



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2017 roku

Raport podsumowujący

Jan Zieliński

Tel.: +48 22 501 45 12
Fax: +48 22 621 80 53
E-Mail: j.zielinski@heller-consult.pl

Heller Consult sp. z o.o.

Warszawa, 15 grudnia 2017





Historia dokumentu

Nazwa dokumentu	Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2017 roku, Raport podsumowujący
Referencja projektu (numer projektu)	hc0256
Nazwa pliku	raport_podsumowujacy_zdm_warszawa_20171215.docx
Data utworzenia	14 grudnia 2017
Data ostatniej zmiany	15 grudnia 2017

Wersja	Data	Opis, uwagi	Autor
0.1	14.12.2017	Wersja pierwsza, kompletna, wersja niepubliczna	EŁ
1.0	15.12.2017	Wersja publiczna	JZ



Spis treści

1	Cel dokumentu	4
1.1	Słownik pojęć specjalistycznych.....	4
1.2	Odniesienia	4
1.3	Załączniki	5
2	Podsumowanie wyników	6
3	Zakres pomiarów.....	13
4	Forma opracowania danych.....	14
5	Metoda pomiaru	16
	Spis tabel.....	18
	Spis rysunków	19



1 Cel dokumentu

Dokument podsumowuje zadanie „Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2017 roku” realizowane na podstawie umowy nr DPZ/52/PN/46/17 z dnia 19.16.2017 r.

Pomiary prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz z określeniem struktury rodzajowej wykonane zostały na zlecenie Zarządu Dróg Miejskich w Warszawie (zwanego dalej Zamawiającym) w przekrojach ulic m. st. Warszawy oraz na przejazdach kolejowych. Realizacja badań obejmowała okres od 21 czerwca do 28 listopada 2017 roku. Wyniki przeprowadzonych badań stanowią element analiz oraz podstawę do bieżącego zarządzania ruchem i infrastrukturą miasta.

1.1 Słownik pojęć specjalistycznych

Nazwa	Znaczenie
V_{dop}	Prędkość dopuszczalna w km/h, największa możliwa prędkość, z jaką mogą poruszać się pojazdy, określona na podstawie przepisów zawartych w ustawie Prawo o ruchu drogowym
U_{vdop}	Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej, liczba pojazdów przekraczających dopuszczalną prędkość wyrażona w procentach całej zmierzonej populacji (potoku ruchu)
$U_{odst.niebezp.}$	Udział odstępów niebezpiecznych, liczba pojazdów poruszających się z odstępem niebezpiecznym wyrażona w procentach całej zmierzonej populacji (potoku ruchu)
W_{ZV}	Współczynnik zmienności prędkości, stosunek odchylenia standardowego (S) do prędkości średniej (V_{SR})
Pojazdy lekkie	Grupa pojazdów o długości do 6,5 m, do której zaliczają się motocykle, rowery, samochody osobowe i samochody dostawcze
Pojazdy ciężkie	Grupa pojazdów o długości powyżej 6,5 m, do której zaliczają się pojazdy ciężkie i ciężkie z przyczepą oraz autobusy
Ruch swobodny	Ruch pojazdów odbywający się z odpowiednio dużymi odstępami pomiędzy kolejnymi pojazdami, pozwalającymi na swobodny dobór prędkości przez kierujących
Odstęp niebezpieczny	Odstęp pomiędzy kolejnymi pojazdami, który uniemożliwia w krytycznych sytuacjach (gwałtowne hamowanie) zatrzymanie pojazdu bez najechania na pojazd poprzedzający

1.2 Odniesienia

Odsyłacz	Opis
OPZ	Opis Przedmiotu Zamówienia w Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia do zadania „Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2017 roku”



1.3 Załączniki

Załącznik	Opis
xxxxx_ulica_rrrrmdd.zip	Plik zawierający dane źródłowe z punktu pomiarowego, gdzie: xxxxx – kolejny numer punktu, ulica – lokalizacja punktu pomiarowego, rrrrmdd – data udostępnienia pliku
xxxxx_ulica_opracowanie_rrrrmdd.zip	Plik zawierający opracowanie danych z punktu pomiarowego, gdzie: xxxxx – kolejny numer punktu, ulica – lokalizacja punktu pomiarowego, rrrrmdd – data udostępnienia pliku
Opis_danych_20171215.pdf	Opis przekazanych danych oraz analizowanych parametrów ruchu
Lokalizacje_ZDM_Warszawa_20171215.pdf	Wykaz lokalizacji punktów pomiarowych wraz przykładami numeracji pasów ruchu
Badanie_predkosci_ZDM_Warszawa_zestawienie_zbiorcze_20171215.xlsx	Zbiorcze zestawienie podstawowych wyników dla wszystkich punktów pomiarowych
Badanie_predkosci_ZDM_Warszawa_mapy_20171215.zip	Prezentacja podstawowych wyników badania w formie graficznej przedstawiająca lokalizację punktów pomiarowych, kwantyl 85% prędkości, udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej, udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h, udział ruchu swobodnego
Badanie_predkosci_ZDM_Warszawa_dokumentacja_fotograficzna_20171215.zip	Dokumentacja fotograficzna z punktów pomiarowych



2 Podsumowanie wyników

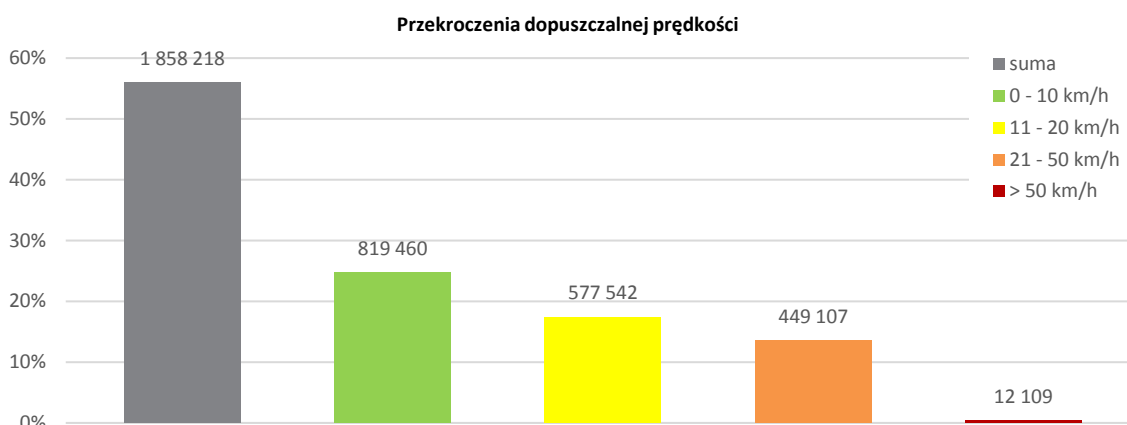
Badania prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową przeprowadzono w okresie od 21 czerwca do 28 listopada 2017 roku. W trakcie ich trwania wykonano 61 pomiarów w 42 unikalnych lokalizacjach na terenie 10 dzielnic m. st. Warszawy. Łączny czas realizacji badań to 132 dni pomiarowe. Zarejestrowano ponad 3,3 mln pojazdów na 228 analizowanych pasach ruchu. Zbiorcze zestawienie głównych wyników dla wszystkich punktów pomiarowych zawarto w załączniku: `Badanie_predkosci_ZDM_Warszawa_zestawienie_zbiorcze_20171215.xlsx`.

Jako „najszybszy” punkt zidentyfikowano 14342 (ul. Nowokijowska), średnia prędkość potoku pojazdów w tym miejscu wyniosła 73,4 km/h. „Najwolniejszym” punktem określono 14335 (ul. Gniewkowska), średnia prędkość chwilowa dla obu kierunków wyniosła 25,3 km/h.



Rysunek 1. Podsumowanie badań zrealizowanych w 2017 roku

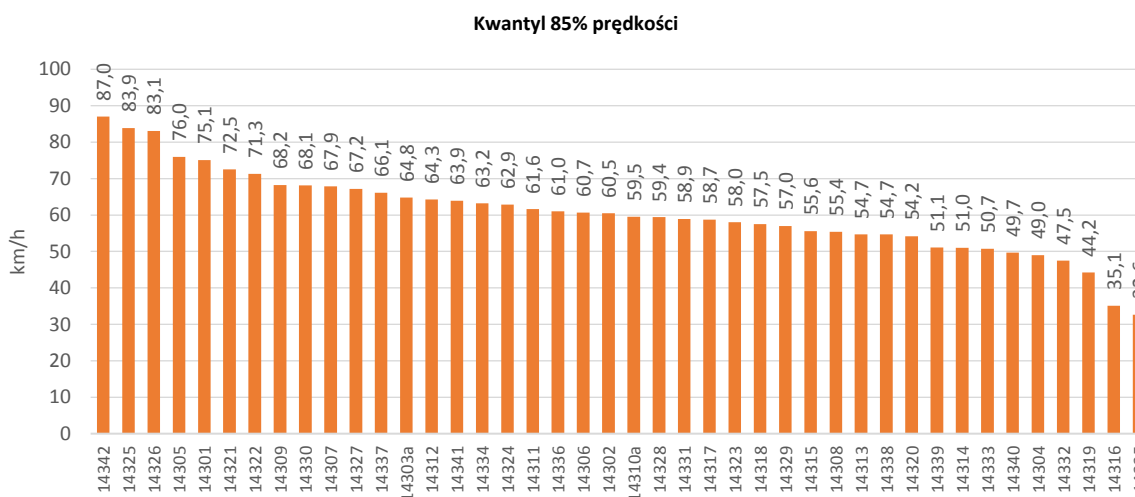
Szczegółowy wykaz analizowanych parametrów ruchu zawarto w załączniku `Opis_danych_20171215.pdf`. Jedną z określanych wartości był udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej w podziale na pojazdy lekkie i ciężkie oraz kierunki ruchu. Zbiorcze zestawienie liczby i udziałów przekroczeń sporządzone dla ogółu przekrojów pomiarowych na podstawie wszystkich zarejestrowanych rekordów przedstawiono na rysunku 2.



Rysunek 2. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej

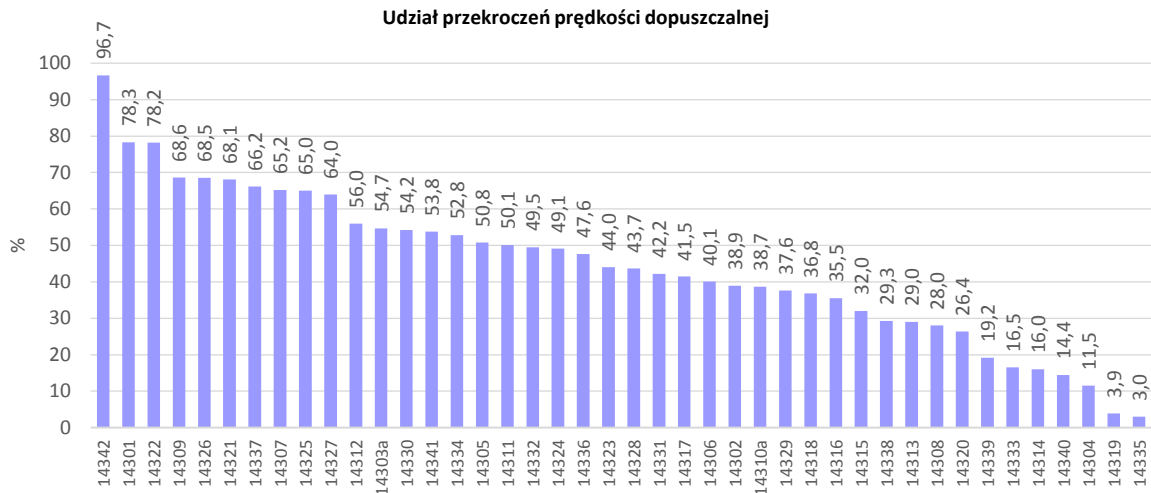
Stwierdzono ponad 1,8 mln przekroczeń prędkości dopuszczalnej stanowiących 56% wszystkich zarejestrowanych pojazdów, z czego 1 mln dotyczył przekroczeń o ponad 10 km/h (ponad 30% wszystkich pojazdów). **12 tys. (3,6%) kierujących pojazdami było zagrożonych utratą prawa jazdy (przekroczenie prędkości dopuszczalnej o ponad 50 km/h).**

Na rysunkach od 3 do 6 zawarto porównanie najistotniejszych wyników sporządzone dla każdego przekroju pomiarowego na podstawie średniego dnia miarodajnego¹. Prezentacja graficzna tych samych danych znajduje się w załączniku [Badanie_predkosci_ZDM_Warszawa_mapy.zip](#).

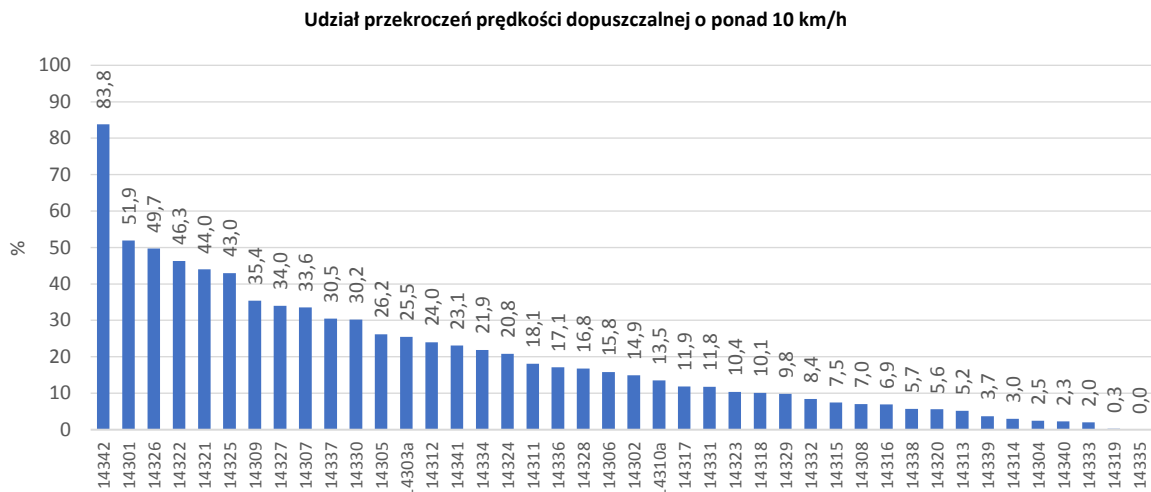


Rysunek 3. Porównanie kwantyla 85% prędkości

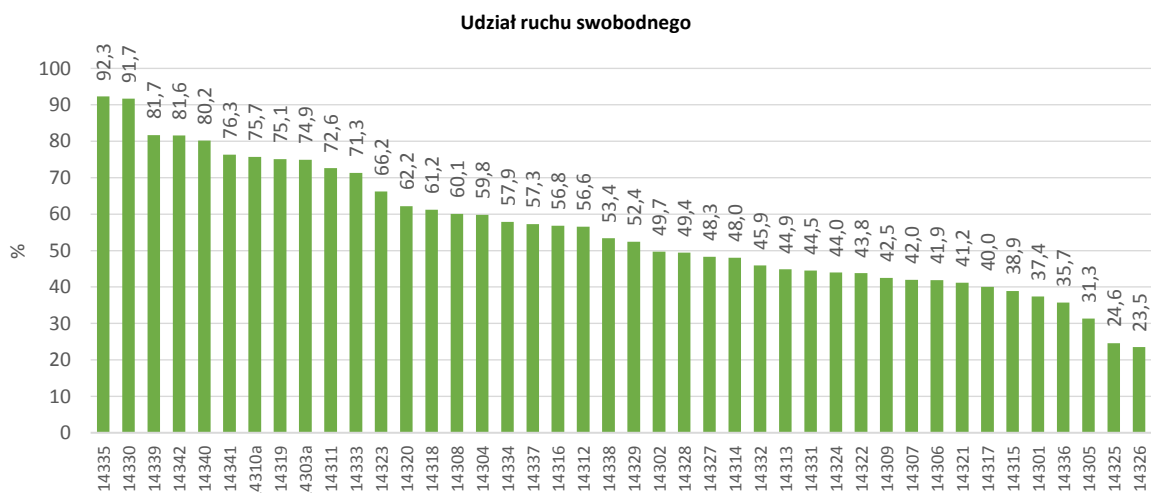
¹ W przypadku badań realizowanych w tym samym punkcie w trybie „przed” i „po” wykonaniu (APP) Aktywnych Przejść dla Piesznych w agregacji uwzględniono jedynie dane z ostatniego pomiaru.



Rysunek 4. Porównanie udziału przekroczeń prędkości dopuszczalnej



Rysunek 5. Porównanie udziału przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h



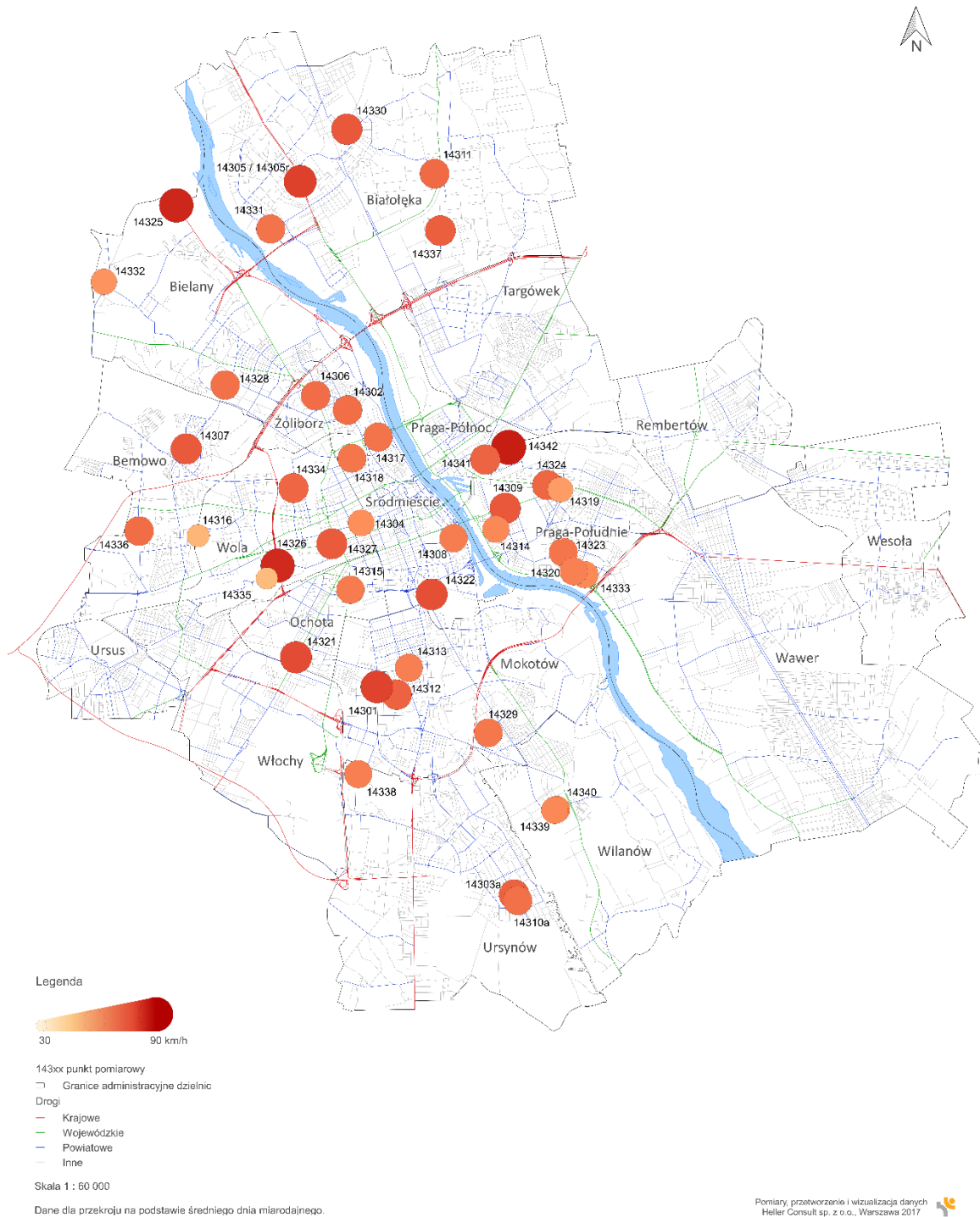
Rysunek 6. Porównanie udziału ruchu swobodnego



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2017 roku

Kwantyl 85% prędkości



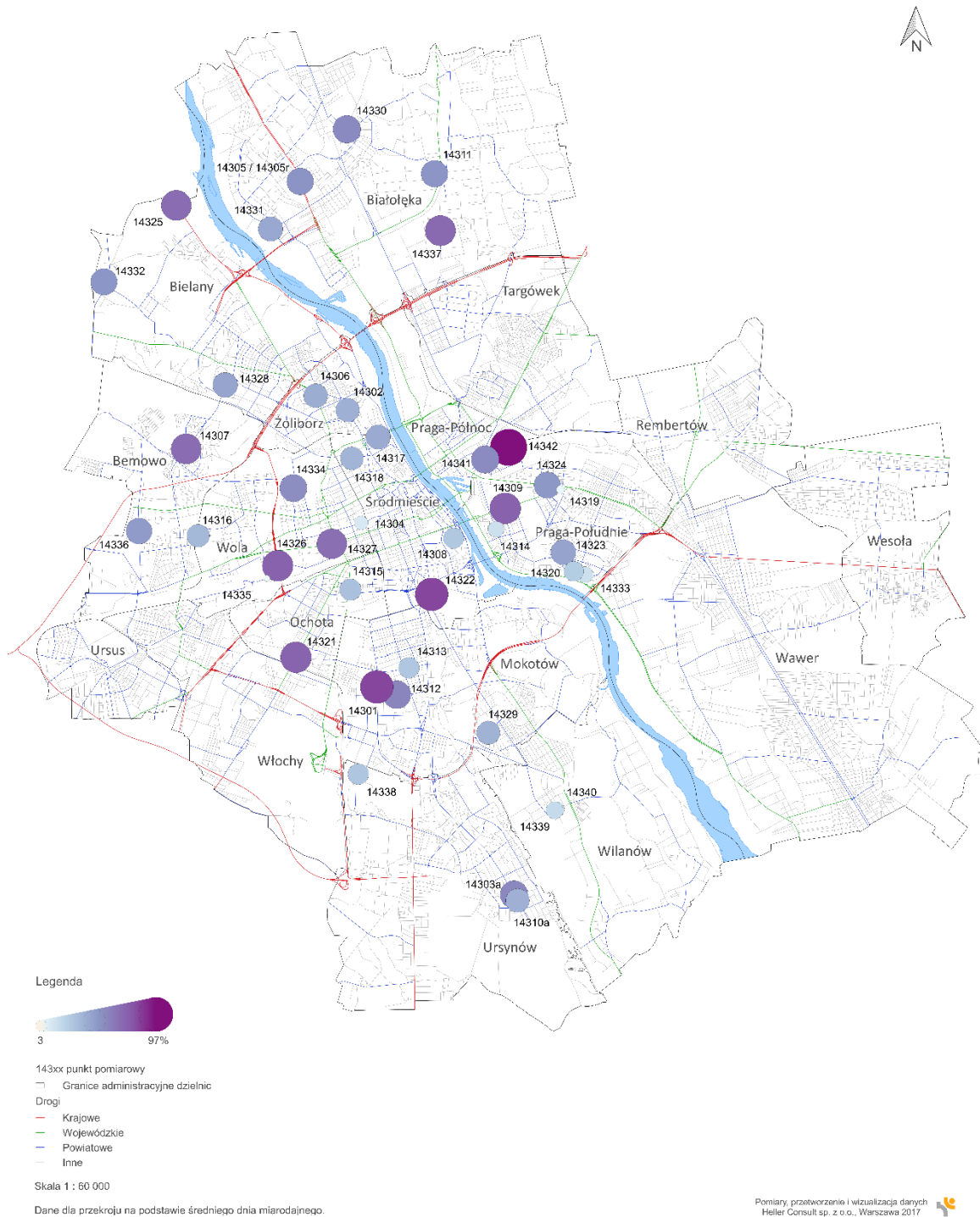
Rysunek 7. Kwantyl 85% prędkości w punktach pomiarowych



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2017 roku

Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej



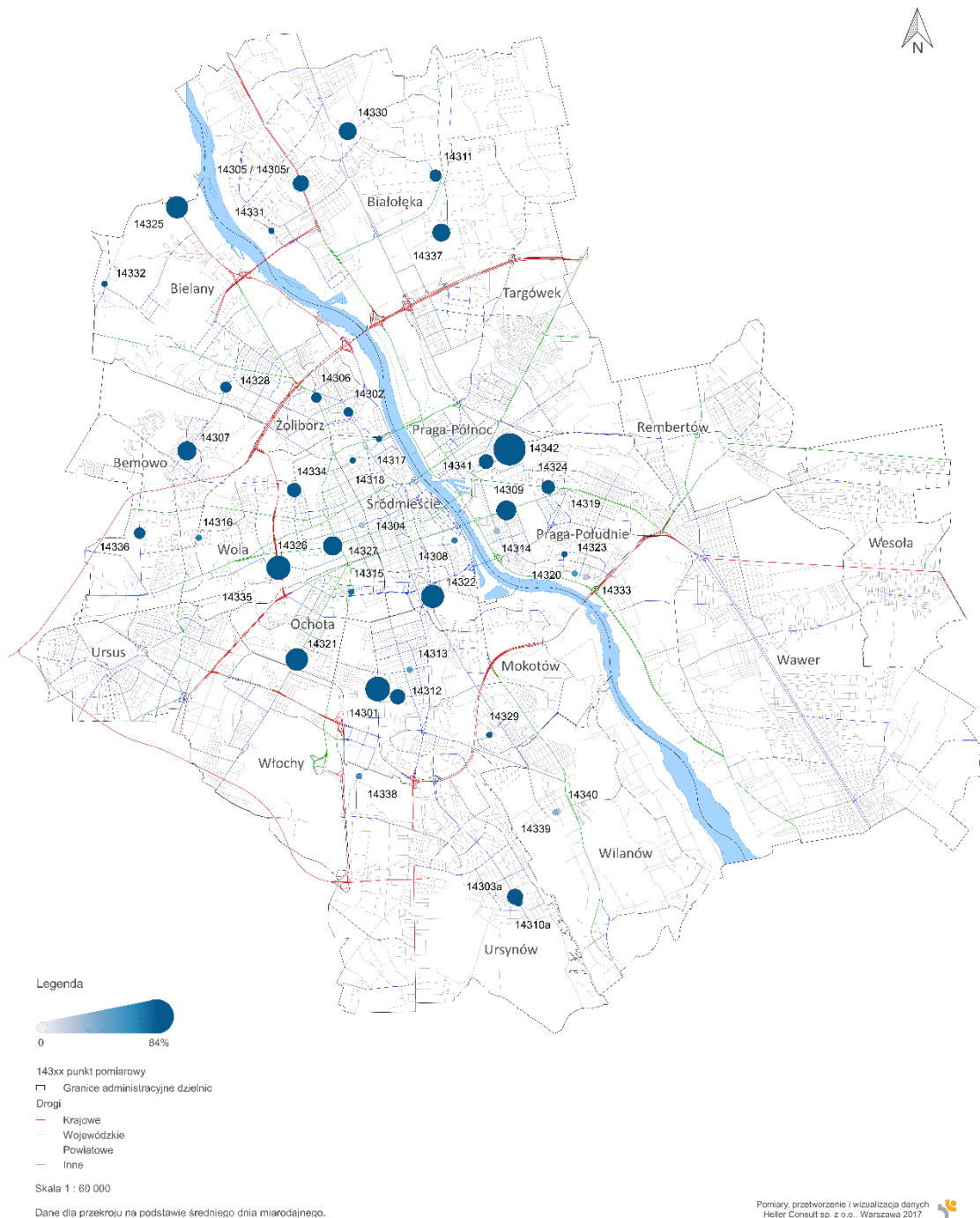
Rysunek 8. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej w punktach pomiarowych



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2017 roku

Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h



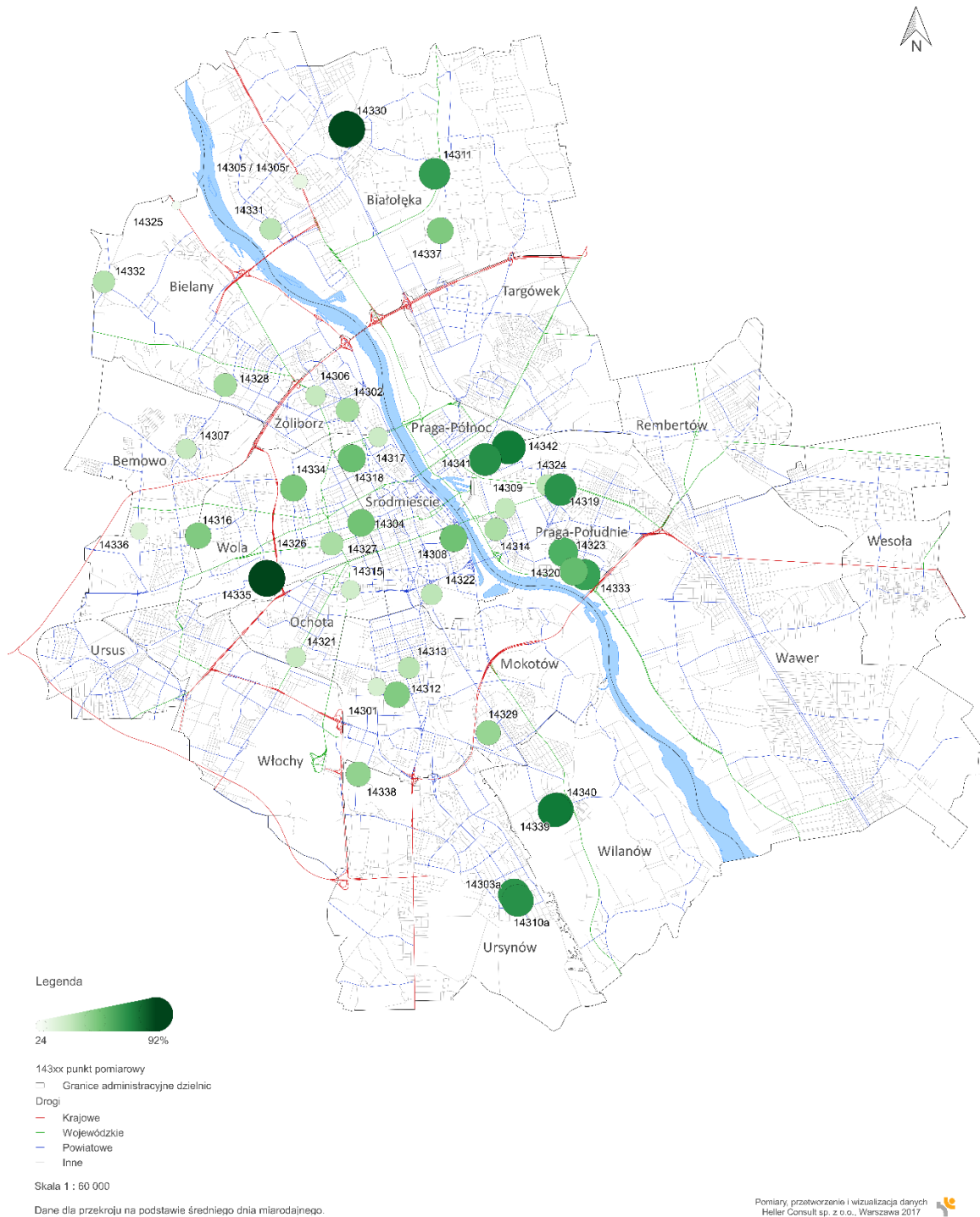
Rysunek 9. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h w punktach pomiarowych



ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH

Badanie prędkości chwilowej pojazdów i natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową w 2017 roku

Udział ruchu swobodnego



Rysunek 10. Udział ruchu swobodnego w punktach pomiarowych



3 Zakres pomiarów

Pomiary przeprowadzono we wskazanych przez Zamawiającego lokalizacjach w zależności od bieżących potrzeb. Minimalną długość pomiaru stanowiły 24 pełne godziny (od 00:00:00 do 23:59:59) dnia roboczego uznawanego za miarodajny – wtorek, środa, czwartek. Możliwe warianty i czasy trwania pomiarów określa, zgodnie z punktem 2.7. OPZ, tabela 1.

Tabela 1. Warianty pomiarów

L.p.	Opis	Czas trwania pomiaru
1	Jeden pełny dzień roboczy uznawany za miarodajny (wtorek, środa, czwartek)	24 h
2	Dwa pełne dni robocze uznawane za miarodajne (wtorek, środa, czwartek)	48h
3	Trzy pełne dni robocze uznawane za miarodajne (wtorek, środa, czwartek)	72 h
4	Pięć pełnych dni roboczych (poniedziałek, wtorek, środa, czwartek, piątek)	120 h
5	Dwa pełne dni wolne od pracy (sobota, niedziela lub inne dni ustawowo wolne od pracy)	48 h
6	Pięć pełnych dni roboczych oraz jeden pełny dzień wolny od pracy (poniedziałek, wtorek, środa, czwartek, piątek, sobota, niedziela lub inne dni ustawowo wolne od pracy)	144 h
7	Pięć pełnych dni roboczych oraz dwa pełne dni wolne od pracy (poniedziałek, wtorek, środa, czwartek, piątek, sobota, niedziela lub inne dni ustawowo wolne od pracy)	168 h

Lokalizacje poszczególnych punktów pomiarowych odnotowano w pliku Lokalizacje_ZDM_Warszawa_20171215.pdf stanowiącym załącznik do niniejszego dokumentu.

Każdorazowo, po zakończeniu pomiarów Wykonawca przekazał Zamawiającemu w ciągu 24 h pliki źródłowe w formacie MS Excel zawierające wyniki pomiarów. Opis zawartości plików źródłowych oraz opracowań i załączników zawarto w dokumencie Opis_danych_20171215.pdf.



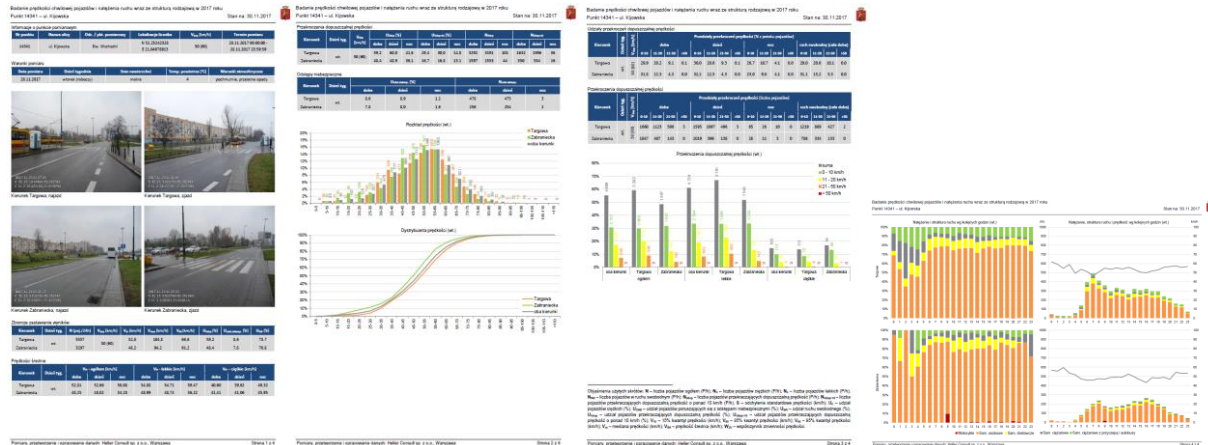
4 Forma opracowania danych

Każdorazowo po zakończonym pomiarze wykonawca przekazał Zmawiającemu plik źródłowy zawierający nieprzetworzone dane zarejestrowane w czasie trwania pojedynczego badania. Przykład pliku z danymi źródłowymi zilustrowano na rysunku 11.

Numer punktu	Kierunek	Pas	Czas pomiaru	Prędkość	Klasyfikacja rodzajowa pojazdu	Odstęp czasu	Status
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:02:08.8	60,390625	2	-	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:05:07.0	51,69140625	2	178,2	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:06:13.6	40,16015625	2	66,7	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:13:12.2	68,7421875	2	418,6	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:15:20.1	42,24609375	4	127,8	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:23:44.2	55,40625	2	504,1	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:29:45.1	57,8984375	2	360,9	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:34:52.6	58,99514192	2	307,5	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:35:15.7	77,8671875	2	23,1	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:36:10.5	67,2109375	2	54,8	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:38:05.5	75,4921875	2	115	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:39:42.4	66,02734375	2	96,9	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:40:13.3	60,8515625	2	30,9	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:46:48.6	45,01171875	2	395,3	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:48:12.6	46,640625	5	84	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:48:41.7	36,76953125	2	29,1	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:58:40.1	59,44921875	2	598,4	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 00:59:22.7	52,76953125	2	42,6	1
14302	Pl._Inwaldów	1	2017-10-02 01:01:52.1	47,73809084	2	149,4	1

Rysunek 11. Zawartość pliku danych źródłowych

Podstawową formą prezentacji zebranych danych jest opracowanie przygotowane dla pojedynczego pomiaru. Przykład typowego opracowania przedstawiono na rysunku 12.



Rysunek 12. Zawartość opracowania



Załącznikiem do każdego opracowania są pliki w formacie .xlsx zawierające szczegółowe wyniki przetworzeń danych (rysunek 13) oraz zestawienia zbiorcze parametrów dla wszystkich punktów pomiarowych w podziale na potok ruchu i ruch swobodny (rysunek 14).

Zestawienie średnich wartości analizowanych parametrów ruchu, pkt. pom. 14302, Warszawa, ul. Mickiewicza (Mierosławskiego), Vdop=50/60, potok ruchu poj. ciężkie, wt. - dzień i noc					
pas ruchu	parametr	jednostka	doba	dzień	noc
kierunek Pl. Wilsona, pas 1	N	P	336,0	319,0	17,0
	N _C	P	336,0	319,0	17,0
	N _L	P	0,0	0,0	0,0
	N _{SW}	P	276,0	259,0	17,0
	N _{Vdop}	P	42,0	42,0	0,0
	N _{Vdop+10}	P	19,0	19,0	0,0
	S	km/h	12,4	12,3	12,6
	U _C	%	100,0	100,0	100,0
	U _{DNB}	%	6,9	7,2	0,0
	U _{SW}	%	82,1	81,2	100,0
	U _{Vdop}	%	12,5	13,2	0,0
	U _{Vdop+10}	%	5,7	6,0	0,0
	V ₁₅	km/h	26,5	26,3	31,2
	V ₉₅	km/h	48,7	48,7	50,0
	V ₉₅	km/h	61,2	61,7	53,5
	V _m	km/h	32,6	32,3	42,5
	V _{SR}	km/h	36,0	35,9	38,2
	WZ _V	-		0,3	0,3

Rysunek 13. Wyniki szczegółowe

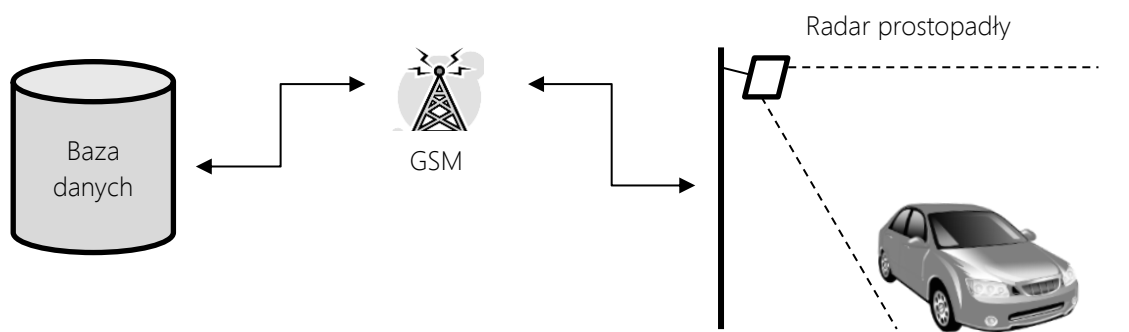
Tabela 1. Zestawienie obliczonych prędkości średnich w ruchu swobodnym w punktach pomiarowych												
Lp.	Nr punktu	Dzień tygodnia	Województwo	Przekrój	Droga/Miasto	Lokalizacja/Ulica	Vdop [km/h]	Pas ruchu	Vsr [km/h]			
									Doba	Dzień	Noc	
1	14301	śr.-czw.	mazowieckie	3+3	Warszawa	ul. Wołoska, odc. Woronicza - Bytnar	50 (60)	kierunek Bytnara, pas 1	57	57	56,4	
2	14301	śr.-czw.	mazowieckie	3+3	Warszawa	ul. Wołoska, odc. Woronicza - Bytnar	50 (60)	kierunek Bytnara, pas 2	62,9	62,5	66,3	
3	14301	śr.-czw.	mazowieckie	3+3	Warszawa	ul. Wołoska, odc. Woronicza - Bytnar	50 (60)	kierunek Bytnara, pas 3	62	61,9	63,8	
4	14301	śr.-czw.	mazowieckie	3+3	Warszawa	ul. Wołoska, odc. Woronicza - Bytnar	50 (60)	erunek Woronicza, pas	62,5	62,3	64,6	
5	14301	śr.-czw.	mazowieckie	3+3	Warszawa	ul. Wołoska, odc. Woronicza - Bytnar	50 (60)	erunek Woronicza, pas	67,2	66,8	71,4	
6	14301	śr.-czw.	mazowieckie	3+3	Warszawa	ul. Wołoska, odc. Woronicza - Bytnar	50 (60)	erunek Woronicza, pas	71,5	71,5	71,6	
7	14303a	śr.-czw.	mazowieckie	2+2	Warszawa	Al. KEN (Jezeńskiego)	50 (60)	unek Przy Bazantarni, p	44	43,4	51,8	
8	14303a	śr.-czw.	mazowieckie	2+2	Warszawa	Al. KEN (Jezeńskiego)	50 (60)	unek Przy Bazantarni, p	50,9	50,5	61,2	
9	14303a	śr.-czw.	mazowieckie	2+2	Warszawa	Al. KEN (Jezeńskiego)	50 (60)	erunek Wąwozowa, pas	51,3	50,8	58,3	
10	14303a	śr.-czw.	mazowieckie	2+2	Warszawa	Al. KEN (Jezeńskiego)	50 (60)	erunek Wąwozowa, pas	58,5	58	67,3	
11	14308	pon.	mazowieckie	1+2	Warszawa	ul. Ludna (Okrag)	50 (60)	kierunek Rozbrat, pas 1	43,6	43,4	47,1	
12	14308	pon.	mazowieckie	1+2	Warszawa	ul. Ludna (Okrag)	50 (60)	kierunek Rozbrat, pas 2	53,9	53,4	59,9	
13	14308	pon.	mazowieckie	1+2	Warszawa	ul. Ludna (Okrag)	50 (60)	kierunek Solec, pas 1	47,9	47,3	55,2	
14	14308	wt.	mazowieckie	1+2	Warszawa	ul. Ludna (Okrag)	50 (60)	kierunek Rozbrat, pas 1	44	43,9	44,8	
15	14308	wt.	mazowieckie	1+2	Warszawa	ul. Ludna (Okrag)	50 (60)	kierunek Rozbrat, pas 2	53,4	53	57,7	
16	14308	wt.	mazowieckie	1+2	Warszawa	ul. Ludna (Okrag)	50 (60)	kierunek Solec, pas 1	46,8	46,3	52,7	
17	14309	pon.	mazowieckie	2+2	Warszawa	Al. Waszyngtona (Niekańska)	50 (60)	nek Międzynarodowa, p	62,7	62	67,7	
18	14309	pon.	mazowieckie	2+2	Warszawa	Al. Waszyngtona (Niekańska)	50 (60)	nek Międzynarodowa, p	68,9	68	76,3	
19	14309	pon.	mazowieckie	2+2	Warszawa	Al. Waszyngtona (Niekańska)	50 (60)	kierunek Saska, pas 1	56,2	55,5	63,7	
20	14309	pon.	mazowieckie	2+2	Warszawa	Al. Waszyngtona (Niekańska)	50 (60)	kierunek Saska, pas 2	63,3	62,7	71,8	

Rysunek 14. Zestawienie zbiorcze



5 Metoda pomiaru

Dane zbierane są w trybie „pojazd za pojazdem” i na bieżąco przesyłane na serwer wykonawcy. Dzięki temu zapewniona jest ciągła kontrola nad pracą urządzeń pomiarowych. Operator nadzorujący pracę urządzeń pomiarowych ma nieprzerwany podgląd wszystkich parametrów zbieranych przez system, co znacząco wpływa na efektywność i dokładność zbieranych danych. Na rysunku 15 przedstawiono schemat systemu pomiarowego.



Rysunek 15. Poglądowy schemat systemu pomiarowego

Podstawowym elementem systemu pomiarowego jest radar prostopadły 24 GHz z modulowaną częstotliwościowo falą ciągłą. Instalowany na maszcie wolnostojącym pozwala na prowadzenie pomiarów bez konieczności instalowania czujników pomiarowych w lub na jezdni, a więc bez ingerencji w konstrukcję nawierzchni. System ten jest w pełni niezależny od infrastruktury istniejącej w danym punkcie. Ponadto dzięki obserwacji pasów ruchu z góry w znaczący sposób ograniczono efekt „gubienia” pojazdów zmieniających pas ruchu. Dokładność wykonywanych pomiarów jest wynikiem wykorzystanej technologii podwójnej wiązki radarowej. W rezultacie ustalenie prędkości każdego przejeżdżającego pojazdu odbywa się na zasadach znanych z technologii pętli indukcyjnych i węży pneumatycznych, tzn. pomiaru opóźnienia pomiędzy dwiema wiązkami.

Podstawowymi parametrami rejestrowanymi przez system pomiarowy są:

- prędkość chwilowa,
- czas rejestracji pojazdu w przekroju pomiarowym w milisekundach,
- długość pojazdu,
- pas ruchu,
- kierunek ruchu,
- klasa pojazdu (ze względu na długość).

Znak czasu jest określany z dokładnością do jednej milisekundy, co w procesie post-produkcji pozwala na określenie odstępów niebezpiecznych, a także na rozróżnienie pojazdów poruszających się w ruchu swobodnym oraz w kolejce pojazdów. Jako kryterium



wyodrębniania pojazdów poruszających się w ruchu swobodnym przyjęto odstęp **5 sekund** występujący pomiędzy pojazdami.

Zmierzona długość pojazdów posłużyła do dokonania podziału na pięć klas pojazdów:

1. motocykle i rowery,
2. samochody osobowe,
3. samochody dostawcze,
4. pojazdy ciężkie,
5. pojazdy ciężkie z przyczepą oraz autobusy.

Dodatkowo w analizie zebranych danych wykorzystano agregację danych do dwóch kategorii pojazdów – lekkich (klasy pojazdów od 1 do 3) i ciężkich (klasy 4 oraz 5).



Spis tabel

Tabela 1. Warianty pomiarów	13
-----------------------------------	----



Spis rysunków

Rysunek 1. Podsumowanie badań zrealizowanych w 2017 roku	6
Rysunek 2. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej.....	7
Rysunek 3. Porównanie kwantyla 85% prędkości.....	7
Rysunek 4. Porównanie udziału przekroczeń prędkości dopuszczalnej.....	8
Rysunek 5. Porównanie udziału przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h.....	8
Rysunek 6. Porównanie udziału ruchu swobodnego.....	8
Rysunek 7. Kwantyl 85% prędkości w punktach pomiarowych	9
Rysunek 8. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej w punktach pomiarowych	10
Rysunek 9. Udział przekroczeń prędkości dopuszczalnej o ponad 10 km/h w punktach pomiarowych	11
Rysunek 10. Udział ruchu swobodnego w punktach pomiarowych	12
Rysunek 11. Zawartość pliku danych źródłowych.....	14
Rysunek 12. Zawartość opracowania	14
Rysunek 13. Wyniki szczegółowe.....	15
Rysunek 14. Zestawienie zbiorcze	15
Rysunek 15. Poglądowy schemat systemu pomiarowego	16