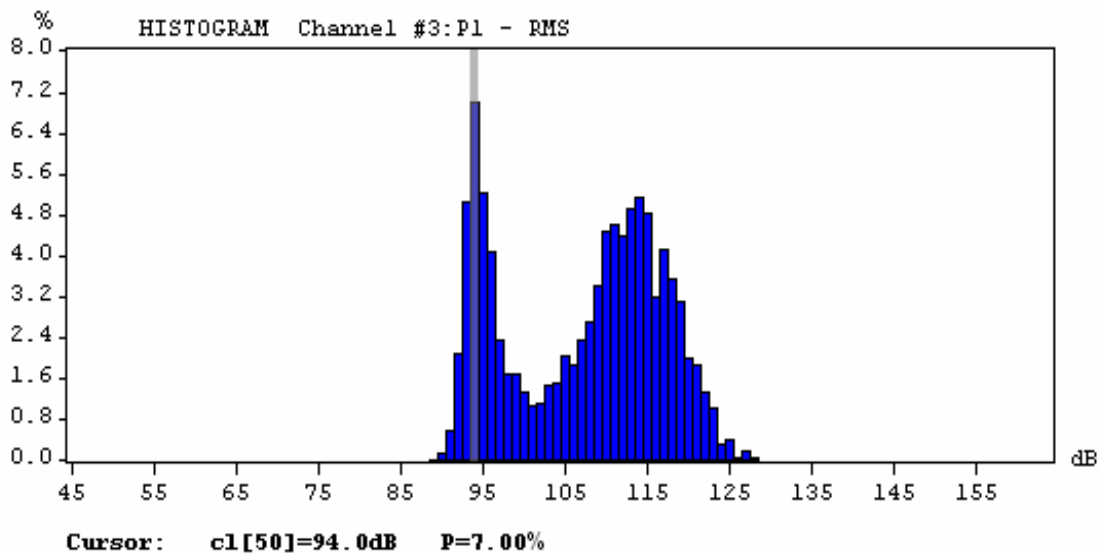
Rysunek 32. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



Rysunek 33. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

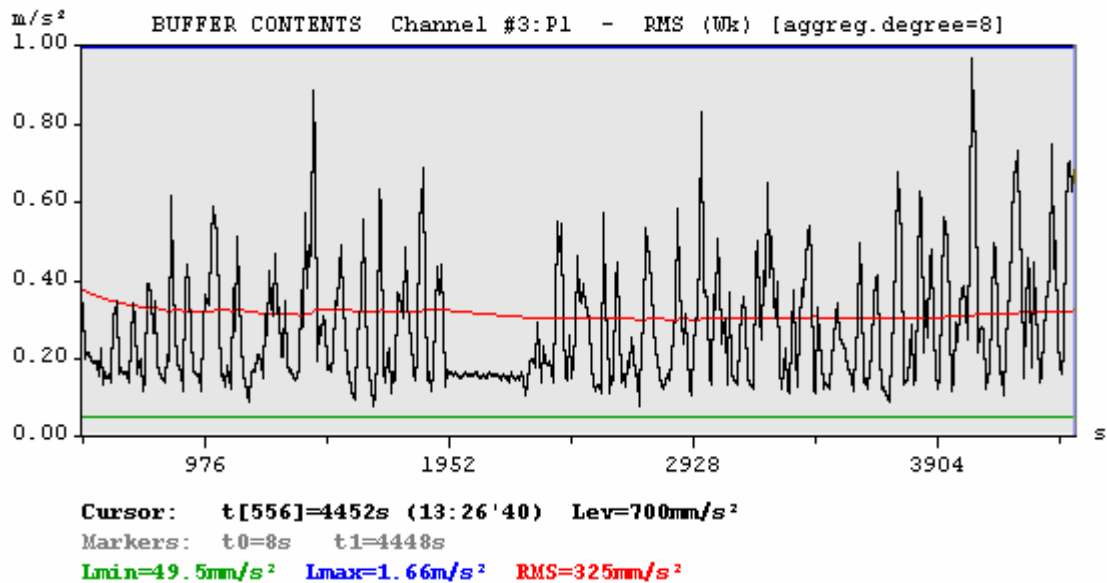


Rysunek 34. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

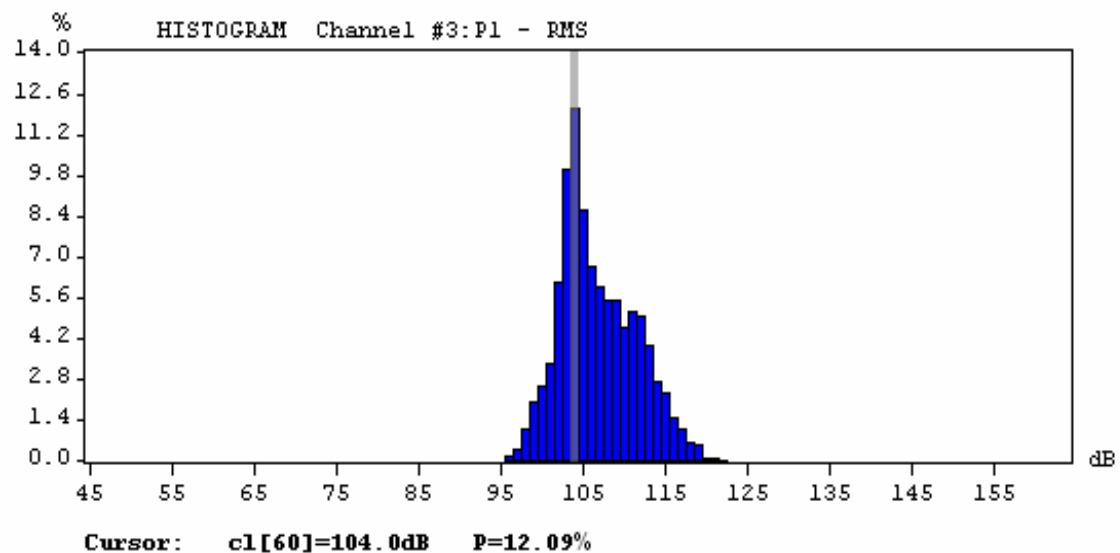


Rysunek 35. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

5. Autobus E - nieprzegubowy

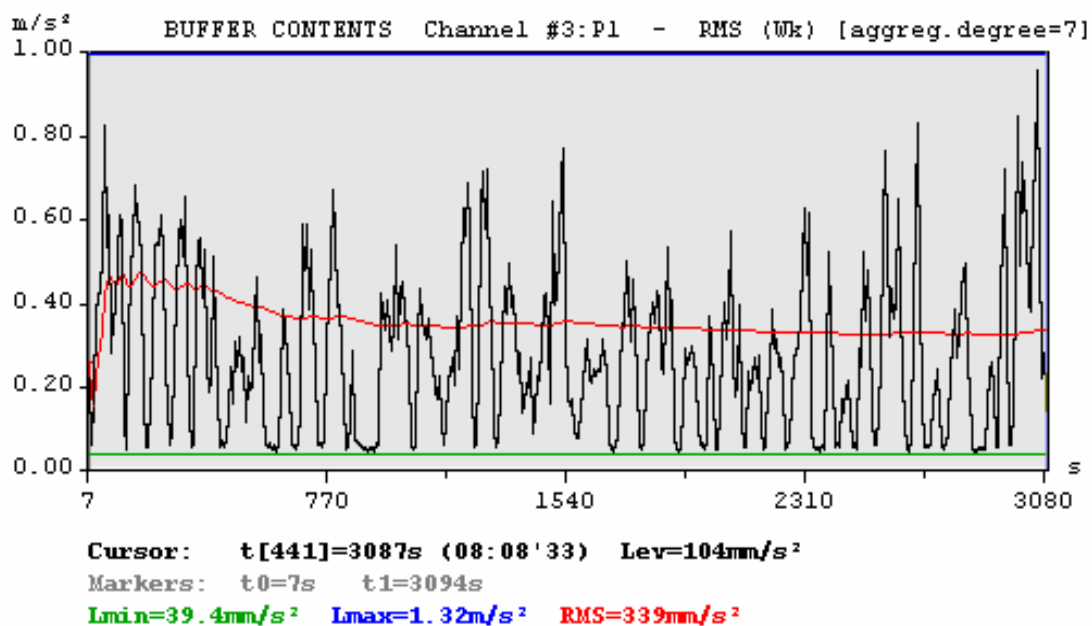


Rysunek 36. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

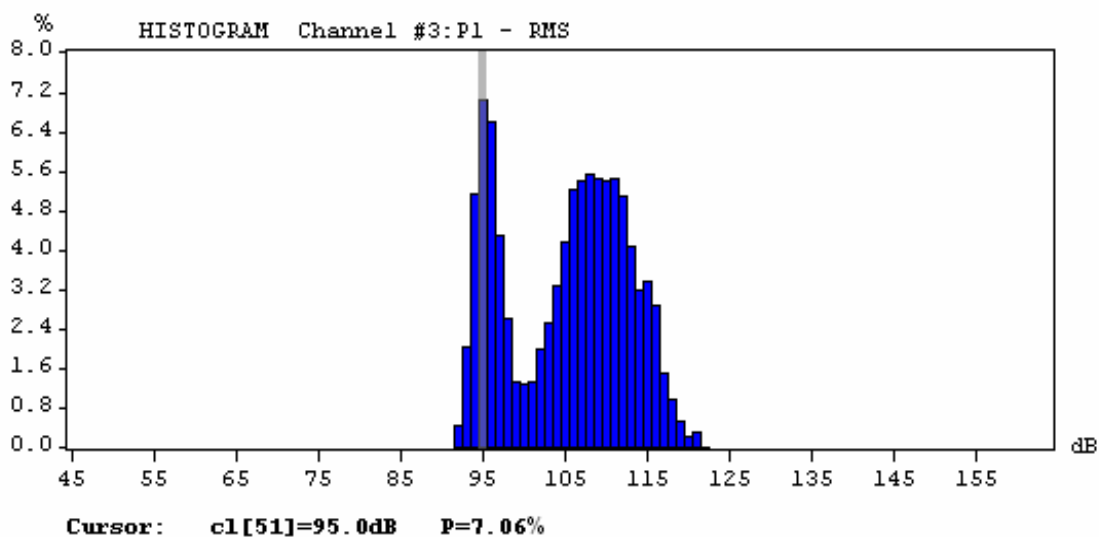


Rysunek 37. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

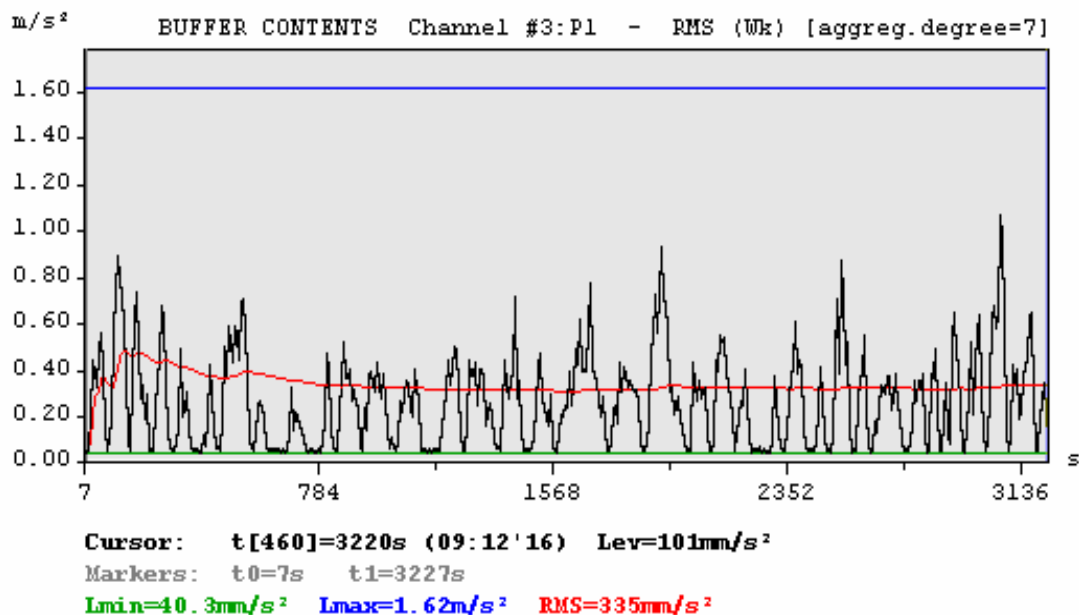
6. Autobus F - nieprzegubowy



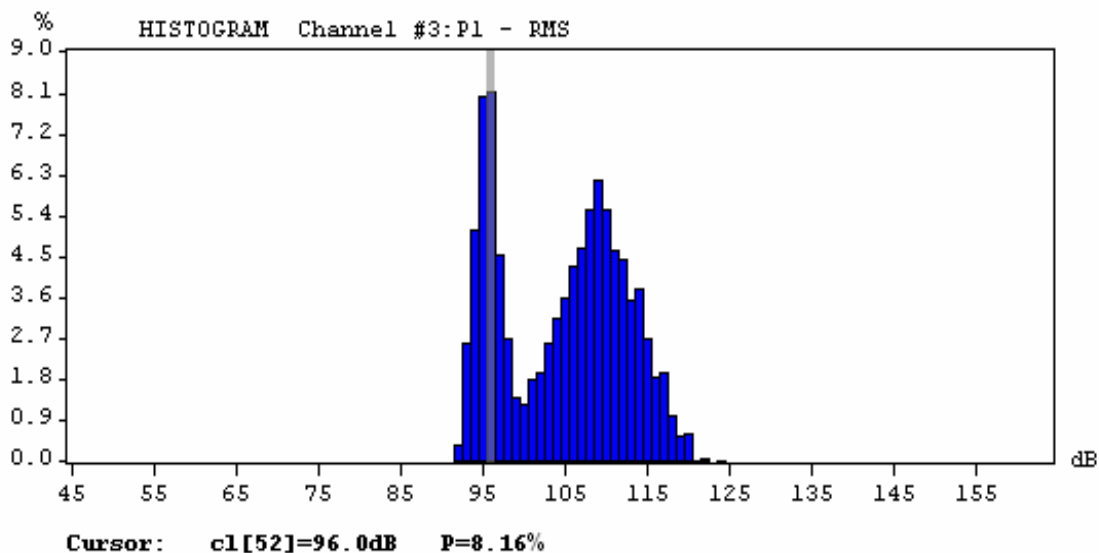
Rysunek 38. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



Rysunek 39. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

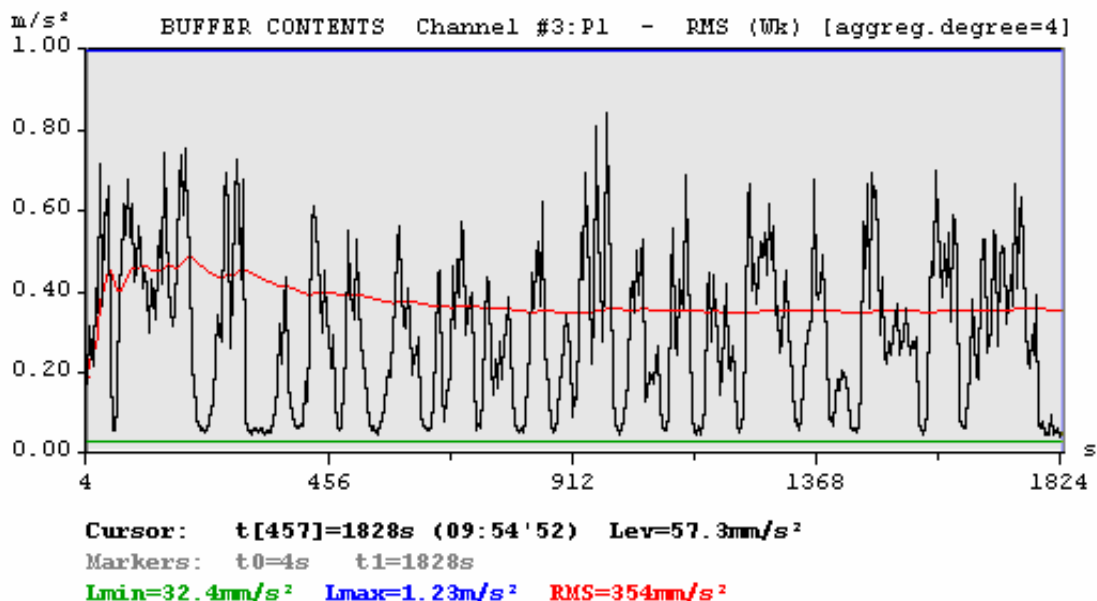


Rysunek 40. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

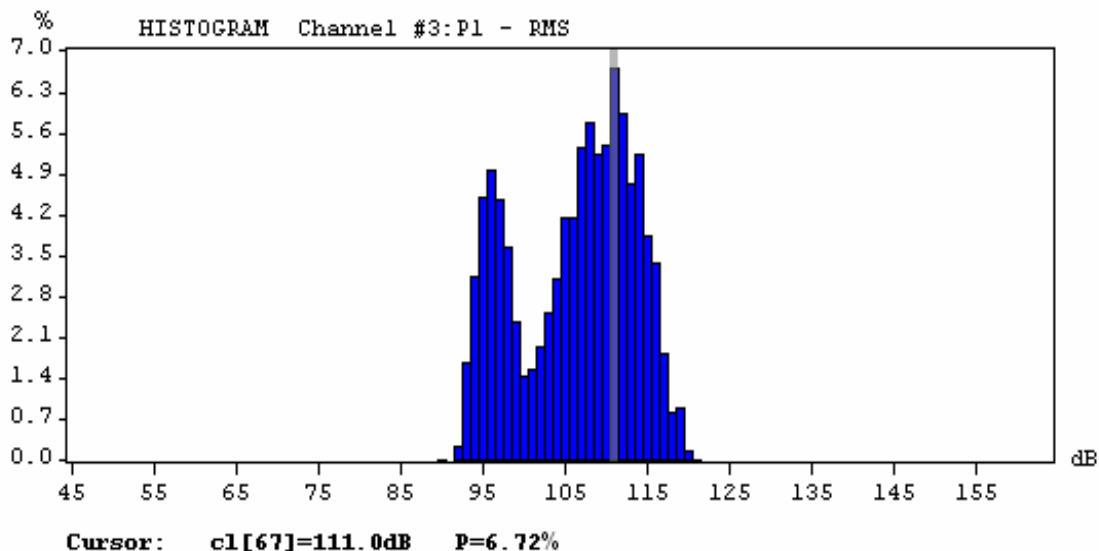


Rysunek 41. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

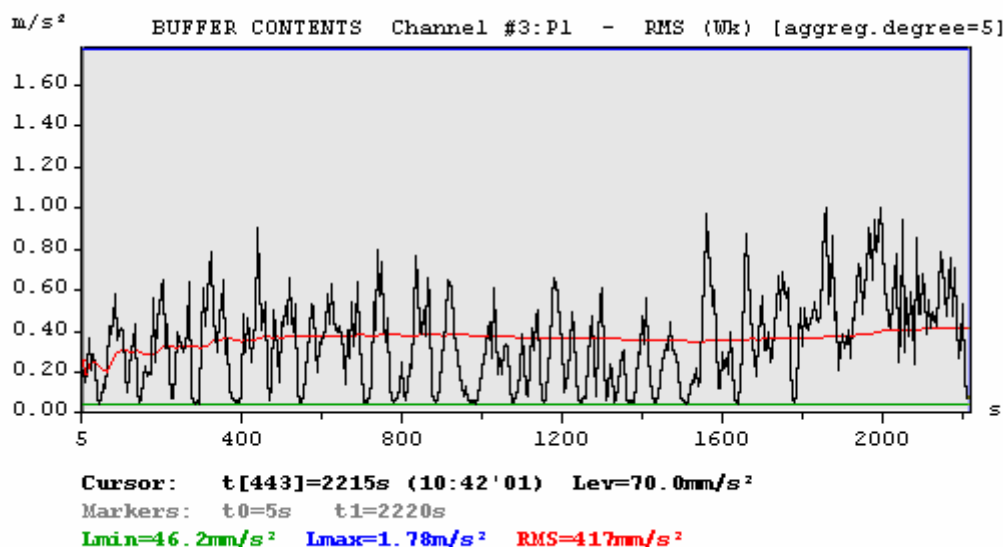
7. Autobus G - nieprzegubowy



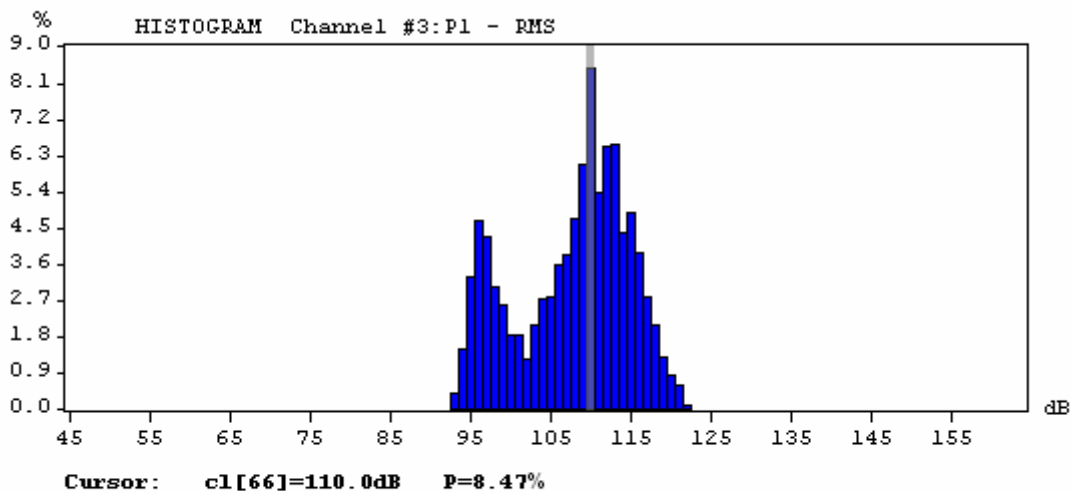
Rysunek 42. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



Rysunek 43. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)



Rysunek 44. Wyniki badań w autobusie miejskim: narażenie na drgania ogólne. Skuteczne wartości ważone przyspieszenia drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

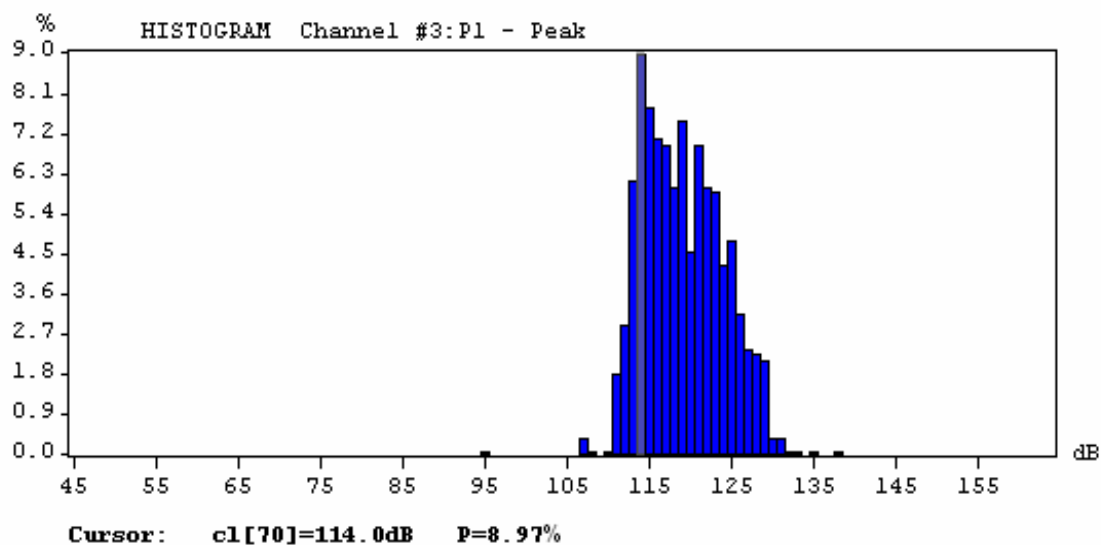


Rysunek 45. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w środkowej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

3.2.1. POMIARY W TYLNEJ CZĘŚCI POJAZDU (OSTATNI RZĄD SIEDZEŃ)

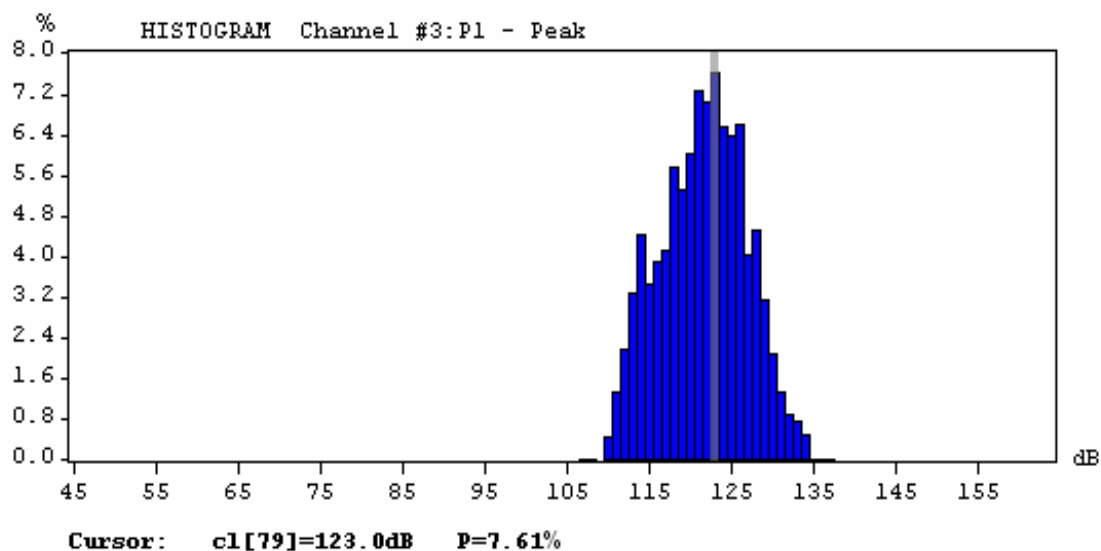
Wyniki badań przyspieszeń drgań dla narażeń w tylnej części pojazdu zostały zaprezentowane w tabeli 4 w kolumnie 7. Na rysunkach 46 i 47 zaprezentowano przykładowe rozkłady wartości przyspieszeń drgań.

6. Autobus F - nieprzegubowy



Rysunek 46. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w tylnej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

7. Autobus G - nieprzegubowy



Rysunek 47. Wyniki badań w autobusie miejskim. Histogram prezentujący rozkład wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań (RMS) działających na pasażera w tylnej części autobusu, zmierzone dla kierunku Z (Źródło: badania własne)

4. Podsumowanie i wnioski

Drgania oddziałujące na kierowcę poprzez siedzisko zaprezentowano w kolumnie 5 tabeli 4. Widoczna jest niewielka zależność obserwowanych przyspieszeń drgań od przebiegu pojazdu. Wszystkie pojazdy charakteryzowała duża zdolność siedzisk kierowcy do tłumienia drgań. Nie zostały dokonane pomiary drgań przenoszonych poprzez stopy kierowcy. Pewnym wyznacznikiem tych wielkości są drgania prezentowane w kolumnie 6 tabeli 4. Pokazano tam wielkości narażeń w środkowej części przedziału pasażerskiego poprzez nieamortyzowane siedziska. W tym przypadku widoczna jest wyraźna zależność wielkości narażenia od przebiegu pojazdu oraz typu (wyraźnie wyższe wartości notowano w autobusach przegubowych).

Tabela 4. Zestawienie wyników narażeń na drgania ogólne w badanych pojazdach
(Źródło: opracowanie własne)

L.p.	Nazwa autobusu	Typ autobusu	Przebieg w km	RMS (pomiar na fotelu kierowcy) w m/s^2	RMS (pomiar na fotelu pasażera w środkowej części pojazdu) w m/s^2	RMS (pomiar na fotelu pasażera w ostatnim rzędzie foteli) w m/s^2
1	2	3	4	5	6	7
1	A	przegubowy	26916	0,322	0,43	—
2	B	nieprzegubowy	456031	0,372	0,303	0,406
3	C	przegubowy	729284	0,412	0,823	0,641
4	D	przegubowy	4835	0,349	0,5275	0,736
5	E	nieprzegubowy	517855	0,355	0,325	0,559
6	F	nieprzegubowy	415805	0,3235	0,337	0,418
7	G	nieprzegubowy	263022	0,383	0,3855	0,560

Analizując wyniki badań można zaobserwować (rys. z podrozdziału 3.1 i 3.2), że w badanych pojazdach nie zostały przekroczone wartości dopuszczalne określające warunki szkodliwości drgań ogólnych i miejscowych. Porównując jednak wyniki z wartościami w tabeli 2, można zauważyć, że przy narażeniu kierowców powyżej 4 godzin, przekroczone zostaną zalecenia dotyczące uciążliwości dla drgań ogólnych dla wszystkich badanych autobusów. Wyższe narażenia na drgania cechują pasażerów, dla których dojeżdżanie do pracy na trasie powyżej godziny w jedną stronę stanowić będzie znaczną uciążliwość. Jakość dróg na badanych trasach cechowała się dużym podobieństwem. Jednak ich jakość miała bardzo duży wpływ na wartości narażeń. Znaczne przyrosty wartości narażeń można zaobserwować w pojazdach o dużym przebiegu. Spowodowane one zostały złym stanem technicznym zawieszenia. Podsumowując prezentowane wyniki, można określić, że na wartości zmierzone wpływ miały poza jakością drogi, także prędkość i stan techniczny pojazdu.

Bibliografia

- [1] Czajka J.H., 2000, Pomiary drgań i hałasu na stanowiskach pracy w transporcie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- [2] Engel Z., 2001, Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem, PWN, Warszawa.
- [3] Horst W., 2004, Ryzyko zawodowe. Ergonomiczne czynniki ryzyka, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- [4] ISO 2631-1:1997 Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 1: General requirements.
- [5] ISO 2631-2:2003 Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz).
- [6] ISO 2631-4:2001 Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport systems.
- [7] ISO 2631-5:2004 Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks.
- [8] Kowalski P., Pomiar i ocena drgań mechanicznych w środowisku pracy według nowych przepisów prawnych, w: Bezpieczeństwo pracy, nr 9/2006, Warszawa.
- [9] 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 (Dz. U. nr 157 z dnia 19 sierpnia 2005 r., poz. 1318).
- [10] 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 (Dz. U. nr 212 z dnia 28 października 2005 r., poz. 1769).
- [11] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. nr 217 z dnia 18 grudnia 2002 r., poz. 1833).
- [12] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 lipca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudnienia przy niektórych z tych prac (Dz. U. nr 136 z dnia 25 lipca 2005 r., poz. 1145).
- [13] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 lipca 2002 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom (Dz. U. nr 127 z dnia 10 sierpnia 2002 r., poz. 1092).