



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Vojtěch Janků

**ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI NA ŽELEZNIČNÍCH
PŘEJEZDECH PŘILEHLÝCH KE KŘIŽOVATKÁM PK**

**Safety improvement at level crossings
adjacent to the road intersections**

Diplomová práce

2017



K622 Ústav soudního znalectví v dopravě

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Vojtěch Janků

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Zvýšení bezpečnosti na železničních přejezdech
přilehlých ke křižovatkám PK**

Název tématu (anglicky): **Improvement of Safety at Level Crossings Adjacent to the
Road Intersections**

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Analýza rizik na přejezdech přilehlých ke křižovatkám PK
- Přehled rizikových přejezdů na síti SŽDC
- Návrh možných řešení - dopravně-organizačních a stavebních
- Koordinované řízení provozu
- Studie vybraných přejezdů s aplikací navrhnutých řešení






- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího DP
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Šachl, J., Šachl, J., (ml.), Schmidt, D., Mičunek, T., Frydrýn, M.: Analýza nehod v silničním provozu, Praha, 2008

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Drahomír Schmidt, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **25. června 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.  
vedoucí prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
Ústavu soudního znalectví v dopravě děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Vojtěch Janků
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 13. června 2017

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji doc. Ing. Drahomíru Schmidtovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia.

V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.


Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 30. listopadu 2017


.....Podpis.....
Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI NA ŽELEZNIČNÍCH PŘEJEZDECH PŘILEHLÝCH KE KŘIŽOVATKÁM PK

diplomová práce
listopad 2017
Vojtěch Janků

ABSTRAKT:

Předmětem diplomové práce je nalezení všech rizikových faktorů na přejezdech přilehlých ke křižovatkám pozemních komunikací a navržení možných opatření vedoucích ke zvýšení bezpečnosti silniční i drážní dopravy na těchto specificky lokalizovaných přejezdech. Opatření ke zvýšení bezpečnosti na rizikových přejezdech jsou navržena ve formě dopravně-organizačních, stavebních či technologických úprav v podobě koordinace silničních a drážních zabezpečovacích či řídicích zařízení. V rámci práce je zpracován pasport všech rizikových přejezdů nacházejících se na železniční síti Správy železniční dopravní cesty (SŽDC). V závěru práce jsou různá opatření aplikována na konkrétní železniční přejezdy na síti SŽDC.

KLÍČOVÁ SLOVA:

železniční přejezd, úroňové křížení, přejezdové zabezpečovací zařízení, křižovatka, zvýšení bezpečnosti, světelné signalizační zařízení, nehodovost, koordinace

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

SAFETY IMPROVEMENT AT LEVEL CROSSINGS
ADJACENT TO THE ROAD INTERSECTION

Master's thesis
November 2017
Vojtěch Janků

ABSTRACT:

The aim of the master's thesis is to find all the risk factors at level crossings adjacent to the road intersection and to propose all possible measures leading to the increase of the road and rail safety at these specific level crossings. Measures to increase safety at risk level crossings are designed in the form of traffic-organizational, construction or technological adjustments in the form of coordination of road and rail warning or control devices. In the framework of the work, a list of all the risk crossings located on the railway network of administrator of Czech railways (SŽDC) is elaborated. At the end of the work, various measures are applied to specific rail crossings on the SŽDC network.

KEY WORDS:

level crossing, warning devices at level crossings, road intersection, safety improvement, traffic light, accident rate, coordination

Seznam použitých zkratk a značek

Seznam použitých zkratk

CSD	celostátní sčítání dopravy
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma
DIČR	Drážní inspekce České republiky
JDVM	Jednotná dopravní vektorová mapa
KJŘ	Knižní jízdní řád SŽDC
MK	místní komunikace
PK	pozemní komunikace
PZM	mechanické přejezdové zabezpečovací zařízení
PZS	světelné přejezdové zabezpečovací zařízení
PZZ	přejezdové zabezpečovací zařízení
R	vlak kategorie „Rychlík“
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic, státní organizace
SDZ	svislé dopravní značení
SSZ	světelné signalizační zařízení
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TP	Technické podmínky
TSK	Technická správa komunikací
ÚK	úcelová komunikace
VDZ	vodorovné dopravní značení

Seznam použitých značek

a_v	stupeň vytižení [-]
C_n	kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h]
d_p	délka pásma přejezdu [m]
d_s	délka nejdelšího silničního vozidla [m]
d_T	délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby [m]
d_z	délka směrodatná pro výpočet předzváněcí doby [m]
G_n	základní kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h]
I_n	intenzita n-tého dopravního proudu [pvoz/h]
I_H	rozhodující intenzita nadřazených proudů [voz/h]
l_r	délka úseku pro zastavení v pruhu pro odbočování vlevo [m]
l_u	délka úseku společného pruhu pro možnost zastavení v rozšířeném vjezdu [m]
L_p	délka přibližovacího úseku [m]

L_{PK}	vzdálenost mezi nebezpečným pásmem přejezdu a místem na křižovatce určeným pro zastavení při dávání přednosti
$N_{95\%}$	délka fronty na vjezdu neřízené křižovatky (95% času během časového intervalu je fronta kratší než udává hodnota $N_{95\%}$, ve zbývajících 5% času se připouští fronta vozidel delší [m])
p_0	pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazených proudů [-]
Rez	rezerva kapacity [pvoz/h]
RPDI	roční průměr denních intenzit [voz/den]
s_P	šířka přejezdu [m]
t_f	následný časový odstup [s]
t_g	kritický časový odstup [s]
t_L	přibližovací doba [s]
t_m	mezičas, tj. doba nutná mezi koncem a začátkem signálů volno pro dva kolizní dopravní proudy
t_v	vyklizovací doba [s]
t_w	střední doba zdržení [s]
t_z	předzváněcí doba [s]
t_{zv}	doba odložení výstrahy PZZ [s]
UKD	úroveň kvality dopravy [-]
$v_{85\%}$	rychlostní charakteristika dopravního proudu, která vyjadřuje rychlost, kterou nepřekračuje 85% vozidel [km/h]

Obsah

Seznam použitých zkratk a značek	6
Obsah	8
Úvod	10
1. Přejezdy přilehlé ke křižovatkám PK a jejich rizika	12
1.1. Železniční přejezd	12
1.2. Křižovatka.....	12
1.3. Pravidla silničního provozu na přejezdu.....	13
1.4. Pozemní komunikace.....	13
1.5. Nehodovost na přejezdech	14
1.6. Rizika na přejezdech přilehlých ke křižovatkám	14
1.6.1. Přejezd na vedlejší komunikaci	15
1.6.2. Přejezd na hlavní komunikaci.....	16
2. Rizikové přejezdy na síti SŽDC v ČR	18
2.1. Kategorizace rizik	18
2.2. Rizikové přejezdy na polních a lesních cestách	18
2.3. Statistika počtu rizikových přejezdů na síti SŽDC.....	19
3. Návrhy možných opatření	21
3.1. Rušení přejezdů	21
3.2. Dopravně – organizační opatření.....	22
3.2.1. Úprava dopravního značení	22
3.2.2. Organizace dopravy	24
3.2.3. Záměna hlavní a vedlejší komunikace	27
3.3. Stavební opatření	31
3.3.1. Posun osy komunikace nebo dráhy	32
3.3.2. Přídavné pruhy	32
3.3.3. Kapacita dopravních proudů.....	33
3.3.4. Stanovení střední doby zdržení.....	41
3.3.5. Stanovení délky fronty	42
3.3.6. Porovnání stavebních úprav z hlediska kapacity	42
3.3.7. Rekonstrukce křižovatky v Zubří (stavba ŘSD).....	45
3.3.8. Rekonstrukce křižovatky ve Stříteži nad Bečvou (stavba ŘSD)	48
4. Koordinované řízení dopravy	50
4.1. Kdy je vhodná koordinace řízení dopravy?.....	50
4.2. Přejezdová zabezpečovací zařízení	51
4.2.1. Přejezdy zabezpečené pouze výstražným křížem	52
4.2.2. Přejezdy zabezpečené PZZ	52
4.2.3. Výpočet délek přejezdu	53
4.2.4. Výpočet dob u PZS.....	54
4.2.5. Detekce vlaku	56

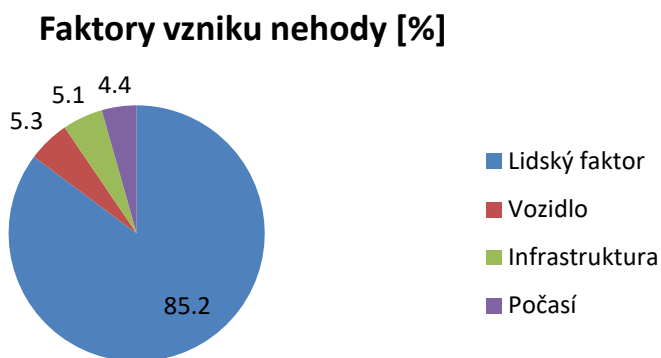
4.3.	Faktory návrhu koordinovaného řízení	56
4.4.	Umístění návěstidla SSZ.....	57
4.4.1.	Umístění návěstidla před přejezdem.....	57
4.4.2.	Umístění návěstidla za přejezdem	58
4.5.	Doba provozu SSZ.....	58
4.6.	Tvorba návrhu koordinovaného řízení	59
4.6.1.	Řízení SSZ umístěným před přejezdem	59
4.6.2.	Řízení SSZ umístěným za přejezdem.....	63
4.7.	Přejezdy s koordinovaným řízením v ČR.....	65
4.7.1.	Tramvajová trať Liberec – Jablonec nad Nisou.....	65
5.	Studie vybraných přejezdů na železniční síti v ČR.....	66
5.1.	Návrh studie přestavby křižovatky v Děčíně	66
5.1.1.	Základní údaje a popis současného stavu	66
5.1.2.	Výchozí podklady.....	67
5.1.3.	Návrh organizace dopravy.....	67
5.2.	Návrh studie přestavby křižovatky v Božíkově.....	68
5.2.1.	Základní údaje a popis současného stavu	68
5.2.2.	Výchozí podklady.....	70
5.2.3.	Situační řešení a návrh organizace dopravy	70
5.2.4.	Návrh řízení pomocí SSZ	71
5.2.5.	Tabulka mezičasů.....	72
5.2.6.	Fázové přechody	73
5.2.7.	Závěr.....	75
5.3.	Návrh studie přestavby křižovatky Špejchar	75
5.3.1.	Základní údaje a popis současného stavu	75
5.3.2.	Výchozí podklady.....	75
5.3.3.	Širší dopravní vztahy	75
5.3.4.	Situační řešení a návrh organizace dopravy	77
5.3.5.	Návrh řízení pomocí SSZ	78
5.3.6.	Závěr.....	79
6.	Závěr	80
	Literatura a zdroje.....	83
	Seznam obrázků.....	84
	Seznam tabulek.....	86
	Seznam příloh	87

Úvod

Železniční přejezdy představují bodová a vysoce riziková nehodová místa na úrovňových kříženích silniční a železniční infrastruktury. Ale i přes relativně vysoký stupeň zabezpečení těchto míst dochází na přejezdech k vysokému počtu závažných nehod mezi účastníky silniční dopravy a vozidly drážní dopravy.

Ve všeobecné povědomosti veřejnosti či médií je případná nehoda silničního vozidla a vlaku vnímána jako jasná situace, kdy za danou nehodu na přejezdu může v 99 % řidič silničního vozidla. Proti viníkovi - řidiči - jednoznačně stojí strohé paragrafy zákona o silničním provozu a z těchto odstavců jasně plyne, že přehlédnutí světelné či zvukové výstrahy (úmyslné či neúmyslné) je tvrdě trestáno, a to ve většině případů hmotnou škodou, finanční pokutou, lehkým či těžkým zraněním nebo dokonce v některých případech smrtí účastníků silničního provozu nebo lidí jedoucích ve vlaku. V tuto chvíli je záhodno si položit otázku. Je opravdu v dokázaných případech, kdy je viníkem určen řidič silničního vozidla, stoprocentní jistota, že za nehodu může pouze a jenom řidič?

Základ dopravního systému a pohybu v něm je tvořen vzájemnou interakcí mezi řidičem, vozidlem a prostředím, ve kterém je daný pohyb konán. Případná nehoda je vždy způsobena jedním ze jmenovaných subjektů. Z grafu na obr. č. 1 vyplývá, že opravdu ve většině případů může za vznik nehody lidský faktor, a to z 85,2%.



Obr. 1: Faktory ovlivňující vznik dopravní nehody (zdroj: enhanced.hd.co.uk)

Bohužel ale statistiky nepočítají jako příčiny dopravních nehod například vliv špatného prostorového uspořádání PK, špatnou viditelnost daného přejezdu nebo špatně organizovanou dopravou v okolí přejezdu. Člověk není neomylný a dopravní infrastruktura by měla být ve vztahu ke vjemům člověka samovysvětlující a při selhání schopností člověka (vědomých či nevědomých) i odpouštějící. Proto se tato práce zabývá rizikovými faktory na specifických přejezdech, které mohou vést ke vzniku nehody silničního a drážního vozidla, a to konkrétně na přejezdech přilehlých ke křižovatkám PK.

Téma práce navazuje na autorovu bakalářskou práci „Bezpečnost železničních přejezdů“, která se ve své studii v praktické části věnovala zvýšení bezpečnosti na přejezdu přilehlém ke křižovatce. Tato diplomová práce toto specifické téma rozšiřuje a věnuje se mu v podrobnějších detailech. Motivem k sepsání této práce bylo také nejasné a nic neříkající znění krátkého odstavce v normě ČSN 73 6380 „Železniční přejezdy a přechody“:

„V případě, kdy není možno dosáhnout vzdálenosti přejezdu k hranici křižovatky 10 m, musí se přistoupit k zvláštním dopravním opatřením.“

Tuto strohou větou, ve které není dané dopravní opatření na přilehlé křižovatce nijak specifikováno, se snaží tato práce dále rozšířit, ujasnit a specifikovat.

Snahou a cílem této práce je nalézt veškerá možná rizika a špatná prostorová uspořádání železničních přejezdů v interakci se silniční dopravou a přilehlou křižovatkou. Nalézt je v podobě špatně vyznačeného svislého či vodorovného dopravního značení nebo ve špatně organizované dopravě na přilehlé křižovatce. Cílem této práce je také provést průzkum rizikových přejezdů na území ČR (síti SŽDC) a vytvořit jejich přehledný pasport s ohledem na polohu přejezdu, kategorizaci rizik, typ zabezpečení přejezdu nebo přehled nehodovosti na daném přejezdu mezi silničními a drážními vozidly.

Nejdůležitějším vytyčeným cílem této práce je nalézt taková opatření ve změně svislého či vodorovného dopravního značení, změně organizace dopravy, změně prostorového uspořádání přejezdů a přilehlých křižovatek či změně technologických principů řízení křižovatek, aby k rizikovým a mimořádným událostem na takto nebezpečně uspořádaných přejezdech nedocházelo. Právě minimalizace rizikových faktorů nacházejících se na dopravní infrastruktuře vede k bezpečnému dopravnímu silničnímu i železničnímu provozu. Nutností je také provedení aplikace navržených opatření na konkrétní železniční přejezdy v ČR z důvodu zvýšení bezpečnosti silničního i drážního provozu a z důvodu zvýšení kapacity křižovatek.

Shrnutím se dá napsat, že práce se má soustředit na provedení takových opatření, aby se minimalizovaly lidské chyby v chování na přejezdech. Bohužel, lidská hloupost je někdy opravdu velká a ani sebelepší opatření vedoucí k zabránění mimořádných událostí nezastaví některé jedince před porušením dopravních předpisů. Navržená opatření jsou účelná pouze tehdy, jestliže všichni účastníci silničního a drážního provozu dodržují jeho daná pravidla.

Tato práce může sloužit všem projektantům, správcům silniční i drážní infrastruktury a auditorům bezpečnosti pozemních komunikací k návrhu, rekonstrukci, údržbě a správě pozemních komunikací a drah.

1. Přejezdy přilehlé ke křižovatkám PK a jejich rizika

Předmětem této práce je problematika týkající se opatření na křižovatkách v blízkosti železničních přejezdů. Takové stykové či průsečné křižovatky se nacházejí typicky na komunikacích vedoucích rovnoběžně s přilehlou železniční či tramvajovou tratí (dále jen „*dráhou*“), a na kterou se připojuje komunikace křižující danou trať. Ve většině případů je PK rovnoběžná s danou komunikací vyšší kategorie (I. třídy, případně II. třídy) a PK křižující dráhu a napojující se kolmo na hlavní komunikaci je nižší kategorie (III. třídy nebo ÚK). Většina takových přejezdů se nachází v intravilánu, neboť zde není takový prostor pro umístění křižovatky a železničního přejezdu v normové vzájemné vzdálenosti alespoň 10 m.

1.1. Železniční přejezd

Železniční přejezd je definován zákonem o provozu na pozemních komunikacích č. 361/2000 Sb. („*silniční zákon*“) jako „*místo, kde se úrovnově kříží pozemní komunikace se železnicí, popřípadě s jinou dráhou ležící na samostatném tělese a označené příslušnou dopravní značkou*“ [3]. Zákon o drahách č. 266/1994 Sb. („*dražní zákon*“) § 6 hovoří o železničním přejezdu jako o „*křížení dráhy*“. „*Pokud se železniční dráha kříží s pozemními komunikacemi v úrovni kolejí, musí být křížení označeno a zabezpečeno.*“ [1].

V ČR se nachází k 31. 12. 2016 celkem 7 961 železničních přejezdů. Vlastníkem dráhy v ČR je ve většině případů stát, který v této věci pověřuje správou SŽDC (státní organizaci). Tato organizace je i provozovatelem většiny drah v ČR. Železniční přejezdy tedy vlastní a spravuje vlastník dráhy.

Přednostně by se křížení dráhy a PK mělo řešit mimoúrovňově, nadjezdem či podjezdem. Povolit zřízení úrovnového přejezdu může silniční správní úřad (Ministerstvo dopravy, krajský úřad či obecní úřad) pouze se souhlasem Drážního úřadu a Policie ČR a to v případech, kdy se jedná o přejezd s malým dopravním významem.

1.2. Křižovatka

Křižovatka je místo, v němž se PK protínají nebo spojují, za křižovatkou se nepovažuje vyústění polní či lesní cesty nebo jiné účelové komunikace na jinou PK. Nicméně tato práce se věnuje i takovým případům. Hranice křižovatky je místo vyznačené vodorovnou dopravní značkou „*Příčná čára souvislá*“, „*Příčná čára souvislá se symbolem Dej přednost v jízdě!*“ nebo „*Příčná čára souvislá s nápisem STOP*“, kde taková dopravní značka není, tvoří hranici křižovatky kolmice k ose vozovky v místě, kde pro křižovatkou začíná zakřivení okraje vozovky. Křižovatka s řízeným provozem je křižovatka, na které je provoz řízen světelnými, případně i doprovodnými akustickými signály.

Řidič přijíždějící na křižovatkou po vedlejší pozemní komunikaci označené dopravní značkou „*Dej přednost v jízdě!*“ nebo „*Stůj, dej přednost v jízdě!*“ musí dát přednost v jízdě vozidlům

přijíždějícím po hlavní komunikaci. Nevyplývá-li přednost v jízdě z dopravního značení, musí dát řidič přednost v jízdě vozidlům přijíždějícím zprava.

1.3. Pravidla silničního provozu na přejezdu

Všechna pravidla silničního provozu, včetně chování řidičů na přejezdu, shrnuje silniční zákon č. 361/2000 Sb. Na železničním přejezdu a v těsné blízkosti před železničním přejezdem nesmí řidič silničního vozidla předjíždět, otáčet se, couvat, zastavovat a stát.

Před železničním přejezdem se řidič musí chovat zvláště opatrně a musí se přesvědčit, zda může daný přejezd bezpečně přejet. Vozidla se před železničním přejezdem řadí za sebou v pořadí, ve kterém přijela k přejezdu a smí přejíždět přejezd jen v jednom jízdním proudu. Ve vzdálenosti 50 m před přejezdem a při přejíždění přes přejezd smí vozidlo jet rychlostí nejvýše 30 km/hod. Svítí-li na PZZ daného přejezdu bílé přerušované světlo, smí jet vozidlo 50 m před přejezdem a při přejíždění přejezdu rychlostí nejvýše 50 km/hod. Řidič vozidla nesmí zbytečně prodlužovat dobu přejíždění přejezdu. Zastaví-li řidič silničního vozidla z jakéhokoliv důvodu na železničním přejezdu, musí neprodleně odstavit vozidlo mimo železniční přejezd a nemůže-li tak učinit, zajistí všemi možnými prostředky varování před nebezpečím řidiči drážního vozidla (např. krouživým pohybem jedné ruky). Na přejezdech, kde je použita dopravní značka č. P 6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“, musí řidič zastavit vozidlo na místě, kde má náležitě dobrý výhled na trať.

Řidič nesmí vjíždět na železniční přejezd, je-li dávana výstraha dvěma červenými střídavě přerušovanými světly signálu PZZ. Tento signál je doprovázen přerušovaným zvukovým signálem PZZ. Dále nesmí vjíždět na přejezd, sklápějí-li se nebo zdvihají-li se závory PZZ a nebo je-li vidět nebo slyšet přijíždějící vlak k danému přejezdu. Nedovoluje-li situace za daným přejezdem bezpečné přejetí a opuštění přejezdu, nesmí řidič vozidla na tento přejezd vjíždět.

1.4. Pozemní komunikace

Dle normy ČSN 73 6380 není povoleno zřizovat křížení PK na přejezdu ani v jeho těsné blízkosti. *„Kříží-li se komunikace před přejezdem, musí být při nejbližší přestavbě křižovatky provedeny takové stavební úpravy, aby vzdálenost nejbližší hranice křižovatky od nebezpečného pásma přejezdu, měřená v ose komunikace, byla nejméně 10 m. U nově zřizovaných přejezdů a křižovatek pak nejméně 30 m“ [7]*

V případě, kdy není možno dosáhnout vzdálenosti přejezdu k hranici křižovatky 10 m, musí se přistoupit k zvláštním dopravním opatřením. Silnic s vyloučením motorového provozu ani samostatných sjezdů z PK se stanovení minimální vzdálenosti netýká.

Nové přejezdy se nesmí stavět u hlubokých zářezů trati, tunelových portálů a směrových oblouků o malých poloměrech a nově se také nemá zřizovat přejezd v kolejovém oblouku s převýšením. Vhodné je také současné přejezdy, kde je úhel křížení s komunikací menší než 75° upravit, aby úhel křížení odpovídal nejméně 75°. Podélný sklon komunikace odpovídá výškovému rozdílu

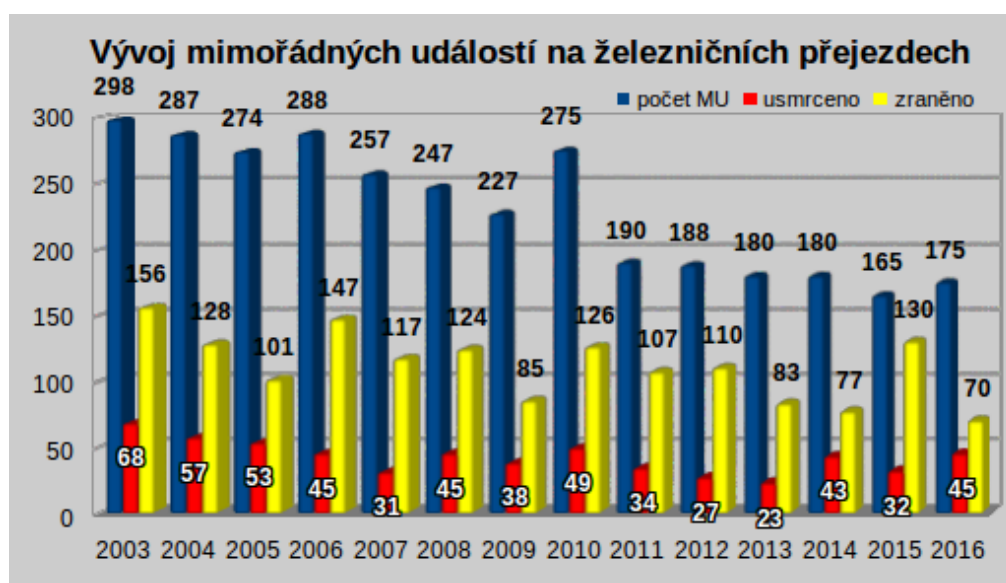
temen kolejnic a přilehlé úseky komunikace mají mít podélný sklon co nejmenší, pokud možno do 3%.

Přejezd musí být opatřen i přejezdovou vozovkou, která musí být rozebíratelná a musí odpovídat zatížení silničním provozem a zajišťovat bezpečnost silniční i drážní dopravy. Přejezdové konstrukce musí být vždy odsouhlaseny provozovatelem dráhy. Niveleta koleje udává příčný sklon přejezdové vozovky na přejezdu.

1.5. Nehodovost na přejezdech

Nehodovost je na přejezdech v ČR oproti vyspělé Evropě velmi vysoká (podíl 3% ze všech nehod) a v současnosti je vnímána jako velký společenský problém. Vznik těchto nehod nemusí být způsoben pouze nekázní řidičů, jak nám sdělovací prostředky převážně tvrdí. Je to i důsledek špatného umístění přejezdu či nedostatečného upozornění řidičů silničních vozidel na blížící se železniční přejezd.

Na železniční síti SŽDC se nacházelo k 31. 12. 2016 na 7 961 přejezdů, a to je relativně velký počet vzhledem k okolním státům s přibližně stejnou rozlohou a délkou sítě. Počet střetnutí na přejezdech v roce 2016 v porovnání s rokem 2015 stoupl o 6 %, nicméně počet usmrcených osob při těchto mimořádných událostech vzrostl o více než 40 %. V roce 2016 docházelo dle statistických výpočtů Drážní inspekce k úmrtí při každém čtvrtém střetnutí. V roce 2015 umírali lidé při střetnutí na přejezdu při každé páté a v roce 2013 dokonce až při každé osmé nehodě.



Obr. 2: Vývoj počtu mimořádných události na přejezdech (zdroj: DIČR)

1.6. Rizika na přejezdech přilehlých ke křižovatkám

Přejezdy přilehlé ke křižovatkám PK jsou velmi nebezpečné z hlediska bezpečnosti silničního provozu. Tato rizika se týkají těch stykových či průsečných úrovnových křižovatek, kdy vedlejší či hlavní komunikace kříží dráhu a za přejezdem se bezprostředně nachází zmíněná křižovatka.

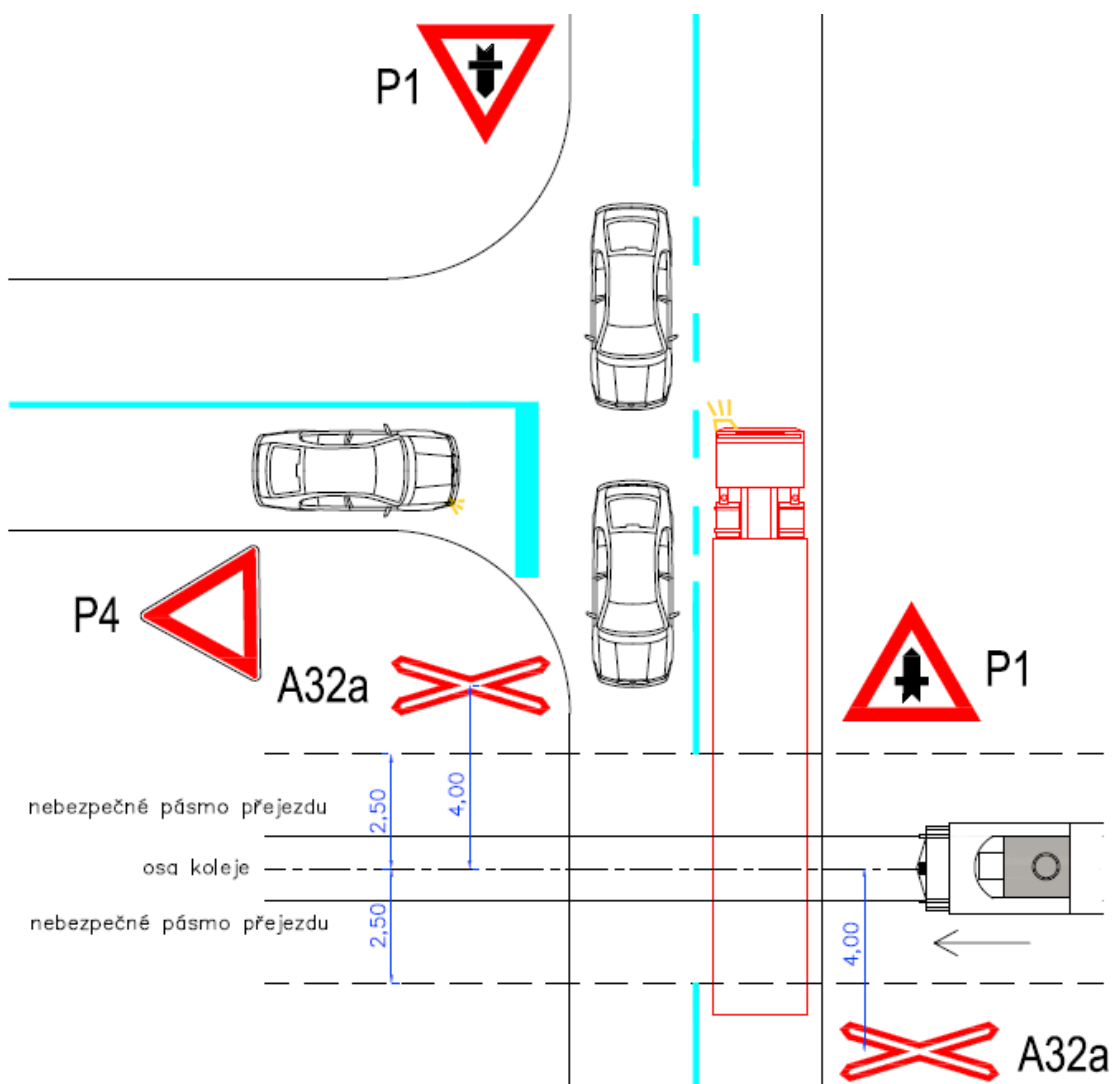
Dané riziko může tvořit kromě fronty několika osobních vozidel i nákladní vozidlo či autobus zasahující do nebezpečného pásma přejezdu nebo blokující provoz na křižovatce (viz obr. 4)



Obr. 4: Nákladní vozidlo zasahuje při dávání přednosti do nebezpečného pásma přejezdu

1.6.2. Přejezd na hlavní komunikaci

Tato situace nastává v případě, kdy dráha kříží hlavní komunikaci a za přejezdem se bezprostředně nachází úrovnňová křižovatka, kde vozidla odbočující vlevo musí dát přednost protijedoucím vozidlům jedoucím po hlavní komunikaci (viz obr. 5).



Obr. 5: Schéma situace stykové křižovatky s přejezdem umístěným na hlavní PK

Výše rizika na daném přejezdu je úzce spjata s intenzitou nadřazených dopravních proudů v křižovatce a z ní vyplývající kapacity křižovatky, délka fronty a střední doba zdržení. Při vysokých intenzitách dopravních proudů je znát podřazenost těch dopravních proudů, které musejí dávat přednost. Jejich délka fronty před křižovatkou či střední doba zdržení se při vysokých intenzitách nadřazených proudů zvyšuje.

Všechny zmíněné situace představují vysoké riziko pro bezpečnost silničního provozu. Pokud by k některé popsané situaci skutečně došlo a účastníci silničního provozu by se chovali podle platné legislativy a pravidel silničního provozu, nehoda drážního vozidla s účastníkem silničního provozu by byla nevyhnutelná, neboť drážní ani silniční vozidlo nemá většinou dostatečný manévrovací prostor k odvrácení nehody. Následky takových nehod jsou ve většině případů tragické, a proto je nutné taková rizika eliminovat pomocí stavebních nebo dopravně-organizačních opatření.

I když vozidlo dávající na křižovatce přednost a zároveň stojící v nebezpečném pásmu přejezdu většinou stihne opustit dané pásmo v rámci vyklizovací doby PZZ, může řidič při spuštění výstrahy PZZ začít zmatkovat a narušit bezpečný provoz na křižovatce předčasným vjezdem do křižovatky. Je tedy zřejmé, že při takové vzájemné topologii křižovatek a přejezdů nehrozí pouze nehoda vlaku a silničního vozidla, ale také vzájemná nehoda dvou či více silničních vozidel. Navrženými opatřeními v dalších kapitolách je nutné také zamezit spuštění výstrahy před bezpečným vyklizením přejezdu, aby řidiči vozidel stojících na přejezdu nezačali zbytečně zmatkovat.

2. Rizikové přejezdy na síti SŽDC v ČR

V rámci této práce byl zpracován pasport přejezdů přilehlých ke křižovatkám s výše popsány riziky. Pasport přejezdů je přiložen k této práci jako příloha č. 1.

2.1. Kategorizace rizik

Ve zpracovaném pasportu a jsou přejezdy barevně rozděleny do tří kategorií rizik:

- 1) **červená** přejezdy umístěné na vedlejší komunikaci
- 2) **oranžová** přejezdy umístěné na hlavní komunikaci
- 3) **zelená** přejezdy, které nesplňují normu ČSN 73 6380 ve stanovené vzdálenosti nebezpečného pásma přejezdu od hranice křižovatky, ale nejsou rizikové z hlediska předešlé kapitoly

Vlastnosti daných rizik byly popsány v předešlé kapitole.

2.2. Rizikové přejezdy na polních a lesních cestách

Nemálo obvyklým jevem v České republice jsou sjezdy polních či lesních cest na přilehlé PK. V nemálo případech se nachází mezi polem či lesem a PK také železniční trať. Vzniká tak velmi složitá situace k navržení opatření. Takové vyústění polní či lesní cesty na jinou komunikaci se ale dle zákona č. 361/2000 (o silničním provozu) nepovažuje za křižovatku [3]. Dle statistiky je počet rizikových přejezdů na polních či lesních cestách v ČR asi 16% ze všech rizikových přejezdů.

Takové polní a lesní cesty se nachází často na velmi směrově a hlavně sklonově náročně vedených cestách. Jezdí po nich hlavně lesnické či zemědělské velmi dlouhé stroje a s případnými velkými intenzitami vozidel na hlavní komunikaci vzniká při dávání přednosti kritická situace možného dlouhého vyklizení přejezdu.

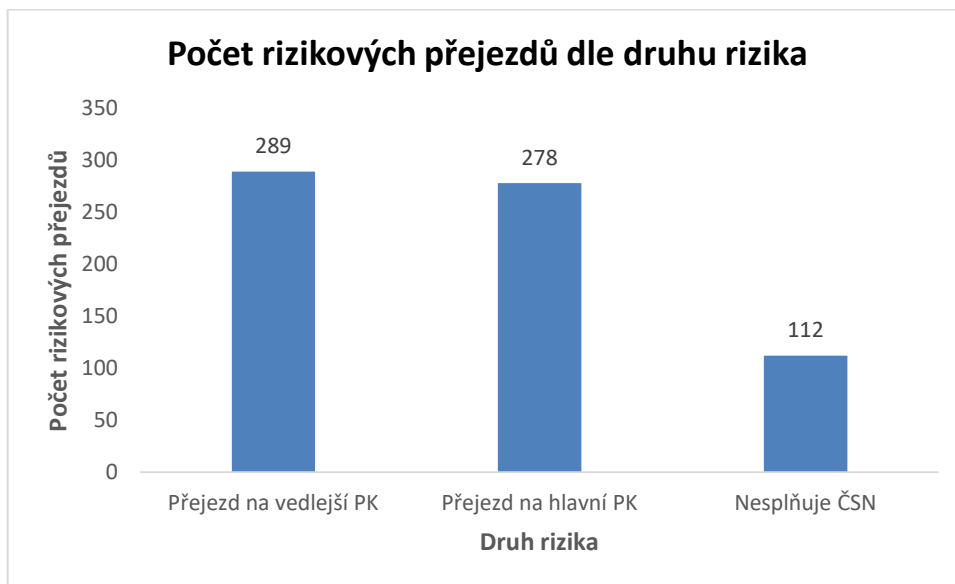
Řešení je možné v dočasném uzavření těchto přejezdů. V případě lesnických či zemědělských prací by se přejezd na ohlášení otevřel a traťová rychlost drážních vozidel přes přejezd by byla momentálně po nezbytně dlouhou dobu snížena na takovou rychlost, aby drážní vozidlo mohlo bezpečně zabrzdit na zábrzdnu a viditelnou vzdálenost. Toto opatření je možné provést pouze na málo zatížených železničních tratích s malou traťovou rychlostí.



Obr. 6: Fotografie přejezdů na polních cestách a přilehlých křižovatkách (přejezdy P0718 - vlevo a P0952 - vpravo)

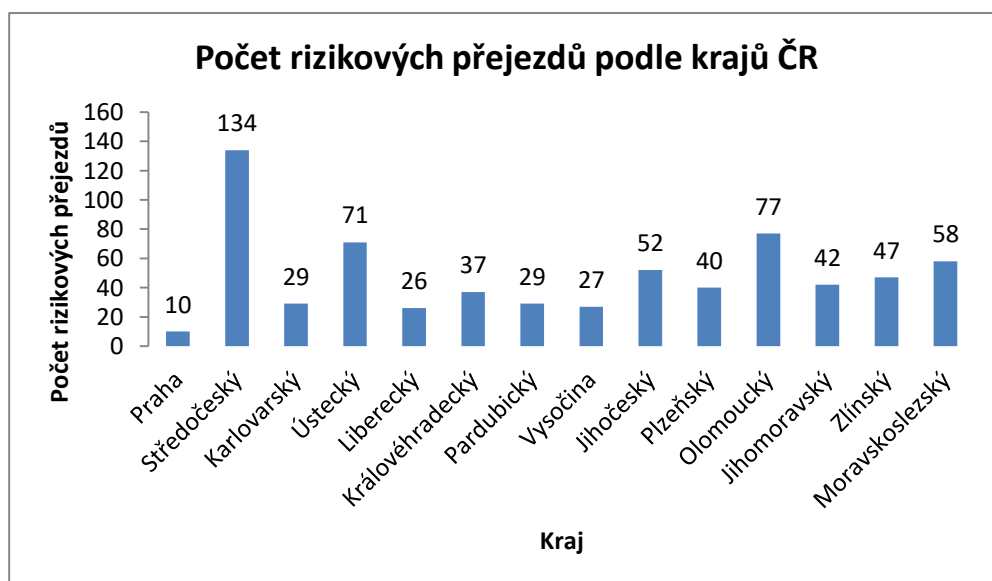
2.3. Statistika počtu rizikových přejezdů na síti SŽDC

V ČR se na železniční síti SŽDC nachází dle provedeného pasportu rizikových přejezdů (viz příloha 1) celkem 679 přejezdů s výše zmíněnými riziky. Počet přejezdů umístěných na vedlejší komunikaci je srovnatelný s počtem přejezdů umístěných na hlavní komunikaci, každý tvoří asi 42 % z celkového počtu rizikových přejezdů, zbytek tvoří přejezdy nesplňující normu ČSN 73 6380, tj. asi 16 %.

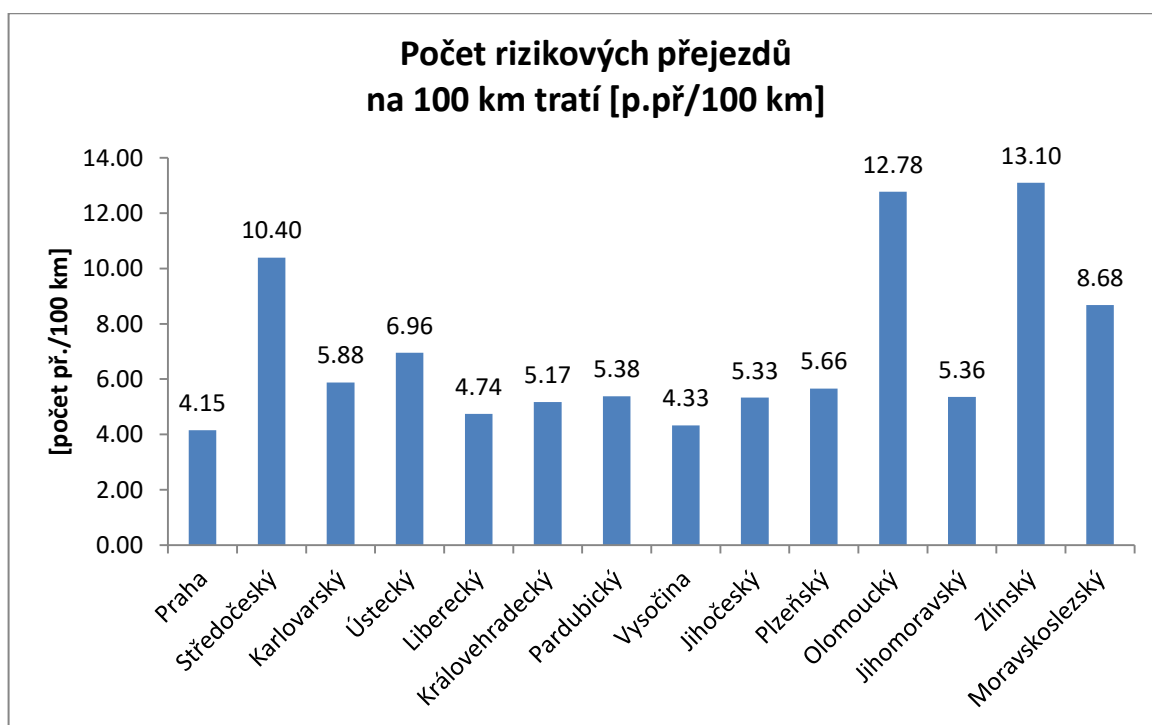


Obr. 7: Počet rizikových přejezdů dle druhu rizika na síti SŽDC

Dle geografické polohy se nejvíce rizikových přejezdů nachází ve Středočeském kraji (134 rizikových přejezdů, což představuje asi 20%). Tato statistika ale nepočítá s celkovou délkou železniční sítě na území daného kraje. Lépe jde tedy vyjít ze statistiky počtu rizikových přejezdů na 100 km délky dráhy. V této statistice už dominuje Zlínský kraj s počtem asi 13 rizikových přejezdů/100 km. Naopak nejméně rizikových přejezdů se nachází v hl. městě Praha (asi 4 přejezdy/100 km). Celorepublikový průměr je 7,10 rizikových přejezdů/100 km.



Obr. 8: Počet rizikových přejezdů podle krajů ČR na síti SŽDC



Obr. 9: Počet rizikových přejezdů na 100 km tratí podle krajů ČR na síti SŽDC

Mezi jednotlivými železničními tratěmi se nejvíce rizikových přejezdů na 100 km tratě nachází v Olomouckém a Zlínském kraji. Na trati č. 273 Olomouc hl.n. – Senice na Hané se nachází téměř neuvěřitelných 61 rizikových přejezdů/100 km tratě.

Tab. 1: Pořadí železničních tratí s největším počtem rizikových přejezdů/100 km tratě

Číslo tratě dle KJŘ	Trasa	Kraj	Počet rizikových přejezdů/100 km
č. 273	Olomouc – Senice na Hané	Olomoucký	61,11
č. 282	Vsetín – Velké Karlovice	Zlínský	55,56
č. 297	Mikulovice – Zlaté Hory	Olomoucký	55,56
č. 281	Val. Meziříčí - Rožnov p. Radh.	Zlínský	46,15
č. 324	Frýdlant n. Ost. - Ostravice	Moravskoslezský	42,86
č. 315	Opava východ – Hradec n. Mor.	Moravskoslezský	37,50
č. 331	Otrokovice – Zlín - Vizovice	Zlínský	36,00
č. 060	Poříčany – Nymburk	Středočeský	33,33
č. 276	Suchdol n. Odr. – Budišov n. Bud.	Moravskoslezský	33,33
č. 094	Vraňany – Lužec n. Vlt.	Středočeský	33,33
č. 111	Kralupy n. Vlt. – Velvary	Středočeský	30,00
č. 271	Prostějov hl.n. – Džbel	Olomoucký	27,37
č. 018	Choceň – Litomyšl	Pardubický	25,00

Nejvíce nehod mezi silničními a drážními vozidly se událo na přejezdu P7812 na trati č. 315 Opava východ – Hradec nad Moravicí v obci Otice v Moravskoslezském kraji. Celkem je zde zaznamenáno 14 nehod s celkovou bilancí 24 zraněných osob.

3. Návrhy možných opatření

Návrhy možných řešení vedoucích k odstranění rizik na přejezdech přilehlých ke křižovatkám PK lze rozdělit do několika skupin. V této práci se možná řešení dělí na dopravně-organizační, stavební a technologická (koordinace řízení SSZ a PZZ). Jejich přehled je uveden v tabulce č. 1.

Tab. 2: Přehled možných opatření na křižovatce přilehlé k přejezdu

1) dopravně organizační	a) úprava dopravního značení	VDZ č. V5 (V6a, V6b) SDZ č. E2 a E10 SDZ č. E3a
	b) organizace dopravy	zákaz vjezdu vybraných vozidel zákaz odbočování vlevo zjednosměrnění PK záměna hlavní a vedlejší PK
2) stavební	a) vzájemné odchýlení os	posun osy dráhy posun osy PK
	b) jízdní pruhy	přidání odbočovacích pruhů rozšíření odbočovacích pruhů rozšíření vjezdu křižovatky
3) koordinace SSZ a PZZ	a) nepřetržité řízení SSZ	návěstidlo SSZ před přejezdem návěstidlo SSZ za přejezdem
	b) řízení SSZ při detekci vlaku	návěstidlo SSZ před přejezdem

3.1. Rušení přejezdů

Za současnou nehodovost na přejezdech v ČR může i velké množství úrovnových přejezdů. Systematickým rušením přejezdů by jistě došlo ke snížení nehodovosti na přejezdech. Bohužel se za rok v ČR zruší pouhé jednotky přejezdů (v roce 2016 to bylo 15 přejezdů, ale 7 nových přejezdů bylo zřízeno). To je velký rozdíl oproti Německu, kde dříve rušily až 500 přejezdů za rok a jejich statistiky nehodovosti na přejezdech každoročně výrazně klesají.

Problém rušení přejezdů v ČR je v legislativě. Přejezd vlastní, spravuje a udržuje pouze jedna organizace. Tím pádem i všechny náklady spojené s přejezdem platí vlastník dráhy, zatímco vlastník pozemní komunikace používá přejezd „zdarma“ a nijak se nezajímá o provozování přejezdů. Je zde tedy velký střet zájmů, kdy vlastník dráhy se snaží zbytečné přejezdy zrušit a vlastník pozemní komunikace se je snaží zachovat, protože nemá vůbec žádný důvod přejezd zrušit. Velké množství přejezdů potom jde ruku v ruce na úkor kvality udržování povrchu přejezdové plochy a rozhledových poměrů.

Celá tato situace by se jistě zlepšila sdíleným financováním přejezdů, kdy na nákladech zabezpečování a úprav přejezdů by se podílel nejen vlastník dráhy, ale taky vlastník pozemní komunikace a možné by bylo i financování ze strany obce. Z důvodu úspor i na straně vlastníka pozemní komunikace by byla snaha o rušení přejezdů úspěšnější.

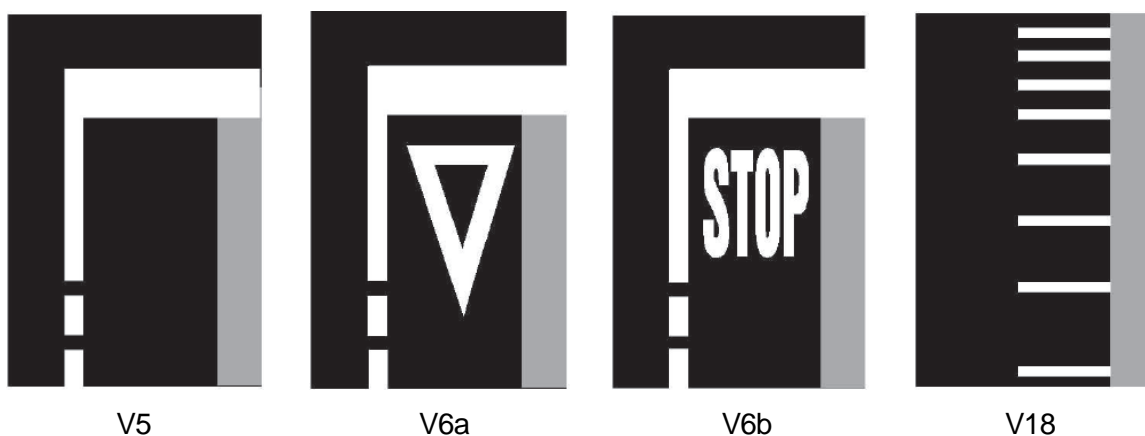
3.2. Dopravně – organizační opatření

Dopravně - organizační řešení spočívá ve změně organizace silničního provozu nebo ve změně způsobu značení křižovatky pomocí SDZ nebo VDZ v blízkosti přejezdu. Tato řešení jsou jednoduchá, investičně nenáročná a pro splnění účelu velmi účinná a dostačující. Nutno ale podotknout, že dopravně – organizační úpravy jsou výhodné pro intenzitou méně zatížené PK, protože mohou způsobovat kongesce na hlavních PK (např. v případě záměny hlavní a vedlejší PK).

3.2.1. Úprava dopravního značení

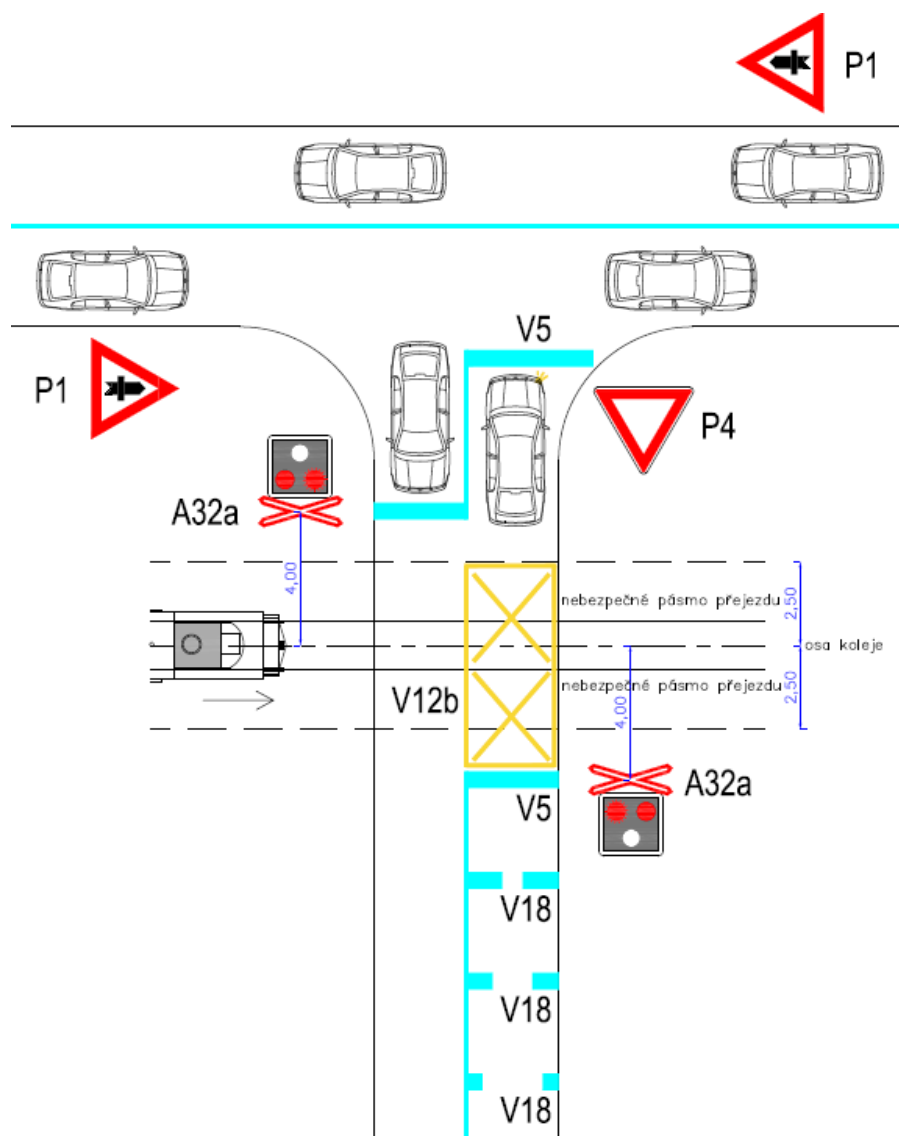
Úprava dopravního značení znamená výměnu nebo doplnění přejezdu s přílehlou křižovatkou o svislé či vodorovné dopravní značení, které více zvýrazní přejezd a lépe informuje účastníky silničního provozu o poloze daného přejezdu.

V případě přejezdu na vedlejší komunikaci se může před přejezd i před křižovatkou umístit VDZ č. V5 „Příčná čára souvislá“ doplněné případně o nápis VDZ č. V6b „STOP“. Ve zvláštních případech, kdy vozidla jedou před přejezdem vysokou rychlostí, se může před přejezd umístit VDZ č. V18 „Optická psychologická brzda“. Toto VDZ lze na vozovku zakreslit také ve speciální „trychtýřovité“ úpravě, která na řidiče silničního vozidla působí jako imitace zúžení jízdního pruhu.



Obr. 10: Označení přejezdů a křižovatek pomocí VDZ č. V5, V6a, V6b a V18 (zdroj: [5])
Ke zdůraznění zákonem daného příkazu, že „řidič nesmí vjíždět na železniční přejezd, nedovoluje-li situace za železničním přejezdem jeho bezpečné přejetí a pokračování v jízdě“ [3], se může na vozovku umístit VDZ č. V12b „Žluté zkřížené čáry“, které vyznačují délku pásma přejezdu – d_p (viz kapitola 4.2.3.3).

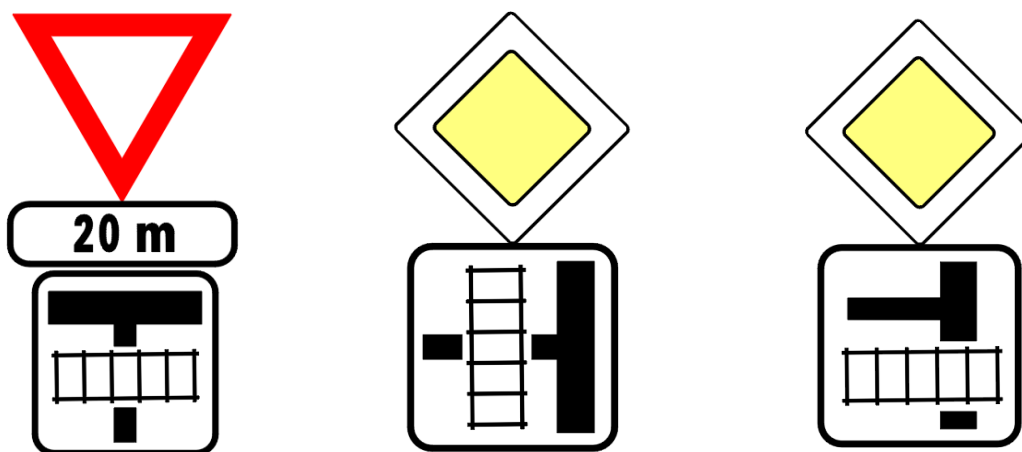
Dále se můžou pro zvýraznění přejezdu použít opatření, která jsou spojena pouze s jednoduchým přejezdem přes PK, tzn. bez přílehlé křižovatky. Mezi ně patří zásadní dodržování normou stanovených rozhledů na přejezdu, možnost umístění výstražníků PZZ i po levé straně komunikace nebo obecně umístění více výstražníků pro lepší rozhled na výstražník pro všechny účastníky silničního provozu, nákres SDZ č. A32 „Výstražný kříž pro železniční přejezd“ na vozovce ve formě VDZ nebo doplňková světelná výstraha zabudovaná ve vozovce před přejezdem – tzv. „tygří oči“.



Obr. 11: Vzorové schéma značení přejezdu a křižovatky pomocí VDZ V18 a V12b

Ke snazší orientaci řidiče vozidla v oblasti křižovatky a přilehlého přejezdu přispívá i dodatková tabulka umístěná pod SDZ č. P1, P2 nebo P4 kombinující dodatkové tabulky SDZ č. E2 „Tvar křižovatky“ a SDZ č. E10 „Tvar křížení pozemní komunikace s dráhou“. Takto uspořádaná kombinace SDZ by měla být umístěna na každém rameni křižovatky s dostatečným předstihem, aby si řidič uvědomil vlastní uspořádání hlavní a vedlejší komunikace v křižovatce a rozhodoval se o manévru ještě před vjezdem do samotné křižovatky nebo na přejezd. Přejezd nacházející se na hlavní i vedlejší komunikaci může být označen dodatkovou tabulkou SDZ č. E3a „Vzdálenost“, která vyznačuje vzdálenost k místu, od kterého platí značka, pod níž je tabulka umístěna, tj. v tomto případě vzdálenost od SDZ k místu případného zastavení vozidla před křižovatkou.

Pro zdůraznění významu a zlepšení viditelnosti lze značku umístit na retroreflexním žlutozeleném fluorescenčním podkladu. Pro značky charakteristické z hlediska významu svým tvarem tvoří podkladová tabule obrys takové značky. Ke zvýraznění značek je nutno přistupovat pouze v odůvodněných případech, aby jeho nadměrným využíváním nedocházelo ke snižování vážnosti a účinku tohoto opatření.



Obr. 12: Označení přejezdu a křižovatky pomocí SDZ č. P2 nebo P4 a příslušné dodatkové tabulky

V rámci zvýšení bezpečnosti dopravy v okolí přejezdu přilehlému ke křižovatce je vhodné nasměrování výstražníků PZZ i směrem k paprskům křižovatky, ze kterých vozidla odbočují na přejezd.

3.2.2. Organizace dopravy

Pod pojmem organizace dopravy je myšleno ovlivňování a usměrňování dopravního proudu pomocí dopravního značení, a to stálého, přenosného nebo proměnného. Takového nástroje se používá v případech potřeby usměrnění dopravního proudu do určitého vymezeného koridoru nebo zamezení určité specifické kategorii vozidel vjezdu do oblasti nebo pouze odbočení z dané komunikace.

3.2.2.1. Zákaz vjezdu vybraných vozidel

Pomocí zákazových značek lze zamezit vznik konfliktních událostí na přejezdech při přítomnosti dlouhých nákladních vozidel či autobusů. U přejezdů nacházejících se na vedlejší komunikaci se uplatní zákazové značky SDZ č. B4 „Zákaz vjezdu nákladních vozidel, č. B5 „Zákaz vjezdu autobusů“ nebo č. B17 „Zákaz vjezdu vozidel nebo souprav, jejichž délka přesahuje vyznačenou mez“. U takových omezení je ale nutné pro výše zmíněná vozidla, pro něž platí zákaz, zajistit či případně vyznačit objízdnu trasu. Značku je nutné umístit už na začátku úseku silnice, na němž se nachází inkriminovaný přejezd, aby vozidlo včas najelo na objízdnu trasu.

Jako příklad výše popsaného opatření je ukázán přejezd vybavený PZS bez závor P 3393 v Zákupěch – Božíkově. Jedná se o přejezd na vedlejší komunikaci (III/26832) na železniční trati č. 086 (Liberec – Česká Lípa) a hlavní komunikací je zde II/262 Mimoň – Česká Lípa. Vedlejší komunikaci hojně využívají těžká nákladní vozidla jako zkratku ze silnic I/9 (z Prahy a Mělníka) a I/38 (z Mladé Boleslavi) do Mimoně a Stráže pod Ralskem. Vzdálenost mezi koncem nebezpečného pásma přejezdu a příčnou čarou pro zastavení na křižovatce je 15 m. Řešením je umístění SDZ č. B 17 „Zákaz vjezdu vozidel nebo souprav, jejichž délka přesahuje vyznačenou mez“ na začátek silnic III/26832 a III/26833 v Jestřebí a Zahrádkách. Objízdna trasa pro vozidla

nad 15 m délky je zajištěna přes Českou Lípou po silnicích I/9 a II/262. Objízdná trasa je celkem o 7,3 km delší. Vjezd do oblasti by měl být povolen pouze vozidlům místní obsluhy.

Detailní údaje o přejezdu P3395 a jeho další možné úpravy jsou rozepsány v kapitole 5.2.



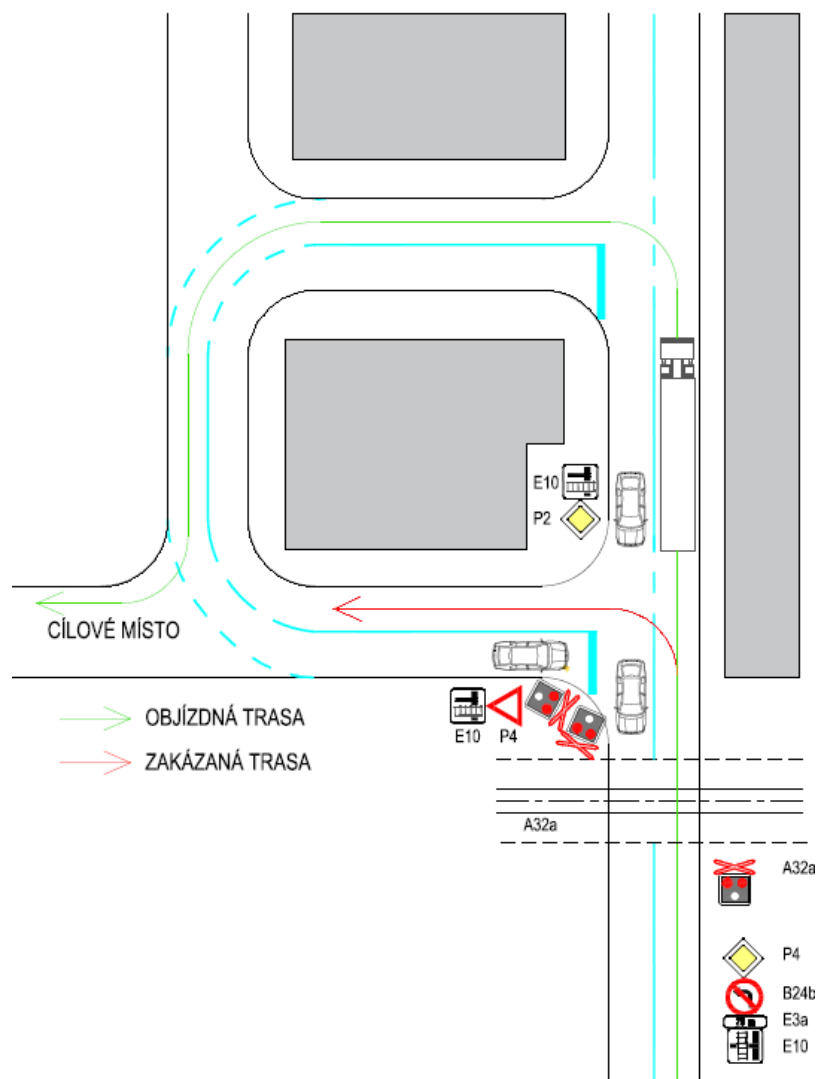
Obr. 13: Organizačně regulační úprava v podobě zákazu vjezdu vybraných vozidel na přejezdu P3393 v Božikově (červeně – zakázaná trasa, zeleně – objízdná trasa) – (zdroj: mapy.cz)

Velmi často je výše zmíněné SDZ umístěno pouze v krátké vzdálenosti před přejezdem nebo až přímo na přejezdu. Takové opatření je ale provedeno špatně, neboť vozidla (převážně nákladní) už se nemohou otočit do protisměru a danému přejezdu se vyhnout.

3.2.2.2. Zákaz odbočování vlevo

Zákazové SDZ č. B24b „Zákaz odbočování vlevo“ zakazuje odbočování vlevo na nejbližší křižovatce, na účelovou komunikaci v místě jejího připojení nebo na místo ležící mimo PK.

Tato zákazová dopravní značka sloužící k organizaci dopravy se dá výhodně použít na přejezdu umístěném na hlavní komunikaci, která bude sloužit pro vozidla odbočující vlevo z hlavní komunikace. Pokud se nechce dopustit stání nákladních vozidel či fronty osobních vozidel na přejezdu při dávání přednosti protijedoucím vozidlům, umístí se tato značka v místě křižovatky nebo případně před přejezdem. U takového omezení je ale nutné zajistit či případně vyznačit objízdnou trasu, aby se vozidla, pro něž je omezení určeno, dostala do místa určení. Pozemní komunikace na objízdné trase musí mít takové návrhové parametry, aby vozidla mohla bezpečně projet (viz obr. 11).



Obr. 14: Vzorové schéma zákazu odbočení vlevo a možné varianty objízdné trasy
 Další možností je zákaz odbočení vlevo na přejezdu nacházejícím se na vedlejší komunikaci. Takové opatření je vhodné v případě, když je dopravní proud vozidel přijíždějících ke křižovatce s přílehlým přejezdem zprava z pohledu řidiče dávajícího přednost na vedlejší komunikaci výrazně vyšší než dopravní proud vozidel přijíždějících zleva. Na průsečné křižovatce se do podmínky vloží i dopravní proud směřující přímo a vpravo z protilehlé vedlejší komunikace.

3.2.2.3. Zjednosměrnění pozemní komunikace

Zjednosměrnění pozemní komunikace je rozšiřující varianta opatření zákazu odbočení vlevo na křižovatce s přejezdem umístěným na hlavní komunikaci. Vedlejší komunikace za přejezdem, na kterou vozidla odbočují vlevo z hlavní komunikace, se zjednosměrní směrem do křižovatky. Vozidla z hlavní komunikace tedy nemohou odbočit a nehrozí jejich stání na přejezdu při dávání přednosti protijedoucím vozidlům. Stejně jako u výše popsaného opatření se na hlavní komunikaci před přejezd umístí SDZ č.P2 „Hlavní pozemní komunikace a č. B24b „Zákaz odbočování vlevo“. Před vjezd do jednosměrné komunikace směrem od přejezdu se umístí SDZ č. B2 „Zákaz vjezdu všech vozidel“. Opět se ale musí zajistit objízdná trasa pro vozidla, která nemohou odbočit doleva.

Takové opatření je použito např. na přejezdu P 1923 v Lounech v Rakovnické ulici, kde jsou zjednosměrněny obě vedlejší komunikace, na které se dá z hlavní komunikace odbočit vlevo. Jedná se zde o zjednosměrnění ulic Jungmannova a Zdeňka Suchana. Zde je ale v obou ulicích umožněn vjezd cyklistů směrem od křižovatky pomocí dodatkové tabulky SDZ č. E12b „Vjezd cyklistů v protisměru povolen“.



Obr. 15: Opatření v podobě zjednosměrnění vedlejší komunikace (zdroj: www.mapy.cz)
Zjednosměrnění může díky odrazení průjezdní dopravy přispět i ke zklidnění oblasti či získání většího počtu parkovacích stání. Mezi výhody zjednosměrnění komunikací dále můžeme zařadit snížení počtu kolizních bodů na křižovatkách přilehlých k přejezdům a tím i snížení počtu potencionálních nehod. K nevýhodám zavedení jednosměrného provozu patří výše zmíněný vznik závleků, tedy prodloužení tras, a tím i větší spotřeba pohonných hmot, zhoršení přehlednosti u komunikací s kolmým a šikmým parkovacím stáním. Jednosměrné komunikace představují nepříjemnou překážku pro cyklistickou dopravu, a je proto žádoucí v co největší míře umožnit cyklistům jízdu v obou směrech

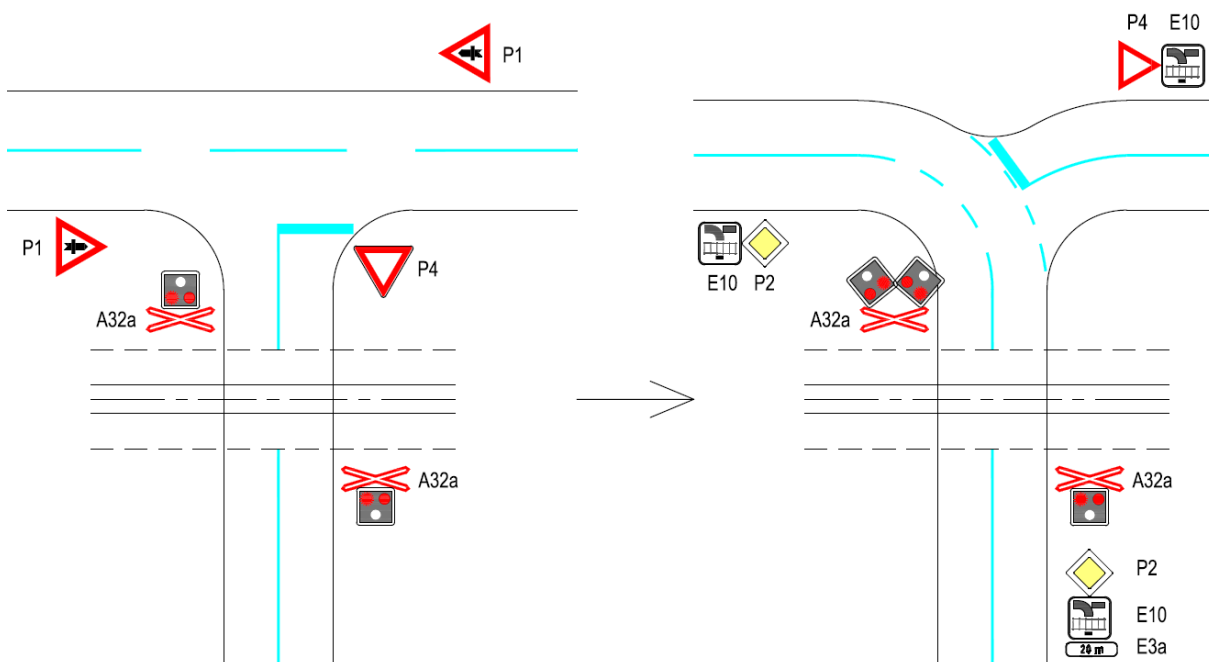
3.2.3. Záměna hlavní a vedlejší komunikace

Jedná se o jednoduché a zcela postačující dopravně organizační opatření, které spočívá v záměně hlavní a vedlejší komunikace na křižovatce přilehlé k přejezdu. Toto opatření se dá použít pro přejezdy umístěné na vedlejší i hlavní komunikaci. Nově by hlavní komunikace měla vést vždy směrem od přejezdu nejvíce podřazeným dopravním proudem, tzn. ve většině případů směrem doleva.

3.2.3.1. Úroveň kvality dopravy

Nutnou podmínkou pro úspěšné implementování opatření je zachování ÚKD na všech vjezdech do křižovatky, a to i na těch vjezdech do křižovatky, na kterých je nově zřízena přednost v jízdě. Jak je patrné z této podmínky, provede se posouzení splnění této podmínky pro všechny nové podřazené dopravní proudy, případně pro všechny smíšené dopravní proudy. Výpočet kapacity křižovatky je popsán v kapitole č. 3.3.3. V případě MK funkční skupiny C je výkonnost posuzována v místech, kde se připojují intenzivní dopravní proudy. To bývá například v místech velkých parkovišť, sportovních a kulturních zařízení nebo obchodních center. Každá křižovatka s nově navrženým opatřením se musí posuzovat individuálně s ohledem na místní podmínky.

- návrhem směrového vedení křižovatkových paprsků vedlejší komunikace snižující rychlost příjezdu ke křižovatce
- vhodným situováním paprsků křižovatky a jejich sníženou návrhovou rychlostí
- návrhem dopravních ostrůvků
- dopravně technickým opatřením vedoucím ke snížení rychlosti (např. méně komfortním šířkovým uspořádáním, zúžení jízdních pruhů, zvýšené plochy vozovky)“



Obr. 16: Příklad správně provedené záměny vedlejší a hlavní komunikace na stykové křižovatce s přilehlým přejezdem umístěným na vedlejší komunikaci

Úspěšně implementované opatření v podobě záměny hlavní a vedlejší komunikace je popsáno v kapitole 5.1.



Obr. 17: Příklady správně provedeného opatření (P3436 - Ostašov u Liberce – vlevo) a špatně provedeného opatření (P5163 - Vysoké Mýto – vpravo) z hlediska psychologické přednosti



Obr. 18: Příklad opět špatně provedeného opatření z hlediska psychologické přednosti (P2609 - Česká Kamenice – vlevo a P4001 - Hradec Králové – vpravo)



Obr. 19 : Záměna hlavní a vedlejší komunikace na přejezdu umístěném na hlavní komunikaci (P0261 – Praha – ulice Radotínská a Starochuchelská)

Jak je účinné opatření v podobě záměny hlavní a vedlejší komunikace na křižovatce přilehlé k přejezdu dokumentuje statistika nehodovosti na přejezdu P3436 (viz obr. č 13 – vlevo). Opatření bylo realizováno v roce 2012 a prozatím má 100% úspěšnost v zamezení kolizí mezi silničními a drážními vozidly.



Obr. 20: Ortofotomapa přejezdu P3436 v Ostašově u Liberce a počet nehod před realizací opatření (zdroj: Jednotná dopravní vektorová mapa)

Tab. 4: Statistika nehodovosti v blízkosti přejezdu P3436 (zdroj: JDVM)

Základní vlastnosti	
Obec	Liberec - Ostašov (Liberecký kraj)
Definiční traťový úsek	Ostašov – Liberec-Horní Růžodol
Silnice	ulice Domky (MKO)
Evidenční km – poloha přejezdu	km 139,629
Volná šířka komunikace	6,55 m
Typ zabezpečení přejezdu	PZS bez závor
Typ elektrizace tratě	Neelektrifikovaná trakce
Všeobecný statistický přehled o nehodách před zavedením opatření	
Počet nehod celkem	7
Počet usmrcených osob	0
Počet těžce zraněných osob	1
Počet lehce zraněných osob	3
Statistika nehod podle druhu	
Srážka s vlakem	5
Srážka s pevnou překážkou	2
Všeobecný statistický přehled o nehodách po zavedení opatření	
Počet nehod celkem	1
Počet usmrcených osob	0
Počet těžce zraněných osob	0
Počet lehce zraněných osob	0
Statistika nehod podle druhu	
Srážka s pevnou překážkou	1

3.3. Stavební opatření

Stavební úpravy se mohou týkat železniční i silniční infrastruktury. Nejsložitější variantou je jednoznačně odchýlení osy železnice nebo osy silnice či místní komunikace vzájemně dále od sebe, zvláště v prostorově nevyhovujících podmínkách. Přesto se ale i takové úpravy či rekonstrukce v ČR provádějí a pojednávají o nich kapitoly č. 3.3.7 a 3.3.8.

Úpravou v počtu průběžných, odbočovacích a připojovacích pruhů na křižovatce se zase celkem jednoduše docílí zvýšení kapacity křižovatky, snížení doby zdržení při průjezdu křižovatkou nebo zkrácení délky fronty při dávání přednosti. Všechna tato opatření přispívají k bezpečnějšímu provozu drážní i silniční dopravy.

Lze jednoduše usoudit, že pokud nemá docházet na přejezdu přilehlému ke křižovatce ke konfliktním mimořádným událostem, musí se zrealizovat takové stavební úpravy, aby:

- 1) střední doba zdržení na paprsku křižovatky s bezprostředně přilehlým přejezdem byla kratší nebo rovna vyklizovací (případně předzváněcí) době PZZ přejezdu:

$$t_w \leq t_v \text{ (příp. } t_w \leq t_z \text{)}$$

- 2) délka fronty $N_{95\%}$ na paprsku křižovatky s přejezdem byla kratší než vzdálenost mezi hranicí nebezpečného pásma přejezdu a hranicí stání vozidel v křižovatce při dávání přednosti:

$$N_{95\%} < L_{PK}$$

Kapacita neřízených úrovňových křižovatek je poměrně limitovaná, velice orientačně lze uvažovat hranici kapacity sumou všech vjezdů 1 200 – 1 800 voz/h (u výrazně převažujících intenzit

v hlavních směrech při nízkých intenzitách na vedlejších komunikacích až do hodnoty 2 000 voz/h) [11]. Skutečné hodnoty kapacity závisí na rozdělení intenzit dopravy do jednotlivých dopravních proudů, skladbě dopravního proudu, intenzitě chodců, geometrickém uspořádání křižovatky a rychlosti jízdy na hlavní komunikaci. Zvýšení kapacity neřízených křižovatek lze dosáhnout například:

- 1) přidáním pruhů na vjezdu z vedlejší komunikace
- 2) rozšířením společného pruhu na vjezdu z vedlejší komunikace (možnost řazení vozidel vedle sebe)
- 3) přidáním samostatného pruhu pro levé odbočení z hlavní
- 4) znemožněním některých křižovatkových pohybů (nejefektivnější je znemožnění levého odbočení – viz kapitola 3.2.2.2)
- 5) snížením rychlosti jízdy na hlavní komunikaci
- 6) zlepšení rozhledových podmínek na vedlejší komunikaci

Pokud není možné takové stavební úpravy zrealizovat (např. z nedostatku prostoru), musí se přistoupit k osazení křižovatky SSZ a ke koordinovanému řízení, které je popsáno dále v kap. 4. U stavebních úprav je velmi důležitá vzájemná koordinace příprav a realizace prací ze strany vlastníků dráhy i PK.

3.3.1. Posun osy komunikace nebo dráhy

Stavebně a technicky velmi náročným opatřením je vzájemné oddálení os dráhy a přilehlé PK. Dle normy ČSN 73 6380 je stanovena minimální vzdálenost mezi přejezdem a novou či rekonstruovanou křižovatkou 10 m, a i tato hodnota je mnohdy nedostačující, neboť fronta vozidel dávajících přednost může stát i na takto vzdálených přejezdech. Z toho vyplývá, že pro každý přejezd je nutné provést místní šetření pro získání všech dopravních charakteristik a veličin, které se liší v závislosti na intenzitě, skladbě vozidel a topologii křižovatky. Příklady takových aplikovaných opatření jsou popsány v kapitolách č 3.3.7 a 3.3.8.

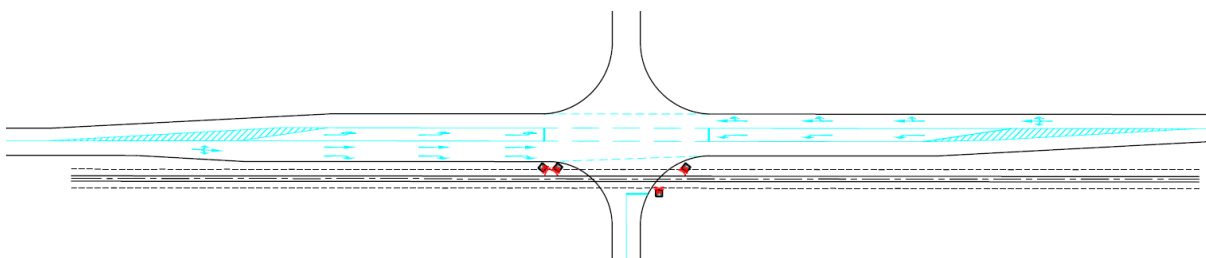
3.3.2. Přídavné pruhy

Úroňové křižovatky se navrhují přednostně v jednoduchém uspořádání a návrhové prvky nesmí být předimenzovány. Zajištění bezpečnosti účastníků silničního provozu stojí ale v hierarchii projektování PK výše než předimenzování jednotlivých návrhových prvků a zábor většího množství půdy. Na úroňové křižovatce se uplatňují tyto návrhové prvky:

- a) přídavné pruhy pro odbočení vlevo a vpravo
- b) přídavné pruhy připojovací

Jednotlivé prvky křižovatky je nutno volit tak, aby křižovatka s přejezdem jako celek svým prostorovým uspořádáním splňovala požadavky kladené na provoz v prostoru křižovatky a funkci křižujících PK. Pro zvýšení bezpečnosti dopravy a dopravní výkonnosti křižovatky se navrhuje usměrnění dopravních proudů. Základní charakteristikou, ze které se vychází, je zda a která silniční komunikace má přednost v jízdě určenou dopravním značením.

Na obr. č. 21 je znázorněno vzorové schéma průsečné křižovatky s přilehlým přejezdem a přídatnými pruhy na křižovatce. Na hlavní komunikaci jsou umístěny odbočovací pruhy doleva a rozšíření jízdního pruhu pro jízdu přímo a odbočení doprava směrem k přejezdu. Namísto rozšířeného pruhu může být navržen i samostatný odbočovací pruh doprava a namísto samostatného pruhu pro odbočení doleva může být navržen rozšířený jízdní pruh pro jízdu přímo a odbočení doleva. Záleží na místních poměrech, uspořádání území a daných šířkových poměrech v lokalitě. Dle normy ČSN 73 6102 [6] lze rozšíření jízdního pruhu pro objíždění vozidla navrhnout v minimální šířce 5,5 m (případně 5,0 m). Důvodem pro návrh přídatných pruhů je zvýšení kapacity a snížení střední doby zdržení těch dopravních proudů, které nejsou ovlivněny případnou výstrahou PZZ a mohou bezpečně objet vozidla čekající při výstraze PZZ. Vhodné je také umístění více výstražníků PZZ a nasměrování jejich čel k účastníkům silničního provozu.



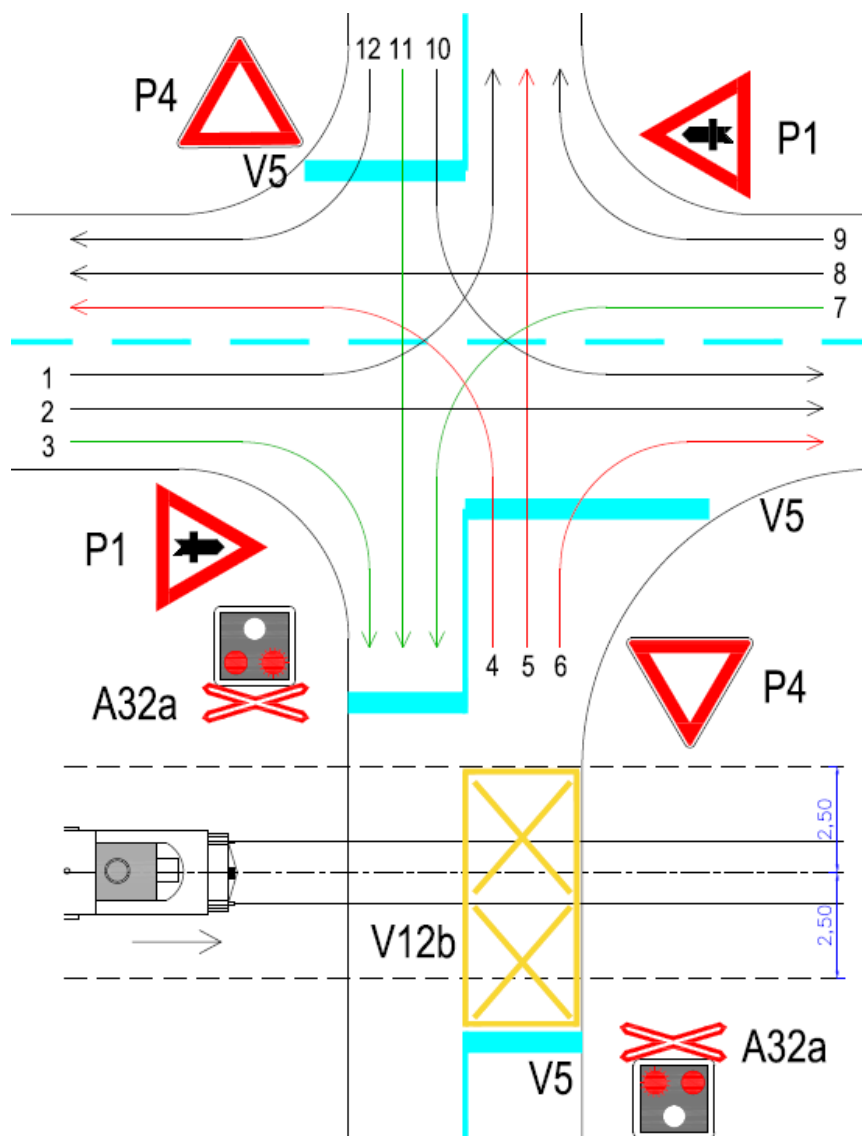
Obr. 21: Vzorové schéma průsečné křižovatky s přilehlým přejezdem a odbočovacími pruhy

3.3.3. Kapacita dopravních proudů

Na následujícím obrázku č. 22 je znázorněna průsečná křižovatka s přilehlým přejezdem, kde jsou povoleny jízdy do všech směrů. Jednotlivé směrové dopravní proudy jsou číselně označeny. Červeně jsou označeny dopravní proudy, které při dávání přednosti mohou stát při výstraze PZZ na přejezdu a zeleně ty dopravní proudy, které při výstraze PZZ mohou blokovat provoz na přilehlé křižovatce.

Každá stavební úprava musí vést ke zvýšení kapacity kritického vjezdu do křižovatky, na kterém se nachází přejezd. Zvýšením kapacity vjezdu se sníží střední doba zdržení pro kritické dopravní proudy a tím pádem i délka fronty, která už nemusí po daném stavebním opatření dosahovat až na nebezpečné pásmo přejezdu. Kapacita vjezdu se nejvíce zvýší při vybudování samostatných odbočovacích nebo připojovacích pruhů. Při nedostatečném prostoru pro rozšíření komunikace může ke zvýšení kapacity stačit pouhé rozšíření vjezdu.

Následující kapitoly popisují samotný výpočet dopravních charakteristik, a to kapacity vjezdu do křižovatky, střední doby zdržení na vjezdu a délky fronty na vjezdu. Kapacita vjezdů a křižovatky je provedena dle TP 188 – „*Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek*“ [12]



Obr. 22: Sjednocené číslování dopravních proudů v průsečné křižovatce

Délka fronty na vedlejší či hlavní komunikaci, která může při výstraze přesahovat do nebezpečného pásma přejezdu, je uvedena v TP 188 „*Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek*“ jako výstupní veličina při posuzování kapacity křižovatky. Metodika uvedená dle TP 188 platí jak pro stykové, tak pro průsečné neřízené úrovnové křižovatky, na kterých je přednost v jízdě upravena SDZ.

Pro každý podřazený dopravní proud je nutno stanovit následující veličiny:

- a) stanovení stupně podřazenosti
- b) stanovení rozhodující intenzity nadřazených proudů
- c) výpočet hodnoty kritické časové mezery
- d) výpočet hodnoty následné časové mezery

3.3.3.1. Podřazenost dopravních proudů

Na stykových neřízených úrovnových křižovatkách rozlišujeme 3 stupně podřazenosti jednotlivých dopravních proudů. Na průsečných neřízených úrovnových křižovatkách jsou 4 stupně podřazenosti jednotlivých dopravních proudů.

Tab. 5: Stupně podřazenosti dopravních proudů v křižovatce (zdroj: TP 188)

Stupeň podřazenosti	Charakteristika stupně podřazenosti	Dopravní proudy	
		Styková křižovatka	Průměrná křižovatka
1. stupeň	nadřazenost	2 + 3 + 8	2 + 3 + 8 + 9
2. stupeň	jednoduchá podřazenost	6 + 7	1 + 6 + 7 + 12
3. stupeň	dvojnásobná podřazenost	4	5 + 11
4. stupeň	trojnásobná podřazenost	-	4 + 10

Dle kapitoly 1.5 jsou rizikové dopravní proudy na průměrné křižovatce s přilehlým přejezdem v případě přejezdu na vedlejší komunikaci č. 4, 5 a 6 (případně č. 10, 11 a 12) a v případě přejezdu na hlavní komunikaci je rizikový dopravní proud č. 1 (případně č. 7).

3.3.3.2. Rozhodující intenzity nadřazených proudů

Rozhodující intenzita nadřazených proudů je základní proměnnou při výpočtu základní kapacity vedlejších dopravních proudů. Její hodnota se stanoví v závislosti na typu křižovatky. Skladba nadřazených proudů má v porovnání se zohledněním skladby u podřazených proudů výrazně odlišný vliv na přesnost výpočtu, a proto je zanedbávána. Hodnota intenzity nadřazených proudů vstupuje do výpočtu ve skutečných vozidlech.

Následující tabulky a vzorce výpočtů jsou uvedeny pouze pro výše popsané kritické dopravní proudy.

Tab. 6: Součet intenzit nadřazených dopravních proudů na průměrné křižovatce (zdroj: TP 188)

Podřazený proud	Číslo proudu	Součet intenzit nadřazených proudů [voz/h]
Levé odbočení z hlavní	7	$I_2 + I_3$
Pravé odbočení z vedlejší	6	$I_2^{(2)} + 0,5 \cdot I_3^{(1)}$
Přímý průjezd z vedlejší	5	$I_1 + I_2 + 0,5 \cdot I_3^{(1)} + I_7 + I_8 + I_9$
Levé odbočení z vedlejší	4	$I_1 + I_2 + 0,5 \cdot I_3^{(1)} + I_7 + I_8 + 0,5 \cdot I_9^{(1)} + I_{11} + I_{12}$

¹⁾ Pokud má dopravní proud 3 nebo 9 samostatný jízdní pruh – $I_3 = 0$
²⁾ Když má dopravní proud 2 dva jízdní pruhy, použije se intenzita dopravního proudu pro pravý jízdní pruh – $I_2/2$

Tab. 7: Součet intenzit nadřazených dopravních proudů na stykové křižovatce (zdroj: TP 188)

Podřazený proud	Číslo proudu	Součet intenzit nadřazených proudů [voz/h]
Levé odbočení z hlavní	7	$I_2 + I_3$
Pravé odbočení z vedlejší	6	$I_2^{(2)} + 0,5 \cdot I_3^{(1)}$
Levé odbočení z vedlejší	4	$I_2 + 0,5 \cdot I_3^{(1)} + I_7 + I_8$

¹⁾ Pokud má dopravní proud 3 samostatný jízdní pruh – $I_3 = 0$
²⁾ Když má dopravní proud 2 dva jízdní pruhy, použije se intenzita dopravního proudu pro pravý jízdní pruh – $I_2/2$

3.3.3.3. Hodnoty kritických odstupů

Pro výpočet základní kapacity vedlejších dopravních proudů se použije střední hodnota kritických časových odstupů t_g^2 všech řidičů pro dané vnější podmínky. Střední hodnoty kritického časového odstupu jsou stanoveny v rozlišení podle:

- 1) druhu dopravního proudu
- 2) rychlosti jízdy na hlavní komunikaci

² kritický časový odstup – střední hodnota přijatelných časových odstupů na křižovatce, tj. nejmenších časových odstupů mezi dvěma vozidly v nadřazených dopravních proudech, který je daný řidič v podřazeném dopravním proudu ochoten přijmout k zařazení do nadřazeného dopravního proudu [11]

V závislosti na rychlosti jízdy na hlavní komunikaci se hodnota t_g stanovuje pro konkrétní rychlost jízdy $v_{85\%}$ na hlavní komunikaci posuzované křižovatky v rozmezí 30 až 90 km/h. Se stoupající rychlostí jízdy stoupá i hodnota kritického časového odstavu.

Tab. 8: Střední hodnoty kritických časových odstavů t_g (zdroj: TP 188)

Podřazený proud	Číslo dopravního proudu	Funkce t_g v závislosti na rychlosti jízdy na hlavní komunikaci – $v_{85\%}$
Levé odbočení z hlavní	7	$t_g = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%}$
Pravé odbočení z vedlejší	6	$t_g = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%}$
Přímý průjezd z vedlejší	5	$t_g = 4,4 + 0,036 \cdot v_{85\%}$
Levé odbočení z vedlejší	4	$t_g = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%}$

Funkce stanovující hodnotu t_g má své meze platnosti pro rychlosti v intervalu 30 – 90 km/h. Pro rychlosti menší než 30 km/h se dosadí 30 km/h a pro rychlosti nad 90 km/h se dosadí 90 km/h.

3.3.3.4. Hodnoty následných odstavů

Pro výpočet základní kapacity vedlejších dopravních proudů se použije střední hodnota následných časových odstavů t_f^3 všech řidičů pro dané vnější podmínky. Střední hodnoty následného časového odstavu jsou stanoveny v rozlišení podle:

- 1) druhu dopravního proudu
- 2) úpravy přednosti v jízdě

Tab. 9: Návrh středních hodnot následného časového odstavu t_f (zdroj: TP 188)

Podřazený proud	Číslo dopravního proudu	t_f [s]	
		P4	P6
Levé odbočení z hlavní	7	2,6	
Pravé odbočení z vedlejší	6	3,1	3,7
Přímý průjezd z vedlejší	5	3,3	3,9
Levé odbočení z vedlejší	4	3,5	4,1

3.3.3.5. Základní kapacita

Základní kapacita jízdního pruhu je výchozí kapacita samostatného jízdního pruhu pro jeden dopravní proud vozidel bez vlivu vzdutí nadřazených proudů. Kapacita dopravních proudů 1. stupně se rovná kapacitě volně se pohybujících dopravních proudů. Všeobecně se udává hodnotou 1 800 pvoz/h. Pro kapacitu dopravních proudů 2. stupně platí rovnost s kapacitou jízdního pruhu $C_n = G_n$

Kapacita dopravních proudů 3. a 4. stupně je vždy nižší než základní kapacita vlivem ovlivněných nadřazených proudů, u kterých s rostoucím stupněm vytížení roste přímo úměrně pravděpodobnost výskytu fronty vozidel. Pro 3. stupeň podřazenosti se potom zohledňuje pravděpodobnost nevzdutí proudů 2. stupně a pro 4. stupeň podřazenosti, který se vyskytuje pouze u průsečných křižovatek, se zohledňuje pravděpodobnost nevzdutí proudů 2. stupně a současně proudů 3. stupně.

³ následný časový odstup – střední hodnota časových odstavů mezi dvěma následujícími vozidly podřazeného dopravního proudu, které se nacházejí ve frontě za sebou a zařazují se do stejné časové mezery (odstavu) v nadřazeném dopravním proudu nebo v této mezeře (odstavu) nadřazené dopravní proudy křižují [11]

Maximální počet vozidel z podřazeného proudu, která mohou projet křižovatkou v časové mezeře mezi vozidly nadřazených dopravních proudů, se označuje jako základní kapacita G_n . Pro stanovení základní kapacity lze použít vztah:

$$G_n = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_H}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} \right)}$$

3.3.3.6. Kapacita jízdního pruhu n -tého proudu druhého stupně

Kapacita jízdního pruhu proudu druhého stupně C_n se rovná základní kapacitě G_n . Pro vozidla odbočující vlevo z hlavní komunikace (dopravní proud 7) a pro vozidla odbočující vpravo z vedlejší komunikace (dopravní proud 6) platí vztah $C_n = G_n$.

3.3.3.7. Kapacita jízdního pruhu n -tého proudu třetího a čtvrtého stupně

Při výpočtech pro podřazené dopravní proudy 3. nebo 4. stupně je nutné zohlednit pravděpodobnost nevzdutí rozhodujících nadřazených dopravních proudů, která snižuje jejich základní kapacitu. Pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazených proudů $p_{0,n}$ se stanoví podle vztahu:

$$P_{0,n} = \max \begin{cases} 1 - a_v = 1 - \frac{I_n}{C_n} \\ 0 \end{cases}$$

kde n dopravní proudy 5, 6, 7 [-]

Pro dopravní proudy na hlavní komunikaci odbočující vlevo (dopravní proud 7), platí rovnice jen tehdy, je-li 95%-ní délka fronty $N_{95\%}$ vyjádřená v metrech menší než délka řadícího pruhu l_r . Pokud je $N_{95\%}$ větší než délka řadícího pruhu l_r , je třeba na místo hodnoty $p_{0,7}$ stanovit hodnotu $p_{0,7}^*$ podle vztahu:

$$p_{0,7}^* = \max \begin{cases} 1 - \frac{l_r^{+1}}{\sqrt{a_{vi}^{+1} + (a_{vj} + a_{vk})^{+1}}} \\ 0 \end{cases} \text{ (vztah bude vysvětlen dále)}$$

Pokud není pro proud odbočující vlevo (dopravní proud 7) samostatný pruh, místo hodnoty $p_{0,7}$ se vypočítá hodnota $p_{0,7}^{**}$ podle vztahu:

$$p_{0,7}^{**} = \max \begin{cases} 1 - (a_{vi} + a_{vj} + a_{vk}) \\ 0 \end{cases} \text{ (vztah bude vysvětlen dále)}$$

Výsledná hodnota kapacity dopravních proudů třetího a čtvrtého stupně se vypočítá násobením základní kapacity G_n hodnotou pravděpodobnosti $p_{0,n}$. Přitom se rozlišuje:

a) styková křižovatka

Pro zjištění kapacity C_4 pro dopravní proud 4 (třetího stupně) se na stykové křižovatce násobí základní kapacita hodnotou pravděpodobnosti $p_{0,7}$, vyjadřující nevzdutí nadřazeného proudu druhého stupně pro odbočování vlevo 7, podle vztahu:

$$C_4 = p_{0,7} \cdot G_4$$

b) průsečná křižovatka

Na průsečné křižovatce platí, že dopravní proud 5 (přímý průjezd z vedlejší) je proud třetího stupně. V nadřazených dopravních proudech druhého stupně 1 a 7 (odbočení vlevo z hlavní komunikace) mohou nezávisle na sobě vzniknout fronty vozidel. Kapacita jízdního pruhu proudu 5 (C_5) vyplývá ze vztahu násobením základní kapacity hodnotou pravděpodobnosti současného nevzdutí proudů 1 a 7 p_x :

$$C_5 = p_x \cdot G_5$$

kde $p_x = p_{0,1} \cdot p_{0,7}$ pravděpodobnost současného nevzdutí proudů 1 a 7

Stavy bez vytváření fronty vozidel

Při určování kapacity jízdního pruhu proudu čtvrtého stupně (4) na průsečné křižovatce, tj. proudů odbočujících vlevo z vedlejší komunikace se musí zohlednit pravděpodobnost, že se současně nevytvoří kolony v dopravních proudech druhého (1, 7 a 6) a třetího stupně (11), což ale není navzájem závislé. Po vypočítání hodnot pravděpodobností $p_{0,1}$, $p_{0,7}$, $p_{0,6}$, $p_{0,5}$ se určuje hodnota pravděpodobnosti $p_{z,5}$, která vyjadřuje s dostatečnou přesností stav bez vzdutí.

$$p_{z,11} = \frac{1}{1 + \frac{1 - p_x}{p_x} + \frac{1 - p_{0,11}}{p_{0,11}}}$$

Kapacita jízdního pruhu proudu čtvrtého stupně (C_4), tj. proudu odbočujícího vlevo z vedlejší komunikace se vypočítá podle vztahu

$$C_4 = p_{z,11} \cdot p_{0,12} \cdot G_4$$

3.3.3.8. Výpočet kapacity pruhů se společným řazením

Pokud se vozidla podřazených proudů z vedlejších paprsků řadí před křižovatkou pouze v jednom jízdním pruhu, potom se kapacita společného pruhu C_n vypočítá podle vztahu

$$C_{n,n,n} = \frac{\sum_{j=1}^m I_j}{\sum_{j=1}^m a_{vj}}$$

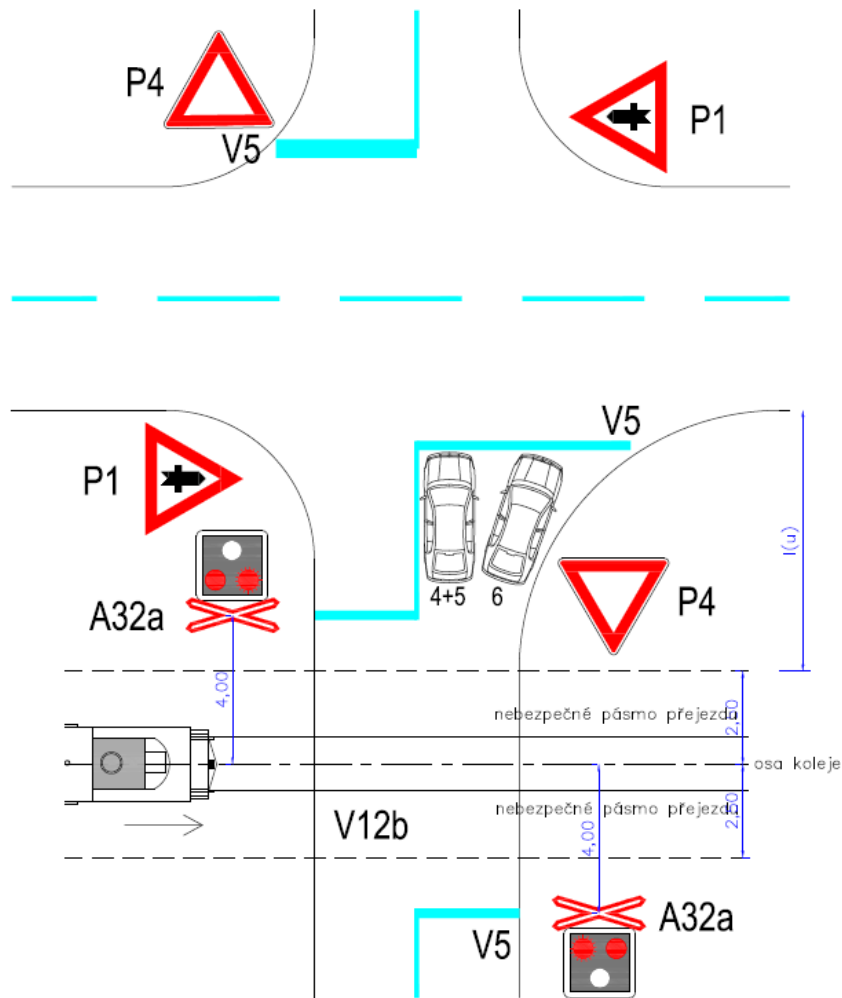
kde $C_{n,n,n}$ kapacita společného pruhu [pvoz/h]

n,n,n 4+5, 5+6, 4+6, 4+5+6 [-]

m počet proudů ve společném pruhu [-]

3.3.3.9. Výpočet kapacity pruhů se společným řazením a rozšířeným vjezdem

Vjezdy z vedlejších paprsků mohou být upraveny tak, aby se čekající vozidla dopravních proudů odbočujících vpravo a vlevo mohla zastavovat v místě rozhledu vedle sebe.



Obr. 23: Vzorové schéma situace jízdního pruhu se společným řazením a rozšířeným vjezdem vpravo na přejezdu nacházejícím se na vedlejší komunikaci

a) styková křižovatka

Kapacita společného pruhu 10+12 se při tomto uspořádání vypočítá podle vztahu

$$C_{10,12} = \min \left\{ \frac{I_{10} + I_{12}}{\sqrt{a_{v,10}^{\frac{l_u}{6}+1} + a_{v,12}^{\frac{l_u}{6}+1}}}, 1800 \right.$$

kde l_u délka úseku společného pruhu pro možnost zastavení v rozšířeném vjezdu [m]

b) průsečná křižovatka

Na průsečných křižovatkách se rozlišuje, zda se dopravní proud přímého směru (proud 5) řadí společně s proudem odbočujícím vlevo (proud 4) nebo s proudem odbočujícím vpravo (proud 6). Rozeznává se tedy vjezd rozšířený vpravo (vozidla odbočující vpravo objíždějí smíšený proud složený z vozidel odbočujících vlevo a jedoucích přímo) nebo vjezd rozšířený vlevo (vozidla odbočující vlevo objíždějí smíšený proud složený z vozidel odbočujících vpravo a jedoucích přímo).

Kapacita společného pruhu na vjezdu rozšířeném vpravo nebo s pruhem pro odbočování vpravo (viz obr. 23) se určuje podle vztahu

$$C_{4,5,6(vpravo)} = \min \left\{ \frac{I_4 + I_5 + I_6}{\sqrt{\frac{l_{u,vpravo}^{l_r+1}}{6} + (a_{v,4} + a_{v,5}) \frac{l_{u,vpravo}^{l_r+1}}{6} + a_{v,6} \frac{l_{u,vpravo}^{l_r+1}}{6}}} \right. \\ \left. 1800 \right.$$

kde $l_{u,vpravo}$ délka úseku společného pruhu pro možnost zastavení v pruhu pro odbočování vpravo nebo v rozšířeném vjezdu [m]

Kapacita společného pruhu na vjezdu rozšířeném vlevo nebo s pruhem pro odbočování vlevo se určuje podle vztahu

$$C_{4,5,6(vlevo)} = \min \left\{ \frac{I_4 + I_5 + I_6}{\sqrt{\frac{l_{u,vlevo}^{l_r+1}}{6} + a_{v,4} \frac{l_{u,vlevo}^{l_r+1}}{6} + (a_{v,5} + a_{v,6}) \frac{l_{u,vlevo}^{l_r+1}}{6}}} \right. \\ \left. 1800 \right.$$

kde $l_{u,vlevo}$ délka úseku společného pruhu pro možnost zastavení v pruhu pro odbočování vpravo nebo v rozšířeném vjezdu [m]

3.3.3.10. Na hlavní komunikaci není samostatný pruh pro odbočování vlevo

Vliv proudů 1. stupně (proudy 8+9) na kapacitu pruhu podřazených proudů je zohledněn v tabulkách 5 a 6. Pokud chybí samostatný pruh pro dopravní proud odbočující vlevo z hlavní komunikace (proud 7) může dojít ke stavu vzduť fronty proudu 7 a vytvoření překážky proudům 1. stupně (8 a 9).

Kapacita $C_{7,8,9}$ společného pruhu smíšených dopravních proudů na společném jízdním pruhu na hlavní komunikaci lze vypočítat podle vztahu

$$C_{7,8,9} = \left\{ \frac{I_7 + I_8 + I_9}{a_{v,7} + a_{v,8} + a_{v,9}} \right. \\ \left. 1800 \right.$$

Pro odhad vlivu stavu dopravy na kapacitu pruhů podřazených proudů se stanoví pravděpodobnost nevzdutého stavu v příslušném společném pruhu $p_{0,7}^{**}$ podle vztahu

$$p_{0,7}^{**} = \max \left\{ \frac{1 - (a_{v,7} + a_{v,8} + a_{v,9})}{0} \right.$$

3.3.3.11. Na hlavní komunikaci je samostatný pruh pro odbočování vlevo

V případě, že samostatný pruh pro odbočování vlevo z hlavní komunikace (proud 7) je krátký, může v něm vytvořená fronta ovlivnit dopravní proudy prvního stupně (proudy 8 a 9). Celková kapacita proudů na společném pruhu se vypočítá podle vztahu:

$$C_{7,vlevo} = \min \left\{ \frac{l_r^{l_r+1}}{\sqrt{a_{v,7} \frac{l_r^{l_r+1}}{6} + (a_{v,8} + a_{v,9}) \frac{l_r^{l_r+1}}{6}}} \right. \\ \left. 1800 \right.$$

kde l_r délka úseku společného pruhu pro možnost zastavení v pruhu pro odbočování vlevo[m]

Kapacita společných pruhů smíšených proudů 7,8,9 se musí překontrolovat jen tehdy, pokud je 95%-ní délka fronty $N_{95\%}$ proudu odbočujícího vlevo 7 je větší než délka pruhu pro odbočování vlevo.

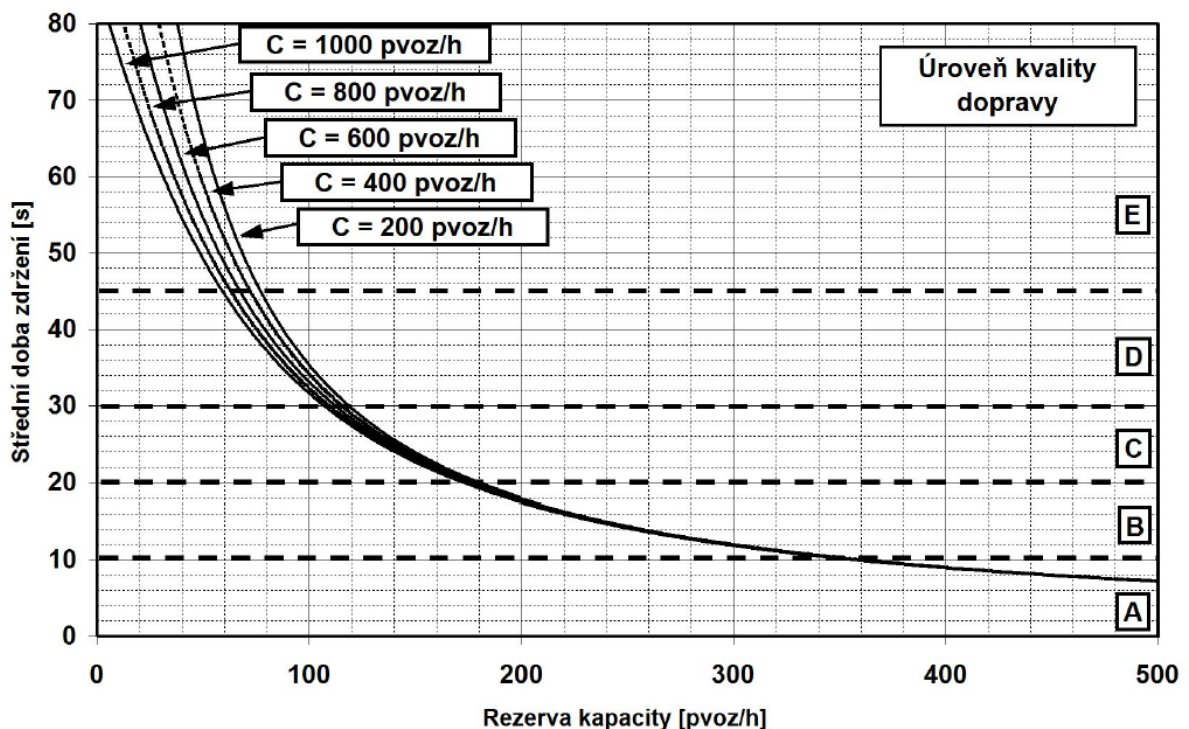
Pro zohlednění vlivu stavu dopravy na vjezdu hlavní komunikace na kapacitu podřazených proudů se počítá pravděpodobnost nevzdutého stavu v příslušném společném pruhu $p_{0,7}^*$ podle vztahu

$$p_{0,7}^* = \max \left\{ 1 - \frac{l_r^{l_r+1}}{\sqrt{a_{v,7}^{l_r+1} + (a_{v,8} + a_{v,9})^{l_r+1}}}, 0 \right.$$

3.3.4. Stanovení střední doby zdržení

Střední doba zdržení závisí na rezervě kapacity jízdního pruhu příslušného proudu, příp. smíšených proudů, a jeho kapacitě. Před stanovením hodnoty t_w vyjadřované v sekundách je nutné ze znalosti návrhové či aktuální intenzity dopravních proudů a vypočtené kapacity pruhu stanovit rezervu kapacity Rez podle vztahu

$$Rez = C_n - I_n$$



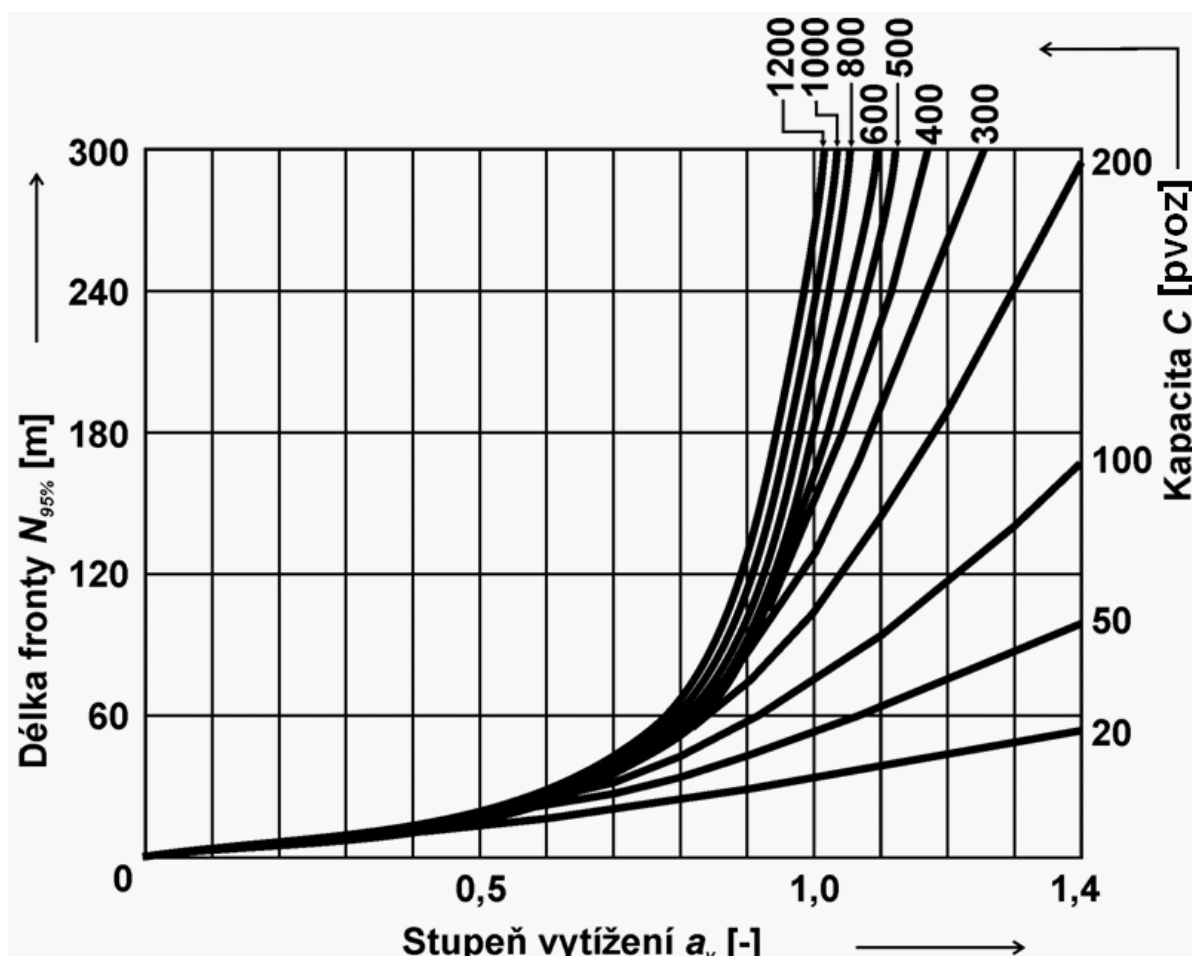
Obr. 24: Graf pro stanovení střední doby zdržení (zdroj: TP 188)

Pro hodnoty střední doby zdržení t_w vyšší než 45 s je charakteristický vysoký stupeň vyčerpání a_v . Hodnota t_w pro tento stav je vysoce citlivá v závislosti na kapacitě a její rezervě. Citlivost růstu střední doby zdržení v závislosti na poklesu rezervy kapacity je výrazně vyšší pro dopravní proudy s menší kapacitou.

3.3.5. Stanovení délky fronty

Délka fronty na vjezdech do neřízené křižovatky se dimenzuje na 95 %-ní pravděpodobnost uvažované délky fronty. Znamená to, že v 95 % času během špičkové hodiny je fronta kratší než udává hodnota $N_{95\%}$, ve zbývajících 5% času se připouští fronta vozidel delší. Délka fronty $N_{95\%}$ se určí podle obr. 25 na základě stupně vytižení a_v a hodnoty kapacity C_N a je dána následujícím vztahem:

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_N \cdot \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_n}} \right)$$



Obr. 25: Graf pro stanovení délky fronty (zdroj: TP 188)

Výpočet kapacity a dalších charakteristik neřízené křižovatky se provádí jen tehdy, překročí-li intenzita dopravy na křižovatce zjištěná součtem všech vozidel vjíždějících do křižovatky hodnotu 10 000 voz/den [12]

3.3.6. Porovnání stavebních úprav z hlediska kapacity

V následující kapitole jsou porovnány výsledky výpočtů kapacit, střední doby zdržení a délky fronty při různých stavebních úpravách fiktivní stykové křižovatky přilehlé k přejezdu. Paprsky A a B patří hlavní komunikaci I. třídy a paprsek C je vedlejší komunikace II. třídy.

Dopravní zatížení								
Paprsek křižovatky	Dopravní proud	OV [voz/h]	NV [voz/h]	NS [voz/h]	MOT [voz/h]	CYK [voz/h]	Vozidel celkem [voz/h]	Zohledněná skladba [pvoz/h]
A	2	300	30	20	10		360	
	3	200	20	10	5		235	
C	4	45	10	5	5		65	74
	6	50	10	5	5		70	79
B	7	200	20	10	5		235	254
	8	300	30	20	10		360	

Základní kapacita pruhu podřazených proudů			
Dopravní proud	Intenzita dopravního proudu- I_n [pvoz/h]	Příslušný nadřazený proud - I_H [voz/h]	Základní kapacita G_n [pvoz/h]
4	74	1073	203
6	79	478	624
7	254	595	716

3.3.6.1. Výpočet kapacity křižovatky bez samostatných odbočovacích pruhů

Kapacita pruhu podřazených proudů 2. stupně					
Dopravní proud	Kapacita C_n [pvoz/h]	Stupeň vytížení a_v [-]	Délka fronty $N_{95\%}$ [m]	Pravděpodobnost nevzdutí proudu	
				$p_{0,n}, p_{0,n}^*, p_{0,n}^{**}$	p_x
7	716	0.35		0.45	
6	624	0.13			
Kapacita pruhu podřazených proudů 3. stupně					
Dopravní proud	Kapacita C_n [pvoz/h]	Stupeň vytížení a_v [-]	Pravděpodobnost nevzdutí proudu		
			$p_{0,n}$	$p_{z,n}$	
4	90	0.82			
Kapacita společného pruhu smíšených proudů					
Paprsek křižovatky	Dopravní proudy	Intenzita proudu $\sum I$ [pvoz/h]	Stupeň vytížení a_v [-]	Kapacita C_{n+n} [pvoz/h]	
C	4+6	153	0.95	161	
B	7+8	614	0.55	1107	

Posouzení úrovně kvality dopravy				
Dopravní proud	Rezerva kapacity Rez [pvoz/h]	Délka fronty $N_{95\%}$ [m]	Střední doba zdržení t_w [s]	Úroveň kvality dopravy UKD [-]
4	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
4+6	8	79.36	80	E
7+8	493	22.10	8	A
Stanovená úroveň kvality dopravy křižovatky na hlavní komunikaci				A
Stanovená úroveň kvality dopravy křižovatky na vedlejší komunikaci				E

3.3.6.2. Výpočet kapacity křižovatky s odbočovacím pruhem na hlavní komunikaci

Na hlavní komunikaci je navržen samostatný odbočovací pruh doleva (dopravní proud 7) o délce 50 m.

Kapacita pruhu podřazených proudů 2. stupně					
Dopravní proud	Kapacita C_n [pvoz/h]	Stupeň vytížení a_v [-]	Délka fronty $N_{95\%}$ [m]	Pravděpodobnost nevzdutí proudu	
				$\rho_{0,n}, \rho_{0,n}^*, \rho_{0,n}^{**}$	ρ_x
7	716	0.35		0.65	
6	624	0.13			
Kapacita pruhu podřazených proudů 3. stupně					
Dopravní proud	Kapacita C_n [pvoz/h]	Stupeň vytížení a_v [-]	Pravděpodobnost nevzdutí proudu		
			$\rho_{0,n}$	$\rho_{z,n}$	
4	130	0.57			
Kapacita společného pruhu smíšených proudů					
Paprsek křižovatky	Dopravní proudy	Intenzita proudu ΣI [pvoz/h]	Stupeň vytížení a_v [-]	Kapacita C_{n+n} [pvoz/h]	
C	4+6	153	0.70	220	
B	7+8	-	-	-	

Posouzení úrovně kvality dopravy				
Dopravní proud	Rezerva kapacity Rez [pvoz/h]	Délka fronty $N_{95\%}$ [m]	Střední doba zdržení t_w [s]	Úroveň kvality dopravy UKD [-]
4	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	462	9.83	7	A
4+6	67	35.05	50	E
7+8	-	-	-	-
Stanovená úroveň kvality dopravy křižovatky na hlavní komunikaci				A
Stanovená úroveň kvality dopravy křižovatky na vedlejší komunikaci				E

3.3.6.3. Výpočet kapacity křižovatky s odbočovacím pruhem na hlavní a vedlejší komunikaci

Na hlavní komunikaci je navržen samostatný odbočovací pruh doleva (dopravní proud 7) o délce 50 m a na vedlejší komunikaci je navržen samostatný odbočovací pruh doleva (dopravní proud 4) o délce 35 m.

Kapacita pruhu podřazených proudů 2. stupně					
Dopravní proud	Kapacita C_n [pvoz/h]	Stupeň vytížení a_v [-]	Délka fronty $N_{95\%}$ [m]	Pravděpodobnost nevzdutí proudu	
				$\rho_{0,n}, \rho_{0,n}^*, \rho_{0,n}^{**}$	ρ_x
7	716	0.35		0.65	
6	624	0.13			
Kapacita pruhu podřazených proudů 3. stupně					
Dopravní proud	Kapacita C_n [pvoz/h]	Stupeň vytížení a_v [-]	Pravděpodobnost nevzdutí proudu		
			$\rho_{0,n}$	$\rho_{z,n}$	
4	130	0.57			

Kapacita společného pruhu smíšených proudů				
Paprsek křižovatky	Dopravní proudy	Intenzita proudu $\sum I$ [pvoz/h]	Stupeň vytižení a_v [-]	Kapacita C_{n+n} [pvoz/h]
C	4+6	-	-	-
B	7+8	-	-	-

Posouzení úrovně kvality dopravy				
Dopravní proud	Rezerva kapacity Rez [pvoz/h]	Délka fronty $N_{95\%}$ [m]	Střední doba zdržení t_w [s]	Úroveň kvality dopravy UKD [-]
4	56	21.13	40	D
6	545	2.61	8	A
7	462	9.83	7	A
4+6	-	-	-	-
7+8	-	-	-	-
Stanovená úroveň kvality dopravy křižovatky na hlavní komunikaci				A
Stanovená úroveň kvality dopravy křižovatky na vedlejší komunikaci				D

3.3.7. Rekonstrukce křižovatky v Zubří (stavba ŘSD)

Text je převzat z informačního letáku stavby ŘSD.

3.3.7.1. Dopravní význam stavby

Jedná se o rekonstrukci stávající stykové křižovatky silnic I/35 a III/01877 u Zubří, kde dojde k odstranění dopravní závady znemožňující plynulé odbočování vozidel vlevo ve směru do Zubří a výjezd vozidel ze Zubří, které zůstávají stát v rámci přednosti v jízdě na I/35 v nebezpečném pásmu železničního přejezdu.

Tato rekonstrukce, která je v současné době stále v realizaci, zlepší dopravní obslužnost města Zubří návrhem odbočovacích pruhů na silnici I/35. Na stykové křižovatce bude umístěno SSZ, které umožní jednodušší výjezd ze silnice III/01877 ze Zubří na silnici I/35. SSZ bude v provozu 24 hodin denně a bude řídit i pohyb pěších přes silnici I/35. SSZ bude zapojeno v koordinaci s PZS přejezdu.

Stávající silnice I/35 Liberec – Hradec Králové – Olomouc – Lipník nad Bečvou – Valašské Meziříčí – hranice ČR/Slovensko je zařazena do sítě mezinárodních silnic pod označením E442 a představuje nejdůležitější silniční tah ve Zlínském kraji směrem na hranici se Slovenskem.

3.3.7.2. Umístění a popis stavby

Zájmové území je využíváno pro dopravu místní, regionální a mezinárodní. Dané území dále slouží pro přístup do Zubří a přilehlého průmyslového areálu. Nachází se v okrajové části zastavěného území a slouží převážně pro dopravu.

Předmětná stavba bude realizována v prostoru stávající křižovatky silnic I/35 a III/01877. V prostoru stávající křižovatky se nachází regionální železniční trať Valašské Meziříčí – Rožnov

pod Radhoštěm včetně vlečky do Gumáren Zubří. Dále se v těsném souběhu nachází Rožnovská Bečva. Směrová úprava silnice I/35 je hlavním objektem stavby a řeší směrovou úpravu silnice I/35 ve směru Valašské Meziříčí – hranice ČR/SR s maximálním možným odsazením od souběžné železniční tratě. Ústředním motivem celé stavby je styková křižovatka, která řeší hlavní a téměř jediný přístup do Zubří po silnici III/01877 (Hlavní ulice). Stavby se nachází v obci a návrhová rychlost komunikace je 50 km/h. Délka úpravy je 484 m. Úprava silnice III/01877 bude provedena v prostoru stykové křižovatky, železničního přejezdu a průsečné křižovatky s ulicí U Trati a Nádražní. Úpravy přejezdu přes železniční trať se týká pouze výměna stavební konstrukce přejezdu v podobě pryžové konstrukce.

Úprava křižovatky vyvolá přeložku koryta Rožnovské Bečvy v délce přibližně 328 m. Rozsah přeložky Rožnovské Bečvy byl eliminován na nejmenší možný rozsah se splněním podmínek pro odtokové poměry a podmínek správce toku. Součástí stavby bude výstavba nového mostního objektu, na který bude navazovat opěrná zeď pro silnici I/35 nad korytem Rožnovské Bečvy. Stavba bude také obsahovat zřízení autobusových zastávek náhradou za stávající, rekonstrukci chodníků, veřejného osvětlení a přeložky inženýrských sítí. Nový mostní objekt převádí silnici I/35 v posunuté trase přes Hodorfský potok. Most nahrazuje stávající přemostění, respektuje šířku koryta potoka a jeho polohu v místě zaústění do řeky Bečvy.

Navržené řešení úpravy stykové křižovatky silnic I/35 a III/01877 využívá v maximální možné míře prostor mezi železniční tratí a Rožnovskou Bečvou. Zároveň však vzhledem k nemožnosti přeložky železniční trati musí dojít k částečnému odsunutí křižovatky jižním směrem k Rožnovské Bečvě tak, aby byla splněna ČSN 73 6380 pro vzdálenost přejezdů od hranic křižovatky. Ta stanovuje vzdálenost nejbližší hranice křižovatky při rekonstrukcích 10 m od nebezpečného pásma přejezdu.



Obr. 26: Přeložka koryta řeky Bečvy v délce 238 m (zdroj: mapy.cz, jdvm.cz)

3.3.7.3. Nehodovost na křižovatce a přejezdu

Dle *Jednotné dopravní vektorové mapy* (dále jen „JDVM“) byla zaznamenána statistika všech nehod z minulosti v oblasti této rekonstruované křižovatky přilehlé k přejezdu.

Tab. 10: Statistika nehodovosti v blízkosti přejezdu P7424 (zdroj: JDVM)

Základní vlastnosti	
Obec	Zubří (Zlínský kraj)
Definiční traťový úsek	Střítež nad Bečvou – Rožnov pod Radhoštěm
Silnice	Silnice III / 01877 a silnice I / 35
Evidenční km – poloha přejezdu	km 9,971
Volná šířka komunikace	8 m
Typ zabezpečení přejezdu	PZS bez závor
Typ elektrizace tratě	Neelektrifikovaná trakce
Všeobecný statistický přehled o nehodách	
Počet nehod celkem	7
Počet usmrcených osob	0
Počet těžce zraněných osob	1
Počet lehce zraněných osob	1
Statistika nehod podle druhu	
Srážka s chodcem	1
Srážka se silničním vozidlem	3
Srážka s pevnou překážkou	3

Necelé 2 roky trvala rekonstrukce této frekventované křižovatky. Dokončenou stavbu za 88 mil. Kč ve čtvrtek 3. 8. 2017 slavnostně otevřeli zástupci města Zubří, Zlínského Kraje, ŘSD (investor) a stavebních firem.⁴ Křižovatka v nové podobě je bezpečnější pro silniční i drážní dopravu. Rekonstrukcí se podařilo odstranit dopravní závalu, která znemožňovala bezpečné odbočování vozidel vlevo do Zubří a také plynulý výjezd z obce. Křižovatku nyní řídí SSZ, které umožňuje jednodušší výjezd ze Zubří na hlavní silnici I/35 a zároveň je koordinované s PZZ. SSZ bude řídit dopravu v nepřetržitém celodenním provozu.



Obr. 27: Křižovatka s přilehlým přejezdem v Zubří po rekonstrukci (zdroj: Valašský deník)
Po zavedení nového dopravně-organizačního opatření na této křižovatce zatím nebyla zaznamenána za 4 měsíce provozu žádná nehoda.

⁴ zdroj: Valašský deník, 4.8.2017

3.3.8. Rekonstrukce křižovatky ve Stříteži nad Bečvou (stavba ŘSD)

Text je převzat z informačního letáku stavby ŘSD.

3.3.8.1. Dopravní význam stavby

Úpravou silnice I/35 dojde k odstranění bodové závady v podobě chybějících pruhů pro pravé odbočení do Stříteže nad Bečvou od Valašského Meziříčí a levé odbočení od Stříteže nad Bečvou na Valašské Meziříčí. Dále dojde k úpravě stávajících zálivů autobusové zastávky a vyřešení místa přecházení silnice I/35 chodci.

Základním cílem stavby je zlepšení kvality plynulosti dopravy na silnici I/35 a zejména zvýšení kapacity a bezpečnosti v místě křižovatky se silnicí III/4868 u Stříteže nad Bečvou. Dalším hlavním cílem je zvýšení bezpečnosti pohybu chodců a zlepšení jejich přístupu k autobusovým zastávkám. Vhodnými dopravními opatřeními je vymezeno místo pro přecházení, které přesně definuje pozici, ve které je vhodné křížit silnici I/35 chodci. Stávající silnice I/35 Liberec – Hradec Králové – Olomouc – Lipník nad Bečvou – Valašské Meziříčí – hranice ČR/SR je zařazena do sítě mezinárodních silnic pod označení E442 a představuje nejdůležitější silniční tah v regionu směrem na hranici se Slovenskem.

3.3.8.2. Umístění a popis stavby

Předmětná úroňová křižovatka se nachází mimo zastavěné území v extravilánu na křížení stávajících silnic I/35 a silnice III/4868 u obce Střítež nad Bečvou. Stavebními úpravami stávajícího křížení je snaha o zlepšení bezpečnosti a plynulosti silničního provozu všech účastníků a to zejména zlepšení křižovatkových pohybů – levého odbočení do Stříteže nad Bečvou od Rožnova nad Bečvou, levého odbočení do místní části přes železniční přejezd, pravého odbočení do Stříteže nad Bečvou od Valašského Meziříčí a levého odbočení od Stříteže nad Bečvou na Valašské Meziříčí. Dále stávající křižovatka nevyhovuje zejména z hlediska normy ČSN 73 6380, kdy hranice stávající křižovatky je téměř shodná s hranicí nebezpečného pásma přejezdu. Nový návrh tuto závadu eliminuje. Projekt také řeší nové situování zálivů autobusových zastávek včetně usměrnění pohybu pěších. Přestavbou křižovatky bude umožněno samostatné levé a pravé odbočení v obou směrech z hlavní silnice I/35. Zkanalizováním jednotlivých křižovatkových pohybů dojde k lepší orientaci a ke zvýšení bezpečnosti silničního provozu.

Prostorové vedení trasy silnice I/35 vychází z parametrů návrhové rychlosti 70km/h. Návrh trasy je pojat jako optimalizace stávajícího směrového vedení silnice, umožňující odsun stávající křižovatky se silnicí III/4868 od železničního přejezdu a přidání přídatných pruhů pro jednotlivé směry, včetně zřízení fyzicky oddělených autobusových zálivů. Součástí této úpravy je i situování místa pro přecházení pěších, včetně jejich nasvětlení. Úprava silnice III/4868 spočívá ve zlepšení úhlu křížení na 90° s odkloněnou silnicí I/35, včetně zřízení autobusové zastávky ve směru na Střítež nad Bečvou a umístění ochranných ostrůvků pro lepší orientaci při realizaci křižovatkových pohybů. Místo pro přecházení chodců je rovněž předmětem této úpravy. Stávající napojení

polních cest budou zachována. Napojení místní komunikace respektuje úpravu polohy při splnění podmínky minimální vzdálenosti nejbližší hranice křižovatky deset metrů od nebezpečného pásma stávajícího přejezdu při přestavbě křižovatky podle ČSN 73 6380 Železniční přejezdy a přechody. Stavba není z hlediska postupu výstavby rozdělena do etap. Provoz v dané lokalitě bude během výstavby omezen. Detailní řešení postupu výstavby bude předmětem dalšího stupně projektové dokumentace. Účelnost stavby bude zajištěna ve stejné míře jako doposud. Realizací dojde ke zlepšení plynulosti a k zásadnímu zvýšení bezpečnosti silničního provozu.

3.3.8.3. Nehodovost na křižovatce a přejezdu

Dle JDVM byla zaznamenána statistika všech nehod z minulosti v oblasti této rekonstruované křižovatky přilehlé k přejezdu.

Tab. 11: Statistika nehodovosti v blízkosti přejezdu P7420 (zdroj: JDVM)

Základní vlastnosti	
Obec	Zašová (Zlínský kraj)
Definiční traťový úsek	Zašová – Střítež nad Bečvou
Silnice	Silnice III / 4868 a silnice I / 35
Evidenční km – poloha přejezdu	km 7,234
Volná šířka komunikace	6 m
Typ zabezpečení přejezdu	PZS bez závor
Typ elektrizace tratě	Neelektrifikovaná trakce
Všeobecný statistický přehled o nehodách	
Počet nehod celkem	15
Počet usmrcených osob	3
Počet těžce zraněných osob	0
Počet lehce zraněných osob	11
Statistika nehod podle druhu	
Srážka s vlakem	5
Srážka se silničním vozidlem	8
Srážka s pevnou překážkou	2

4. Koordinované řízení dopravy

Koordinace řízení dopravního proudu na křižovatce PK v blízkosti železničního přejezdu (dále jen „*křižovatka přilehlá k přejezdu*“) je velmi složitý proces, který musí být navržen a následně řízen s jedinečnými podmínkami pro každý daný přejezd přilehlý ke křižovatce odlišně. Výrazem „*koordinovaně řízená křižovatka přilehlá k přejezdu*“ je myšlena křižovatka řízená světelně signalizačním zařízením („SSZ“), která se nachází v bezprostřední blízkosti železničního přejezdu vybaveným světelným přejezdovým zabezpečovacím zařízením („PZZ“) se závorami nebo bez závor, a alespoň jedno rameno křižovatky kříží dráhu. Za *přejezd* je považován takový železniční přejezd, který je součástí normy ČSN 73 6380 „Železniční přejezdy a přechody“ a je vybaven výstražným křížem, včetně přejezdů drah tramvajových. Dle odst. 4.1.1.9 předpisu [8] musí být „*přejezdové zařízení uzpůsobeno tak, aby umožnilo předání informace o svém okamžitém stavu světelnému signalizačnímu zařízení na blízké křižovatce pozemní komunikace*“.

Řízení křižovatek pomocí SSZ je běžně užíváno na PK zatížených vysokou intenzitou dopravy nebo na křižovatkách se značným faktorem rizika. Podobně přejezdy vybavené světelným PZZ jsou užívány při vysokém dopravním momentu přejezdu, omezených rozhledových poměrech nebo při nepříznivých směrových a výškových parametrech komunikace. SSZ a PZZ jsou nejvyšší formy zabezpečení a řízení provozu na křižovatkách či přejezdech. SSZ a PZZ by měly být koordinovaně řízeny a vzájemně ovlivňovány, tzn. SSZ by mělo přejít do zvláštní fáze, když se k přejezdu blíží vlak. SSZ kompatibilní s PZZ je velmi důležité k zajištění bezpečného pohybu vozidel a chodců.

Dopravní inženýr zodpovědný za návrh koordinovaného řízení musí rozumět tomu, jak příslušná křižovatka a její řízení pomocí SSZ funguje. Musí také konzultovat projekt řízení dopravy s příslušným oddělením správy dráhy, z důvodu vhodné a správné instalace zařízení či zajištění plné kompatibility SSZ a PZZ.

4.1. Kdy je vhodná koordinace řízení dopravy?

SSZ jsou zpravidla zřizována ke zvýšení bezpečnosti provozu na PK nebo ke zvýšení plynulosti provozu dopravních proudů nekřížujících daný přejezd. Jelikož jsou zájmy jednotlivých účastníků provozu na pozemních komunikacích protichůdné, nelze všem, i když oprávněným požadavkům jednotlivých účastníků vyhovět současně.

Koordinace řízení dopravy na křižovatkách přilehlých k přejezdu stojí za úvahu tehdy, je-li splněna alespoň jedna z následujících podmínek:

- 1) vozidla dávající na křižovatce přednost mají potenciál tvořit frontu i přes přilehlý přejezd
- 2) vozidla odbočující z hlavní komunikace na vedlejší komunikaci, na které je železniční přejezd, ovlivňují či znemožňují při výstraze průjezd křižovatkou vozidlům jedoucím po hlavní PK

Přejezdy vybavené pouze výstražným křížem je třeba modernizovat na přejezdy vybavené PZZ, aby mohla být koordinace efektivně implementována. Samozřejmostí zůstává vybavení přejezdů světelnou výstražnou signalizací při vysokém dopravním momentu přejezdu nebo nedodržení rozhledových poměrů. Americká metodika „*Manual on Uniform Traffic Control Devices*“ v odstavci 8C-6 doporučuje koordinaci řízení dopravy tehdy, když je vzdálenost mezi nebezpečným pásmem přejezdu a hranicí křižovatky nejméně 200 stop, tzn. asi 60 m. Přistoupit se ale musí k podrobnější analýze dopravního proudu. Do úvahy se musí vzít intenzity přijíždějících vozidel na větvích křižovatky, z toho vyplývající kapacita křižovatky, počet řadících jízdních pruhů, skladba dopravního proudu, podrobná analýza fronty na vedlejší či hlavní komunikaci a dopravní moment přejezdu.

4.2. Přejezdová zabezpečovací zařízení

K pochopení vlastního koordinovaného řízení je nejprve nutné porozumět drážním zabezpečovacím a výstražným zařízením na přejezdech, např. jak je blížící se vlak detekován. Je také nutné porozumět funkčním a provozním rozdílům mezi PZZ a SZZ.

Na křižovatkách řízených SSZ, kde právo přednosti v jízdě mají střídavě navzájem konfliktní dopravní proudy, není nezbytně nutné detekovat vozidla, které se přibližují ke křižovatce. Jestliže řidič vozidla zahlédne signál stůj na návěstidle, jednoduše zpomalí, zastaví a čeká na signál „*Volno*“. Pokročilejší systémy řízení křižovatky používají detektory (např. indukční smyčky) k detekci přijíždějícího vozidla ke křižovatce. Detekce blížícího se drážního vozidla k přejezdu je kritičtější, neboť silniční vozidla musí dát přednost drážním vozidlům. Na konci 19. stol., před nástupem elektrických obvodů či elektronických zařízení, byla výstraha prováděna houkačkou umístěnou na lokomotivě nebo drážním zřízencem přímo na přejezdu. Později byly na přejezdy umístěny zřízencem manuálně ovládané sklápěcí závory. S příchodem kolejového obvodu mohla být drážní vozidla blížící se k přejezdu přesněji detekována a tím pádem mohla být jednodušeji poskytnuta výstraha směřující k řidičům silničních vozidel. Závory se mohly sklápět automaticky s blížícím se vlakem a mohla být aktivována další výstražná zařízení bez přítomnosti drážního zřízence. Kromě toho mohl být automaticky informován řadič řízení přílehlé křižovatky o tom, že se k přejezdu blíží drážní vozidlo.

Přejezdy se mohou dělit dle typu výstražného zařízení:

- a) přejezdy vybavené pouze výstražným křížem („*pasivní výstražné zařízení*“)
- b) přejezdy vybavené PZZ bez závor nebo se závorami („*aktivní výstražné zařízení*“)⁵

⁵ Výstražným křížem se označuje každý jednokolejný či vícekolejný železniční přejezd, tj. se závorami i bez závor, s přejezdovým zabezpečovacím zařízením nebo bez něho. [9]

4.2.1. Přejezdy zabezpečené pouze výstražným křížem

Pasivní výstražné zařízení obsahuje SDZ č. A 32a „Výstražný kříž pro železniční přejezd jednokolejný“ (nebo č. A 32b „Výstražný kříž pro železniční přejezd vícekolejný“) a může obsahovat SDZ č. P 6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“ (lze ji umístit pod výstražný kříž) nebo VDZ, např. č. V 5 „Příčná čára souvislá“ nebo č. V 18 „Optická a psychologická brzda“. Výstražný kříž se umísťuje před železničním přejezdem tak, aby vzdálenost od osy krajní koleje nebyla menší než 4 m. Pro zdůraznění významu a zlepšení viditelnosti lze výstražný kříž nebo značku č. P 6 umístit na retroreflexním žlutozeleném fluorescenčním podkladu. Pasivní výstražné zařízení tedy pouze upozorňuje účastníky silničního provozu na výskyt železničního přejezdu na PK nebo na komunikaci pro pěší. Neposkytují tedy žádnou informaci, zdali se k danému přejezdu blíží drážní vozidlo a účastníci silničního provozu musí být obezřetní při příjezdu k přejezdu i při samotném přejíždění či přecházení přejezdu. Jestliže spatří blížící se drážní vozidlo, musí před přejezdem zastavit a dát tomuto vozidlu přednost.

4.2.2. Přejezdy zabezpečené PZZ

Aktivní výstražné zařízení informuje účastníky silničního provozu o blížícím se drážním vozidlu k železničnímu přejezdu a obsahuje PZZ vybavené světelnou výstrahou a zvukovou výstrahou a může být vybaven závorami.

Přejezd zůstává v tzv. dopravním klidu⁶, dokud se nepřiblíží k přejezdu drážní vozidlo. Když je vlak detekován, typicky nějakou formou kolejového obvodu či počítačem náprav, tak se PZZ aktivuje. Světelná výstraha je dána dvěma střídavě přerušovanými červenými světly, umístěnými na horní straně výstražníkové skříně. Světelná výstraha je doplněna příslušnou zvukovou výstrahou, která je dáána charakteristickým přerušovaným zvukovým signálem nezáměnného významu a zvuk signálu musí být jasně slyšitelný.

Tab. 12: Počet přejezdů v ČR k 31. 12. 2016 (zdroj: SŽDC)

Údaje		Počet [kus]
Počet přejezdů celkem		7 961
	Přejezdy zabezpečené pouze výstražným křížem	3 938
	Přejezdy zabezpečené přejezdovým zabezpečovacím zařízením	4 023
Přejezdy zabezpečené světelným PZZ (PZS)		3 666
	Přejezdy zabezpečené PZS se závorami	1 310
	Přejezdy zabezpečené PZS bez závor	2 356

Jednotlivé druhy přejezdových zařízení se označují a třídí podle klíče: *PZu wxyz*, který je popsán v odst. 2.2.1. příslušné normy [8].

PZS má být přednostně ovládáno automaticky. Stav PZS je při automatickém ovládání odvozen od ovládacích prvků závislých na jízdě drážního vozidla, nebo od povolení k jízdě návazným

⁶ dopravní klid na přejezdu – stav, kdy ovlivnění ovládacích prvků závislých na jízdě drážního vozidla za předem stanovených podmínek nezpůsobí spuštění výstrahy přejezdovým zařízením. [7]

zabezpečovacím zařízením (např. odjezdovým návěstidlem z dopravní). Vede-li přes přejezd více kolejí, vyhodnocuje se ovlivnění ovládacích prvků pro každou kolej samostatně a stav PZS musí odpovídat nejzávažnější informaci.

V každé koleji je na každé straně přejezdu na začátku přibližovacího úseku zřízen zapínací prvek a v bezprostřední blízkosti za přejezdem prvek vypínací. Tyto prvky lze nahradit funkcí návazného zabezpečovacího zařízení. Zapínací prvek závislý na jízdě drážního vozidla umístěný ve směru jízdy daného drážního vozidla za přejezdem se stává prvkem kontrolním. Jestliže nevyhodnocuje směr jízdy, jeho vliv na uvedení PZS do výstrahy se nesmí uplatnit, pokud neuplynula *mezí doba anulace* (viz kap. 4.2.4.4), nebo nebyla-li anulace ukončena jiným způsobem. Vypínací prvek závislý na jízdě drážního vozidla, popřípadě ve spolupráci s dalšími ovládacími prvky nebo navazujícím zabezpečovacím zařízením, musí umožnit bezpečné vyhodnocení, zda drážní vozidlo přejezdem projelo.

4.2.3. Výpočet délek přejezdu

(výpočet délek je proveden dle metodiky popsané v ČSN 34 2650 [8])

4.2.3.1. Délka silničního vozidla - „ d_s “

Délka silničního vozidla d_s se bere obvykle

a) u přejezdu

$$d_s = 22 \text{ m}$$

b) u přechodu nebo křížení s cyklistickou stezkou

$$d_s = 3 \text{ m}$$

4.2.3.2. Šířka přejezdu - „ s_p “

Šířka přejezdu s_p je délka koleje, ve které drážní vozidlo znemožňuje provoz po PK. Je to vzdálenost průsečíku osy koleje s vnějším okrajem jízdního pruhu PK na přejezdu.

Změří se v ose koleje, nebo se vypočte podle rovnice

$$s_p = s_s \cdot \sin^{-1} \alpha$$

kde s_s ...celková šířka všech jízdních pruhů PK

α ...úhel křížení PK s dráhou

4.2.3.3. Délka pásma přejezdu - „ d_p “

Délka pásma přejezdu d_p je délka PK, ve které se nesmí nacházet silniční vozidlo v době jízdy drážního vozidla.

Je to délka PK od místa zastavení čela silničního vozidla:

a) k nejvzdálenějšímu konci břevna závory, je-li za přejezdem závora

b) k hranici nebezpečného pásma za přejezdem, není-li za přejezdem závora

4.2.3.4. Délka směrodatná pro výpočet vyklizovací doby – „ d_T “

Do délky směrodatné pro výpočet vyklizovací doby d_T je třeba zahrnout kromě délky pásma přejezdu i délku silničního vozidla.

$$d_T = d_p + d_s$$

4.2.3.5. Délka směrodatná pro výpočet předzváněcí doby – „ d_Z “

Délka směrodatná pro výpočet předzváněcí doby pro závoru před přejezdem d_Z je vzdálenost od konce silničního vozidla před přejezdem k nejbližší části břevna závory před přejezdem. Uvažuje se u PZS s polovičními závorami a u PZS s celými závorami, kde závora před přejezdem se sklápí dříve než závora za přejezdem. Pro přejezdové zařízení s celými závorami, kde se závory před přejezdem i za ním sklápějí současně, nebo jen pro závoru za přejezdem, sklápí-li se závora před přejezdem dříve se $d_Z = d_T$.

4.2.3.6. Délka přibližovacího úseku⁷ - „ L_P “

Délka L_P je vzdálenost, kterou drážní vozidlo, jedoucí nejvyšší dovolenou rychlostí v traťovém úseku před přejezdem (z hlediska jízdy drážního vozidla), ujede za přibližovací dobu. Délka přibližovacího úseku se stanoví rovnicí:

$$L_P = V_t \cdot t_L \cdot 3,6^{-1}$$

kde V_t ...nejvyšší dovolená traťová rychlost před přejezdem
 t_L ...přibližovací doba (viz kap. 4.2.4.2)

4.2.4. Výpočet dob u PZS

(výpočet dob je proveden dle metodiky popsané v ČSN 34 2650 [8])

4.2.4.1. Vyklizovací doba – „ t_V “

Vyklizovací doba t_V je nejkratší doba, během níž může ještě bezpečně projet přejezdem nejdelší a nejpomalejší silniční vozidlo, nebo cyklista, nebo projít chodec, kteří jsou při spuštění výstrahy ve vzdálenosti 1m před výstražníkem, nebo břevnem závory, je-li blíže.

Tzn., že musí:

- a) u přejezdu s PZS bez závor a u přejezdu s PZS s polovičními závorami minout hranici nebezpečného pásma za přejezdem;
- b) u přejezdu s PZS s celými závorami a u přejezdu s PZM minout závoru za přejezdem

Vyklizovací doba se stanoví z rovnice

$$t_V = 3,6 \cdot d_T \cdot V_s^{-1}$$

kde V_s ...rychlost nejpomalejšího silničního vozidla (pro chodce a cyklisty je $V_s=3 \text{ km.hod}^{-1}$ a pro ostatní uživatele je $V_s=5 \text{ km.hod}^{-1}$)

4.2.4.2. Přibližovací doba – „ t_L “

Přibližovací doba t_L je dána součtem vyklizovací doby a dalších dílčích dob. Je dána rovnicí:

- a) u přejezdu s PZS bez závor

$$t_L = t_r + t_V + t_{b1} + t_{b2}$$

kde t_r ...doba od ovlivnění ovládacího prvku⁸ závislého na jízdě drážního vozidla do zahájení výstrahy (pokud není uvedeno jinak, tak se bere $t_r= 1 \text{ s}$)

⁷ přibližovací úsek – část obvodu přejezdu ve směru jízdy drážního vozidla před přejezdem [7]

t_{b1} ...základní bezpečnostní doba, tj. doba, která musí uplynout od skončení měření vyklizovací doby do příjezdu čela drážního vozidla na přejezd a do výpočtu se bere $t_{b1}=6$ s

t_{b2} ...přídavná bezpečnostní doba, tj. doba, která vyplývá z tolerancí při měření a zaokrouhlování, u nově projektovaných PZS se do výpočtu bere $t_{b2}=3$ s

b) u přejezdu s PZS s polovičními závory

$$t_L = t_r + t_V + t_{b1} + t_{b2} + t_x$$

kde t_x^9 ...přídavná doba na úplné sklopení břevna

c) u přejezdu s PZS s celými závory

$$t_L = t_r + t_V + t_{b1} + t_{b2} + t_u$$

kde t_u ...doba sklápění závory (pokud není udáno, bere se $t_u = 10$ s)

4.2.4.3. Předzváněcí doba – „ t_Z “

Předzváněcí doba t_Z je doba od spuštění výstrahy do okamžiku, kdy se smí začít sklápět břevno závory. Přichází tedy v úvahu pouze u přejezdu se závory.

U PZS s polovičními závory je předzváněcí doba dána dobou, za kterou silniční vozidlo (nebo chodec) mine závora před přejezdem. Je dána rovnicí:

$$t_Z = 3,6 \cdot d_Z \cdot V_s^{-1}$$

U PZS s celými závory a u PZM je předzváněcí doba shodná s vyklizovací dobou.

4.2.4.4. Mezní doba anulace - t_A

Mezní doba anulace t_A musí být nejméně tak dlouhá, aby nejpomalejší a nejdelší drážní vozidlo, jedoucí od přejezdu, opustilo vzdalovací úsek¹⁰. Měří se od ovlivnění vypínacího prvku¹¹ drážním vozidlem. Mezní doba anulace je dána rovnicí:

$$t_A = t_t + t_d + t_{gA}$$

U vícekolejného přejezdu je nutno zjišťovat t_A pro každou kolej, přes kterou přejezd vede, odděleně a má se stanovit tak, aby vyhovovala oběma směrům jízdy.

Doba pravidelného plánovaného stání železničního vozidla t_{gA} se počítá do mezní doby anulace jen tehdy, zůstane-li nejdelší železniční vozidlo nebo jeho část při plánovaném stání ve vzdalovacím úseku. Nastavenou a kontrolovanou mezní dobu anulace je možno u jednotlivých kolejí prodloužit. Prodloužením mezní doby anulace se zajistí, že náhodné další malé snížení rychlosti nejpomalejšího železničního vozidla neuvede PZS na přejezdu zbytečně do výstrahy.

⁸ ovládací prvek – technický prostředek, kterým je ovlivňována činnost PZZ; ovládací prvek může ovlivňovat i jiná zařízení

⁹ U relativně krátkých přejezdů může být doba průjezdu silničního vozidla vlastním přejezdem kratší než doba t_u sklápění břevna závory, o rozdíl těchto dob se musí prodloužit přibližovací doba.

¹⁰ vzdalovací úsek – část obvodu přejezdu ve směru jízdy drážního vozidla za přejezdem [8]

¹¹ vypínací prvek – ovládací prvek, kterým je dáván zařízení podnět k ukončení výstrahy [8]

4.2.4.5. Doba odložení výstrahy

Doba odložení výstrahy t_{zv} se použije, jestliže je třeba oddálit zahájení výstrahy. Odložení zahájení výstrahy je dáno vztahem:

$$t_{zv} = 3,6 \cdot L_{zv} \cdot v_t^{-1}$$

Odložení výstrahy je možno provést pouze v případě, že rozdíl doby trvání výstrahy před příjezdem nejrychlejšího železničního vozidla a železničního vozidla, které jede nejmenší rychlostí podle jízdního řádu platného v době zpracování projektové dokumentace, na přejezd nepřesáhne 180 s. Při větším rozdílu se musí zříditi zapínací prvek v jiném místě.

Doba odložení výstrahy se využije při koordinaci PZZ a SSZ v takovém případě, kdy je nutno před zahájením výstrahy PZZ vyklidit prostor křižovatky a nebezpečného pásma přejezdu tzv. „vyklizovací fázi“. Při aplikaci koordinace PZZ a SSZ a odložení výstrahy se tedy většinou musí posunout zapínací prvek dále od přejezdu, tzn. proti směru jízdy vlaku.

Jednotlivé vypočtené veličiny z kapitol 4.2.3.1 – 4.2.4.5 jsou zapsané v tabulce přejezdu, která dále udává veškeré informace o čísle, poloze či traťových podmínkách na přejezdu. Vlastníkem a správcem tabulek přejezdů je SŽDC.

4.2.5. Detekce vlaku

Obvykle je vlak blížící se k přejezdu detekován drážním zařízením, které využívá elektrického spojení jednotlivých kolejnic pomocí elektricky vodivých drátěných či lanových propojek. Taková soustava elektricky propojených kolejnic v koleji se nazývá kolejový obvod.

Metoda kolejového obvodu spočívá ve vyslání elektrického signálu kolejnicí a sledování jeho dráhy a doby návratu. Pokud se v kolejovém obvodu nachází vlak, zkrátí se dráha vyslaného signálu, protože tento signál přejde přes elektricky vodivou přední nápravu vlaku a vlak je tak tímto způsobem detekován.

Modernějším elektronickým prvkem sloužícím k detekci vlaku je počítač náprav. Je to systém pro detekci a počítání náprav železničních vozidel a je určen pro vyhodnocování volnosti kolejových úseků. Detekci náprav zajišťuje senzor, který spolu s vysílačem tvoří počítačící bod v kolejišti. Takto tvořený počítačící bod je spojen s počítačem, jemuž předává informace o počtu průjezdů náprav a případných poruchách. Počítač tvoří kazeta s elektronickými moduly, které z informací od jednotlivých počítačících bodů generují pro každý úsek stavy „Obsazeno“ – „Volno“ – „Porucha“ a pro každý počítačící bod signály směrovosti.

4.3. Faktory návrhu koordinovaného řízení

Při návrhu koordinovaného řízení křižovatky přilehlé k přejezdu je nutno brát v úvahu mnoho důležitých faktorů, jako např. vzdálenost L_{PK} mezi nebezpečným pásmem přejezdu a návěstidlem SZZ, geometrie křižovatky a přejezdu, traťová rychlost drážních vozidel, rychlost silničních

vozidel, intenzita vozidel, velikost vozidel a skladba dopravního proudu. Koordinace řízení provozu je možná pouze tehdy, je-li přejezd vybaven aktivním PZZ a přílehlá křižovatka je řízena SSZ.

Při koordinovaném řízení SSZ a PZZ je do daného sledu fází, které mají svůj cyklus při neaktivním PZZ, na výzvu vlaku vsunuta jiná fáze tak, aby bylo umožněno bezpečné projetí vlaku po přejezdu, bezpečné vyklizení nebezpečného pásma přejezdu a znemožnění vjezdu vozidlům na rameno křižovatky, na kterém se daný přejezd nachází. Není-li daná vložená fáze poptávána, může být čas, který je k dispozici, využit pro ostatní účastníky silničního provozu, nebo může být zkrácena délka cyklu. Vložená fáze je zařazena do cyklu okamžitě při detekci vlaku kolejovým obvodem nebo počítačem náprav. Do původního cyklu se řízení SSZ vrátí, jakmile vlak opustí přejezd a projede vypínacím bodem.

Vozidlům stojících na koleji musí být umožněno opustit nebezpečné pásmo přejezdu před tím, než vlak přijede na přejezd. Vedle toho vozidla jedoucí na přejezd od křižovatky mohou tvořit frontu do přílehlé křižovatky a blokovat provoz na hlavní komunikaci. Cíl úspěšně naprogramované vložené fáze je kontrola nad signálními obrazy návěstidel na přílehlé křižovatce a nerušený průjezd drážního vozidla přejezdem. Vložená fáze musí být okamžitě aktivní při detekci vlaku, a to v jakémkoliv časovém okamžiku řídicího cyklu.

4.4. Umístění návěstidla SSZ

V podstatě jsou možná dvě řešení umístění návěstidla SSZ na vjezdu do křižovatky, na kterém se nachází přílehlý přejezd, a to tato:

- 1) umístění návěstidla SSZ před přejezdem
- 2) umístění návěstidla SZZ za přejezdem (s případnou předvěstí SSZ před přejezdem)

4.4.1. Umístění návěstidla před přejezdem

Tato kombinace umístění návěstidla SZZ a výstražníku PZZ je vhodná pro přejezdy, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti křižovatek. Pro efektivní řízení světelně řízených křižovatek je zapotřebí co nejbližší umístění návěstidel SSZ středu křižovatky. Při delší vzdálenosti roste ztrátový čas z důvodu delších rozhodujících mezičasů, které jsou klíčové pro bezpečné a účinné řízení světelných křižovatek, proto jsou místa určená pro zastavení před křižovatkou co nejbližší ke středu křižovatky. Dalším problémem je společné umístění návěstidla SSZ a PZZ na stejném místě a nelze je z legislativních důvodů dát na jeden sloup pod sebe či vedle sebe. Například v Německu jsou světla výstražníku PZZ umístěna svisle pod sebou a lze je tak umístit vedle návěstidla SSZ (viz obr. č. 28 vpravo).



Obr. 28 : Rozdíl mezi umístěním PZZ a SSZ před přejezdem v ČR (vlevo) a v Německu (vpravo)

4.4.2. Umístění návěstidla za přejezdem

Kombinace umístění návěstidla SSZ za přejezdem (tj. před křižovatkou) a výstražníku PZZ klasicky před přejezdem je vhodná v případě stávajícího řízení dopravy SSZ na přilehlé křižovatce a možnosti stání vozidel v nebezpečném pásmu přejezdu při návštěvě „Stůj!“ na návěstidle SSZ na vjezdu s přilehlým přejezdem. Nevýhodou je umístění dvou světelných výstrah (výstražníku PZZ a návěstidla SSZ) ve viditelné vzdálenosti za sebou a na účastníka silničního provozu to může působit zmatečně, tzn., že se zrakem může soustředit na vzdálené návěstidlo SSZ, kde v tu chvíli svítí návěst volno a přehlídne tudíž možnou výstrahu na výstražníku PZZ. Při takovém uspořádání a hrozbě stání vozidel v nebezpečném pásmu přejezdu je nutná koordinace PZZ a SSZ z důvodu uvolnění nebezpečného pásma přejezdu.

4.5. Doba provozu SSZ

SSZ nemusejí být v provozu v době, kdy důvod, který vedl k jejich zřízení, odpadá. Provoz SSZ tedy může být diferencovaně omezen na dobu nezbytně nutnou podle časového průběhu intenzity provozu, podle místních podmínek nebo pouze při průjezdu vlaku na přilehlém přejezdu. Mezi tyto podmínky je zapotřebí zahrnout pohyb slabozrakých a nevidomých osob v případě umístění přechodů křížících větve křižovatky. Všeobecně při poklesu intenzity dopravy (večer, v noci, o víkendech) je na mnoha místech výhodnější a plynulejší než řízený provoz v režimu „blikající žlutá“.

Na nehodových a nepřehledných stávajících řízených křižovatkách lze s výhodou stanovit nepřetržitou dobu řízení. Rovněž v případech, kdy v době vypnuté signalizace vozidla po hlavní PK projíždějí velkou rychlostí, je toto opatření účelné. Pro období nízkého a velmi nízkého zatížení křižovatky je nutné použít vhodný režim řízení. Při řízení křižovatky pomocí SSZ pouze při detekci vlaku jsou v době mimo výstrahu PZZ návěstidla SSZ ve stavu blikající žluté nebo mohou být neaktivní a provoz je v tu chvíli řízen dopravním značením.

4.6. Tvorba návrhu koordinovaného řízení

Z hlediska bezpečnosti provozu je účelné zřizovat SSZ na místech hodných zvláštního zřetele. Tyto lokality je zapotřebí posuzovat individuálně podle místních poměrů, při zohlednění všech nutných podmínek podle ČSN 73 6101, ČSN 73 6102 a ČSN 73 6110.

Pod pojmem fáze se rozumí časový interval, v němž mají současně volno určité, zpravidla vzájemně nekolizní dopravní pohyby v křižovatce. Při dopravním řešení SSZ je nutné stanovit tzv. fázové schéma, tj. přiřazení dopravních pohybů jednotlivým fázím a nejvýhodnější pořadí fází. Fázový přechod je časový úsek mezi signály volno skupin končící a nastupující fáze [11].

Při koordinovaném řízení SSZ a PZZ je do daného sledu fází, které mají svůj cyklus při neaktivním PZZ, na výzvu vlaku vsunuta jiná fáze tak, aby bylo umožněno bezpečné projetí vlaku po přejezdu, bezpečné vyklizení nebezpečného pásma přejezdu a znemožnění vjezdu vozidlům na rameno křižovatky, na kterém se daný přejezd nachází. Vložená fáze je zařazena do cyklu okamžitě při detekci vlaku zapínacím prvkem (kolejovým obvodem nebo počítačem náprav). Do původního cyklu se řízení SSZ vrátí, jakmile vlak opustí přejezd a projede vypínacím prvkem.

Většina současných řadičů umožňuje nastavení řízení takovým způsobem, aby byla informace o blížícím se vlaku k přejezdu přenesena na řadič. Tato informace musí být vedena vhodně nastaveným vzájemně propojovacím obvodem mezi PZZ a SSZ.

Norma ČSN 34 2650 [8] vyžaduje u klasického uspořádání přejezdu dobu výstrahy PZZ před příjezdem vlaku na přejezd minimálně jako součet vyklizovací doby t_v a bezpečnostní doby t_b . Při použití vložené fáze na křižovatce přilehlé přejezdu je nutné detekovat vlak pomocí kolejového obvodu mnohem dříve, aby mohla vozidla vyklidit křižovatku a opustit nebezpečné pásmo přejezdu.

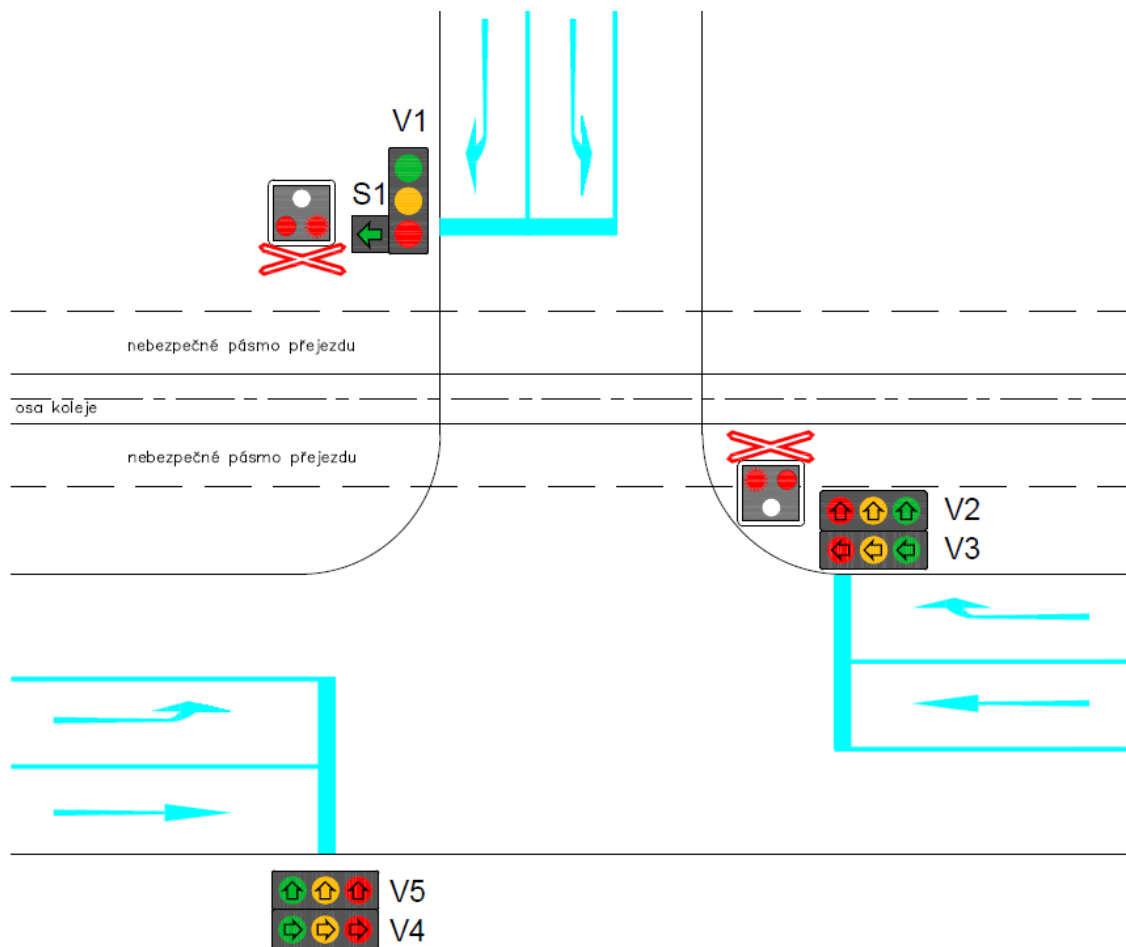
K tomu, aby koordinace řízení na křižovatce přilehlé přejezdu fungovala účinně a efektivně, je nezbytné dodržování pravidel silničního provozu řidiči na přejezdu i přilehlé křižovatce. Porušování pravidel silničního provozu na přejezdu, jako je např. vjezd na přejezd v průběhu výstrahy, má za následek zvýšení rizika mimořádné události bez ohledu na to, zda-li je koordinace řízení správně zaimplementována. Riziko nedodržení předpisů na přejezdu se také zvyšuje s delší dobou výstrahy, kdy řidiči vozidel přestávají být trpěliví.

4.6.1. Řízení SSZ umístěným před přejezdem

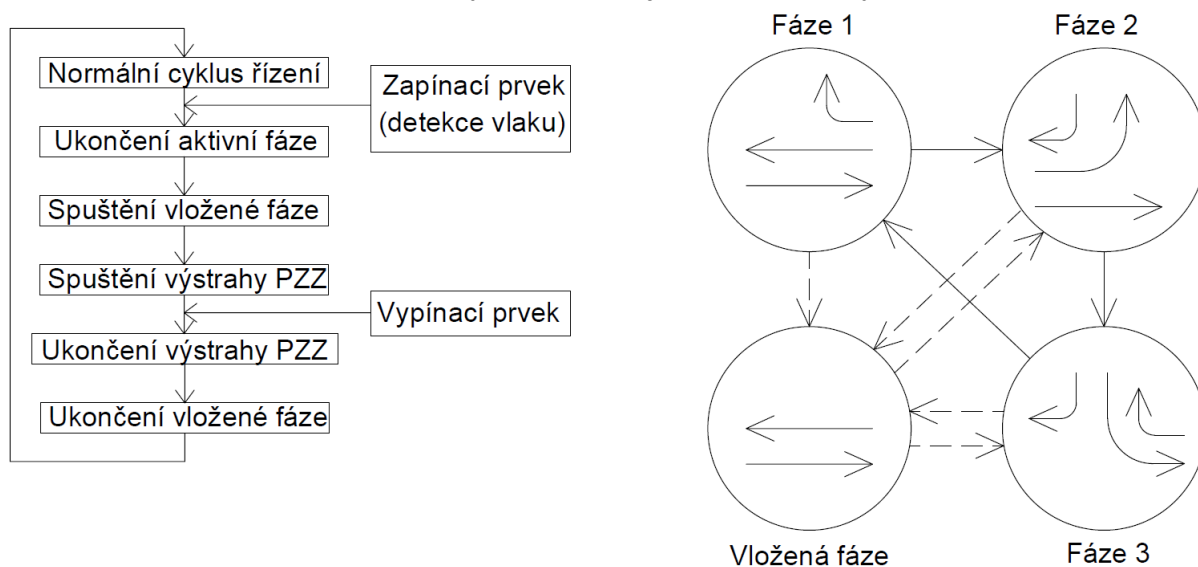
4.6.1.1. *Nepřetržitě řízení SSZ*

Obrázek č 29 názorně ukazuje vzorové schéma přejezdu a přilehlé stykové křižovatky s umístěním návěstidla SSZ před přejezdem nacházejícím se na vedlejší PK. Na každém vjezdu do křižovatky jsou dva řadící pruhy určené pro různé dopravní proudy. Na hlavní PK je každý dopravní proud řízen vlastním směrovým signálem a na vedlejší PK jsou dopravní proudy řízeny plným signálem s doplňkovou směrovou šipkou pro odbočení vpravo. Další obrázek č. 30 ukazuje

vývojový diagram řízení křižovatky s přilehlým přejezdem s vloženou fází při detekci vlaku a možné schéma daných fází. Doba a sled fází při normální cyklu řízení SSZ se při koordinaci ponechávají ve stejné podobě jako bez koordinace SSZ a PZZ.



Obr. 29: Vzorové schéma křižovatky přilehlé k přejezdu s nepřetržitým řízením pomocí SSZ



Obr. 30: Vývojový diagram a schéma fází řízení křižovatky pomocí SSZ z obr. 29

Výše popsaná křižovatka je řízena v normálním cyklu třífázově s vloženou fází při detekci vlaku. Při detekci vlaku je vložená fáze aktivována v jakémkoliv okamžiku normálního řídicího cyklu

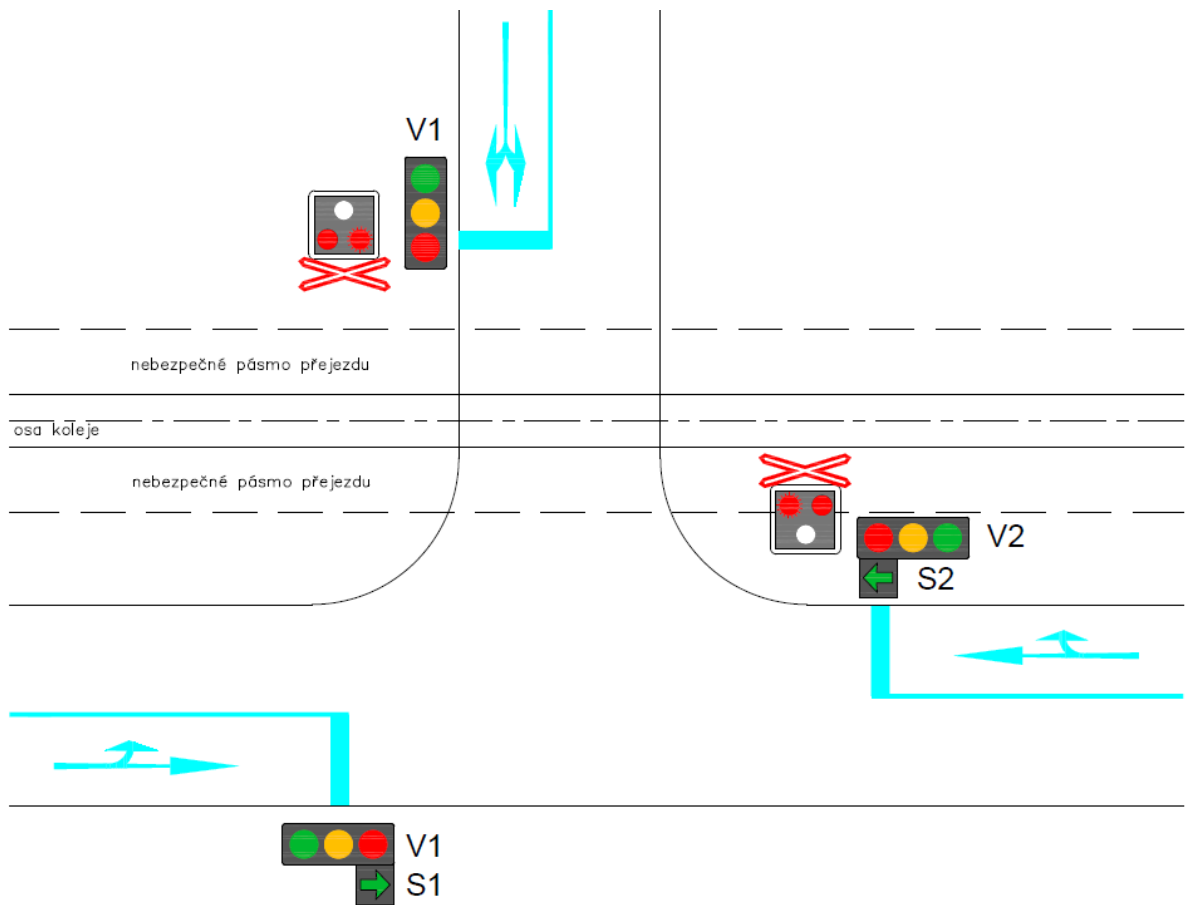
(přerušovaná čárka fázového přechodu). Při vložené fázi není umožněn vjezd na přejezd z žádného ramena křižovatky, umožněn je tedy průjezd vozidlům jedoucích přímo po hlavní PK. Po aktivaci vypínacího prvku PZZ a ukončení vložené fáze je při návratu do normálního řízení umožněn fázový přechod do fáze 2 nebo 3 (dle intenzit vozidel), kdy je umožněn vjezd při výstraze PZZ stojícím vozidlům.

Do doby fázového přechodu mezi normálním řízením a vloženou fází se kromě rozhodujících mezičasů mezi kolizními směry počítá i vyklizovací doba přilehlého přejezdu. Výstrahu PZZ je tedy nutné spustit o něco později než je aktivována vložená fáze – tzv. doba odložení výstrahy PZZ. Například při fázovém přechodu z fáze 2 do vložené fáze je rozhodující mezičas dán kolizní plochou levého odbočení z hlavní PK a nebezpečným pásmem přejezdu.

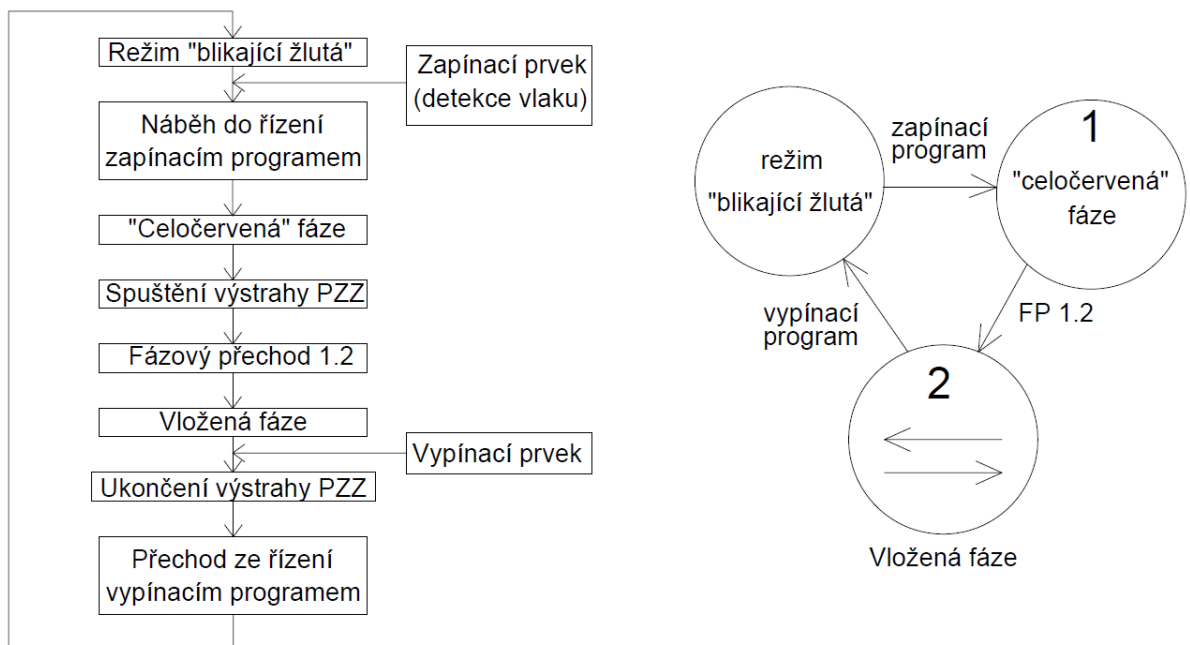
Při požadavku na přepnutí do vložené fáze je aktivní fáze deaktivována a její signální obraz je porovnán s vloženou fází. Při neshodě signálních obrazů jsou dotčené signální skupiny převedeny do stavu podle signálního obrazu vložené fáze při zohlednění minimálních dob signálů volno a mezičasů. Po dosažení požadovaného stavu všemi signálními skupinami je aktivována vložená fáze. Přechod z aktivní fáze na požadovaný signální obraz vložené fáze se provede v daných okrajových podmínkách v nejkratším možném čase. Minimální doby volna a mezičasy mezi kolizními signálními skupinami se určí podle TP 81.

4.6.1.2. Řízení SSZ pouze při detekci vlaku

Obrázek č. 31 názorně ukazuje vzorové schéma přejezdu a přilehlé stykové křižovatky s umístěním návěstidla SSZ před přejezdem nacházejícím se na vedlejší PK. Na každém vjezdu do křižovatky je jeden společný řadící pruh určený pro různé dopravní proudy. Vjezdy na hlavní PK jsou řízeny návěstidlem s plnými signály a doplňkovou směrovou šipkou pro jízdu přímo. Vjezd na vedlejší PK je řízen návěstidlem s plným signálem. V době mimo výstrahu PZZ není křižovatka řízena pomocí SSZ (pouze pomocí dopravního značení) a návěstidla jsou buď úplně vypnuta, nebo mohou být v režimu „blikající žlutá“.



Obr. 31: Vzorové schéma křižovatky přilehlé k přejezdu s řízením pomocí SSZ pouze při detekci a průjezdu vlaku po přejezdu



Obr. 32: Vývojový diagram a schéma fází řízení křižovatky pomocí SSZ z obr. 31
 Je tedy zřejmé, že v době dopravního klidu na přejezdu není přilehlá křižovatka řízena pomocí návěstidel SSZ, ale pomocí SDZ či případně VDZ. Ve chvíli, kdy je vlak detekován, přejde řízení SSZ do „celočervené“ fáze (na všech návěstidlech svítí „Stůj!“), aby mohla vozidla, která už

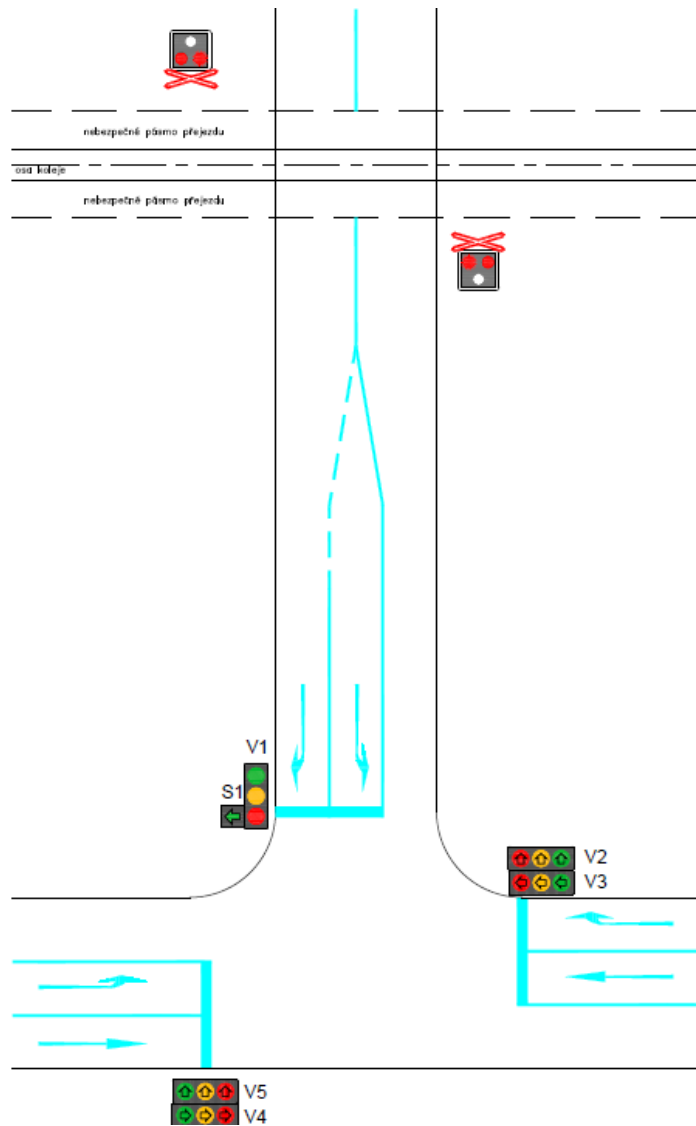
jsou za návěstidlem a dávají přednost nadřazeným proudům, bezpečně vyklidit prostor křižovatky. Délka „celočervené“ fáze je odvislá od nejkritičtějšího proudu na vjezdu do křižovatky, jež se musí vyklidit, zpravidla je to levé odbočení z vedlejší komunikace. V tomto bodě je nutné provést místní šetření ke zjištění vyklizovacích dob křižovatky, na vjezdu se také musí vzít v úvahu přítomnost nákladních vozidel, která zásadně prodlužuje vyklizovací dobu. Po vyklizení křižovatky a nebezpečného pásma přilehlého přejezdu je už možné spuštění výstrahy PZZ a následně i vložené fáze, která umožňuje vjezd vozidlům do křižovatky v nekolizních proudech s přilehlým přejezdem. Po aktivaci vypínacího prvku na kolejovém obvodu se výstraha PZZ ukončí a následně může přejít i řízení SSZ zpět do režimu „blikající žlutá“. Takto navržené opatření v podobě koordinace PZZ a SSZ s případným stavebním opatřením (např. návrhem přídatných pruhů) výrazně zvyšuje výkonnost křižovatky v době výstrahy PZZ a zajišťuje bezpečnost účastníků silničního provozu v případě, kdy se budou chovat podle pravidel silničního provozu.

Výše popsané příklady a vzorová schémata křižovatek byly popsány a zakresleny náhodně dle obecného uspořádání křižovatky a přejezdu. Každá křižovatka je ale unikátní a je nutné se zabývat každou křižovatkou individuálně. Křižovatky se mohou lišit např. jiným počtem řadících pruhů či počtem vjezdů a přejezdy se mohou lišit v počtu kolejí či přítomností závor. Realizace koordinovaného řízení se tedy téměř vždy bude skládat z více vzorových schémat, kdy například na vedlejší PK bude jeden řadící pruh, na jednom z vjezdů na hlavní PK budou dva řadící pruhy a na druhém z vjezdů na hlavní PK bude rozšířený jízdni pruh. Každá křižovatka s již provozním SSZ bez koordinace se také bude lišit různým počtem fází, délkou rozhodujících mezičasů nebo délkou cyklu.

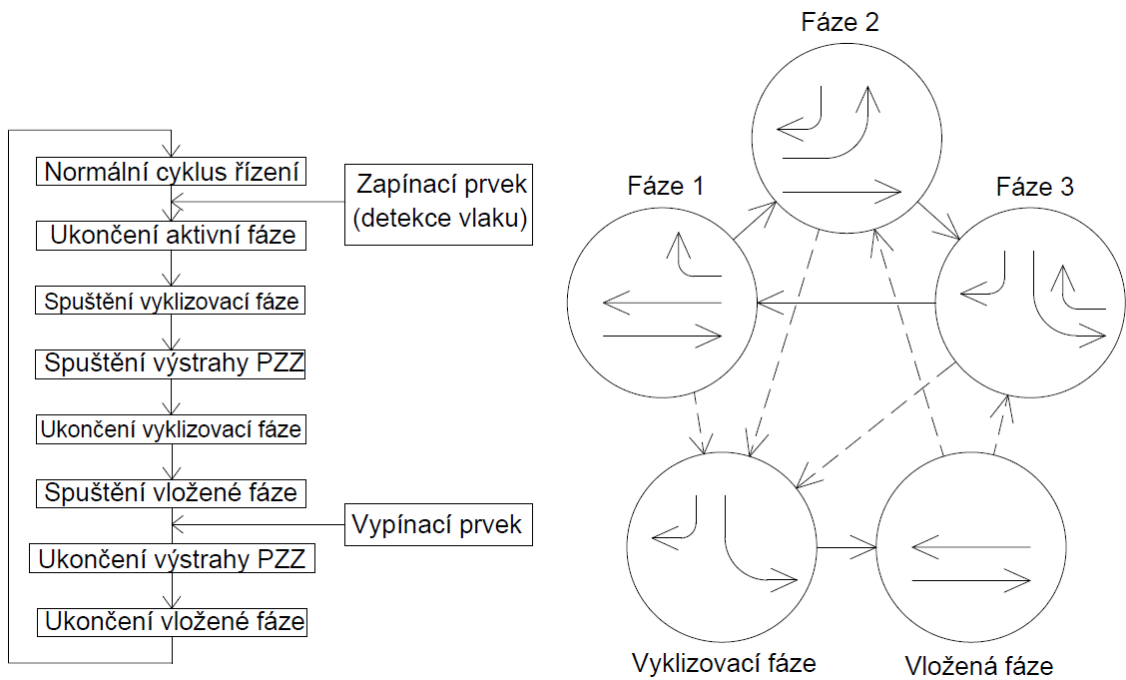
4.6.2. Řízení SSZ umístěným za přejezdem

Toto opatření se navrhne na křižovatce přilehlé k přejezdu, která je v současnosti už řízená pomocí SSZ a délka fronty při čekání na signál volno na vjezdu křižující přejezd může dosahovat či dokonce přesahovat nebezpečné pásmo přejezdu. I v tomto případě je nutná koordinace PZZ a SSZ.

Při detekci vlaku je nejdříve nutné vyklidit rameno křižovatky křižující přejezd i nebezpečné pásmo přejezdu pomocí signálu „Volno“ na návěstidle na daném vjezdu a signály „Stůj“ na všech ostatních ramenech křižovatky, jedná se o tzv. vyklizovací fázi. Při nevyklizení daného vjezdu hrozí stání vozidel na přejezdu při výstraze a v extrémním případě i při průjezdu vlaku, což není v žádném případě přípustné. Po vyklizení nebezpečného pásma přejezdu se spustí výstraha PZZ a vložená fáze řízení SSZ pro bezkolizní dopravní proudy s přejezdem. Po ukončení výstrahy PZZ řízení SSZ přejde do normálního cyklu řízení, obvyklého sledu fází.



Obr. 33: Vzorové schéma křižovatky řízené pomocí SSZ umístěné za přejezdem



Obr. 34: Vývojový diagram a schéma fází řízení křižovatky pomocí SSZ z obr. 33

4.7. Přejezdy s koordinovaným řízením v ČR

4.7.1. Tramvajová trať Liberec – Jablonec nad Nisou

Tramvajová trať vedoucí diametrálně aglomerací Liberec – Jablonec nad Nisou je částečně dvoukolejná a částečně jednokolejná úzkorozchodná trať (rozchod 1 000 mm). Je vedena po samostatném tělese v zastavěném území. Trať byla mezi roky 2008 – 2015 v několika etapách modernizována z důvodu lepších traťových parametrů, a také hlavně z důvodu lepšího zabezpečení přejezdů, které jsou přilehlé ke křižovatkám PK. Trať je převážně vedena paralelně s přilehlými a většinou silně intenzitou zatíženými komunikacemi, a tím vznikají rizikové události popsané v kap. 1. Rekonstrukcí bylo navrženo řízení SSZ pouze při detekci přibližující se tramvaje s blikajícím červeným plným nebo směrovým signálem návěstidla SSZ.



Obr. 35: Nově navržená koordinace řízení křižovatky na tramvajové trati

Bohužel se ale nově navržené zkoordinované SSZ nesešlo se správným pochopením řidičů vozidel. SSZ mělo zabránit srážkám s tramvajemi jedoucími souběžně se silnicí, jenže podle alespoň části řidičů mají nová návěstidla SSZ podél tramvajové trati na svědomí rizikové události a dokonce i nehody. Mnoho řidičů totiž novou signalizaci nechápe. Jedná se o klasická návěstidla SSZ s plným nebo směrovým signálem „Stůj!“, které ale přerušovaně blikají podobně jako výstražník PZZ. Vedle tohoto „blikajícího“ signálu se při průjezdu tramvaje rozsvítí doplňková zelená šipka v přímém směru určené pro dopravní proudy nevjíždějící na přejezd. Řada řidičů signály nechápe a vjede přímo na přejezd před blížící se tramvaj.¹²

Navržená signální soustava není v souladu s vyhláškou č. 294/2015 [5]. K lepší orientaci řidičů vozidel by pomohly rovnocenná návěstidla SSZ třibarevné soustavy se směrovými signály v souladu s danou vyhláškou.

¹² zdroj: www.idnes.cz, 3.8.2017

5. Studie vybraných přejezdů na železniční síti v ČR

V následující kapitole jsou aplikována různá opatření na křižovatkách přilehlých k přejezdům, která byla popsána v předešlých kapitolách. Jedná se o tři aplikovaná opatření. V prvním případě se jedná o dopravně organizační opatření v podobě záměny hlavní a vedlejší komunikace v Děčíně, ve druhém případě jde o stavební a technologické řídicí opatření v Zákupích a ve třetím případě jde o úpravu organizace dopravy a změnu signálního plánu na křižovatce v Praze.

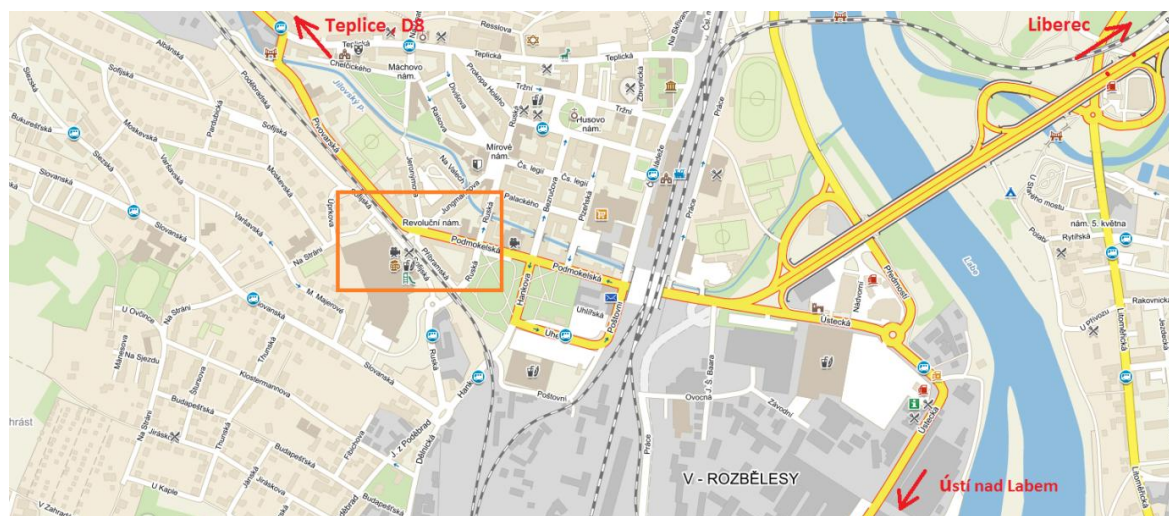
5.1. Návrh studie přestavby křižovatky v Děčíně

Jedná se o projekt studie rekonstrukce oblasti Revolučního náměstí v Děčíně. Investorem projektu je „Centrum Pivovar a.s.“, jež vlastní budovu obchodního centra Pivovar v Děčíně nacházející se v bezprostřední blízkosti přejezdu a křižovatky. Cílem projektu je zobousměrnění obslužné MK vedoucí přes přejezd P2005 z důvodu lepší dopravní obslužnosti OC Pivovar.

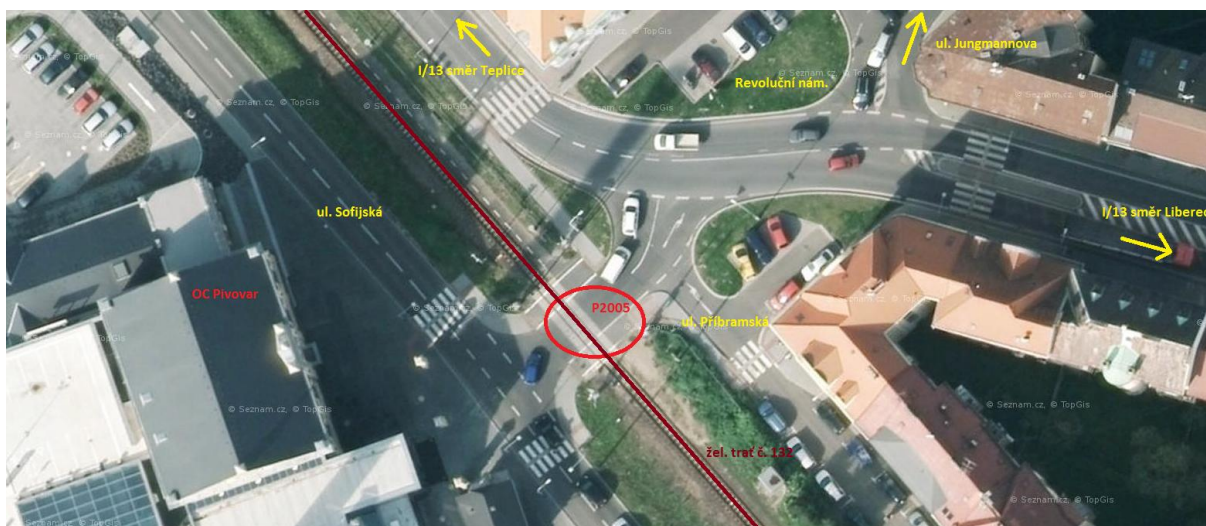
5.1.1. Základní údaje a popis současného stavu

Jde o jednokolejný přejezd v Děčíně nacházející se na Revolučním náměstí, který křížuje obslužnou MK propojující silnici I. třídy I/13 (ulice Pivovarská) s ulicí Sofijská. Silnice I/13 vede přes Revoluční náměstí a jedná se o hlavní silniční tah z Liberce přes Děčín do Karlových Varů. Jde o frekventovanou silnici, RPDl zde dosahuje hodnoty téměř 12 500 voz/den, z toho je asi 1 090 těžkých nákladních vozidel (zdroj: CSD 2016). Ulice Sofijská slouží k obsluze místní části Letná, kterou spojuje s obchodním centrem a centrem města na levém břehu Labe. Propojující MK křížící přejezd je dvoupruhová jednosměrná a vede od ulice Sofijská k ulici Pivovarská.

Přejezd P 2005 se nachází na železniční trati z Děčína do Oldřichova u Duchcova, tzv. „Kozí dráze“. V současnosti je na trati pozastavena pravidelná osobní doprava. Jezdí zde ale letní víkendové nostalgické vlaky a traťový úsek s přejezdem je využíván jako výsuvná kolej pro nákladní vlaky na vlečce společnosti Ryko. Nicméně při realizaci opatření se musí počítat i s případným obnovením pravidelné osobní dopravy v budoucnosti. Přejezd je vybaven PZS se závorami a vzdálenost mezi závorami a hranicí křižovatky s ulicí Sofijská je pouhý 1 m.



Obr. 36: Širší vztahy okolí Revolučního náměstí v Děčíně (zdroj: www.mapy.cz)



Obr. 37: Ortofotomapa okolí přejezdu P2005 v Děčíně (zdroj: www.mapy.cz)



Obr. 38: Fotografie přejezdu P2005 a přilehlé křižovatky v ulici Sofijská (zdroj: foto autora)

5.1.2. Výchozí podklady

- stávající platné dopravní řešení
- zaměření oblasti Revolučního náměstí
- digitální mapy vedení inženýrských sítí
- mapové podklady
- vlastní fotografie
- zadání od investora

5.1.3. Návrh organizace dopravy

Organizace dopravy a návrh dopravního značení po rekonstrukci jsou patrné z navržené situace (viz příloha č. 2). Na obslužné MK vedoucí přes přejezd je navrženo zobousměrnění se šířkou jízdních pruhů 3,25 m a zrušení severozápadního chodníku. Na křižovatce přilehlé k přejezdu této obslužné MK s ulicí Sofijská je navrženo opatření v podobě záměny hlavní a vedlejší komunikace. Nově vede hlavní komunikace směrem z přejezdu doleva, aby nedocházelo ke stání vozidel v nebezpečném pásmu přejezdu při dávání přednosti, dopravní proud jedoucí z přejezdu už není podřazený. Vzhledem k malým intenzitám do 10 000 vozidel/den není nutné provést posouzení kapacity křižovatky a střední doby zdržení na nově vedlejší komunikaci.

Vjezd na obslužnou MK vedoucí přes přejezd je umožněn z Pivovarské ulice pouze ze směru od Teplic pomocí rozšířeného jízdního pruhu o šířce 5,50 m a samostatné odbočovací větve, z druhé strany je vjezd zakázán pomocí SDZ č. B24b. Vjezd na ulici Pivovarská z obslužné MK vedoucí přes přejezd je možný do obou směrů. Mezi vjezdem na Pivovarskou ulici a sjezdem z ní je navržen dělicí a bezpečnostní dopravní ostrůvek se srpovitou zvýšenou pojížděnou dlažbou pro nákladní vozidla a autobusy.

Na nově vedlejší komunikaci v ulici Sofijská je zrušen přechod pro chodce a dopravní proudy jsou usměrněny postranním zatravněným zvýšeným ostrůvkem a VDZ č.V13 ve středu komunikace. Tímto opatřením se zamezí optické či psychologické přednosti. Přednost je také nově vyznačena pomocí SDZ č. P04 a dodatkovou tabulkou E10 pro vyznačení místa křížení MK s dráhou. Na výjezdu z ulice Příbramská je zachován zákaz odbočení doleva směrem k přejezdu a dopravní proud jedoucí doprava je usměrněn pomocí obrubníků.

Na vlakové zastávce „Děčín zastávka“ je nově navrženo vnější nástupiště s hranou výšky 550 mm nad temenem kolejnice a přístup na nástupiště je umožněn pouze pomocí míst pro přecházení umístěných na vjezdu do a sjezdu z Pivovarské ulice. S případným obnovením osobní drážní dopravy je počítáno s výměnou míst pro přecházení za přechody pro chodce.

5.2. Návrh studie přestavby křižovatky v Božíkově

5.2.1. Základní údaje a popis současného stavu

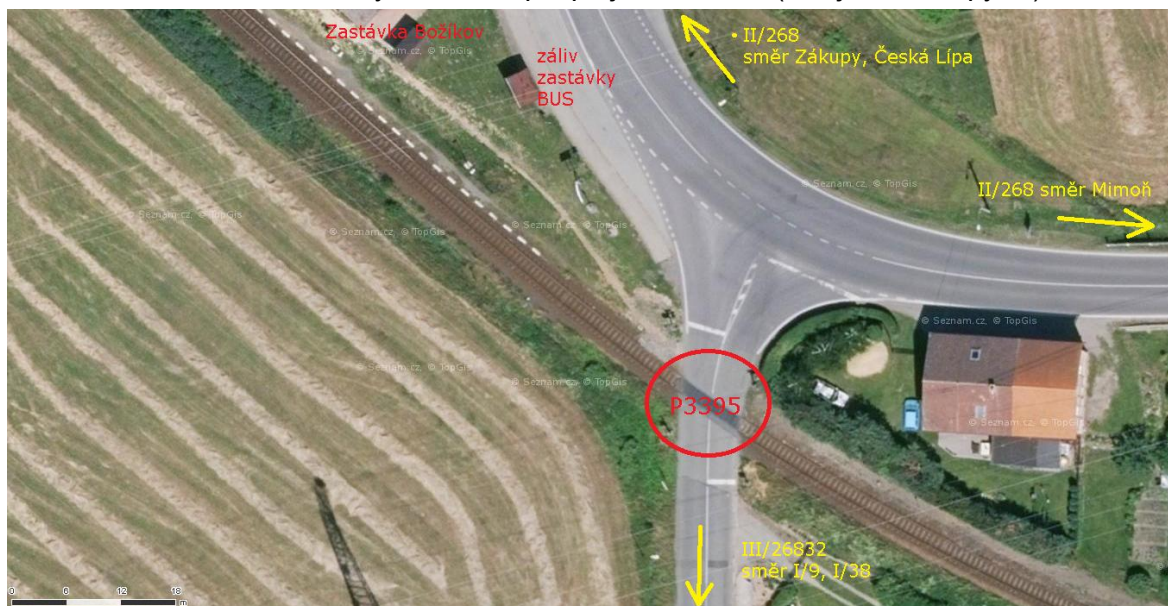
Studie dopravního řešení křižovatky silnic II/268 (ul. Mimoňská) a III/26832 (ul. U Zastávky) přilehlé k přejezdu P3395 „Zastávka Božíkov“ je zpracována pro změnu organizace dopravy a návrh světelné signalizace (SSZ).

Křižovatka regionálního významu s přilehlým přejezdem se nachází v Libereckém kraji (okr. Česká Lípa) na samotné hranici obcí Zákupy a Božíkov. Jde o úroňovou neřízenou stykovou křižovatku bez žádných řadicích přídatných jízdních pruhů na vjezdech do křižovatky a povolena jsou odbočení do všech směrů. Ulice Mimoňská vede ze severozápadu ze Zákup a levosměrným obloukem se stáčí na východ, jedná se o hlavní silnici mezi okresním městem Českou Lípou a Mimoní. Do křižovatky je po pravé straně ve směru od Zákup zaústěn autobusový záliv. Ulice U Zastávky vede z jihu od obce Božíkov a právě tuto silnici využívají nákladní vozidla jako zkratku mezi silnicemi I/9 či I/38 a silnicí II/268. Proto je zde velmi častý výskyt stání nákladních vozidel v nebezpečném pásmu přejezdu při dávání přednosti.

Přilehlý přejezd P3395 se nachází na jednokolejné celostátní dráze, označené dle KJŘ č. 086 Liberec – Česká Lípa hl.n. – Benešov nad Ploučnicí. V blízkosti přejezdu se nachází železniční zastávka Božíkov, kde stávají osobní vlaky z Liberce do Děčína a zpět. Vlaky kategorie R jedoucí po této trati mezi Libercem a Ústím nad Labem a zpět touto zastávkou projíždějí bez zastavení. V průběhu celého dne přes přejezd projedou pouze 2 nákladní vlaky. Přejezd je zabezpečen PZS bez závor s celkovým počtem 5 výstražníků s retroreflexním podkladem výstražných křížů.



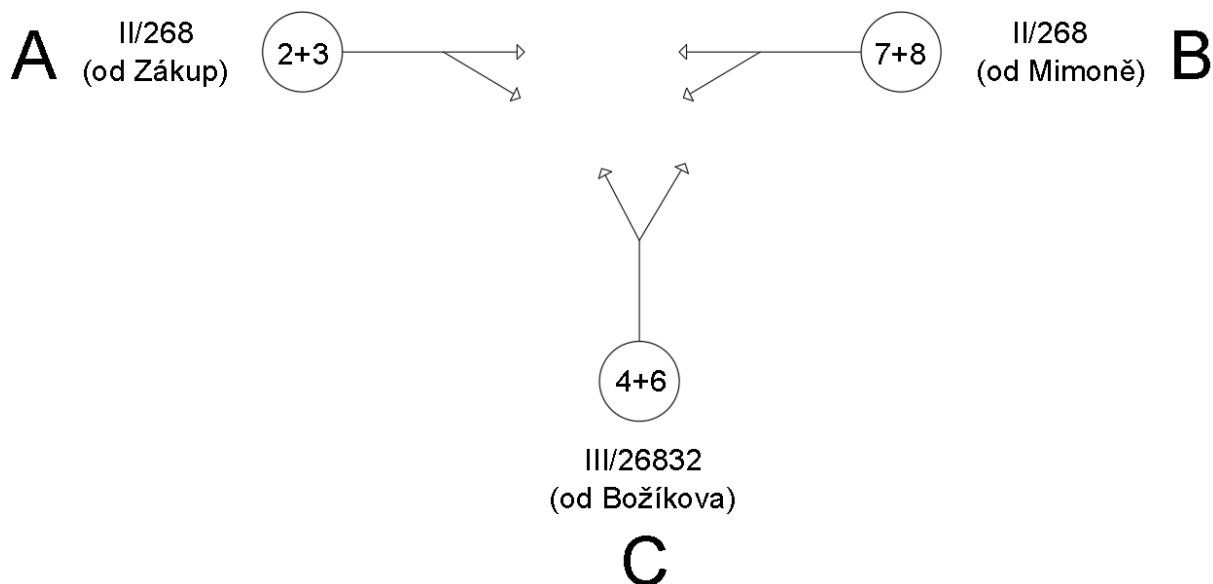
Obr. 39: Širší vztahy okolí Zákup a přejezdu P3395 (zdroj: www.mapy.cz)



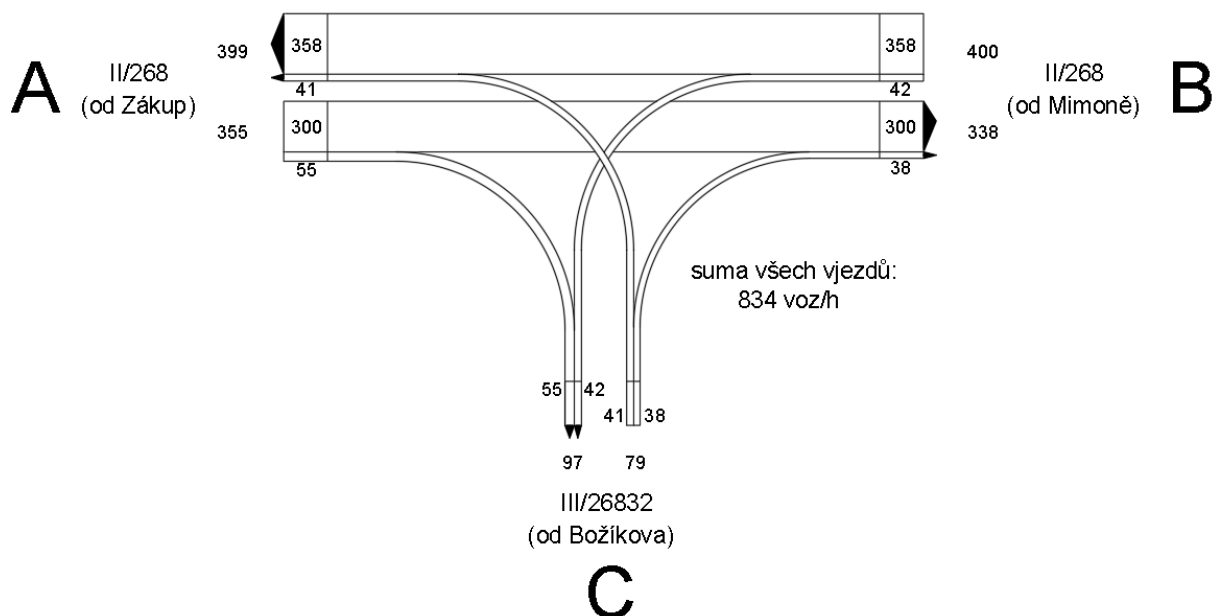
Obr. 40: Ortofotomapa okolí přejezdu P3395 v Zákupích (zdroj: www.mapy.cz)



Obr. 41: Stání nákladních vozidel při dávání přednosti v prostoru nebezpečného pásma přejezdu (zdroj: foto autora)



Obr. 42: Schéma dopravních proudů v jednotlivých jízdních pružích v současném stavu



Obr. 43: Kartogram 50-ti rázových hodinových intenzit dopravních proudů na vjezdech do křižovatky (zdroj: CSD 2016 + dopravní průzkum autora)

Kapacitní posouzení současného stavu je součástí přílohy 3a).

5.2.2. Výchozí podklady

- stávající platné dopravní řešení
- vlastní zaměření situace na místě
- intenzity dopravy (zdroj: CSD 2016)
- mapové podklady (zdroj: mapy.cz)
- vlastní fotografie

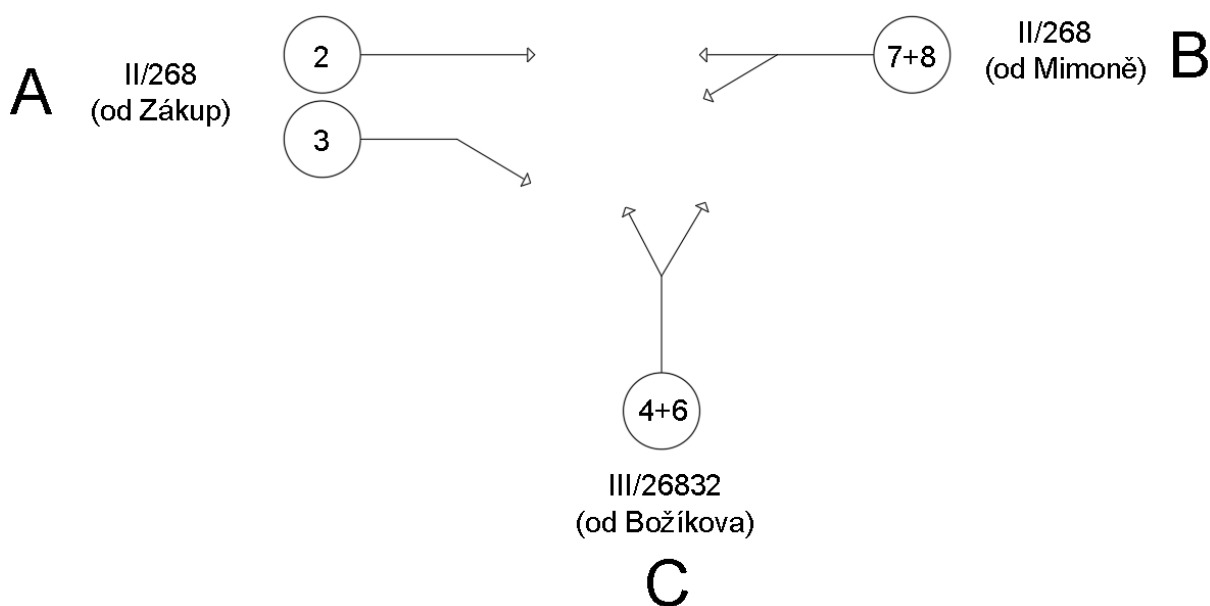
5.2.3. Situační řešení a návrh organizace dopravy

Organizace dopravy a návrh dopravního značení po přestavbě jsou patrné z navržené situace (viz příloha č. 3e). V ulici Mimoňská ve směru od Zákup je současný autobusový pruh, který ústí přímo

do křižovatky využít pro umístění řadícího pruhu určeného k odbočení doprava ve směru do Božíkova. Autobusová zastávka je posunuta blíže k centru města Zákupy. Mezi novým autobusovým zálivem a odbočovacím pruhem doprava je navržena vysazená plocha pro usnadnění přecházení lidí přes zkrácený přechod pro chodce. Směrem od Zákup doprava do Božíkova je prodloužen chodník přes přejezd a pomocí nového přechodu pro chodce je pohyb pěších převeden na druhou stranu ulice U Zastávky. Pohyb pěších je díky návrhu v prostoru křižovatky bezpečnější. V ulici Mimoňská ve směru od Mimoně je navrženo rozšíření jízdního pruhu pro jízdu přímo do Zákup a pro odbočení vlevo do Božíkova na šířku 5,5 m. Při výstraže PZZ je tedy možné objetí vozidel jedoucích doleva zprava. Délka rozšíření jízdního pruhu 16 m je limitována malým mostkem nacházejícím se na tomto rameni křižovatky. V ulici U Zastávky zůstává stejná organizace dopravy.

Na všech ramenech křižovatky jsou svislým dopravním značením vyznačena přednost v jízdě s příslušnou dodatkovou tabulkou č. E 10 s umístěním přejezdu. Také je nově umístěno na všech ramenech křižovatky SDZ č. A 10 informující o blížícím se SSZ.

Součástí příloh je i kapacitní posouzení stávajícího stavu i navrhovaného řešení křižovatky.



Obr. 44: Schéma dopravních proudů v jednotlivých jízdních pruzích v navrženém stavu

5.2.4. Návrh řízení pomocí SSZ

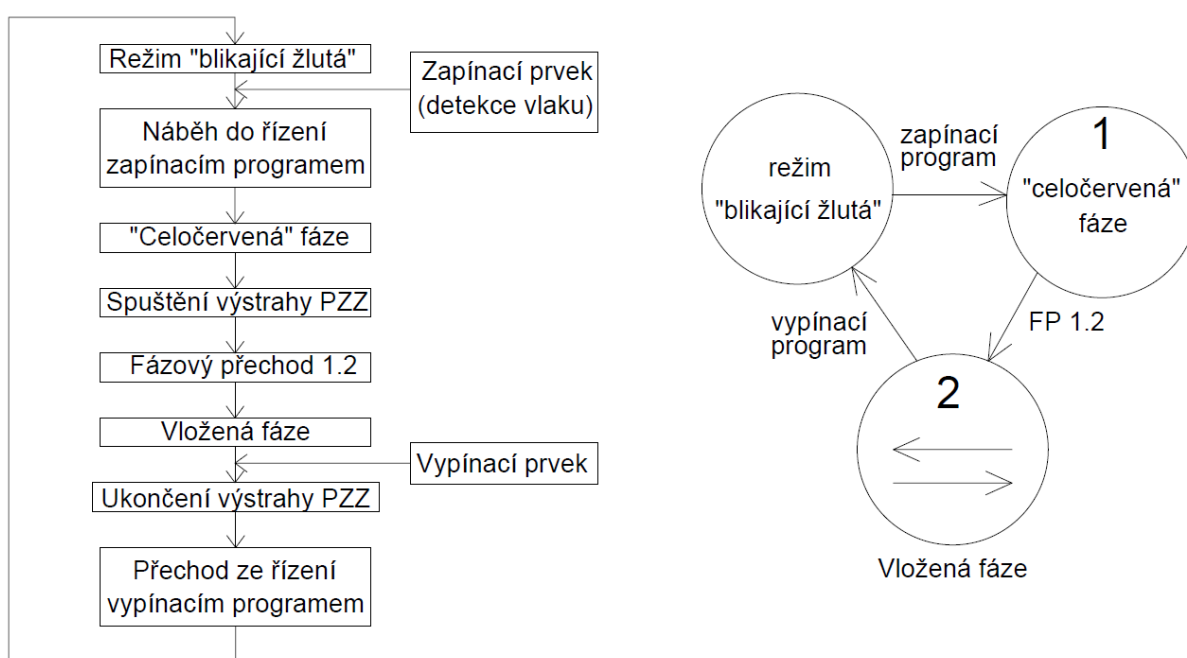
Situační řešení řízení SSZ vychází z organizace dopravy. Je navrženo řízení křižovatky pomocí SSZ pouze při detekci a průjezdu vlaku na přilehlém přejezdu. V době dopravního klidu na přejezdu jsou návěstidla SSZ v režimu „blikající žlutá“.

V ulici Mimoňská ve směru od Zákup jsou navržena pro každý dopravní proud v jiném jízdním pruhu návěstidla se směrovými signály pro jízdu přímo (VA ^ a VA ^) a pro jízdu vpravo (VA > a VA >'). V opačném směru v ulici Mimoňská ve směru od Mimoně jsou navržena návěstidla signální skupiny s plným signálem (VB a VB') a zelená doplňková šipka pro směr přímo (SB ^).

V ulici U Zastávky ve směru od Božíkova jsou navržena návěstidla signální skupiny umístěné před přejezdem s plnými signály (VC a VC').

Řízení SSZ je navrženo podle kapitoly 4.6.1.2. Doba „celočervené“ fáze je určena podle možné nejkritičtější nastalé situace, kdy křižovatku musí vyklidit 2 nákladní vozidla odbočující doleva z vedlejší komunikace a dávající přednost všem nadřazeným dopravním proudům. Doba této fáze byla navržena a pozitivně odzkoušena v dopravním mikrosimulačním programu PTV Vissim. Po odloženém spuštění výstrahy a přechodu do vložené fáze je také spuštěna vyklizovací doba pro možné přecházející chodce na přejezdu. Po projetí vlaku po přejezdu a aktivaci vypínacího prvku přejde řízení návěstidel opět do režimu „blikající žlutá“.

K detekci blížícího se vlaku (aktivaci zapínacího prvku) jsou v koleji použity stávající počítače náprav drážního vozidla.



Obr. 45: Vývojový diagram a fázové schéma řízení SSZ

5.2.5. Tabulka mezičasů

Při řízení křižovatky pomocí SSZ pouze při detekci vlaku není nutné počítat mezičasy pro všechny vzájemně kolizní dopravní proudy na křižovatce. Je ale možné, že se v budoucnosti počítá se zavedením nepřetržitého řízení křižovatky pomocí SSZ a v takovém případě je tabulka s vypočtenými mezičasy nezbytná. Mezičasy jsou vypočteny dle TP 81, přílohy J [11].

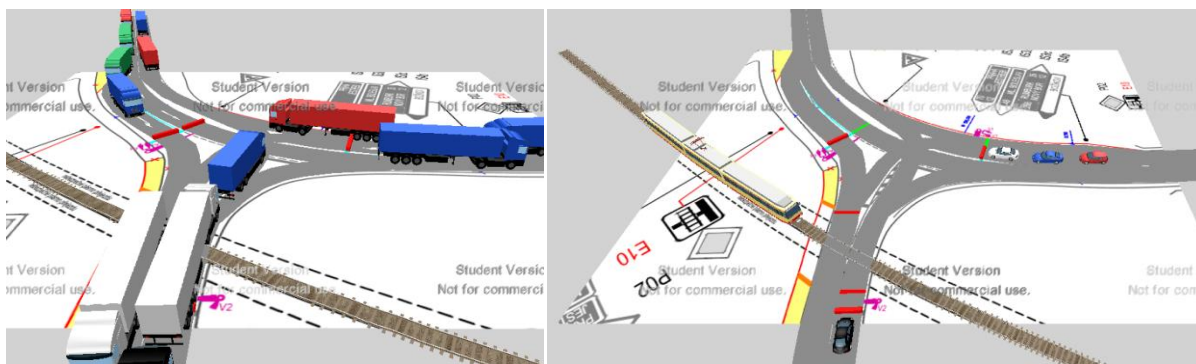
Tab. 13: Tabulka mezičasů

Vodorovně: vyklizuje
Svisle: najíždí

[s]	VA [^] , VA [^] '	VA ^{>} , VA ^{>} '	VB, VB'	SB [^]	VC, VC'
VA [^] , VA [^] '	x	-	5	-	3
VA ^{>} , VA ^{>} '	-	x	3	-	-
VB, VB'	7	6	x	-	5
SB [^]	-	-	-	x	2
VC, VC'	8	-	7	7	x

Vyklizovací doby vozidel při „celočervené“ fázi (a tedy i doba „celočervené“ fáze) se velmi obtížně zjišťují. Pro každou křižovatku s odlišnou topologií jsou jedinečné. Nejlépe se dají zjistit místním šetřením, případně může pomoci mikrosimulační program (např. PTV Vissim). Nejkritičtější a časově nejdelší dobou je vyklizení levého odbočení z vedlejší komunikace, neboť vozidla musí dát přednost a čekat na vyklizení 3 dalších nadřazených dopravních proudů.

Na tomto příkladu křižovatky bylo provedeno místní šetření na křižovatce v Božíkově, kde se zjistil jako nejkritičtější případ vyklizení 2 nákladních vozidel při levém odbočení ve směru z Božíkova do Zákup. Změřené vyklizovací doby a tedy i doba „celočervené“ fáze byla pozitivně odzkoušena i v mikrosimulačním programu PTV Vissim a činí 12 s. Začátek výstrahy PZZ musí být od detekce vlaku odložen o dobu „celočervené“ fáze, tj. 12 s, aby vozidla při vyklizovací „celočervené“ fázi nezůstala stát na výstrahu PZZ v křižovatce a neblokovala tak provoz vozidel, kterých se výstraha PZZ netýká. Odložení výstrahy si vyžádá posun počítačů náprav určených k detekci drážních vozidel (zapínacích prvků) o 200 m dále od přejezdu (při rychlosti vlaku 60 km/h)

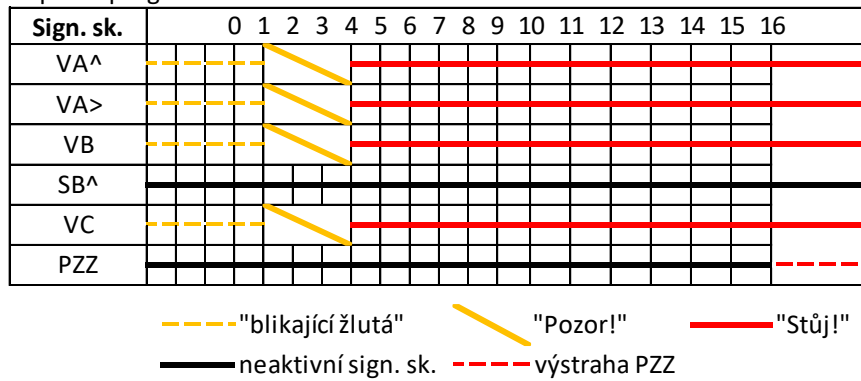


Obr. 46: Navržené řízení křižovatky Božíkov pomocí SSZ při testu funkčnosti v programu Vissim (vlevo – „celočervená“ vyklizovací fáze, vpravo – vložená fáze)

5.2.6. Fázové přechody

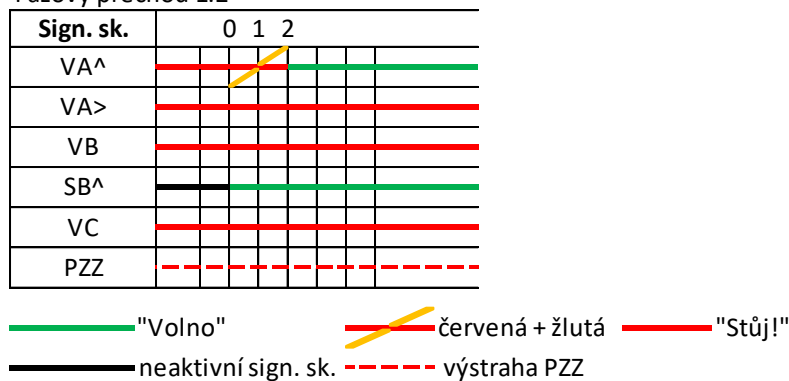
Fázové přechody, tj. přechody z jedné fáze do druhé, jsou navrženy dle TP 81 [11]. Jsou aktivovány průjezdem vlaku zapínacím prvkem, na pouze při detekci vlaku a jedná se o pevné fázové přechody. Nejdříve režim „blikající žlutá“ přejde zapínacím programem do „celočervené“ fáze. Po vyklizení prostoru křižovatky a aktivaci výstrahy PZZ přejde „celočervená“ fáze fázovým přechodem „1.2“ do vložené fáze, kdy je umožněn zelenými signály na návěstidlech SSZ pohyb vozidel v dopravních proudech nekřížujících přilehlý přejezd. Po průjezdu vlaku a aktivaci vypínacího prvku přejde vložená fáze vypínacím programem zpět do režimu „blikající žlutá“.

Zapínací program:



Obr. 47: Zapínací program řízení křižovatky Božíkov pomocí SSZ při detekci vlaku
 Na obr. 47 je vidět zapínací program v době aktivace zapínacího prvku při detekci vlaku. Doba od ovlivnění ovládacího prvku závislého na jízdě drážního vozidla do zahájení řízení křižovatky pomocí SSZ je 1 s a doba signálu se žlutým světlem „Pozor!“ jsou dle TP 81 3s. Doba vyklizovací „celočervené“ fáze je změřených a úspěšně odzkoušených 12 s. Po uplynutí těchto 12 s se spustí světelná a zvuková výstraha PZZ.

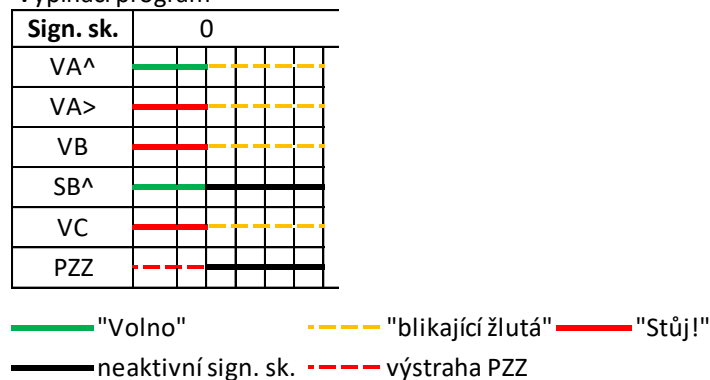
Fázový přechod 1.2



Obr. 48: Přechod do vložené fáze řízení křižovatky Božíkov pomocí SSZ

Na obr. 48 je vidět fázový přechod do vložené fáze, ve které je umožněn signální skupinám VA[^] a SB[^] průjezd křižovatkou dopravním proudům, které nekřížují přilehlý přejezd. Délka vložené fáze závisí na rychlosti vlaku, z ní vyplývající době průjezdu přibližovacím úsekem a aktivaci vypínacího prvku bezprostředně za přejezdem.

Vypínací program



Obr. 49: Vypínací program řízení křižovatky Božíkov pomocí SSZ

Na obr. 49 je vidět vypínací program, který je aktivován průjezdem vlaku vypínacím prvkem umístěným bezprostředně za přejezdem. Signální obrazy návěstidel a řízení křižovatky pomocí SSZ opět přejdou do režimu „blikající žlutá“.

5.2.7. Závěr

Navržené řešení splňuje zadání a zvyšuje bezpečnost provozu na křižovatce přilehlé k přejezdu a dále také zvyšuje kapacitu křižovatky a snižuje střední dobu zdržení pro dopravní proudy vozidel, které nejedou přes přejezd v ulici U Zastávky.

5.3. Návrh studie přestavby křižovatky Špejchar

5.3.1. Základní údaje a popis současného stavu

Studie úpravy dopravního řešení křižovatky je zpracována pro rekonstrukci řízení křižovatky pomocí SSZ. V současné době je SSZ řízeno mikroprocesorovým řadičem. Řadič dopravně funguje v programovém režimu pro izolované dynamické řízení s proměnnou délkou cyklu – pro slabý, běžný i silný provoz. Další varianty záložních programů řízení jsou záložní pevný program, pevný program pro mimořádný dopravní stav – „trvalá zelená na výjezdu z tunelu“, preference vedlejších směrů a preference hlavních směrů. Doprava je řízena dynamickými (v případě záložního pevného programu - pevnými) signálními programy. Rozsah doby provozu SSZ je pondělí – neděle 0 – 24 hodin, tzn. nepřetržitý provoz.

Řízení křižovatky není zkoordinováno s výstražným řízením PZZ přilehlého přejezdu P0003. Při výstražném řízení PZZ je umožněn pomoci návěstidel SSZ vjezd na rameno s přejezdem a tím se tvoří nežádoucí fronta vozidel zasahující do křižovatky, která snižuje bezpečnost provozu a tvoří překážku pro dopravní proudy, které na daný přejezd z křižovatky nevjíždějí (viz obr. 52). Cílem úpravy dopravního řešení je právě zkoordinování řízení křižovatky a přilehlého přejezdu, a z toho vyplývající zvýšení kapacity a bezpečnosti křižovatky.

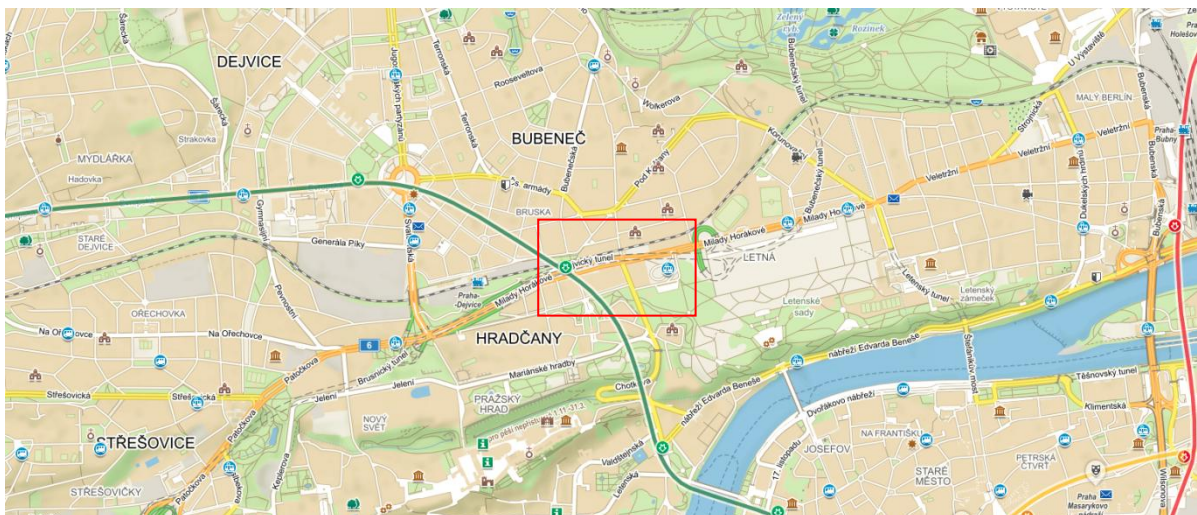
5.3.2. Výchozí podklady

- stávající situace oblasti křižovatky (zdroj: TSK Praha)
- platné dopravní řešení řízení stávajícího SSZ (zdroj: TSK Praha)
- kartogram intenzit dopravy roku 2016 (zdroj: TSK Praha)
- vlastní fotodokumentace

5.3.3. Širší dopravní vztahy

Předmětná křižovatka je křižovatkou celoměstského významu se zatížením blížícím se celkové intenzitě 30 000 voz/24 h). Ulice Dr. M. Horákové je čtyřpruhová směrově rozdělená komunikace se středovým zvýšeným tramvajovým pásem a vede západovýchodním směrem. Na západním rameni křižovatky je zakázáno odbočení vlevo (dopravní proud 1) do Pelléovy ulice, není zde také umístěn přechod pro chodce. Z východního ramena je umožněno odbočení do všech směrů

pomocí 3 řadících pruhů (dopravní proudy 7, 8 a 9). Ulice Badeniho vedoucí z jižního ramena je dvoupruhová směrově nerozdělená komunikace se středovým nezvýšeným tramvajovým pásem. Je zde také umožněno odbočení do všech směrů pomocí rozšířeného společného jízdního pruhu (dopravní proudy 4, 5 a 6). Ulice Pelléova je jednopruhá jednosměrná komunikace s přilehlým úrovnovým železničním přejezdem. V této ulici je umístěn protisměrný cyklistický pruh. Cyklisté si zde musí poptávat fázi „Volno“ pomocí mechanického tlačítka.



Obr. 50: Širší vztahy okolí řešené křižovatky Špejchar a přejezdu P0003 (zdroj: mapy.cz)



Obr. 51: Ortofotomapa řešené křižovatky Špejchar a přejezdu P0003 (zdroj: mapy.cz)

Od západu, jihu a východu jsou vedeny tramvajové tratě, na kterých je pomocí výhybek umožněna jízda do všech směrů. V směru západ-východ jsou vedeny tramvajové linky č. 1, 8, 25 a 26, ve směru západ-jih jsou vedeny tramvajové linky č. 2, 18 a 20 a ve směru jih-východ je vedena tramvajová linka č. 12. Na západním rameni je umístěna předsunutá výhybka bezprostředně za tramvajovou zastávkou Hradčanská k dosažení vyšší kapacity tramvajové tratě. V řízení křižovatky je aplikována preference tramvajových vozidel na všech ramenech křižovatky.

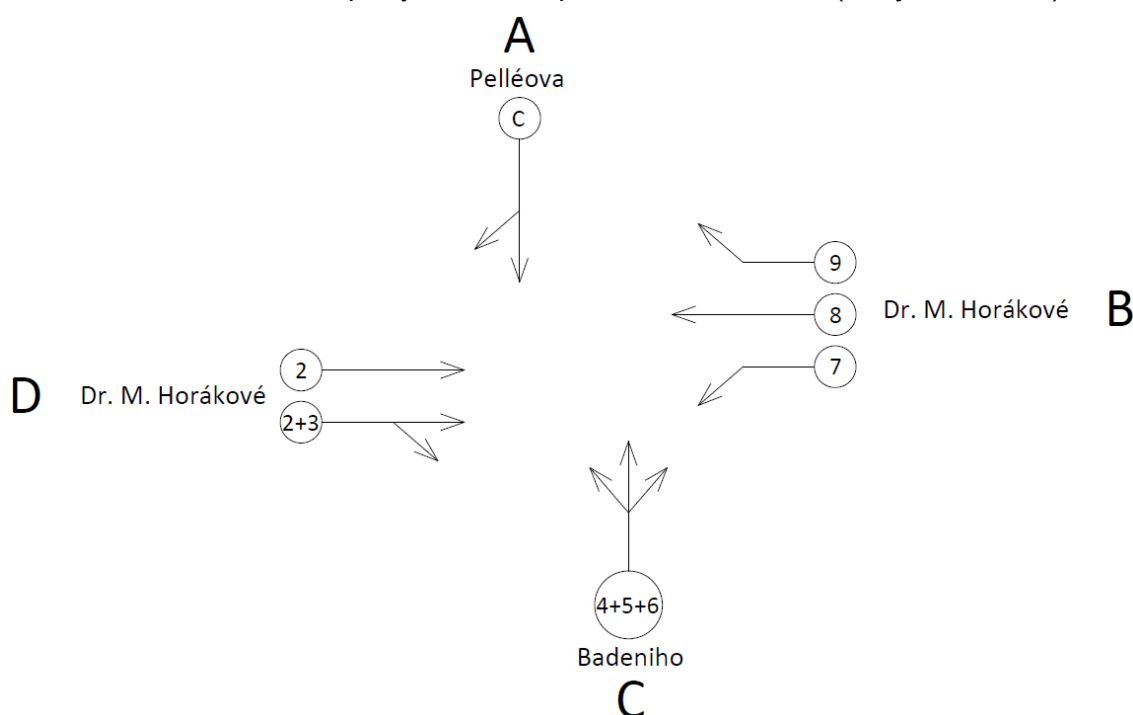
5.3.4. Situační řešení a návrh organizace dopravy

Organizace dopravy a návrh dopravního značení po úpravě řízení SSZ jsou patrné z navržené situace - viz příloha 4c). Nejsou zde navrženy žádné stavební úpravy. Úpravy organizace dopravy se týkají pouze východního a jižního ramena křižovatky.

Na jižním rameni je v rozšířeném jízdním pruhu zaměněn směr šipek VDZ pro řazení vozidel. V pravé části je nově navržena šipka pro odbočení vpravo (dopravní proud 6) a v levé části je navržena šipka pro jízdu přímo a odbočení vlevo (dopravní proudy 4 a 5). Na východním rameni je pravý řadící pruh navržen pouze pro odbočení vpravo k přejezdu (dopravní proud 9) a na prostředním řadícím pruhu (dopravní proud 8) je navrženo VDZ č. V19 „Prostor pro cyklisty“, který vyznačuje prostor určený pro cyklisty čekající na světelný signál „Volno“. Na nově vyznačené a směrované řadící pruhy s předstihem před křižovatkou upozorňuje nově navržené SDZ č. IP19 „Řadící pruhy“. Oba nové návrhy na ramenech křižovatky výrazně přispějí ke zvýšení kapacity a bezpečnosti křižovatky, neboť při výstraze PZZ nebude umožněn vjezd na rameno s přejezdem a vozidla nově nebudou tvořit překážku výstrahou neovlivněným dopravním proudům.



Obr. 52: Vozidla tvoří při výstraze PZZ překážku v křižovatkce (zdroj: foto autora)

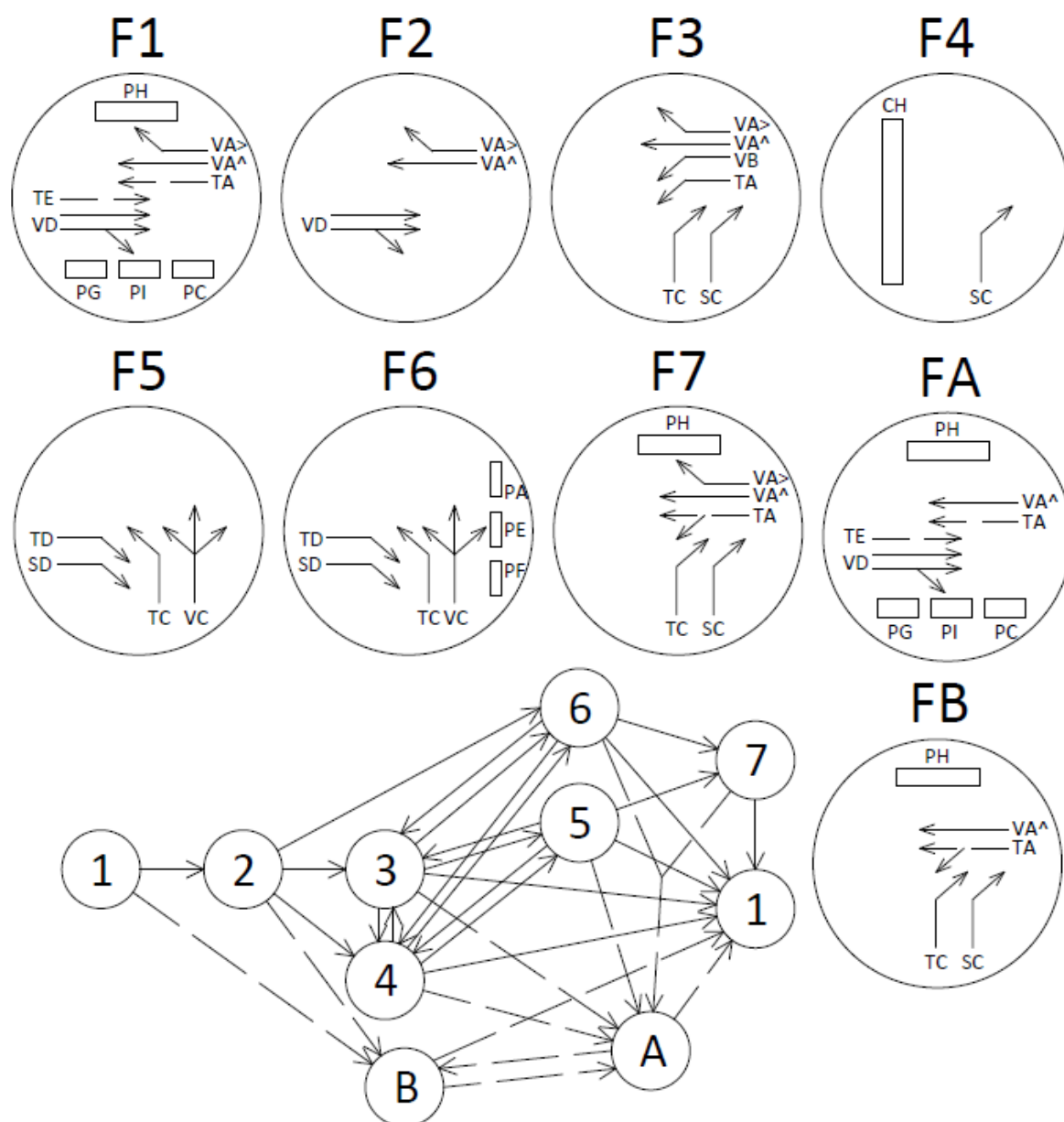


Obr. 53: Schéma dopravních proudů v jednotlivých jízdních pruzích v navrženém stavu

5.3.5. Návrh řízení pomocí SSZ

Křižovatka je pomocí SSZ řízena v nepřetržitém provozu. Je navržena vložená fáze při detekci vlaku zapínacím prvkem (počítačem náprav).

Nová návěstidla SSZ a jejich nová označení jsou navržena pouze na východním rameni křižovatky. Současná signální skupina VA[>] (tříbarevná soustava s kombinovanými směrovými signály) je nově rozdělena na 2 návěstidla SSZ signálních skupin VA[>] a VA[^] (tříbarevné soustavy se směrovými signály). Jsou navržena i opakovací návěstidla SSZ signálních skupin VA[>] a VA[^] umístěné na výložníku nad příslušnými řadícími pruhy (dopravní proudy 8 a 9). Vedle návěstidel SSZ signální skupiny VA[>] (VA[>]) je navržen signál žlutého světla ve tvaru chodce (signální skupina ZA a ZA'), jimiž je doplněn signál se zelenou šipkou směřující vpravo a upozorňuje řidiče, že křížuje směr chůze přecházejících chodců.



Obr. 54: Fázové schéma a sled fází navrženého řízení křižovatky pomocí SSZ

Řízení křižovatky pomocí SSZ je navrženo podle kapitoly 4.6.1.1. Sled 7 fází se v normálním cyklu návrhu řízení nemění, a to včetně preference vozidel veřejné dopravy. Jakmile je na přilehlém přejezdu zapínacím prvkem detekován vlak, přejde řízení křižovatky okamžitě do vložené fáze FA nebo FB. Po aktivaci vložené fáze probíhá pro signální skupiny VA> a VC fáze vyklizovací, při které musí opustit křižovatku a přilehlý přejezd, poté se spouští výstraha PZZ. Během vložené fáze je umožněna signálem „Volno“ jízda těm vozidlům, která nevjíždějí na přilehlý přejezd.

Tab. 14: Tabulka mezičasů

Vodorovně: vyklizuje
Svisle: najíždí

	VA>	VA^	VB	VC	SC>	VD	SD>	TA^	TA<	TC<	TC>	TE^	TD>	CH
VA>	x			0										
VA^		x		0										5
VB			x	3		9	9	2		2		7	6	4
VC	10	8	7	x	0	6		5	1		2	7		
SC>				0	x	5								
VD			1	4	4	x	0		0	0	0		2	0
SD>			0			0	x							0
TA^			9	8				x		4				9
TA<				15		15			x	16		8	14	
TC<			9			12		8	1	x		16		9
TC>				14		15					x	14		
TE^			8	7					10	10	1	x		3
TD>			4			7			0				x	4
CH		4	5			10	10	6		1		5	8	x

Pro přehlednost jsou uvedeny pouze kritické mezičasy vozidel, tramvají a cyklistů, nikoliv chodců na přechodech.

Délka vyklizovací fáze pro dopravní proudy signálních skupin VA> a VC byla místním šetřením a simulací v mikrosimulačním programu Vissim určena 12 s. O takovou dobu se musí také odložit výstraha PZZ na přilehlém přejezdu. Odložení výstrahy si vyžádá posun počítačů náprav určených k detekci drážních vozidel (zapínacích prvků) o 200 m dále od přejezdu (při rychlosti vlaku 60 km/h) ve směru Praha – Bubny. Ze strany ŽST Praha-Dejvice zůstává nadále aktivace výstrahy PZZ na výpravčím zdejší stanice, PZZ je zde z hlediska staničního zabezpečovacího zařízení závislé na signálech odjezdových návěstidel.

5.3.6. Závěr

V návrhu jsou provedena dopravně-organizační a technologická opatření v podobě úpravy směrů proudů v řadících pruzích křižovatky a koordinace řízení pomocí SSZ a PZZ. Opatření zvyšuje bezpečnost silniční i drážní dopravy a také zvyšuje kapacitu křižovatky při detekci vlaku na přilehlém přejezdu a výstraze PZZ.

6. Závěr

Problematika zvýšení bezpečnosti rizikových železničních přejezdů je předmětem velkého zájmu většiny politických činitelů, veřejnosti, správců PK nebo správců drah. Na odstranění rizik a zvýšení bezpečnosti těchto bodových konfliktních míst dopravní infrastruktury musí pracovat všechny zainteresované složky koordinovaně a společně ve veřejném zájmu.

V úvodu této práce byly vytyčeny 4 základní cíle určené k analýze a vyhodnocení. Prvním cílem bylo nalézt veškeré rizikové faktory vznikající špatným prostorovým uspořádáním silniční nebo železniční infrastruktury či špatnou organizací dopravy na křižovatkách PK přilehlých k přejezdům. Rizikové přejezdy byly rozděleny dle kategorie rizika na přejezdy nacházející se na vedlejší komunikaci a na přejezdy nacházející se na hlavní komunikaci. V obou kategoriích je hlavním rizikem střední doba zdržení a délka fronty podřazených proudů (například levé odbočení z vedlejší komunikace) na rameni křižovatky křížící přejezd a možné stání fronty osobních vozidel či nákladního vozidla v nebezpečném pásmu přejezdu při výstraze PZZ a dávání přednosti vozidel nadřazeným dopravním proudům. Dalším rizikem při výstraze PZZ je vznik konfliktních událostí a snížení kapacity křižovatky při výjezdu vozidel z křižovatky na rameno křižovatky křížící přejezd. Fronta vozidel v tomto případě může zasahovat do prostoru křižovatky a znemožňovat průjezd vozidlům, která nejsou výstrahou PZZ ovlivněna.

Dále byl zpracován pasport rizikových přejezdů přilehlých ke křižovatkám PK na síti SŽDC s upřesněním polohy přejezdu, intenzit vozidel na křižující komunikaci, typu PZZ, druhu rizikového faktoru vzešlého s umístění přejezdu ve vztahu k PK a statistiky nehodovosti na daném přejezdu. Celkový počet rizikových přejezdů umístěných na hlavní nebo vedlejší komunikaci je srovnatelný, dohromady tvoří asi 80 % všech rizikových přejezdů. Zbytek je tvořen přejezdy, které nejsou rizikové, ale nesplňují normovou hodnotu ve vzdálenosti mezi hranicemi křižovatky a nebezpečným pásmem přejezdu. Železniční tratě s největší hustotou rizikových přejezdů (počet rizikových přejezdů/100 km tratě) se nachází na Moravě v Olomouckém a Zlínském kraji. Může to souviset s celkově častějším výskytem nemodernizované silniční i drážní infrastruktury. Naopak nejmenší hustota rizikových přejezdů je v Praze. Problémem v ČR jsou i vyústění polních či lesních cest křížících přejezd na PK. Z celkového počtu rizikových přejezdů tvoří asi 16%. Větší zabezpečení těchto přejezdů by bylo vzhledem k málo pojížděných komunikacím velmi neefektivní. Řešením by bylo uzavření těchto přejezdů s jejich možným odemčením při sezónních polních nebo lesních pracích a možné časově omezené lokální snížení traťové rychlosti pro drážní dopravu.

Nejdůležitější částí práce bylo navržení takových bezpečnostních opatření v podobě úprav svislého či vodorovného dopravního značení, změny organizace dopravy či změny technologického řízení křižovatky v podobě koordinace PZZ a SSZ v takovém rozsahu, aby došlo k minimalizaci rizikových a mimořádných událostí na přejezdech přilehlých ke křižovatkám PK. Úprava vodorovného i svislého dopravního značení přispívá k lepší orientaci řidiče vozidla

v prostoru přejezdu a křižovatky. Vodorovným dopravním značením můžou být vyznačena obvyklá místa stání vozidel před křižovatkou při dávání přednosti pomocí příčné čáry souvislé nebo může být vyznačen prostor nebezpečného pásma přejezdu či prostor mezi závorami přejezdu pomocí žlutých zkřížených čar. U svislého dopravního značení je důležité schematické vyznačení hlavní a vedlejší komunikace pomocí dodatkové tabulky, a také vyznačení tvaru křížení pozemní komunikace s dráhou. Značky upravující přednost mohou být zvýrazněny retroreflexním a fluorescenčním podkladem. Ke zvýšení bezpečnosti a zvýšení kapacity křižovatky lze využít i zákazové svislé dopravní značení, které zamezí všem nebo vybraným vozidlům podřazených proudů ve stání v nebezpečném pásmu přejezdu nebo v prostoru křižovatky, např. zákaz odbočení vlevo nebo zákaz vjezdu nákladních vozidel. Pokud nemá docházet k vjezdu vybraných vozidel na přejezd, musí být příslušné zákazové dopravní značení umístěno před přejezdem s dostatečným předstihem, aby se příslušná vozidla nemusela otáčet těsně před přejezdem.

Analýza délky fronty čekajících vozidel a střední doby zdržení na křižovatkách přilehlých k přejezdům je zásadní pro dopravně-organizační, stavební a technologické úpravy na křižovatce. Tato analýza je základním podkladem pro návrh bezpečnostních opatření vedoucích k minimalizaci rizik budoucích nehod. K odhadu délky fronty, střední doby zdržení a z nich vyplývající úrovně kvality dopravy na křižovatce se využívá pokročilých nástrojů stochastických systémů. Pokud odhadnutá délka fronty je delší než vzdálenost mezi nebezpečným pásmem přejezdu a hranicí křižovatky a střední doba zdržení je delší než vyklizovací doba přejezdu, musí se přistoupit k bezpečnostním opatřením.

Návrhy všech možných opatření byla seřazena od nejjednodušších dopravně-organizačních (např. změna hlavní a vedlejší komunikace) až po finančně nejnáročnější stavební úpravy (např. vzájemné odchýlení os pozemní komunikace a dráhy). Tato opatření výrazně zvyšují bezpečnost silniční i drážní dopravy a zvyšují kapacitu přilehlé křižovatky. Speciálním případem jsou technologická opatření, která spočívají v koordinaci drážních a silničních řídicích či zabezpečovacích zařízení. Byly navrženy principy řízení křižovatek pomocí SSZ v nepřetržitém provozu nebo jenom při detekci vlaku. Také byla navržena různá umístění návěstidel SSZ vzhledem k poloze přejezdu a k nim příslušné vývojové diagramy řídicí logiky křižovatky.

Všechna navržená opatření byla aplikována na konkrétní přejezdy na síti SŽDC v České republice. Byly vybrány 3 konkrétní přejezdy s přilehlou stykovou či průsečnou křižovatkou a na nich byla aplikována dopravně-organizační, stavební a technologická opatření. Navržená opatření byla odzkoušena v mikrosimulačním programu, kde bylo zjištěno výrazné zvýšení bezpečnosti silniční i drážní dopravy a zvýšení kapacity křižovatky.

Nalezená opatření dostatečně zamezují vznikům mimořádných událostí na přejezdech přilehlých ke křižovatkám pozemních komunikací a zásadně zvyšují bezpečnost silniční i drážní dopravy, ať už v podobě úpravy svislého či vodorovného dopravního značení, úpravy organizace dopravy,

stavebních úprav nebo v podobě koordinace SSZ a PZZ. Opatření ale budou účinná pouze v případě striktního dodržování pravidel silničního a drážního provozu na křižovatce i přilehlém přejezdu. Závěrem se dá říci, že byla nalezena veškerá aplikovatelná a efektivní opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti. Tím je úspěšně splněn základní úkol práce, který byl vytyčen v jejím úvodu. Další snahou autora této práce je zařazení tohoto tématu zvýšení bezpečnosti do řady metodických pokynů správců pozemních komunikací a drah a sjednocení návrhů úprav při realizacích rekonstrukcí či modernizací dráhy nebo přilehlé křižovatky.

Literatura a zdroje

- [1] Zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů
- [2] Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
- [3] Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
- [4] Vyhláška č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah, ve znění pozdějších předpisů
- [5] Vyhláška č. 294/2015 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích
- [6] ČSN 73 6102. *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*. Ed. 2. Praha: ÚNMZ, 2012.
- [7] ČSN 73 6380. *Železniční přejezdy a přechody*. Změna Z1. ČNI, 2008
- [8] ČSN 34 2650. *Železniční zabezpečovací zařízení. Přejezdová zabezpečovací zařízení*. Ed. 2. ÚNMZ, 2010
- [9] ČSN 73 6021. *Světelná signalizační zařízení. Umístění a použití návěstidel*. ČNI, 1994
- [10] TP 65. *Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích*. 2. vydání Brno: CDV, v. v. i., 2002. 98 s. ISBN: 80-86502-04-X
- [11] TP 81. *Navrhování SSZ pro řízení provozu na pozemních komunikacích*. 3. vydání Praha: EDIP, v. v. i., 2015. 174 s.
- [12] BARTOŠ, Luděk. *Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek: TP 188*. Mariánské Lázně: Pro EDIP vydalo nakl. Koura, 2007. ISBN 978-80-902527-6-9.
- [13] KORVE, Hans W. *Traffic signal operations near highway-rail grade crossings*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1999. ISBN 0-309-06824-x.
- [14] *Preemption of traffic signals near railroad crossings: an ITE recommended practice*. Washington, D.C.: ITE, c2006. ISBN 1-933452-12-9.
- [15] 1995 Fox River Grove bus–train collision. In: *Wikipedia: the free encyclopedia [online]*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-30].

Seznam obrázků

OBR. 1: FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VZNIK DOPRAVNÍ NEHODY (ZDROJ: ENHANCED.HD.CO.UK).....	10
OBR. 2: VÝVOJ POČTU MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTI NA PŘEJEZDECH (ZDROJ: DIČR)	14
OBR. 3: SCHÉMA SITUACE STYKOVÉ KŘIŽOVATKY S PŘEJEZDEM UMÍSTĚNÝM NA VEDLEJŠÍ PK	15
OBR. 4: NÁKLADNÍ VOZIDLO ZASAHUJE PŘI DÁVÁNÍ PŘEDNOSTI DO NEBEZPEČNÉHO PÁSMU PŘEJEZDU.....	16
OBR. 5: SCHÉMA SITUACE STYKOVÉ KŘIŽOVATKY S PŘEJEZDEM UMÍSTĚNÝM NA HLAVNÍ PK	16
OBR. 6: FOTOGRAFIE PŘEJEZDŮ NA POLNÍCH CESTÁCH A PŘILEHLÝCH KŘIŽOVATKÁCH (PŘEJEZDY P0718 - VLEVO A P0952 - VPRAVO)	18
OBR. 7: POČET RIZIKOVÝCH PŘEJEZDŮ DLE DRUHU RIZIKA NA SÍTI SŽDC	19
OBR. 8: POČET RIZIKOVÝCH PŘEJEZDŮ PODLE KRAJŮ ČR NA SÍTI SŽDC.....	19
OBR. 9: POČET RIZIKOVÝCH PŘEJEZDŮ NA 100 KM TRATÍ PODLE KRAJŮ ČR NA SÍTI SŽDC	20
OBR. 10: OZNAČENÍ PŘEJEZDŮ A KŘIŽOVATKY POMOCÍ VDZ Č. V5, V6A, V6B A V18 (ZDROJ: [5]).....	22
OBR. 11: VZOROVÉ SCHÉMA ZNAČENÍ PŘEJEZDU A KŘIŽOVATKY POMOCÍ VDZ V18 A V12B	23
OBR. 12: OZNAČENÍ PŘEJEZDU A KŘIŽOVATKY POMOCÍ SDZ Č. P2 NEBO P4 A PŘÍSLUŠNÉ DODATKOVÉ TABULKY	24
OBR. 13: ORGANIZAČNĚ REGULAČNÍ ÚPRAVA V PODOBĚ ZÁKAZU VJEZDU VYBRANÝCH VOZIDEL NA PŘEJEZDU P3393 V BOŽÍKOVĚ (ČERVENĚ – ZAKÁZANÁ TRASA, ZELENĚ – OBJÍZDNÁ TRASA) – (ZDROJ: MAPY.CZ)	25
OBR. 14: VZOROVÉ SCHÉMA ZÁKAZU ODBOČENÍ VLEVO A MOŽNÉ VARIANTY OBJÍZDNÉ TRASY	26
OBR. 15: OPATŘENÍ V PODOBĚ ZJEDNOSMĚRNĚNÍ VEDLEJŠÍ KOMUNIKACE (ZDROJ: WWW.MAPY.CZ)	27
OBR. 16: PŘÍKLAD SPRÁVNĚ PROVEDENÉ ZÁMĚNY VEDLEJŠÍ A HLAVNÍ KOMUNIKACE NA STYKOVÉ KŘIŽOVATCE S PŘILEHLÝM PŘEJEZDEM UMÍSTĚNÝM NA VEDLEJŠÍ KOMUNIKACI.....	29
OBR. 17: PŘÍKLADY SPRÁVNĚ PROVEDENÉHO OPATŘENÍ (P3436 - OSTAŠOV U LIBERCE – VLEVO) A ŠPATNĚ PROVEDENÉHO OPATŘENÍ (P5163 - VYSOKÉ MÝTO – VPRAVO) Z HLEDISKA PSYCHOLOGICKÉ PŘEDNOSTI	29
OBR. 18: PŘÍKLADY OPĚT ŠPATNĚ PROVEDENÉHO OPATŘENÍ Z HLEDISKA PSYCHOLOGICKÉ PŘEDNOSTI	30
(P2609 - ČESKÁ KAMENICE – VLEVO A P4001 - HRADEC KRÁLOVÉ – VPRAVO)	30
OBR. 19 : ZÁMĚNA HLAVNÍ A VEDLEJŠÍ KOMUNIKACE NA PŘEJEZDU UMÍSTĚNÉM NA HLAVNÍ KOMUNIKACI (P0261 – PRAHA – ULICE RADOTÍNSKÁ A STAROCHUCHELSKÁ)	30
OBR. 20:ORTOFOTOMAPA PŘEJEZDU P3436 V OSTAŠOVĚ U LIBERCE A POČET NEHOD PŘED REALIZACÍ OPATŘENÍ (ZDROJ: JEDNOTNÁ DOPRAVNÍ VEKTOROVÁ MAPA).....	30
OBR. 23: VZOROVÉ SCHÉMA SITUACE JÍZDNÍHO PRUHU SE SPOLEČNÝM ŘAZENÍM A ROZŠÍŘENÝM VJEZDEM VPRAVO NA PŘEJEZDU NACHÁZEJÍCÍM SE NA VEDLEJŠÍ KOMUNIKACI.....	39
OBR. 24: GRAF PRO STANOVENÍ STŘEDNÍ DOBY ZDRŽENÍ (ZDROJ: TP 188).....	41
OBR. 25: GRAF PRO STANOVENÍ DÉLKY FRONTY (ZDROJ: TP 188)	42
OBR. 26: PŘELOŽKA KORYTA ŘEKY BEČVY V DÉLCE 238 M (ZDROJ: MAPY.CZ, JDVM.CZ)	46
OBR. 27: KŘIŽOVATKA S PŘILEHLÝM PŘEJEZDEM V ZUBŘÍ PO REKONSTRUKCI (ZDROJ: VALAŠSKÝ DENÍK).....	47
OBR. 28 : ROZDÍL MEZI UMÍSTĚNÍM PZZ A SSZ PŘED PŘEJEZDEM V ČR (VLEVO) A V NĚMECKU (VPRAVO)	58
OBR. 29: VZOROVÉ SCHÉMA KŘIŽOVATKY PŘILEHLÉ K PŘEJEZDU S NEPŘETRŽITÝM ŘÍZENÍM POMOCÍ SSZ.....	60
OBR. 30: VÝVOJOVÝ DIAGRAM A SCHÉMA FÁZÍ ŘÍZENÍ KŘIŽOVATKY POMOCÍ SSZ Z OBR. 29	60

OBR. 31: VZOROVÉ SCHÉMA KŘIŽOVATKY PŘILEHLÉ K PŘEJEZDU S ŘÍZENÍM POMOCÍ SSZ POUZE PŘI DETEKCI A PRŮJEZDU VLAKU PO PŘEJEZDU	62
OBR. 32: VÝVOJOVÝ DIAGRAM A SCHÉMA FÁZÍ ŘÍZENÍ KŘIŽOVATKY POMOCÍ SSZ Z OBR. 31	62
OBR. 33: VZOROVÉ SCHÉMA KŘIŽOVATKY ŘÍZENÉ POMOCÍ SSZ UMÍSTĚNÉ ZA PŘEJEZDEM	64
OBR. 34: VÝVOJOVÝ DIAGRAM A SCHÉMA FÁZÍ ŘÍZENÍ KŘIŽOVATKY POMOCÍ SSZ Z OBR. 33	64
OBR. 35: NOVĚ NAVRŽENÁ KOORDINACE ŘÍZENÍ KŘIŽOVATKY NA TRAMVAJOVÉ TRATI	65
OBR. 36: ŠIRŠÍ VZTAHY OKOLÍ REVOLUČNÍHO NÁMĚSTÍ V DĚČÍNĚ (ZDROJ: WWW.MAPY.CZ).....	66
OBR. 37: ORTOFOTOMAPA OKOLÍ PŘEJEZDU P2005 V DĚČÍNĚ (ZDROJ: WWW.MAPY.CZ)	67
OBR. 38: FOTOGRAFIE PŘEJEZDU P2005 A PŘILEHLÉ KŘIŽOVATKY V ULICI SOFIJSKÁ (ZDROJ: FOTO AUTORA)	67
OBR. 39: ŠIRŠÍ VZTAHY OKOLÍ ZÁKUP A PŘEJEZDU P3395 (ZDROJ: WWW.MAPY.CZ)	69
OBR. 40: ORTOFOTOMAPA OKOLÍ PŘEJEZDU P3395 V ZÁKUPECH (ZDROJ: WWW.MAPY.CZ).....	69
OBR. 41: STÁNÍ NÁKLADNÍCH VOZIDEL PŘI DÁVÁNÍ PŘEDNOSTI V PROSTORU NEBEZPEČNÉHO PÁSMU PŘEJEZDU (ZDROJ: FOTO AUTORA)	69
OBR. 42: SCHÉMA DOPRAVNÍCH PROUDŮ V JEDNOTLIVÝCH JÍZDNÍCH PRUŽÍCH V SOUČASNÉM STAVU	70
OBR. 43: KARTOGRAM 50-TI RÁZOVÝCH HODINOVÝCH INTENZIT DOPRAVNÍCH PROUDŮ NA VJEZDECH DO KŘIŽOVATKY (ZDROJ: CSD 2016 + DOPRAVNÍ PRŮZKUM AUTORA).....	70
OBR. 44: SCHÉMA DOPRAVNÍCH PROUDŮ V JEDNOTLIVÝCH JÍZDNÍCH PRUŽÍCH V NAVRŽENÉM STAVU.....	71
OBR. 45: VÝVOJOVÝ DIAGRAM A FÁZOVÉ SCHÉMA ŘÍZENÍ SSZ	72
OBR. 46: NAVRŽENÉ ŘÍZENÍ KŘIŽOVATKY BOŽÍKOV POMOCÍ SSZ PŘI TESTU FUNKČNOSTI V PROGRAMU VISSIM (VLEVO – „CELOČERVENÁ“ VYKLIZOVACÍ FÁZE, VPRAVO – VLOŽENÁ FÁZE).....	73
OBR. 47: ZAPÍNACÍ PROGRAM ŘÍZENÍ KŘIŽOVATKY BOŽÍKOV POMOCÍ SSZ PŘI DETEKCI VLAKU	74
OBR. 48: PŘECHOD DO VLOŽENÉ FÁZE ŘÍZENÍ KŘIŽOVATKY BOŽÍKOV POMOCÍ SSZ.....	74
OBR. 49: VYPÍNACÍ PROGRAM ŘÍZENÍ KŘIŽOVATKY BOŽÍKOV POMOCÍ SSZ	74
OBR. 50: ŠIRŠÍ VZTAHY OKOLÍ ŘEŠENÉ KŘIŽOVATKY ŠPEJCHAR A PŘEJEZDU P0003 (ZDROJ: MAPY.CZ)	76
OBR. 51: ORTOFOTOMAPA ŘEŠENÉ KŘIŽOVATKY ŠPEJCHAR A PŘEJEZDU P0003 (ZDROJ: MAPY.CZ).....	76
OBR. 52: VOZIDLA TVOŘÍ PŘI VÝSTRAZE PZZ PŘEKÁŽKU V KŘIŽOVATCE (ZDROJ: FOTO AUTORA)	77
OBR. 53: SCHÉMA DOPRAVNÍCH PROUDŮ V JEDNOTLIVÝCH JÍZDNÍCH PRUŽÍCH V NAVRŽENÉM STAVU.....	77
OBR. 54: FÁZOVÉ SCHÉMA A SLED FÁZÍ NAVRŽENÉHO ŘÍZENÍ KŘIŽOVATKY POMOCÍ SSZ	78

Seznam tabulek

TAB. 1: POŘADÍ ŽELEZNIČNÍCH TRATÍ S NEJVĚTŠÍM POČTEM RIZIKOVÝCH PŘEJEZDŮ/100 KM TRATĚ.....	20
TAB. 2: PŘEHLED MOŽNÝCH OPATŘENÍ NA KŘÍŽOVATCE PŘILEHLÉ K PŘEJEZDU	21
TAB. 3: LIMITNÍ HODNOTY STŘEDNÍ DOBY ZDRŽENÍ NA VJEZDU DO NEŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY (ZDROJ: TP 188)	28
TAB. 4: STATISTIKA NEHODOVOSTI V BLÍZKOSTI PŘEJEZDU P3436 (ZDROJ: JDVM).....	31
TAB. 5: STUPNĚ PODŘAZENOSTI DOPRAVNÍCH PROUDŮ V KŘÍŽOVATCE (ZDROJ: TP 188)	35
TAB. 6: SOUČET INTENZIT NADŘAZENÝCH DOPRAVNÍCH PROUDŮ NA PRŮSEČNÉ KŘÍŽOVATCE (ZDROJ: TP 188).....	35
TAB. 7: SOUČET INTENZIT NADŘAZENÝCH DOPRAVNÍCH PROUDŮ NA STYKOVÉ KŘÍŽOVATCE (ZDROJ: TP 188)	35
TAB. 8: STŘEDNÍ HODNOTY KRITICKÝCH ČASOVÝCH ODSTUPŮ T_G (ZDROJ: TP 188).....	36
TAB. 9: NÁVRH STŘEDNÍCH HODNOT NÁSLEDNÉHO ČASOVÉHO ODSTUPU T_f (ZDROJ: TP 188)	36
TAB. 10: STATISTIKA NEHODOVOSTI V BLÍZKOSTI PŘEJEZDU P7424 (ZDROJ: JDVM).....	47
TAB. 11: STATISTIKA NEHODOVOSTI V BLÍZKOSTI PŘEJEZDU P7420 (ZDROJ: JDVM).....	49
TAB. 12: POČET PŘEJEZDŮ V ČR K 31. 12. 2016 (ZDROJ: SŽDC)	52
TAB. 13: TABULKA MEZIČASŮ	73
TAB. 14: TABULKA MEZIČASŮ	79

Seznam příloh

Č. přílohy	Název přílohy	Měřítko
1	Pasport rizikových přejezdů na síti SŽDC v ČR	- (14 x A4)
2	Situace studie úpravy přejezdu P2005 - Děčín	1:500 (2 x A4)
3a	Kapacitní posouzení křižovatky Božíkov - stav	- (1 x A4)
3b	Kapacitní posouzení křižovatky Božíkov - návrh	- (1 x A4)
3c	Tabulka přejezdu P3395	- (1 x A4)
3d	Situace studie úpravy přejezdu P3395 - Božíkov	1:500 (2 x A4)
4a	Kartogram intenzit křižovatky Špejchar	- (1 x A4)
4b	Tabulka přejezdu P0003	- (1 x A4)
4c	Situace studie úpravy přejezdu P0003 – Špejchar	1:400 (4 x A4)