

# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

mgr Marek Utkin  
Urząd Miasta Stołecznego Warszawy  
Biuro Drogownictwa i Komunikacji



mgr inż. Tomasz Roliński  
Brüel & Kjær



mgr inż. Piotr Pawłowski  
Instytut Podstawowych Problemów Techniki  
Polska Akademia Nauk



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

## Co to są drgania oddziałujące na człowieka?

Drgania oddziałujące na człowieka to te, które docierając z otoczenia mają wpływ na jego organizm.

Codziennie stykamy się z różnymi źródłami drgań, na przykład działają one na nas w autobusach, pociągach czy w samochodach. Wielu ludzi jest narażonych na drgania podczas swojej pracy, posługując się narzędziami ręcznymi, obsługując maszyny - przenośne lub stacjonarne, lub prowadząc pojazdy.

Dźwięk może być odbierany jak muzyka lub drażniący hałas, podobnie drgania oddziałujące na człowieka mogą być przyjemne lub nieprzyjemne. Drgania w rodzaju bujania się w fotelu czy odczuwane podczas tańca lub biegu mogą sprawiać przyjemność. Drgania gwałtowniejsze, np. podczas jazdy samochodem po wyboistej drodze lub w czasie posługiwania się ciężkim narzędziem mogą być nieprzyjemne, a nawet powodować zagrożenie dla zdrowia.

Drgania oddziałujące na człowieka to domena wielu dziedzin wiedzy i techniki. W niniejszej prezentacji skupiono się sprawach związanych z bezpieczeństwem i ochroną zdrowia osób narażonych na ekspozycję na drgania oddziałujących na ciało, a przede wszystkim na kończyny górne. Drgania oddziałujące na całe ciało przenoszone są przez płaszczyzny podparcia, głównie podłogi, siedziska, oparcia itp. Długotrwałe narażenie na drgania oddziałujące na całe ciało może wywołać trwałe uszkodzenia fizyczne lub zaburzenia układu nerwowego.

**Codziennie narażanie na drgania kończyn górnych po pewnym czasie może wywołać trwałe uszkodzenia fizyczne, jak tzw. białe palce, lub uszkodzenia stawów i mięśni nadgarstków i/lub łokci.**

# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

## Pomiary

Z punktu widzenia pomiarów i przetwarzania danych, do problemu można podchodzić w sposób klasyczny, wychodząc od źródła, poprzez ścieżkę propagacji aż do odbiornika. Źródłem jest tutaj proces, czynność lub maszyna wytwarzająca drgania.

**W przypadku idealnym drgania powinny być całkowicie likwidowane u źródła, a przynajmniej minimalizowane, lecz czasami nie ma możliwości ograniczenia drgań u źródła do akceptowalnego poziomu.**

Następnym krokiem jest próba stłumienia drgań zanim osiągną organizm ludzki, np. kończyny górne. Osiąga się je dzięki konstrukcji siedzisk, rękawic lub innych systemów tłumiących.

**Niestety, skuteczność tłumienia wibracji jest również ograniczona, a operator urządzenia będzie odczuwał to, czego nie da się wyeliminować.**

Pomiary mogą i powinny być przeprowadzane w celu określenia, jaki jest poziom emisji drgań konkretnej maszyny lub procesu. Otrzymuje się w ten sposób ich charakterystykę.

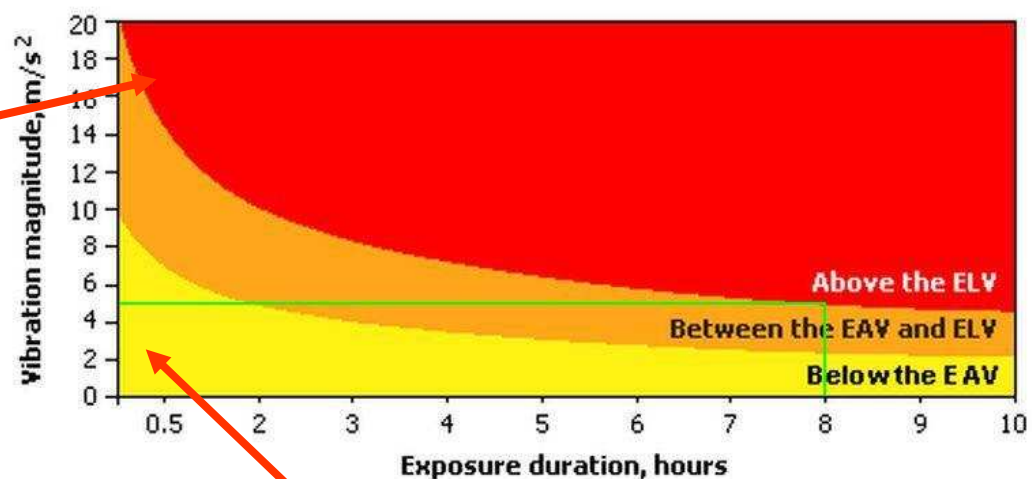
Przeprowadzając takie badania w sposób znormalizowany, umożliwia się porównanie maszyn i procesów między sobą oraz odniesienie do ustalonych limitów

Bieżące oddziaływanie powinno być określone przez pomiar drgań oddziałujących na człowieka na konkretnym stanowisku pracy lub w konkretnej sytuacji i jest niezwykle ważne, aby dokładnie monitorować rzeczywisty czas ekspozycji na drgania.

## Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów



Młot pneumatyczny



Szlifierka oscylacyjna

# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

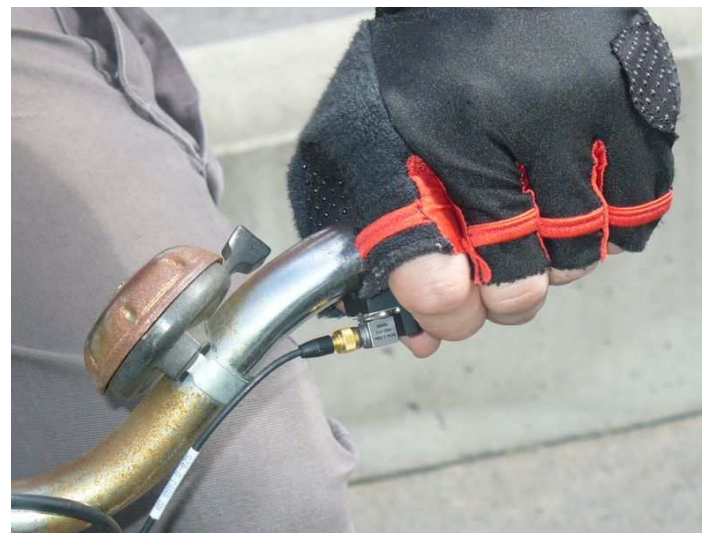
W celu określenia efektu wywieranego przez długotrwałe narażenie ludzkiego organizmu na drgania przeprowadzono intensywne badania i wiele prac studialnych, szczególnie w środowisku pracy. Wyniki wykorzystano w celu ustanowienia norm międzynarodowych, umożliwiających ocenę oddziaływania wibracji na człowieka.

**Dyrektywa EU 2002/44/EC określa minimalne wymagania dotyczące zdrowia i bezpieczeństwa dla pracowników, zapewniające im ochronę, gdy są narażeni na ryzyko będące skutkiem ekspozycji na drgania w trakcie pracy. Normy opisują procedury pomiaru drgań oddziałujących na całe ciało oraz kończyny górne, przy zastosowaniu przyrządów, które spełniają wymagania w/w norm.**

Analizator drgań oddziałujących na człowieka typ 4447 jest takim przyrządem. Ponadto zapewnia on odniesienie wyników do wzorców dzięki kalibracji, jak też (stosownie do przepisów) może mieć Zatwierdzenie Typu oraz być poddawany wzorcowaniu, względnie legalizacji.



## Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów



Analizator drgań oddziałujących na człowieka typ 4447 zamontowany na rowerze. Ma małe wymiary i zapewnia uzyskanie precyzyjnych, kalibrowanych i powtarzalnych wyników, wykonywanych zgodnie z odpowiednimi normami i uzyskanym świadectwem wzorcowania.

## Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Naszym celem było przetestowanie różnych rodzajów nawierzchni dróg rowerowych, ze zwróceniem szczególnej uwagi na betonową kostkę brukową – ulubiony materiał budujących drogi.

Zgodnie z przepisami, podstawowym kryterium porównań jest uśredniona wartość skuteczna przyspieszenia drgań oddziałujących na człowieka, w tym przypadku na kończyny górne, mierzona i sumowana w trzech osiach: x, y i z. Wielkość ta oznaczana jest jako VTV. Wyraża się ją w  $\text{m/s}^2$ .

Nawierzchnia kryta kostką brukową często określana jest jako...



...ekologiczna...



...i łatworozbieralna.

# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

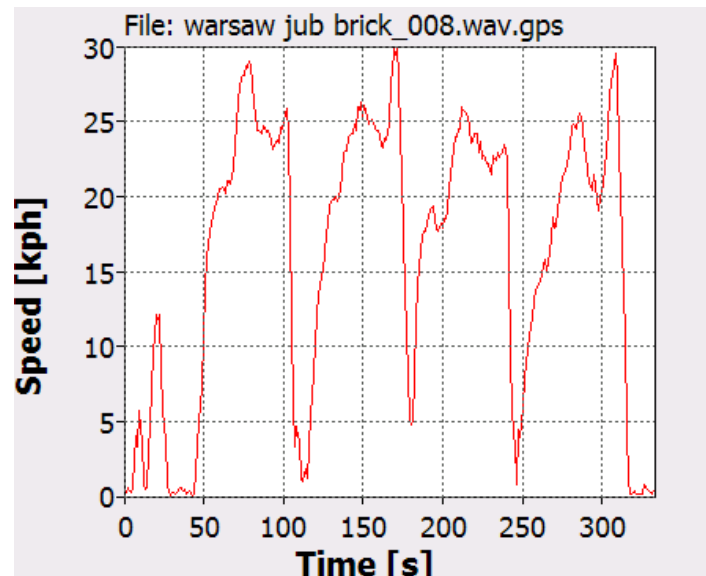
## Warszawa, Trasa Siekierowska

Odcinek drogi rowerowej od węzła Małe Sieierki do ul. Antoniewskiej,

rok budowy 2003 - 2004

Stan: gładka, bez uszkodzeń i uskoków

Jazda ciągła, po 2 przejazdy w każdą stronę z zawracaniem



Kostka  
fazowana

VTV = 6,7 m/s<sup>2</sup>



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

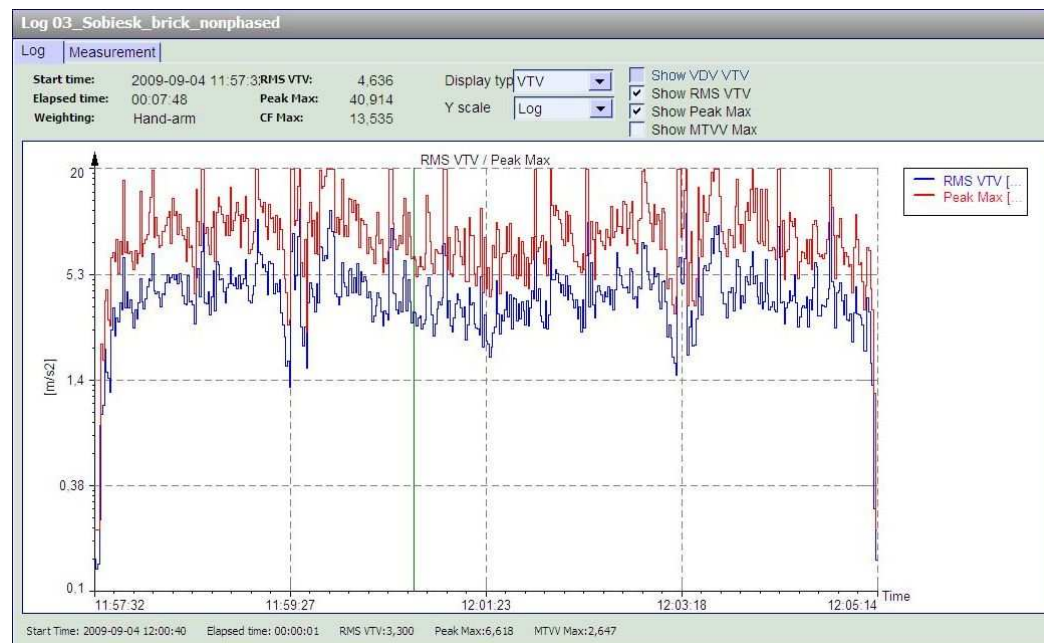
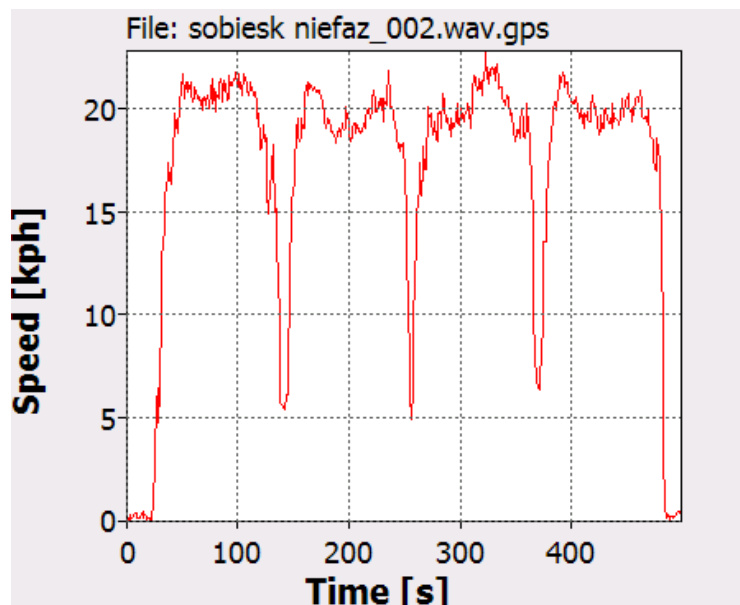
## Warszawa, al. Sobieskiego

Zachodni odcinek drogi rowerowej od ul. Idzikowskiego do Kostrzewskiego

rok budowy – ok. 1980, remont 2008

Stan: gładka, bez uszkodzeń i uskoków

Jazda ciągła, po 2 przejazdy w każdą stronę z zawracaniem



Kostka niefazowana

$VTV = 4,6 \text{ m/s}^2$



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

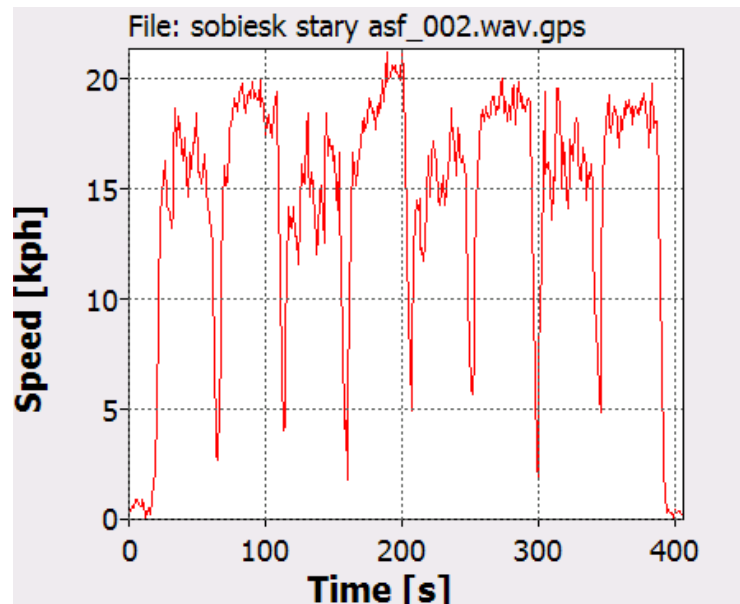
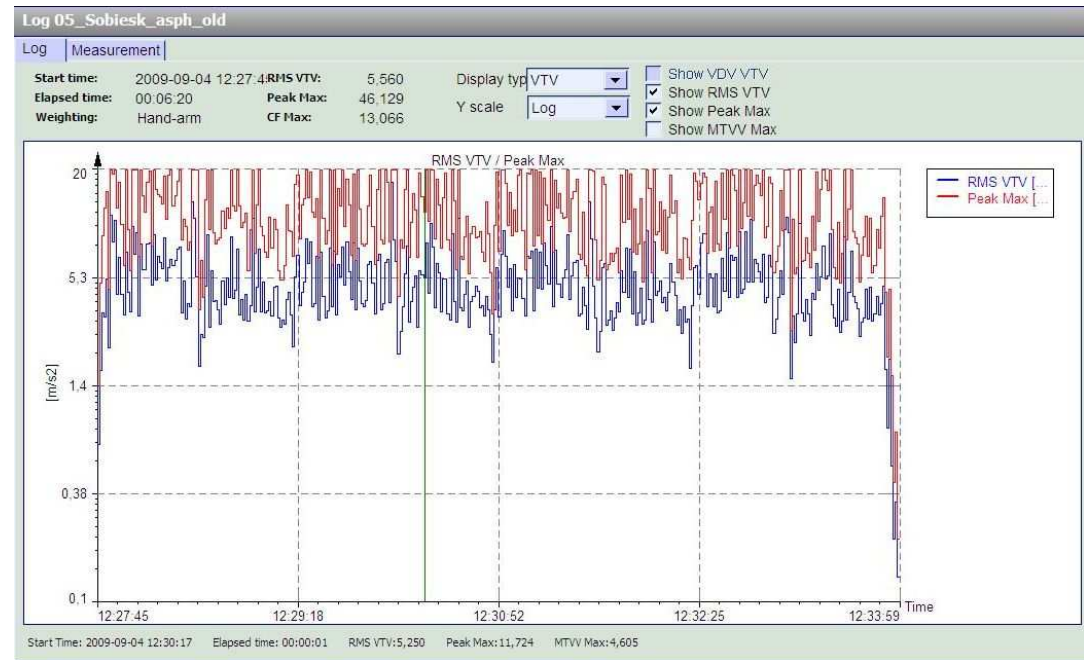
## Warszawa, al. Sobieskiego

Wschodni odcinek drogi rowerowej od ul. Idzikowskiego do Kostrzewskiego

rok budowy – ok. 1980, naprawiana

Stan: gładka, uszkodzenia i małe uskoki

Jazda ciągła, po 4 przejazdy w każdą stronę z zawracaniem



Asfalt – stary  
VTV = 5,4 m/s<sup>2</sup>



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

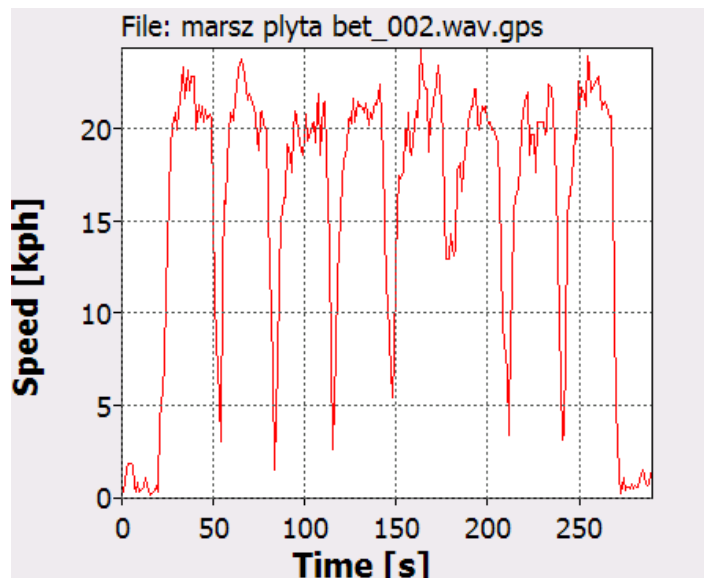
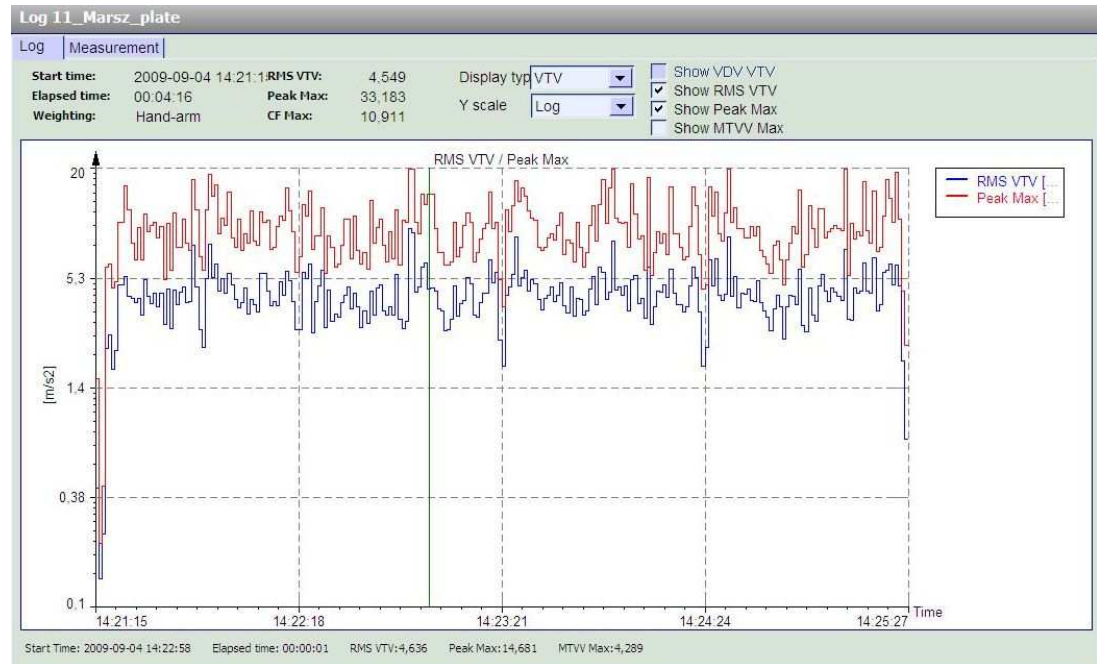
## Warszawa, ul. Marszałkowska

Odcinek drogi rowerowej od ul. Pięknej do Wilczej

rok budowy 2006

Stan: gładka, bez uszkodzeń i uskoków

Jazda ciągła, po 4 przejazdy w każdą stronę z zawracaniem



Płyty 50 x 50  
 $VTV = 4,4 \text{ m/s}^2$



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

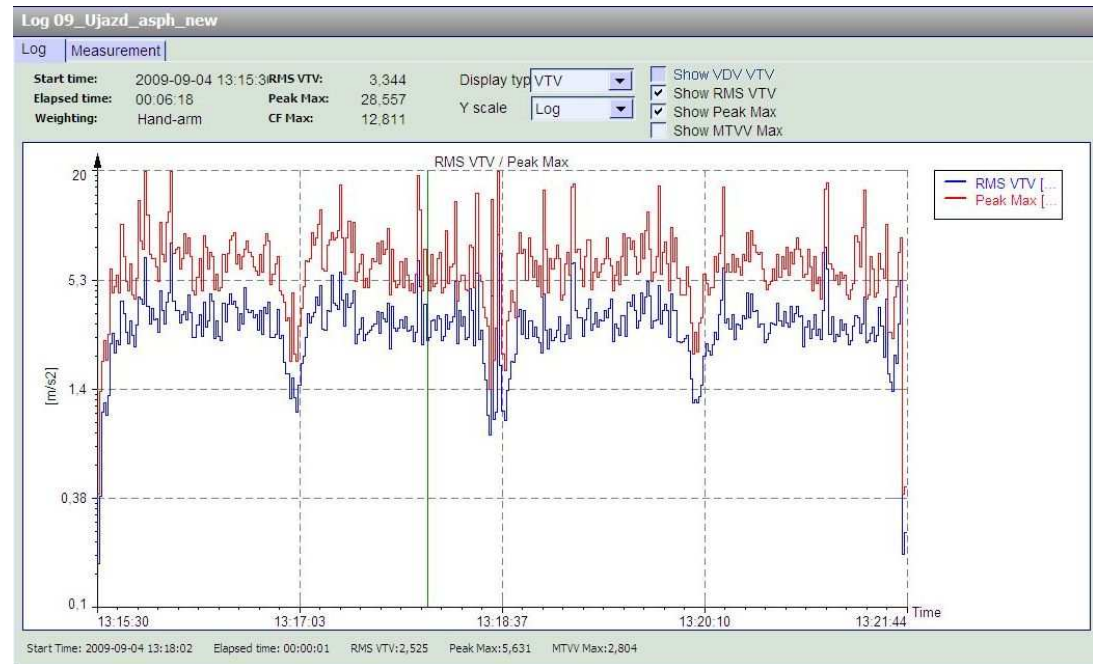
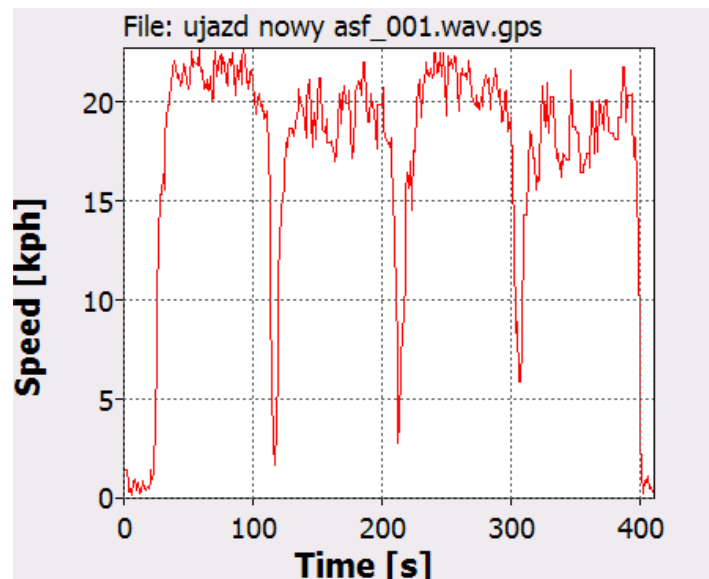
## Warszawa, Al. Ujazdowskie

Odcinek drogi rowerowej od ul. Agricola do ul. Bagatela

rok budowy 2009

Stan: gładka, bez uszkodzeń i uskoków

Jazda ciągła, po 2 przejazdy w każdą stronę z zawracaniem



Beton asfaltowy  
– nowy  
 $VTV = 3,4 \text{ m/s}^2$



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

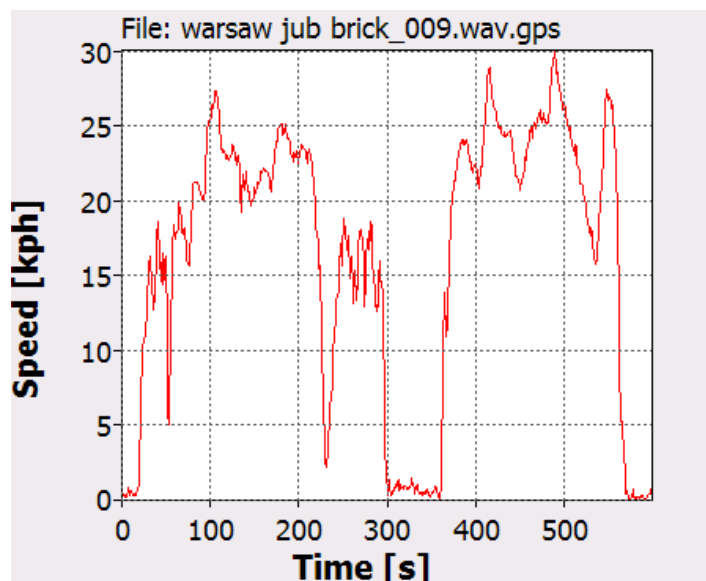
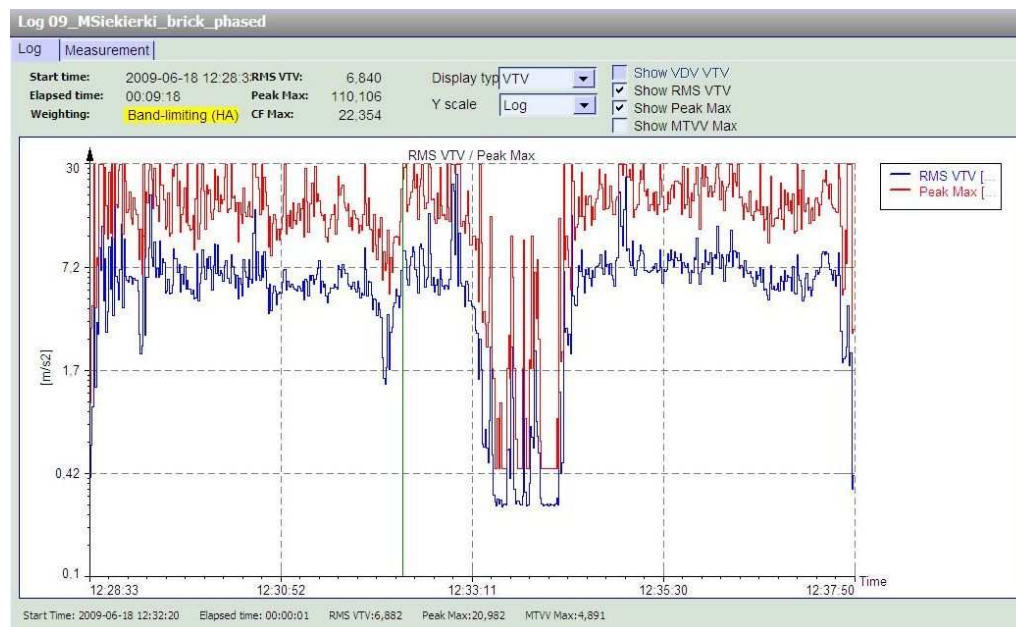
Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

## Warszawa, Trasa Siekierska

Odcinek północny i południowy drogi rowerowej od węzła Małe Siekiery do ul. Czerniakowskiej, rok budowy 2003 - 2004

Stan: gładka, bez uszkodzeń, „normalne” (2 - 5 cm) uskoki na wjazdach do posesji i przy przekraczaniu jezdni

Jazda ciągła po pętli, postój na rondzie (czerwone światła)



## Krawężnik!

/uwaga na wartości szczytowe/

Kostka fazowana + krawężniki

VTV = 6,8 m/s²



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

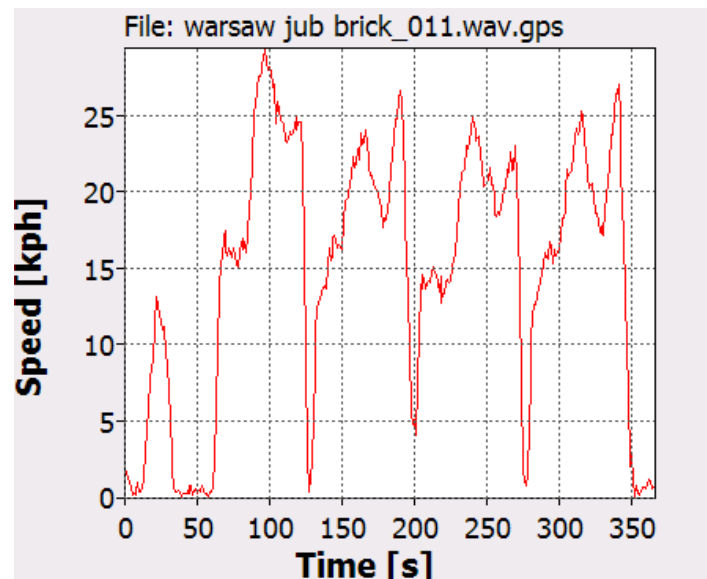
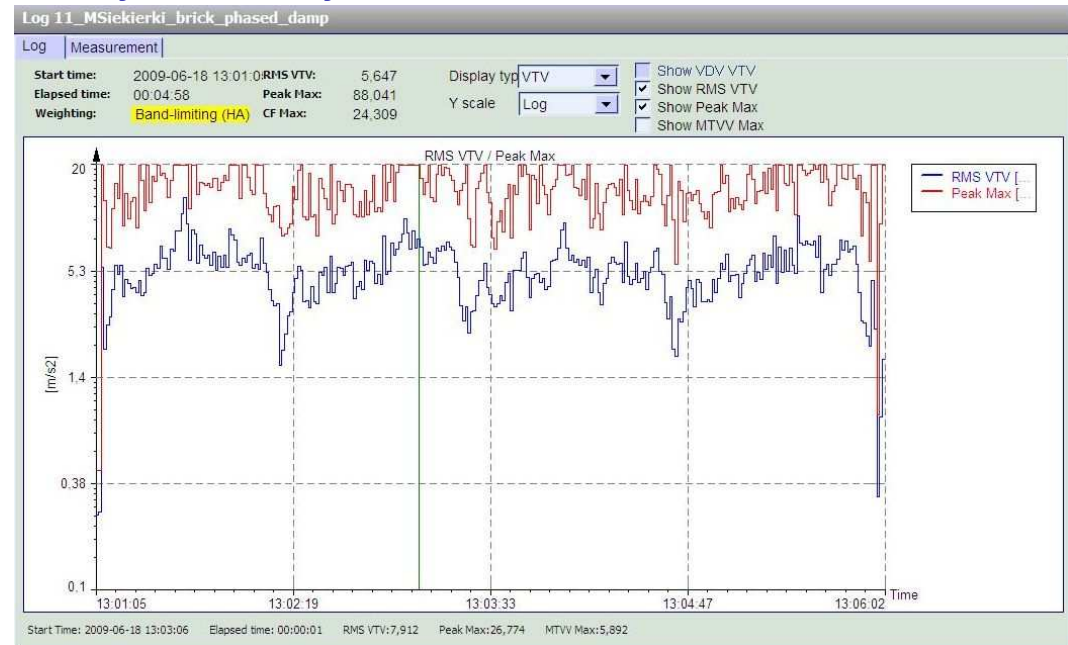
## Warszawa, Trasa Siekierska

Odcinek drogi rowerowej od węzła Małe Siekierki do ul. Antoniewskiej,

rok budowy 2003 - 2004

Stan: gładka, bez uszkodzeń i uskoków

Jazda ciągła, po 2 przejazdy w każdą stronę z zawracaniem



Kostka  
fazowana –  
widelec  
amortyzowany  
 $VTV = 5,6 \text{ m/s}^2$



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

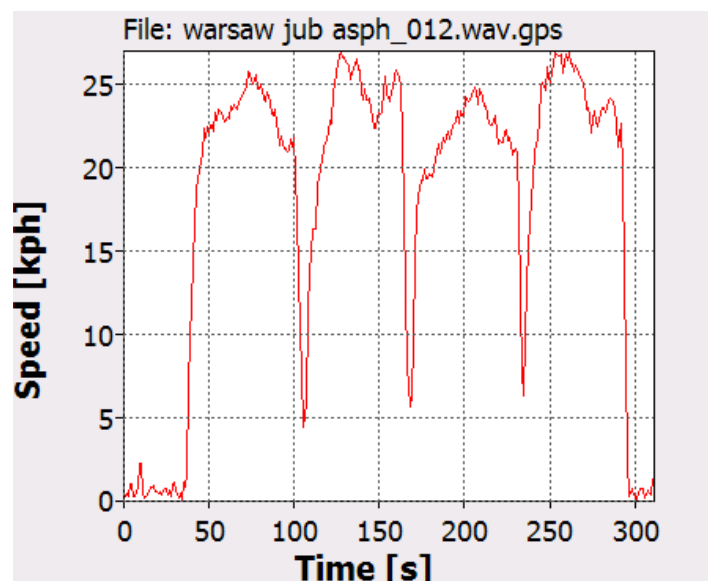
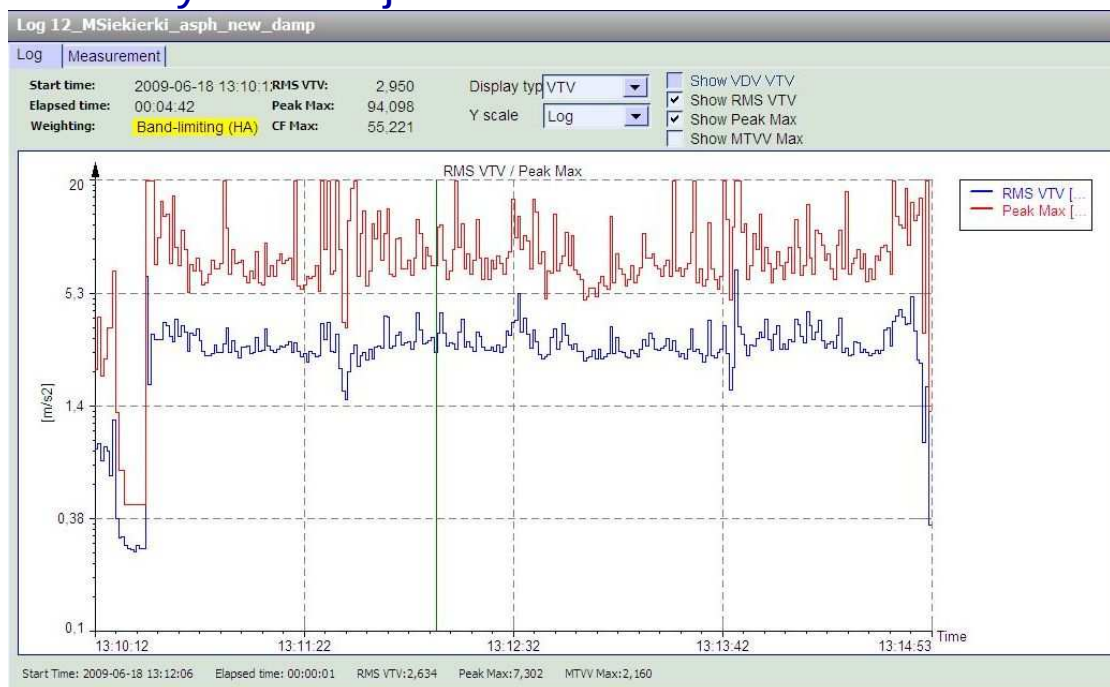
Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

## Warszawa, Trasa Siekierska

Odcinek drogi technicznej (dla samochodów)  
od węzła Małe Siekiery do ul. Antoniewskiej,  
rok budowy 2008

Stan: gładka, bez uszkodzeń i uskoków

Jazda ciągła, po 2 przejazdy w każdą stronę z  
zawracaniem



Beton asfaltowy  
na drodze –  
widelec  
amortyzowany  
 $VTV = 3,0 \text{ m/s}^2$



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

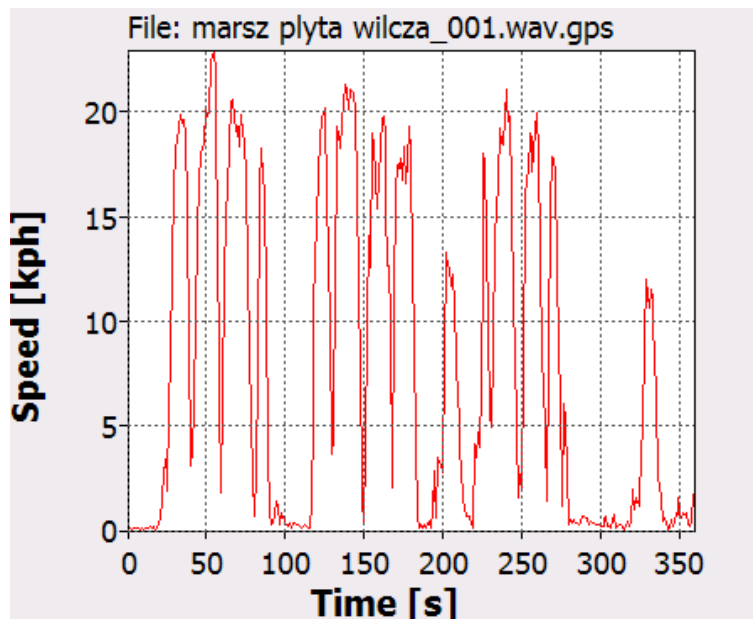
## Warszawa, ul. Marszałkowska

Przejazd dla rowerów na skrzyżowaniu z ul. Wilczą (element drogi rowerowej)

rok budowy 2006

Stan: uskoki – ścieki przykrawężnikowe (2 – 3 cm po stronie krawężnika, drugi brzeg gładki)

Jazda ciągła, po 7 przejazdów w każdą stronę z zawracaniem



## Krawężnik!

/uwaga na wartości szczytowe/

Płyty +  
krawężniki

VTV = 6,9 m/s<sup>2</sup>

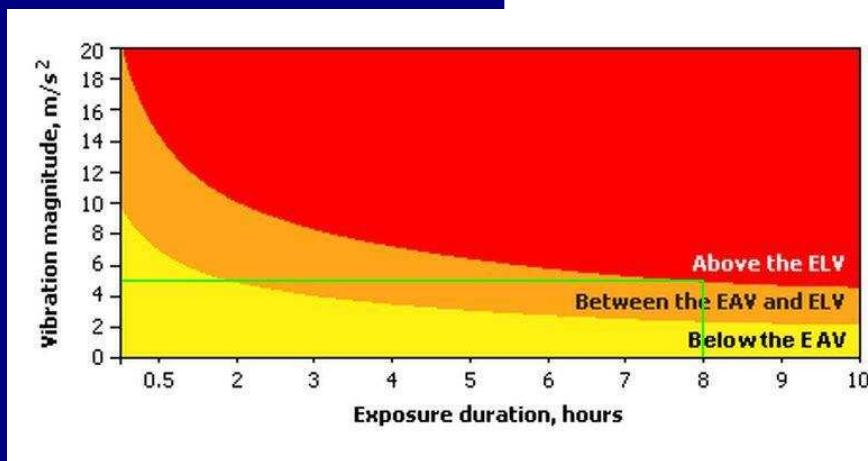


# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

## Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

The ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists)  
Threshold Limit Values for exposure of the hand to vibration in X, Y  
or Z Direction

| Maximum value of frequency weighted acceleration ( $m/s^2$ ) in any direction | Total Daily Exposure Duration (hours) |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 4                                                                             | 4 to less than 8 hours                |
| 6                                                                             | 2 to less than 4 hours                |
| 8                                                                             | 1 to less than 2 hours                |
| 12                                                                            | Less than 1 hour                      |



Regulamin Kontroli Drgań przy Pracy z 2005 r. wymaga podjęcia konkretnych działań, gdy dzienna dawka narażenia na drgania osiąga pewien poziom.

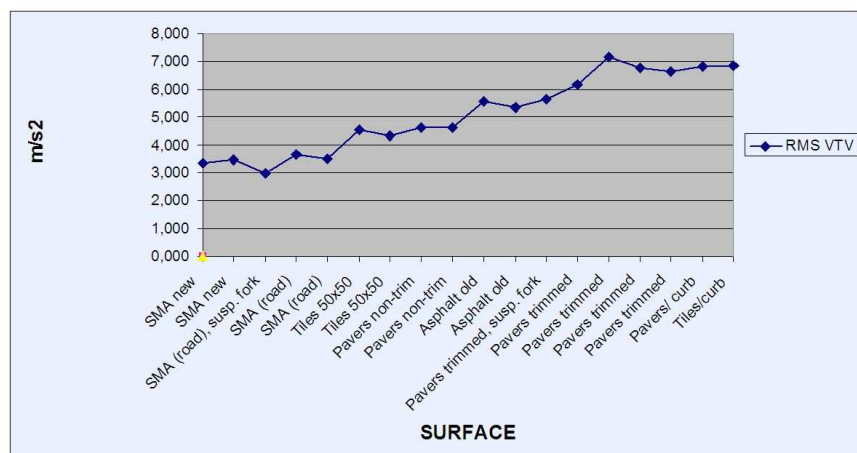
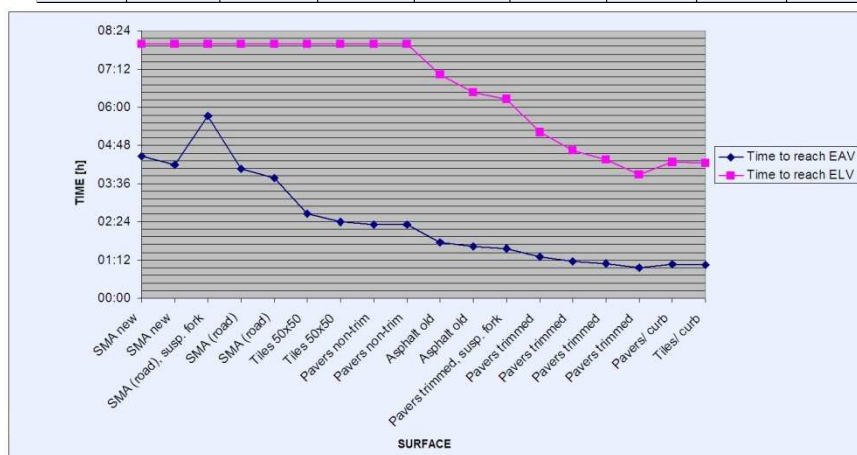
Exposure Action Value (EAV) stanowi dzienną wartość drgań, powyżej której wymaga się podjęcia działań, mających na celu ograniczenie ekspozycji na drgania. Im wyższy poziom ekspozycji, tym większe ryzyko, a odpowiedzialny podmiot musi podjąć dalej idące działania, aby je zmniejszyć. Dla kończyn górnych dzienna wartość EAV wynosi  $2,5 m/s^2$ .

Exposure Limit Value (ELV) stanowi maksymalny poziom wibracji, na jaki człowiek może być narażony w ciągu jednego dnia roboczego. Dla kończyn górnych dzienna wartość ELV wynosi  $5 m/s^2$ . Reprezentuje narażenie, którego nie wolno przekraczać.

# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

## Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni

| Material                | asfaltobeton nowy | asfaltobeton nowy | asfaltobeton (droga), widelec amort. | asfaltobeton (droga) | asfaltobeton (droga) | Płyty 50x50 | Płyty 50x50 | Kostka niefazowana | Kostka niefazowana | Asfalt stary | Asfalt stary | Kostka fazowana, widelec amort. | Kostka fazowana | Kostka fazowana | Kostka fazowana | Kostka fazowana | Kostka/ krawężnik | Płyty/ krawężnik |
|-------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Czas do osiągnięcia EAV | 04:28             | 04:12             | 05:44                                | 04:04                | 03:47                | 02:39       | 02:24       | 02:19              | 02:19              | 01:45        | 01:37        | 01:34                           | 01:18           | 01:09           | 01:05           | 00:58           | 01:04             | 01:03            |
| Czas do osiągnięcia ELV | 08:00             | 08:00             | 08:00                                | 08:00                | 08:00                | 08:00       | 08:00       | 08:00              | 08:00              | 07:02        | 06:28        | 06:16                           | 05:13           | 04:38           | 04:22           | 03:54           | 04:16             | 04:15            |



| Material | Asfaltobeton nowy | Asfaltobeton (droga), widelec amort. | Asfaltobeton (droga) | Płyty 50x50 | Kostka bezfazowa | Asfalt stary | Kostka fazowana, widelec amort. | Kostka fazowana | Kostka/ krawężnik | Płyty/ krawężnik |
|----------|-------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------|------------------|--------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| RMS VTV  | 3,4               | 3,0                                  | 3,6                  | 4,4         | 4,6              | 5,4          | 5,6                             | 6,7             | 6,8               | 6,9              |

# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni – czas jazdy

## Exposure action value (EAV)

Dla kończyn górnych  
dzienna wartość EAV wynosi  
 $2,5 \text{ m/s}^2$ .

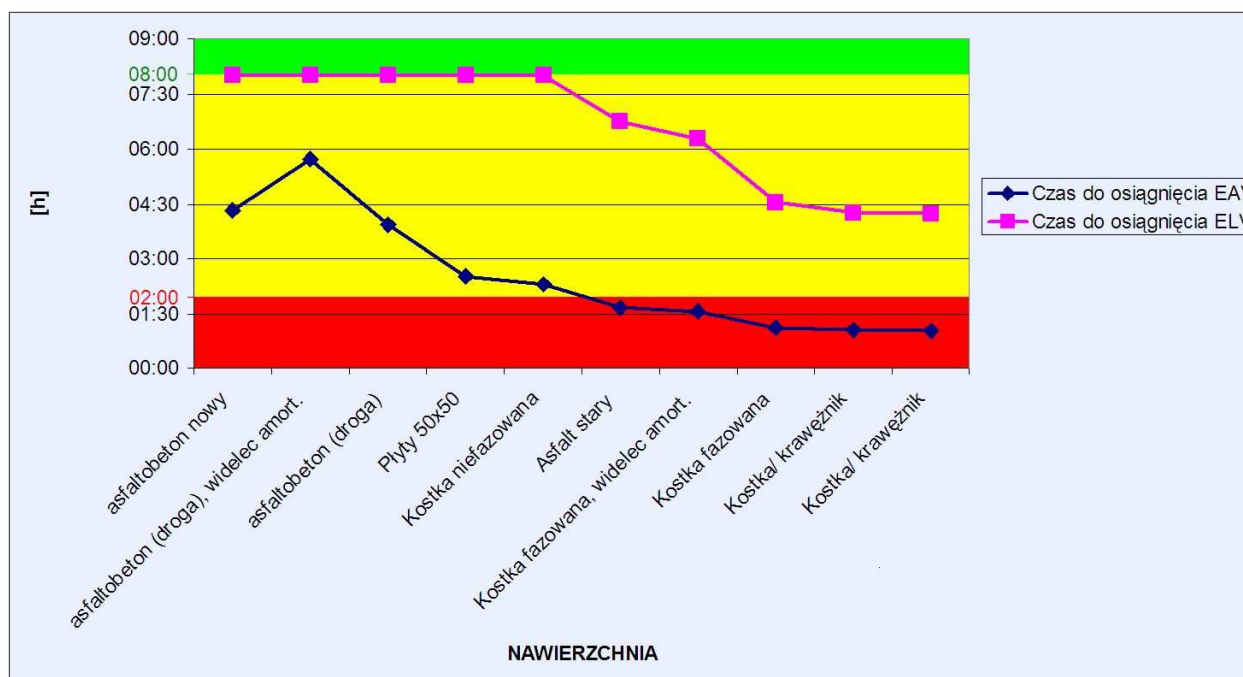
## Exposure limit value (ELV)

Dla kończyn górnych  
dzienna wartość ELV wynosi  
 $5 \text{ m/s}^2$ .

| Material                | Asfaltobeton nowy | Asfaltobeton (droga), widelec amort. | Asfaltobeton (droga) | Płyty 50x50 | Kostka niefazowana | Asfalt stary | Kostka fazowana, widelec amort. | Kostka fazowana | Kostka/krawężnik | Kostka/krawężnik |
|-------------------------|-------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------|--------------------|--------------|---------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| Czas do osiągnięcia EAV | 04:20             | 05:44                                | 03:55                | 02:31       | 02:19              | 01:41        | 01:34                           | 01:07           | 01:04            | 01:03            |
| Czas do osiągnięcia ELV | > 08:00           | > 08:00                              | > 08:00              | > 08:00     | > 08:00            | 06:45        | 06:16                           | 04:31           | 04:16            | 04:15            |

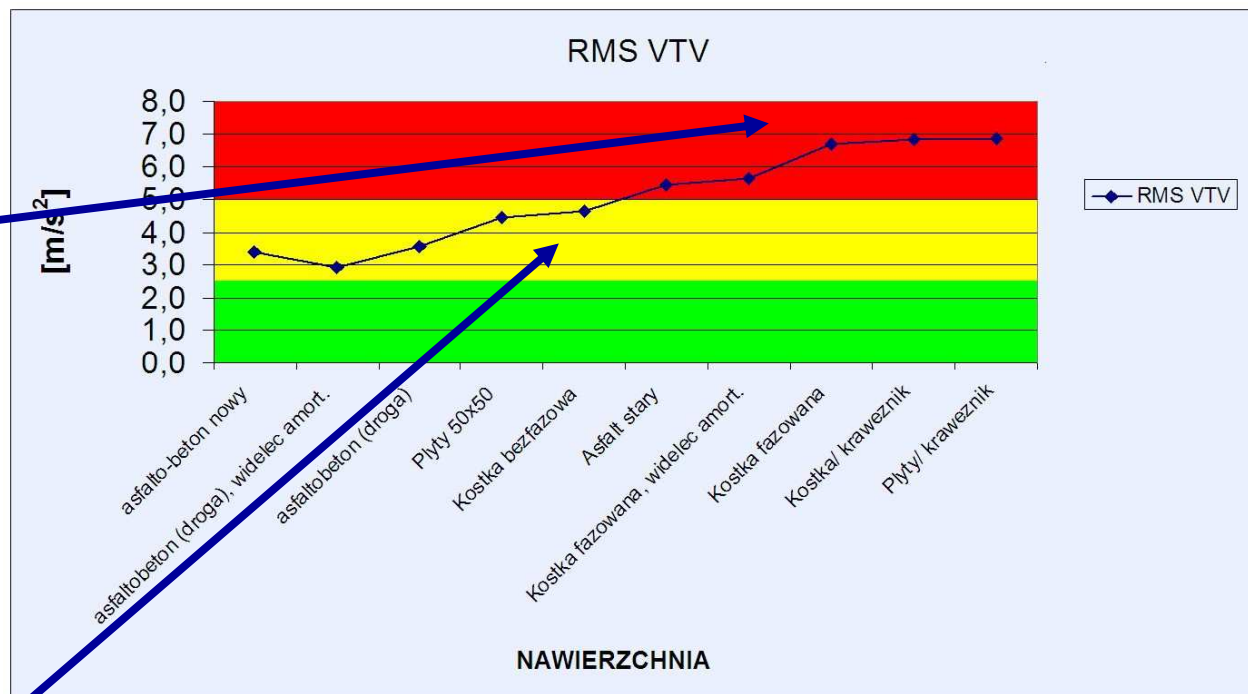
## Bezpieczeństwo rowerzysty

Powyższe wartości opracowano dla pracowników fizycznych, gdy tymczasem typowy rowerzysta nie musi być zdrowym i silnym mężczyzną, dopuszczonym do obsługi np. młota pneumatycznego i noszącym atestowane rękawice tłumiące drgania. Cyklista nie podlega również okresowym badaniom medycznym, więc jedynie nawierzchnie dobrej jakości zapewniają mu bezpieczeństwo i brak zagrożeń zdrowia.



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Porównanie drgań powstających na różnych rodzajach nawierzchni - poziomy



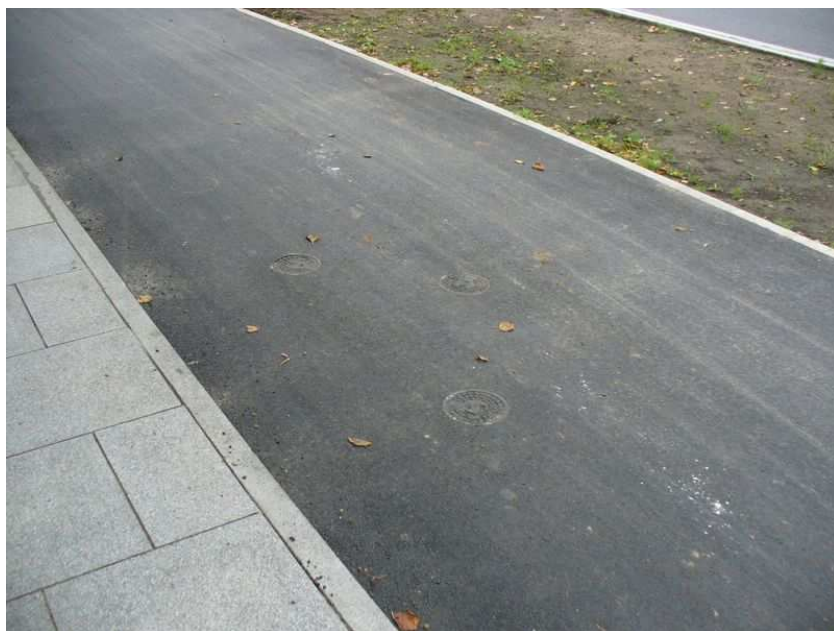
| Material | Asfalto-beton nowy | Asfaltobeton (droga), widelec amort. | Asfaltobeton (droga) | Płyty 50x50 | Kostka bezfazowa | Asfalt stary | Kostka fazowana, widelec amort. | Kostka fazowana | Kostka/ krawężnik | Płyty/ krawężnik |
|----------|--------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------|------------------|--------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| RMS VTV  | 3,4                | 3,0                                  | 3,6                  | 4,4         | 4,6              | 5,4          | 5,6                             | 6,7             | 6,8               | 6,9              |

# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

## WNIOSKI:

Długotrwała jazda rowerem po nawierzchniach pokrytych kostką betonową powoduje wyraźne zagrożenie dla zdrowia rowerzystów, **tak więc powinno się unikać stosowania kostki brukowej do budowy dróg rowerowych. W zasadzie należy dążyć do zakazu jej układania. Najlepszą, czyli generującą najmniej drgań nawierzchnię do jazdy rowerem stanowi mastyks grysowy (SMA), rozścielany mechanicznie i zagęszczany walcami.**

Typowe dobrej jakości wyposażenie rowerzysty, jak gąbkowe, żelowe i inne miękkie chwytaki kierownicy, i/lub wyściełane rękawiczki rowerowe, redukują w znacznym stopniu poziom drgań przenoszonych na dłonie i ramiona cyklisty podczas jazdy po dobrze położonej nawierzchni z mastyksu grysowego, ale ich skuteczność jest bardzo ograniczona na kostce i różnych uskokach. Stwierdzono również, że drgania o takim samym przyspieszeniu, lecz większej częstotliwości (w zakresie typowym dla komunikacji rowerowej) mogą być bardziej szkodliwe, co można zauważyć w przypadku porównania kostki brukowej i starego asfaltu.



# Nawierzchnia dróg rowerowych i jej wpływ na zdrowie i bezpieczeństwo rowerzystów

Biuro Drogownictwa i Komunikacji Urzędu m.st. Warszawy planuje przeprowadzanie kontroli warszawskich dróg rowerowych w cyklu półrocznym, przy zastosowaniu analizatora drgań typ 4447. Zapewni to uzyskanie obiektywnych wyników i tym samym rzetelną ocenę ich stanu i konstrukcji. Ma to na celu poprawę jakości dróg rowerowych, w tym ich należyte utrzymanie.



**Dziękujemy za uwagę**