

Bakalářská práce
Úprava křižovatky silnic I/11 a II/479 v Havířově

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra dopravního inženýrství

Bakalářská práce
Úprava křižovatky silnic I/11 a II/479 v Havířově

Bachelor thesis
Modification of the Intersection of Roads I/11 and II/479 in Havířov

Student:

Markéta Sulková

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.

Ostrava 2021

Bakalářská práce
Úprava křižovatky silnicí I/11 a II/479 v Havířově

VŠB – Technická univerzita Ostrava Fakulta stavební
Katedra dopravního stavitelství

Zadání bakalářské práce

Student: **Markéta Sulková**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R020 Dopravní stavby
Téma: **Úprava křižovatky silnicí I/11 a II/479 v Havířově**
Modification of the Intersection of Roads I/11 and II/479 in Havířov

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce je vypracování návrhu přestavby stávající křižovatky silnicí I/11 a II/479 v Havířově, dle potřeby variantně. Cílem návrhu je zpřehlednění dopravní situace a zvýšení bezpečnosti provozu. Součástí práce bude zhodnocení dopravní nehodovosti na křižovatce, provedení nezbytných dopravně inženýrských průzkumů pro zjištění intenzit dopravy, kapacitní posouzení stávající a navržené úpravy křižovatky a jejich porovnání. Dokumentace vybrané varianty bude vypracována na úrovni odpovídající technické studii.

Seznam doporučené odborné literatury:

České technické normy:
ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic
ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích
ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

Resortní technické předpisy:

TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích
TP 135 Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích
TP 169 Zásady pro označování dopravních situací na pozemních komunikacích
TP 188 Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací
TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích
TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy

Další předpisy podle www.pjpk.cz

Bakalářská práce
Úprava křižovatky silnicí I/11 a II/479 v Havířově

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2020

Datum odevzdání: 30.04.2021

doc. Ing. Vladislav Křivda, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Bakalářská práce
Úprava křižovatky silnicí I/11 a II/479 v Havířově

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě _____

Podpis studenta

Bakalářská práce
Úprava křižovatky silnicí I/11 a II/479 v Havířově

Poděkování

Ráda bych poděkovala doc. Ing. Ivaně Mahdalové, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce a konzultaci výkresové dokumentace a celé katedře dopravního stavitelství za možnost vykonání bakalářské práce.

Prohlašuji, že

- jsem byla obeznána s tím, že na mou bakalářskou práci se vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, především § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo ke své vnitřní potřebě mou bakalářskou práci neziskově použít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo dohodnuto, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užit dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), v znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby.

V Ostravě _____

Anotace

SULKOVÁ, Markéta. *Úprava křižovatky silnic I/11 a II/479 v Havířově: bakalářská práce*. Ostrava. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra dopravního stavitelství, 2020. Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.

Předmětem bakalářské práce „Úprava křižovatky silnic I/11 a II/479 v Havířově“ je zanalyzovat bezpečnost a plynulost dopravy na křižovatce, posoudit vhodnost současného uspořádání a následný návrh, který by mohl zlepšit celkovou bezpečnost a plynulost dopravy. V úvodu práce je posouzen stávající stav křižovatky. Toto posouzení bylo vykonáno na základě dopravního průzkumu. Při posuzování křižovatky byly stanoveny intenzity dopravy, skladby dopravních proudů a veškeré parametry kapacitního posouzení. Po celkové analýze stávajícího stavu bylo navrženo možné řešení, jak zvýšit bezpečnost a plynulost dopravy na křižovatce. Na závěr byl tento návrh posouzen, zda se jedná o optimální řešení.

Annotation

SULKOVÁ, Markéta. *Adjustment of the Intersection road I/11 and II/479 in Havirov: bachelors's thesis*. Ostrava. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of civil engineering, Department of Transport Constructions, 2020. Bachelor's thesis supervisor: doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.

The subject of the Bachelor's thesis is to analyze road safety and continuity of the intersection, qualify the suitability of the current crossing arrangement and the sequential suggestion, which could improve overall safety and continuity. In the introduction, current disposition of the intersection is assessed. This assessment was made on the basis of the traffic survey. Traffic intensities, compositions of traffic flows and all parameters of capacity assessment were determined during assessing an intersection. After overall analysis of the current dispositions, a possible solutions was proposed to increase safety and continuity od the intersetion. Finally, this proposal was assessed whether this was the optimal solutions.

Bakalářská práce
Úprava křižovatky silnicí I/11 a II/479 v Havířově

Klíčová slova

Křižovatka, Havířov, bezpečnost, plynulost, dopravní průzkum, intenzita dopravy, dopravní proud, kapacitní posouzení

Keywords

Intersection, Havirov, safety, continuity, traffic survey, traffic intensity, traffic flow, capacity assessment

Obsah

1. Úvod	1
2. Poloha křižovatky a popis lokality	2
3. Analýza nehodovosti.....	4
4. Dopravní průzkum	6
4.1 Označení směrů a paprsků křižovatky	7
4.2. Popis jednotlivých paprsků křižovatky.....	8
5. Intenzita dopravy	12
5.1 Stanovení špičkové hodiny	13
6. Kapacitní posouzení současné křižovatky	14
6.1 Stupeň nadřazenosti a podřazenosti dopravních proudů	15
6.2 Rozhodující intenzity nadřazených proudů.....	16
6.3 Základní kapacita	17
6.3.1. Kritický a následný časový odstup	17
6.3.2 Základní kapacita řešené křižovatky	18
6.4 Kapacita jízdnic pruhů	19
6.5 Výsledná kapacita jednotlivých dopravních proudů	19
6.6 Rezerva kapacity křižovatky	22
6.7 Střední doba zdržení a úroveň dopravy.....	23
6.8 Délka fronty čekajících vozidel.....	25
6.9 Výsledek kapacitního posouzení.....	26
7. Prognóza dopravy.....	27
8. Návrh varianty – Turbo-okružní křižovatka	28
8.1 Návrh geometrie	28
8.2 Popis okružní křižovatky	28
8.3 Ověření vlečných křivek.....	30
8.4 Orientační odhad stavebních nákladů	30
8.5 Zohlednění skladby dopravního proudu.....	30
8.6 Kapacitní posouzení	31
8.6.1 Základní kapacita vjezdu (bez vlivu přecházejících chodců)	32
8.6.2 Rezerva kapacity vjezdu	34
8.6.3 Střední doba zdržení.....	34
8.6.4 Délka fronty čekajících vozidel.....	36
8.6.5 Kapacita výjezdu z okružní křižovatky	37
8.6.6 Rezerva kapacity výjezdu	38

8.6.7	Stupeň vytížení.....	38
8.6.8	Kapacita spojovací větve	39
8.7	Výsledek kapacitního posouzení.....	41
9.	Závěr	42
10.	Seznam použité literatury	43
11.	Seznam obrázků a tabulek.....	45
12.	Seznam příloh	46

Seznam použitého značení

A	Autobusy
C	Cyklisté
AK	Kloubové autobusy
ČSN	Česká technická norma
LNV	Lehká nákladní vozidla
M	Motocykl
MS	Místní komunikace
NA	Nákladní automobily
NS	Nákladní soupravy
OA	Osobní automobily
PK	Pozemní komunikace
TNV	Těžká nákladní vozidla
TP	Technické podmínky
UKD	Úroveň kvality dopravy
pvoz	počet přepočtených vozidel
voz	počet vozidel

Seznam použitých veličin

C	kapacita dopravního proudu [pvoz/h]
C_b	kapacita místa připojení na konci spojovací větve [pvoz/h]
C_e	kapacita výjezdu [pvoz/h]
$C_{re,0}$	navýšení kapacity výjezdu vlivem poloměru výjezdu při nulové intenzitě chodců [pvoz/h]
$C_{g,n}$	základní kapacita n – tého pruhu [pvoz/h]
$C_{g,n}$	základní kapacita dopravního proudu [pvoz/h]
C_v	kapacita vjezdu [pvoz/h]
e	Eulerovo číslo [-]
I	intenzita dopravního proudu ve špičkové hodině [pvoz/h]
I_A	intenzita autobusů (kromě kloubových) [voz/h]
I_{AK}	intenzita kloubových autobusů [voz/h]
I_C	intenzita cyklistů [cykl/h]
I_e	intenzita dopravy na výjezdu [pvoz/h]
I_H	rozhodující intenzita nadřazených pruhů [pvoz/h]
I_M	intenzita motocyklů [voz/h]
I_n	intenzita dopravního proudu [pvoz/h]
I_{NA}	intenzita nákladních automobilů [voz/h]
I_{NS}	intenzita nákladních souprav [voz/h]
I_o	intenzita dopravy na okruhu v místě vjezdu [pvoz/h]
I_{OA}	intenzita osobních automobilů [voz/h]
I_{ped}	intenzita přecházejících chodců [ch/h]
I_v	intenzita dopravy na vjezdu [pvoz/h]
I_{vi}	výhledová intenzita dopravy [pvoz/den]
I_{oi}	výchozí intenzita dopravy pro danou skupinu vozidel [pvoz/den]
L_{kk}	vzdálenost mezi vnějším okrajem okružního pásu na následujícím výjezdu a místem připojení spojovací větve
L_u	délka úseku společného pruhu pro možnost zastavení v rozšířeném vjezdu [m]
$L_{95\%}$	délka fronty na vjezdech [m]
Rez	rezerva kapacity [pvoz/h]
R_e	poloměr výjezdu [m]

R_v	poloměr vjezdu [m]
T	délka intervalu špičkového provozu [s]
a_v	stupeň vytížení [-]
b	vzdálenost mezi kolizními body [m]
j	průběžný index pro dílčí proudy [-]
k_{pi}	koeficient prognózy intenzit dopravy pro danou skupinu vozidel [-]
k_{vi}	koeficient vývoje dopravy pro výhledový rok a pro danou skupinu vozidel [-]
$k_{v,ped}$	koeficient vlivu chodců na vjezdu do okružní křižovatky [-]
$k_{v,usp}$	koeficient uspořádání jízdnic pruhů na vjezdu a okruhu [-]
k_{oi}	koeficient vývoje dopravy pro současný rok a pro danou skupinu vozidel [-]
m	počet proudů ve společné pruhu [-]
n	dopravní proud [-]
n_o	počet jízdnic pruhů na okruhu v místě vjezdu [-]
n_v	počet jízdnic pruhů na vjezdu [-]
$p_{0,n}$	pravděpodobnost nevzdutí dopravního proudu [-]
$p_{z,n}$	pravděpodobnost současného nevzdutí dopravních proudů [-]
t_f	následná časový odstup [s]
t_g	kritická časový odstup [s]
t_w	střední doba zdržení [s]
$t_{w,lim}$	limitní hodnota střední doby zdržení [s]
$v_{85\%}$	rychlost, kterou nepřekračuje 85 % vozidel v dopravním proudu [s]
Δ	minimální časový odstup vozidel jedoucích za sebou [s]

1. Úvod

Předmětem této bakalářské práce je analýza a následná úprava křižovatky silnic I/11 a II/479 v Havířově. Cílem je zanalyzovat bezpečnost a plynulost dopravy na křižovatce, posoudit vhodnost současného uspořádání a následně navrhnout řešení, které by mohlo bezpečnost i plynulost dopravy zlepšit. Tato varianta je i následně na oba parametry posouzena.

Křižovatka se nachází v extravilánu a je řešena jako průsečná křižovatka. První část bakalářské práce obsahuje dopravní průzkum, který byl vykonán v listopadu 2020. V době průzkumu byly na křižovatce umožněny všechny dopravní pohyby. V rámci průzkumu jsou zaznamenány druhy vozidel jedoucí v jednotlivých dopravních proudech. Z naměřených hodnot je zpracováno kapacitní posouzení a vykonána prognóza dopravy. Z těchto výsledků je pak provedeno celkové posouzení křižovatky.

V druhé části je zpracován návrh úpravy dané křižovatky. Tento návrh je ověřen vlečnými křivkami v programu Vehicle Tracking a kapacitně posouzen.

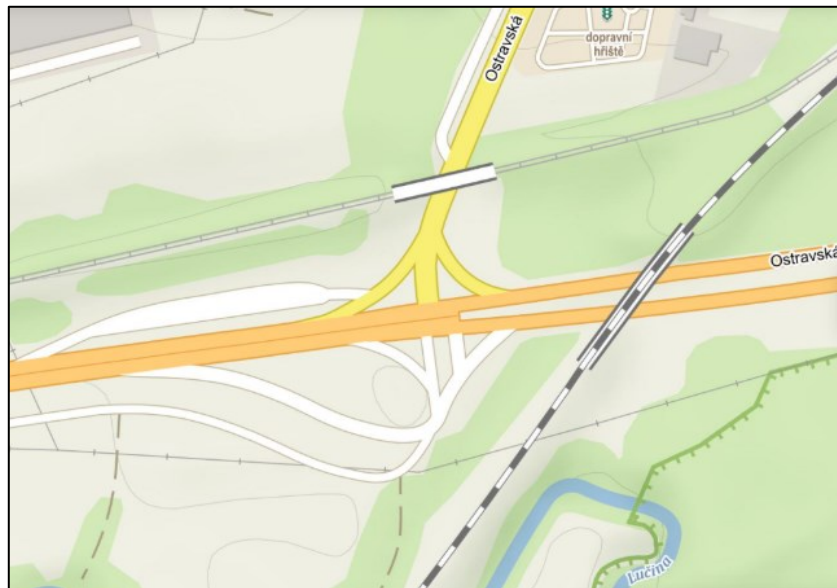
2. Poloha křižovatky a popis lokality

Daná křižovatka se nachází na okraji města Havířov, které se nachází v okrese Karviná. Havířov leží 11 km jihovýchodně od Ostravy na řece Lučině. Žije zde přibližně 71 tisíc obyvatel a je nejmladším městem v celé České republice. V rámci geomorfologie je oblast Havířova součástí Západokarpatské provincie a leží na rozhraní dvou geomorfologických celků: Ostravské pánve a Podbeskydské pahorkatiny. Havířov je také významný z hlediska železniční a silniční dopravy. Páteří silniční komunikací je právě silnice I/11, která směřuje z Hradce Králové až do Žiliny. Na této trati se taky nachází jedna z největších okružních křižovatek v celé České republice. Tato okružní křižovatka byla dokonce v roce 2010 přestavěna a doplněna o světelnou signalizaci. Navíc se na této křižovatce střídá jedno – až tříproudé uspořádání jízdních pruhů. [13]



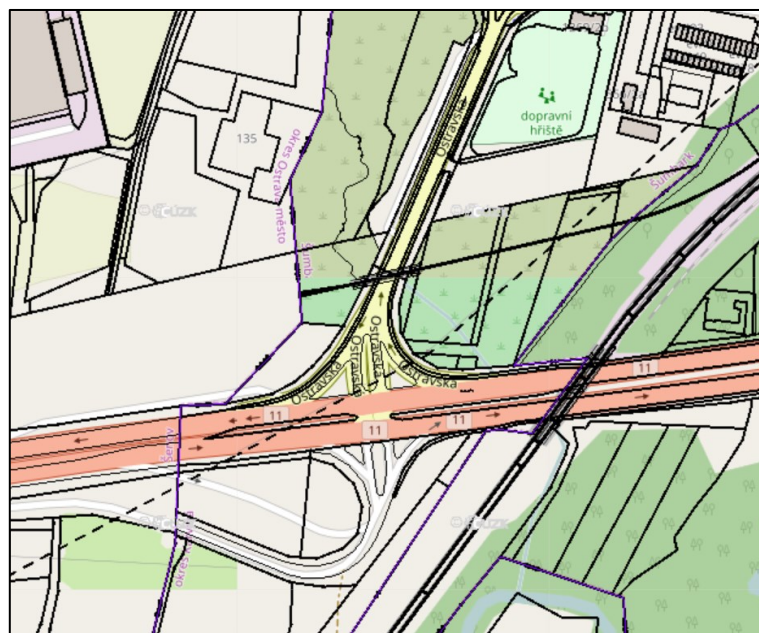
Obrázek 2 - Poloha posuzované křižovatky v širším okolí [14]

Posuzovaná křižovatka se nachází na hranici měst Havířov a Šenov, kde se kříží silnice I/11 a II/479. Jedná se o průsečnou neřízenou křižovatku bez zalomení přednosti. Hlavní silnice je vedena po silnici I/11.



Obrázek 3 - Poloha křižovatky [14]

Z katastrální mapy lze vidět, že navrhovaná křižovatka se nachází v jednom katastrálním území. Toto katastrální území je označeno číslem 637734 a jedná se o oblast Šumbarku.



Obrázek 4 - Katastrální mapa Havířova [15]

3. Analýza nehodovosti

Analýza dopravní nehodovosti byla zaznamenána Policií České republiky. V období od 1.1.2010 do 19.11.2020 bylo na posuzované křižovatce zaznamenáno 38 nehod. Každá nehoda má své specifické číslo, pod kterým je daná nehoda specifikována a lze najít bližší informace (např. datum nehody, příčina, způsobená škoda či údaje o vozidle.) Díky těmto informacím je možné posoudit křižovatku z hlediska bezpečnosti a navrhnout případné řešení. [16]



Obrázek 5 - Mapa nehodovosti na posuzované křižovatce [16]

Na základě informací z mapy nehodovosti bylo zjištěno, že nejčastějším druhem dopravní nehody na posuzované křižovatce je srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem. Druhým nejčastějším druhem nehody je srážka s pevnou překážkou.

Tabulka 1 - Statistika druhů dopravních nehod [16]

Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
Srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	27	1	7	16
Srážka s pevnou překážkou	6	0	1	0
Srážka s lesní zvěří	3	0	0	0
Havárie	1	0	0	0
Jiný druh nehody	1	0	0	1

Nejčastější příčinou vzniku těchto dopravních nehod je nedání přednosti na příkaz dopravní značky „Dej přednost v jízdě“ nebo při odbočování vlevo. Mezi další časté příčiny nehod patří nepřizpůsobení rychlosti vozidla stavu vozovky, nedodržení bezpečné vzdálenosti mezi vozidly a nezvládnutí řízení.

Tabulka 2 - Přehled příčin nehod [16]

Hlavní příčina	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
Protiv příkazu dopravní značky DEJ PŘEDNOST	12	1	5	10
Při odbočování vlevo	8	0	2	4
Nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	3	0	0	2
Nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky (náledí, výtluky, bláto, mokrá povrch apod.)	3	0	0	0
Nezaviněná řidičem	3	0	0	0
Nezvládnutí řízení vozidla	2	0	0	0
řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	2	0	1	0
Nepřizpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladu	1	0	0	0
Při přejíždění z jednoho jízdního pruhu do druhého	1	0	0	1
Bezohledná, agresivní, neohleduplná jízda	1	0	0	0
Jiný druh nesprávného způsobu jízdy	1	0	0	0
Při vjíždění na silnici	1	0	0	0

Vzhledem k následkům dopravních nehod lze tuto křižovatku považovat za nebezpečnou. Ze statistik vyplývá, že zhruba při každé páté nehodě na této křižovatce dochází k těžkým zraněním. Z tohoto výsledku tedy vyplývá, že úprava křižovatky je na místě.

4. Dopravní průzkum

Pro křižovatku silnic I/11 a II/479 v městě Havířově byl vykonán dopravní průzkum. Tento průzkum byl vykonán v běžný pracovní den, konkrétně ve čtvrtek 19.11.2020. Průzkum byl prováděn ve dvou etapách po dvouhodinovém intervalu. První etapa průzkumu byla provedena v ranních hodinách od 7:00 do 9:00 hodin. Druhá etapa byla provedena v odpoledních hodinách od 15:00 do 17:00 hodin. Tyto intervaly byly zvoleny z důvodu největší očekávané intenzity v dané křižovatce. Tento předpoklad vychází z obvyklé pracovní doby v zaměstnáních.

Dopravní průzkum byl vykonán přímo na místě jednotlivým sčítáním všech vozidel v daném směru. Sčítání byla zaznamenána na jednotlivé sčítací archy podle jednotlivých dopravních směrů a typů vozidel. Podle typu byla vozidla rozdělena na osobní automobily, nákladní automobily, nákladní soupravy, autobusy a motocykly. Záznam byl proveden pomocí čárkovací metody do předem připravené tabulky vždy v 15 – ti minutových intervalech.

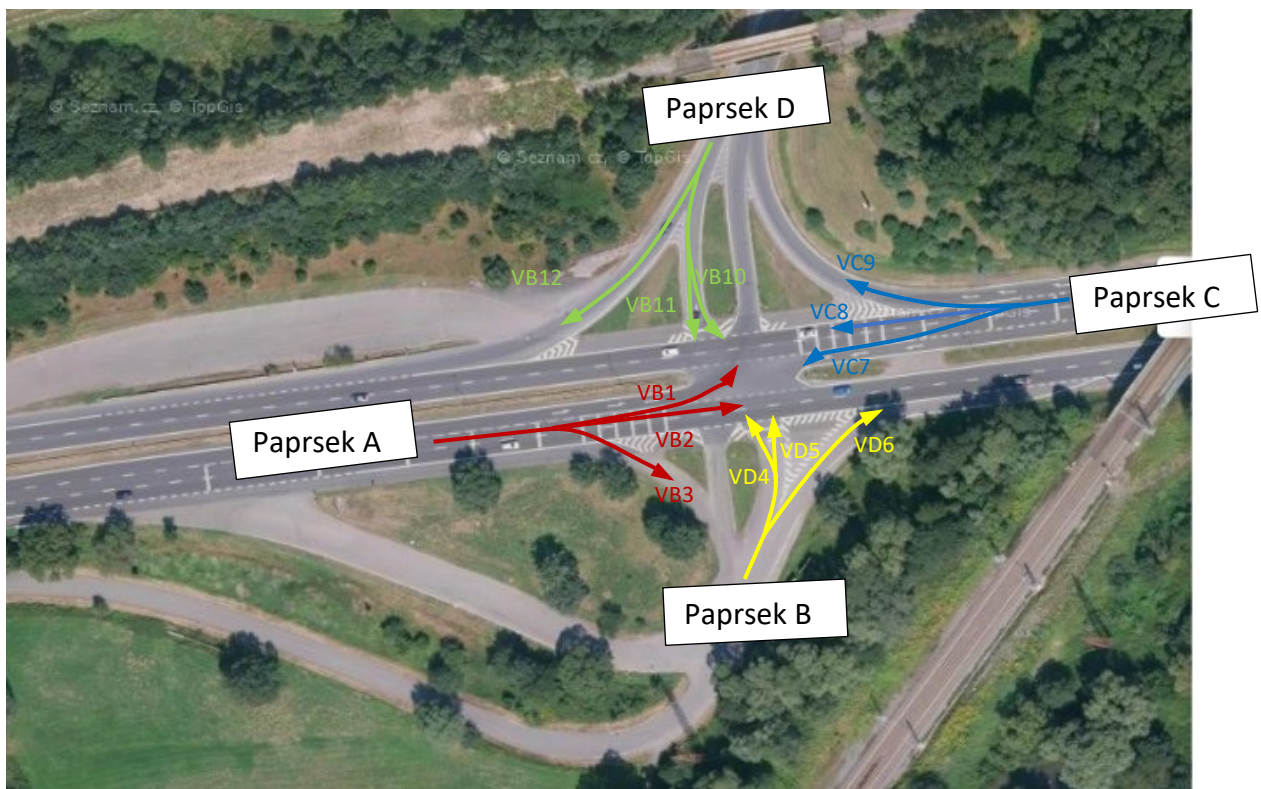
Z naměřených hodnot byla určena intenzita dopravy. Ta byla vypočítána podle *TP 188 Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*. Z výsledků pak byla určena špičková hodina a ta byla použita pro posouzení celé křižovatky.

Celý průzkum byl proveden z jednoho stanoviště, odkud byl nejlepší výhled na celou křižovatku. Počasí v den průzkumu bylo příznivé. Během ranního průzkumu byla polojasná obloha, bez srážek, teplota se pohybovala okolo 6°C. Během odpoledního průzkumu již přibývala oblačnost a mírné srážky. Teplota se pohybovala okolo 8°C.

4.1 Označení směrů a paprsků křižovatky

Na posuzované křižovatce byly označeny jednotlivé dopravní proudy, směry a paprsky křižovatky.

- Paprsek A - silnice I/11, směr VA1 vlevo na silnici II/479
- silnice I/11, směr VA2 rovně dále po silnici I/11
- silnice I/11, směr VA3 vpravo
- Paprsek B - silnice II/479, směr VB4 vlevo na silnici I/11
- silnice II/479, směr VB5 rovně po silnici II/479
- silnice II/479, směr VB6 vpravo na silnici I/11
- Paprsek C - silnice I/11, směr VC7 vlevo
- silnice I/11, směr VC8 rovně dále po silnici I/11
- silnice I/11, směr VC9 vpravo na silnici II/479
- Paprsek D - silnice II/479, směr VD10 vlevo na silnici I/11
- silnice II/479, směr VD11 rovně
- silnice II/479, směr VD12 vpravo na silnici I/11



Obrázek 6 - Popis paprsků a proudů na křižovatce [14]

4.2. Popis jednotlivých paprsků křižovatky



Obrázek 7 - Pohled na křižovatku z paprsku A [17]

Paprsek A

Paprsek A se nachází na hlavní komunikaci ze směru z Ostravy na Havířov. Je tvořen třemi dopravními proudy. Proud č.1 odbočuje vlevo směrem na Šenov. Proud č.2 pokračuje po hlavní silnici přímo směrem na Havířov. Proud č.3 odbočuje vpravo na vedlejší komunikaci, která vede pouze k průmyslové zóně.

Jedná se o čtyřproudovou komunikaci, která je před hranicí křižovatky směrově rozdělená a pro oba odbočovací proudy je zde zřízen samostatný odbočovací pruh. Křižovatka se nachází v obci, a proto je zde rychlost vozidel omezena na 50 km/h. Před hranicí křižovatky je umístěno svislé návěstidlo, které rozděluje dopravní proudy do jednotlivých pruhů. Nadřazenost proudů pak určuje svislá dopravní značka „hlavní silnice“. Vodorovné dopravní značení je přehledné a dobře viditelné. Stav vozovky v oblasti křižovatky je v dobrém stavu.

Paprsek B



Obrázek 8 - Pohled na křižovatku z paprsku B [14]

Paprsek B se nachází na vedlejší komunikaci. Je tvořen třemi dopravními proudy. Proud č.4 odbočuje vlevo na hlavní komunikaci vedoucí směrem na Ostravu. Proud č.5 pokračuje přímo na vedlejší komunikaci směrem na Šenov. Proud č.6 odbočuje vpravo na hlavní komunikaci směrem na Havířov.

Jedná se o dvouproudovou komunikaci, která je před hranicí křižovatky směrově rozdělená. Pro proudy č.4 a č.5 je zřízen společný jízdní pruh. Proud č.6 má samostatný odbočovací pruh. Rychlost vozidel v křižovatce je omezen na 50 km/h. Podřazenost proudů určuje svislá dopravní značka „Dej přednost jízdě“. Vodorovné dopravní značení je mírně opotřebované. Stav vozovky v oblasti křižovatky není ideální. V některých místech jsou viditelné trhliny.

Paprsek C



Obrázek 9 - Pohled na křižovatku z paprsku C [17]

Paprsek C se nachází na hlavní komunikaci ze směru z Havířova na Ostravu. Je tvořen třemi dopravními proudy. Proud č.7 odbočuje vlevo směrem na vedlejší komunikaci vedoucí k průmyslové zóně. Proud č.8 pokračuje po hlavní silnici přímo směrem na Ostravu. Proud č.9 odbočuje vpravo na vedlejší komunikaci směrem na Šenov.

Jedná se o čtyřproudovou komunikaci, která je před hranicí křižovatky směrově rozdělená a pro oba odbočovací proudy je zde zřízen samostatný odbočovací pruh. Rychlost vozidel v křižovatce je omezen značkou na na 50 km/h. Před hranicí křižovatky je umístěno svislé návěstidlo, které rozděluje dopravní proudy do jednotlivých pruhů. Nadřazenost proudů pak určuje svislá dopravní značka „hlavní silnice“. Vodorovné dopravní značení je přehledné a dobře viditelné. Stav vozovky v oblasti křižovatky je v dobrém stavu.

Paprsek D



Obrázek 10 - Pohled na křižovatku z paprsku D [17]

Paprsek D se nachází na vedlejší komunikaci ze směru ze Šenova. Je tvořen třemi dopravními proudy. Proud č.10 odbočuje vlevo směrem na hlavní komunikaci vedoucí směrem na Havířov. Proud č.11 pokračuje přímo na vedlejší komunikaci vedoucí k průmyslové zóně. Proud č.12 odbočuje vpravo na hlavní komunikaci směrem na Ostravu.

Jedná se o dvouproudovou komunikaci, která je před hranicí křižovatky směrově rozdělená. Pro proud č.12 je zřízen samostatný odbočovací pruh. Pro proudy č.10 a č.11 je zde zřízen společný jízdní pruh. Rychlost vozidel v křižovatce je omezen na 50 km/h, jelikož se dané místo nachází v obci. Podřazenost proudů určuje svislá dopravní značka „Dej přednost v jízdě“. Vodorovné dopravní značení je mírně opotřebované. Stav vozovky v oblasti křižovatky je v dobrém stavu.

5. Intenzita dopravy

Měření bylo provedeno za účelem zjištění intenzity dopravy a výtěžnosti křižovatky. Doba měření byla 4 hodiny. Tato doba byla rozdělena na dvě etapy. První etapa byla provedena v ranních hodinách od 7:00 do 9:00 hodin. Druhá etapa byla provedena v odpoledních hodinách od 15:00 do 17:00 hodin. Při každé etapě se provádělo měření po 15 – ti minutových intervalech.

Tabulka 3 - Intenzita dopravy [pvoz/h]

Intervaly měření	Paprsěk A			Paprsěk B			Paprsěk C			Paprsěk D			Celkem
	Proud 1	Proud 2	Proud 3	Proud 4	Proud 5	Proud 6	Proud 7	Proud 8	Proud 9	Proud 10	Proud 11	Proud 12	
7:00 - 7:15	30	120	0	0	0	0	0	231	49	8	0	43	481
7:15 - 7:30	28	125	0	0	2	0	1	242	35	7	0	36	476
7:30 - 7:45	19	129	1	0	0	1	1	254	37	6	0	51	499
7:45 - 8:00	37	150	0	1	0	5	0	233	48	16	1	38	529
8:00 - 8:15	45	134	1	0	0	2	0	213	48	11	0	35	489
8:15 - 8:30	25	161	0	0	0	0	1	213	51	10	1	34	496
8:30 - 8:45	35	168	0	0	0	0	2	201	48	11	0	35	500
8:45 - 9:00	37	173	0	0	0	0	0	199	46	8	0	34	497
15:00 - 15:15	49	262	2	2	0	3	0	180	45	11	0	38	592
15:15 - 15:30	63	300	0	0	0	2	0	182	75	10	0	27	659
15:30 - 15:45	58	351	0	0	0	0	1	187	52	12	0	35	696
15:45 - 16:00	61	296	0	0	0	1	0	184	62	16	0	38	658
16:00 - 16:15	48	282	0	0	0	1	0	161	52	17	0	38	599
16:15 - 16:30	40	303	0	0	0	7	0	159	53	13	1	33	609
16:30 - 16:45	41	208	0	0	0	1	1	150	42	16	0	24	483
16:45 - 17:00	29	252	2	0	0	3	1	165	40	12	0	26	530
Celkem za 4 hodiny	645	3414	6	3	2	26	8	3154	783	184	3	565	8793
	4065			31			3945			752			

Z výsledků vyplývá, že během měření projelo danou křižovatkou celkem 8793 vozidel. Největší intenzita byla naměřena v paprscích A, s celkovým počtem 4065 vozidel, a C, s celkovým počtem 3945 vozidel. V paprsku B bylo naměřeno 752 projetých vozidel. V paprsku D pak bylo naměřeno pouze 31 vozidel. Počty naměřených vozidel v jednotlivých dopravních proudech jsou uvedeny v tabulce 2.

Dalším bodem v průzkumu bylo stanovení složení vozidel v jednotlivých dopravních proudech. Z naměřených výsledků jasně vyplývá, že největší zastoupení měly osobní automobily. Ty projely danou křižovatkou za dobu průzkumu v počtu 7327. Druhým nejvíce zastoupeným typem vozidla byly nákladní automobily, kterých bylo naměřeno 1363. Dále pak bylo naměřeno 63 autobusů, 35 nákladních souprav a 5 motocyklů. Kloubové autobusy ani jiná speciální vozidla danou křižovatkou během měření neprojely.

Tabulka 4 - Skladba vozidel v jednotlivých dopravních proudech [pvoz/h]

Druh vozidla	Papřsek A			Papřsek B			Papřsek C			Papřsek D			Celkem
	Proud 1	Proud 2	Poud 3	Poud 4	Poud 5	Proud 6	Proud 7	Proud 8	Proud 9	Proud 10	Proud 11	Proud 12	
Osobní automobily	477	2840	3	2	0	18	4	2736	678	140	2	427	7327
Nákladní automobily	165	534	3	1	2	8	4	384	92	38	1	131	1363
Nákladní soupravy	0	16	0	0	0	0	0	12	1	0	0	6	35
Autobusy	3	22	0	0	0	0	0	20	11	6	0	1	63
Motocykly	0	2	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	5
Celkem	645	3414	6	3	2	26	8	3154	783	184	3	565	8793

5.1 Stanovení špičkové hodiny

Z měření byla stanovena i špičková hodina, která je potřebná pro další výpočty. Špičková hodina je doba 60 – ti minut s největší intenzitou. Z výsledků měření byla stanovena jako špičková hodina doba od 15:15 do 16:15 hodin.

Tabulka 5 - Stanovení špičkové hodiny [pvoz/h]

Hodinové intenzity	
Časový interval	Σ [voz/h]
7:00 - 8:00	1985
7:15 - 8:15	1993
7:30 - 8:30	2013
7:45 - 8:45	2014
8:00 - 9:00	1982
15:00 - 16:00	2605
15:15 - 16:15	2612
15:30 - 16:30	2562
15:45 - 16:45	2349
16:00 - 17:00	2221

V tabulce č.5 je uvedeno zastoupení typů vozidel dle jednotlivých dopravních proudů ve špičkové hodině. V rozmezí této hodiny projelo 2270 osobních automobilů, 325 nákladních automobilů, 12 autobusů, 4 nákladní soupravy a 1 motocykl.

Tabulka 6 - Skladba vozidel ve špičkové hodině dle jednotlivých dopravních proudů [voz/h]

Druh vozidla	Papřsek A			Papřsek B			Papřsek C			Papřsek D			Celkem
	Proud 1	Proud 2	Poud 3	Poud 4	Poud 5	Proud 6	Proud 7	Proud 8	Proud 9	Proud 10	Proud 11	Proud 12	
Osobní automobily	181	1086	0	0	0	4	1	636	218	48	0	96	2270
Nákladní automobily	49	134	0	0	0	0	0	72	21	7	0	42	325
Nákladní soupravy	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4
Autobusy	0	7	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	12
Motocykly	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Celkem	230	1229	0	0	0	4	1	714	241	55	0	138	2612

6. Kapacitní posouzení současné křižovatky

Při kapacitním posouzení křižovatky byl dodržen postup dle *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*. Křižovatka byla posouzena jako průsečná o dvanácti dopravních proudech.

Tabulka 7 - Přepočtové koeficienty k_a skladby dopravního proudu pro neřízené úrovněvé křižovatky

– Tabulka 6-4 TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]

Osobní vozidla ^{a)}	Nákladní vozidla, autobusy ^{b)}	Nákladní soupravy, kloubové autobusy	Motocykly	Jízdní kola
1,0	1,5	2,0	0,8	0,5
a) Včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti.				
b) Nákladní vozidla nad 3,5 t celkové hmotnosti mimo nákladní soupravy a autobusy mimo kloubové autobusy.				

Při kapacitních výpočtech se intenzity dopravy přepočítávají pomocí přepočtových koeficientů dle tabulky 6-4 TP 188 – *Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*. Díky tomuto přepočtu dojde k homogenizaci dopravních proudů během špičkové hodiny. Výsledky jsou zaznamenány v následující tabulce.

Tabulka 8 - Přepočet vozidel ve špičkové hodině [pvoz/h]

Druh vozidla	Paprsek A			Paprsek B			Paprsek C			Paprsek D			Celkem
	Proud 1	Proud 2	Proud 3	Proud 4	Proud 5	Proud 6	Proud 7	Proud 8	Proud 9	Proud 10	Proud 11	Proud 12	
Osobní automobily	181	1086	0	0	0	4	1	636	218	48	0	96	2270
Nákladní automobily	73,5	201	0	0	0	0	0	108	31,5	10,5	0	63	487,5
Nákladní soupravy	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	8
Autobusy	0	10,5	0	0	0	0	0	4,5	3	0	0	0	18
Motocykly	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0,8
Celkem	254,5	1301,5	0	0	0	4	1	753,3	252,5	58,5	0	159	2784,3
	255	1302	0	0	0	4	1	754	253	59	0	159	

Z důvodu dosažení matematické konkrétnosti výpočtového modelu byly dosazeny pro účely výpočtu v málo vytížených dopravních proudech $I = 1$ namísto nulové intenzity.

6.1 Stupeň nadřazenosti a podřazenosti dopravních proudů

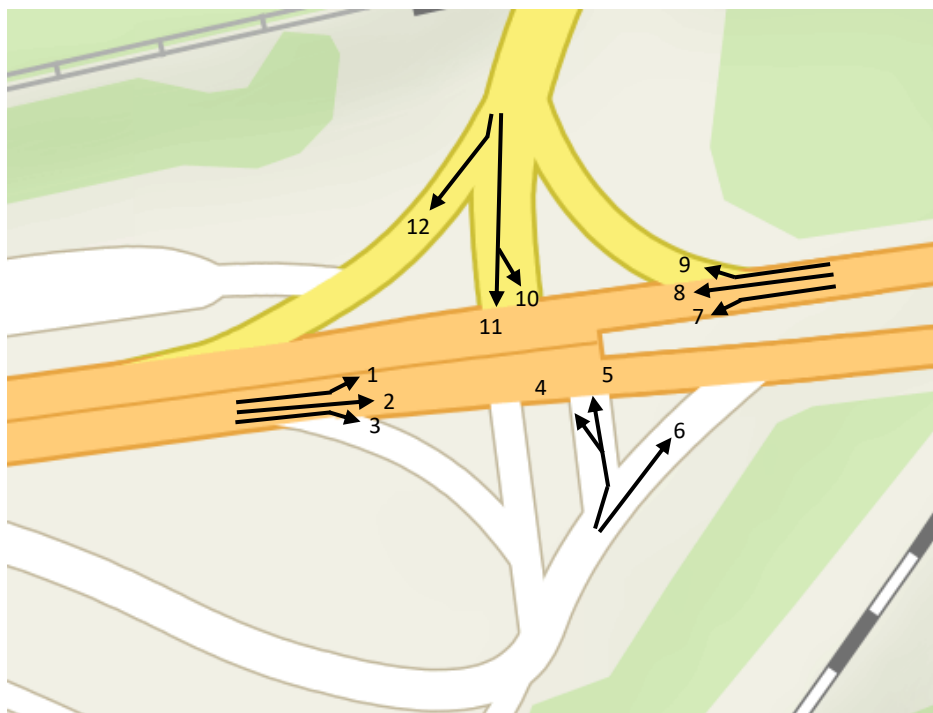
Při kapacitních výpočtech na neřízené úrovňové křižovatce se rozlišují čtyři stupně podřazenosti jednotlivých dopravních proudů. Jednotlivá rozlišení jsou uvedena v tabulce č. 9, která odpovídá tabulce 6-1 TP 188 – *Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [9].

Tabulka 9 - Stupně podřazenosti proudů uvažované pro výpočet neřízené úrovňové křižovatky

– Tabulka 6-1 TP 188 – *Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [9]

Stupeň	Charakteristika	Dopravní proudy	
		Průsečná křižovatka	Styková křižovatka
1. stupeň	nadřazenost	2, 3, 8, 9	2, 3, 8
2. stupeň	jednoduchá podřazenost proudů 1. stupně	1, 6, 7, 12	6, 7
3. stupeň	dvojnásobná podřazenost proudům 1. a 2. stupně	5, 11	4
4. stupeň	trojnásobná podřazenost proudům 1., 2. a 3. stupně	4, 10	-

Z tabulky č.9 vyplývá, které dopravní proudy jsou nadřazené, a ve kterých proudech musí naopak řidič vozidla dát přednost. Číslování dopravních proudů je uvedeno na obrázku č.12 a vyplývá z obrázku 6-1 TP 188 – *Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [9]



Obrázek 11 - Číslování dopravních proudů [14]

6.2 Rozhodující intenzity nadřazených proudů

Rozhodující intenzity nadřazených proudů jsou vypočítávány ze součtu přepočítaných vozidel v jednotlivých dopravních proudech. Všechny další výpočty byly provedeny podle tabulky č.10, která odpovídá tabulce 6-2 TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9].

Tabulka 10 - Součet intenzit nadřazených proudů

– Tabulka 6-2 TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]

Podřazený proud	Číslo	Součet intenzit nadřazených proudů [voz/h]
Levé odbočení z hlavní	1	$I_8 + I_9$
	7	$I_2 + I_3$
Pravé odbočení z vedlejší	6	$I_2^{(2)} + 0,5 \cdot I_3^{(1)}$
	12	$I_8^{(2)} + 0,5 \cdot I_9^{(1)}$
Přímý průjezd z vedlejší	5	$I_2 + 0,5 \cdot I_3^{(1)} + I_8 + I_9 + I_1 + I_7$
	11	$I_8 + 0,5 \cdot I_9^{(1)} + I_2 + I_3 + I_1 + I_7$
Levé odbočení z vedlejší	4	$I_2 + 0,5 \cdot I_3^{(1)} + I_8 + 0,5 \cdot I_9^{(1)} + I_1 + I_7 + I_{12} + I_{11}$
	10	$I_8 + 0,5 \cdot I_9^{(1)} + I_2 + 0,5 \cdot I_3^{(1)} + I_1 + I_7 + I_6 + I_5$

¹⁾ Pokud má dopravní proud 3 nebo 9 samostatný jízdní pruh, $I_3 = 0$, $I_9 = 0$.
²⁾ Když má dopravní proud 2 nebo 8 dva jízdní pruhy, použije se intenzita dopravního proudu pro pravý jízdní pruh $I_2/2$, $I_8/2$.

Dopravní proudy 1. stupně se neposuzují, z důvodu stanovení přesného počtu vozidel na komunikaci.

Stanovení intenzit dopravních proudů 2. stupně:

$$I_{H1} = I_8 + I_9 = 754 + 253 = 1007 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{H7} = I_2 + I_3 = 1302 + 1 = 1303 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{H6} = I_2/2 + 0,5 \cdot I_3 = 1302/2 + 0 = 651 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{H12} = I_{8/2} + 0,5 \cdot I_9 = 754/2 + 0 = 377 \text{ pvoz/h}$$

Stanovení intenzit dopravních proudů 3. stupně:

$$I_{H5} = I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_8 + I_9 + I_1 + I_7 = 1302 + 0 + 754 + 253 + 255 + 1 = 2565 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{H11} = I_8 + 0,5 \cdot I_9 + I_2 + I_3 + I_1 + I_7 = 754 + 0 + 1302 + 1 + 255 + 1 = 2313 \text{ pvoz/h}$$

Stanovení intenzit dopravních proudů 4. stupně:

$$I_{H4} = I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_8 + 0,5 \cdot I_9 + I_1 + I_7 + I_{12} + I_{11} = 1302 + 0 + 754 + 0 + 255 + 1 + 159 + 1 = 2472 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{H10} = I_8 + 0,5 \cdot I_9 + I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_1 + I_7 + I_6 + I_5 = 754 + 0 + 1302 + 0 + 255 + 1 + 4 + 1 = 2317 \text{ pvoz/h}$$

6.3 Základní kapacita

Pro zjištění kapacity musí být určeny následující parametry.

6.3.1. Kritický a následný časový odstup

Kritický časový odstup udává minimální časový odstup mezi dvěma vozidly v nadřazeném dopravním proudu, který řidič vozidla v podřazeném dopravním proudu potřebuje k zařazení do nadřazeného dopravního proudu v momentálních podmínkách. Tento odstup je vypočítán pomocí charakteristické hodnoty $v_{85\%}$. Ta je definovaná jako rychlost, kterou nepřekračuje 85 % vozidel jedoucích v daném dopravním proudu. [18]

Hodnota je udávána v km/h. Návrhová rychlost v posuzované křižovatce je 50 km/h. Všechny vztahy pro určení kritického odstupu vyplývají z tabulky č.10, která odpovídá tabulce 6-5 TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9].

Tabulka 11 - Hodnoty kritických časových odstupů

– Tabulka 6-5 TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	t_g [s]
Levé odbočení z hlavní	7/1	$t_g = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%}$
Pravé odbočení z vedlejší	6/12	$t_g = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%}$
Přímý průjezd z vedlejší	5/11	$t_g = 4,4 + 0,036 \cdot v_{85\%}$
Levé odbočení z vedlejší	4/10	$t_g = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%}$

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.
 $v_{85\%}$ rychlost, kterou nepřekračuje 85 % vozidel v dopravním proudu na hlavní komunikaci [km/h].

Kritické časové odstupy:

$$t_{g7/1} = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%} = 3,4 + 0,021 \cdot 50 = 4,45 \text{ s}$$

$$t_{g6/2} = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%} = 2,8 + 0,038 \cdot 50 = 4,7 \text{ s}$$

$$t_{g5/11} = 4,4 + 0,036 \cdot v_{85\%} = 4,4 + 0,036 \cdot 50 = 6,2 \text{ s}$$

$$t_{g4/10} = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%} = 5,2 + 0,022 \cdot 50 = 6,3 \text{ s}$$

Podle stupňů dopravních proudů je možno určit následný časový odstup. Ten je odvozen z tabulky č.11, která odpovídá tabulce 6-6 TP 188 – *Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*. Křižovatka odpovídá typu P4 svislého dopravního značení.

Tabulka 12 - Hodnoty následného časového odstupu
– Tabulka 6-6 TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	t_f [s]	
		P4	P6
levé odbočení z hlavní	7/1	2,6	
pravé odbočení z vedlejší	6/12	3,1	3,7
přímý průjezd z vedlejší	5/11	3,3	3,9
levé odbočení z vedlejší	4/10	3,5	4,1

P4 – přednost upravena dopravní značkou č. P 4 „Dej přednost v jízdě!“
P6 – přednost upravena dopravní značkou č. P 6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“

Následné časové odstupy:

$$t_{f7/1} = 2,6 \text{ s}$$

$$t_{f6/12} = 3,1 \text{ s}$$

$$t_{f5/11} = 3,3 \text{ s}$$

$$t_{f4/10} = 3,5 \text{ s}$$

6.3.2 Základní kapacita řešené křižovatky

Základní kapacita stanovuje maximální počet vozidel z podřazeného proudu, které projedou křižovatkou za daný časový úsek. Tento časový úsek odpovídá časovým mezerám mezi vozidly nadřazených dopravních proudů. Pro stanovení základní kapacity platí následující vztah, který je převzat z TP 188 – *Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$C_{g,n} = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_H}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} \right)}$$

kde $C_{g,n}$ základní kapacita jízdního pruhu proudu n [pvoz/h]

I_H rozhodující intenzita nadřazených proudů [voz/h]

t_g kritický časový odstup [s]

t_f následný časový odstup [s]

e Eulerovo číslo [-]

6.4 Kapacita jízdních pruhů

Kapacita dopravních proudů 1. stupně odpovídá kapacitě takových proudů, kde se vozidla po komunikaci pohybují volně a nemají tak povinnost dávat přednost v jízdě. Pro tyto proudy platí hodnota 1800 pvoz/h pro jeden jízdní pruh. $C_2 = C_3 = C_8 = C_9 = 1800 \text{ pvoz/h}$

Základní kapacity podřazených dopravních proudů:

$$C_{g1} = \frac{3600}{2,6} \cdot e^{-\frac{1007}{3600} \cdot (4,45 - \frac{2,6}{2})} = 574 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g7} = \frac{3600}{2,6} \cdot e^{-\frac{1303}{3600} \cdot (4,45 - \frac{2,6}{2})} = 443 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g6} = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-\frac{651}{3600} \cdot (4,7 - \frac{3,1}{2})} = 657 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g12} = \frac{3600}{3,1} \cdot e^{-\frac{377}{3600} \cdot (4,7 - \frac{3,1}{2})} = 835 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g5} = \frac{3600}{3,3} \cdot e^{-\frac{2565}{3600} \cdot (6,2 - \frac{3,3}{2})} = 43 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g11} = \frac{3600}{3,3} \cdot e^{-\frac{2313}{3600} \cdot (6,2 - \frac{3,3}{2})} = 59 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g4} = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-\frac{2472}{3600} \cdot (6,3 - \frac{3,5}{2})} = 46 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g10} = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-\frac{2317}{3600} \cdot (6,3 - \frac{3,5}{2})} = 55 \text{ pvoz/h}$$

6.5 Výsledná kapacita jednotlivých dopravních proudů

Dopravní proud 1. stupně je proud, který je nadřazen všem ostatním dopravním proudům. Jeho výsledná kapacita je stanovena na 1800 pvoz/h.

$$C_2, C_3, C_8, C_9 = 1800 \text{ pvoz/h}$$

Výsledná kapacita proudů 2. stupně je dána následujícím vztahem podle *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [9].

$$C_n = C_{g,n}$$

kde: C základní kapacita jízdního pruhu [pvoz/h]

$C_{g,n}$ kapacita jízdního pruhu [pvoz/h]

n číslo příslušného dopravního proudu [-]

Výsledná kapacita proudů 2. stupně:

$$C_1 = 574 \text{ pvoz/h}$$

$$C_6 = 657 \text{ pvoz/h}$$

$$C_7 = 443 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{12} = 835 \text{ pvoz/h}$$

Kapacita jízdního pruhu třetího a čtvrtého stupně je potřeba dopočítat dle následujících vztahů. Tyto vztahy byly vybrány z *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]* podle rozložení dané křižovatky.

$$p_{0,n} = \max\{1 - a_v; 0\} = \max\left\{1 - \frac{I_n}{C_n}; 0\right\}$$

3. stupeň:

$$p_{0,1} = \max\left\{1 - \frac{I_1}{C_1}; 0\right\} = \max\left\{1 - \frac{255}{573,67}; 0\right\} = 0,555$$

$$p_{0,7} = \max\left\{1 - \frac{I_7}{C_7}; 0\right\} = \max\left\{1 - \frac{1}{443,16}; 0\right\} = 0,998$$

$$p_x = p_{0,1} \cdot p_{0,7} = 0,554$$

$$C_5 = p_x \cdot C_{g5} = 0,554 \cdot 42,64 = 24 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{11} = p_x \cdot C_{g11} = 0,554 \cdot 58,64 = 33 \text{ pvoz/h}$$

Stavy bez vytváření fronty vozidel se stanoví podle vztahu: $p_{z,n} = \frac{1}{1 + \frac{1-p_x}{p_x} + \frac{1-p_{0,n}}{p_{0,n}}}$

kde: $p_{z,n}$ pravděpodobnost současného nevzdutí proudů 1, 7, 5 nebo 1, 7, 11 [-]

$p_{0,n}$ pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazeného proudu n [-]

p_x pravděpodobnost současného nevzdutí proudů 1 a 7 [-]

4. stupeň:

$$C_4 = p_{z,11} \cdot p_{0,12} \cdot C_{g,4}$$

$$C_{10} = p_{z,5} \cdot p_{0,6} \cdot C_{g,10}$$

kde: C_4, C_{10} kapacita jízdního pruhu proudu 4 nebo 10 [pvoz/h]

$p_{z,5}, p_{z,11}$ pravděpodobnost současného nevzdutí proudů 1, 7, 5 nebo 1, 7, 11 [-]

$p_{0,12}, p_{0,6}$ pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazeného proudu 12 nebo 6 [-]

$C_{g,4}, C_{g,10}$ základní kapacita jízdního pruhu proudu 4 nebo 10 [pvoz/h]

$$C_4 = p_{z,11} \cdot p_{0,12} \cdot C_{g,4} = 0,544 \cdot 0,810 \cdot 45,22 = 19,93 \text{ pvoz/h}$$

$$p_{z,11} = \frac{1}{1 + \frac{1 - p_x}{p_x} + \frac{1 - p_{0,11}}{p_{0,11}}} = \frac{1}{1 + \frac{1 - 0,554}{0,554} + \frac{1 - 0,969}{1,969}} = 0,544$$

$$p_{0,12} = \max \left\{ 1 - \frac{I_{12}}{C_{12}}; 0 \right\} = \max \left\{ 1 - \frac{159}{834,98}; 0 \right\} = 0,810$$

$$C_{10} = p_{z,5} \cdot p_{0,6} \cdot C_{g,10} = 0,541 \cdot 0,994 \cdot 55,01 = 29,57 \text{ pvoz/h}$$

$$p_{z,5} = \frac{1}{1 + \frac{1 - p_x}{p_x} + \frac{1 - p_{0,5}}{p_{0,5}}} = \frac{1}{1 + \frac{1 - 0,554}{0,554} + \frac{1 - 0,958}{0,958}} = 0,541$$

$$p_{0,6} = \max \left\{ 1 - \frac{I_6}{C_6}; 0 \right\} = \max \left\{ 1 - \frac{4}{656,99}; 0 \right\} = 0,994$$

Kapacitu některých jízdních pruhů je potřeba dopočítat jako kapacitu jízdního pruhu třetího a čtvrtého stupně se společným řazením. Tato kapacita se určuje podle vztahu z *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

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

Kde:	$C_{n,n,n}$	kapacita společného pruhu [pvoz/h]
	n, n, n	4+5, 10+11 [-]
	j	průběžný index pro dílčí proudy [-]
	a_{vj}	stupeň vytížení dopravního proudu j [-]
	I_j	návrhová intenzita dopravy dopravního proudu j [pvoz/h],
	C_j	kapacita pruhu proudu j [pvoz/h],
	m	počet proudů ve společném pruhu [-]

Kapacita proudů se společným řazením:

$$C_{4,5} = \frac{I_4 + I_5}{a_{v4} + a_{v5}} = \frac{1 + 1}{0,05 + 0,04} = 22 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{10,11} = \frac{I_{10} + I_{11}}{a_{v10} + a_{v11}} = \frac{59 + 1}{2,00 + 0,03} = 30 \text{ pvoz/h}$$

6.6 Rezerva kapacity křižovatky

Hodnota rezervy kapacity se opět spočítá dle *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$Rez = C_n - I_n$$

kde:	Rez	rezerva kapacity [voz/h, případně pvoz/h]
	C_n	kapacita [voz/h, případně pvoz/h]
	I	návrhová intenzita dopravy [voz/h, případně pvoz/h]

Pro výpočet relativní hodnoty rezervy kapacity dopravního proudu v procentech platí vztah:

$$Rez = \left(\frac{C_n - I_n}{C_n} \right) \cdot 100$$

kde:	Rez	rezerva kapacity [%]
	C	kapacita [voz/h, případně pvoz/h]
	I	návrhová intenzita dopravy [voz/h, případně pvoz/h]

$$Rez_1 = 573,67 - 255 = 319 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_1 = \frac{573,67 - 255}{573,67} = 55,55\%$$

$$Rez_2 = 1800 - 1302 = 498 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_2 = \frac{1800 - 1302}{1800} = 27,67\%$$

$$Rez_3 = 1800 - 1 = 1799 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_3 = \frac{1800 - 1}{1800} = 99,94\%$$

$$Rez_{4+5} = 21,62 - 2 = 20 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_{4+5} = \frac{21,62 - 2}{21,62} = 90,75\%$$

$$Rez_6 = 656,99 - 4 = 653 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_6 = \frac{656,99 - 4}{656,99} = 99,39\%$$

$$Rez_7 = 442,77 - 1 = 442 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_7 = \frac{442,77 - 1}{442,77} = 99,77\%$$

$$Rez_8 = 1800 - 754 = 1046 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_8 = \frac{1800 - 754}{1800} = 58,11\%$$

$$Rez_9 = 1800 - 253 = 1547 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_9 = \frac{1800 - 253}{1800} = 85,94\%$$

$$Rez_{10+11} = 29,61 - 60 = -30 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_{10+11} = \frac{29,61 - 60}{29,61} = -102,63\%$$

$$Rez_{12} = 834,98 - 159 = 676 \text{ pvoz/h}$$

$$Rez_{12} = \frac{834,98 - 159}{834,98} = 80,96\%$$

Z výpočtů vyplývá, že pruh se společným řazením pro proudy č.10 a 11. nemá žádnou kapacitní rezervu, a tudíž je zde velká pravděpodobnost vzniku kolon. Tato kolona může omezit i plynulost dopravy v dopravním proudu č.12 a přetížít tak celou dopravu v paprsku D.

6.7 Střední doba zdržení a úroveň dopravy

Po stanovení úrovně dopravy musí být nejdříve vypočítána střední doba zdržení t_w . Tato hodnota se pak musí porovnat s limitní hodnotou $t_{w,lim}$, která je uvedena v normě ČSN 73 6110 *Projektování místních komunikací* [3].

Při porovnání těchto hodnot musí platit následující vztah: $t_w \leq t_{w,lim}$,

kde: t_w střední doba zdržení vozidel v dopravním proudu [s]
 $t_{w,lim}$ nejvyšší přístupná střední doba zdržení vozidel dle stupně UKD podle ČSN 73 6102[s], [2]

Při výpočtu střední doby zdržení t_w se použije následující vztah

$$t_w = \frac{3600}{C_n} + \frac{T}{4} \cdot \left[(a_v - 1) + \sqrt{(a_v - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot \min(a_v, 1)}{C_n \cdot T}} \right]$$

kde: t_w střední doba zdržení [s]
 C_n kapacita podřazeného proudu [pvoz/h]
 T délka intervalu špičkového provozu [s]; ($T = 3600$ s)
 a_v stupeň vytížení [-]

$$t_{w1} = \frac{3600}{573,67} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,44 - 1) + \sqrt{(0,44 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,44}{573,67 \cdot 3600}} \right] = 11,27 \text{ s}$$

$$t_{w2} = \frac{3600}{1800} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,72 - 1) + \sqrt{(0,72 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,72}{1800 \cdot 3600}} \right] = 7,18 \text{ s}$$

$$t_{w3} = \frac{3600}{1800} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,00 - 1) + \sqrt{(0,00 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,00}{1800 \cdot 3600}} \right] = 2,00 \text{ s}$$

$$t_{w4+5} = \frac{3600}{21,62} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,09 - 1) + \sqrt{(0,09 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,09}{21,62 \cdot 3600}} \right] = 183,31 \text{ s}$$

$$t_{w6} = \frac{3600}{656,99} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,01 - 1) + \sqrt{(0,01 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,01}{656,99 \cdot 3600}} \right] = 5,51 \text{ s}$$

$$t_{w7} = \frac{3600}{442,77} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,00 - 1) + \sqrt{(0,00 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,00}{442,77 \cdot 3600}} \right] = 8,15 \text{ s}$$

$$t_{w8} = \frac{3600}{1800} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,42 - 1) + \sqrt{(0,42 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,42}{1800 \cdot 3600}} \right] = 3,44 \text{ s}$$

$$t_{w9} = \frac{3600}{1800} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,14 - 1) + \sqrt{(0,14 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,14}{1800 \cdot 3600}} \right] = 2,33 \text{ s}$$

$$t_{w10+11} = \frac{3600}{29,61} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(2,03 - 1) + \sqrt{(2,03 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 1}{29,61 \cdot 3600}} \right] = 2080,66 \text{ s}$$

$$t_{w12} = \frac{3600}{834,98} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,19 - 1) + \sqrt{(0,19 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,19}{834,98 \cdot 3600}} \right] = 5,32 \text{ s}$$

Určení kvality dopravy bylo provedeno v souladu s normou ČSN 73 6110 [3].

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení [s]
Označení	Charakteristika	
A	Velmi dobrá (Doba zdržení velmi malá)	≤ 10
B	Dobrá (Zdržení ještě bez front)	≤ 20
C	Uspokojivá (Ojedinelé krátké fronty)	≤ 30
D	Dostatečná (Stabilní stav s vysokými ztrátami)	≤ 45
E	Nestabilní (Nestabilní stav)	> 45
F	Nevyhovující (Překročená kapacita)	–

UKD na stupni F je dosaženo při překročení kapacity, tj. při hodnotě stupně vytížení $a_v > 1$

Tabulka 13 - Mezní hodnoty doby zdržení $t_{w,lim}$ dle normy ČSN 73 6110 [3]

$$t_{w1} = 11,27 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = B$$

$$t_{w2} = 7,18 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

$$t_{w3} = 2,00 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

$$t_{w4+5} = 183,31 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = E$$

$$t_{w6} = 5,51 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

$$t_{w7} = 8,15 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

$$t_{w8} = 3,44 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

$$t_{w9} = 2,33 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

$$t_{w10+11} = 2080,66 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = F$$

$$t_{w12} = 5,32 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

Z porovnání střední doby zdržení t_w a limitní hodnoty $t_{w,lim}$ bylo zjištěno, že u proudu se společným řazením VB4+VB5 byla zjištěn nestabilní úroveň dopravy E a u proudu VD10+VD11 byla kapacita překročena. Úroveň toho proudu nevyhovuje a odpovídá stupni F. U dopravního proudu VA1 byla určena dobrá úroveň dopravy s označením B. Pro proudy VA2, VA3, VB6, VC7, VC8, VC9 a VD12 byla zjištěna velmi dobrá úroveň dopravy s označením A.

6.8 Délka fronty čekajících vozidel

Pro stanovení délky fronty je nejprve potřeba určit stupeň vytižení a_v , pro který platí následující vztah, převzatý z *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$a_v = \frac{I_n}{C_n}$$

kde: a_v stupeň vytižení [-]
 C_n kapacita jízdního pruhu [pvoz/h]
 I_n návrhová intenzita dopravy [pvoz/h]

$$a_{v1} = \frac{I_1}{C_1} = \frac{255}{573,16} = 0,44$$

$$a_{v7} = \frac{I_7}{C_7} = \frac{1}{443,16} = 0,00$$

$$a_{v2} = \frac{I_2}{C_2} = \frac{1302}{1800} = 0,72$$

$$a_{v8} = \frac{I_8}{C_8} = \frac{754}{1800} = 0,42$$

$$a_{v3} = \frac{I_3}{C_3} = \frac{0}{1800} = 0,00$$

$$a_{v9} = \frac{I_9}{C_9} = \frac{253}{1800} = 0,14$$

$$a_{v4+5} = \frac{I_4+I_5}{C_{4+5}} = \frac{1+1}{21,62} = 0,09$$

$$a_{v10+11} = \frac{I_{10}+I_{11}}{C_{10+11}} = \frac{59+1}{29,61} = 2,03$$

$$a_{v6} = \frac{I_6}{C_6} = \frac{4}{656,99} = 0,01$$

$$a_{v12} = \frac{I_{12}}{C_{12}} = \frac{159}{834,98} = 0,19$$

Délka fronty se stanoví podle vztahu:

$$L_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_n \cdot \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_n}} \right)$$

Kde: $L_{95\%}$ délka fronty čekajících vozidel [m]
 a_v stupeň vytižení [-]
 C_n kapacita pruhu dopravního proudu n [pvoz/h]

$$L_{95\%,1} = \frac{3}{2} \cdot 573,67 \cdot \left(0,44 - 1 + \sqrt{(1 - 0,44)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,44}{573,67}} \right) = 14,19m$$

$$L_{95\%,4+5} = \frac{3}{2} \cdot 21,62 \cdot \left(0,09 - 1 + \sqrt{(1 - 0,09)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,09}{21,62}} \right) = 1,78 m$$

$$L_{95\%,6} = \frac{3}{2} \cdot 656,99 \cdot \left(0,01 - 1 + \sqrt{(1 - 0,01)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,01}{656,99}} \right) = 0,11m$$

$$L_{95\%,7} = \frac{3}{2} \cdot 442,77 \cdot \left(0,00 - 1 + \sqrt{(1 - 0,00)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,00}{442,77}} \right) = 0,04m$$

$$L_{95\%,10+11} = \frac{3}{2} \cdot 29,61 \cdot \left(2,03 - 1 + \sqrt{(1 - 2,03)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 2,03}{29,61}} \right) = 118,51m$$

$$L_{95\%,12} = \frac{3}{2} \cdot 834,98 \cdot \left(0,19 - 1 + \sqrt{(1 - 0,19)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,19}{834,98}} \right) = 4,23m$$

Z výsledků je patrné, že ve v jednom případě dochází k poměrně časté tvorbě kolon. U společného pruhu pro proud č.10 a č.11 vyšla délka kolony 118,51 m. Jelikož celková délka pruhu je 39 m, dochází zde často k tvorbě kolony a je potřeba tento problém řešit. Tato kolona má vliv i na plynulost dopravy proudu č.12, kde je v takovém případě provoz omezen.

6.9 Výsledek kapacitního posouzení

Z výsledků je zřejmé, že posuzovaná křižovatka kapacitně nevyhovuje. V rámci posouzení úrovně kvality dopravy bylo zjištěno, že na paprsku č.4 u dopravního proudu č.10+11 (II/479 – D) je překročena kapacita o 30 pvoz/h. Tento společný pruh je určen pro vozidla jedoucí přímo ze silnice II/479 – D, a pro vozidla odbočující z vedlejší pozemní komunikace II/479 – D na hlavní pozemní komunikaci I/11 ve směru na Ostravu. U ostatních dopravních proudů jsou požadavky na UKD splněny. Celková úroveň kvality dopravy na křižovatce odpovídá stupni F.

Podrobný přehled hodnot pro kapacitní výpočet u současného stavu křižovatky je znázorněn v příloze č.1 v protokolu pro posouzení kapacity neřízené úrovně křižovatky.

7. Prognóza dopravy

Při plánování křižovatek se musí vzít v úvahu i neustálý nárůst vozidel v rámci dopravy. Z tohoto důvodu se v rámci prognózy dopravy určují výhledové intenzity. Jelikož byl průzkum proveden v roce 2020, jako výhledový rok byl stanoven rok 2045. Již zmíněný rok 2020 je pak označován jako výchozí rok.

Pro zápis a výpočet byl použit protokol pro prognózu intenzit dopravy, který je uveden v *TP 225 – Prognóza intenzit automobilové dopravy [11]*. V rámci výpočtu jsou vozidla rozdělena do tří kategorií. Vozidla jsou tak rozdělena na osobní vozidla (A), lehká nákladní vozidla (B), těžká vozidla (C).

Pro výpočet výhledové intenzity je použit následující vzorec:

$$I_{vi} = I_{0i} \cdot k_{pi}$$

Kde:	I_{vi}	výhledová intenzita pro danou skupinu vozidel [voz/h]
	I_{0i}	výchozí intenzita dopravy pro danou skupinu vozidel [voz/h]
	k_{pi}	koeficient prognózy intenzit dopravy pro danou skupinu vozidel [-]

Pro dopočítání koeficientu prognózy je použit vzorec:

$$k_{pi} = \frac{k_{vi}}{k_{0i}}$$

kde:	k_{vi}	koeficient vývoje intenzit dopravy pro výhledový rok a pro danou skupinu vozidel [-]
	k_{0i}	koeficient vývoje intenzit dopravy pro výhledový rok a pro danou skupinu vozidel [-]

Výsledné hodnoty prognózy intenzit dopravy byly zaznamenány do závazného protokolu v příloze č.2. V tomto protokolu lze vidět výhledová intenzita dopravy ve výhledovém roce 2045. Tato intenzita byla vypočítána na hodnotu 3 125 voz/h.

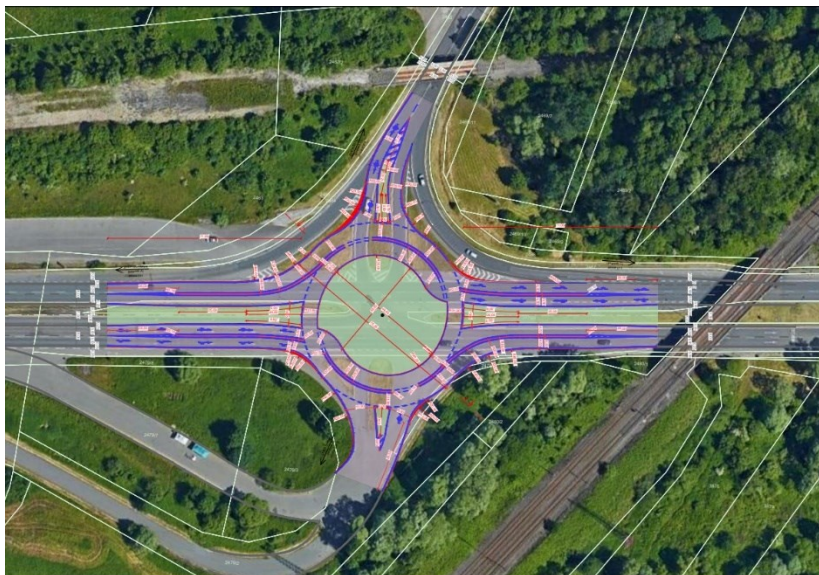
8. Návrh varianty – Turbo-okružní křižovatka

Vzhledem ke zjištěným problémům v rámci nynějšího rozvržení křižovatky, je návrhem řešení turbo okružní křižovatka. Tento návrh byl vybrán na základě momentálního uspořádání křižovatky. Na křižovatce totiž významně dominuje intenzita na hlavní dopravní komunikaci. Turbo – okružní křižovatka by měla usnadnit průjezd při odbočování vlevo a celkově zklidnit dopravu. Tato změna by se tak měla projevit i v rámci nehodovost, jelikož by byly eliminovány hlavní příčiny nehod na této křižovatce.

Při navrhování byly použity zásady uvedené v ČSN 73 6101 [1], ČSN 73 6102 [2], ČSN 73 6110 [3], TP 65 [4], TP 133 [5], TP 135 [6], TP 169 [7], TP 170 [8], TP 188 [9], TP 189 [10], TP 225 [11], TP 234 [12].

8.1 Návrh geometrie

Vybraná varianta byla navržena na základě současného stavu. Hlavní průměr křižovatky byl navrhnut na 70,25 m a šířka okružního pásu je 5,95 m.



Obrázek 12 - Návrh Turbo – Okružní křižovatky

8.2 Popis okružní křižovatky

Okružní křižovatka byla navržena tak, aby co nejvíce kopírovala a navazovala na současný stav a eliminovaly se tak další úpravy při rekonstrukci. Rozhledové podmínky v oblasti křižovatky se nezměnily a není nutné je proto ověřovat.

Paprsek A

Paprsek A je navržen se dvěma jízdními pruhy na vjezdu. Vnitřní jízdní pruh má šířku 4,50 m, včetně vodící čáry šířky 0,25 m, která je odsazena o 0,25 m od obruby vodící linie. Vnější jízdní pruh má 4,80 m, včetně vodící čáry šířky 0,25 m, která je odsazena o 0,25 m od obruby vodící linie. Vjezd do okružní křižovatky je tvořen složeným obloukem s poloměry $R_1 = 12\text{ m}$, $R_2 = 20\text{ m}$. Výjezd je tvořen dvěma jízdními pruhy a složeným obloukem s poloměry $R_1 = 40\text{ m}$, $R_2 = 20\text{ m}$, $R_3 = 60\text{ m}$. Vjezd a výjezd rozděluje dělicí ostrůvek o šířce 9 m a postupně navazuje na současný dělicí ostrůvek.

Paprsek B

Paprsek B má jeden jízdní pruh na vjezdu i výjezdu. Jízdní pruh na vjezdu má šířku 11 m, včetně vodící čáry šířky 0,25 m, která je odsazena o 0,25 m od obruby vodící linie. Vjezd do okružní křižovatky je navrhnout tak, aby co nejvíce kopíroval současný stav. Je tvořen složeným obloukem s poloměry $R_1 = 40\text{ m}$, $R_2 = 25\text{ m}$. Složený oblouk na výjezdu má poloměry $R_1 = 12\text{ m}$, $R_2 = 20\text{ m}$. Vjezd a výjezd rozděluje dělicí ostrůvek o šířce 5 m a délce 9,90 m.

Paprsek C

Paprsek C je navržen se dvěma jízdními pruhy na vjezdu. Vnitřní jízdní pruh má šířku 4,50 m, včetně vodící čáry šířky 0,25 m, která je odsazena o 0,25 m od obruby vodící linie. Vnější jízdní pruh má 4,80 m, včetně vodící čáry šířky 0,25 m, která je odsazena o 0,25 m od obruby vodící linie. Vjezd do okružní křižovatky je tvořen složeným obloukem s poloměry $R_1 = 10\text{ m}$, $R_2 = 20\text{ m}$. Výjezd je tvořen dvěma jízdními pruhy a složeným obloukem s poloměry $R_1 = 40\text{ m}$, $R_2 = 20\text{ m}$, $R_3 = 60\text{ m}$. Vjezd a výjezd rozděluje dělicí ostrůvek o šířce 9 m a postupně navazuje na současný dělicí ostrůvek.

Paprsek D

Paprsek D má jeden jízdní pruh na vjezdu i výjezdu. Jízdní pruh na vjezdu má šířku 7,60 m, včetně vodící čáry šířky 0,25 m, která je odsazena o 0,25 m od obruby vodící linie. Vjezd je tvořen složeným obloukem s poloměry $R_1 = 25\text{ m}$, $R_2 = 20\text{ m}$. Složený oblouk na výjezdu má poloměry $R_1 = 60\text{ m}$, $R_2 = 20\text{ m}$, $R_3 = 60\text{ m}$. Vjezd a výjezd rozděluje dělicí ostrůvek o šířce 5 m a délce 22,30 m.

8.3 Ověření vlečných křivek

Při navrhování okružní křižovatky musí být brán ohled i na velikost a manévrovatelnost projíždějících vozidel. Z toho důvodu byly v programu Vehicle Tracking ověřeny vlečné křivky. Návrh byl ověřen na průjezd 15–ti metrového autobusu. Toto ověření je znázorněno ve výkresu č.4 Ověření vlečných křivek v přílohové části.

8.4 Orientační odhad stavebních nákladů

Pro návrh turbo–okružní křižovatky byl vytvořen odhad nákladů, který odpovídá realizaci projektu. Celkový odhad nákladů byl sestaven podle cenové databáze, dostupné na webových stránkách Ústavu územního rozvoje [19].

Tabulka 14 - Orientační odhad nákladů

Orientační odhad stavebních nákladů				
Položka	MJ	Cena za MJ s DPH	Množství	Cena [Kč]
Odstranění stávající vozovky	Kč/m ²	743	4 420	3 284 060
Nová konstrukce vozovky	Kč/m ²	1515	3 010	4 560 150
Vodorovné dopravní značení	Kč/m ²	430	690	296 700
Svislé dopravní značení	Kč/m ²	2 000	35	70 000
Zatrávnění	Kč/m ²	198	2 910	576 180
Celkem				8 787 090
Rezerva (15%)				1 318 064
Celkové stavební náklady				10 105 154

Celkové stavební náklady byla odhadnuta na hodnotu cca 10 000 000 Kč.

8.5 Zohlednění skladby dopravního proudu

Při posuzování turbo–okružní křižovatky se vycházelo z intenzit naměřených v dopravním průřezu.

Tabulka 15 - Skladba vozidel ve špičkové hodině dle jednotlivých dopravních proudů [voz/h]

Druh vozidla	Paprasek A			Paprasek B			Paprasek C			Paprasek D			Celkem
	Proud 1	Proud 2	Proud 3	Proud 4	Proud 5	Proud 6	Proud 7	Proud 8	Proud 9	Proud 10	Proud 11	Proud 12	
Osobní automobily	181	1086	0	0	0	4	1	636	218	48	0	96	2270
Nákladní automobily	49	134	0	0	0	0	0	72	21	7	0	42	325
Nákladní soupravy	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4
Autobusy	0	7	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	12
Motocykly	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Celkem	230	1229	0	0	0	4	1	714	241	55	0	138	2612

8.6 Kapacitní posouzení

Při kapacitním posouzení křižovatky byl dodržen postup dle *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [9]. Křižovatka byla posouzena jako okružní křižovatka o dvanácti dopravních proudech.

Tabulka 16 - Přepočtové koeficienty k_d skladby dopravního proudu pro okružní křižovatky

Osobní vozidla ^{a)}	Nákladní vozidla, autobusy ^{b)}	Nákladní soupravy, kloubové autobusy	Motocykly	Jízdní kola
1,0	2,0	3,0	0,8	0,5
a) Včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti. b) Nákladní vozidla nad 3,5 t celkové hmotnosti mimo nákladní soupravy a autobusy mimo kloubové autobusy.				

Při kapacitních výpočtech u okružní křižovatky se intenzity dopravy přepočítávají pomocí přepočtových koeficientů dle tabulky 7-1 *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [9]. Díky tomuto přepočtu dojde k homogenizaci dopravních proudů během špičkové hodiny. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č.17.

Tabulka 17 - Skladba přepočtených vozidel ve špičkové hodině dle jednotlivých dopravních proudů [pvoz/h]

Druh vozidla	Paprsek A			Paprsek B			Paprsek C			Paprsek D			Celkem
	Proud 1	Proud 2	Proud 3	Proud 4	Proud 5	Proud 6	Proud 7	Proud 8	Proud 9	Proud 10	Proud 11	Proud 12	
Osobní automobily	181	1086	0	0	0	4	1	636	218	48	0	96	2270
Nákladní automobily	98	268	0	0	0	0	0	144	42	14	0	84	650
Nákladní soupravy	0	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	12
Autobusy	0	14	0	0	0	0	0	6	4	0	0	0	24
Motocykly	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0,8
Celkem	279	1374	0	0	0	4	1	792,8	264	62	0	180	2956,8
	279	1374	1	1	1	4	1	793	264	62	1	180	

Z důvodu dosažení matematické konkrétnosti výpočtového modelu byly dosazeny pro účely výpočtu v málo vytížených dopravních proudech $I=1$ namísto nulové intenzity.

Intenzita dopravy na okruhu v místě vjezdu

Pro další výpočty musí být stanoveny hodnoty intenzit dopravy na okruhu v místě vjezdu a výjezdu.

$$I_{0,A} = 64 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{e,A} = 974 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{0,B} = 1715 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{e,B} = 3 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{0,C} = 281 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{e,C} = 1440 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{0,D} = 795 \text{ pvoz/h}$$

$$I_{e,D} = 544 \text{ pvoz/h}$$

Kapacita vjezdu do okružní křižovatky C_v je dána vztahem:

$$C_v = C_{g,v} \cdot k_{v,ped}$$

kde: C_v kapacita vjezdu [pvoz/h]
 $C_{g,v}$ základní kapacita vjezdu (bez vlivu přecházejících chodců) [pvoz/h]
 $k_{v,ped}$ koeficient vlivu chodců na vjezdu do okružní křižovatky [-]

Jelikož se v oblasti křižovatky nenacházejí žádné přechody pro chodce, o jejich vlivu tedy není potřeba uvažovat a kapacita vjezdu C_v bude totožná s hodnotou základní kapacity vjezdu $C_{g,v}$. (tzn. $C_v = C_{g,v}$)

8.6.1 Základní kapacita vjezdu (bez vlivu přecházejících chodců)






Základní kapacitu vjezdu do okružní křižovatky $C_{g,v}$ lze vypočítat dle vztahu:

$$C_{g,v} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_o}{n_o \cdot 3600}\right)^{n_o} \cdot \frac{k_{v,usp}}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_o}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta\right)}$$

kde: $C_{g,v}$ základní kapacita vjezdu (bez vlivu přecházejících chodců) [pvoz/h]
 I_o intenzita dopravy na okruhu v místě vjezdu [pvoz/h]
 n_o počet jízdnicích pruhů na okruhu v místě vjezdu [-]
 $k_{v,usp}$ koeficient uspořádání jízdnicích pruhů na vjezdu a okruhu [-]
 t_g kritický časový odstup [s]
 t_f následný časový odstup [s]
 Δ minimální časový odstup vozidel jedoucích na okruhu za sebou [s]
 e Eulerovo číslo [-]

Hodnoty proměnných pro různé typy uspořádání vjezdu do křižovatky jsou dosazeny podle následující tabulky.

Tabulka 18 - Hodnoty proměnných pro výpočet kapacity vjezdu do okružní křižovatky
- tabulka 7-2 TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]

Typ uspořádání vjezdu a okruhu	Schema-tické znázor-nění	n_o	n_v	$K_{v,usp}$ [-]	t_p [s]	t_r [s]	Δ [s]
1/1		1	1	1,0	4,5 (pro $L_{kol} < 11$)	3,1 (pro $R_v < 8$)	2,1
					$5,6 - 0,1 \cdot L_{kol}$ (pro $11 \leq L_{kol} \leq 20$)	$3,6 - 0,0625 \cdot R_v$ (pro $8 \leq R_v \leq 16$)	
					3,6 (pro $L_{kol} > 20$)	2,6 (pro $R_v > 16$)	
2/1		2	1	1,0	3,7	2,6	2,1
2/2		2	2	1,5	3,7	2,6	2,1
5/2		1	2	1,8	4,5	2,7	2,1
M/1		1	1	1,0	4,5	3,1	2,8 (pro $D < 13$)
							$3,45 - 0,05 \cdot D$ (pro $13 \leq D \leq 23$)
							2,3 (pro $D > 23$)
D	vnější průměr okružní křižovatky [m]						
L_{kol}	vzdálenost mezi kolizním bodem na vjezdu z okružního jízdního pásu a kolizním bodem na vjezdu na okružní jízdní pás [m]; vynášší se v ose okružního jízdního pásu, resp. v ose vnějšího jízdního pruhu na okruhu						
R_v	poloměr vjezdu [m]						

$$C_{g,vA} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 64}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1,8}{2,6} \cdot e^{-\frac{64}{3600} \cdot (4,5 - \frac{2,7}{2} - 2,1)} = 2268 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g,vB} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 1715}{2 \cdot 3600}\right)^2 \cdot \frac{1,0}{2,6} \cdot e^{-\frac{1715}{3600} \cdot (3,7 - \frac{2,6}{2} - 2,1)} = 300 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g,vC} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 281}{1 \cdot 3600}\right)^1 \cdot \frac{1,8}{2,6} \cdot e^{-\frac{281}{3600} \cdot (4,5 - \frac{2,7}{2} - 2,1)} = 1849 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{g,vD} = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,1 \cdot 795}{2 \cdot 3600}\right)^2 \cdot \frac{1,0}{2,6} \cdot e^{-\frac{795}{3600} \cdot (3,7 - \frac{2,6}{2} - 2,1)} = 765 \text{ pvoz/h}$$

Při výpočtu kapacity vjezdu u paprsku C bylo počítáno pouze s dopravními proudy č.7 a č.8., jelikož pro dopravní proud č.9 je zřízena samostatná spojovací větev, která je posuzována samostatně dle *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [9].

8.6.2 Rezerva kapacity vjezdu

Hodnota rezervy kapacity se spočítá podle stejného vztahu jako u průsečných neřízených křižovatek, který je uveden v *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [9]:

$$Rez = C_n - I_n$$

kde: Rez rezerva kapacity [voz/h, případně pvoz/h]
 C_n kapacita [voz/h, případně pvoz/h]
 I návrhová intenzita dopravy [voz/h, případně pvoz/h]

Pro výpočet relativní hodnoty rezervy kapacity dopravního proudu v procentech platí vztah:

$$Rez = \left(\frac{C_n - I_n}{C_n} \right) \cdot 100$$

kde: Rez rezerva kapacity [%]
 C kapacita [voz/h, případně pvoz/h]
 I návrhová intenzita dopravy [voz/h, případně pvoz/h]

$$\begin{aligned} REZ_A &= 2268 - 1654 = 614 \text{ pvoz/h} & REZ_A &= \left(\frac{2268-1654}{2268} \right) \cdot 100 = 27,06\% \\ REZ_B &= 300 - 6 = 294 \text{ pvoz/h} & REZ_B &= \left(\frac{300-6}{300} \right) \cdot 100 = 98,00\% \\ REZ_C &= 1849 - 794 = 1055 \text{ pvoz/h} & REZ_C &= \left(\frac{1849-749}{1849} \right) \cdot 100 = 57,05\% \\ REZ_D &= 765 - 243 = 522 \text{ pvoz/h} & REZ_D &= \left(\frac{765-243}{765} \right) \cdot 100 = 68,22\% \end{aligned}$$

8.6.3 Střední doba zdržení

Vypočítaná hodnota střední doba zdržení t_w byla porovnána s limitní hodnotou $t_{w,lim}$, která je uvedena v normě *ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací* [3].

Při porovnání těchto hodnot musí platit následující vztah: $t_w \leq t_{w,lim}$,

kde: t_w střední doba zdržení vozidel v dopravním proudu [s]
 $t_{w,lim}$ nejvyšší přístupná střední doba zdržení vozidel dle stupně UKD podle ČSN 73 6102 [s]

Hodnota t_w je vypočítána podle *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$t_w = \frac{3600}{C_n} + \frac{T}{4} \cdot \left[(a_v - 1) + \sqrt{(a_v - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot \min(a_v, 1)}{C_n \cdot T}} \right]$$

kde: t_w střední doba zdržení [s]
 C_n kapacita podřazeného proudu [pvoz/h]
 T délka intervalu špičkového provozu [s]; ($T = 3600$ s)
 a_v stupeň vytížení [-]

$$t_{w,A} = \frac{3600}{2268} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,73 - 1) + \sqrt{(0,73 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,73}{2268 \cdot 3600}} \right] = 5,83 \text{ s}$$

$$t_{w,B} = \frac{3600}{300} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,02 - 1) + \sqrt{(0,02 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,02}{300 \cdot 3600}} \right] = 12,25 \text{ s}$$

$$t_{w,C} = \frac{3600}{1849} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,43 - 1) + \sqrt{(0,43 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,43}{1849 \cdot 3600}} \right] = 3,41 \text{ s}$$

$$t_{w,D} = \frac{3600}{765} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,32 - 1) + \sqrt{(0,32 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,32}{765 \cdot 3600}} \right] = 6,90 \text{ s}$$

Určení kvality dopravy bylo provedeno v souladu s normou *ČSN 73 6110 [3]*.

Tabulka 19 - Mezní hodnoty doby zdržení $t_{w,lim}$ dle ČSN 73 6110 [3]

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení [s]
Označení	Charakteristika	
A	Velmi dobrá (Doba zdržení velmi malá)	≤ 10
B	Dobrá (Zdržení ještě bez front)	≤ 20
C	Uspokojivá (Ojedinelé krátké fronty)	≤ 30
D	Dostatečná (Stabilní stav s vysokými ztrátami)	≤ 45
E	Nestabilní (Nestabilní stav)	> 45
F	Nevyhovující (Překročená kapacita)	–

UKD na stupni F je dosaženo při překročení kapacity, tj. při hodnotě stupně vytížení $a_v > 1$

$$t_{w,A} = 5,83 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

$$t_{w,B} = 12,25 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = B$$

$$t_{w,C} = 3,41 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

$$t_{w,D} = 6,90 \text{ s} \quad \Rightarrow \text{UKD} = A$$

Z výsledků vyplývá, že na okružní křižovatce je velmi dobrá úroveň dopravy na všech vjezdech kromě vjezdu B, kde je úroveň dopravy na vjezdu označena jako B, což odpovídá dobré úrovni kvality dopravy a neměly by se zde tvořit fronty.

8.6.4 Délka fronty čekajících vozidel

Pro stanovení délky fronty je nejprve potřeba určit stupeň vytížení a_v , pro který platí následující vztah, který je uveden v *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$a_v = \frac{I_v}{C_v}$$

kde: a_v stupeň vytížení [-]
 C_v kapacita jízdního pruhu [pvoz/h]
 I_v návrhová intenzita dopravy [pvoz/h]

$$a_{v,A} = \frac{I_{v,A}}{C_{v,A}} = \frac{1654}{2268} = 0,73$$

$$a_{v,B} = \frac{I_{v,B}}{C_{v,B}} = \frac{6}{300} = 0,02$$

$$a_{v,C} = \frac{I_{v,C}}{C_{v,C}} = \frac{794}{1849} = 0,43$$

$$a_{v,D} = \frac{I_{v,D}}{C_{v,D}} = \frac{243}{765} = 0,32$$

Délka fronty se stanoví podle vztahu z *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$L_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_v \cdot \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_v}} \right)$$

Kde: $L_{95\%}$ délka fronty čekajících vozidel [m]
 a_v stupeň vytížení [-]
 C_v kapacita pruhu dopravního proudu n [pvoz/h]

$$L_{95\%,A} = \frac{3}{2} \cdot 2268 \cdot \left(0,73 - 1 + \sqrt{(1 - 0,73)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,73}{2268}} \right) = 47,30m$$

$$L_{95\%,B} = \frac{3}{2} \cdot 300 \cdot \left(0,02 - 1 + \sqrt{(1 - 0,02)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,02}{300}} \right) = 0,37m$$

$$L_{95\%,C} = \frac{3}{2} \cdot 1849 \cdot \left(0,43 - 1 + \sqrt{(1 - 0,43)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,43}{1849}} \right) = 13,49m$$

$$L_{95\%,D} = \frac{3}{2} \cdot 765 \cdot \left(0,32 - 1 + \sqrt{(1 - 0,32)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,32}{765}} \right) = 8,34m$$

8.6.5 Kapacita výjezdu z okružní křižovatky

Kapacita výjezdu z okružní křižovatky je dána vztahem z *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$C_e = 1219 \cdot e^{\frac{-I_{ped}}{1923}} + C_{re,0}$$

Kde:	C_e	kapacita výjezdu [pvoz/h]
	I_{ped}	intenzita přecházejících chodců [ch/h]
	$C_{re,0}$	navýšení kapacity výjezdu vlivem poloměru výjezdu při nulové intenzitě chodců [pvoz/h], je dáno vztahem: $C_{re,0} = (R_e - 12) \cdot 10$
	R_e	poloměr výjezdu z okružní křižovatky [m], (pro $R_e > 30m$ se dosazuje $R_e = 30m$, pro $R_e < 12 m$ se dosazuje $R_e = 12m$)
	e	Eulerovo číslo [-]

$$C_{e,B} = 1219 \cdot e^{\frac{0}{1923}} + C_{re,0} = 1219 \cdot e^0 + (25 - 12) \cdot 10 = 1349 \text{ pvoz/h}$$

$$C_{e,D} = 1219 \cdot e^{\frac{0}{1923}} + C_{re,0} = 1219 \cdot e^0 + (20 - 12) \cdot 10 = 1299 \text{ pvoz/h}$$

V případě dvoupruhového výjezdu s nulovou intenzitou přecházejících chodců je kapacita výjezdu $C_e = 1800 \text{ pvoz/h}$.

$$C_{e,A} = 1800 \text{ pvoz/h} \quad C_{e,C} = 1800 \text{ pvoz/h}$$

8.6.6 Rezerva kapacity výjezdu

Rezerva kapacity výjezdu se vypočítá dle z *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$Rez = C_e - I_e$$

kde: Rez rezerva kapacity [voz/h, případně pvoz/h]
 C_e kapacita výjezdu [voz/h, případně pvoz/h]
 I intenzita vozidel na výjezdu [voz/h, případně pvoz/h]

Pro výpočet relativní hodnoty rezervy kapacity dopravního proudu platí vztah:

$$Rez = \left(\frac{C_e - I_e}{C_e} \right) \cdot 100$$

kde: Rez rezerva kapacity [%]
 C kapacita výjezdu [voz/h, případně pvoz/h]
 I intenzita vozidel na výjezdu [voz/h, případně pvoz/h]

$$REZ_A = 1800 - 974 = 826 \text{ pvoz/h} \qquad REZ_A = \left(\frac{1800-974}{1800} \right) \cdot 100 = 45,89\%$$

$$REZ_B = 1349 - 3 = 1346 \text{ pvoz/h} \qquad REZ_B = \left(\frac{1349-3}{1349} \right) \cdot 100 = 99,78\%$$

$$REZ_C = 1800 - 1440 = 360 \text{ pvoz/h} \qquad REZ_C = \left(\frac{1800-1440}{1800} \right) \cdot 100 = 20\%$$

$$REZ_D = 1299 - 280 = 1019 \text{ pvoz/h} \qquad REZ_D = \left(\frac{1299-280}{1299} \right) \cdot 100 = 78,44\%$$

8.6.7 Stupeň vytížení

Pro stupně vytížení a_v platí vztah $a_v = \frac{I_e}{C_e}$, který je uveden v *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

kde: a_v stupeň vytížení [-]
 C_e kapacita výjezdu [pvoz/h]
 I_e intenzita vozidel na výjezdu [pvoz/h]

$$a_{v,A} = \frac{I_{e,A}}{C_{e,A}} = \frac{974}{1800} = 0,54$$

$$a_{v,C} = \frac{I_{e,C}}{C_{e,C}} = \frac{1440}{1800} = 0,80$$

$$a_{v,B} = \frac{I_{e,B}}{C_{e,B}} = \frac{3}{1349} = 0,00$$

$$a_{v,D} = \frac{I_{e,D}}{C_{e,D}} = \frac{280}{1299} = 0,22$$

Posouzení celkové kapacity výjezdu se provede porovnáním hodnot a_v a $a_{v,lim}$, které jsou dány tímto vztahem: $a_v \leq a_{v,lim} = 0,9$

$$\begin{array}{lll} a_{v,A} = 0,54 & \leq & a_{v,lim} = 0,9 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje} \\ a_{v,B} = 0,00 & \leq & a_{v,lim} = 0,9 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje} \\ a_{v,C} = 0,80 & \leq & a_{v,lim} = 0,9 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje} \\ a_{v,D} = 0,22 & \leq & a_{v,lim} = 0,9 \quad \Rightarrow \text{vyhovuje} \end{array}$$

Z výsledků vyplývá, že vjezdy i výjezdy navrhované turbo – okružní křižovatky vyhovují.

8.6.8 Kapacita spojovací větve

Spojovací větev odvádí proudy pro pravé odbočení mimo okružní pás, a tím tento pás zvyšuje celkovou kapacitu křižovatky. Kapacita spojovací větve je limitována, a to v místě připojení na výjezd z okružní křižovatky. Je to místo na konci spojovací větve, kde se větev připojuje do následujícího paprsku křižovatky [9].

Kapacita místa připojení na konci spojovací větve se určí dle *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [9].

$$C_b = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta_b \cdot I_{e(+1)}}{3600}\right) \cdot \frac{1}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_{e(+1)}}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta_b\right)}$$

- kde: C_b kapacita místa připojení na konci spojovací větve [pvoz/h]
 $I_{e(+1)}$ intenzita dopravy na následujícím výjezdu okruhu [pvoz/h]
 t_g kritický časový odstup [s], určí se dle vztahu $t_g = 5 - \frac{L_{kk}}{30}$
 t_f následný časový odstup [s], $t_f = 2,7$ s
 Δ_b minimální časový odstup vozidel jedoucích ve spojovací větvi za sebou [s], určí se dle vztahu $\Delta_b = 3,2 - \frac{L_{kk} \cdot 0,7}{30}$
 L_{kk} vzdálenost mezi vnějším okrajem okružního jízdního pásu na následujícím výjezdu a místem připojení spojovací větve [m], jel – li $L_{kk} > 30m$, dosadí se hodnota $L_{kk} = 30m$
 e Eulerovo číslo [-]

$$C_b = 3600 \cdot \left(1 - \frac{2,5 \cdot 280}{3600}\right) \cdot \frac{1}{2,7} \cdot e^{-\frac{280}{3600} \cdot \left(4 - \frac{2,7}{2} - 2,5\right)} = 1062 \text{ pvoz/h}$$

$$t_g = 5 - \frac{30}{30} = 4 \text{ s} \qquad \Delta_b = 3,2 - \frac{30 \cdot 0,7}{30} = 2,5 \text{ s}$$

Střední doba zdržení

Hodnota střední doby zdržení se počítá podle stejného vztahu jako při posuzování vjezdu křižovatky, který je uveden v *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$t_w = \frac{3600}{C_b} + \frac{T}{4} \cdot \left[(a_v - 1) + \sqrt{(a_v - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot \min(a_v, 1)}{C_b \cdot T}} \right]$$

kde: t_w střední doba zdržení [s]
 C_b kapacita místa připojení na konci spojovací větve [pvoz/h]
 T délka intervalu špičkového provozu [s]; ($T = 3600$ s)
 a_v stupeň vytížení [-], určí se dle vztahu $a_v = I_b/C_b$

$$t_w = \frac{3600}{1062} + \frac{3600}{4} \cdot \left[(0,25 - 1) + \sqrt{(0,25 - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot 0,25}{1062 \cdot 3600}} \right] = 4,51 \text{ s}$$

$$a_v = \frac{264}{1062} = 0,25$$

Délka fronty

Pro celkové posouzení spojovací větve je stěžejní hodnota délky fronty, která se stanoví podle vztahu z *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*, a přitom musí být splněna podmínka $L_b \geq L_{95\%}$

$$L_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_b \cdot \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_b}} \right)$$

Kde: $L_{95\%}$ délka fronty čekajících vozidel [m]
 a_v stupeň vytížení [-]
 C_b kapacita místa připojení na konci spojovací větve [pvoz/h]
 L_b délka spojovací větve [m]

$$L_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot 1062 \cdot \left(0,25 - 1 + \sqrt{(1 - 0,25)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot 0,25}{1062}} \right) = 5,94 \text{ m}$$

$$L_b = 165 \text{ m} \geq L_{95\%} = 5,94 \text{ m} \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Rezerva kapacity

Rezerva kapacity v místě připojení na konci spojovací větve se vypočítá dle z *TP 188 – Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací [9]*.

$$Rez = C_b - I_{e(+1)}$$

kde:	Rez	rezerva kapacity [pvoz/h]
	C_b	kapacita místa připojení na konci spojovací větve [pvoz/h]
	I	intenzita vozidel na výjezdu [pvoz/h]

Pro výpočet relativní hodnoty rezervy kapacity dopravního proudu platí vztah:

$$Rez = \left(\frac{C_b - I_{e(+1)}}{C_b} \right) \cdot 100$$

kde:	Rez	rezerva kapacity [%]
	C	kapacita místa připojení na konci spojovací větve [pvoz/h]
	I	intenzita vozidel v místě připojení na konci spojovací větve [pvoz/h]

$$REZ = 1062 - 280 = 782 \text{ pvoz/h} \quad REZ_A = \left(\frac{1062-280}{1062} \right) \cdot 100 = 73,63\%$$

8.7 Výsledek kapacitního posouzení

Z výsledků vyplývá, že křižovatka kapacitně vyhovuje. Doba zdržení na všech vjezdech je do 10 sekund, kromě vjezdu na paprsku B, kde je doba zdržení do 20 sekund. Nejnižší rezerva kapacity vjezdu je z paprsku B, a to 294 pvoz/h. Na tomto paprsku je také největší doba zdržení, a to 12,25 s. Průměrné vytížení vjezdů je kolem 40 %. Nejnižší kapacita rezervy je na paprsku A, a to 27,06 %. U spojovací větve je rezerva kapacity 782 pvoz/h a doba zdržení do 10 sekund. Délka fronty je kratší než délka spojovací větve. Na všech paprscích jsou splněny požadavky UKD a celková úroveň dopravy na křižovatce odpovídá stupni B.

Podrobný přehled hodnot pro kapacitní výpočet turbo-okružní křižovatky je znázorněn v příloze č.2 v protokolu pro posouzení kapacity okružní křižovatky.

9. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zanalyzovat bezpečnost a plynulost dopravy na křižovatce, posoudit vhodnost současného uspořádání a následně navrhnout optimální řešení. Na základě kapacitního posouzení současného stavu bylo zjištěno, že je současná křižovatka nebezpečná a nevyhovuje zcela úrovni dopravy. Proto byla navržena v tomto místě turbo – okružní křižovatka typu vejce s jednou spojovací větví. Okružní křižovatka byla navržena tak, aby co nejvíce kopírovala stávající terén. Z hlediska kapacitního posouzení se tento návrh jeví jako vhodný. Celková doprava se v místě křižovatky výrazně zklidní a eliminují se tak případné nehody, které byly ve většině případů vážné.

10. Seznam použité literatury

České technické normy:

- [1] ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic
- [2] ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích
- [3] ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

Technické podmínky:

- [4] TP 65 *Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích*, MD ČR 2013
- [5] TP 133 *Zásady pro vodorovné dopravní značení na PK*, MD ČR. 2013
- [6] TP 135 *Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích*, MD ČR, 2017
- [7] TP 169 *Zásady pro označování dopravních situací na pozemních komunikacích*, MD ČR, 2005
- [8] TP 170 *Navrhování vozovek pozemních komunikací + dodatek č. 1 + dotisk*, MD ČR, 2010
- [9] TP 188 *Posuzování kapacity křižovatek a pozemních úseků*, MD ČR, 2018
- [10] TP 189 *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích*, MD ČR, 2018
- [11] TP 225 *Prognóza intenzit automobilové dopravy (II. vydání)*, MD ČR, 2012
- [12] TP 234 *Posuzování kapacity okružních křižovatek*, MD ČR, 2011

Ostatní:

- [13] *Město Havířov: Základní informace o městě* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Hav%C3%AD%C5%99ov>
- [14] *Mapy.cz: Mapový servis společnosti seznam* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [15] *Katastrální mapa města Havířov* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://regiony.kurzy.cz/katastr/havirov/mapa/>
- [16] *Dopravní nehody v ČR: statistické vyhodnocení nehod* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://nehody.cdv.cz/statistics.php>
- [17] *Google: Mapová data* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps>

[18] *Dopravní inženýrství: Základní kapacita* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <http://www.dopravniinzenyrstvi.cz/clanky/poznatky-z-vyzkumu-kapacity-vjezdu-do-okruzni-krizovatky/>

[19] *Ústav územního rozvoje: Cenová databáze dopravní infrastruktury* [online]. [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/>

Použitý software:

- AutoCAD
- Vehicle Tracking
- Microsoft Excel
- Microsoft Office

11. Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků:

Obrázek 1 - Poloha města Havířov [14]	2
Obrázek 2 - Poloha posuzované křižovatky v širším okolí [14]	2
Obrázek 3 - Poloha křižovatky [14]	3
Obrázek 4 - Katastrální mapa Havířova [15]	3
Obrázek 5 - Mapa nehodovosti na posuzované křižovatce [16]	4
Obrázek 6 - Popis paprsků a proudů na křižovatce [14]	7
Obrázek 7 - Pohled na křižovatku z paprsku A [17]	8
Obrázek 8 - Pohled na křižovatku z paprsku B [14]	9
Obrázek 9 - Pohled na křižovatku z paprsku C [17]	10
Obrázek 10 - Pohled na křižovatku z paprsku D [17]	11
Obrázek 11 - Číslování dopravních proudů [14]	15
Obrázek 12 - Návrh Turbo – okružní křižovatky	28

Seznam tabulek:

Tabulka 1 - Statistika druhů dopravních nehod [16]	4
Tabulka 2 - Přehled příčin nehod [16]	5
Tabulka 3 - Intenzita dopravy [pvoz/h]	12
Tabulka 4 - Skladba vozidel v jednotlivých dopravních proudech [pvoz/h]	13
Tabulka 5 - Stanovení špičkové hodiny [pvoz/h]	13
Tabulka 6 - Skladba vozidel ve špičkové hodině dle jednotlivých dopravních proudů [voz/h]	13
Tabulka 7 - Přepočtové koeficienty k_d skladby dopravního proudu pro neřízené úroňové křižovatky	14
Tabulka 8 - Přepočet vozidel ve špičkové hodině [pvoz/h]	14
Tabulka 9 - Stupně podřazenosti proudů uvažované pro výpočet neřízené úroňové křižovatky	15
Tabulka 10 - Součet intenzit nadřazených proudů	16
Tabulka 11 - Hodnoty kritických časových odstupů	17
Tabulka 12 - Hodnoty následného časového odstupu	18
Tabulka 13 - Mezní hodnoty doby zdržení t_w , \lim dle normy ČSN 73 6110 [3]	24
Tabulka 14 - Orientační odhad nákladů	30
Tabulka 15 - Skladba vozidel ve špičkové hodině dle jednotlivých dopravních proudů [voz/h]	30
Tabulka 16 - Přepočtové koeficienty k_d skladby dopravního proudu pro okružní křižovatky	31
Tabulka 17 - Skladba přepočtených vozidel ve špičkové hodině dle jednotlivých dopravních proudů [pvoz/h]	31
Tabulka 18 - Hodnoty proměnných pro výpočet kapacity vjezdu do okružní křižovatky	33
Tabulka 19 - Mezní hodnoty doby zdržení t_w , \lim dle ČSN 73 6110 [3]	35

12. Seznam příloh

Výkresová dokumentace:

1. Situace stavebních úprav
2. Situace dopravního značení
3. Příčný řez okružní křižovatkou
4. Ověření vlečných křivek

Přílohy k textové části:

- Příloha 1 – Protokol pro posouzení kapacity neřízené úrovnňové křižovatky
- Příloha 2 – Protokol pro prognózu intenzit dopravy
- Příloha 3 – Protokol pro posouzení kapacity okružní křižovatky