



ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
FAKULTA PEDAS

KATEDRA CESTNEJ A MESTSKEJ DOPRAVY

ŠTÚDIA KRIŽOVATKY CIEST I/65 A III/ 2144 (NA BYSTRÍČKU)

Riešitelia prof. Ing. Alica Kalašová, PhD., Ing. Jozef Paľo, PhD., Ing. Peter Faith, PhD.,
Ing. Jana Kupčuljaková, PhD., Ing. Ľubomír Černický, PhD.,
Ing. Ján Kapusta,

Dátum jún 2016

Obsah

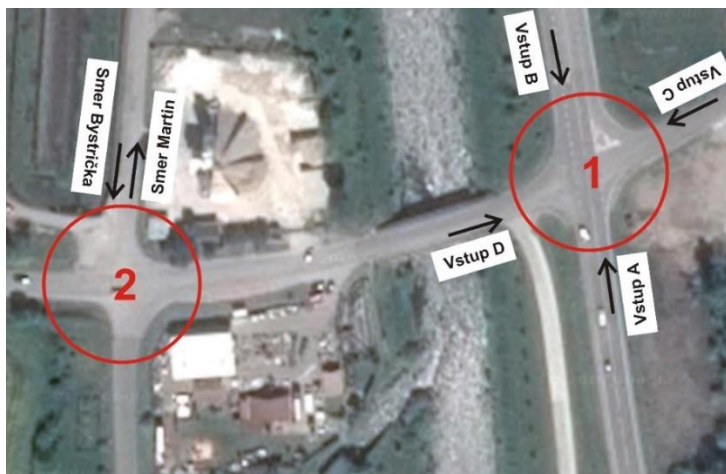
1. ANALÝZA DOPRAVNEJ SITUÁCIE NA RIEŠENEJ KRIŽOVATKE.....	3
1.1. Úvod	3
1.2. Vyhodnotenie vykonaného prieskumu.....	4
2. KAPACITNÉ VÝPOČTY RIEŠENEJ KRIŽOVATKY	10
2.1. Teoretický úvod ku kapacitným výpočtom križovatky	10
2.2. Kapacitný výpočet križovatky podľa TP 16/2015	11
3. MODELOVANIE RIEŠENEJ KRIŽOVATKY	14
3.1. Tvorba modelu v programe Aimsun.....	14
3.2. Výsledky modelovania.....	15
4. MOŽNOSTI RIEŠENIA PRE ZVÝŠENIE BEZPEČNOSTI KRIŽOVATKY	19
5. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	22
6. PRÍLOHY.....	22

1. ANALÝZA DOPRAVNEJ SITUÁCIE NA RIEŠENEJ KRIŽOVATKE

1.1. Úvod

Starostka obce pani Zdenka Maršalová nás oslovila s požiadavkou analýzy predmetnej križovatky a návrhu riešenia dopravného problému.

Obec Bystrička je vzdialená cca 4 km od Martina. Väčšina aktívne pracujúcich obyvateľov dochádza do Martina do práce. Problémom je ale križovatka, kde sa pretína komunikácia I/65 a komunikácia III/ 2144 , s názvom „Na Bystričku“. Hlavná komunikácia je veľmi zaťažená.



Zdroj: vlastné spracovanie podľa google maps

Obr.1. Označenie a poloha riešených križovatiek

Pre obyvateľov Bystričky, hlavne v rannej dopravnej špičke, je križovatka zo vstupu D veľmi ťažko prejazdná. Vznikajú tu dlhé čakacie doby, ktoré vyvolávajú u vodičov veľkú nervozitu. (Pozri obr.2). Niektorí vodiči si skracujú cestu do Martina cez križovatku č.2 označenú na obr.1., ktorá je vzdialená od križovatky č.1, 150 m. Problémom je ale, že časť komunikácie je v súkromnom vlastníctve a majiteľ väčšiu časť roka predmetnú komunikáciu uzatvára. Počas nášho prieskumu bola komunikácia prejazdná. Z tohto dôvodu sme merali uvedenú križovatku v smeroch Bystrička – Martin a Martin – Bystrička. Namerané hodnoty sú v prílohe č.4. Tieto hodnoty sme zahrnuli do nameraných hodnôt križovatky č.1.



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.2. Dlhý rad vozidiel zo vstupu D v rannej špičke

Veľkým problémom sú aj chodci, hlavne v rannej špičke, kde prechádzajú križovatku 1 zo vstupu D cez vstup A, alebo B, kde neexistuje priechod pre chodcov (pozri obr.3 a prílohu č.7).

Niekedy v rannej špičke križovatku riadia policajti.



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.3. Čakajúci chodci na vstupe D

Našou úlohou bolo teda vykonať križovatkový prieskum na predmetnej križovatke, vyhodnotiť ho, analyzovať dopravnú situáciu a vytytovať možné riešenia.

Križovatkové sčítanie - je špeciálny druh smerového prieskumu, kedy sa smerovanie zisťuje na malej ploche. Slúži na zisťovanie pohybu vozidiel v križovatke, a tým na určenie intenzity dopravy v jednotlivých smeroch v sledovanom časovom intervale. Záznam z prieskumu členíme do krátkych časových úsekov, aby bolo možné pri vyhodnotení získať špičkové hodnoty. Presnosť určenia dopravnej špičky závisí od zvoleného časového intervalu. Sčítač zaznamenáva na vjazde druh vozidiel s rozlíšením smeru jazdy do sčítacieho formulára (pozri prílohu 8, 9). Doterajšie prieskumy ukázali, že prieskum intenzity automobilovej dopravy priemerného pracovného dňa má byť v utorok, v stredu alebo vo štvrtok, v mesiacoch marec, apríl, máj, jún, september a október. Minimálna doba trvania prieskumu je 4 hodiny.

Uvedený prieskum sme vykonali vo štvrtok 2.6. 2016 a to v čase od 6⁰⁰ – 10⁰⁰ a v čase od 13⁰⁰ – 17⁰⁰ na dvoch križovatkách.

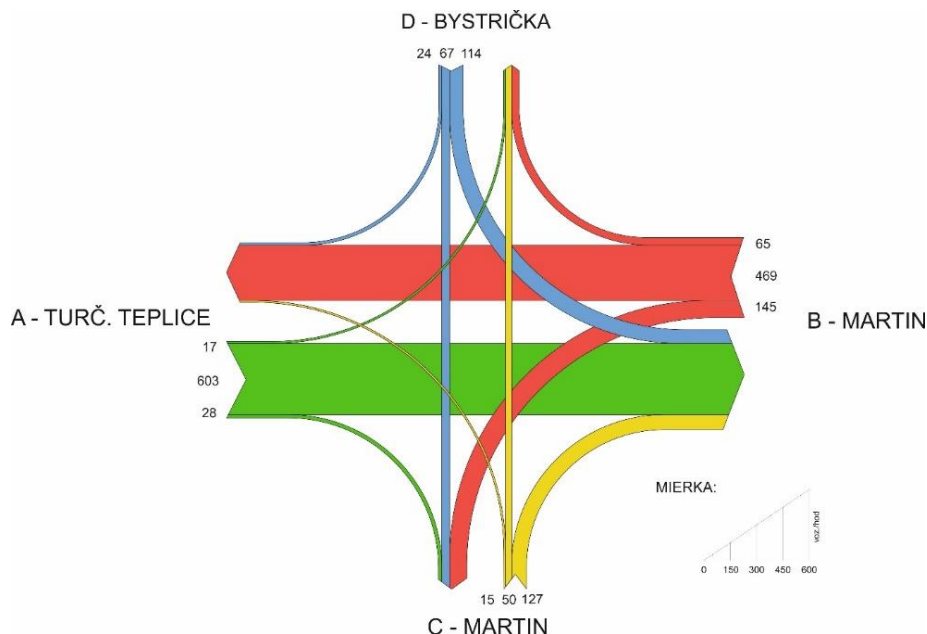
Vozidlá vchádzajúce do križovatky sme zaznamenávali do sčítacích hárkov v členení podľa druhu vozidla a smeru jeho jazdy, samostatne pre štvrt hodinové intervaly. Rozdelenie jednotlivých stanovišť a označenie križovatiek je na obr.1

Súhrnnú tabuľku v skutočných vozidlách sme prepočítali na jednotkové vozidlá (j.v.), ktoré definujeme ako porovnávaciú početnú jednotku, ktorá vyjadruje vplyv rôznych druhov vozidiel v dopravnom prúde. Je reprezentované priemerným osobným automobilom, na ktorého jazdné vlastnosti a rozmery sa ostatné vozidlá prepočítavajú pomocou koeficientov. V prílohe 5 sú vyjadrené použité koeficienty prepočtu skutočných vozidiel na jednotkové.

1.2. Vyhodnotenie vykonaného prieskumu

- Celkový počet skutočných vozidiel, ktoré vstúpili do križovatky č.1:
 - medzi 6,00h a 10,00 bol 6106 sk. v.,
 - medzi 13,00 a 17,00 bol 6701 sk. v.,
 - za 8 hodín prieskumu bol súčet skutočných vozidiel 12807.
- Celkový počet jednotkových vozidiel, ktoré vstúpili do križovatky:

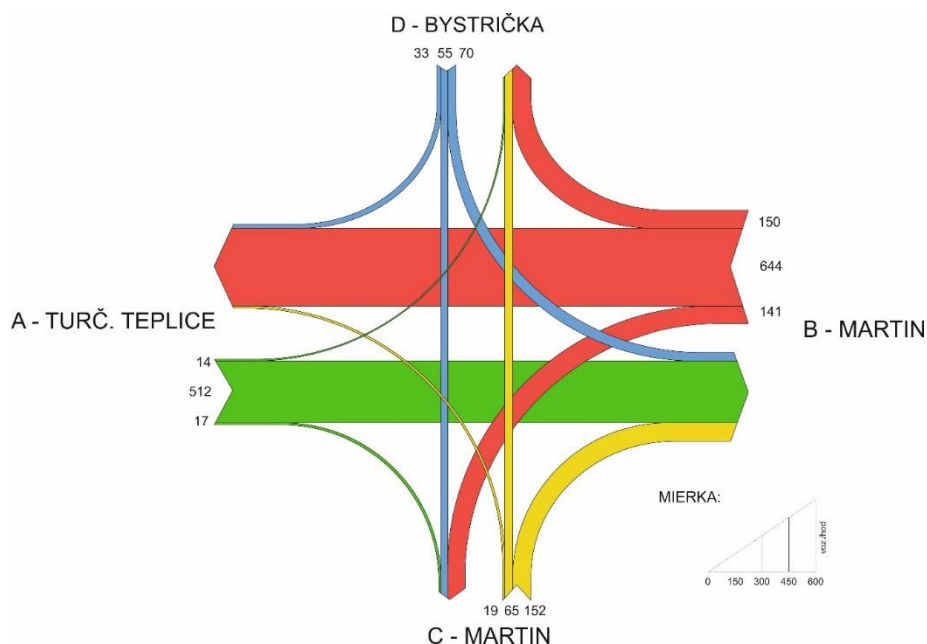
- medzi 6,00h a 10,00 bol 7507,3 j.v.
 - medzi 13,00 a 17,00 bol 6625,3 j.v.
 - za 8 hodín prieskumu bol súčet j.v. 14132,6
- Ranná špičková hodina bola v čase od 7¹⁵ – 8¹⁵, kedy vstúpilo do križovatky 1724 skutočných vozidiel. Špičková štvrt'hodina bola v čase od 7⁴⁵ – 8⁰⁰, kedy vstúpilo do križovatky 493 skutočných vozidiel. Kartogram zaťaženia jednotlivých vstupov pre špičkovú hodinu – ranná špička je na obr. 4.



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.4. Kartogram zaťaženia pre rannú špičkovú hodinu

- Odpoľudňajšia špičková hodina bola v čase od 15⁰⁰ – 16⁰⁰, kedy vstúpilo do križovatky 1872 vozidiel. Špičková štvrt'hodina bola v čase od 15⁴⁵ – 16⁰⁰, kedy vstúpilo do križovatky 520 skutočných vozidiel. Kartogram zaťaženia pre odpoľudňajšiu špičku je na obr. 5.



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.5. Kartogram zaťaženia pre odpoľudňajšiu špičkovú hodinu

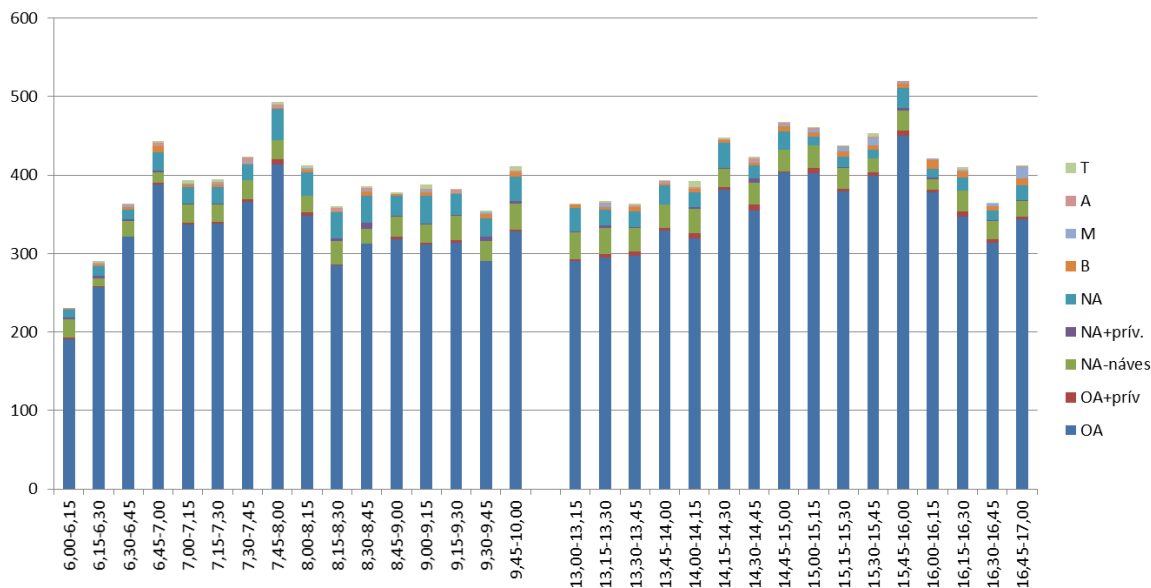
- Za celú dobu prieskumu sme zaznamenali 12807 skutočných vozidiel. Všetky výsledky sú uvedené v tab. 1.
- Jednotlivé záťažové tabuľky v skutočných vozidlách pre každý vstup s delením po štvrt hodinách pre jednotlivé vozidlá sú v prílohe 1.

Tab.1. Výsledná tabuľka zaťaženia križovatky s vyznačením špičkovej hodiny a špičkovej štvrt hodiny. Skutočné vozidlá

Čas.interval	OA	OA+prív	NA-náves	NA+prív.	NA	B	M	A	T	Spolu
6,00-6,15	191	2	23	3	9	1	1	0	0	230
6,15-6,30	257	1	10	4	12	2	1	1	3	291
6,30-6,45	321	1	19	3	12	3	2	2	1	364
6,45-7,00	388	2	14	2	23	8	0	4	2	443
7,00-7,15	337	2	24	1	21	3	1	0	4	393
7,15-7,30	338	2	23	1	21	3	1	2	4	395
7,30-7,45	366	3	24	0	20	2	2	5	2	424
7,45-8,00	413	7	24	0	40	2	0	4	3	493
8,00-8,15	348	4	22	0	30	3	1	1	3	412
8,15-8,30	285	1	30	3	33	2	0	4	2	360
8,30-8,45	313	0	19	7	35	5	1	4	2	386
8,45-9,00	318	3	26	1	26	2	0	0	2	378
9,00-9,15	312	2	23	1	36	4	2	3	5	388
9,15-9,30	314	3	31	1	27	1	1	3	2	383
9,30-9,45	290	1	25	5	24	5	2	1	2	355
9,45-10,00	328	2	34	3	31	5	1	2	5	411
Σ 6-10	5119	36	371	35	400	51	16	36	42	6106
Čas.interval	OA	OA+prív	NA-náves	NA+prív.	NA	B	M	A	T	Spolu
13,15-13,30	295	4	34	3	20	3	5	1	2	367
13,30-13,45	297	6	30	1	20	5	0	2	3	364
13,45-14,00	329	4	29	0	25	2	1	2	2	394
14,00-14,15	319	7	31	2	19	4	1	2	7	392
14,15-14,30	381	4	23	1	32	3	1	1	2	448
14,30-14,45	355	7	28	6	16	4	1	4	3	424
14,45-15,00	403	2	27	0	24	6	2	3	1	468
15,00-15,15	402	7	29	0	11	6	3	2	1	461
15,15-15,30	379	3	27	1	14	6	6	1	1	438
15,30-15,45	399	4	18	0	11	6	9	2	4	453
15,45-16,00	450	7	25	4	25	6	1	2	0	520
16,00-16,15	378	3	14	2	11	11	1	1	0	421
16,15-16,30	347	7	26	0	17	8	1	1	3	410
16,30-16,45	314	4	23	2	12	5	4	0	1	365
16,45-17,00	344	3	20	1	19	9	14	1	1	412
Σ 13-17	5682	75	418	24	306	88	50	26	32	6701
Spolu	10801	111	789	59	706	139	66	62	74	12807

- Histogram zaťaženia celej križovatky podľa jednotlivých druhov vozidiel počas dopravného prieskumu je na obr. 6.
- Histogramy zaťaženia jednotlivých vstupov podľa jednotlivých vozidiel počas dopravného prieskumu sú v prílohe 3.

Histogram zaťaženia celej križovatky

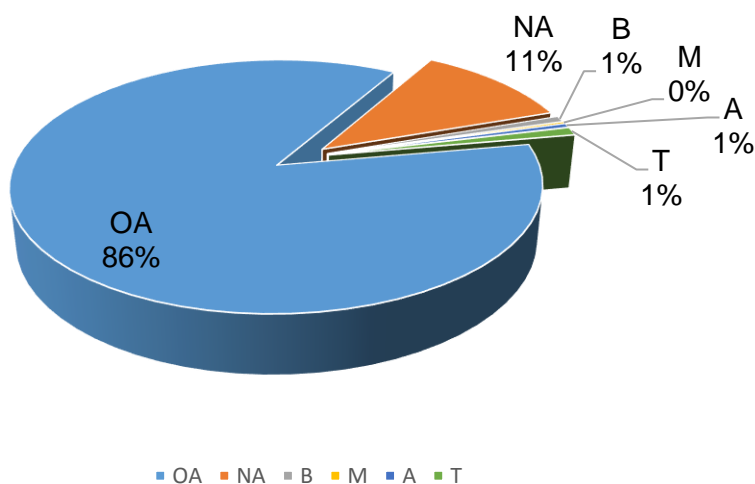


Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.6. Histogram zaťaženia celej križovatky

- Počas prieskumu bol dopravný prúd tvorený: (pozri obr. 7,8)
 - z veľkej miery osobnými automobilmi – 86 % ranná špička, 89 % odpoľudňajúca špička
 - nákladnými automobilmi – 11 % ranná špička, 9 % odpoľudňajúca špička
- Percentá bicyklov, autobusov, traktorov a motocyklov bolo zanedbateľné.

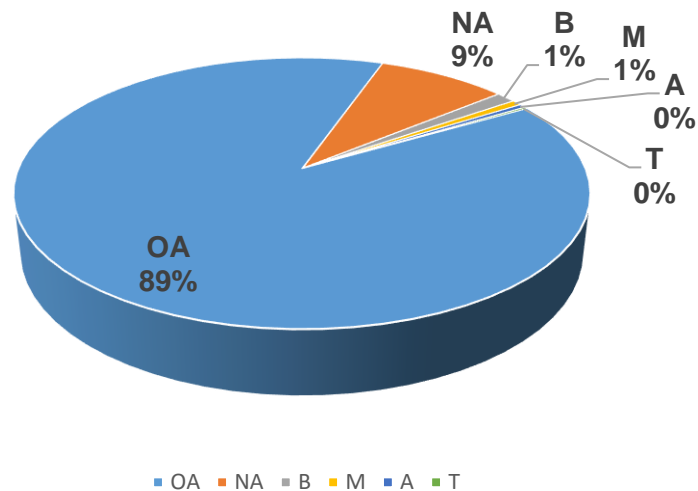
Zloženie dopravného prúdu - ranná špička



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.7. Kruhový diagram zloženia dopravného prúdu – ranná špička

Zloženie dopravného prúdu - odpoľudňajšia špička



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.8. Kruhový diagram zloženia dopravného prúdu – odpoľudňajšia špička

- V jednotkových vozidlách ranná špička mala hodnotu 2079, špičková štvrt'hodina – 599,6 j.v. a za 4 hodiny 7507,3 j.v.
- V jednotkových vozidlách odpoľudňajšia špička mala hodnotu 2165,7, špičková štvrt'hodina – 611,3 j.v. a za 4 hodiny 6625,3 j.v.
- Za 8 hodín prieskumu sme zaznamenali 14133 j.v. Všetky výsledky sú uvedené v tab. 2.

Tab.2. Výsledná tabuľka zaťaženia križovatky s vyznačením špičkovej hodiny a špičkovej štvrt hodiny. Jednotkové vozidlá

Čas.interval	OA	OA+priv	NA-náves	NA+priv.	NA	B	M	A	T	Spolu
6,00-6,15	191	4	69	12	18	0,3	0,5	0	0	294,8
6,15-6,30	257	2	30	16	24	0,6	0,5	2	12	344,1
6,30-6,45	321	2	57	12	24	0,9	1	4	4	425,9
6,45-7,00	388	4	42	8	46	2,4	0	8	8	506,4
7,00-7,15	337	4	72	4	42	0,9	0,5	0	16	476,4
7,15-7,30	338	4	69	4	42	0,9	0,5	4	16	478,4
7,30-7,45	366	6	72	0	40	0,6	1	10	8	503,6
7,45-8,00	413	14	72	0	80	0,6	0	8	12	599,6
8,00-8,15	348	8	66	0	60	0,9	0,5	2	12	497,4
8,15-8,30	285	2	90	12	66	0,6	0	8	8	471,6
8,30-8,45	313	0	57	28	70	1,5	0,5	8	8	486
8,45-9,00	318	6	78	4	52	0,6	0	0	8	466,6
9,00-9,15	312	4	69	4	72	1,2	1	6	20	489,2
9,15-9,30	314	6	93	4	54	0,3	0,5	6	8	485,8
9,30-9,45	290	2	75	20	48	1,5	1	2	8	447,5
9,45-10,00	328	4	102	12	62	1,5	0,5	4	20	534
Σ 6-10	5119	72	1113	140	800	15,3	8	72	168	7507,3
Čas.interval	OA	OA+priv	NA-náves	NA+priv.	NA	B	M	A	T	Spolu
13,45-14,00	329	8	87	0	50	0,6	0,5	4	8	487,1
14,00-14,15	319	14	93	8	38	1,2	0,5	4	28	505,7
14,15-14,30	381	8	69	4	64	0,9	0,5	2	8	537,4
14,30-14,45	355	14	84	24	32	1,2	0,5	8	12	530,7
14,45-15,00	403	4	81	0	48	1,8	1	6	4	548,8
15,00-15,15	402	14	87	0	22	1,8	1,5	4	4	536,3
15,15-15,30	379	6	81	4	28	1,8	3	2	4	508,8
15,30-15,45	399	8	54	0	22	1,8	4,5	4	16	509,3
15,45-16,00	450	14	75	16	50	1,8	0,5	4	0	611,3
16,00-16,15	378	6	42	8	22	3,3	0,5	2	0	461,8
16,15-16,30	347	14	78	0	34	2,4	0,5	2	12	489,9
16,30-16,45	314	8	69	8	24	1,5	2	0	4	430,5
16,45-17,00	344	6	60	4	38	2,7	7	2	4	467,7
Σ 13-17	4800	124	960	76	472	22,8	22,5	44	104	6625,3
Spolu	9919	196	2073	216	1272	38,1	30,5	116	272	14132,6

2. KAPACITNÉ VÝPOČTY RIEŠENEJ KRIŽOVATKY

2.1. Teoretický úvod ku kapacitným výpočtom križovatky

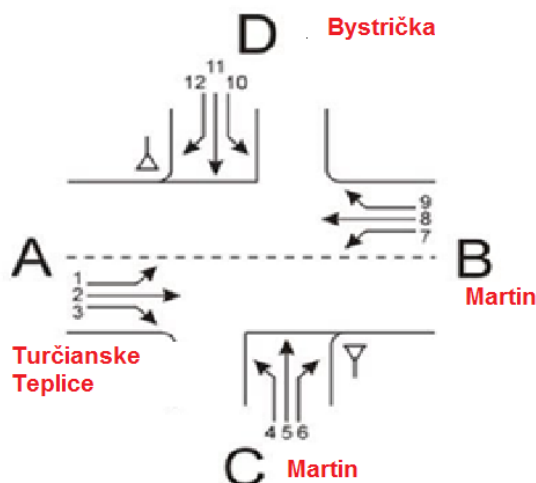
Na výpočet kapacít pozemných komunikácií sme použili Technické podmienky 16/2015. Jednotlivé výpočtové postupy slúžia ako podklady pre dokumentáciu, že posudzovaná križovatka, ktorej doprava nie je riadená svetelným signalizačným zariadením, prepustí očakávané dopravné zaťaženie s pohybom požadovanej kvality. Výpočty vychádzajú z údajov, ktoré boli získané z vykonaného dopravného prieskumu. Presnejšie sa budeme zaoberať hodnotami zo zaťaženia križovatky počas intervalu špičkovej hodiny v jednotkových vozidlách.

Na križovatkách sa musí prednosť v jazde jednoznačne určiť pomocou zvislých dopravných značiek. Priepustnosť týchto križovatiek je približne (600 až 800) voz/h. Vo výpočtoch nie sú zohľadňovaní chodci a cyklisti. [2]

Skutočné dopravné zaťaženie všetkých povolených dopravných pohybov na križovatke predstavuje nevyhnutný predpoklad na použitie ďalej uvedených postupov výpočtu. Je potrebné si zadať stupne dopravných prúdov. V závislosti od povinnosti dávať prednosť v križovatke sú dopravné prúdy v priesečných križovatkách rozdelené do 4 stupňov [2]:

- I. stupeň – nadradené prúdy o priame smery z hlavného smeru, odbočenie vpravo z hlavného smeru
- II. stupeň - raz podriadené prúdy o odbočenie vľavo z hlavného smeru, odbočenie vpravo z vedľajšieho smeru
- III. stupeň – dva razy podriadené prúdy o smer priamo z vedľajšieho smeru
- IV. stupeň – tri razy podriadené prúdy o odbočenie vľavo z vedľajšieho smeru

Grafické znázornenie rozdelenia dopravných prúdov do jednotlivých stupňov sa nachádza na obrázku 9.



Obr. 9. Označenie dopravných prúdov riešenej križovatky

Prameň: TP 16/2015

2.2. Kapacitný výpočet križovatky podľa TP 16/2015

Kapacitný výpočet riešenej križovatky je v nasledujúcich tabuľkách. Základom výpočtu je zistiť stupne kvality dopravného prúdu, ktoré delíme podľa stupňov kvality dopravných prúdov od A po F, ktoré sa určujú podľa priemerného času čakania dopravného prúdu podľa tabuľky 3.

Tab. 3. Prípustné hodnoty času čakania pre jednotlivé stupne kvality dopravy

Stupeň kvality dopravy - QSV		Priemerný čas čakania w [s]
Označenie	Charakteristika doby čakania	
A	Čakacia doba je veľmi krátka	≤ 10
B	Krátka čakacia doba bez vytvárania kolón	≤ 20
C	Prijateľná doba čakania a ojedinele krátke kolóny	≤ 30
D	Stabilný stav s vysokými časovými stratami	≤ 45
E	Nestabilný stav	> 45
F	Prekročená kapacita	--- ¹⁾
1) <i>Stupeň F sa dosahuje len vtedy, ak je stupeň saturácie väčší ako 1</i>		

Jednotlivé stupne kvality znamenajú:

Stupeň A: Väčšia časť účastníkov premávky môže bez ovplyvnenia prejsť križovatkou. Čakacia doba je veľmi krátka.

Stupeň B: Vozidlá na vjazde do križovatky sú čiastočne ovplyvnené. Čakacia doba je krátka.

Stupeň C: Čas čakania je citeľný, ale ešte prijateľný. Vznikajú ojedinelé krátke kolóny.

Stupeň D: Výrazné časové straty. Stav dopravného prúdu je ešte stabilný, aj keď na vjazde vznikajú dočasne výrazné kolóny.

Stupeň E: Tvorí sa kolóna, ktorá sa pri existujúcom zaťažení už neznižuje, preto sú časy čakania veľmi vysoké. Charakteristická je citlivá závislosť, kedy malé zmeny dopravného zaťaženia vyvolajú prudký nárast časových strát.

Stupeň F: Počet vozidiel, ktoré prichádzajú za časovú jednotku ku križovatke je po dlhší čas väčší ako je kapacita vjazdu. Tvorí sa dlhé rady vozidiel, čas čakania sa stáva neúnosným, križovatka je preťažená.

Tab.4. Formulár 2a posúdenie priesečnej križovatky (podľa TP 16/2015)

Geometrické podmienky					Dopravné zaťaženie	
Rameno	Dopravný prúd	Jazdné pruhy		Trojuholníkový ostrovček	q _{Fz} [voz/h]	q _{PE} [j.v./h]
		Počet (0/1/2)	Dĺžka n [j.v.]			
A	1	1	1		14	22
	2				512	651,5
	3		Nie	17	18	
C	4	1	2		19	20
	5				65	69,8
	6			Áno	152	163,5
B	7	1	5		141	150
	8				644	754,5
	9			1	Nie	150
D	10	1	1		70	73,9
	11				55	59,4
	12			Nie	33	36,5

Tab.5. Formulár 2b posúdenie priesečnej križovatky (podľa TP 16/2015)

Kapacita dopravných prúdov prvého stupňa					
Dopravný prúd	Intenzita dopravy q _{PE,i} [j.v./h]	Kapacita C _i [j.v./h]	Stupeň saturácie g _i [-]		
2+3	669,5	1800	0,37		
8+9	901,1	1800	0,5		
Základná kapacita podriadených dopravných prúdov					
Dopravný prúd	Intenzita dopravy q _{PE,i} [j.v./h]	Smerodajné zaťaženie q _{p,i}	Základná kapacita G _i [j.v./h]		
1	22	794	548		
7	150	529	636		
6	163,5	520,5	567		
12	36,5	644	479		
5	69,8	1469,5	148		
11	59,4	1328	178		
4	20	1407,5	156		
10	73,9	1384,5	161		
Kapacita dopravných prúdov druhého stupňa					
Dopravný prúd	Kapacita C _i [j.v./h]	Stupeň saturácie g _i [-]	95 %-kolóna N95 [j.v./h]	Pravdepodobnosť, že nevznikne kolóna	
				p _{0,7} , p _{0,7} * alebo p _{0,7} ** [-]	p _x [-]
1	548	0,04	1	0,69	0,48
7	636	0,24	1	0,69	
6	567	0,29		0,71	
12	479	0,08		0,92	
Kapacita dopravných prúdov tretieho stupňa					
Dopravný prúd	Kapacita C _i [j.v./h]	Stupeň saturácie g _i [-]	Pravdepodobnosť, že nevznikne kolóna		
			p _{0,i} [-]	p _{z,i} [-]	
5	71	0,98	0,02	0,02	
11	85	0,7	0,3	0,23	
Kapacita dopravných prúdov štvrtého stupňa					
Dopravný prúd	Kapacita C _i [j.v./h]	Stupeň saturácie g _i [-]			
4	36	0,56			
10	3	24,63			

Tab.6. Formulár 2c posúdenie priesečnej križovatky (podľa TP 16/2015)

Kapacita zmiešaných prúdov					
Rameno	Čiastkové prúdy	Stupeň saturácie g_i [-]	Možný počet miest na zastavenie n [j.v.]	Intenzita dopravy $\Sigma q_{PE,i}$ [j.v./h]	Kapacita C_m [j.v./h]
A	1	0,04	1	691,5	1687
	2+3	0,37			
C	4	0,56	2	253,3	164
	5	0,98			
	6	0,29			
B	7	0,24	5	1051,1	1420
	8+9	0,5			
D	10	24,63	1	169,8	7
	11	0,7			
	12	0,08			

Posúdenie kvality dopravných prúdov				
Dopravný prúd	Rezerva kapacity R_i a R_m [j.v./h]	Priemerný čas čakania w_i a w_m [s] a/alebo QSV		Porovnanie s požadovanou dobou čakania w
1	526	< 10	A	vyhovuje
7	486	< 10	A	vyhovuje
6	403,5	< 10	A	vyhovuje
12	442,5	< 10	A	vyhovuje
5	1,2	> 45	E	nevyhovuje
11	25,6	> 45	E	nevyhovuje
4	16	> 45	E	nevyhovuje
10	-70,9	-	F	prekročená kapacita
1+(2+3)	995,5	< 10	A	vyhovuje
7+(8+9)	368,9	< 10	A	vyhovuje
4+5+6	-89,3	-	F	prekročená kapacita
10+11+12	-162,8	-	F	prekročená kapacita

Z tabuľky 6 vychádzajú nasledujúce výsledky:

Dopravný prúd 10 zo vstupu D (smer od Bystričky) – odbočenie vľavo intenzita ľavého odbočenia prekračuje kapacitu pruhu a odbočenie vľavo dosahuje stupeň kvality F.

Dopravný prúd 11 zo vstupu D (smer od Bystričky) – priamy smer intenzita priameho smeru dosahuje hraničnú kapacitu pruhu a priamy smer dosahuje stupeň kvality E.

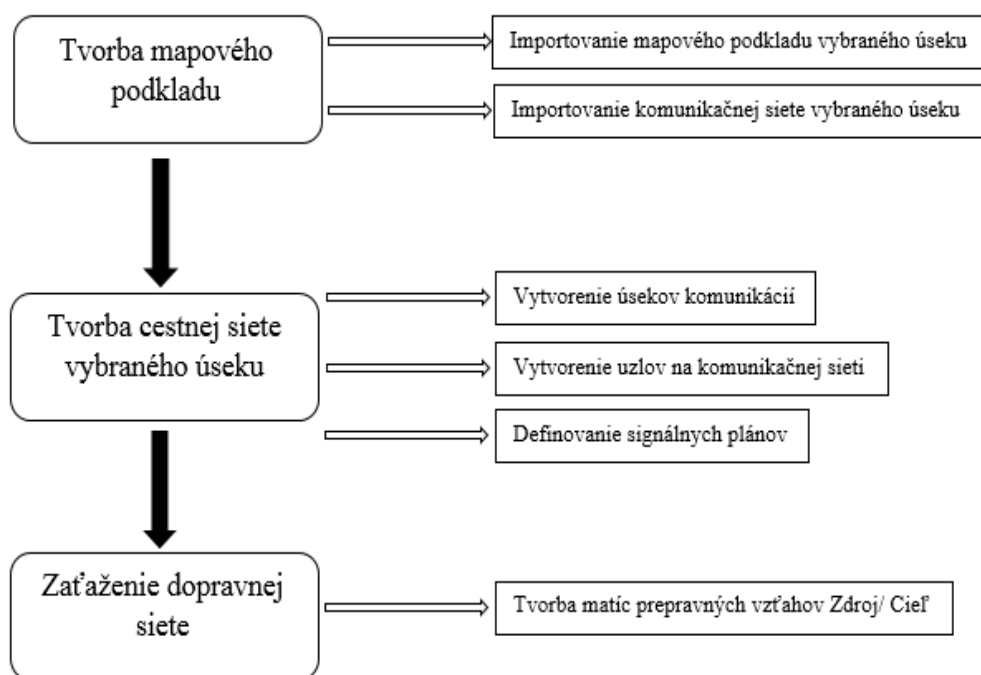
Dopravný prúd 12 zo vstupu D (smer od Bystričky) – odbočenie vpravo dosahuje stupeň kvality A, ktorý je vyhovujúci.

3. MODELOVANIE RIEŠENEJ KRIŽOVATKY

Dopravný model sme vytvorili v programe Aimsun. Aimsun je dopravno- modelovací softvér španielskej spoločnosti TSS – Transport Simulation Systems so sídlom v Barcelone. Umožňuje makroskopickú, mezoskopickú a mikroskopickú simuláciu. V programe Aimsun je možné modelovať rôzne dopravné siete: mestské siete, diaľnice, rýchlostné cesty, obchvaty a ich vzájomné kombinácie. Simulácia v programe Aimsun poskytuje množstvo výstupov, ktoré sú rozdelené do niekoľkých skupín: štatistiky pre celú sieť, štatistiky pre skupinu úsekov, štatistiky pre úseky a odbočenia, štatistiky pre vybranú cestu, štatistiky pre maticu zdroj/cieľ a štatistiky pre verejnú osobnú dopravu. Pre každú skupinu sú generované výstupy ako intenzita, hustota, priemerná rýchlosť, úseková rýchlosť, cestovný čas, čas zdržania, čas státia, počet zastavení, celková ubehnutá vzdialenosť, celkový cestovný čas, spotreba paliva a množstvo vyprodukovaných emisií.[4]

3.1. Tvorba modelu v programe Aimsun

Proces tvorby modelu pozostával z niekoľkých častí. Prvým krokom bolo importovanie mapového podkladu. Následne bola vytvorená cestná sieť, boli zadefinované prepravné prúdy a signálne plány na križovatkách riadených svetelnými signalizačnými zariadeniami. Následnosť krokov tvorby modelu je ilustrovaná na obrázku 10.



Zdroj: spracovanie podľa [4]

Obr. 10. Postup tvorby dopravného modelu

Tvorba mapového podkladu

Prvým krokom tvorby mapového podkladu bolo vložiť komunikačnú sieť vybraného úseku cestnej siete. Komunikačná sieť bola vložená z databázy OpenStreetMap, vďaka čomu bola zachovaná správna mierka. Následne boli vložené obrázky sledovaného územia.

Tvorba cestnej siete vybraného úseku

Prostredníctvom funkcií programu Aimsun boli postupne vytvárané a upravované jednotlivé vstupy do posudzovanej križovatky. Vytvoreným komunikáciám boli upravené šírky jazdných pruhov, usporiadanie jazdných pruhov, taktiež dĺžky jednotlivých úsekov a maximálne povolené rýchlosti.

3.2. Výsledky modelovania

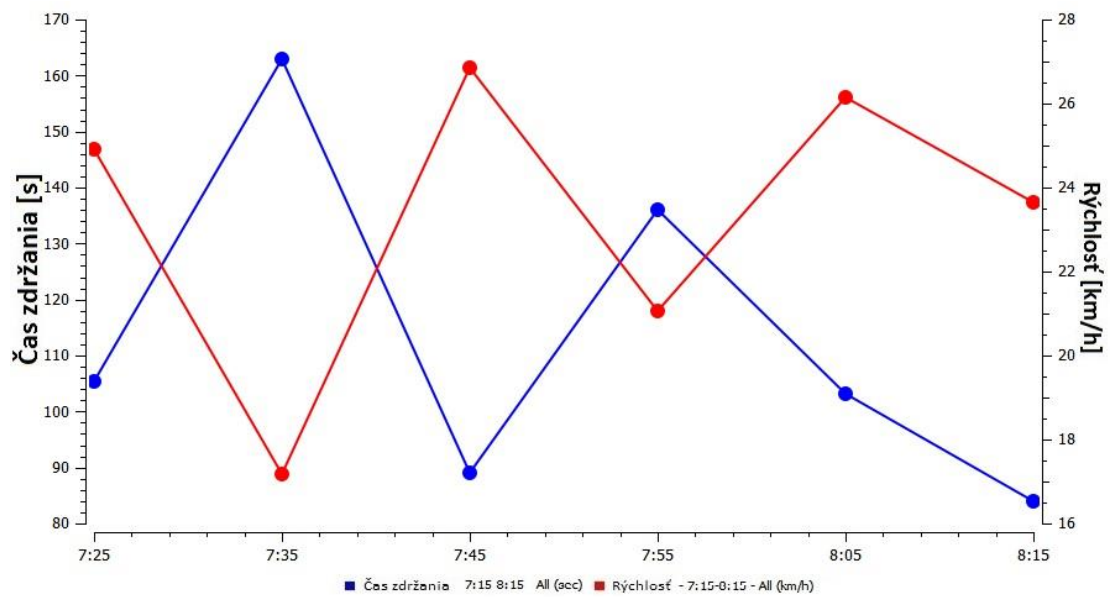
Na základe nameraných špičkových a sedlových hodnôt sme vykonali simuláciu pomocou programu Aimsun. Výsledky pre vstup D (smer od Bystričky) sú v nasledujúcich tabuľkách. Z tabuliek je vidieť, že:

- odbočenie vpravo zo smeru od Bystričky je najmenej problematické. Priemerné zdržanie v rannej špičke je 113,73 s/1 vozidlo a odpoľudňajšej špičke je 65,42 s/1 vozidlo. Sedlové hodiny sú zanedbateľné.
- odbočenie vľavo zo smeru od Bystričky do Martina je veľmi zložitý. Priemerné zdržanie v rannej špičke je 138,04 s/1 vozidlo, dokonca v niektorých intervale okolo 7,55h. je zdržanie až 163,6. Toto sú veľmi vysoké hodnoty zdržania, a preto je potrebné tento smer riešiť. Odpoľudňajšia špička má priemerné zdržanie 84,8 s/1 vozidlo. Sedlové hodiny dosahujú priemerné zdržanie 19,64 s/1 vozidlo.
- Prejazd križovatky priamo zo smeru od Bystričky má priemerné zdržanie v rannej špičke je 121,9 s/1 vozidlo a odpoľudňajšej špičke je 76,97 s/1 vozidlo. V sedlových hodinách dosahuje priemerné zdržanie 18,96 s/1 vozidlo.

Tab.7. Rýchlosť a priemerné zdržania zo smeru Bystrička (výpočet podľa programu Aimsun)

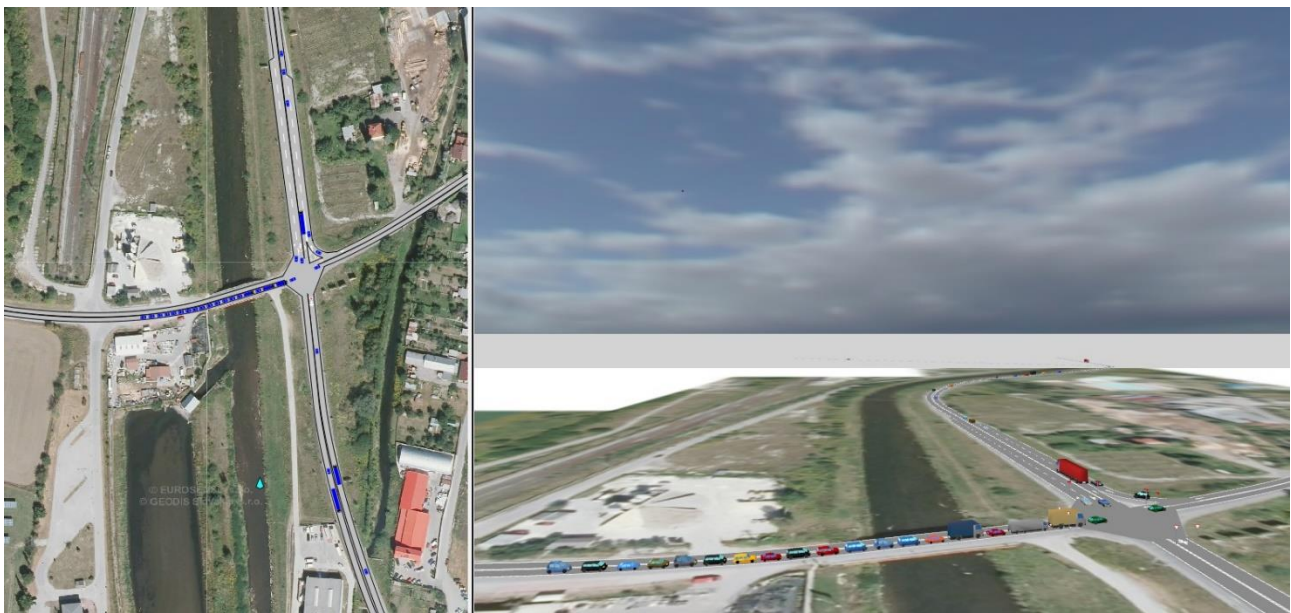
Vstup D - odbočenie vpravo (D - A)			Vstup D - odbočenie vpravo (D - A)			Vstup D - odbočenie vpravo (D - A)		
Ranná špička 7:15 - 8:15			Dopravné sedlo 13:00 - 14:00			Odpoľudňajšia špička 15:00 - 16:00		
Čas simulácie	Čas zdržania [s]	Rýchlosť [km/h]	Čas simulácie	Čas zdržania [s]	Rýchlosť [km/h]	Čas simulácie	Čas zdržania [s]	Rýchlosť [km/h]
7:25:00	105,47	24,92	13:10:00	14,02	39,58	15:10:00	69,12	27,64
7:35:00	162,88	17,19	13:20:00	7,25	43,13	15:20:00	46,6	30,12
7:45:00	89,11	26,84	13:30:00	8,01	43,11	15:30:00	68,36	31,68
7:55:00	136,07	21,06	13:40:00	10,24	41,97	15:40:00	62,05	32,53
8:05:00	103,21	26,14	13:50:00	9,65	42,06	15:50:00	92,97	26,09
8:15:00	83,94	23,64	14:00:00	12,16	40,56	16:00:00	56,36	31,53
Vážený priemer	113,73	23,27	Vážený priemer	10,06	41,83	Vážený priemer	65,42	29,89
Vstup D - odbočenie vľavo (D - B)			Vstup D - odbočenie vľavo (D - B)			Vstup D - odbočenie vľavo (D - B)		
Ranná špička 7:15 - 8:15			Dopravné sedlo 13:00 - 14:00			Odpoľudňajšia špička 15:00 - 16:00		
Čas simulácie	Čas zdržania [s]	Rýchlosť [km/h]	Čas simulácie	Čas zdržania [s]	Rýchlosť [km/h]	Čas simulácie	Čas zdržania [s]	Rýchlosť [km/h]
7:25:00	79,02	26,54	13:10:00	17,45	38,98	15:10:00	81,87	24,56
7:35:00	160,71	18,29	13:20:00	21,47	36,99	15:20:00	59,54	28,39
7:45:00	147,07	21,09	13:30:00	15,78	39,32	15:30:00	86,83	26,94
7:55:00	163,6	19,84	13:40:00	21	37,56	15:40:00	82,33	27,29
8:05:00	154,14	21,92	13:50:00	22,17	37,32	15:50:00	116,64	22,08
8:15:00	105,06	21,53	14:00:00	19,78	38,16	16:00:00	73,42	26,87
Vážený priemer	138,04	21,25	Vážený priemer	19,64	38,03	Vážený priemer	84,8	25,84
Vstup D - priamo (D - C)			Vstup D - priamo (D - C)			Vstup D - priamo (D - C)		
Ranná špička 7:15 - 8:15			Dopravné sedlo 13:00 - 14:00			Odpoľudňajšia špička 15:00 - 16:00		
Čas simulácie	Čas zdržania [s]	Rýchlosť [km/h]	Čas simulácie	Čas zdržania [s]	Rýchlosť [km/h]	Čas simulácie	Čas zdržania [s]	Rýchlosť [km/h]
7:25:00	92,1	23,81	13:10:00	19,32	38,69	15:10:00	84,98	23,65
7:35:00	176,33	16,48	13:20:00	19,9	38,52	15:20:00	55,62	27,74
7:45:00	93,07	24,38	13:30:00	14,6	40,13	15:30:00	93,69	26,86
7:55:00	161,37	19,47	13:40:00	17,34	38,81	15:40:00	69,75	28,53
8:05:00	104,93	24,26	13:50:00	21,07	37,93	15:50:00	84,3	26,44
8:15:00	103,82	21,23	14:00:00	21,18	37,36	16:00:00	72,24	28,39
Vážený priemer	121,9	21,63	Vážený priemer	18,96	38,55	Vážený priemer	76,97	26,79

V nasledujúcich obrázkoch sú graficky znázornené zdržania v rannej a odpoľudňajšej špičke a priemerná rýchlosť, ktorú vozidlá dosahujú. Na obr. 12 je vizualizácia dopravnej situácie odbočenia vľavo zo smeru Bystrička do Martina. Z obrázku sú zrejme dlhé rady vozidiel z vedľajšieho smeru. Sedlové hodiny sú v prílohe 6.



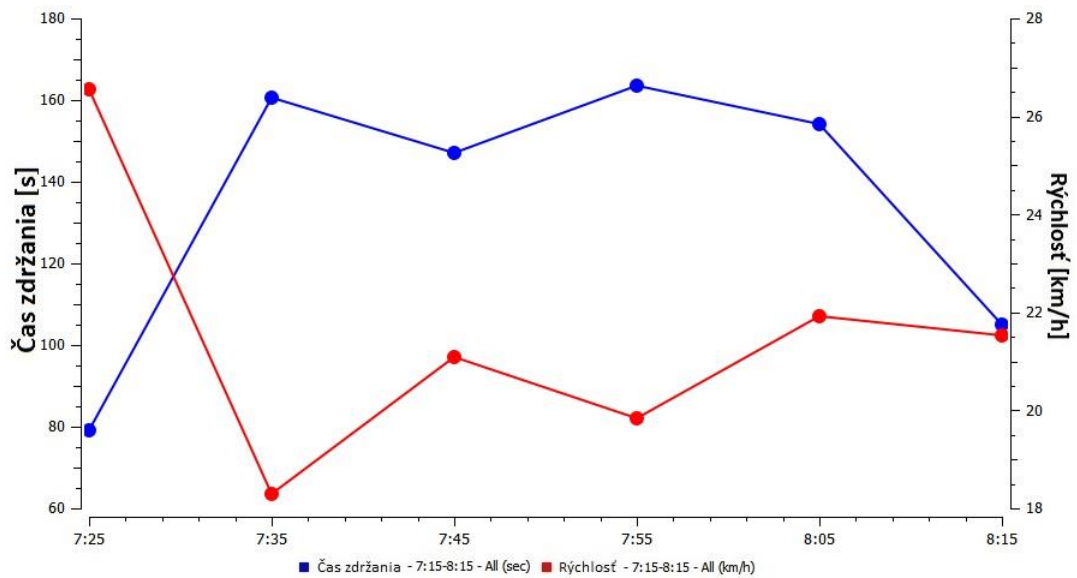
Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 11. Vstup D (smer Bystrička) odbočenie vpravo D – A ranná špička



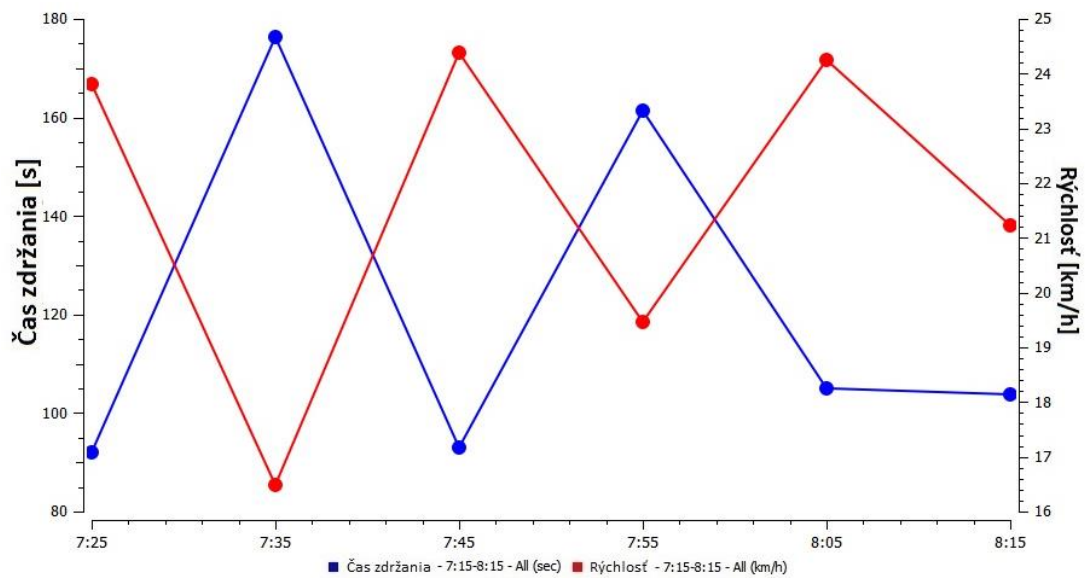
Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 12. Vstup D (smer Bystrička) ranná špička.
Vizualizácia kolóny vozidiel



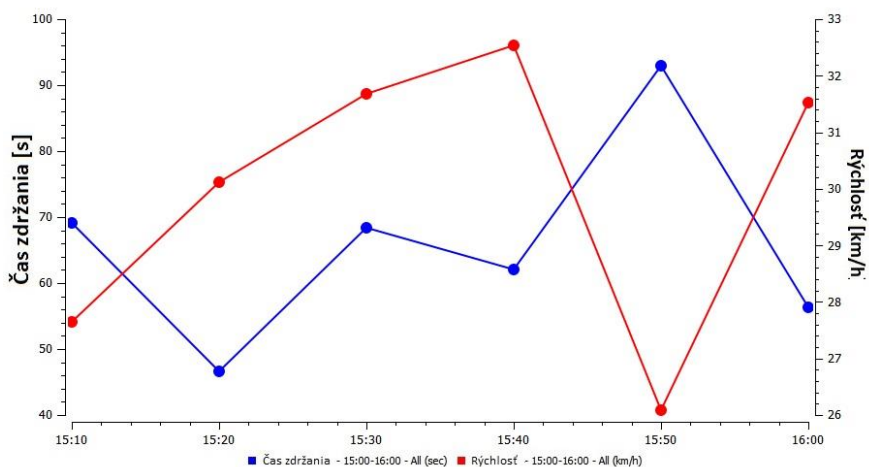
Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 13. Vstup D (smer Bystrička) odbočenie vľavo D – B ranná špička



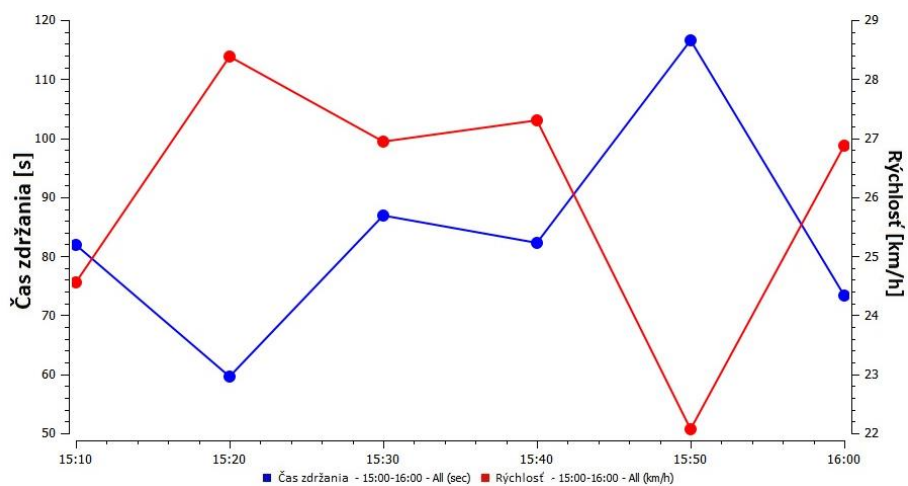
Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 14. Vstup D (smer Bystrička) priamy smer D – C ranná špička



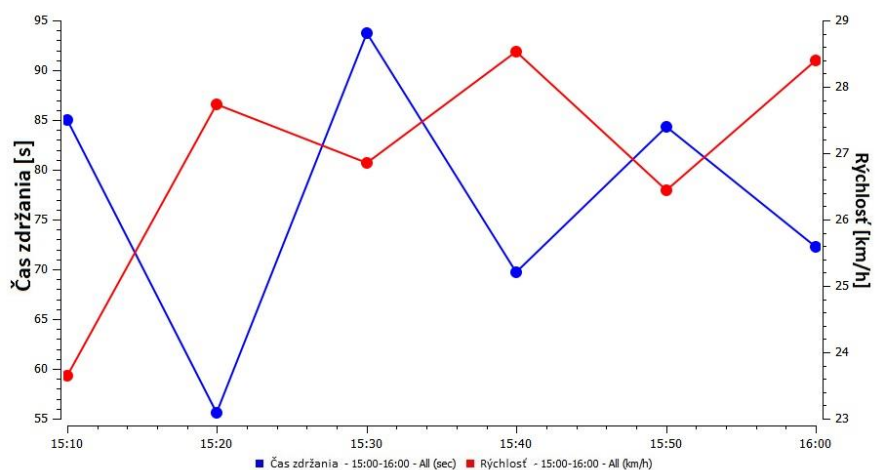
Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 15. Vstup D (smer Bystrička) odbočenie vpravo D – A odpoludňajšia špička



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 16. Vstup D (smer Bystrička) odbočenie vľavo D – B odpoludňajšia špička



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr. 17. Vstup D (smer Bystrička) priamy smer D – C odpoludňajšia špička

4. MOŽNOSTI RIEŠENIA PRE ZVÝŠENIE BEZPEČNOSTI KRIŽOVATKY

Uvedená križovatka je dopravne veľmi nevhodne označená a núti vodičov porušovať dopravné predpisy. Nesprávne je vytvorený a označený zaraďovací pruh vstupu B zo smeru od Martina. Spájanie priameho smeru s ľavým odbočením je veľmi nevhodné. Spájanie priameho smeru s ľavým odbočením je veľmi nevhodné. Pozri obr. 18



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.18. Porušovanie predpisov v priamom smere (do T. Teplíc)

Ďalším problémom sú silné pešie prúdy hlavne v rannej špičke (pozri obr. 19) a pritom na križovatke neexistuje priechod pre chodcov.



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.19. Čakajúci chodci na vstupe D

Na obr. 20 je bielou farbou zakreslené súčasné vodorovné značenie a červenou farbou sme zakreslili nové správne vodorovné značenie tak, aby križovatka bola bezpečná. V súvislosti s týmito zmenami by bolo vhodné znížiť rýchlosť na 50 km/h na hlavnej ceste.



Zdroj: vlastné spracovanie

Obr.20. Súčasné vodorovné značenie a návrh nového na riešenej križovatke

Tieto zmeny vyriešia najväčší problém križovatky a to je vstup D len čiastočne, kde sa skrátia veľké čakacie doby v rannej špičke, kedy je veľké zaťaženie ľavého odbočenia z vedľajšieho smeru (smer Bystrička-Martin). Z kapacitných výpočtov (podľa TP 16/2015) najhorší smer je od Bystričky – odbočenie vľavo do Martina, kde intenzita ľavého odbočenia prekračuje kapacitu pruhu a odbočenie vľavo dosahuje stupeň kvality F. Návrátová špička nie je problematická, pretože vodiči odbočujú z hlavnej cesty doprava.

Možnosti riešenia pre vstup D sú:

1. Celková zmena organizácie dopravy na križovatke.
Riešením je vybudovanie cestnej dopravnej signalizácie s dynamickým riadením v tejto križovatke s cieľom zvýšiť bezpečnosť všetkých účastníkov cestnej premávky, ale hlavne chodcov. Križovatka by bola riadená dynamicky, plnými a smerovými signálmi. Dynamické riadenie vyzerá v princípe tak, že radič križovatky (elektrické zariadenie riadiace signálne obrazy jedného alebo viacerých návestidiel svetelného signalizačného zariadenia) vie o doprave, ktorá sa mu blíži z jednotlivých smerov. Vie o počte vozidiel na jednotlivých vjazdoch do križovatky, vie dokonca aj o chodcoch. Detektor identifikuje automobil a vyhodnotí o aký druh ide. Vyhodnotí:
 - Intenzitu: počet áut za jednotku času.
 - Obsadenosť: podiel obsadenosti detektora.
 - Hustotu: počet áut na jednotku dĺžky.
 - Rýchlosť: dráha, prejdená za jednotku času.

Na základe aktuálnych informácií sa dĺžka zelenej v jednotlivých cykloch mení podľa dennej doby a aktuálnej situácie na križovatke. Len tak je možné zvýšiť priepustnosť nielen hlavných, ale aj vedľajších smerov a naplno využiť kapacitných možností križovatiek. Zelený signál na riadenom priechode pre chodcov cez vstup A by bol spínaný pomocou dopytových tlačidiel, ktoré môžu byť tiež ako vibračné pre nevidiacich a slabozrakých.

Detektory na vedľajších cestách by boli inštalované ako predlžovacie a výzvové. Detektory by boli zabudované na vstupe D a C. Ak sa na vstupe objavia vozidlá, detektory ich zachytia a pošlú informáciu radiču, ktorý situáciu vyhodnotí podľa zadaných podmienok. Ak budú splnené, hlavný smer dostane červenú a vstup D zelenú. Jej dĺžka bude stanovená na základe výpočtov. Zároveň môžu slúžiť na sčítanie dopravného zaťaženia.

2. Dohodnúť sa so súkromníkom a vytvoriť cez križovatku 2 z časti jednosmernú komunikáciu do Martina. Tým by sa odľahčila hlavná križovatka č.1, znížil by sa počet kolíznych bodov a križovatka by bola dopravne jednoduchšia.

Tab.8. Porovnanie časov zdržania – súčasnosť a možné riešenia (výpočet podľa programu Aimsun)

		Čas zdržania [s]								
		Súčasná situácia			Zmena jazdných pruhov na vstupe B			Vybudovanie SSZ		
Vstup	Smer	Ranná špička	Sedlo	Poobedná špička	Ranná špička	Sedlo	Poobedná špička	Ranná špička	Sedlo	Poobedná špička
A	A-B	3,69	2,93	2,97	3,4	2,89	2,85	15,89	12,98	12,49
	A-C	2,35	1,43	1,74	2,09	1,39	1,6	13,31	10,54	10,89
	A-D	7,86	5,26	10,79	5,76	4,82	9,09	21,53	17,33	22,4
B	B-A	12,02	3,59	7,79	5,23	2,82	3,44	14,92	11,18	12,49
	B-C	16,62	9,64	11,92	12,7	9,25	9,77	32,37	20,85	20,96
	B-D	5,97	3,4	3,74	5,86	3,49	3,97	14,51	11,66	12,03
C	C-A	60,41	22,74	60,23	43,17	20,7	39,33	43,5	40,36	38,87
	C-B	13,25	3,85	12,99	6,68	3,81	6,85	8,26	6,28	6,55
	C-D	43,57	12,17	37,18	24,9	10,7	22,96	35,47	33,93	34,19
D	D-A	113,73	10,06	65,42	51,13	10,93	28,91	28,91	27,84	29,44
	D-B	138,04	19,64	84,8	61,94	23,4	48,21	32,21	29,78	29,87
	D-C	121,9	18,96	76,97	63,08	21,66	43,26	31,07	27,85	30,48
Celá križovatka		11,28	20,46	5,58	12,63	5,34	8,31	18,92	14,6	14,94

Na základe vykonaného porovnania jednotlivých možnosti riešenia je možné konštatovať, že vyznačením nového vodorovného značenia na križovatke (pozri obr. 20) je možné dosiahnuť viac ako 50% úspory časov zdržania na vstupe D (smer od Bystričky). Je však potrebné uviesť, že zavedením tohto riešenia nedôjde k takému výraznému zníženiu časov zdržania, pretože už v súčasnosti je jazdný pruh určený na odbočenie vpravo (do Bystričky) využívaný časťou vozidiel ako pruh pre priamy smer (vozidlá smerujúce od Martina na Turčianske Teplice), ktoré obchádzajú vozidlá odbočujúce vľavo. Z hľadiska časov zdržania vypočítaných pre celú posudzovanú križovatku je vidieť, že dôjde len k miernemu zhoršeniu, ktoré je však zanedbateľné oproti prínosom v smere od Bystričky.

V prípade vybudovania cestnej dopravnej signalizácie s dynamickým riadením boli modelom zistené úspory časov zdržania na úrovni takmer 80% na vstupe D (smer od Bystričky). Z porovnania časov zdržania pre celú križovatku vyplýva, že opäť dôjde k nárastu, ktoré je vo výraznej miere ovplyvnené nárastom časov zdržaní na hlavnej ceste (vstup A, B). Avšak uvedený nárast zdržaní na týchto vstupoch je primeraný k dosiahnutým úsporám na vstupoch z vedľajších ciest (vstup C,D).

5. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] KALAŠOVÁ, A. – FAITH, P. – PAĽO, J.: Dopravné inžinierstvo I., Žilinská univerzita v Žiline/EDIS – vydavateľstvo ŽU, ŽILINA, 2006. ISBN 80-8070-6343-4
- [2] TP 16/2015 Výpočet kapacít pozemných komunikácií
- [3] KALAŠOVÁ, A. – ČERNICKÝ, Ľ. – KUPČULJAKOVÁ, J.: Posúdenie vplyvu aktívnej preferencie MHD na dopravu vo vybranej časti mesta Žilina. In Svet dopravy [online]. 2013, vol. 2 (2013) [cit. 2014-01-10]. Dostupné na internete: http://www.svetdopravy.sk/wpcontent/uploads/2012/10/SVET_DOPRAVY_2_2013
- [4] KUBÍKOVÁ, S.: Vplyv inteligentných dopravných systémov na bezpečnosť v cestnej doprave. Dizertačná práca, ŽU v Žiline, 2016.

Prílohy

Príloha č.1

Zát'azové tabuľky pre jednotlivé vstupy – skutočné vozidlá

A	OA	OA+prív	NA-náves	NA+prív.	NA	B	M	A	T	Σ
6,00-6,15	97	2	9	2	6	0	1	0	0	117
6,15-6,30	112	0	5	2	6	0	0	0	2	127
6,30-6,45	153	1	6	1	5	0	1	0	0	167
6,45-7,00	177	1	3	1	9	0	0	0	0	191
7,00-7,15	151	2	8	0	9	0	0	0	0	170
7,15-7,30	134	1	7	0	6	0	1	0	1	150
7,30-7,45	131	3	10	0	5	0	0	0	1	150
7,45-8,00	166	7	10	0	11	0	0	0	1	195
8,00-8,15	132	4	9	0	5	0	1	0	2	153
8,15-8,30	104	1	10	2	7	0	0	0	1	125
8,30-8,45	113	0	9	2	13	1	0	1	0	139
8,45-9,00	127	3	13	1	8	1	0	0	1	154
9,00-9,15	109	1	15	1	8	0	1	1	3	139
9,15-9,30	109	3	16	0	8	0	1	1	0	138
9,30-9,45	110	1	11	4	7	1	0	0	1	135
9,45-10,00	97	2	12	2	9	0	0	1	1	124
Σ 6-10	2022	32	153	18	122	3	6	4	14	2374
13,00-13,15	100	2	14	1	12	1	0	1	0	131
13,15-13,30	100	0	22	1	5	0	0	0	1	129
13,30-13,45	118	0	18	0	6	3	0	0	1	146
13,45-14,00	111	3	8	0	8	0	0	1	2	133
14,00-14,15	94	3	17	2	8	0	0	1	1	126
14,15-14,30	112	2	13	1	15	0	0	1	1	145
14,30-14,45	97	3	5	2	7	0	0	1	1	116
14,45-15,00	120	1	18	0	8	0	2	1	0	150
15,00-15,15	109	3	10	0	9	0	1	0	0	132
15,15-15,30	104	2	15	0	6	0	0	0	0	127
15,30-15,45	103	2	11	0	3	0	4	2	1	126
15,45-16,00	129	1	16	2	9	0	0	1	0	158
16,00-16,15	75	1	6	0	3	0	0	0	0	85
16,15-16,30	110	4	16	0	8	0	0	1	2	141
16,30-16,45	74	2	10	1	8	0	0	0	0	95
16,45-17,00	106	1	13	1	8	0	0	0	0	129
Σ 13-17	1662	30	212	11	123	4	7	10	10	2069

B	OA	OA+priv	NA-náves	NA+priv	NA	B	M	A	T	Σ
6,00-6,15	56	0	14	0	1	0	0	0	0	71
6,15-6,30	103	0	5	1	3	1	1	0	1	115
6,30-6,45	123	0	12	2	1	0	1	0	1	140
6,45-7,00	132	0	10	1	6	0	0	1	0	150
7,00-7,15	116	0	15	1	8	0	0	0	1	141
7,15-7,30	139	0	16	1	9	0	0	0	2	167
7,30-7,45	143	0	14	0	8	0	1	2	1	169
7,45-8,00	159	0	14	0	14	0	0	3	1	191
8,00-8,15	131	0	13	0	8	0	0	0	0	152
8,15-8,30	117	0	19	1	6	0	0	3	1	147
8,30-8,45	133	0	10	5	10	0	0	2	1	161
8,45-9,00	128	0	13	0	12	0	0	0	0	153
9,00-9,15	134	0	7	0	13	0	0	0	0	154
9,15-9,30	141	0	15	1	8	0	0	1	0	166
9,30-9,45	114	0	14	1	11	0	0	0	0	140
9,45-10,00	151	0	22	1	10	2	0	1	0	187
Σ 6-10	2020	0	213	15	128	3	3	13	9	2404
13,00-13,15	126	0	20	0	12	0	0	0	0	158
13,15-13,30	112	2	11	2	4	0	5	0	0	136
13,30-13,45	116	3	10	1	8	1	0	1	0	140
13,45-14,00	141	1	21	0	7	0	1	1	0	172
14,00-14,15	161	1	12	0	9	0	1	0	1	185
14,15-14,30	193	0	10	0	7	1	1	0	0	212
14,30-14,45	186	0	22	4	7	1	1	2	0	223
14,45-15,00	208	0	7	0	8	3	0	1	0	227
15,00-15,15	204	4	18	0	0	4	1	1	0	232
15,15-15,30	198	0	11	1	6	2	6	0	0	224
15,30-15,45	206	2	7	0	6	2	3	0	0	226
15,45-16,00	224	3	8	2	11	4	1	0	0	253
16,00-16,15	203	0	8	2	3	4	0	0	0	220
16,15-16,30	171	2	9	0	7	4	1	0	0	194
16,30-16,45	176	0	13	1	3	3	4	0	0	200
16,45-17,00	169	0	7	0	8	4	7	0	1	196
Σ 13-17	2794	18	194	13	106	33	32	6	2	3198

C	OA	OA+priv	NA-náves	NA+priv.	NA	B	M	A	T	Σ
6,00-6,15	11	0	0	0	2	0	0	0	0	13
6,15-6,30	16	0	0	0	2	0	0	0	0	18
6,30-6,45	19	0	0	0	2	0	0	2	0	23
6,45-7,00	31	0	0	0	5	2	0	0	2	40
7,00-7,15	33	0	0	0	4	0	1	0	2	40
7,15-7,30	29	0	0	0	6	1	0	1	1	38
7,30-7,45	34	0	0	0	5	0	0	2	0	41
7,45-8,00	45	0	0	0	12	0	0	0	0	57
8,00-8,15	40	0	0	0	13	1	0	1	1	56
8,15-8,30	43	0	0	0	16	0	0	1	0	60
8,30-8,45	37	0	0	0	9	1	1	0	0	48
8,45-9,00	30	0	0	0	3	0	0	0	0	33
9,00-9,15	40	0	0	0	15	3	0	1	2	61
9,15-9,30	34	0	0	0	9	0	0	1	0	44
9,30-9,45	49	0	0	0	4	4	1	0	0	58
9,45-10,00	47	0	0	0	12	1	0	0	3	63
Σ 6-10	538	0	0	0	119	13	3	9	11	693
13,00-13,15	36	1	0	0	3	0	0	0	1	41
13,15-13,30	45	1	0	0	7	0	0	0	1	54
13,30-13,45	37	2	1	0	6	1	0	1	0	48
13,45-14,00	39	0	0	0	8	2	0	0	0	49
14,00-14,15	29	2	0	0	2	2	0	0	3	38
14,15-14,30	42	2	0	0	10	1	0	0	1	56
14,30-14,45	52	3	0	0	2	1	0	1	0	59
14,45-15,00	53	0	1	0	7	1	0	1	1	64
15,00-15,15	51	0	0	0	0	1	1	0	1	54
15,15-15,30	51	1	1	0	1	4	0	1	0	59
15,30-15,45	52	0	0	0	1	1	0	0	2	56
15,45-16,00	60	2	0	0	5	0	0	0	0	67
16,00-16,15	63	2	0	0	4	2	0	1	0	72
16,15-16,30	51	1	0	0	2	1	0	0	0	55
16,30-16,45	38	1	0	0	1	2	0	0	0	42
16,45-17,00	40	1	0	0	3	2	7	0	0	53
Σ 13-17	739	19	3	0	62	21	8	5	10	867

D	OA	OA+priv	NA-náves	NA+priv	NA	B	M	A	T	å
6,00-6,15	27	0	0	1	0	1	0	0	0	29
6,15-6,30	26	1	0	1	1	1	0	1	0	31
6,30-6,45	26	0	1	0	4	3	0	0	0	34
6,45-7,00	48	1	1	0	3	6	0	3	0	62
7,00-7,15	37	0	1	0	0	3	0	0	1	42
7,15-7,30	36	1	0	0	0	2	0	1	0	40
7,30-7,45	58	0	0	0	2	2	1	1	0	64
7,45-8,00	43	0	0	0	3	2	0	1	1	50
8,00-8,15	45	0	0	0	4	2	0	0	0	51
8,15-8,30	21	0	1	0	4	2	0	0	0	28
8,30-8,45	30	0	0	0	3	3	0	1	1	38
8,45-9,00	33	0	0	0	3	1	0	0	1	38
9,00-9,15	29	1	1	0	0	1	1	1	0	34
9,15-9,30	30	0	0	0	2	1	0	0	2	35
9,30-9,45	17	0	0	0	2	0	1	1	1	22
9,45-10,00	33	0	0	0	0	2	1	0	1	37
å 6-10	539	4	5	2	31	32	4	10	8	635
13,00-13,15	28	0	0	0	3	3	0	0	0	34
13,15-13,30	38	1	1	0	4	3	0	1	0	48
13,30-13,45	26	1	1	0	0	0	0	0	2	30
13,45-14,00	38	0	0	0	2	0	0	0	0	40
14,00-14,15	35	1	2	0	0	2	0	1	2	43
14,15-14,30	34	0	0	0	0	1	0	0	0	35
14,30-14,45	20	1	1	0	0	2	0	0	2	26
14,45-15,00	22	1	1	0	1	2	0	0	0	27
15,00-15,15	38	0	1	0	2	1	0	1	0	43
15,15-15,30	26	0	0	0	1	0	0	0	1	28
15,30-15,45	38	0	0	0	1	3	2	0	1	45
15,45-16,00	37	1	1	0	0	2	0	1	0	42
16,00-16,15	37	0	0	0	1	5	1	0	0	44
16,15-16,30	15	0	1	0	0	3	0	0	1	20
16,30-16,45	26	1	0	0	0	0	0	0	1	28
16,45-17,00	29	1	0	0	0	3	0	1	0	34
å 13-17	487	8	9	0	15	30	3	5	10	567

Príloha č.2

Rozloženie dopravy podľa vstupov – skutočné vozidlá

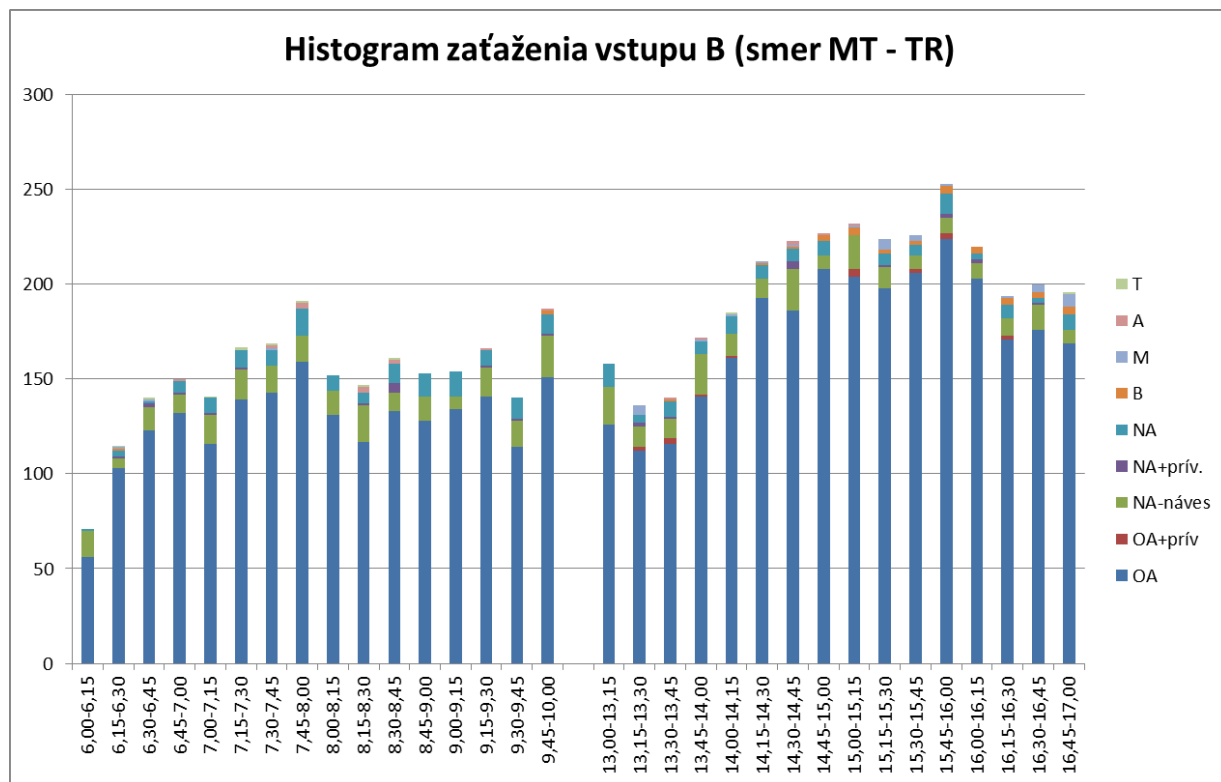
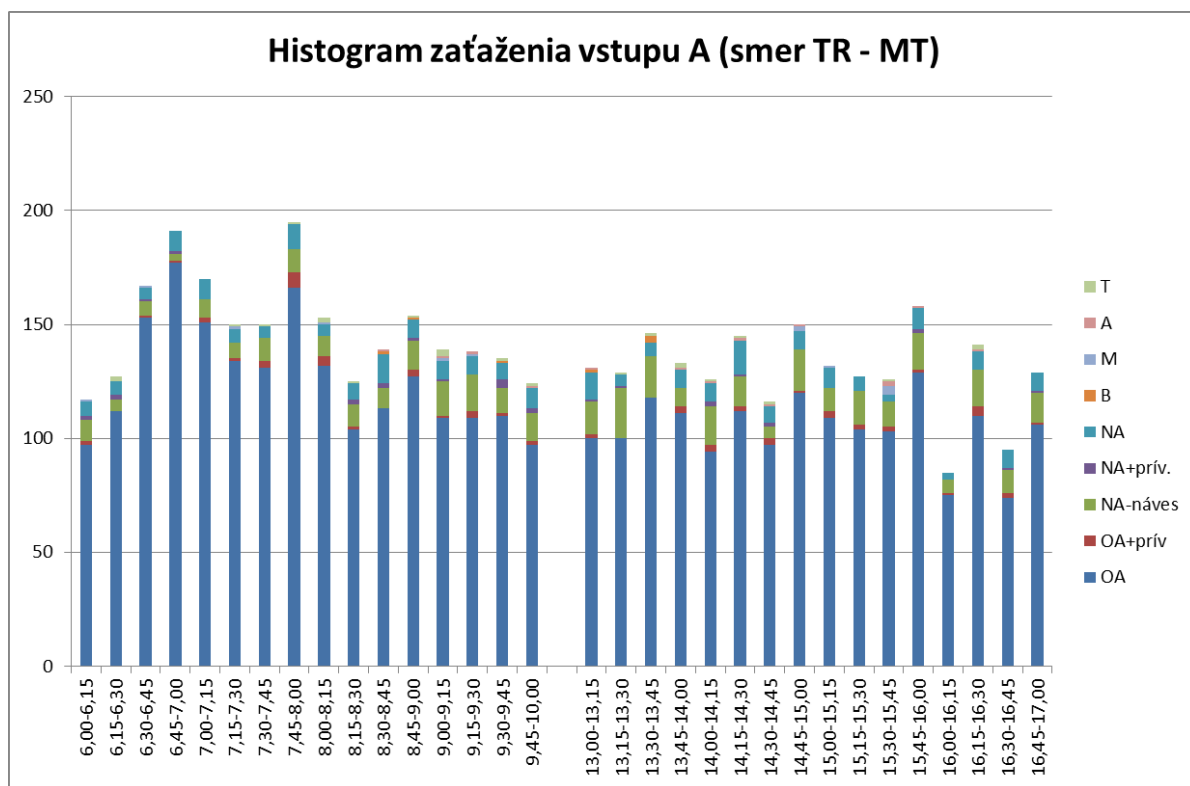
Vstup A	Vľavo (A-D)						Priamo (A-B)						Vpravo (A-C)						Spolu vpravo			
	OA+priv		NA+priv.		NA		OA+priv		NA+priv.		NA		OA+priv		NA+priv.		NA					
	OA	A	OA	A	B	M	A	T	OA	A	B	M	A	T	OA	A	B	M		A	T	
6.00-6.15	4		89	2	9	2	6	1	109						4						4	
6.15-6.30	3		106		5	2	6	2	121						3						3	
6.30-6.45	8		140	1	6	1	5	1	154						5						5	
6.45-7.00	5		154	1	3	1	8		167						18						19	
7.00-7.15	5		137	2	8				156						9						9	
7.15-7.30	3		126	1	7				141						5						6	
7.30-7.45	1		124	3	10				142						4						4	
7.45-8.00	3		155	6	9				180						8						12	
8.00-8.15	4	1	122	3	9				140						6						6	
8.15-8.30	2		98		10	2	6	1	116						4						5	
8.30-8.45	2		106		9	2	13	1	132						5						5	
8.45-9.00	1		120	3	13	1	7	1	145						6						7	
9.00-9.15	5		98	1	15	1	7	1	124						6						8	
9.15-9.30	3		102	3	16				131						4						4	
9.30-9.45	2		97	1	11	4	7	1	121						11						11	
9.45-10.00	0		92	1	12	1	8	1	116						5						8	
Σ 6-10	53	1	1866	28	152	17	114	1	2195						103	3	1	1	7	0	1	116
13.00-13.15	2		94	2	14	1	11	1	124						4						4	
13.15-13.30	1		95		22	1	4		123						4						5	
13.30-13.45	1		114		18		5	3	140						3						3	
13.45-14.00	5		103	3	7		7		122						3						5	
14.00-14.15	4		87	3	16	2	7		117						3						3	
14.15-14.30	5		103	2	13	1	11		132						4						7	
14.30-14.45	1		89	2	5	2	7		106						7						8	
14.45-15.00	4		115	1	18		8		145						1						1	
15.00-15.15	3		100	3	9		8	1	121						6						7	
15.15-15.30	1		100	1	15		6		122						4						4	
15.30-15.45	3		98	1	11		2	4	118						2						2	
15.45-16.00	3		122	1	16	2	9		151						4						4	
16.00-16.15	3		64	1	6		3		74						8						8	
16.15-16.30	7		97	3	16		8		126						6						7	
16.30-16.45	2		72	2	10	1	8		93						3						0	
16.45-17.00	3		100	1	12	1	5		119						3						7	
Σ 13-17	47	2	1553	26	208	11	109	4	1933						62	2	2	0	9	0	0	75
Spolu	100	3	3419	54	360	28	223	5	4128						165	5	3	1	16	0	0	191

Vstup C	Vlavo (C-A)						Priamo (C-D)						Vpravo (C-B)						Spolu vpravo						
	OA		OA+privNA-návesNA+priv.		NA		OA		OA+privNA-návesNA+priv.		NA		OA		OA+privNA-návesNA+priv.		NA								
	A	T	B	M	A	T	B	M	A	T	B	M	A	T	B	M	A	T							
6,00-6,15		0																	11						
6,15-6,30		0																	13						
6,30-6,45	1	7																	13						
6,45-7,00		8																	29						
7,00-7,15		2																	24						
7,15-7,30	2	9																	23						
7,30-7,45	1	7																	30						
7,45-8,00	3	5																	44						
8,00-8,15	3	6																	30						
8,15-8,30	4	4																	46						
8,30-8,45	2	11																	30						
8,45-9,00	4	8																	21						
9,00-9,15	3	7																	35						
9,15-9,30	2	4																	32						
9,30-9,45	7	12																	32						
9,45-10,00	3	5																	40						
Σ 6-10	37	0	0	16	0	0	0	0	0	0	29	12	2	6	3	184	0	0	74	1	1	3	5	453	
13,00-13,15	5	8																		27					
13,15-13,30	4	5																		33					
13,30-13,45	3	6																		34					
13,45-14,00		7																		38					
14,00-14,15	2	9																		22					
14,15-14,30	2	3																		37					
14,30-14,45	3	10																		28					
14,45-15,00	2	5																		45					
15,00-15,15	5	16																		32					
15,15-15,30	3	4																		35					
15,30-15,45	7	12																		34					
15,45-16,00	3	3																		51					
16,00-16,15	4	11																		53					
16,15-16,30	3	4																		36					
16,30-16,45	4	10																		25					
16,45-17,00	2	3																		37					
Σ 13-17	52	4	0	9	0	0	0	0	0	0	15	18	0	4	5	235	8	3	0	38	3	8	1	5	567
Spolu	89	4	0	25	0	0	0	0	0	0	44	30	2	10	8	419	8	3	0	112	4	9	4	10	1020

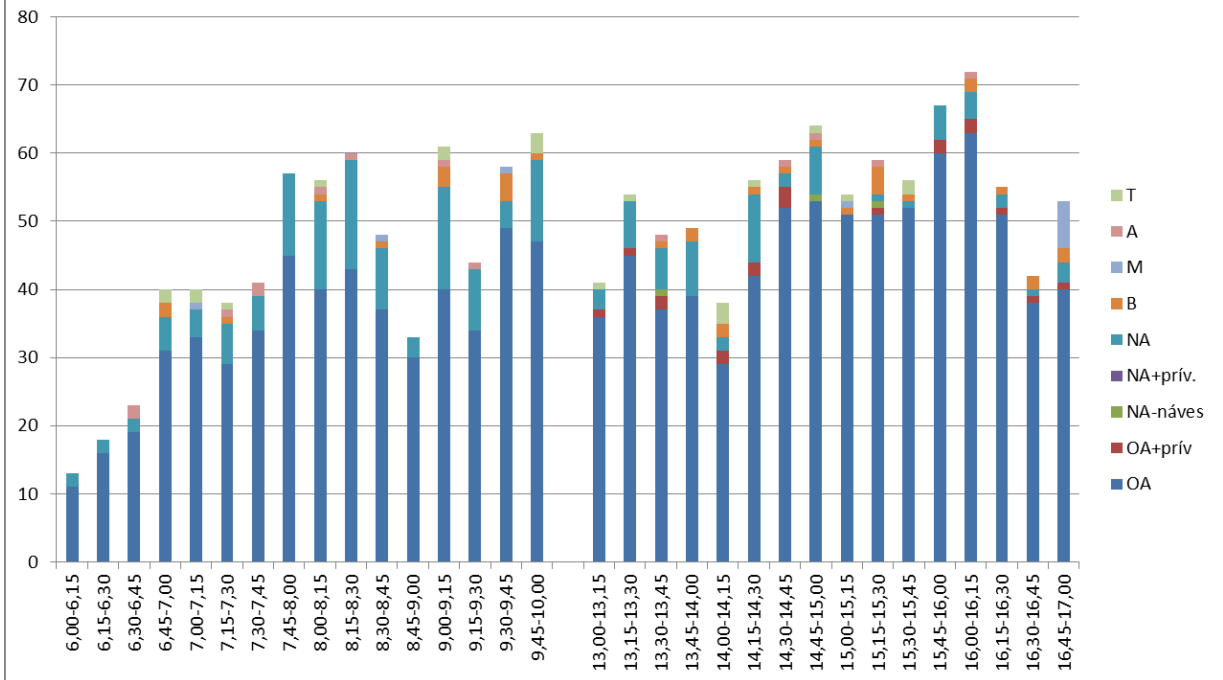
Vstup D	Vstup D											Spolu vpravo																		
	Viavo (D-B) (10)					Priamo (D-C) (11)					Vpravo (D-A) (12)																			
	OA	OA+priv	NA-náves	NA+priv.	NA	B	M	A	T	Spolu viavo	OA		OA+priv	NA-náves	NA+priv.	NA	B	M	A	T	Spolu priamo	OA	OA+priv	NA-náves	NA+priv.	NA	B	M	A	T
6,00-6,15	18			1						19	4				1	1	1			5	5									5
6,15-6,30	12									12	7	1								11	7			1					8	
6,30-6,45	16				3					19	9									12	1				1				3	
6,45-7,00	36	1	1		3	1		1		43	8								15	4									4	
7,00-7,15	21		1					1		23	13								16	3									3	
7,15-7,30	23									23	10								13	3			1						4	
7,30-7,45	34									34	21				2	2	1	1		27	3								3	
7,45-8,00	27				2					29	11				2	2	1			14	5				1				7	
8,00-8,15	26				2					28	10				1	2				13	9				1				10	
8,15-8,30	8		1		3	1				13	10				1	1				12	3								3	
8,30-8,45	14				2					17	15				1	1				17	1								4	
8,45-9,00	20		1			1				23	9									10	4								5	
9,00-9,15	11									14	13									15	5								5	
9,15-9,30	13				1					14	13				1	1				15	4								6	
9,30-9,45	10									12	5				1					8	2								2	
9,45-10,00	19									19	9					2	1			12	5								6	
Σ 6-10	308	2	4	1	19	4	2	1	1	342	167	1	0	0	7	27	2	9	2	215	64	1	1	1	5	1	0	5	78	
13,00-13,15	16				3	2				21	8				1	1				9	4								4	
13,15-13,30	13	1			2	1				17	19				1	2		1		23	6			1					8	
13,30-13,45	9	1								10	9		1							10	8								2	
13,45-14,00	18									18	7				1					8	13				1				14	
14,00-14,15	15									17	10	1								12	10			2					2	
14,15-14,30	15									16	14									14	5								5	
14,30-14,45	10									12	6									7	4			1					7	
14,45-15,00	7		1			1				10	10	1								12	5								5	
15,00-15,15	21				1	1				24	9				1					11	8								8	
15,15-15,30	11									11	9							1		10	6			1					7	
15,30-15,45	19				1	1				21	12									15	7								9	
15,45-16,00	12			1						14	16	1			1	1				19	9								9	
16,00-16,15	17				1	3	1			22	15				1	1				16	5				1				6	
16,15-16,30	7					2				9	7									8	1			1					3	
16,30-16,45	19									19	7									7			1						2	
16,45-17,00	14									15	9					2	1			12	6								7	
Σ 13-17	223	3	3	0	9	17	1	0	0	256	167	3	1	0	3	12	1	5	1	193	97	2	5	0	3	1	1	0	118	
Spolu	531	5	7	1	28	21	3	1	1	598	334	4	1	0	10	39	3	14	3	408	161	3	6	1	8	2	1	0	14	196

Príloha č.3

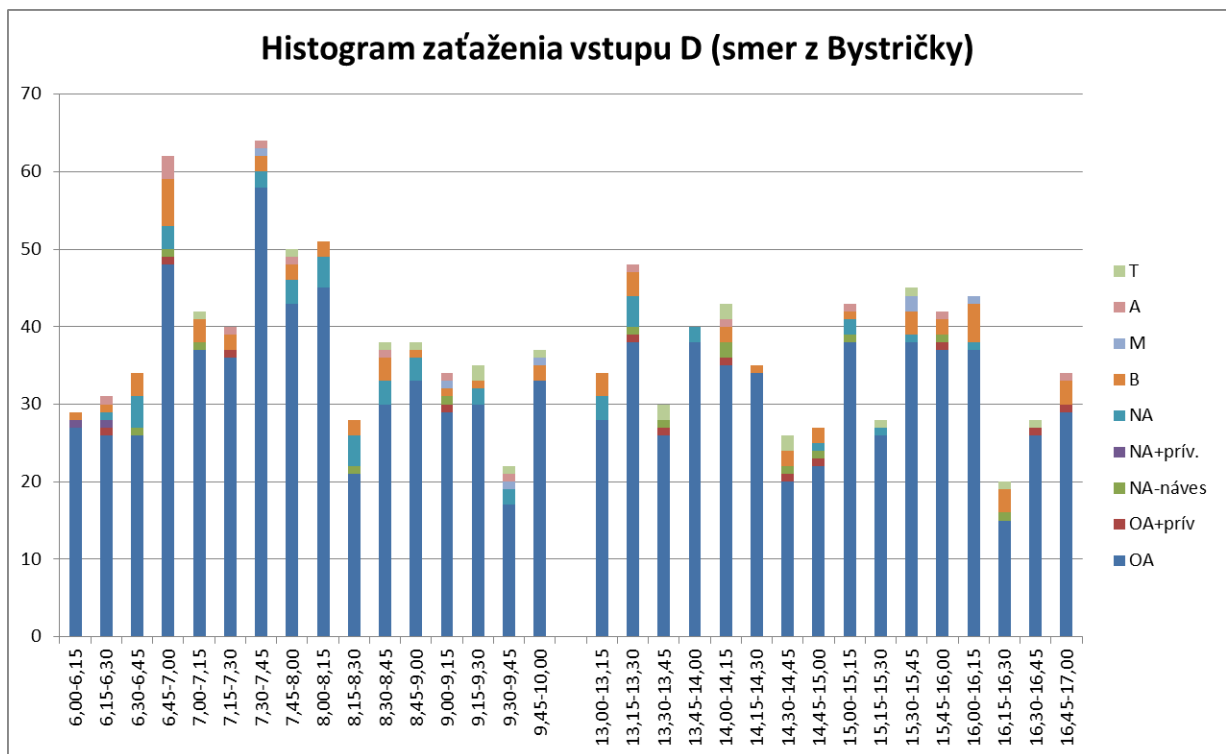
Histogramy zaťaženia jednotlivých vstupov po štvrt' hodinách s členením podľa druhu vozidiel



Histogram zaťaženia vstupu C (smer z Martina)



Histogram zaťaženia vstupu D (smer z Bystričky)



Príloha č.4

Zát'azová tabuľka pre križovatku č.2 v skutočných vozidlách

	Do Bystričky						Spolu vľavo	Do Martina						Spolu priamo
	OA	NA	B	M	A	T		OA	NA	B	M	A	T	
6,00-6,15	2						2	9						9
6,15-6,30	1	1					2	6						6
6,30-6,45	1						1	10	3					13
6,45-7,00	1						1	18	3			1		22
7,00-7,15	2						2	16					1	17
7,15-7,30	1						1	17						17
7,30-7,45	4	2				1	7	24						24
7,45-8,00	3						3	22	1					23
8,00-8,15	3						3	20	2					22
8,15-8,30	2						2	5	2	1				8
8,30-8,45	4						4	8	2	1				11
8,45-9,00	1						1	9	1	1				11
9,00-9,15	5						5	7			1			8
9,15-9,30	5						5	6	1					7
9,30-9,45	3						3	9			1			10
9,45-10,00	5		2				7	9						9
Σ 6-10	43	3	2			1	49	195	15	3	2	1	1	217
13,00-13,15	5	1					6	11	3	1				15
13,15-13,30	2						2	7	1					8
13,30-13,45	5						5	7						7
13,45-14,00	8						8	7						7
14,00-14,15	10						10	10		2				12
14,15-14,30	8		1	1			10	7		1				8
14,30-14,45	9		1				10	6		1				7
14,45-15,00	7		3				10	4		1				5
15,00-15,15	15		4				19	12		1				13
15,15-15,30	11		2				13	6						6
15,30-15,45	12		2				14	15		1				16
15,45-16,00	9		4				13	7		1				8
16,00-16,15	7		4				11	9		3				12
16,15-16,30	4		4				8	4		2				6
16,30-16,45	4		3				7	8						8
16,45-17,00	3		3				6	4		1				5
Σ 13-17	119		31	1			151	124	4	15				143
Spolu	162	3	33	1	0	1	200	319	19	18	2	1	1	360

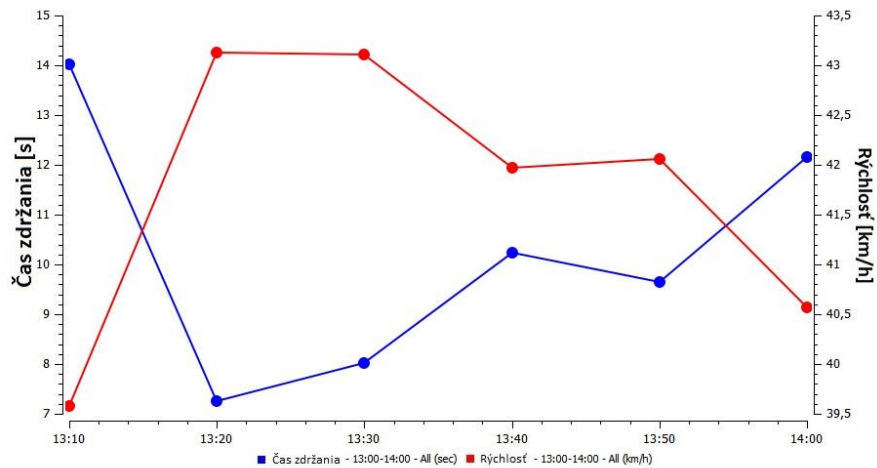
Príloha č.5

Prepočtové koeficienty na j.v. podľa lit.1

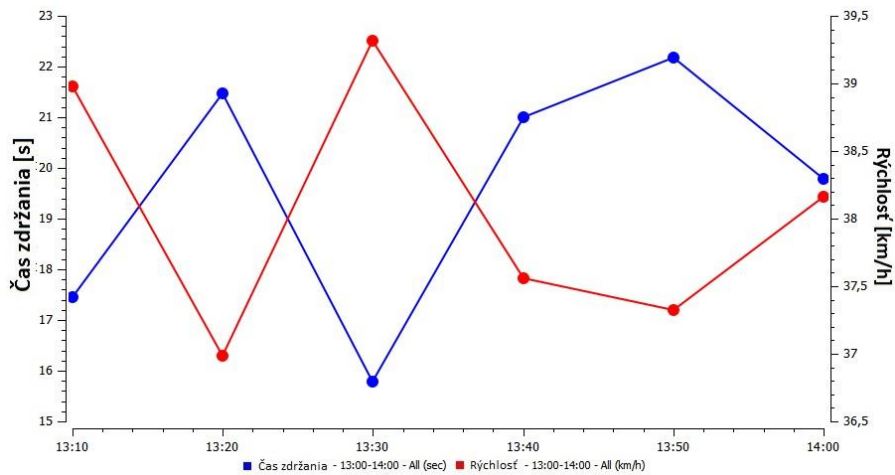
Druh vozidla	označenie	Prepočítavajúci koeficient na j.v.
Bicykel	B	0,3
Motocykel	M	0,5
Osobný automobil	OA	1,0
Nákladné vozidlo (sólo)	Na	2,0
Osobný automobil + príves	OA+P	2,0
Traktor (sólo)	T(sólo)	2,0
Autobus	BUS	2,0
Nákladné vozidlo+ náves	Na+N	3,0
Nákladné vozidlo +príves	Na+P	4,0
Kíbový autobus	Kíb.BUS	4,0
Traktor +príves	T+P	4,0

Príloha č.6

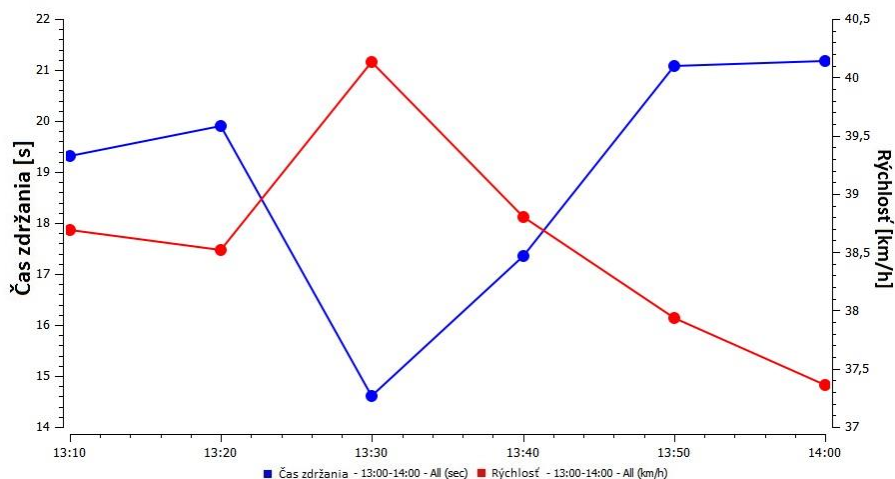
Priebeh rýchlosti a zdržania – výsledky simulácie. Sedlové hodiny



Vstup D (smer Bystrička) odbočenie vpravo D – A Sedlo



Vstup D (smer Bystrička) odbočenie vľavo D – B Sedlo



Vstup D (smer Bystrička) priamy smer D – C Sedlo

Príloha č.7
Čakajúci chodci a vozidlá



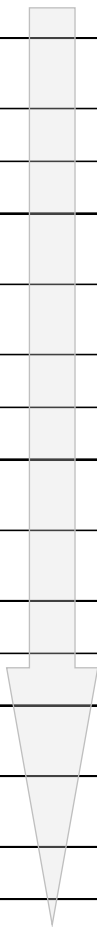
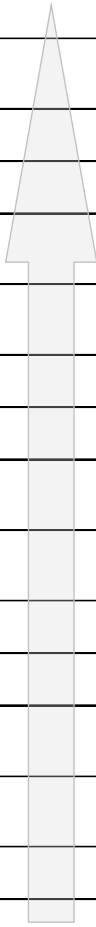
Príloha č.8

Vzor sčítacieho formulára pre križovatku č.1

Sčítanie dopravy na vjazde do križovatky											
Časový interval: od _____ do _____											
Počasie: _____											
Dátum: 2.6.2016 (štvrtok)		Vjazd č.		Odbočenie vľavo		Priamy smer		Odbočenie vpravo		Počasie:	
Druh voz.	Počet	Súčet		Druh voz.	Počet	Súčet		Druh voz.	Počet	Súčet	
		1. štvrťhod.	2. štvrťhod.			1. štvrťhod.	2. štvrťhod.			1. štvrťhod.	2. štvrťhod.
O				O				O			
M				M				M			
NA				NA				NA			
A				A				A			
T				T				T			
B				B				B			
Σ				Σ				Σ			
Legenda:											
O - osobný automobil											
M - motocykel											
NA - nákladný automobil											
A - autobus											
T - traktor, špeciálne vozidlo											
B - bicykel											
Sčítač:											

Príloha č.9

Vzor sčítacieho formulára pre križovatku č.2

Dátum : 2.6.2016 (štvrtok)					
Hodina:					
Čas	Druh	Počet	Súčet	Počet	Súčet
00	O				
	NA				
	A				
	T				
15	O				
	NA				
	A				
	T				
30	O				
	NA				
	A				
	T				
45	O				
	NA				
	A				
	T				
60	O				
	NA				
	A				
	T				
Legenda : O - osobný automobil					
NA - nákladný automobil					
A - autobus					
T - traktor, špeciálne vozidlo					