



Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
Departament Studiów
Al. Jerozlimskie 92
00 – 817 Warszawa

**„Studium projektu budowlanego budowy Południowej Obwodnicy Warszawy
od węzła „Puławska” do węzła „Lubelska”**

Analiza przepustowości odcinków międzywęzłowych, obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic oraz łącznic i skrzyżowań dla Południowej Obwodnicy Warszawy od węzła „Puławska” do węzła „Lubelska”

SPIS TREŚCI

1. Wstęp.	4
2. Schematy rozkładu natężeń na węzłach.	4
3. Analiza przepustowości odcinków międzywęzłowych.	11
4. Analiza przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic oraz łącznic.	13
5. Analiza przepustowości skrzyżowań (rond) w węźle „Patriotów”.	16
6. Wnioski.	21

1. Wstęp.

Analizy wykonano na podstawie wyników prognozy ruchu zamieszczonej w opracowaniu „Analiza i prognoza ruchu dla Południowej Obwodnicy Warszawy od węzła „Puławska” do węzła „Lubelska”, wykonanej przez Arcadis Sp. z o.o. we wrześniu 2012 oraz metodologii „Instrukcji obliczania przepustowości dróg I i II klasy technicznej, GDDP, Warszawa 1995” i „Metody obliczania przepustowości rond – instrukcja obliczania, GDDKiA, Warszawa 2004”.

Obliczenia przeprowadzono przy następujących założeniach:

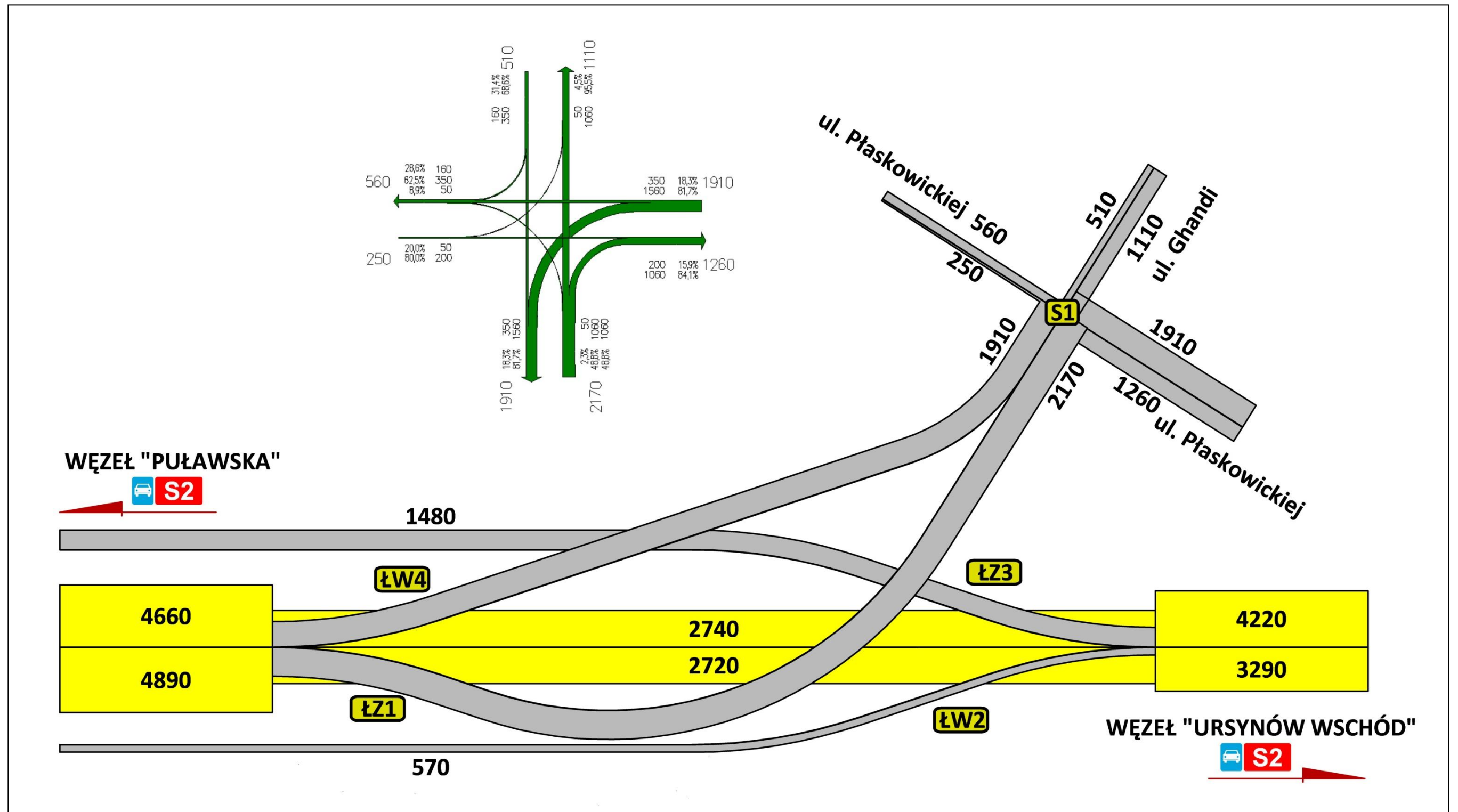
- prędkość projektowa $v_p = 80$ km/h,
- prędkość ruchu swobodnego na drodze ekspresowej $v_{as} = 100$ km/h,
- szerokość pasa ruchu 3,50 m,
- przekrój poprzeczny 2 x 3 lub 2 x 4 w zależności od odcinka,
- udział pojazdów ciężkich na drodze ekspresowej f_c zależny od odcinka,
- współczynnik przeliczeniowy pojazdów ciężkich na pojazdy umowne $E_c = 3,0$,
- współczynnik znajomości drogi wśród kierowców przyjęto $f_{zd} = 1,0$.

2. Schematy rozkładu natężeń na węzłach.

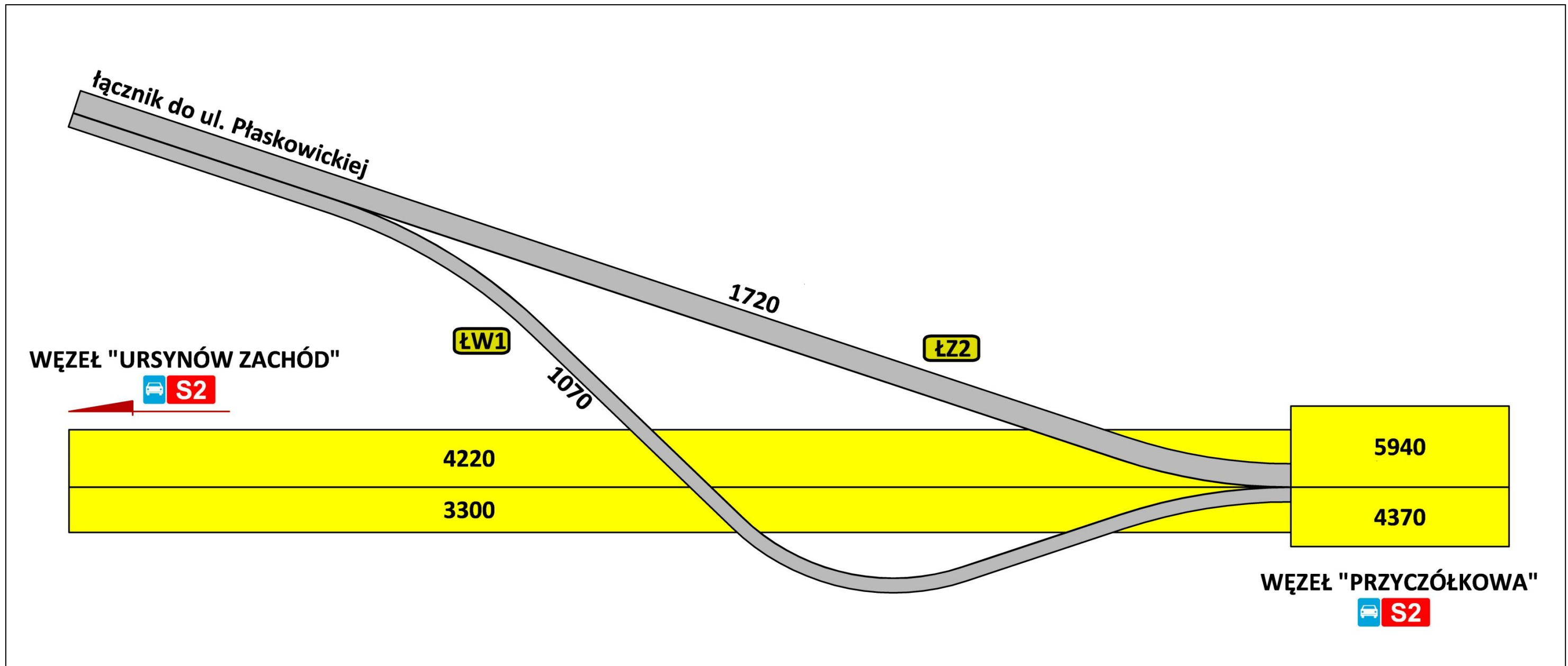
Rysunki schematyczne na analizowanych węzłach oraz skrzyżowaniach w obrębie węzłów wykonano na podstawie kartogramów ruchu zawartych w „Analizie i prognozie ruchu” oraz rozwiązań geometrycznych projektowanych węzłów.

Poniżej przedstawiono rysunki schematyczne rozkładu ruchu na analizowanych węzłach.

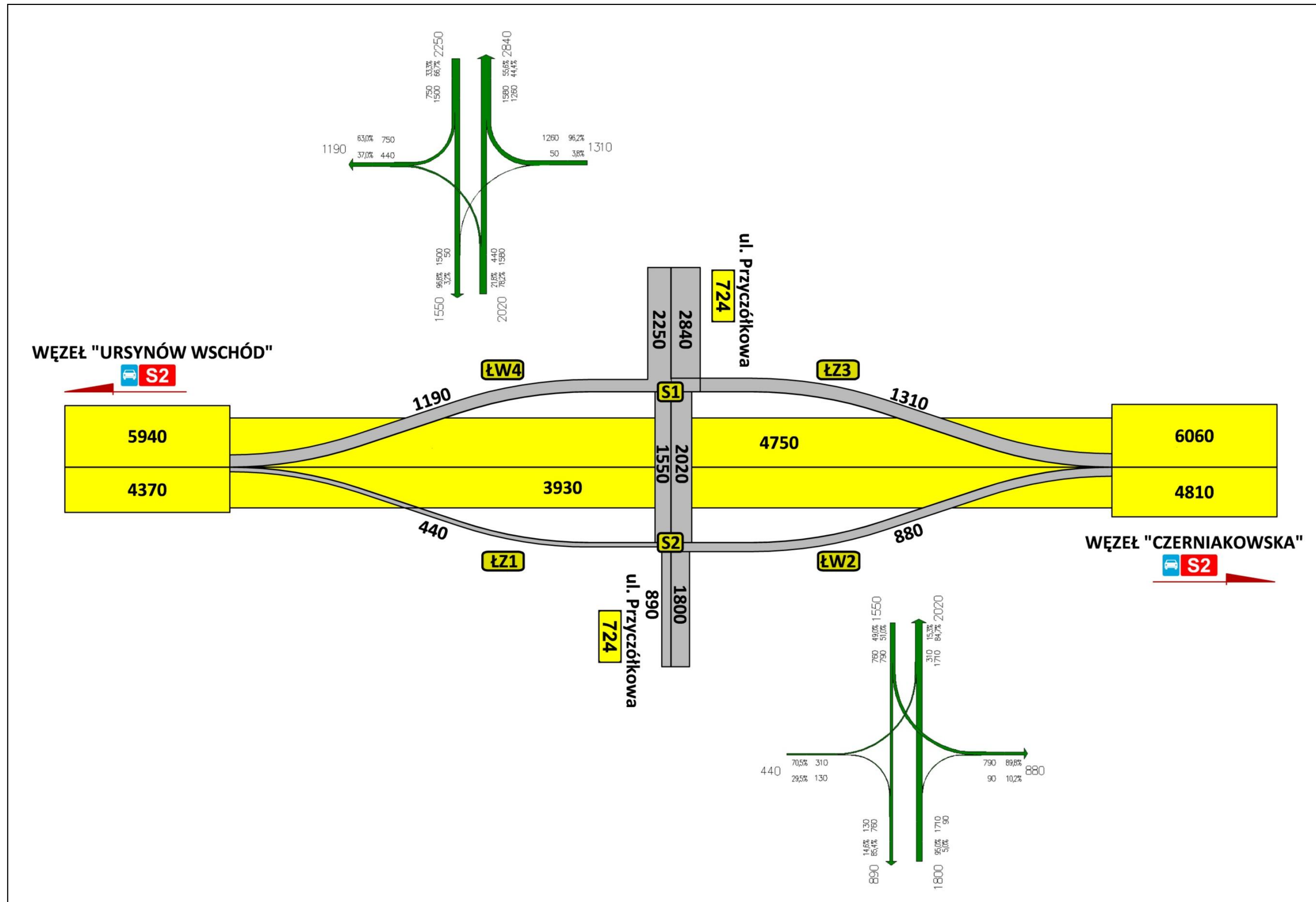
Rysunek 1 Schemat rozkładu ruchu w węźle „Ursynów Zachód” – rok 2035.



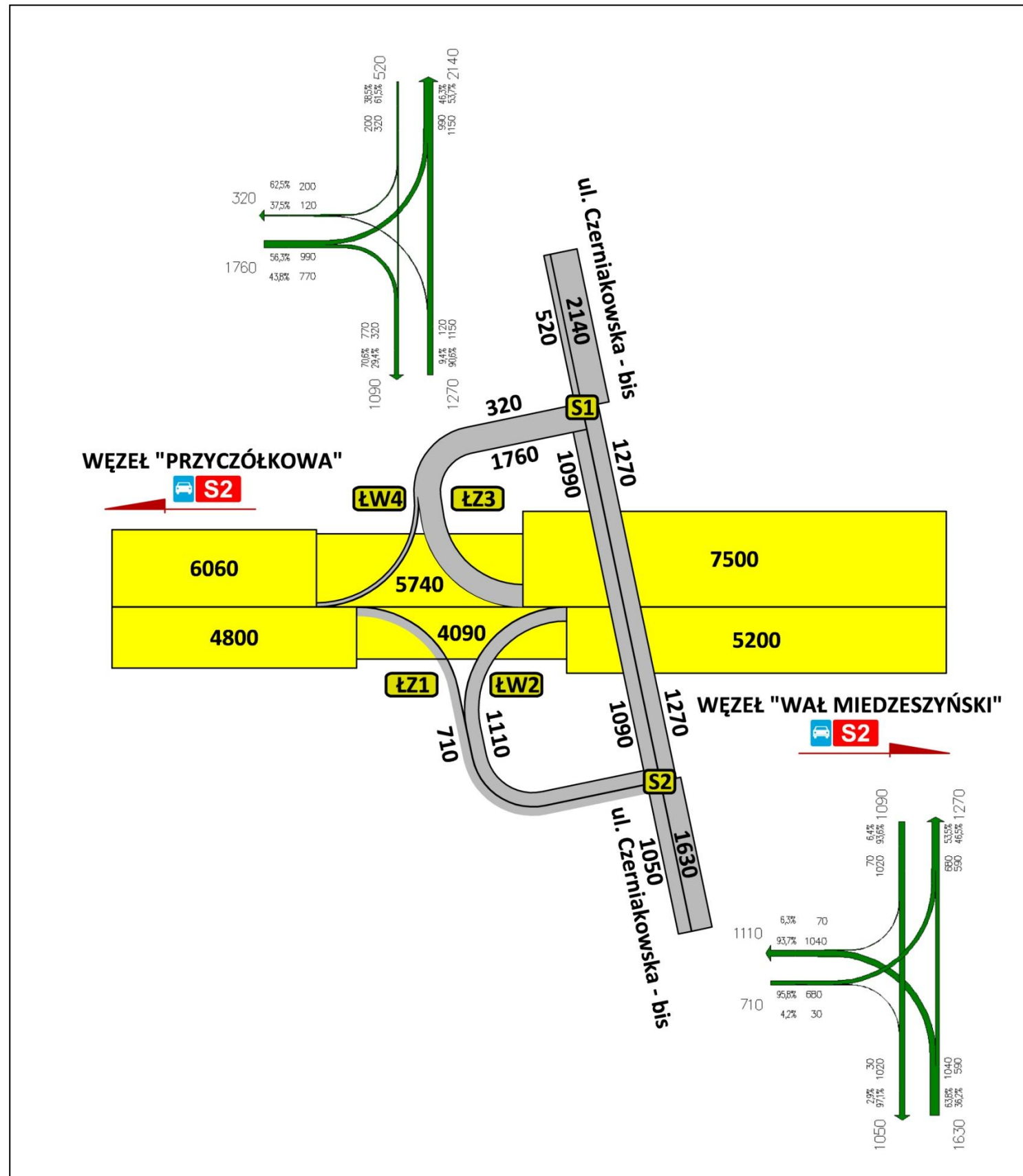
Rysunek 2 Schemat rozkładu ruchu w węźle „Ursynów Wschód” – rok 2035.



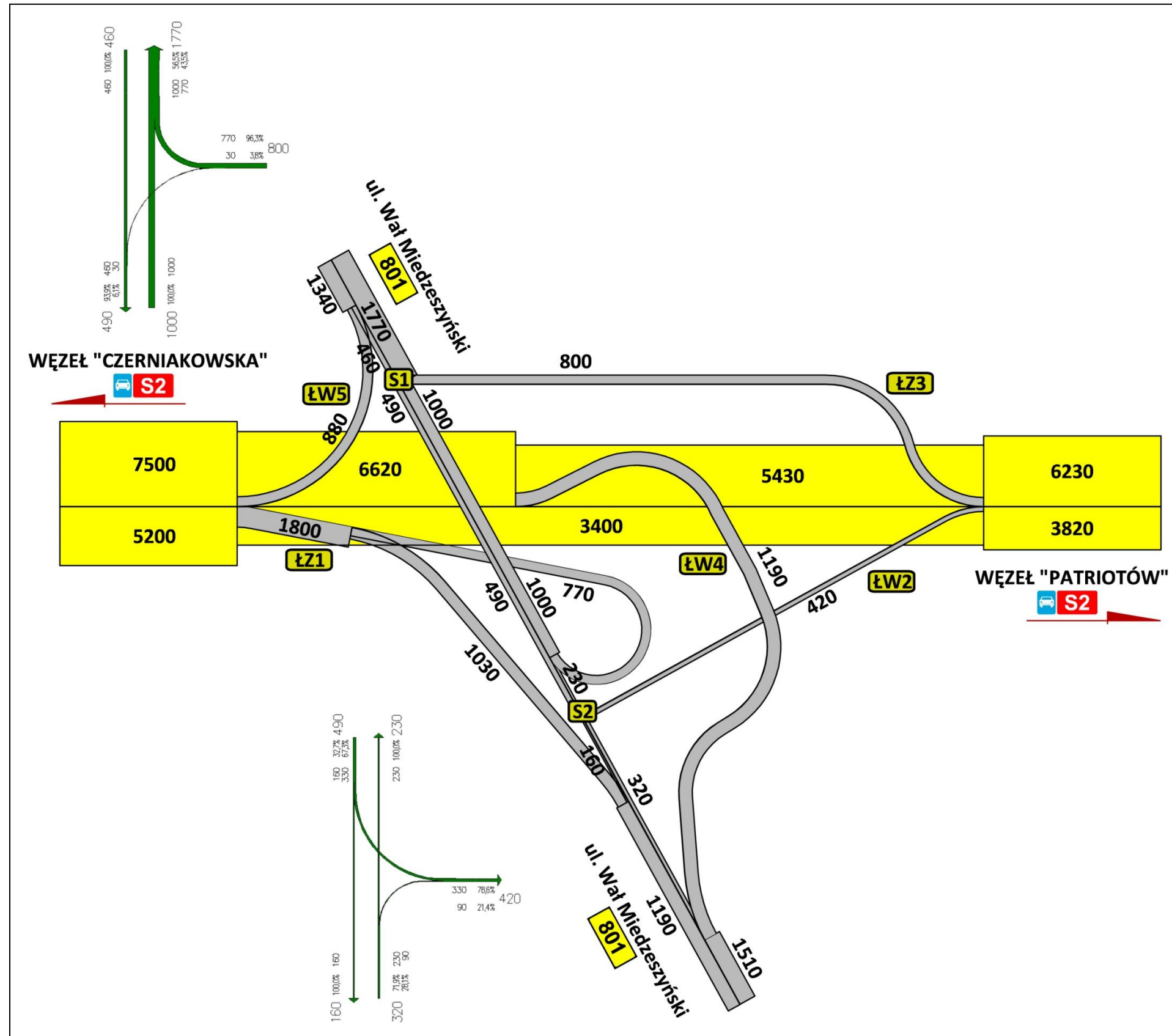
Rysunek 3 Schemat rozkładu ruchu w węźle „Przyczółkowa” – rok 2035.



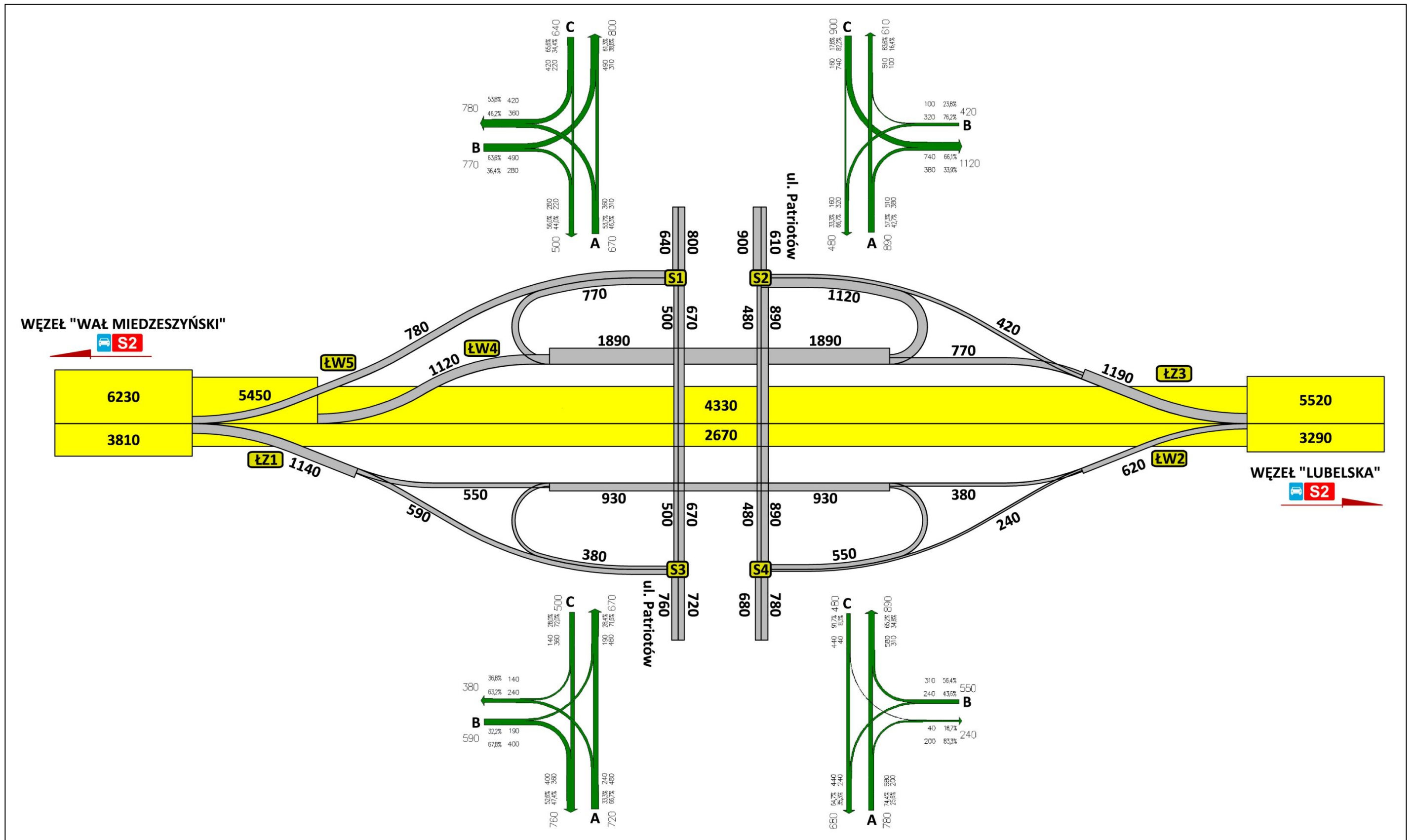
Rysunek 4 Schemat rozkładu ruchu w węźle „Czerniakowska” – rok 2035.



Rysunek 5 Schemat rozkładu ruchu w węźle „Wał Miedzeszyński” – rok 2035.



Rysunek 6 Schemat rozkładu ruchu w węźle „Patriotów” – rok 2035.



3. Analiza przepustowości odcinków międzywęzłowych.

Obliczenia przepustowości odcinków międzywęzłowych wpływu łącznic przeprowadzono na podstawie „Instrukcji obliczania przepustowości dróg I i II klasy technicznej, GDDP, Warszawa 1995”.

Metoda obliczania przepustowości odcinków międzywęzłowych opiera się na obliczeniu miernika podstawowego PSR, czyli stosunku natężenia do przepustowości.

Poniżej przedstawiono tabelaryczne zestawienie obliczeń przepustowości dla poszczególnych odcinków międzywęzłowych dla 2035 r. w godzinie szczytu porannego [P/h].

Tabela 1 Obliczenia przepustowości odcinków międzywęzłowych.

Odcinek	Kierunek	Liczba pasów	Natężenie [P/h]	Natężenie godzinowe, miarodajne Q_h [P/h]	Przepustowość w warunkach rzeczywistych $C = Q_{KE}$ [P/h]	Rezerwa przepustowości w warunkach rzeczywistych ΔC [P/h]	Współczynnik Q/C	PSR
węzeł „Puławska” – węzeł „Ursynów Zachód”	→	3	4 890	4 890	6 297	1 407	0,777	D
	←	3	4 660	4 660	6 315	1 655	0,738	D
węzeł „Ursynów Zachód” – węzeł „Ursynów Wschód”	→	3	3 300	3 300	6 232	2 932	0,530	C
	←	3	4 220	4 220	6 266	2 046	0,673	C
węzeł „Ursynów Wschód” – węzeł „Przyczółkowa”	→	3	4 370	4 370	6 270	1 900	0,697	D
	←	3	5 950	5 950	6 319	369	0,942	E
węzeł „Przyczółkowa” – węzeł „Czerniakowska”	→	3	4 800	4 800	6 255	1 455	0,767	D
	←	3	6 060	6 060	6 309	249	0,961	E
węzeł „Czerniakowska” – węzeł „Wał Miedzeszyński”	→	4	5 200	5 200	8 373	3 173	0,621	C
	←	4	7 500	7 500	8 451	951	0,888	E
węzeł „Wał Miedzeszyński” – węzeł „Patriotów”	→	3	3 820	3 820	6 225	2 405	0,614	C
	←	3	6 230	6 230	6 321	91	0,986	E
węzeł „Patriotów” – węzeł „Lubelska”	→	3	3 290	3 290	6 195	2 905	0,531	C
	←	3	5 520	5 520	6 287	767	0,878	E

Przy **PSR A** występuje małe natężenie ruchu, wysokie prędkość, swoboda w wyprzedzaniu i utrzymywana obrona przez kierowcę prędkość. Przeciętne odległości między pojazdami wynoszą ok. 150 m. Ruch jest swobodny.

Przy **PSR B** występuje średnie natężenie ruchu. Obrona prędkość i swoboda prowadzenia pojazdu są ograniczane w niewielkim stopniu, natomiast przeciętne odległości między pojazdami wynoszą ok. 110 m. Ruch jest równomierny.

Przy **PSR C** występuje znaczne natężenie ruchu. Prędkość podróży jest zadowalająca. Swoboda prowadzenia pojazdu jest częściowo ograniczona, natomiast przeciętne odległości między pojazdami wynoszą ok. 70 m. Ruch jest równomierny.

Przy **PSR D** występuje duże natężenie ruchu. Prędkość podróży jest ledwo zadowalająca. Przeciętne odległości między pojazdami wynoszą ok. 55 m. Ruch jest nierównomierny.

Przy **PSR E** występuje bardzo duże natężenie ruchu. Swoboda prowadzenia pojazdu jest praktycznie niemożliwa. Przeciętne odległości między pojazdami wynoszą ok. 35 m. Ruch jest nierównomierny. Dolna granica warunków ruchu na poziomie **PSR E** odpowiada przepustowości, która jest osiągnięta przy różnych gęstościach dla różnych prędkości ruchu swobodnego.

Przy **PSR F** występuje zatłoczenie na drodze. Natężenie ruchu jest bardzo duże. Występują spiętrzenia ruchu i zatory na drodze powodowane wypadkami lub innymi zdarzeniami, zawężeniem przekroju lub innymi przyczynami obniżającymi przepustowość drogi, jak np. powtarzające się wjazdy i wyjazdy, odcinki przeplatania, gdzie natężenie ruchu przekracza przepustowość „wąskiego gardła”, ale bezpośrednio poniżej ruch za takim odcinkiem odbywa się w warunkach bliskich przepustowości i następuje rozładowanie zatoru, o ile dalej nie występują kolejne „wąskie gardła”.

4. Analiza przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznicy/z łącznic oraz łącznic.

Obliczenia przepustowości łącznic przeprowadzono na podstawie „Instrukcji obliczania przepustowości dróg I i II klasy technicznej, GDDP, Warszawa 1995”.

Metoda opiera się na obliczeniu miernika podstawowego PSR, czyli gęstości ruchu w obszarach wpływu łącznic. Można również wykorzystać miernik pomocniczy, czyli prędkość ruchu swobodnego na autostradzie w tych obszarach. W opracowaniu obliczono obydwa parametry.

Poniżej przedstawiono zestawienia tabelaryczne wyników dla wszystkich analizowanych węzłów.

Tabela 2 Obliczenia przepustowości obszarów wyłączenia i włączenia na łącznice/z łącznic – węzeł „Ursynów Zachód”.

łącznice zjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _z [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} + Q _r [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁZ1	5 230	2 279	0,450	3 607	5 230	15,50	90,92	C
ŁZ3	4 536	1 554	0,575	3 269	4 536	13,79	93,04	C

łącznice wjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _w [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} [E/h]	Q _{r12} [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁW2	3 037	599	0,603	1 831	3 636	2 430	11,30	90,46	B
ŁW4	2 945	2 006	0,584	1 719	4 951	3 725	17,18	86,28	C

Tabela 3 Obliczenia przepustowości obszarów wyłączenia i włączenia na łącznice/z łącznic – węzeł „Ursynów Wschód”.

łącznice zjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _z [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} + Q _r [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁZ2	6 342	1 806	0,450	3 847	6 342	18,98	92,30	D

łącznice wjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _w [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} [E/h]	Q _{r12} [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁW1	3 566	1 124	0,598	2 134	4 690	3 258	15,99	88,11	C

Tabela 4 Obliczenia przepustowości obszarów wyłączenia i włączenia na łącznice/z łącznic – węzeł „Pryczółkowa”.

łącznice zjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _z [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} + Q _r [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁZ1	4 694	462	0,621	3 092	4 694	15,06	96,22	C
ŁZ3	6 469	1 376	0,450	3 668	6 469	12,26	93,56	B

łącznice wjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _w [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} [E/h]	Q _{r12} [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁW2	4 221	924	0,632	2 667	5 145	3 591	14,23	88,93	C
ŁW4	5 071	1 250	0,603	3 058	6 321	4 308	20,71	82,21	D

Tabela 5 Obliczenia przepustowości obszarów wyłączenia i włączenia na łącznice/z łącznic – węzeł „Czerniakowska”.

łącznice zjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _z [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} + Q _r [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁZ1	5 168	746	0,596	3 384	5 168	15,22	95,39	C
ŁZ3	7 969	1 848	0,260	3 439	7 969	15,52	92,18	C

łącznice wjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _w [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} [E/h]	Q _{r12} [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁW2	3 798	1166	0,561	2 129	4 964	3 295	15,21	88,57	C
ŁW4	5 387	336	0,550	2 965	5 723	3 301	15,48	88,55	C

Tabela 6 Obliczenia przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic – węzeł „Wał Miedzeszyński”.

łącznice zjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _z [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} + Q _r [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁZ1	5 577	1 890	0,450	3 549	5 577	11,22	92,06	B
ŁZ3	6 505	840	0,559	4 005	6 505	19,51	95,12	D

łącznice wjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _w [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} [E/h]	Q _{r12} [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁW2	3 646	441	0,643	2 345	4 087	2 786	13,14	89,81	C
ŁW4	5 785	1250	0,512	2 962	5 785	4 212	19,78	83,36	D
ŁW5	7 053	924	0,334	2 354	7 977	3 278	15,83	88,23	C

Tabela 7 Obliczenia przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic – węzeł „Patriotów”.

łącznice zjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _z [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} + Q _r [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁZ1	4 133	1 197	0,602	2 963	4 133	8,02	94,08	B
ŁZ3	5 913	1250	0,555	3 836	5 913	18,31	93,93	D

łącznice wjazdowe

łącznica	Q _a [E/h]	Q _r [E/h]	p _w [-]	Q ₁₂ [E/h]	Q _{aw} [E/h]	Q _{r12} [E/h]	k _w [E/km/pas]	v _w [km/h]	PSR
ŁW2	2 889	651	0,790	2 282	3 540	2 933	14,09	89,30	C
ŁW4	4 638	1176	0,685	3 177	5 814	4 353	20,83	81,85	D
ŁW5	5 722	819	0,608	3 481	6 541	4 300	19,72	82,95	D

PSR A reprezentuje swobodne funkcjonowanie obszaru. Gęstość ruchu jest niska i pozwala na manewry włączania i wyłączania bez oddziaływania na pojazdy jadące na wprost. Nie występują zauważalne zakłócenia w obszarze wpływu łącznicy, a prędkość na podstawowym odcinku autostrady pozostaje zbliżona do oczekiwanej.

Przy **PSR B** manewry włączania i wyłączania stają się zauważalne dla kierowców jadących na wprost i występuje minimalny poziom zakłóceń. Włączający się kierowcy muszą dostosować swoje prędkości do płynnego wykorzystania luk w potoku na autostradzie, podobnie jak kierowcy wyłączający się przy zmianie pasów ruchu. Prędkość pojazdów w obszarze zaczyna się nieco obniżyć.

Przy **PSR C** przeciętna prędkość w obszarze wpływu łącznicy zaczyna się obniżyć, a poziom zakłóceń powodowanych włączaniem/wyłączaniem staje się zauważalny. Pojazdy z

Analiza przepustowości odcinków międzywęzłowych, obszarów wyłączenia i włączania na łącznicy/z łącznic oraz łącznic i skrzyżowań dla Południowej Obwodnicy Warszawy od węzła „Puławska” do węzła „Lubelska”

autostrady i z łącznicy zaczynają dostosowywać swoje prędkości do wykonania niezakłóconych manewrów włączania. W obszarach wyłączenia pojazdy zaczynają zwalniać, aby umożliwić zmiany pasa ruchu. Warunki jazdy pozostają dalej relatywnie komfortowe.

Przy **PSR D** zakłócenia zaczynają się stawać niepożądane i prawie wszystkie pojazdy zwalniają, aby umożliwić wykonywanie manewrów włączania i wyłączenia. Na łącznicach o dużych natężeniach ruchu mogą się formować kolejki, lecz ruch na autostradzie pozostaje ciągły.

PSR E reprezentuje warunki zbliżone do/i odpowiadające przepustowości. Prędkości spadają do około *65 km/h*, a zakłócenia powodowane włączaniem/wyłączaniem się pojazdów stają się uciążliwe dla wszystkich kierowców w obszarze wpływu. Natężenia ruchu osiągają poziom przepustowości, a niewielkie zmiany w natężeniach ruchu lub zakłócenie w strumieniu ruchu może powodować tworzenie się kolejek zarówno na łącznicy, jak i na autostradzie.

PSR F reprezentuje ruch nieciągły i niestabilny. Przy **PSR F** przewidywane natężenia przewyższają przepustowość rozładowania autostrady za obszarem (i łącznicy w przypadku obszaru wyłączenia). Widoczne jest formowanie się kolejek na autostradzie i na wjazdach, które wydłużają się aż do momentu, kiedy natężenie ruchu doływającego nie spadnie poniżej przepustowości wylotów z obszaru.

Przepustowość łącznic jest określona w *„Instrukcji obliczania przepustowości dróg I i II klasy technicznej, GDDP, Warszawa 1995”*. W zależności od prędkości ruchu swobodnego na łącznicy wartości przepustowości wahają się w przedziale 1700 – 2300 [E/h] dla łącznic jednopasowych oraz 3000 – 4600 [E/h] dla łącznic dwupasowych.

5. Analiza przepustowości skrzyżowań (rond) w węźle „Patriotów”.

Obliczenia przepustowości łącznic przeprowadzono na podstawie *„Metody obliczania przepustowości rond – instrukcja obliczania. GDDKIA, Warszawa 2004”*.

Poniżej przedstawiono tabelarycznie zestawienie uzyskanych wyników (oznaczenia wlotów jak na rysunku 6).

Tabela 8 Obliczenia przepustowości ronda jednopasowego S1.

Parametr	Jednostka	Włot			
		A	B	C	
Natężenie ruchu na wlocie Q_{wl}	P/h	670	770	640	
Nadrzędne natężenia ruchu przy poszczególnych wlotach Q_{nwl}	P/h	490	220	360	
Przepustowość wyjściowa wlotów ronda C_{owl}	E/h	824	1021	914	
Przepustowość możliwa wlotów ronda C_{mwl}	P/h	785	972	870	
Rezerwa przepustowości możliwej wlotów ronda ΔC_{mwl}	P/h	115	202	230	
Przepustowość włączenia prawoskrętu C_{mwlP}	P/h	brak	brak	brak	
Natężenie ruchu na wlocie po odjęciu prawoskrętu $Q_{wl} - Q_{wIP}$	P/h	670	770	640	
Strata czasu na wlotach d_{wl}	s/P	30	17	15	
Miarodajna długość kolejki K_{wl}	P	15	11	8	
Miarodajna długość kolejki L_{kwl}	m	97	71	52	
PSR	-	II	II	I	
Natężenie krytyczne dla wlotów ronda Q_{kwl}^i	PSR I	P/h	555	744	641
	PSR II	P/h	670	859	756
	PSR III	P/h	725	916	812
Przepustowość rzeczywista ronda C_{rr}	P/h	2325			
Przepustowość rzeczywista wlotów ronda C_{rwl}	P/h	749	861	715	
Rezerwa przepustowości rzeczywistej wlotów ΔC_{rwl}	P/h	79	91	75	
Stopień wykorzystania przepustowości wlotów ρ_{wl}	-	0,895			
Wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu w_{rr}	%	11,79			
Wniosek: Przy założeniu równomiernego wzrostu natężeń na wlotach ronda, ich zwiększenie o ok. 11,79% spowoduje wyczerpanie się przepustowości na wlocie A, który jest wlotem krytycznym.					

Tabela 9 Obliczenia przepustowości ronda jednopasowego S2.

Parametr	Jednostka	Włot			
		A	B	C	
Natężenie ruchu na wlocie Q_{wl}	P/h	890	420	900	
Nadrzędne natężenia ruchu przy poszczególnych wlotach Q_{nwl}	P/h	100	160	380	
Przepustowość wyjściowa wlotów ronda C_{owl}	E/h	1121	1070	899	
Przepustowość możliwa wlotów ronda C_{mwl}	P/h	1068	1019	856	
Rezerwa przepustowości możliwej wlotów ronda ΔC_{mwl}	P/h	178	599	-44	
Przepustowość włączenia prawoskrętu C_{mwlP}	P/h	brak	brak	brak	
Natężenie ruchu na wlocie po odjęciu prawoskrętu $Q_{wl} - Q_{wIP}$	P/h	890	420	900	
Strata czasu na wlotach d_{wl}	s/P	20	5	170	
Miarodajna długość kolejki K_{wl}	P	14	3	50	
Miarodajna długość kolejki L_{kwl}	m	90	19	322	
PSR	-	II	I	IV	
Natężenie krytyczne dla wlotów ronda Q_{kwl}^i	PSR I	P/h	840	791	627
	PSR II	P/h	956	907	742
	PSR III	P/h	1014	964	797
Przepustowość rzeczywista ronda C_{rr}	P/h	2127			
Przepustowość rzeczywista wlotów ronda C_{rwl}	P/h	857	404	866	
Rezerwa przepustowości rzeczywistej wlotów ΔC_{rwl}	P/h	-33	-16	-34	
Stopień wykorzystania przepustowości wlotów ρ_{wl}	-	1,039			
Wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu w_{rr}	%	-3,78			
Wniosek: Przepustowość ronda jest wyczerpana.					

Tabela 10 Obliczenia przepustowości ronda semidwupasowego S2.

Parametr	Jednostka	Włot			
		A	B	C	
Natężenie ruchu na wlocie Q_{wl}	P/h	890	420	900	
Nadrzędne natężenia ruchu przy poszczególnych wlotach Q_{nwl}	P/h	100	160	380	
Przepustowość wyjściowa wlotów ronda C_{owl}	E/h	1312	1250	1044	
Przepustowość możliwa wlotów ronda C_{mwl}	P/h	1268	1208	1009	
Rezerwa przepustowości możliwej wlotów ronda ΔC_{mwl}	P/h	378	788	109	
Przepustowość włączenia prawoskrętu C_{mwlIP}	P/h	-	brak	brak	
Natężenie ruchu na wlocie po odjęciu prawoskrętu $Q_{wl} - Q_{wIP}$	P/h	890	420	900	
Strata czasu na wlotach d_{wl}	s/P	9	3	31	
Miarodajna długość kolejki K_{wl}	P	7	2	19	
Miarodajna długość kolejki L_{kwI}	m	44	10	119	
PSR	-	I	I	III	
Natężenie krytyczne dla wlotów ronda Q_{kwI}^i	PSR I	P/h	1042	981	781
	PSR II	P/h	1159	1098	897
	PSR III	P/h	1219	1158	954
Przepustowość rzeczywista ronda C_{rr}	P/h	2409			
Przepustowość rzeczywista wlotów ronda C_{rwl}	P/h	970	458	981	
Rezerwa przepustowości rzeczywistej wlotów ΔC_{rwl}	P/h	80	38	81	
Stopień wykorzystania przepustowości wlotów ρ_{wl}	-	0,917			
Wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu w_{rr}	%	9,00			
Wniosek: Przy założeniu równomiernego wzrostu natężeń na wlotach ronda, ich zwiększenie o ok. 9,00% spowoduje wyczerpanie się przepustowości na wlocie C, który jest wlotem krytycznym.					

Tabela 11 Obliczenia przepustowości ronda jednopasowego S3.

Parametr	Jednostka	Włot			
		A	B	C	
Natężenie ruchu na wlocie Q_{wl}	P/h	720	590	500	
Nadrzędne natężenia ruchu przy poszczególnych wlotach Q_{nwl}	P/h	190	360	240	
Przepustowość wyjściowa wlotów ronda C_{owl}	E/h	1045	914	1005	
Przepustowość możliwa wlotów ronda C_{mwl}	P/h	995	870	957	
Rezerwa przepustowości możliwej wlotów ronda ΔC_{mwl}	P/h	275	280	457	
Przepustowość włączenia prawoskrętu C_{mwlIP}	P/h	brak	brak	brak	
Natężenie ruchu na wlocie po odjęciu prawoskrętu $Q_{wl} - Q_{wIP}$	P/h	720	590	500	
Strata czasu na wlotach d_{wl}	s/P	12	12	7	
Miarodajna długość kolejki K_{wl}	P	8	7	4	
Miarodajna długość kolejki L_{kwI}	m	52	45	26	
PSR	-	I	I	I	
Natężenie krytyczne dla wlotów ronda Q_{kwI}^i	PSR I	P/h	767	641	728
	PSR II	P/h	882	756	844
	PSR III	P/h	940	812	901
Przepustowość rzeczywista ronda C_{rr}	P/h	2386			
Przepustowość rzeczywista wlotów ronda C_{rwl}	P/h	949	778	659	
Rezerwa przepustowości rzeczywistej wlotów ΔC_{rwl}	P/h	229	188	159	
Stopień wykorzystania przepustowości wlotów ρ_{wl}	-	0,759			
Wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu w_{rr}	%	31,81			
Wniosek: Przy założeniu równomiernego wzrostu natężeń na wlotach ronda, ich zwiększenie o ok. 31,81% spowoduje wyczerpanie się przepustowości na wlocie A, który jest wlotem krytycznym.					

Tabela 12 Obliczenia przepustowości ronda jednopasowego S4.

Parametr	Jednostka	Włot			
		A	B	C	
Natężenie ruchu na wlocie Q_{wl}	P/h	780	550	480	
Nadrzędne natężenia ruchu przy poszczególnych wlotach Q_{nwl}	P/h	310	440	200	
Przepustowość wyjściowa wlotów ronda C_{owl}	E/h	951	857	1037	
Przepustowość możliwa wlotów ronda C_{mwl}	P/h	906	816	988	
Rezerwa przepustowości możliwej wlotów ronda ΔC_{mwl}	P/h	126	266	508	
Przepustowość włączenia prawoskrętu C_{mwlIP}	P/h	brak	brak	brak	
Natężenie ruchu na wlocie po odjęciu prawoskrętu $Q_{wl} - Q_{wlIP}$	P/h	780	550	480	
Strata czasu na wlotach d_{wl}	s/P	28	13	6	
Miarodajna długość kolejki K_{wl}	P	15	6	3	
Miarodajna długość kolejki L_{kwl}	m	97	39	19	
PSR	-	II	I	I	
Natężenie krytyczne dla wlotów ronda Q_{kwl}^i	PSR I	P/h	677	586	760
	PSR II	P/h	792	701	875
	PSR III	P/h	849	756	933
Przepustowość rzeczywista ronda C_{rr}	P/h	2037			
Przepustowość rzeczywista wlotów ronda C_{rwl}	P/h	878	619	540	
Rezerwa przepustowości rzeczywistej wlotów ΔC_{rwl}	P/h	98	69	60	
Stopień wykorzystania przepustowości wlotów ρ_{wl}	-	0,888			
Wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu w_{rr}	%	12,56			
Wniosek: Przy założeniu równomiernego wzrostu natężeń na wlotach ronda, ich zwiększenie o ok. 12,56% spowoduje wyczerpanie się przepustowości na wlocie A, który jest wlotem krytycznym.					

Całkowite wykorzystanie przepustowości pasów ruchu możliwe jest tylko przy utrzymywaniu się stałej kolejki pojazdów. Tylko w takiej sytuacji bowiem każdy odstęp czasu w potoku nadrzędnym na jezdni ronda większy od granicznego odstępu czasu t_g , odpowiedniego dla rozważanego wlotu, będzie wykorzystany. Związane jest to z występowaniem bardzo uciążliwych warunków ruchu (duże straty czasu, długie kolejki i zatrzymanie wszystkich pojazdów), które nie są do zaakceptowania przez kierowców. Dlatego przepustowość jako jedyna miara nie może być podstawą projektowania lub oceny dostosowania skrzyżowań do istniejących potrzeb ruchowych.

Do celów projektowania skrzyżowań nowych oraz oceny warunków ruchu na skrzyżowaniach istniejących stany warunków ruchu są określane przez tzw. poziomy swobody ruchu (PSR), będące jakościową miarą warunków ruchu, uwzględniającą odczucia i oceny reprezentacji populacji kierowców. Odpowiadają one pośrednim warunkom między ruchem o nieznacznych zakłóceniach przejazdu pojazdów przez skrzyżowanie, a ruchem na granicy nasycenia, kiedy natężenie ruchu równe jest przepustowości. Cały zakres zmienności warunków ruchu podzielony został na cztery stany opisujące warunki jako: bardzo dobre (PSR I), dobre (PSR II), przeciętne (PSR III) i niekorzystne (PSR IV).

Podstawowym kryterium oceny jakości ruchu na rondach jest średnia strata czasu d przypadająca na pojazd [s/P] (głównie z powodu oczekiwania w kolejce) ponoszona przez pojazdy relacji podporządkowanych w okresie analizy (godzina lub 15 minut). W ocenie

warunków ruchu uwzględnia się straty czasu występujące w danych warunkach drogowo-ruchowych na rondzie, przy dobrej widoczności z poszczególnych wlotów ronda oraz dobrych warunkach oświetlenia i pogody. Poszczególnym stanom warunków ruchu przypisane są średnie straty czasu pojazdów zestawione w poniższej tabeli.

Tabela 13 Graniczne wartości średnich strat czasu dla poszczególnych poziomów swobody ruchu

PSR	Warunki ruchu	Średnia strata czasu d [s/P]
I	bardzo dobre	$\leq 15,0$
II	dobre	15,1÷30,0
III	przeciętne	30,1÷50,0
IV	niekorzystne	$> 50,0$

Poziom swobody ruchu PSR III może oznaczać niestabilne warunki ruchu, przy których niewielki wzrost natężenia ruchu może powodować szybki wzrost długości kolejek i strat czasu. Straty maksymalne pojedynczych pojazdów mogą sięgać wówczas nawet kilku minut. Tak niekorzystne warunki ruchu nie byłyby akceptowane przez większość kierowców, stąd też powinny być ograniczane jako warunki projektowe oraz eksploatacyjne skrzyżowań.

Zaleca się tak projektować skrzyżowania, aby na wlotach warunki ruchu, przy prognozowanych natężeniach ruchu, nie były gorsze niż odpowiadające II i III PSR, a wyjątkowo IV PSR, lecz z dodatkowymi ograniczeniami, w zależności od klasy krzyżujących się dróg i lokalizacji skrzyżowania. Szczegółowe zalecenia w zakresie wymagań odnośnie konieczności zapewnienia odpowiedniego poziomu swobody ruchu podają „Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych”. Przy dopuszczeniu IV PSR średnie straty czasu nie powinny przekraczać 75 s/P, a rezerwa przepustowości możliwej nie powinna być mniejsza niż 30 P/h. Przy projektowaniu rond zaleca się na wlotach o większym znaczeniu ruchowym (wyższej funkcji) zapewnienie co najmniej III PSR, a na pozostałych wlotach podporządkowanych IV PSR może być dopuszczony wyjątkowo.

Prezentowana metoda umożliwia ocenę poziomów swobody ruchu dla wlotów podporządkowanych ronda.

Metoda umożliwia ponadto obliczenie granicznych wartości rezerwy przepustowości możliwej wlotów ronda ΔC_{mwl} odpowiadających poszczególnym (i-tym) poziomom swobody ruchu, które są podstawą wyznaczenia natężeń krytycznych Q_{kwl} . Natężenie ruchu mniejsze od natężenia krytycznego, ustalonego dla wybranego PSR, będzie gwarantować występowanie warunków ruchu nie gorszych od przyjętego PSR na analizowanych wlotach podporządkowanych ronda, pod warunkiem niezmienności natężeń na pozostałych wlotach ronda (stałej wartości natężenia nadrzędnego na jezdni ronda przy rozważanym wlocie). Faktycznie dopuszczalny wzrost natężenia na całym rondzie określa wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu w_{rr} , wyznaczany po obliczeniu rzeczywistej przepustowości ronda C_{rr} .

6. Wnioski.

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że w przypadku odcinków międzywęzłowych, jak i obszarów wpływu łącznic zjazdowych i wyjazdowych nie zostanie przekroczona przepustowość – poziom swobody ruchu nie mniejszy jak PSR E.

W przypadku propozycji rond jednopasowych w węźle „Patriotów” na rondach oznaczonych na rysunku 6, jako S1, S3 i S4 przepustowość zostanie zachowana, natomiast zostanie wyczerpana na rondzie oznaczonym jako S2. W tym przypadku zaproponowano rozwiązanie w postaci ronda semi – dwupasowego.

SPIS TABEL

Tabela 1	Obliczenia przepustowości odcinków międzywęzłowych.	12
Tabela 2	Obliczenia przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic – węzeł „Ursynów Zachód”.	14
Tabela 3	Obliczenia przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic – węzeł „Ursynów Wschód”.	14
Tabela 4	Obliczenia przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic – węzeł „Przyczółkowa”.	14
Tabela 5	Obliczenia przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic – węzeł „Czerniakowska”.	14
Tabela 6	Obliczenia przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic – węzeł „Wał Miedzeszyński”.	15
Tabela 7	Obliczenia przepustowości obszarów wyłączania i włączania na łącznice/z łącznic – węzeł „Patriotów”.	15
Tabela 8	Obliczenia przepustowości ronda jednopasowego S1.	17
Tabela 9	Obliczenia przepustowości ronda jednopasowego S2.	17
Tabela 10	Obliczenia przepustowości ronda semidwupasowego S2.	18
Tabela 11	Obliczenia przepustowości ronda jednopasowego S3.	18
Tabela 12	Obliczenia przepustowości ronda jednopasowego S4.	19
Tabela 13	Graniczne wartości średnich strat czasu dla poszczególnych poziomów swobody ruchu.	20

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1	Schemat rozkładu ruchu w węźle „Ursynów Zachód” – rok 2035.	5
Rysunek 2	Schemat rozkładu ruchu w węźle „Ursynów Wschód” – rok 2035.	6
Rysunek 3	Schemat rozkładu ruchu w węźle „Przyczółkowa” – rok 2035.	7
Rysunek 4	Schemat rozkładu ruchu w węźle „Czerniakowska” – rok 2035.	8
Rysunek 5	Schemat rozkładu ruchu w węźle „Wał Miedzeszyński” – rok 2035.	9
Rysunek 6	Schemat rozkładu ruchu w węźle „Patriotów” – rok 2035.	10