

Agnieszka GRABARA

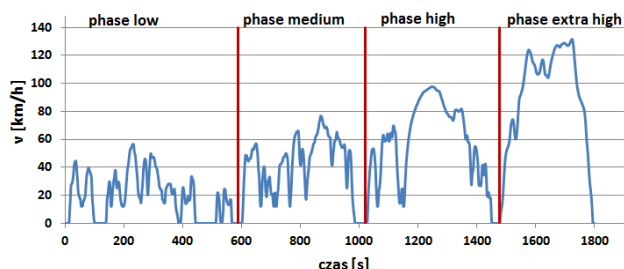
## PORÓWNANIE WARUNKÓW RZECZYWISTEJ EKSPLOATACJI POJAZDU W RUCHU DROGOWYM W ODNIESIENIU DO WARUNKÓW W TEŚCIE WLTC

### Streszczenie

W pracy przedstawiono porównanie warunków ruchu reprezentowanych w teście WLTC z wynikami badań przeprowadzonych w rzeczywistym ruchu drogowym. Biorąc pod uwagę, że test WLTC składa się z czterech faz o zróżnicowanej dynamice, badania prowadzono podczas rzeczywistego ruchu w warunkach miejskich, pozamiejskich oraz na drodze ekspresowej. W trakcie jazdy rejestrowano chwilową prędkość samochodu za pomocą urządzenia diagnostycznego podłączonego do gniazda EOBD. Wyniki uzyskane w trakcie badań drogowych uśredniono w postaci macierzy częstości występowania poszczególnych dyskretnych stanów ruchu. Porównanie dynamiki ruchu odwzorowanej w teście WLTC i zarejestrowanej w badaniach umożliwiło przeprowadzenie próby określenia reprezentatywności warunków ruchu realizowanych w teście.

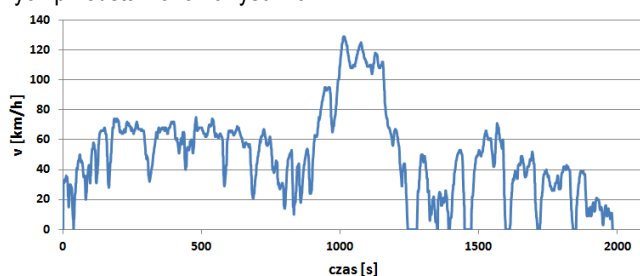
### WSTĘP

Od szeregu lat kilka organizacji światowych prowadzi badania dotyczące oddziaływania systemu transportowego na środowisko oraz globalnego zharmonizowania norm dla określenia poziomu zanieczyszczeń, emisji dwutlenku węgla, zużycia paliwa czy energii elektrycznej. Badania te przyczyniły się do powstania testu Development of a World – wide Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle (WLTC) [3]. Test ten w nieodległej przyszłości może zastąpić w Europie homologacyjny test NEDC. WLTC składa się z czterech faz, które charakteryzuje zróżnicowana dynamika. Przebieg prędkości testu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przebieg prędkości w teście WLTC

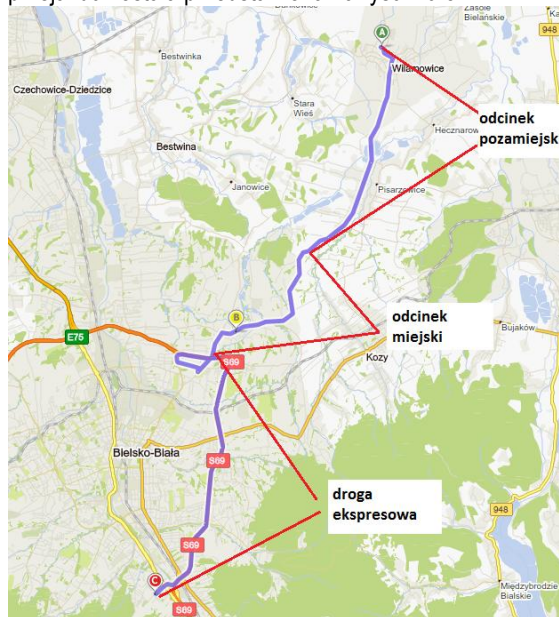
W celu wstępnej oceny stopnia reprezentatywności testu dla warunków krajowych przeprowadzono badania drogowe obejmujące przejazd po drodze miejskiej, podmiejskiej oraz ekspresowej w ramach pojedynczej serii pomiarowej. Przebieg prędkości zarejestrowanych w ramach jednej z przeprowadzonych serii pomiarowych przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Przebieg prędkości zarejestrowany w trakcie jednej ze zrealizowanych serii pomiarowych

### 1. OPIS BADAŃ

Wyniki badań drogowych prezentowane w pracy zarejestrowane zostały z wykorzystaniem samochodu osobowego należącego do segmentu handlowego B o pojemności skokowej 1,2 dm<sup>3</sup>. W pojeździe zainstalowano urządzenie rejestrujące chwilowe prędkości pojazdu. Do realizacji odczytu zastosowano urządzenie diagnostyczne OBD Log wyprodukowane przez TEXA S.p.A. Zapis aktualnej prędkości przeprowadzono z częstotliwością 1 Hz. W ramach badań odbywających się w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego na przełomie kilku tygodni w różnych godzinach doby zarejestrowano 29 serii pomiarowych. Pojedynczy przejazd realizowany na obszarze miasta i powiatu Bielsko-Biała obejmował warunki ruchu miejskiego i pozamiejskiego oraz ruch na drodze ekspresowej stanowiącej obwodnicę miasta. Realizowana każdorazowo trasa przejazdu została przedstawiona na rysunku 3.



Rys. 3. Przebieg trasy przejazdu (źródło mapy: [www.mapa.targeo.pl](http://www.mapa.targeo.pl))

Droga przebyta w ramach jednej serii pomiarowej wynosiła niepełna 24 km. Pojazd w trakcie pomiarów przejechał łącznie drogę 665 km. W tabeli 1 przedstawiono zestawienie parametrów charakteryzujących dynamikę ruchu w poszczególnych seriach pomiarowych.

**Tab. 1.** Wartości charakteryzujące dynamikę ruchu zarejestrowane w kolejnych seriach pomiarowych

Seria pomiarowa	$v_{max}$	$\bar{v}$	$a_{max}$	$a_{min}$
	[km/h]	[km/h]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]
s1	133	58,96	3,06	-2,50
s2	146	59,53	3,06	-4,44
s3	143	58,73	2,36	-3,61
s4	143	60,13	3,33	-2,22
s5	140	56,97	2,64	-3,19
s6	161	55,17	3,33	-2,92
s7	143	61,69	2,78	-3,33
s8	155	62,02	3,19	-3,33
s9	148	53,71	2,64	-4,03
s10	140	57,1	3,06	-3,33
s11	138	61,55	3,61	-3,89
s12	132	58,31	2,92	-3,19
s13	148	60,2	3,47	-3,06
s14	153	59,01	3,61	-3,61
s15	141	56,02	2,78	-4,58
s16	160	59,61	3,75	-3,75
s17	139	57,91	4,03	-3,19
s18	154	60,72	3,33	-4,17
s19	129	56,55	3,33	-2,22
s20	152	59,39	2,64	-4,44
s21	129	49,91	2,78	-2,50
s22	161	44,63	4,03	-4,03
s23	142	68,84	2,36	-3,19
s24	157	62,87	2,08	-4,03
s25	134	58,61	2,92	-4,31
s26	81	37,96	3,47	-3,75
s27	123	57,24	2,92	-4,03
s28	149	57,02	2,50	-3,61
s29	141	56,13	2,50	-2,64

## 2. PORÓWNANIE WARUNKÓW RUCHU

W celu porównania warunków ruchu zarejestrowanych w badaniach oraz tych reprezentowanych w teście WLTC, na podstawie zarejestrowanych przebiegów prędkości wyznaczono chwilowe

przyspieszenia pojazdu. Przyspieszenia wyznaczono z użyciem różnic skończonych II rzędu. W analogiczny sposób wyznaczono chwilowe przyspieszenia na podstawie przebiegu prędkości w teście WLTC. W następnym kroku wyznaczono maksymalne wartości prędkości, przyspieszenia oraz opóźnienia zarejestrowane w każdej z serii pomiarowych jak i występujące w teście. W kolejnym etapie uśredniono wyniki badań dotyczące prędkości i przyspieszenia zarejestrowane w ramach poszczególnych serii pomiarowych. Obliczono także wskaźnik względnego przyspieszenia (RPA – ang. Relative Positive Acceleration), który jest często stosowany do opisu dynamiki ruchu [1]:

$$RPA = \frac{1}{x} \int_0^{\tau} (v_i a_i^+) dt \quad (1)$$

gdzie:

- $x$  – całkowita droga przebyta w ramach rozpatrywanego przebiegu prędkości,
- $a_i^+$  – przyspieszenie pojazdu w chwili  $i$ ,
- $v_i$  – prędkość pojazdu w chwili  $i$ ,
- $\tau$  – całkowity czas ruchu w ramach rozpatrywanego przebiegu.

Zestawienie parametrów zarejestrowanych w warunkach badań drogowych charakteryzujących dynamikę ruchu po uśrednieniu dla wszystkich serii pomiarowych i dla warunków testu WLTC przedstawiono w tabeli 2.

Na podstawie analizy danych przedstawionych w tabeli 2 można zauważyć, że maksymalne wartości przyspieszenia oraz opóźnienia uzyskane w rzeczywistych warunkach ruchu znacznie się różnią od wartości tych parametrów testu WLTC. Jednak wartości średnie tych wielkości oraz wskaźnik RPA wskazuje na istotne podobieństwo dynamiki ruchu w obu przypadkach.

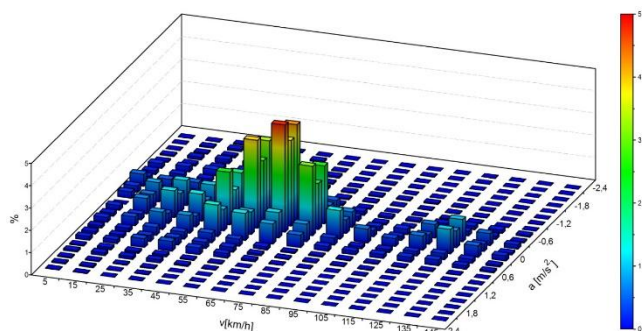
W celu porównania warunków ruchu w teście WLTC z warunkami zarejestrowanymi w przeprowadzonych badaniach przyjęto wspólny dla obu testów analizowany zakres chwilowych prędkości i przyspieszeń. Dla chwilowych prędkości przyjęto odpowiednio  $v \in (0, 150)$  km/h, a dla chwilowych przyspieszeń  $a \in (-1,5; 1,5)$  m/s<sup>2</sup>.

Stosując dyskretną reprezentację stanów ruchu w postaci macierzy częstości jak w pracach [1, 2] przyjęto, że pojedyncza dyskretna klasa ruchu obejmować będzie odpowiednio  $\Delta v = 10$  km/h i  $\Delta a = 0,2$  m/s<sup>2</sup>. Pozwoliło to na opracowanie macierzy częstości występowania poszczególnych stanów ruchu dla warunków rzeczywistego ruchu drogowego oraz warunków ruchu w teście WLTC. Uzyskane macierze częstości przedstawiono na rysunkach 4 oraz 5.

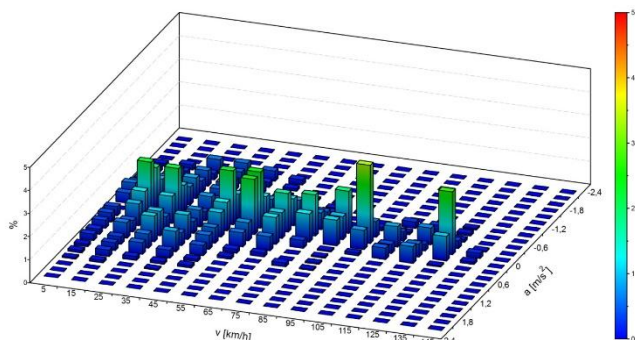
Analizując otrzymane macierze częstości można zauważyć, że w warunkach rzeczywistego ruchu drogowego odnotowano zdecydowanie większą częstość występowania prędkości z zakresu pomiędzy 40 a 80 km/h niż w teście WLTC. Warunki testu WLTC obejmują bardziej równomierną reprezentację stanów ruchu w odniesieniu do realizowanych prędkości chwilowych

**Tab. 2.** Wartości parametrów charakteryzujących dynamikę ruchu w odniesieniu do rozpatrywanych rodzajów testu

Rodzaj testu	$v_{max}$	$\bar{v}$	$a_{max}$	$a_{min}$	$\bar{a}_+$	$\bar{a}_-$	RPA
	[km/h]	[km/h]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]
BADANIA (wielkości średnie dla 29 przejazdów)	141,90	57,45	3,05	-3,49	0,46	-0,54	0,18
WLTC	131,3	46,51	1,58	-1,49	0,40	-0,42	0,15



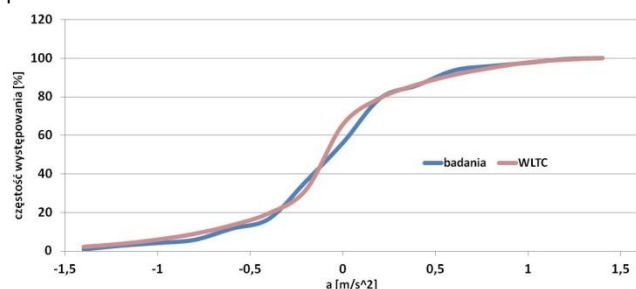
**Rys. 4.** Macierz częstości występowania poszczególnych stanów ruchu dla warunków rzeczywistego ruchu drogowego



**Rys. 5.** Macierz częstości występowania poszczególnych stanów ruchu dla warunków występujących w teście WLTC

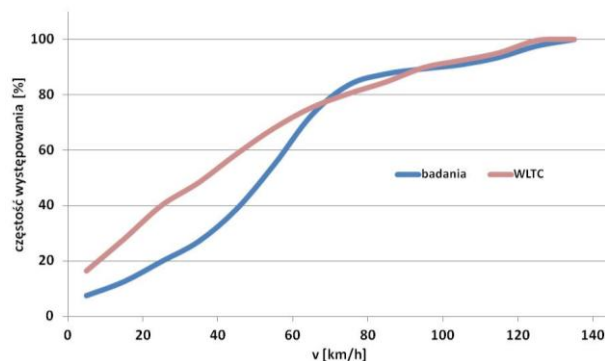
## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone w ramach pracy badania umożliwiły porównanie warunków ruchu przyjmowanych w teście WLTC z wynikami badań drogowych. Na rysunku 6 przedstawiono skumulowaną częstość występowania poszczególnych dyskretnych stanów ruchu w odniesieniu do realizowanych przez pojazd przyspieszeń. Można zauważyć, że w badaniach rzeczywistego ruchu drogowego jak również w warunkach testu WLTC dominują przyspieszenia z zakresu  $a \in (-0,3; 0,4)$  m/s<sup>2</sup>. Skumulowana częstość występowania poszczególnych stanów ruchu w odniesieniu do przyspieszenia zarówno w badaniach drogowych jak i w teście wykazuje duże podobieństwo rozkładu.



**Rys. 6.** Skumulowana częstość występowania poszczególnych stanów ruchu w odniesieniu do przyspieszenia pojazdu

Z kolei na rysunku 7 przedstawiono skumulowaną częstość występowania poszczególnych dyskretnych stanów ruchu w odniesieniu do prędkości realizowanych w ramach testu oraz zarejestrowanych w badaniach drogowych.



**Rys. 7.** Skumulowana częstość występowania poszczególnych stanów ruchu w odniesieniu do prędkości pojazdu

Analizując skumulowaną częstość występowania poszczególnych stanów ruchu w odniesieniu do prędkości pojazdu przedstawioną na rysunku 7 można zauważyć, że częstość występowania prędkości do 30 km/h w teście WLTC stanowi około 40% natomiast w rzeczywistych warunkach ruchu odnotowano częstość niemal dwukrotnie mniejszą. Dla prędkości większych niż 30 km/h różnica pomiędzy obliczonymi skumulowanymi częstościami występowania jest mniejsza, niemniej jednak znaczne podobieństwo warunków testu i rzeczywistej eksploatacji uzyskano wyłącznie dla zakresu prędkości większych od 70 km/h. Rozkład prędkości w teście WLTC jest bardziej równomierny, ok. 50% stanów ruchu obejmuje prędkości chwilowe do 60 km/h podczas gdy dla wyników badań drogowych ten zakres prędkości stanowi ok. 40%.

Podsumowując wyniki analiz, przeprowadzone badania w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego obejmującego zarówno ruch w warunkach miejskich, podmiejskich oraz na drodze szybkiego ruchu wskazują na dobrą reprezentatywność testu WLTC w odniesieniu do skumulowanych częstości realizowanych przyspieszeń. W odniesieniu od skumulowanych częstości występowania poszczególnych prędkości stwierdzono, że warunki testu WLTC odpowiadają bardziej równomiernemu rozkładowi prędkości. W przeprowadzonych badaniach uzyskano dominację pewnego zakresu prędkości co jest po części wynikiem innych udziałów ruchu w warunkach miejskich jak i pozamiejskich w sumarycznym przebiegu niż udziału tych rodzajów ruchu w teście WLTC.

## BIBLIOGRAFIA

1. Brzozowski K., Grabara A.: *Charakterystyka warunków eksploatacji wybranej kategorii pojazdów w ruchu miejskim, pozamiejskim i autostradowym*. Autobusy, nr 5, 2014, s. 41-44
2. Brzozowski K., Grabara A.: *Charakterystyka warunków eksploatacji samochodów osobowych w ruchu miejskim*. Logistyka, nr 3, 2014, s. 779-784
3. Tutuianu M., Marotta A., Heinz S., Ericsson E., Haniu T., Ichikawa N., Ishii H., UNECE Technical Report: *Development of a World-wide Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle (WLTC)*. UN/ECE/WP.29/GRPE/WLTP-IG, December 2013

## **A COMPARISON OF VEHICLE OPERATION CONDITIONS IN THE REAL ROAD TRAFFIC TO THE CONDITIONS IN WLTC TEST**

### ***Abstract***

*The paper presents the comparison of the road traffic results presented in the WLTC test to the results of research conducted in the real road traffic. Considering the fact that the WLTC test consists of four stages with different dynamics, the research was done during the real road traffic in urban conditions, outside the city and on a motorway. During the drive, the instantaneous speed of a vehicle was registered by means of the EOBD diagnostic socket. The results were averaged in the shape of a matrix, according to the occurrence frequency of some discrete traffic conditions. The comparison of the traffic dynamics in the WLTC test and the dynamics registered in the research enabled to determine the representativeness of the road traffic conditions presented in the test.*

Autorzy:

mgr **Agnieszka Grabara** – Akademia Techniczno – Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Zarządzania i Transportu.  
e-mail: [agnieszka.grabara@onet.pl](mailto:agnieszka.grabara@onet.pl)