



**Výzkum efektivity vhodných úprav na rozlehlých
křižovatkách pomocí analýzy dopravně-inženýrských
parametrů
(EFEKTIV)**

**Příloha 1.C: Metodika popisující postup pro úpravu
křižovatek**

Leden 2014



Metodika popisující postup pro úpravu křižovatek



Prosinec 2013

Výstup řešení projektu:	Metodika je výsledkem řešení projektu VaV Technologické agentury ČR č. TA01031303: EFEKTIV - „Výzkum efektivity vhodných úprav na rozlehlých křižovatkách pomocí analýzy dopravně-inženýrských parametrů“.
Zpracovatel:	Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. (CDV),
Autoři:	Ing. Radim Striegler, Ing. Veronika Valentová, Ing. Lucie Vyskočilová, Ing. Jan Novák
Další zpracovatel:	EDIP, s.r.o.
Autoři:	Ing. Aleš Richtr, Ing. Jan Martolos, Jakub Uhlík, DiS.
Metodika certifikována:	Ministerstvo dopravy ČR, Obor strategie, 5. 12. 2013, č. j. 109/2013-520-TPV/1
Oponovali:	Ing. Vlasta Michková, Ředitelství silnic a dálnic ČR Ing. Bc. Dagmar Kočárková, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav dopravních systémů

OBSAH

I. CÍL METODIKY	7
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY	8
1. Rozhodnutí o úpravě křižovatky.....	11
2. Stávající stav křižovatky	12
3. Vyhodnocení rizik křižovatky	13
3.1 Analýza nehodovosti	13
3.2 Míra překračování nejvyšší dovolené rychlosti	15
3.3 Analýza dopravních konfliktů	16
4. Kapacitní posouzení a eliminace variant řešení	17
4.4 Kapacitní posouzení křižovatky	18
4.4.1 Kapacita neřízené úrovnové křižovatky	19
4.4.2 Kapacita okružní křižovatky	20
4.4.3 Kapacita světelně řízené křižovatky	21
4.5 Výběr variant úprav křižovatky dle kapacitního posouzení.....	22
5. Návrh opatření.....	23
5.1 Úpravy neřízené křižovatky	23
5.2 Přestavba na okružní křižovatku.....	25
5.3 Přestavba na světelně řízenou křižovatku.....	26
5.4 Očekávané snížení počtu nehod a životnost opatření	27
5.5 Odhad účinnosti kombinace opatření	29
5.6 Kontrola kapacity upravené neřízené křižovatky.....	30
6. Ocenění opatření a vyčíslení celospolečenských ztrát	30
6.1 Stanovení celkových nákladů.....	30
6.2 Ekonomické hodnocení ztrát z dopravní nehodovosti	31
6.2.1 Výpočet v případě dostupných dat.....	31
6.2.2 Výpočet v případě nedostupných dat	32
7. Posouzení efektivity opatření.....	33
8. Výběr výsledné varianty	35
9. Závěr.....	37
III. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“	38
IV. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	38
V. EKONOMICKÉ ASPEKTY	38
PŘÍLOHA A - SPECIFIKACE ÚPRAV NEŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY.....	40
PŘÍLOHA B - FORMULÁŘE	50
PŘÍLOHA C - PŘÍKLADY	53
PŘÍLOHA D - ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET KAPACITY	66
SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	70

SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	72
SEZNAM POUŽITÝCH VZORCŮ	72
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	72
SEZNAM OBRÁZKŮ	73
SEZNAM TABULEK	74
SEZNAM GRAFŮ	75

Předmluva

Obecná část metodiky, popisující postup při úpravě rozlehlých úrovnových neřízených křižovatek, je doplněná o praktické příklady návrhu úprav křižovatek včetně finančního odhadu. Tyto praktické příklady byly použity v projektu č. TA01031303 - Výzkum efektivity vhodných úprav na rozlehlých křižovatkách pomocí analýzy dopravně-inženýrských parametrů, v rámci kterého tato metodika vznikla. Projekt řeší výzkumná organizace Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. ve spolupráci s firmou EDIP, s.r.o. pro Technologickou agenturu ČR v letech 2011-2013.

Metodika byla certifikována Ministerstvem dopravy ČR v Praze, Odborem strategie dne 5. prosince 2013 pod č. j. 109/2013-520-TPV/1.

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.; EDIP s. r. o.

Příloha 1.C

I. CÍL METODIKY

Cílem této metodiky je stanovit postup pro výpočet efektivity přestavby rozlehlých úrovnových neřízených křižovatek. Výpočet efektivity je založen na očekávaném snížení ztrát z dopravní nehodovosti vlivem vybudování úpravy. Pro zajištění funkčnosti křižovatky je do celé metodiky zahrnut i výpočet kapacity, který se provádí pro stávající stav v návrhovém období a také pro navrhovaný stav v návrhovém období. Výpočet ztrát z dopravní nehodovosti se provádí na základě analýzy nehodových dat či na základě odhadu očekávaného počtu nehod pro daný typ uspořádání. Součástí metodiky je i příloha obsahující jednotlivé typy úprav ve vztahu k typům dopravních nehod. Metodika umožňuje stanovit, zda daný typ úpravy je schopen dostatečného společenského přínosu či nikoli (snížení ztrát z nehodovosti je kompenzováno finančními náklady na zřízení a údržbu opatření). Umožňuje rovněž porovnávání jednotlivých variant úprav.

Tato metodika přináší nový přístup k řešení potenciálně nebezpečných křižovatek na české silniční síti v extravilánu i intravilánu. Nový postup je založen na cost-benefit analýze nákladů na úpravu dané křižovatky a přínosů vyplývajících ze snížení rizika vzniku dopravní nehody. Zvyšování bezpečnosti je úzce spjato i se základním požadavkem kapacity, proto je do celého procesu zahrnuto i hodnocení úrovně kvality dopravy v návrhovém období.

Na křižovatkách dochází přibližně ke čtvrtině všech nehod evidovaných Policií ČR. Při těchto nehodách je přibližně každý šestý člověk usmrčen a každý čtvrtý člověk zraněn [57]. Značná část těchto křižovatek má svůj historický původ a v mnoha směrech nevyhovují současným trendům v úpravách křižovatek za účelem zvýšení bezpečnosti všech účastníků provozu. S ohledem na polohu křižovatky, množství chodců a cyklistů pohybujících se křižovatkou, počet ramen, rozhledové poměry, plochu prostoru křižovatky apod., je nutné tyto křižovatky upravit. V poslední době se za „všelék“ považují křižovatky okružní. Zkušenosti ovšem ukazují, že ani tyto křižovatky nejsou řešením všech dopravních komplikací. Často se objevují potíže s kapacitou těchto křižovatek a potom investice v řádu několika desítek milionů korun nefunguje tak, jak si zadavatel přál.

Právě k předcházení takovýchto situací slouží tato metodika. Je možné podle ní porovnávat určité varianty řešení dané lokality. Ačkoli není možné poskytnout se stoprocentní jistotou univerzální návod pro velmi rozdílné uspořádání křižovatek, poskytuje stabilní základ založený na výzkumných projektech řešených v České republice i v zahraničí a v současné době je nejlepší alternativou. Vzhledem k přepočtu odhadovaných ztrát z nehodovosti na finance dle metodiky [62] umožňuje přímé srovnání s připravovanou investiční akcí a porovnání několika přípustných variant v dané lokalitě.

Projekt přispívá k naplnění cílů Národní bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020 (dále jen Národní strategie), která si vytyčila za cíl snížit do roku 2020 počet usmrčených v silničním provozu na úroveň průměru evropských zemí a současně o 40 % snížit počet těžce zraněných.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

V této kapitole je stručně shrnut proces možných úprav neřízených křižovek s důrazem na rozlehlé křižovatky.

Za rozlehlé křižovatky lze považovat ty křižovatky, které mají neusměrněné vjezdy a nejsou organizovány v okolí křížného bodu křižovatky, proto zde lze provádět nestandardní manévry (řazení vozidel bez vyznačených pruhů, otáčení, najíždění do protisměru, apod.), anebo se jedná o křižovatky s usměrněnými vjezdy, ale s naddimenzovanými rozměry naprosto neodpovídající kapacitě křižovatky, charakteru a skladbě dopravy.



Obrázek 1 Příklad stykové rozlehlé křižovatky

Tato metodika navazuje na Metodiku provedení a vyhodnocení dopravních průzkumů [61], Metodiku identifikace a řešení míst častých dopravních nehod [59] a Metodiku výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích [62].

Křižovatky, u nichž je vhodné uvažovat o úpravě, je možné rozdělit do tří základních skupin. Jedna křižovatka může být zařazena i do více z nich.

- Křižovatka je nehodovou lokalitou
- Kapacita křižovatky je vyčerpána
- Křižovatka se jeví jako potenciálně nehodová lokalita, není ovšem k dispozici analýza nehodovosti (je v provozu v období kratším než 3 roky)

Úpravy křižovatky vedou ke zmenšení ploch, kde může docházet k nesprávným manévrum. Může tím dojít ke snížení počtu kolizních bodů, zajištění vhodného úhlu křížení komunikací, snížení rychlosti vozidel vjíždějících do křižovatky, zajištění bezpečnosti nechráněných účastníků provozu. Současně by měly umožňovat včasné poskytnutí informací řidiči (srozumitelnost, jednoznačnost, viditelnost ostatních účastníků provozu a křižovatky).

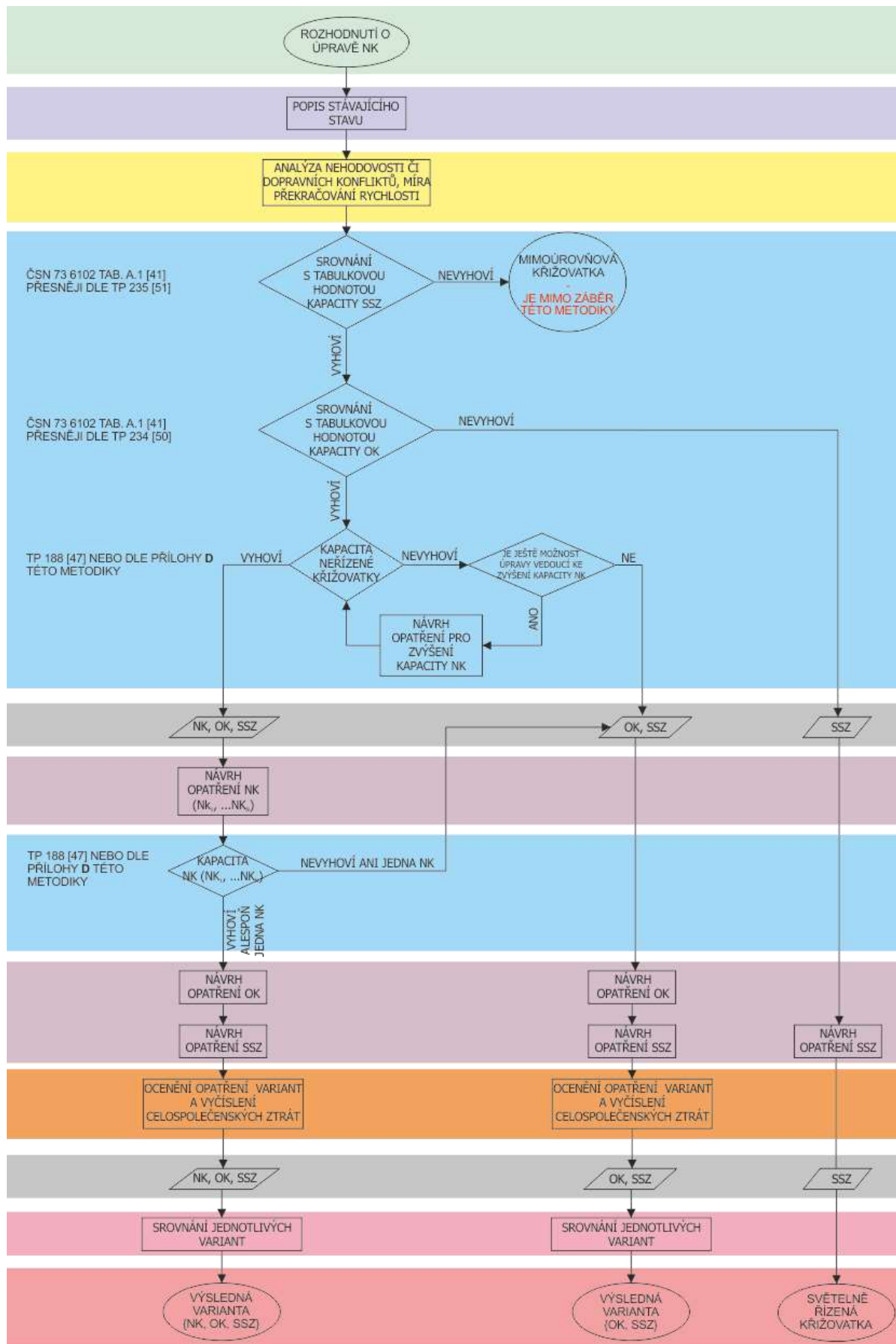
Zpravidla je vytvořen návrh několika variant řešení dané křižovatky dle finanční náročnosti. Pro každý návrh jsou srovnány finanční náklady (investice na realizaci a údržbu opatření) s přínosy (snížení nehodovosti, zkapacitnění křižovatky, zamezení překračování dovolené rychlosti, ale i např. snížení podílu těžkých

vozidel,...) jednotlivých variant a poté k výběru nejefektivnější varianty. V procesu návrhu je upozorněno i na další rizika spojená se zavedením opatření, která nelze obecně vyčíslit (zábor pozemků, širší dopravní vztahy, ochranná pásma, návaznost na jiné projekty, ...). Při výběru opatření musí být brána v úvahu proveditelnost navrhovaných úprav, která vyplývá z místních podmínek, a zajištění kapacitních požadavků dané lokality.

Rozlehlá neřízená křižovatka může být upravena na jednu z následujících podob:

- Neřízená křižovatka (usměrněná) - NK
- Okružní křižovatka - OK
- Řízená křižovatka - SSZ

Postup při řešení vybraného místa a následného hodnocení několika variant včetně kapacitního posouzení je zakreslen na schématu na obrázku 2.



Obrázek 2 Schéma postupu řešení křižovatky

Návaznost jednotlivých částí celého procesu lze shrnout do devíti po sobě jdoucích kapitol, které jsou obsahem této metodiky:

1. Rozhodnutí o úpravě křižovatky
2. Stávající stav křižovatky
3. Vyhodnocení rizik křižovatky
4. Kapacitní posouzení a eliminace variant řešení
5. Návrh opatření
6. Ocenění opatření a vyčíslení celospolečenských ztrát
7. Posouzení efektivity opatření
8. Výběr výsledné varianty

1. ROZHODNUTÍ O ÚPRAVĚ KŘIŽOVATKY

Prvotním impulsem pro rozhodování o úpravě křižovatky by měl být její nevyhovující stav. Často se jedná o kapacitní nedostatky v hodinách maximálního dopravního zatížení, stavebně technický stav lokality či o místo, kde dochází ke kumulaci dopravních nehod. Může se ovšem také jednat o lokalitu, kde sice nejsou dopravní nehody evidovány, ale zranitelnými účastníky silničního provozu je vnímána jako nebezpečná. Typické příčiny, jež vedou k rozhodování o úpravě křižovatek lze shrnout takto:

- Vyčerpaná kapacita
- Nevyhovující stavebně technický stav
- Kumulace dopravních nehod
- Podněty od veřejnosti
- Investice vyvolané jinými stavbami

Úpravy křižovatky mohou být různě rozsáhlé, často mohou pomoci nízkonákladová opatření, která vedou ke zvýšení přehlednosti lokality, usměrnění jednotlivých dopravních proudů apod. V mnoha případech je ovšem nutné přistoupit k investičním nákladům a provést rozsáhlé úpravy či dokonce úplnou přestavbu na jiný typ křižovatky. Vzhledem k omezenosti finančních zdrojů je potřeba prostředky využít maximálně efektivně.

V případě, že je rozhodováno o úpravě křižovatky na základě podnětů veřejnosti na nebezpečnost místa zdůvodněného statistikou nehodovosti, je vhodné porovnání nehodovosti dané lokality s očekávaným počtem nehod typickým pro daný typ křižovatky. Při tomto porovnání je potřeba využít alespoň tříleté období. Delší časové období snižuje vliv náhodné složky ve výskytu dopravních nehod. **Pokud je skutečný počet nehod za rok v dané lokalitě vyšší než očekávaný počet nehod¹, je žádoucí o úpravu křižovatky usilovat.**

$$\frac{\text{počet nehod v křižovatce}}{\text{délka období v letech}} > \text{očekávaný počet nehod} \Rightarrow \text{úprava křižovatky je žádoucí}$$

$$\frac{\text{počet nehod v křižovatce}}{\text{délka období v letech}} < \text{očekávaný počet nehod} \Rightarrow \text{úpravu je možné odložit}$$

¹ Očekávaný počet nehod je odhad dlouhodobého průměrného počtu nehod na lokalitách podobných parametrů (shodný počet ramen křižovatky, podobný úhel křížení, srovnatelná intenzita, ...). Očekávaný počet nehod se stanovuje pomocí predikčních modelů [56].

2. STÁVAJÍCÍ STAV KŘÍŽOVATKY

Znalost stávajícího stavu křižovatky představuje nezbytný podklad pro návrh možných opatření pro zvýšení bezpečnosti, případně kapacity. Je nutné zjistit rozhodující údaje, které vypovídají o stavu křižovatky:

- geometrie, vodorovné, svislé dopravní značení, odvodnění (existence, stav), rozhledové poměry na všech větvích, vybavení křižovatky a další (např. jedna větev křižovatky leží na mostě, zástavba v těsné blízkosti křižovatky, ...).
- data o směrových intenzitách dopravy
- rychlosti vozidel
- nehodovost
- popř. dopravní konflikty

Informace o dopravních nehodách je možné získat např. z portálu Jednotné dopravní vektorové mapy [<http://www.jdvm.cz/>] nebo je možné data získat přímo od příslušného oddělení Policie České republiky.

Před zahájením vlastního návrhu opatření je nutné, aby posuzovatel lokalitu osobně navštívil, či měl alespoň k dispozici letecké snímky lokality a podrobnou fotodokumentaci lokality. Toto ovšem nenahradí osobní zkušenost, neboť např. posouzení rozhledových poměrů z fotografií nemusí vždy korespondovat se situací v místě.

Na základě analýzy stávajícího stavu je křižovatka schematicky zakreslena, tak jak to popisuje Metodika provedení a vyhodnocení dopravních průzkumů [61] a metodika provádění bezpečnostní inspekce [65]. Vzhledem k důležitosti těchto údajů jsou zde opětovně uvedeny, budou sloužit především k odhadu investičních nákladů:

- Náčrt polohy křižovatkových ramen a jejich popis
- Náčrt jízdních pruhů v křižovatce (průběžné, připojovací a odbočovací pruhy, vyhrazené pruhy pro MHD apod.)
- Odhad úhlu křížení jednotlivých ramen
- Přítomnost tramvajového pásu, pásů pro cyklisty, přejezdů pro cyklisty
- Umístění chodníků, přechodů pro chodce, míst pro přecházení
- Existence a zakreslení vodorovného dopravního značení
- Přítomnost dopravních ostrůvků (bez ohledu na funkci: dělicí, ochranný, směrový)
- Přítomnost zastávek MHD, HD (poloha před křižovatkou významně ovlivňuje kapacitu křižovatky)
- Existence zelených pásů
- Záčrt veškerého svislého dopravního značení
- Záčrt sloupů inženýrských sítí (silové vedení, sdělovací vedení, VO,...)
- Podzemní inženýrské sítě
- Prvky zklidnění dopravy (příčné prahy, polštáře, zvýšené přechody, zvýšená křižovatka apod.)
- Rozhledové poměry, překážky v rozhledových poměrech
- Dopravní průzkum (směrový průzkum intenzit a rychlosti vozidel)
- Data o nehodách (minimálně předchozí 3 roky)
- Data o dopravních konfliktech
- Pozemky z katastru nemovitostí

3. VYHODNOCENÍ RIZIK KŘIŽOVATKY

Dalším krokem je určení hlavních rizik křižovatky, která hrají důležitou roli při rozhodování o stavebních úpravách neřízené křižovatky. Vyhodnocení lze provést pomocí těchto nástrojů:

- analýzou nehodovosti,
- statistickým vyhodnocením míry překračování nejvyšší dovolené rychlosti,
- analýzou konfliktů.

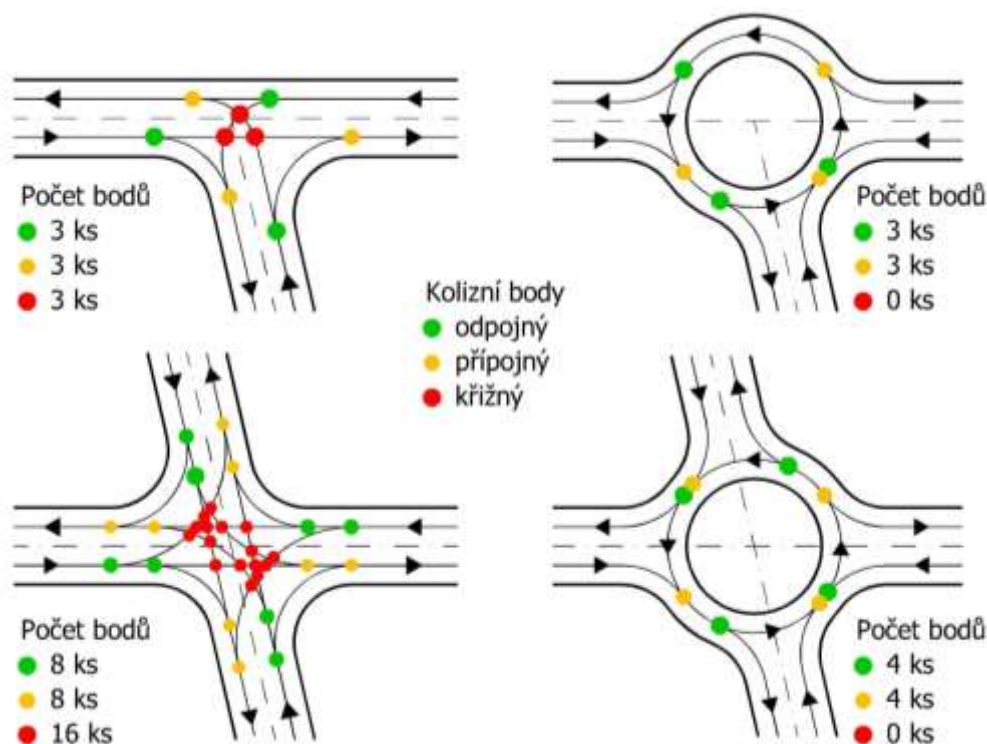
Nástroje se mohou vzájemně doplňovat.

K analýze konfliktů bez provedení analýzy nehod je možné přistoupit pouze tehdy, pokud není možné analýzu nehodovosti provést.

3.1 ANALÝZA NEHODOVOSTI

Volba úprav křižovatky úzce souvisí s typem nehod na dané lokalitě. Ke zjištění charakteristik dopravních nehod a spolupůsobících faktorů jejich vzniku slouží detailní analýza kolizního diagramu. Ten se sestavuje ze záznamů dopravních nehod evidovaných Policií ČR (na vyžádání u příslušného dopravního inspektorátu). Pro dosažení hodnověrnějších výsledků se doporučuje pro sestavení kolizního diagramu využít co nejdelší sledované časové období, za které jsou data o nehodách dostupná. Minimálně je však nutné shromáždit záznamy o DN za období 3 let.

V případě, že záznamy nehodovosti jsou k dispozici za dobu kratší než tři roky či nejsou dostupné vůbec, musí být doplněny či nahrazeny sledováním dopravních konfliktů.



Obrázek 3 Kolizní body na jednotlivých typech křižovatek

Informace ze záznamů dopravních nehod je vhodné zakreslit do tzv. kolizního diagramu. Příklad kolizního diagramu je na obrázku 4. Z příkladu je zřejmý vysoký počet nehod, způsobených nedodržením povinnosti

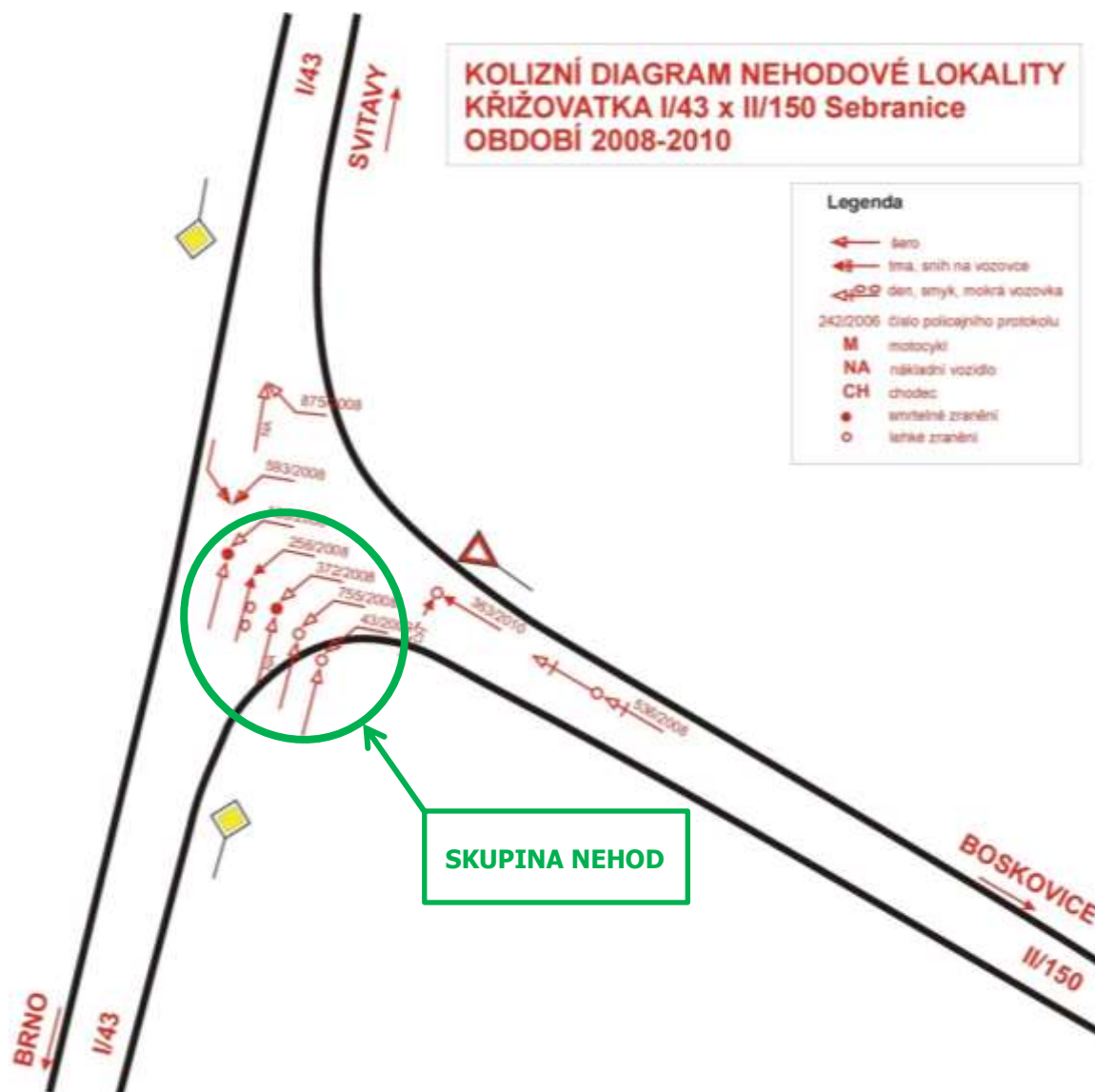
dát přednost v jízdě vozidlům na hlavní komunikaci při odbočování doleva. Toto je manévr, na který je nutné přednostně zaměřit svou pozornost při dalším postupu a volbě bezpečnostního opatření. Přesný popis sestrojování kolizního diagramu, identifikace skupin nehod a nehodových lokalit je obsažen v Metodice identifikace a řešení míst častých dopravních nehod [59].

Na základě kolizního diagramu je možné v případě vyššího počtu nehod identifikovat jednu či několik převládajících typů nehod, které tvoří tzv. skupiny nehod.

O skupině nehod hovoříme, pokud se v lokalitě vyskytují alespoň 3 dopravní nehody stejného typu v průběhu tří let.

Určitým typům dopravních nehod lze přiřadit určité typy opatření, která výrazně přispívají ke snížení nehod daného typu. Často je nutné kombinovat různé typy opatření. Jejich vhodný výběr a parametry významně ovlivňují účinnost těchto opatření. Detailně je tato problematika rozebrána v příloze A této metodiky.

Detailní návrh opatření ke zvýšení bezpečnosti křižovatky by měla provádět osoba se zkušenostmi v oboru zvyšování bezpečnosti pozemních komunikací, certifikovaný auditor bezpečnosti.



Obrázek 4 Příklad kolizního diagramu

3.2 MÍRA PŘEKRAČOVÁNÍ NEJVYŠŠÍ DOVOLENÉ RYCHLOSTI

Rychlost patří mezi nejzávažnější nepřímé ukazatele bezpečnosti na pozemních komunikacích. Podílí se na prodloužení brzdné dráhy, může být jednou z příčin dopravní nehody a také má výrazný vliv na závažnost následků dopravních nehod.

Z hlediska cíle této metodiky je rozhodující fakt, jaké procento řidičů překračuje nejvyšší dovolenou rychlost. Průzkum jízdních rychlostí se provádí podle zásad uvedených v TP 123 [44]. Vhodným parametrem, který je možné pro hodnocení využít, je 85 % kvantil naměřených rychlostí. Tento kvantil je obecně uvažován jako rychlost charakteristická pro daný typ uspořádání komunikace v závislosti na jejím okolí. Kvantil se zjišťuje z variační řady naměřených hodnot. Vyjadřuje rychlost, kterou nepřekračuje 85 % vozidel (tzn. 85 % z celkového počtu vozidel se pohybuje touto rychlostí nebo nižší).

Pokud je 85 % kvantil rychlost vyšší než dovolená rychlost, je vhodné provést opatření ke snížení rychlosti vozidel.

$$V_{85} > V_{lim} \quad (1)$$

V_{85} 85 % kvantil rychlosti

V_{lim} dovolená rychlost na hlavní komunikaci

3.3 ANALÝZA DOPRAVNÍCH KONFLIKTŮ

Analýza dopravních konfliktů je založena na pozorování chování dopravních účastníků v křižovatce. Detailní popis metody je možné najít v Metodice sledování dopravních konfliktů [60] a v Metodice provedení a vyhodnocení dopravních průzkumů [61].

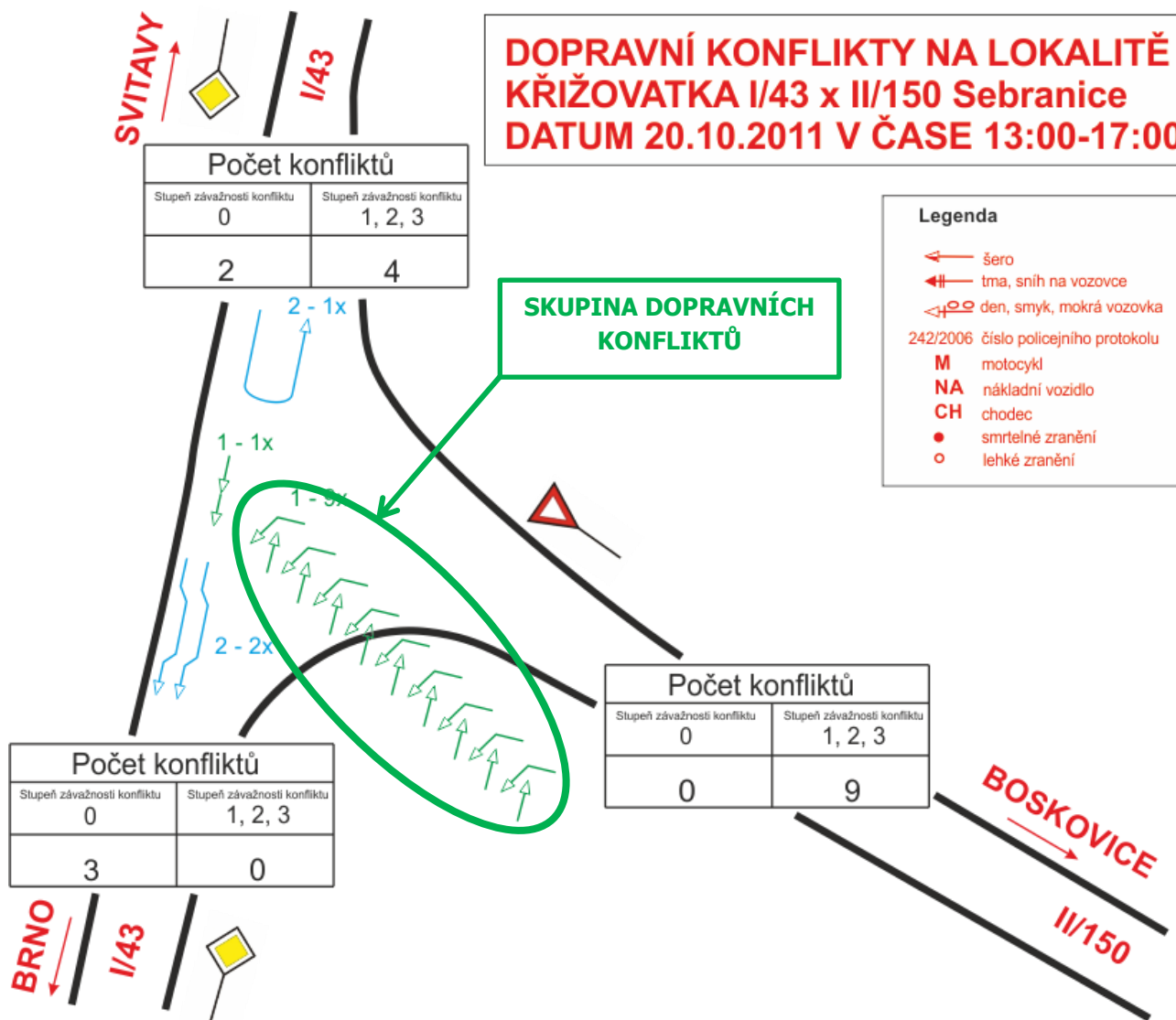
Sledování a vyhodnocení dopravních konfliktů nenahrazuje analýzu nehodovosti, může být pouze doplňující informací v případě nízkého počtu dopravních nehod evidovaných Policií ČR, či samostatná v případě, že záznamy nehodovosti nejsou dostupné (stavba je v provozu méně než 3 roky).

Při zjišťování dopravních konfliktů (v některé literatuře označovaných pojmem „skoronehoda“ [60]) je potřeba se soustředit na zjištění převládajících typů konfliktů, což poskytne informace o typu nehod, které lze očekávat v dané lokalitě s vyšší pravděpodobností než ostatní typy nehod. Přímá korelace mezi zaznamenanými dopravními nehodami a konflikty nebyla zatím odvozena, nicméně některé signifikantní znaky jsou společné a právě těch bude využito k identifikaci skupin dopravních konfliktů.

Skupina dopravních konfliktů je definována jako shluk 3 a více dopravních konfliktů stejného druhu o závažnosti 1 - 3 v jednom místě za jednu hodinu.

Výstupem průzkumu dopravních konfliktů je zpravidla konfliktní diagram založený na stejném principu jako kolizní diagram. Příklad diagramu dopravních konfliktů je na obrázku 5. Z příkladu je zřejmá skupina dopravních konfliktů naznačující možnost vzniku nehod způsobených nedáním přednosti v jízdě při odbočování doleva (stejně riziko identifikováno devětkrát během pozorování). K omezení tohoto rizika má být proveden návrh úprav křižovatky.

Z hlediska analýzy dopravních konfliktů je křižovatka identifikovaná jako nebezpečná, když vypočtený koeficient relativní konfliktnosti vychází větší než 0,9. Výpočet koeficientu relativní konfliktnosti je uveden v Metodice provedení a vyhodnocení dopravních průzkumů [61].



Obrázek 5 Příklad diagramu dopravních konfliktů

4. KAPACITNÍ POSOUZENÍ A ELIMINACE VARIANT ŘEŠENÍ

Kapacitou křižovatky rozumíme nejvyšší možný počet vozidel, který je danou křižovatkou v určitém časovém intervalu schopen projet.

Úpravy ke zvýšení bezpečnosti nemusí kapacitu zvýšit, či ji dokonce mohou snížit. Proto je v některých případech nutné přistoupit k přestavbě na světelně řízenou nebo okružní křižovatku. Aby nedošlo k případu, že výsledná varianta nevyhoví kapacitně, je nezbytné řešit otázku kapacity jako první a až poté se věnovat bezpečnostním návrhům úprav křižovatek.

Kapacita křižovatky se na základě dopravního průzkumu vypočítá na výhledové období 20 let. V případě potřeby dalších jízdních pruhů se prodlužuje na 30 let. Posouzení se provede podle TP 188 [47]. Výsledkem kapacitního posudku je výpočet úrovně kvality dopravy (ÚKD), která je pro daný typ křižovatky stanovena dle ČSN 73 6102 [41].

Nejprve se posoudí výkonnost křižovatky ve stávajícím stavu a po navržení různých variant se provede posouzení těchto variant.

Je možné, že navrhované varianty založené na úpravě neřízené křižovatky budou kapacitně nevyhovující, pak je vhodné přemýšlet o možnosti návrhu světelně řízené či okružní křižovatky. Opatření světelně řízené z hlediska bezpečnosti jsou shodná s neřízenou křižovatkou (kanalizace dopravy, apod.). Pokud křižovatka bude vykazovat kapacitní nedostatky pouze v nárazových obdobích (Velikonoce, sportovní událost, dopravní nehoda, výluka komunikace, aj. nárazové nebo nepředvídatelné události), není nutné její kapacitu dále navyšovat.

Dopravní průzkum – směrový průzkum křižovatkových pohybů a zjištění rychlostí vozidel

Způsob zjištění současných intenzit je podrobně popsán v TP 189 [48]. Doporučená doba průzkumu je určena požadavky návrhové intenzity dopravy. Pokud není možné dodržet doporučenou dobu průzkumu, je možné provést dopravní průzkum i v jiné době a použít postupy popsané v TP 189 [48]. Obecně se doporučuje provádět dopravní průzkum v běžný pracovní den. Délka průzkumu by neměla být kratší jak 2 hodiny. Optimálně by se doba průzkumu měla pohybovat kolem 6 - 8 hodin. V ideálním případě by dopravní průzkum měl prověřit celou denní variaci dopravy (dopolední maximum, odpolední sedlo a večerní maximum). Intenzita špičkové a padesátirázové hodiny se zjistí dopravním průzkumem a výpočtem dle postupu popsaneho v TP 189 [48]. Dopravní průzkumy lze provést podle metodiky „Metodika provedení a vyhodnocení dopravních průzkumů“ [61].

Výhledové intenzity dopravy - prognóza

Výhledové intenzity dopravy na všech jízdnicích pruzích, jízdnicích pásech a na vjezdech křižovatek pozemních komunikací nesmějí překročit úrovně intenzity a zapříčinit překročení stanovené doby zdržení a stupně vytížení, které odpovídají příslušnému typu křižovatky (dle ČSN 73 6102 [41]). Prognóza výhledových intenzit se provede dle TP 225 [49] nebo s použitím matematických modelů komunikační sítě.

Stanovení intenzity dopravy dle lokality

- Křižovatky na místních komunikacích se navrhují na výhledovou intenzitu dle TP 225 [49], která je odvozena ze špičkové hodinové intenzity dopravy upravené pomocí přepočtových koeficientů dle TP 189 [48].
- Křižovatky na silnicích (dálnicích) se navrhují na příslušnou výhledovou intenzitu dopravy dle TP 225 [49], která je odvozena z padesátirázové intenzity dopravy upravené pomocí přepočtových koeficientů dle TP 189 [48].

4.1 KAPACITNÍ POSOUZENÍ KŘIŽOVATKY

V současné době je kromě ČSN 73 6102 [41], která ve své Příloze A stanovuje základní postupy při posuzování kapacity křižovatek, k dispozici řada Technických podmínek MD, které podrobně stanovují postup výpočtu kapacity pro jednotlivé druhy křižovatek.

Dělení úrovně křižovatek běžně používané i v dopravně inženýrské praxi je následující:

- neřízené úrovně křižovatky – TP 188 [47]
- okružní křižovatky – TP 234 [50]
- světelně řízené křižovatky – TP 235 [51] a TP 81 [43]

Shrnutí základních orientačních kapacitních mezí základních typů křižovatek je obsahem tabulky 1. Kapacita křižovatky je uvažována jako součet intenzit všech vjezdů do křižovatky. Je nutné poznamenat, že hodnoty

v tabulce jsou pouze orientační. Lze je použít pouze při prvotním výběru typu křižovatky, přesnější je kapacitní posudek dle výše uvedených TP (zdůvodnění viz poznámky tabulky 1).

V případě, že jsou k dispozici hodnoty intenzit z Celostátního sčítání dopravy, lze pro výpočet kapacity použít zjednodušený postup dle Přílohy D.

Tabulka 1 Orientační maximální kapacity různých typů křižovatek (Převzato z ČSN 73 6102, upřesněno)

<i>Typ křižovatky</i>	<i>Maximální hodinová kapacita [voz/h]</i>	<i>Orientační počet vozidel [voz/s]</i>	<i>Maximální celodenní kapacita^{c)} [voz/den]</i>
Neřízená křižovatka ^{a)}	1 500 – 2 000	1 vozidlo za 2 s	18 000 – 24 000
Miniokružní křižovatka ^{a)}	1 500 – 2 000	1 vozidlo za 2 s	18 000 – 24 000
Okružní křižovatka s jedním pruhem na okružním pásu a jedním pruhem na vjezdu ^{a)}	2 000 – 2 700	1 vozidlo za 1 - 2 s	24 000 – 32 000
Okružní křižovatka s dvěma pruhy na okružním pásu a dvěma pruhy na vjezdu ^{a)}	2 500 – 3 500	1 vozidlo za 1 s	30 000 – 40 000
Spirálovitá okružní křižovatka ^{a)}	2 500 – 3 500	1 vozidlo za 1 s	30 000 – 40 000
Světelně řízená křižovatka ^{b)}	2 000 – 6 400	1 - 4 vozidla za 2 s	24 000 – 77 000

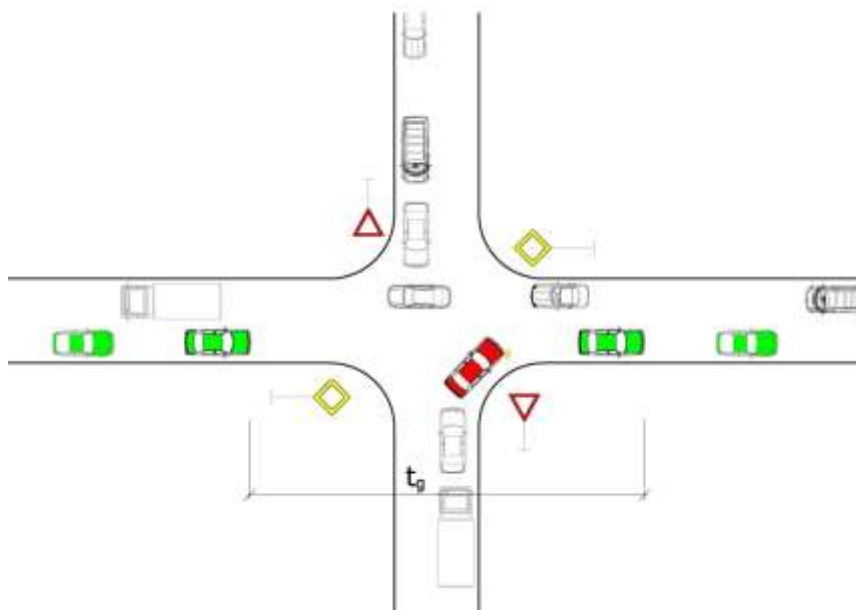
^{a)} V závislosti na počtu jízdních nebo řadicích pruhů a na intenzitách jednotlivých dopravních proudů.
^{b)} Kapacita řízené křižovatky závisí – kromě způsobu řízení – především na počtu řadicích pruhů.
^{c)} Odvozeno z hodinových kapacit při běžných denních variacích dopravy.

4.1.1 KAPACITA NEŘÍZENÉ ÚROVŇOVÉ KŘÍŽOVATKY

Na síti pozemních komunikací se vyskytuje mnoho druhů neřízených úrovněvých křižovatek s nespočtem množstvím jejich modifikací. Stykové a průsečné křižovatky tomuto výčtu zcela jistě dominují. Jedná se o křižovatky s upořádáním bez určení přednosti v jízdě dopravním značením nebo o křižovatky s určením přednosti v jízdě dopravním značením (značka č. P4 „Dej přednost v jízdě!“, nebo značka č. P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“).

Otázku kapacity tohoto typu křižovatky řeší Příloha A v normě ČSN 73 6102 [41] a TP 188 [47]. Tyto předpisy řeší kapacitu křižovatky na základě pravděpodobnosti vzniku kritické časové mezery mezi vozidly na hlavní komunikaci (na obrázku 6 označeno t_g), do které se je schopno vozidlo z vedlejší komunikace zařadit. Přitom je přihlíženo ke skutečnosti, že časové mezery mezi vozidly na hlavní komunikaci vznikají náhodně.

Na následujícím obrázku 6 je znázorněno typické uspořádání průsečné křižovatky s určením přednosti v jízdě dopravní značkou č. P4 „Dej přednost v jízdě“. Křižovatka je v tomto uspořádání čtyřramenná s jedním pruhem na vjezdech.



Obrázek 6 Zjednodušené schéma provozu na neřízené úrovňové křižovatce s označenou předností v jízdě (viz TP 188 [47])

Vliv intenzity vozidel na kapacitu

- Při nízké intenzitě vozidel na hlavní komunikaci dochází ke vzniku dlouhých kritických časových mezer (t_g). Vozidla z vedlejší komunikace se zařadí bez problémů.
- Při vysokých intenzitách vozidel na hlavní komunikaci dochází ke vzniku velmi krátkých časových kritických mezer (t_g). Vozidla z vedlejší komunikace se mají problém zařadit. Narůstá střední doba zdržení vozidel a dochází k prodloužení délky front na vedlejší komunikaci.
- Limitující pro křižovatku je obvykle intenzita vozidel odbočujících vlevo. Tato vozidla musejí vždy dávat přednost protijedoucím vozidlům. Pokud je intenzita protijedoucích vozidel vysoká, tak narůstá střední doba zdržení vozidel. Při existenci pouze jednoho pruhu na vjezdu křižovatky, tak čekající vozidla blokuje ostatní vozidla.

Možnosti zvýšení kapacity neřízené úrovňové křižovatky

- přidání pruhu (ů) na vjezdu z vedlejší komunikace
- přidání samostatného pruhu pro levé odbočení z hlavní/vedlejší komunikace
- rozšíření společného pruhu na vjezdu z vedlejší komunikace (možnost řazení vozidel vedle sebe)
- znemožnění některých křižovatkových pohybů (zejména znemožnění levého odbočení)
- snížení rychlosti jízdy na hlavní komunikaci
- zlepšení rozhledových poměrů pro vozidla na vedlejší komunikaci

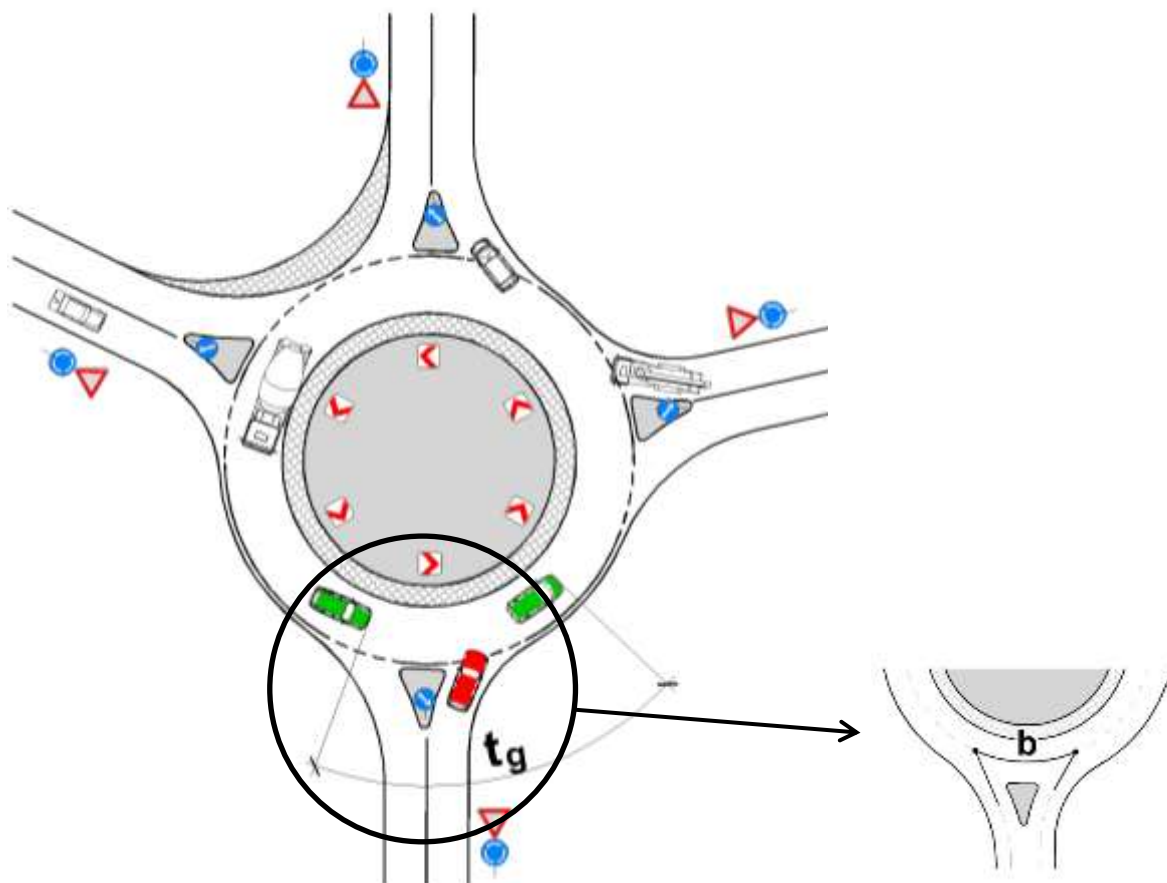
4.1.2 KAPACITA OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY

Okružní křižovatka je druh úrovňové křižovatky, který se hojně rozšiřuje na síti pozemních komunikací v ČR. Její realizací nebo úpravou neřízené úrovňové křižovatky na okružní dochází k naprosté změně v organizaci řízení dopravy v lokalitě. Tento typ křižovatky lze z hlediska kapacity chápat jako soustavu po sobě jdoucích stykových křižovatek jednosměrných komunikací. V místě vjezdu je řízení provozu obvykle upraveno dopravním značením (značka č. P4 „Dej přednost v jízdě“ a značka č. C1 „Kruhový objezd“). Řidiči tedy musejí dávat přednost vozidlům na okružním pásu křižovatky.

Otázku kapacity tohoto typu křižovatky řeší Příloha A v normě ČSN 73 6102 [41] a TP 234 [50]. Tyto předpisy řeší kapacitu křižovatky pomocí teorie kritických a následných časových odstupů, které jsou pro

okružní křižovatku odlišné než pro neřízené úrovňové křižovatky. Vozidla na okružním pásu mezi sebou vytvářejí kritickou časovou mezeru, do které se vozidlo na vjezdu křižovatky musí zařadit.

Na následujícím obrázku 7 je znázorněno typické uspořádání okružní křižovatky s určením přednosti v jízdě dopravními značkami č. P4 „Dej přednost v jízdě!“ a č. C1 „Kruhový objezd“. Okružní křižovatka je v tomto uspořádání čtyřramenná s jedním pruhem na okruhu a jedním pruhem na vjezdech a výjezdech (vpravo detail).



Obrázek 7 Zjednodušené schéma provozu na okružní křižovatce s detailem vjezdu (viz TP 234 [50])

Vliv intenzity vozidel na kapacitu

- Při nízké intenzitě vozidel na okruhu křižovatky dochází ke vzniku dlouhých kritických časových mezer (na obrázku 7 označeno t_g). Vozidla na vjezdu se zařadí bez problémů.
- Při vysokých intenzitách vozidel na okruhu křižovatky dochází ke vzniku velmi krátkých časových kritických mezer (na obrázku 7 označeno t_g). Vozidla na vjezdu mají problém se zařadit. Narůstá střední doba zdržení vozidel a dochází k prodloužení délky front na vjezdu křižovatky.
- Limitující pro křižovatku je poměr odbočujících vozidel na vjezdu a vzdálenost kolizních bodů (na obrázku 7 označeno b). Čím větší je tato vzdálenost, tím vyšší je kapacita vjezdu.
- Hlavním faktorem kapacity výjezdu je intenzita chodců na přechodu. Čím vyšší je tato intenzita, tím je pravděpodobnější, že dojde k ovlivnění vozidel na okruhu křižovatky.

4.1.3 KAPACITA SVĚTELNĚ ŘÍZENÉ KŘIŽOVATKY

Úrovňové křižovatky se světelnou signalizací se až na výjimky vyskytují na pozemních komunikacích v zastavěném území. Jedná se především o stykové, průsečné nebo odsazené křižovatky s přímým řízením

provozu světelným signalizačním zařízením (SSZ). V době, kdy je SSZ mimo provoz (bliká žluté světlo), však platí stávající uspořádání s určením přednosti v jízdě dopravním značením (viz kapitola 4.4.1). Výpočet kapacity světelně řízené křižovatky je stanoven v TP 235 [51].

Vliv intenzity vozidel na kapacitu:

- Intenzita vozidel je rozhodující faktor, který podmiňuje výběr a organizaci signálních skupin do jednotlivých fází signálního plánu. Délka zeleného signálu přímo ovlivňuje kapacitu daného dopravního směru.
- Vyrovnané, poměrně vysoké intenzity vozidel na všech vjezdech křižovatky bývají hlavním impulsem pro výběr SSZ. Křižovatka řízená SSZ vynucuje pravidelné střídání všech dopravních směrů za účelem zvýšení propustnosti křižovatky.
- Na kapacitu levého odbočení má vliv intenzita protisměrných vozidel. Čím je tato intenzita vyšší, tím větší střední doba zdržení vzniká. S ohledem na tuto skutečnost se musí navrhnout délka zeleného signálu a délka mezičasu, případně navrhnout samostatnou fázi pro levé odbočení.

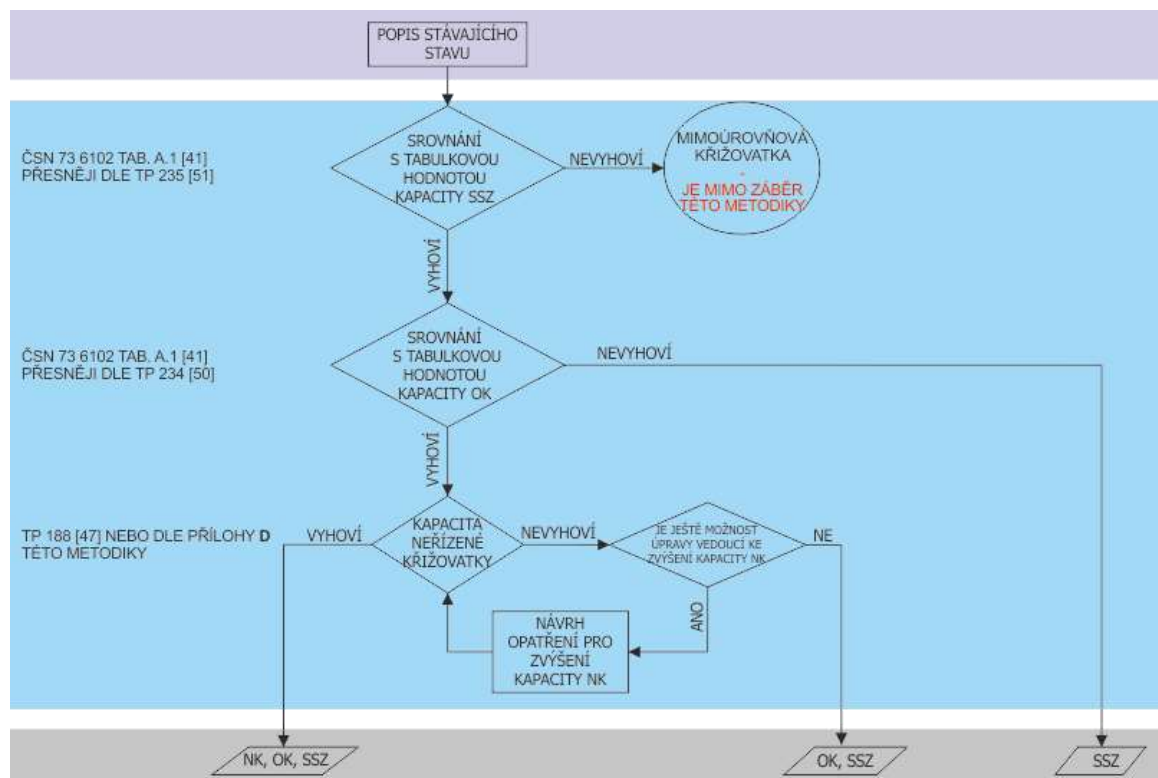
4.2 VÝBĚR VARIANT ÚPRAV KŘÍŽOVATKY DLE KAPACITNÍHO POSOUZENÍ

Po provedení a vyhodnocení dopravního průzkumu křižovatky je nutné prvotní posouzení z hlediska kapacity křižovatky. Toto se provede porovnáním s tabulkou 1. Pokud bude zjištěná hodnota vyšší, než je hodnota v této tabulce pro světelně řízenou křižovanku, tak je vhodné zvážit přestavbu na mimoúrovňovou křižovanku.

Dále se vypočtená hodinová intenzita z dopravního průzkumu porovná s hodnotami pro okružní křižovanku uvedenou v tabulce 1. Pokud kapacita okružní křižovatky nevyhoví, je jediným řešením přestavba na světelně řízenou křižovanku a dále bude hodnocena tato varianta.

Pokud kapacita okružní křižovatky je vyšší, než je zjištěná intenzita, je hodnota porovnána s tabulkovou hodnotou intenzity pro neřízenou křižovanku. Vyhoví-li i tato varianta, jsou do dalšího hodnocení uvažovány varianty úprav neřízené křižovatky pro zvýšení bezpečnosti, přestavba na okružní křižovanku a světelně řízená křižovanka s úpravami pro zvýšení bezpečnosti shodnými jako pro neřízenou křižovanku. Je možné, že původní neřízená křižovanka kapacitně nevyhovuje, poté musí být zváženy možné úpravy zvýšení kapacity této křižovatky popsané v kapitole 4.1.1. V případě, že není možné některá z doporučených řešení aplikovat, jsou dále posuzovány pouze dvě varianty a to přestavba na okružní křižovanku či křižovanku světelně řízenou.

Celý proces je zobrazen na schématu na obrázku 8.



Obrázek 8 Schéma výběru variant na základě základního posouzení kapacity

Po návrhu opatření je nutné křižovatku prověřit kapacitním výpočtem na stanovené výhledové období (viz kapitola 5.6).

5. NÁVRH OPATŘENÍ

Návrh jednotlivých opatření vychází z vyhodnocení rizik v křižovatce uvedených v kapitole 3. Tato metodika popisuje možnosti úprav křižovatek podle typu dopravních nehod. Není uvažováno s obecnými faktory, které mohou ke vzniku nehod přispívat také, např. nehody za mokra, za tmy apod. Seznam úprav je pouze obecný, místní podmínky stanovují, která opatření je možné využít.

Při návrhu opatření je důležité znát dopravní podmínky v okolí řešeného místa. Je všeobecně známo, že je vhodné širší územní celky utvářet konzistentně a vytvářet tak prostředí srozumitelné pro účastníky silničního provozu.

5.1 ÚPRAVY NEŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY

Jednotlivé úpravy jsou rozděleny podle typů dopravních nehod, jejichž riziko snižují:

- a. Překročení nejvyšší dovolené rychlosti na hlavní komunikaci
 - zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - zřízení/obnova vodorovného dopravní značení
 - zúžení jízdních pruhů
 - zvýšený dělicí ostrůvek (na hlavních větvích)
 - směrové vychýlení trasy
 - zvýšené prahy (pouze na místních komunikacích)
- b. Nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky STŮJ DEJ PŘEDNOST

- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - zřízení/obnova vodorovného dopravního značení
 - úprava rozhledových poměrů
 - zvýšený dělicí ostrůvek na vedlejší komunikaci
- c. Nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky DEJ PŘEDNOST
- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - zřízení/obnova vodorovného dopravního značení
 - úprava rozhledových poměrů
 - zvýšený dělicí ostrůvek na vedlejší komunikaci
 - přidání pruhu pro odbočení vlevo na vedlejší komunikaci
- d. Nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo na hlavní komunikaci
- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - zřízení/obnova vodorovného dopravního značení
 - úprava rozhledových poměrů
 - zvýšený dělicí ostrůvek naproti pruhu pro levé odbočení na hlavní komunikaci
 - pruh pro levé odbočení na hlavní komunikaci
 - zjednosměrnění
- e. Nedání přednosti v jízdě vozidlu přijíždějícímu zprava v křižovatce bez úpravy přednosti
- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - zřízení/obnova vodorovného značení
 - úprava rozhledových poměrů
 - zvýšený dělicí ostrůvek na všech větvích
 - přibližné sjednocení šířek všech vjezdových větví křižovatky
- f. Náraz zezadu na hlavní komunikaci (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)
- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - zřízení/obnova vodorovného dopravního značení
 - úprava protismykových vlastností
 - přidání odbočovacího pruhu
 - přesun přechodu na vedlejší komunikaci dále od křižovatky
- g. Náraz zezadu na vedlejší komunikaci
- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - zřízení/obnova vodorovného dopravního značení
 - úprava rozhledových poměrů
 - posun přechodu dále od křižovatky
 - snížení rychlosti na hlavní komunikaci (viz bod a)
 - snížení rychlosti na vedlejší (viz bod a)
- h. Náraz zezadu před přechodem
- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - obnova vodorovného dopravního značení
 - osvětlení přechodu
 - zvýraznění přechodu
 - ochranný ostrůvek
 - úprava protismykových vlastností před přechodem
- i. Srážka při přejíždění z pruhu do pruhu

- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - prodloužení odbočovacího pruhu
- j. Nedání přednosti při odbočování vlevo souběžně jedoucímu vozidlu
- zvýšený dělicí ostrůvek, vysazené plochy
 - odbočovací pruhy
- k. Nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu
- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - obnova vodorovného dopravního značení
 - úprava rozhledových poměrů
 - osvětlení křižovatky / přechodu
 - zkrácení přechodu pro chodce
 - úprava protismykových vlastností
 - zvýraznění přechodu
 - úprava přechodu zvýšenou plochou (pouze v obci)
- l. Srážka s chodcem mimo přechod
- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - zřízení/obnova vodorovného dopravního značení
 - zřízení místa pro přecházení
 - zřízení přechodu pro chodce
 - zúžení jízdních pruhů
 - fyzická zábrana a nasměrování chodců na přechod
 - osvětlení křižovatky
- m. Nehody s cyklisty
- zřízení/obnova svislého dopravního značení
 - zřízení/obnova vodorovného dopravního značení
 - úprava rozhledových poměrů
 - zřízení pruhu/stezky pro cyklisty
 - zřízení přejezdu pro cyklisty
 - osvětlení křižovatky / přejezdu
 - snížení rychlosti (viz bod a)

Jednotlivé úpravy neřízené křižovatky jsou specifikovány v příloze A.

5.2 PŘESTAVBA NA OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKU

Jedním z vhodných opatření ke snížení nehodovosti na křižovatkách je jejich přestavba na křižovatky okružní, které vykazují vyšší úroveň bezpečnosti, přináší úsporu zpevněných ploch, působí estetičtěji a jsou vhodnou formou dopravního zklidňování. Pozitivní vlivy okružních křižovatek (OK) na bezpečnost jsou dobře známé a jsou popsány v mnoha studiích. Tento pozitivní vliv je způsoben geometrií okružní křižovatky, která snižuje počet kolizních bodů, snižuje rychlosti vozidel a zvyšuje bezpečnost chodců. Jedním z mála negativních vlivů může být v určitých případech zhoršená úroveň bezpečnosti cyklistů.

Přesto ani OK není „samospásným“ řešením všech dopravních potíží. Její návrh je potřeba provést pečlivě, nevhodné uspořádání může výrazně snižovat její kapacitu a tím vést ke tvorbě kongescí.

OK je charakteristická středním ostrovem a okružním pásem, který umožňuje pouze jednosměrný pohyb vozidel. Od ostatních úrovnových křižovatek se liší především tím, že neumožňuje přímé levé odbočení. Tím

dochází ke snížení počtu kolizních/konfliktních bodů (viz obrázek 3). Musí být včas postřehnutelná (ČSN 73 6102 [41] přesně určuje délku volného výhledu na okraj okružního jízdního pásu).

Budování okružních křižovek není vhodné při velkých rozdílech intenzit na jednotlivých ramenech křižovatky nebo v řadě za sebou jdoucích řízených křižovek.

Při umísťování okružních křižovek je nutné zvážit koncepci širšího uspořádání sítě pozemních komunikací. OK umísťená na hlavním silničním tahu v extravilánu není vhodná z hlediska snížení komfortu jízdy a prodloužení cestovní doby. Ok by naopak měly být umísťovány na místních komunikacích, kde je intenzita dopravy na ramenech vyrovnaná, rychlost vozidel je nižší, a kde je požadováno zklidnění dopravy.

Největším přínosem OK je vyšší bezpečnost a snížení závažnosti dopravních nehod. Mezi další klady patří plynulost provozu, snadné řešení křižovek s více než 4 paprsky, jasné vedení vozidel, minimální údržba a možný estetický přínos.

Specifikace prvků opatření

Přestavba na OK a její účinnost je vyjádřena pro následující parametry – vnější průměr $D > 23$ m, jeden jízdní pruh na okruhu, vjezdu a výjezdu, dělicí ostrůvek na všech větvích křižovatky. **V obci se vždy** předpokládá existence přechodů pro chodce vybavených ochranným ostrůvkem na všech ramenech a osvětlení všech částí křižovatky. **Mimo obec se vždy** předpokládá zvýraznění dělicích ostrůvků všesměrnými retroreflexními oky a absence osvětlení.

Tato metodika neřeší použití miniokružních křižovek, okružních křižovek se dvěma pruhy na okružním pásu a spirálových okružních křižovek.

Očekávaná redukce nehodovosti dle typu nehody:

- nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky STŮJ DEJ PŘEDNOST nebo DEJ PŘEDNOST
- nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo
- nedání přednosti v jízdě vozidlu přijíždějícímu zprava
- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu

Očekávaný nárůst nehodovosti dle typu nehody:

- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)
- nedání přednosti při přejíždění z jednoho pruhu do druhého (vjíždění na okružní pás křižovatky)
- nehody s cyklisty

5.3 PŘESTAVBA NA SVĚTELNĚ ŘÍZENOU KŘÍŽOVATKU

Další možnost úpravy neřízené úrovně křižovatky představuje její přestavba na řízenou úrovně křižovatku instalací světelného signalizačního zařízení (SSZ). Správný návrh signálního plánu či jeho dynamické řízení zvýší kapacitu křižovatky – signály lze nastavit v závislosti na denních dobách. Signály za sebou jdoucích křižovek lze synchronizovat do tzv. „zelené vlny“.

SSZ by nemělo být použito na křižovatkách mimo obec (kde by je řidič neočekával nebo kde světlené signály nejsou viditelné z dostatečné vzdálenosti), aniž by na ně nebylo předem upozorněno (např. snížením nejvyšší dovolené rychlosti a DZ č. A10 „Světelné signály“). Použití světelně řízené křižovatky mimo obec se až na výjimečné případy nedoporučuje. Při vysokém rozdílu intenzit na křižovatkových ramenech a vysokém zatížení v jednom směru je výhodnější využít jednoduchou mimoúrovňovou křižovatku (např. kosodélná, trubkovitá).

Řízená křižovatka s sebou přináší jednoznačné pozitivum ve zvýšení bezpečnosti chodců a cyklistů a nárůstu kapacity. V současné době se v české republice začínají používat i křižovatky s nočním celočerveným režimem. Z dosud získaných zkušeností se noční celočervený režim jeví jako velmi účinný, počet dopravních nehod v noci na takto řízených křižovatkách se snížil téměř na nulu. Bohužel k nedostatku zkušeností s tímto opatřením v ČR není zahrnuto do této metodiky.

Očekávané snížení nehodovosti dle typu nehody:

- nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky STŮJ DEJ PŘEDNOST nebo DEJ PŘEDNOST (tento typ nehod připadá v úvahu pouze v době, kdy nefunguje SSZ)
- nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo
- nedání přednosti v jízdě vozidlu přijíždějícímu zprava
- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)
- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu
- nehody s cyklisty

Očekávaný nárůst nehodovosti dle typu nehody:

- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)

Další možné úpravy řízené křižovatky jsou totožné s neřízenou křižovatkou, protože provoz SSZ může být v nočních hodinách vypnut (bliká žluté světlo) a křižovatka poté funguje stejně jako křižovatka neřízená. Účinnost kombinace opatření a SSZ se skládá z časového podílu účinnosti kombinace opatření bez SSZ (SSZ vypnuto, či nefunguje) a časového podílu účinnosti SSZ (SSZ funguje) – viz odstavec 5.5 v příkladu.

Specifikace prvků opatření

Finanční ocenění úprav křižovatky související se zřízením světelné signalizace je poměrně náročné v závislosti na místních podmínkách a navrženém signálním plánu. Pro účely výpočtu podle této metodiky se uvažuje umístění jednoho dopravního třísvětlového návěstidla a dvou dvousvětlových návěstidel (chodeckých) na každé křižovatkové větvi a dynamický signální plán.

Nepředpokládá se překládka inženýrských sítí nebo realizace protlaků, umístění nápojného bodu pro zdroj energie se předpokládá v dostupné vzdálenosti (do 100 m). Výpočet také neuvažuje náročné systémy velkých měst (celočervený režim, vyšší systémy řízení dopravy zahrnující dálniční nebo parkovací řídicí systémy, ...). Všechny tyto aspekty mohou výrazně ovlivnit cenu celkového díla, jejich cenu však nelze zobecnit.

5.4 OČEKÁVANÉ SNÍŽENÍ POČTU NEHOD A ŽIVOTNOST OPATŘENÍ

Dopravní nehoda je jev, k jehož vzniku je potřeba souhra několika událostí, aby k ní došlo. Realizací opatření dojde ke snížení rizika vzniku dopravní nehody, ale nelze jej nikdy úplně potlačit. Dopravní nehody nejsou rozloženy v čase rovnoměrně, proto je stanovení účinnosti obtížné.

Účinnost opatření vyjadřuje procentuální úbytek dopravních nehod, který je přímým důsledkem realizovaného opatření.

Na základě analýz provedených CDV, v. v. i. a na základě metaanalýz zahraničních dat (viz studie [1] - [39]) jsou stanovena procenta účinnosti jednotlivých opatření. Účinnost jednotlivých opatření je snížena o očekávaný nárůst nehod jiného typu po provedení opatření. Účinnost se také může lišit v závislosti na typu křižovatky a dalších faktorech. Ke všem opatřením uvažovaným v této metodice je doplněn i údaj o obvyklé životnosti jednotlivých opatření. Všechny hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Očekávané snížení počtu nehod a životnost jednotlivých opatření

OPATŘENÍ	ÚČINNOST η_i [%]	ŽIVOTNOST t_{zi} [ROKY]
zřízení nového svislého DZ	35 – průsečná 20 – styková	5 – 10
obnova svislého DZ	1 – 5	5 – 10
zřízení nového vodorovného DZ	30 - 35 zřízení	1 – 5
obnova vodorovného DZ	10 – 15 obnova	1 – 5
úprava rozhledových poměrů	30	5 - 10
pruh pro levé odbočení	30 - intravilán 35 - extravilán	10
pruh pro pravé odbočení	10	1 - 5
prodloužení odbočovacího pruhu	5	1 – 5
zúžení jízdních pruhů	5 - 10 – fyzické 3 – 5 – barvou	30 1 - 5
sjednocení šířek všech vjezdových větví	20	30
zvýšený dělicí ostrůvek	35 – průsečná, na vedl. 45 – styková, na vedl. 15 – mobilní na hlavní 25 - stálý na hlavní	10 – 20
protismyková povrchová úprava	35	1 – 5 - nátěr 5 – 10 nový kryt
směrové vychýlení trasy – šikana	15	30
místo pro přecházení	10	10
zkrácení přechodu pro chodce – ochranný ostrůvek	25 – 40	5 – 10
zkrácení přechodu pro chodce – vysazené plochy	30 – 50	10
zvýraznění přechodu	7 – 10	5
přesun přechodu dále od křižovatky	3	20
fyzická zábrana a směrování chodců	25 - 40	10 - 20
přechod pro chodce	25 - 40	10 - 30
přechod na zvýšeném prahu	40	5 - 10
pruh pro cyklisty	25 - 40	10 - 30
přejezd pro cyklisty	20 - 25	10 - 30
zjednosměrnění původně obousměrné větve křižovatky	25 - 40	30
zvýšené prahy	30	30
osvětlení křižovatky/přechodu	40 - extravilán 20 - intravilán	5 - 10
OK - kompletní přestavba na OK*	70 – extravilán 55 - intravilán	10 -30
SSZ - světelné signalizační zařízení**	15 – styková 30 – průsečná 30-45 – nový sig. plán	10 -30

* Účinnost přestavby na OK je vyjádřena pro úpravu křižovatky jako celku a dále už se nezapočítávají úpravy dělicích ostrůvků, dopravního značení, atd.

** U světelně řízených křižovatek je třeba zohlednit období, kdy SSZ není v provozu (bliká žluté světlo). Započítá se kombinací poměru doby, kdy semaforey fungují (započítává účinnost světelného signalizačního zařízení, účinnost ostatních navrhovaných opatření je nulová) a kdy nefungují (účinnost SSZ je nulová a účinnost ostatních navrhovaných opatření je dle tabulky 2). Příklad je uveden v odstavci 5.5.

5.5 ODHAD ÚČINNOSTI KOMBINACE OPATŘENÍ

Většina úprav křižovatek není realizována samostatným opatřením, nýbrž jejich kombinací. Pro zjištění vlivu na bezpečnost je proto nezbytné odhadnout celkovou účinnost této kombinace. Prostý součet účinností nelze použít. Existuje několik možných přístupů, tato metodika ukazuje metodu kombinovaného efektu a metodu kombinovaného efektu s vlivem účinnosti dominantního opatření (viz [10] a [39]).

Pro odhad účinnosti kombinace dvou až čtyř opatření se doporučuje použít vzorec (2) dle metody kombinovaného efektu:

$$\eta = [1 - (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4)] \cdot 100 \% \quad (2)$$

η odhad účinnosti kombinace [-]

η_1, η_2 účinnost opatření č. 1, 2, atd. [-]

Pro odhad účinnosti kombinace pěti a více opatření se doporučuje použít vzorec (3) dle metody kombinovaného efektu s vlivem účinnosti dominantního opatření:

$$\eta = \{1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot \dots \cdot (1 - \eta_k)]^{(1 - \eta_{dom})}\} \cdot 100\%, \text{ pro } k \geq 5 \quad (3)$$

η odhad účinnosti kombinace [-]

η_1, η_2 účinnost opatření č. 1, 2, atd. [-]

η_{dom} účinnost dominantního opatření (opatření s maximální účinností z množiny navrhovaných opatření) [-]

Při kombinování účinností je třeba zvážit počet opatření vstupujících do vzorce a vyloučit zdvojená opatření (např. sloučený přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty – do kombinace vstupuje pouze jedna účinnost, ta vyšší).

Pro výpočet odhadu účinnosti kombinace se SSZ se použije následující vzorec:

$$\eta = \eta_{SSZ} \cdot \frac{t_{SSZ}}{24} + \eta_{bez\ SSZ} \cdot \frac{24 - t_{SSZ}}{24} \quad (4)$$

η odhad účinnosti kombinace [-]

η_{SSZ} odhad účinnosti opatření včetně SSZ podle vzorce (2) nebo (3) [-]

$\eta_{bez\ SSZ}$ odhad účinnosti opatření bez SSZ podle vzorce (2) nebo (3) [-]

t_{SSZ} doba funkčnosti SSZ [hod]

Příklad:

Na základě analýzy nehodovosti jsou pro úpravu neřízené křižovatky (průsečná, v intravilánu) navržena tato opatření: pruh pro levé odbočení (30%), zvýšený dělicí ostrůvek (40%), protismykový nátěr (35%) a SSZ (30%). SSZ nebude fungovat 24 hodin denně, dá se předpokládat maximálně 16 hodin (t_{SSZ}). Pro výpočet odhadu účinnosti kombinace se použije vzorec $\eta = 1 - (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4)$.

$$\begin{aligned} \eta &= [1 - (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4)] \cdot \frac{t_{SSZ}}{24} + [1 - (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4)] \cdot \frac{(24 - t_{SSZ})}{24} \\ &= [1 - (1 - 0,3) \cdot (1 - 0,4) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,3)] \cdot \frac{16}{24} + [1 - (1 - 0,3) \cdot (1 - 0,4) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,0)] \cdot \frac{(24 - 16)}{24} \\ &= 0,78 \Rightarrow 78\% \end{aligned}$$

Odhad účinnosti kombinace výše uvedených opatření při době funkčnosti SSZ 16 hodin je 78%.

Pozn. V uvedených vzorcích jsou jednotlivé úpravy uvažovány z hlediska pravděpodobnosti jako nezávislé jevy, přestože je zřejmé, že některé spolu jednoznačně souvisí. V této problematice není zatím dostatek studií, které by umožňovaly přesnější odhad kombinace účinnosti. Uvedené řešení podhodnocuje skutečnou účinnost, čímž je celý návrh prováděn na straně bezpečné a nemělo by dojít k nadhodnocení navržených úprav.

5.6 KONTROLA KAPACITY UPRAVENÉ NEŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY

Po navržení některé z uvedených úprav neřízené úroňové křižovatky, je nutné znovu posoudit kapacitu upravené neřízené křižovatky a to i pro návrhové období. Jedná se o následující úpravy:

- přidání pruhu (ů) na vjezdu z vedlejší komunikace,
- rozšíření společného pruhu na vjezdu z vedlejší komunikace (možnost řazení vozidel vedle sebe),
- přidání samostatného pruhu pro levé odbočení z hlavní,
- znemožnění některých křižovatkových pohybů (nejefektivnější znemožnění levého odbočení),
- snížení rychlosti jízdy na hlavní komunikaci,
- zlepšení rozhledových podmínek.

Tento krok může ze srovnávacího procesu vyřadit neřízenou křižovátku, pokud přepočet kapacity nevyhoví pro návrhové období.

6. OCENĚNÍ OPATŘENÍ A VYČÍSLENÍ CELOSPOLEČENSKÝCH ZTRÁT

Analýza návratnosti (efektivity) opatření srovnává celkové náklady na realizaci a údržbu opatření s celospolečenskými ztrátami z dopravní nehodovosti, kterým je realizací opatření zabráněno. Pro relevantní srovnání je nutné určit vhodnou časovou jednotku, za kterou bude úprava hodnocena – tzv. návrhové období. **Návrhové období** vychází z posouzení kapacity neřízené křižovatky a je to:

- $t_z = 20$ let nebo
- $t_z = 30$ let v případě návrhu dalších jízdních pruhů

6.1 STANOVENÍ CELKOVÝCH NÁKLADŮ

Náklady je nutno vyčíslit co nejrealněji, což znamená mít jasnou představu o navrhovaných opatřeních pro konkrétní posuzovanou křižovátku a o dalších vyvolaných investicích. Při odhadu výše nákladů je možné vyjít ze studie proveditelnosti, zpracovaného investičního záměru nebo srovnávací studie. Pro orientační ocenění stavebních úprav je v příloze B2 uvedena tabulka s orientačními cenami jednotlivých prací [58].

Pro plnohodnotné srovnání variant je nutné zvážit další vlivy, které mohou silně ovlivnit výsledek. Patří sem například:

- kolize se stávajícími inženýrskými sítěmi,
- výkupy pozemků,
- úpravy odvodnění komunikace v místě křižovatky
- zřízení přechodného dopravního značení během realizace,
- údržba nově zbudovaných konstrukcí (obnova při životnosti opatření kratší než návrhové období),
- v případě SSZ i otázka napájení a náročnost systému SSZ na inteligentní řízení.

Tyto vyvolané náklady mohou v konečném důsledku být stejně finančně náročné jako samotné opatření.

Celkové náklady jsou tvořeny investičními a provozními náklady. Investiční náklady zahrnují prostředky na realizaci opatření, provozní náklady zahrnují náklady spojené s provozem daného opatření (náklady na údržbu, případné opravy).

Celkové náklady za návrhové období

$$N_z = t_z \cdot \sum_{i=1}^k \frac{N_{vi}}{t_{zi}} \quad (5)$$

N_z	celkové náklady za návrhové období [Kč]
t_z	návrhové období [roky]
N_{vi}	náklady jednotlivých opatření (investiční a provozní náklady) [Kč]
t_{zi}	životnost jednotlivých opatření [roky]

Náklady za celou dobu životnosti opatření tvoří finanční částku zahrnující investiční a provozní náklady, tedy celkové náklady na realizaci dané za návrhové období.

6.2 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZTRÁT Z DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI

Vyčíslení celospolečenských ztrát ze zjištěných dopravních nehod ve finančních jednotkách se provede dle Metodiky výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích [55]. Pro výpočet je brán časový horizont nejméně 3 let. Výpočet ztrát z DN ze všech dostupných let výpisů nehodovosti vychází z aktuálních jednotkových nákladů dle následků a závažnosti dopravní nehody (viz příklady).

Výpočet celospolečenských ztrát se liší dle dostupnosti nehodových dat. V níže uvedených kapitolách (7.2.1, 7.2.2) je uveden výpočet ztrát v případě dostupnosti nehodových dat i v případě, že data k dispozici nejsou.

6.2.1 VÝPOČET V PŘÍPADĚ DOSTUPNÝCH DAT

V případě dostupných dat o nehodovosti na dané lokalitě jsou ekonomické ztráty z dopravní nehodovosti dány násobkem počtu dopravních nehod (dle závažnosti zranění) a jednotkových nákladů (dle závažnosti zranění).

$$E = SZ_{počet} \cdot SZ_{EZ} + TZ_{počet} \cdot TZ_{EZ} + LZ_{počet} \cdot LZ_{EZ} + H\check{S}_{počet} \cdot H\check{S}_{EZ} \quad (6)$$

Kde:

E	ekonomické (celospolečenské) ztráty z dopravní nehodovosti v dostupném období [Kč]
SZ_{EZ}	výše ztráty z úmrtí 1 osoby při dopravní nehodě v aktuálním roce [Kč]
$SZ_{počet}$	počet usmrčených osob při dopravních nehodách v dostupném období [-]
TZ_{EZ}	výše ztráty z těžkého zranění 1 osoby při dopravní nehodě v aktuálním roce [Kč]
$TZ_{počet}$	počet těžce zraněných při dopravních nehodách v daném roce [-]
LZ_{EZ}	výše ztráty z lehkého zranění 1 osoby při dopravní nehodě v aktuálním roce [Kč]
$LZ_{počet}$	počet lehce zraněných při dopravních nehodách v dostupném období [-]
$H\check{S}_{EZ}$	výše ztráty z 1 nehody pouze s hmotnou škodou v aktuálním roce [Kč]
$H\check{S}_{počet}$	počet dopravních nehod pouze s hmotnou škodou v dostupném období [-]

Jednotkové náklady (výše ztrát dle závažnosti následků dopravní nehody) se uvažují dle Metodiky výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích [55]. Pro výpočet se používá výše ztráty v aktuálním roce (data za poslední rok, v kterém jsou ztráty pro jednotlivá zranění vyčíslena).

6.2.2 VÝPOČET V PŘÍPADĚ NEDOSTUPNÝCH DAT

V případě, kdy je nutné vycházet pouze ze znalosti dopravních konfliktů, je nutné rizikovost dané lokality odhadnout. Tento odhad vychází se statistického predikčního modelu pro křižovatky s upravenou předností bez vodorovného značení a dalších dopravně inženýrských opatření. Viz příklad křižovatky na obrázku 1.

Predikční model byl sestaven podle metodiky [59] a byly do něj zahrnuty základní charakteristiky tohoto uspořádání křižovatek. Celkem bylo použito 160 křižovatek. Statisticky významná byla kromě intenzit dopravy na hlavní a vedlejší komunikaci také poloha křižovatky, počet ramen křižovatky, zalomená přednost na hlavní komunikaci a úhel křížení komunikací. Vzhledem k obecné uplatnitelnosti této metodiky jsou tyto hodnoty použity binárně, např. zalomená přednost ano či ne.

Výsledná rovnice má následující tvar:

$$N = 0,0105 \cdot I_{hl}^{0,289} \cdot I_{vedl}^{0,299} \cdot e^{(-0,305 \cdot \alpha + 0,592 \cdot \beta - 0,348 \cdot \gamma - 0,579 \cdot \delta)} \quad (7)$$

Kde:

N	očekávaný počet nehod za rok [-]
I_{hl}	intenzita vozidel na vjezdu do křižovatky na hlavní komunikaci (součet hodnot na obou vjezdech) za 24 hodin [voz/24hod]
I_{vedl}	intenzita vozidel na vjezdu do křižovatky na vedlejší komunikaci, v případě průsečné křižovatky součet hodnot na vjezdech za 24 hodin [voz/24hod]
α	úhel křížení komunikací, pro úhel 70-90° má hodnotu 1, jinak 0 [-]
β	poloha křižovatky, poloha v extravilánu má hodnotu 1, v intravilánu 0 [-]
γ	výskyt zalomené přednosti v křižovatce, pokud je přednost zalomená nabývá hodnoty 1, jinak 0 [-]
δ	počet ramen křižovatky; pro stykovou křižovatku nabývá hodnoty 1, pro průsečnou 0 [-]

Dosazením do této rovnice lze získat očekávaný počet nehod v dané lokalitě za jeden rok. Prokazatelně největší vliv na nehodovost mají intenzity dopravy, nelze se tedy obejít bez dopravního průzkumu a přepočtu na 24 hodinové intenzity dle TP 189 [48].

Na základě predikčního modelu nelze vypočítat ke kolika dopravním nehodám, s jakými osobními následky dojde. Finanční ocenění dopravní nehody se stanoví na základě výpočtu průměrné ztráty na jednu dopravní nehodu. Tato ztráta je kalkulována pomocí jednotkových nákladů na dopravní nehodu stanovených v metodice [61] a pomocí statistiky nehodovosti pro daný rok [57]. Pro výpočet se používá výše ztráty v aktuálním roce (data za poslední rok, v kterém jsou ztráty pro jednotlivá zranění vyčíslena).

Výpočet se provede podle vzorce:

$$EZ = \frac{SZ_{EZ} \cdot \frac{SZ_{počet}^2}{DN_{SZ}} + TZ_{EZ} \cdot \frac{TZ_{počet}^2}{DN_{TZ}} + LZ_{EZ} \cdot \frac{LZ_{počet}^2}{DN_{LZ}} + H\dot{S}_{EZ} \cdot H\dot{S}_{počet}}{DN} \quad (8)$$

Kde:

EZ	ekonomické (celospolečenské) ztráty z dopravní nehodovosti v aktuálním roce [Kč]
SZ_{EZ}	výše ztráty z úmrtí při dopravní nehodě v aktuálním roce [Kč]
$SZ_{počet}$	počet usmrčených osob při dopravních nehodách v aktuálním roce [-]
DN_{SZ}	počet dopravních nehod s usmrčením v aktuálním roce [-]
TZ_{EZ}	výše ztráty z těžkého zranění při dopravní nehodě v aktuálním roce [Kč]
$TZ_{počet}$	počet těžce zraněných při dopravních nehodách v aktuálním roce [-]
DN_{TZ}	počet dopravních nehod s těžkým zraněním v aktuálním roce [-]
LZ_{EZ}	výše ztráty z lehkého zranění při dopravní nehodě v aktuálním roce [Kč]
$LZ_{počet}$	počet lehce zraněných při dopravních nehodách v aktuálním roce [-]
DN_{LZ}	počet dopravních nehod s lehkým zraněním v aktuálním roce [-]
$H\check{S}_{EZ}$	výše ztráty z nehody pouze s hmotnou škodou v aktuálním roce [Kč]
$H\check{S}_{počet}$	počet dopravních nehod pouze s hmotnou škodou v aktuálním roce [-]
DN	celkový počet dopravních nehod v aktuálním roce [-]

Příklad:

Ekonomická ztráta z dopravní nehodovosti za rok 2011 (viz statistika nehodovosti, PČR [57]) je dle uvedeného vztahu vypočtena následovně:

SZ_{EZ}	18 572 290 Kč,	$SZ_{počet}$	773,	DN_{SZ}	650
TZ_{EZ}	4 783 202 Kč,	$TZ_{počet}$	3 026,	DN_{TZ}	2 666
LZ_{EZ}	508 782 Kč,	$LZ_{počet}$	22 519,	DN_{LZ}	17 170
$H\check{S}_{EZ}$	226 676 Kč,	$H\check{S}_{počet}$	54 651		
DN	75 137				

$$EZ = \frac{18\,572\,290 \cdot \frac{773^2}{650} + 4\,783\,202 \cdot \frac{3\,026^2}{2\,666} + 508\,782 \cdot \frac{22\,519^2}{17\,170} + 226\,676 \cdot 54\,651}{75\,137}$$

$$EZ = 810\,734 \text{ Kč}$$

Průměrná výše ekonomické ztráty z jedné dopravní nehody v roce 2011 tedy činí 810 734 Kč. Tato hodnota bude v dalším výpočtu stanovení návratnosti investice do dopravního opatření.

7. POSOUZENÍ EFEKTIVITY OPATŘENÍ

Posouzení efektivity opatření je založeno na principu cost-benefit analýzy (analýzy nákladů a výnosů). Celkové náklady tvoří náklady na realizaci a údržbu daného opatření. Z hlediska posuzované oblasti dopravy výnosy tvoří „ušetřené celospolečenské ztráty z dopravní nehodovosti“ v důsledku realizace daného opatření.

Pro rozhodovací proces jsou důležité tyto ukazatele:

Úspora snížením nehodovosti

$$U = \eta \cdot \frac{E}{t} = \eta \cdot H_e \text{ v případě dostupných nehodových dat} \quad (9a)$$

$$U = \eta \cdot EZ \cdot N = \eta \cdot H_e \text{ v případě nedostupných nehodových dat} \quad (9b)$$

$$U_z = U \cdot t_z \quad (10)$$

U	úspora z počtu nehod při realizaci opatření za dobu jednoho roku [Kč/rok]
η	odhad účinnosti kombinace [-]
E	ekonomické (celospolečenské) ztráty z dopravní nehodovosti v dostupném období [Kč]
t	časové období sledování DN [roky]
H_e	ukazatel hustoty ztrát [Kč/rok] – průměrné roční ekonomické ohodnocení ztrát z následků DN
EZ	ekonomické (celospolečenské) ztráty z dopravní nehodovosti v daném roce [Kč]
N	očekávaný počet nehod za rok [-]
U_z	úspora na nehodách při realizaci úprav za návrhové období [Kč]
t_z	návrhové období [roky]

Úspory na nehodách vyjadřují snížení ztrát z dopravní nehodovosti za navrhované období.

Výpočet ukazatele hustoty ztrát je uveden např. v Metodice provedení a vyhodnocení dopravních průzkumů [61].

Návratnost opatření

Návratnost opatření je doba, za kterou se vynaložené prostředky na realizaci opatření vrátí v podobě úspor celospolečenských ztrát. Čím je kratší doba návratnosti, tím efektivněji budou náklady za opatření vynaloženy.

$$T = \frac{N_v}{U} \cdot 12 \quad (11)$$

T	návratnost investičních prostředků na úpravy křižovatky [měsíce]
N_v	celkové náklady vynaložené na realizaci všech opatření v úpravě křižovatky včetně vyvolaných investic [Kč]
U	finanční úspora na nehodách při realizaci opatření za dobu jednoho roku [Kč/rok]

Celkové náklady

Celkové náklady vyjadřují sumu finančních prostředků, které byly vynaloženy za celé návrhové období za všechna opatření včetně jejich znovuobnovení.

$$N_z = \sum_{i=1}^n \frac{N_{vi} \cdot t_z}{t_{zi}} \quad (12)$$

N_z	celkové náklady [Kč] za návrhové období
N_{vi}	vstupní náklady jednotlivých opatření [Kč]
t_z	návrhové období [roky]
t_{zi}	životnost jednotlivých opatření [roky]

Ekonomické hodnocení

Ekonomické hodnocení je dáno rozdílem výše snížených ztrát z dopravní nehodovosti a náklady na přestavbu a údržbu křižovatky v rozmezí návrhového období křižovatky.

$$EH = U_z - N_z \quad (13)$$

EH	ekonomické hodnocení [Kč]
U_z	úspora (snížení ztrát z dopravní nehodovosti) po realizaci úprav za návrhové období [Kč]
N_z	celkové náklady za návrhové období [Kč]

Při výpočtu ekonomického hodnocení dochází k porovnávání nulové a investiční varianty. Kde nulová varianta je stav, kdy opatření není realizováno, předpokládán je samostatný vývoj nezávislý na navrhovaném opatření. Investiční varianta znamená realizaci daného opatření. Dochází k porovnávání nehodovosti v případě realizace a nerealizace opatření.

8. VÝBĚR VÝSLEDNÉ VARIANTY

Na základě vypočtených hodnot ekonomického hodnocení lze vyhodnotit výslednou nejefektivnější variantu projektu. Vzhledem k tomu, že některé vstupy vcházejí do srovnání v určitém rozpětí (minimální a maximální účinnost, minimální a maximální životnost), ekonomické hodnocení je vyčísleno také v intervalu (minimální a maximální), kterou nazýváme **pravděpodobný interval ekonomického hodnocení**. Za této podmínky se mohou pravděpodobné intervaly ekonomického hodnocení variant překrývat a nelze vždy jednoznačně určit výslednou variantu. V takovém případě se přistoupí k porovnání odhadu účinnosti kombinace opatření dvou nejefektivnějších variant. Rozhodující jsou intervaly na konci návrhového období. Toto je shrnuto v následujících vzorcích.

Když

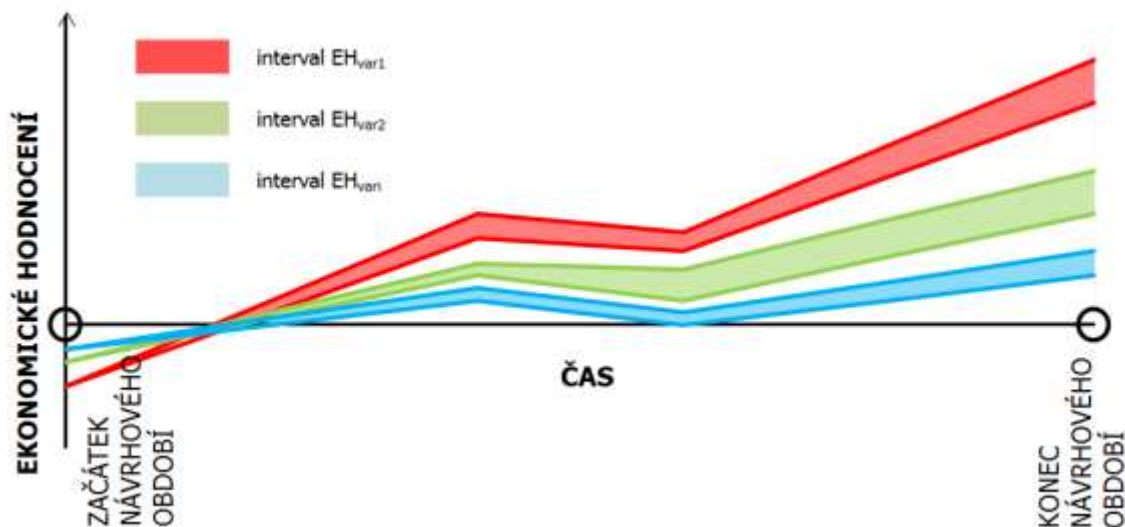
$$EH_{var_1} > EH_{var_2} > EH_{var_i} > EH_{var_n}; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

n je počet uvažovaných variant úprav křižovatky

A zároveň průnik intervalů je prázdný (viz graf 1):

$$\begin{aligned} \langle EH_{min_1}; EH_{max_1} \rangle \cap \langle EH_{min_2}; EH_{max_2} \rangle \cap \langle EH_{min_i}; EH_{max_i} \rangle \cap \langle EH_{min_n}; EH_{max_n} \rangle &= \emptyset; \\ i &= 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (15)$$

Pak je výslednou variantou je varianta 1 (EH_{var_1} je nejvyšší)



Graf 1 Ekonomické hodnocení - prázdné intervaly

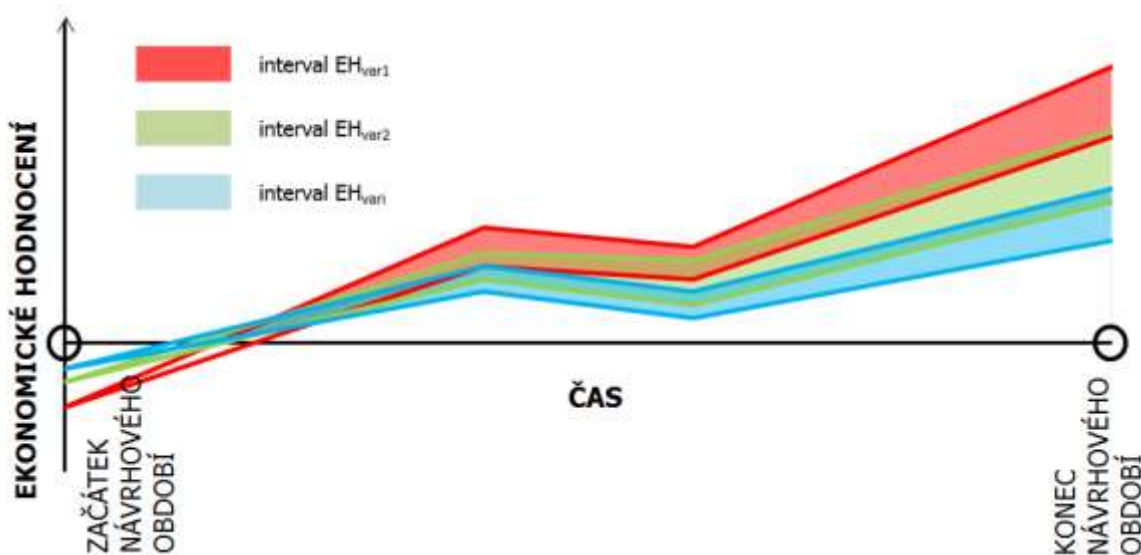
Když

$$EH_{var_1} > EH_{var_2} > EH_{var_i} > EH_{var_n}; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

n je počet uvažovaných variant úprav křižovatky

A zároveň průnik intervalů ekonomického hodnocení variant 1 a 2 (nevyšší EH) není prázdný (viz graf 2):

$$\langle EH_{min_1}; EH_{max_1} \rangle \cap \langle EH_{min_2}; EH_{max_2} \rangle \neq \emptyset; \quad (16)$$



Graf 2 Ekonomické hodnocení - překrývající se intervaly

Pak se přistoupí ke srovnání účinností jednotlivých variant. Ekonomické hodnocení je srovnatelné, rozhodující je účinnost dané varianty

$$\eta_{var_1} > \eta_{var_2} \Rightarrow \text{varianta 1} \quad (17)$$

$$\eta_{var_1} < \eta_{var_2} \Rightarrow \text{varianta 2} \quad (18)$$

Před realizací výsledné varianty musí být prověřena kapacita pro návrhové období pro daný typ a uspořádání křižovatky. Doporučuje se i provedení bezpečnostního auditu připravované projektové dokumentace.

9. ZÁVĚR

Rozhodovací proces o úpravách křižovatky je poměrně složitý a časově náročný. Vždy se nabízí více variant, zpravidla varianty investičně různě nákladné. Pro řadu měst a obcí je přestavba křižovatky významným zásahem do rozpočtu a proto se vyplatí využít dostupných znalostí a zkušeností při jejím plánování. Prostředky, které je potřeba vynaložit na celkovou přípravu stavby, se pohybují v řádech procent ceny celkového díla. Tato metodika může významně pomoci výběru vhodného typu úpravy křižovatky, nejen z pohledu bezpečnosti, ale rovněž i z kapacitního pohledu. Takto by měla být zajištěna její funkčnost po celou dobu životnosti opatření.

Metodika je řešena přístupem, který je možné algoritmizovat a tím zajistit její širší využívání odbornou veřejností. Celý postup lze rozdělit do několika samostatných částí. Kvalita výstupu významně závisí na kvalitě vstupů. Pokud uživatel metodiky bude požadovat pouze předběžné posouzení variant, musí vypracovat minimálně analýzu nehodovosti dané lokality, či analýzu dopravních konfliktů u staveb, jež nejsou v provozu alespoň tři roky, a také zjistit intenzity dopravy na křižujících se komunikacích. Takto lze hrubě odhadnout nejen účinnost vybraného opatření, či kombinace opatření, ale také finanční náročnost. Pro podrobnější upřesnění řešení je potřeba provést směrový průzkum křižovatky, který je následně využit při hodnocení kapacity křižovatky a může být využit i při úpravách z bezpečnostního hlediska (např. přidání odbočovacích pruhů). Dále je nutné zjistit vyvolané náklady a upřesnit odhad stavebních nákladů.

Tato metodika doporučí některou z variant na základě prostého porovnání nákladů a úspor ze ztrát na nehodovosti. Často vycházejí náklady i účinnosti jednotlivých variant podobně a konečné rozhodnutí o úpravě tak může záviset i na dalších faktorech. Svůj vliv mají i vstupní náklady a tím i na návratnost investice. Dále také urbanistické pojetí širšího územního celku, snaha o dopravní zklidňování, kdy okružní křižovatky mohou výrazně přispět ke snížení rychlosti vozidel a mohou být i architektonickým prvkem území, a další. Je třeba si uvědomit, že postup podle této metodiky je pouhým srovnáním nákladů a přínosů. Pro správnou volbu úpravy je třeba vzít v úvahu i vhodnost vybrané úpravy pro dané umístění křižovatky (např. okružní křižovatka není vhodnou volbou při velkých rozdílech intenzit na jednotlivých větvích nebo v extravilánu).

III. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

V současné době neexistuje v České republice žádný postup, který by souhrnně srovnával úpravy neřízených křižovatek na základě kapacity, bezpečnosti a ekonomického ohodnocení stavebních úprav.

Hlavním přínosem této metodiky je soupis opatření v závislosti na skupině dopravních nehod nebo konfliktů a vyčíslení účinnosti jednotlivých opatření pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu. Výsledné účinnosti jednotlivých opatření jsou kombinací dat o upravovaných křižovatkách získaných v rámci projektu TA01031303 a mnohých dalších projektů CDV, v. v. i. a dat zahraničních studií. V současné době nejsou autorům známy podobné studie v ČR.

Srovnání jednotlivých variant úprav je možné díky ekonomickému vyčíslení ztrát z následků dopravních nehod, což je vlastně přepočít zranění a hmotných škod vzniklých při dopravních nehodách na peníze. Tím pádem lze obě strany rovnice (náklady x úspory) srovnávat ve stejném měřítku a následně správně interpretovat výsledek. Ekonomické hodnocení generované upravenou křižovatkou si lze představit jako úspory, kterých se dosáhne z veřejných rozpočtů snížením ztrát z nehodovosti ponížené o náklady na výstavbu.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Tato metodika je koncipovaná tak, aby sloužila jako pomůcka pro starosty obcí a referenty odborů dopravy měst (či městských částí), jimiž prochází silnice I. a II. tříd a u nichž lze předpokládat výskyt rozlehlých neřízených křižovatek. Záměrem zpracovatele metodiky je poskytnout investorům podklad pro další vyjednávání o úpravě rozlehlých křižovatek s ostatními dotčenými orgány a úřady, ať už se jedná o správce křižicích se komunikací, projektanta, stavební úřad či policie. Přesný návrh a zpracování dokumentace stavebních úprav zůstává v rukou projektanta.

Pro usnadnění přístupu uživatelů k této metodice a jejího využívání bude vytvořena webová aplikace, která na základě vstupů popisujících stav křižovatký před úpravou a skupin dopravních nehod nebo konfliktů posoudí všechny možné úpravy křižovatký a poté v návaznosti na tuto metodiku vybere nejvýhodnější variantu.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

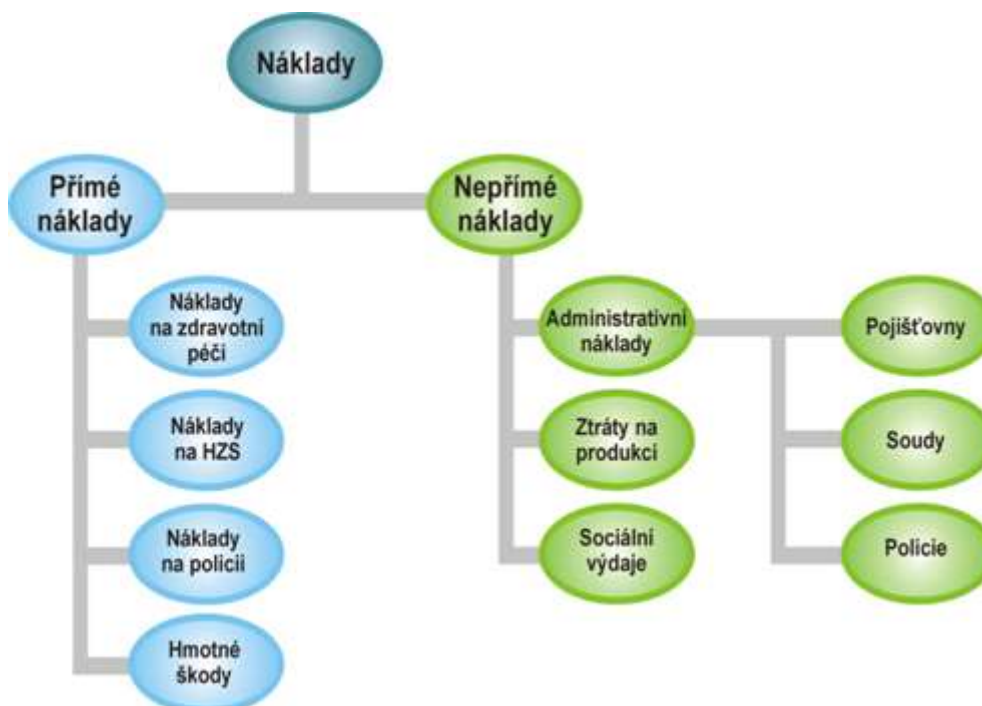
Pro zajištění základních vstupních parametrů jako jsou intenzity a míra překračování rychlosti je nutný dopravní průzkum. Náklady na provedení dopravního průzkumu (intenzit a měření rychlostí) se pohybují v rozmezí 20 – 30 tisíc Kč v závislosti na způsobu provedení. Data o dopravních nehodách lze získat bezplatně od Policie ČR nebo z webových aplikací. Pokud nejsou dostupná data o dopravních nehodách, lze je nahradit analýzou dopravních konfliktů. Pro analýzu dopravních konfliktů je potřeba školený personál, což vyžaduje také určité výdaje (cca 15 tisíc Kč). Při současném provádění dopravního průzkumu a analýzy dopravních nehod (nebo konfliktů) bývá zhotovitelem často poskytována sleva. Je třeba si uvědomit, že náklady za zajištění těchto vstupních údajů nejsou „vyhozené“ peníze. Směrový průzkum a měření rychlosti jsou nutné podklady pro návrh křižovatký (viz ČSN 73 6102 [41]) a vychází z nich projektová dokumentace stavebních úprav.

Za příznivé kombinace okrajových podmínek lze významně ušetřit. To nastane například ve chvíli, kdy ze srovnání podle této metodiky vystoupí neřízená křižovatka s úpravami jako výsledná, protože jakékoliv jiné úpravy (na OK nebo SSZ) jsou podstatně dražší (v řádech milionů Kč).

Hlavním přínosem je redukce počtu dopravních nehod, usmrčených a zraněných lidí. Jednotkové náklady dle závažnosti dopravních nehod za rok 2011 byly následující [63]:

- 1 usmrčená osoba 18 572 290,- Kč,
- 1 těžce zraněná osoba 4 783 202,- Kč,
- 1 lehce zraněná osoba 508 782,- Kč,
- 1 nehoda pouze s hmotnou škodou 226 676,- Kč.

Je nutné si však uvědomit, že tyto peníze vyjadřují náklady ze zdravotnictví a sociálních správ (viz obrázek 9), takže i úspory z dopravních nehod zůstávají v tomto rezortu.



Obrázek 9 Rozčlenění nákladů vydaných za dopravní nehody

Při průměrném vyčíslení ztrát z dopravních nehod na jedné modelové křižovatce 810 tisíc Kč za rok, strážlivém odhadu účinnosti kombinace realizovaných opatření 50% a průměrných nákladech na realizaci a údržbu opatření 5 milionů Kč vychází ekonomické hodnocení z upravené křižovatky za 20 let života úprav 3 miliony Kč. Úpravy křižovatek jsou zařazeny do Akčního plánu, který je přílohou Národní strategie, pod označením Opatření K5 [55]. Přestavby na okružní křižovatky jsou dokonce jmenovitě uvedeny jako část úprav křižovatek pod označením K5.3. Naplnění cíle Národní strategie zachrání během let 2011 – 2020 více než 3 000 našich spoluobčanů a úpravy nehodových křižovatek k tomuto cíli podstatně přispějí.

Metodika má určitě smysl, ale je třeba si uvědomit, že ty ušetřené náklady jsou celospolečenské. Nejsou to tedy peníze ušetřené z rozpočtů určených pro dopravu. Jsou to spíše peníze ze zdravotnictví a sociálních správ a to jsou jiné rezorty a to jsou náklady, které dopravě zpět nic hmotného nepřinesou.

PŘÍLOHA A - SPECIFIKACE ÚPRAV NEŘÍZENÉ KŘÍŽOVATKY

A1. ZŘÍZENÍ/OBNOVA SVISLÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ (SDZ)

Svislým dopravním značením se provádí místní úprava provozu, v případě nesprávného značení může dojít k nepochopení dopravní situace a dopravní nehodě. Všechny místní úpravy by měly být označeny, ale zbytečné užívání značek vede ke snižování účinnosti v kritických oblastech (umístění značek se řídí TP 65).

Dále je potřeba při rozmístění SDZ uvažovat s vlivem reklamních poutačů, plakátů, atd. Všechny značky v blízkosti křižovatek musí být v reflexním provedení, lze je zvýraznit pomocí světelného signálu (č. S7 „Přerušované žluté světlo“) nebo žlutozeleným retroreflexním pokladem.

Zřízením SDZ se rozumí umístění nových dopravních značek s místní úpravou provozu, včetně osazení dopravního zrcadla při úpravě křižovatky s předností STŮJ DEJ PŘEDNOST.

Obnovou SDZ se rozumí výměna stávajících značek za značky v jiném provedení, náhrada za chybějící značky nebo doplnění žlutozeleného retroreflexního podkladu či světelného signálu (č. S7 „Přerušované žluté světlo“).

Správná úprava svislého DZ jednoznačně určí přednost a upozorní na existenci křižovatky.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti v jízdě proti příkazu STŮJ DEJ PŘEDNOST nebo DEJ PŘEDNOST
- nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo
- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)
- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu
- srážka s chodcem mimo přechod
- nehody s cyklisty
- překročení dovolené rychlosti

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- v případě zřetelného a jednoznačného osazení SDZ se neočekává navýšení počtu DN v křižovatce

A2. ZŘÍZENÍ/OBNOVA VODOROVNÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ (VDZ)

Obnova VDZ napravuje především nevyhovující stávající stav (nezřetelné, sjeté VDZ). **Zřízením VDZ** je myšleno úplně nové VDZ, které se před úpravou v křižovatce nevyskytuje (např. změna koncepce VDZ, dopravní stín, oddělení jízdních pruhů podélnými čarami, STOP čary,...). Součástí tohoto opatření je i zřízení piktogramového koridoru pro cyklisty (č. V20 „Piktogramový koridor pro cyklisty“), protože tímto nedochází k vzniku pruhu vyhrazeného pouze pro cyklisty. Do materiálů, ze kterých se provádí trvalé vodorovné značení (čary, nápisy, šipky), lze pro zajištění lepší noční viditelnosti přimíchat balotinu. Do větších ploch značení (např. přechody, nápisy) je vhodné přimíchat protismykové přísady. Pokud je VDZ navrhováno jako opatření při překračování dovolené rychlosti (např. optická psychologická brzda), je prováděno vždy jako strukturální a profilovaná.

Zřízení nového VDZ má jinou účinnost než obnova zašlého nebo částečně ojetého VDZ.

Hlavní příčinou snížení nehodovosti vlivem tohoto opatření je jednoznačně zvýšení pozornosti řidiče.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky STÚJ DEJ PŘEDNOST nebo DEJ PŘEDNOST
- nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo
- nedání přednosti v jízdě při odbočování vpravo
- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)
- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu
- nehody s cyklisty
- překročení dovolené rychlosti

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A3. ÚPRAVA ROZHLEDOVÝCH POMĚRŮ

Pro redukci počtu dopravních nehod stačí v některých případech zajistit řádné rozhledové podmínky. Tato úprava zahrnuje levná opatření jako je kácení nebo prořezání zeleně podél komunikace, posunutí svodidla nebo zábradlí (popřípadě výměna zábradelní výplně), odstranění reklamních poutačů až po opatření nákladná jako je přestavba křižovatky (do vhodných úhlů křížení) nebo výkopy v zářezu pro správné rozhledové trojúhelníky.

Jednoznačným kladem tohoto opatření je získání času pro reakci a úhybný manévř všech účastníků silničního provozu.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti v jízdě proti příkazu opravní značky STÚJ DEJ PŘEDNOST nebo DEJ PŘEDNOST
- nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo
- nedání přednosti v jízdě vozidlu přijíždějícímu zprava
- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu
- srážka s chodcem mimo přechod
- nehody s cyklisty

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A4. PRUH PRO LEVÉ ODBOČENÍ

Pruh pro levé odbočení může být realizován ve stávající šířce zpevnění na úkor přilehlých pruhů nebo rozšířením vozovky. Pruh je vyznačen vodorovným DZ (č. V9a „Směrové šipky“) s možností upozornění na způsob řazení svislým DZ (č. IP19 „Řadící pruhy“). Délka pruhu by měla odpovídat kapacitě vozidel odbočujících vlevo. Při zřízení pruhu pro levé odbočení se tradičně na protější větvi provádí také pruh pro levé odbočení, dělicí ostrůvek nebo dopravní stín.

Zřízením pruhu pro odbočení vlevo může dojít ke snížení závažnosti dopravních nehod, zvýší se plynulost dopravního proudu a především se zvýší kapacita křižovatky.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo
- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- nedání přednosti v jízdě při přejíždění z jednoho pruhu do druhého

A5. PRUH PRO PRAVÉ ODBOČENÍ

Pruh pro pravé odbočení může být realizován ve stávající šířce zpevnění na úkor přilehlých pruhů nebo rozšířením vozovky. Pruh je vyznačen vodorovným DZ (č. V9a „Směrové šipky“) s možností upozornění na způsob řazení svislým DZ (č. IP19 „Řadicí pruhy“). Délka pruhu by měla odpovídat kapacitě vozidel odbočujících vpravo.

Zřízením pruhu pro odbočení vpravo se zvýší plynulost dopravního proudu a především se zvýší kapacita křižovatky.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A6. PRODLOUŽENÍ ODBOČOVACÍHO PRUHU

Prodložením odbočovacího pruhu je myšleno prodložení délky zařazovacího úseku stávajícího pruhu pro odbočení. Je vhodné provést kapacitní posouzení délky fronty vozidel příslušného odbočovacího pruhu dle TP 188 [47].

Očekávaná redukce nehodovosti:

- srážka při přejíždění z pruhu do pruhu

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A7. ZÚŽENÍ JÍZDNÍCH PRUHŮ

Zúžení jízdních pruhů lze realizovat pomocí ochranného nebo dělicího ostrůvku, vysazenými chodníkovými plochami, vodorovným DZ (méně účinné), prostým zařízením vozovky (možno osadit i silniční obrubník) nebo uměle vytvořenými bariérami (svodidla, ...). Aby opatření mělo požadovaný efekt, je třeba ho provést ve větší délce před křižovatkou. Při návrhu těchto opatření je nutné vzít v potaz velká nákladní vozidla a případně pro ně vytvořit manévrovací prostor například srpovitou krajnicí (viz okružní křižovatky).

Zúžení má za následek především snížení rychlosti a zvýšení ostražitosti řidičů před křižovatkou.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- srážka s chodcem mimo přechod
- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)
- překročení dovolené rychlosti

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A8. SJEDNOCENÍ ŠÍŘEK VŠECH VJEZDOVÝCH VĚTVÍ

V rámci toho opatření se sjednotí nebo přibližně vyrovnají šířky všech větví neřízené křižovatky bez upravené přednosti, aby nebyla žádná větev nevzbuzovala psychologickou přednost. Je vhodné opatření doplnit vodorovným dopravním značením V5 „Příčná čára souvislá“.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti vozidlu přijíždějícímu zprava

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A9. ÚPRAVA PROTISMYKOVÝCH VLASTNOSTÍ

Protismykové vlastnosti krytu vozovky je možné zlepšit buď protismykovou povrchovou úpravou anebo výměnou stávajícího krytu. Nový kryt předpokládá výměnu nevyhovující obrusné vrstvy za novou požadovaných vlastností. Protismyková povrchová úprava je v podstatě tenká vrstva směsi speciálních pojiv a kameniva, případně jiných zdrsňujících materiálů. Kvůli optickému zvýraznění lze použít barevná pojiva. Této vlastnosti se využívá především v nejvíce exponovaných místech křižovatky (přechody pro chodce, místa se špatnými rozhledovými poměry, velká klesání, ...).

Při pokládce nového krytu lze částečně redukovat chyby v podélném a příčném sklonu vozovky a dojde k obnově vodorovného dopravního značení. Vliv protismykové povrchové úpravy se projeví především za mokra.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)
- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu
- nehody s cyklisty
- překročení dovolené rychlosti

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A10. DĚLICÍ OSTRŮVEK

Dělicí ostrůvek je možné realizovat jako zvýšený nebo pojížděný, popřípadě pouze dopravním značením (dopravní stín). Dělicí ostrůvky rozdělují dva protisměrné jízdní pruhy a v oblasti křižovatek mohou sloužit také jako směrovací nebo ochranné v místě přechodů pro chodce, míst pro přecházení nebo přejezdů pro cyklisty. Zvýšený ostrůvek se navrhuje s přihlédnutím k požadavkům na snadnou postřehnutelnost. Ostrůvek může mít mnoho tvarů v závislosti na účelu, požadavcích normy a místních podmínkách. Zvýšené ostrůvky se navrhuje v obrubách min. výšky 70 mm, přičemž na hranách v čelech ostrůvků se doporučuje převýšení 200 mm.

Ostrůvky z mobilních obrubníků mají nižší účinnost.

V oblasti vjezdových větví křižovatek je vhodné ostrůvek kombinovat se zúžením jízdních pruhů podpořeného vodorovným dopravním značením (VDZ), dojde tak ke snížení rychlosti vozidla a zvýšení pozornosti řidiče. V ostrůvcích může být umístěno svislé dopravní značení (SDZ), světelné signalizační zařízení (SSZ) a je zde často také prostor pro estetické ztvárnění (předchozí průzkumy ukázaly, že ostrůvky osázené zelení jsou pro motoristy více viditelné, zeleň ovšem nesmí být překážkou v rozhledu). Pro zvýraznění čel ostrůvků lze použít dopravní knoflíky (všesměrná retroreflexní oka).

Kromě snížení nehodovosti přináší dobře navržený zvýšený ostrůvek další výhody jako je například zřetelné vedení jízdních pruhů, jasné upozornění na křižovatku, snížení rychlosti nájezdu do křižovatky a lze jím redukovat špatný úhel křížení křižovatkových větví.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky STÚJ DEJ PŘEDNOST nebo DEJ PŘEDNOST
- překročení nejvyšší dovolené rychlosti
- čelní srážky – při zřízení ostrůvku naproti pruhu pro levé odbočení

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- nedání přednosti v jízdě při přejíždění z jednoho pruhu do druhého (ze spojovacího pruhu při odbočování vpravo do přímého pruhu)
- havárie (vyjetí z vozovky)

A11. SMĚROVÉ VYCHÝLENÍ TRASY - ŠIKANA

Směrové vychýlení trasy od přímého směru je v místě křižovatky kombinováno především se zvýšeným ostrůvkem.

Toto opatření je možné umístit pouze v přehledném úseku komunikace, aby byl řidič včas informován o změně směru.

Očekávaná redukce nehodovosti:

Směrové vychýlení trasy neredukuje určitou skupinu nehod v křižovatce, ale má při správném provedení má výrazný vliv na redukci rychlosti projíždějících vozidel.

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- havárie (vyjetí z vozovky)

A12. MÍSTO PRO PŘECHÁZENÍ

Návrh místa pro přecházení se upřednostňuje v křižovatce mimo obec před přechodem pro chodce. Místo pro přecházení se navrhuje podobně jako přechod pro chodce, pouze s malými odlišnostmi ve stavebním řešení a dopravním značení. Místo pro přecházení se realizuje především v lokalitách s menší intenzitou chodců.

V místě pro přecházení nemá chodec přednost před vozidlem, proto je třeba i při jeho realizaci dbát na rozhledové poměry, aby chodec viděl včas přijíždějící vozidlo. Vhodné je kombinovat místo pro přecházení s ochranným ostrůvkem a vodorovným DZ (č. V12e „Bílá klikatá čára“) či zúžením vozovky.

Místa pro přecházení umožňují bezbariérový přístup na chodník mimo přechody pro chodce a soustředí přecházející do relativně bezpečného místa.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- srážka s chodcem mimo přechod

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)

A13. ZKRÁCENÍ PŘECHODU PRO CHODCE

Přechod pro chodce v místě široké komunikace je možné zkrátit buď vysazenými chodníkovými plochami anebo středním ochranným ostrůvkem.

Vysazené chodníkové plochy se používají především při zklidňování dopravy, kdy se lokálně zúží přilehlý jízdní pruh. Vzdálenost mezi dvěma vysazenými plochami by měla odpovídat požadavkům normy ČSN 73 6110 [42] (max. délka přechodu, min. šířka jízdního pruhu) a vyhlášce č. 398/2009 Sb. [53]. V návrhu je potřeba zajistit dostatečné rozhledové poměry na přechodu z pohledu chodce i řidiče.

Ochranný ostrůvek rozděluje dva protisměrné jízdní proudy a zároveň dává možnost chodci přecházet jednotlivé pruhy jednotlivě s ochranou zvýšeným ostrůvkem uprostřed komunikace. V případě velké intenzity vozidel nebo blízkosti školy lze v místě ostrůvku přechod zalomit do tvaru Z, aby byl chodec naváděn čelem k přijíždějícím vozidlům a docházelo k očnímu kontaktu mezi chodcem a řidičem. Tvary ostrůvku mohou být různé, ale minimální šířka je dána normou ČSN 73 6110 [42] a vyhláškou č. 398/2009 Sb. [53]. V místě ostrůvku je přechod přerušen, plocha ostrůvku se navrhuje v úrovni vozovky (zvýšení nejvíce 20 mm nad vozovkou).

Vedlejší efektem těchto opatření je usměrnění vozidel, snížení rychlosti a ve většině případů také zvýšení viditelnosti chodců, zvýšení bezpečnosti chodců při přecházení na dvakrát (ochranný ostrůvek) a zamezení předjíždění vozidel v místě přechodu.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A14. ZVÝRAZNĚNÍ PŘECHODU

V rámci tohoto opatření se uvažuje zvýraznění pomocí retroreflexních ok a to především v extravilánu.

Další opatření jsou zařazena do jiných kategorií. Patří sem osvětlení (obsaženo v opatření osvětlení přechodu), upozornění pomocí VDZ č. V15 „Nápis na vozovce“ se symbolem svislé dopravní značky A11 „Pozor, přechod pro chodce“ (obsaženo v opatření zřízení VDZ) nebo upozornění pomocí SDZ č. A11 „Pozor, přechod pro chodce“ (obsaženo v opatření zřízení SDZ). Použití žlutého retroreflexního podkladu a světelného signálu č. S7 „Přerušované žluté světlo“ je obsaženo v bodu A19.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu
- náraz zezadu před přechodem pro chodce

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A15. PŘESUN PŘECHODU DÁLE OD KŘÍŽOVATKY

Tímto opatřením je uvažováno fyzické přesunutí přechodu pro chodce za hranici křižovatky, tak aby jeho umístění neovlivňovalo chování řidičů v křižovatce. Dochází ke vzniku závleků pro chodce, hrozí riziko přecházení mimo přechod, proto se doporučuje takového řešení využívat jen v odůvodněných případech a doplnit jej vhodným zábradlím (musí obsahovat zarážku pro bílou hůl a nesmí být překážkou v rozhledu). Vliv zábradlí na nehodovost je zahrnut v bodě A16 Fyzická zábrana a směrování chodců.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu
- náraz zezadu před přechodem pro chodce

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- v případě osazení zábradlí se neočekává
- bez osazení zábradlí může vzrůst riziko srážky s chodcem mimo přechod

A16. FYZICKÁ ZÁBRANA A SMĚROVÁNÍ CHODCŮ

Nalezení optimálního vedení chodců v oblasti křižovatky je velmi důležité, protože je známá tendence chodců, co nejvíce si zkrátit cestu. Pomocí nejlépe fyzických zábran lze zabránit chodcům přecházet mimo místa k tomu určená. Zábrany mohou být umělé (zábradlí, svodidla, plůtky) nebo přirozené (živé ploty).

Očekávaná redukce nehodovosti:

- srážka s chodcem mimo přechod

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A17. ZŘÍZENÍ PŘECHODU PRO CHODCE

Na křižovatkách silnic v extravilánu se přechody pro chodce nenavrhují (viz odst. 9.2.1. ČSN 73 6102 [41]). V místech, kde je z hlediska bezpečnosti chodců nutné zajistit možnost přecházení v oblasti křižovatky, navrhne se místo pro přecházení. Přechod pro chodce se zřizuje při vysokých intenzitách přecházejících chodců viz ČSN 73 6110 [42], buď se světelnou signalizací (SSZ) nebo bez ní, v úrovni stávající vozovky anebo na zvýšeném prahu. Na přechodu pro chodce mají chodci přednost před vozidly. Při vysokých intenzitách a rychlostech vozidel je pro chodce bezpečnější přechod se SSZ, přechody bez SSZ naopak umožňují vyšší plynulost dopravy.

Při návrhu přechodu pro chodce je nutné dodržet rozhledové poměry nejen situačně, ale rovněž i ve výškovém řešení. Dále je nutno navrhnout stavební úpravy chodníku (dle vyhlášky č. 398/2009 Sb. [53]), vodorovné DZ (č. V7 „Přechod pro chodce“) a svislé DZ (č. IP6 „Přechod pro chodce“ – umisťuje se vždy mimo obec). Při vysokém počtu chodců na přechodu v obci se doporučuje snížit rychlost na komunikaci před přechodem na 30 km/h (DZ č. B20a „Nejvyšší dovolená rychlost“).

Návrh přechodu pro chodce přináší i požadavek na délku přechodu a často vede k nutnosti zúžení vozovky v místě přechodu pomocí vysazených chodníkových ploch, či pomocí ochranného ostrůvku.

Přechod pro chodce se doporučuje vybavit i osvětlením odlišné barvy než je pouliční osvětlení, nesmí však docházet k oslňování řidičů.

Pro zvýšení bezpečnosti chodců v nepřehledných lokalitách je možné přechod zvýraznit LED diodami či podobnými zařízeními.

Hlavním kladem přechodu pro chodce je zvýšení bezpečnosti chodců, které je zapříčiněno především zvýšením ostražitosti řidičů. U přechodu na zvýšeném prahu je možné sledovat vysoké procento dodržování pravidla přednosti chodce. Zvýšený práh redukuje rychlosti projíždějících vozidel a tím i riziko dopravních nehod s těžkým zraněním.

V případě realizace této úpravy je také nutné opětovně provést kapacitní posouzení křižovatky s ohledem na levé a pravé odbočení vozidel. Čím je intenzita chodců na přechodu vyšší, tím se zvyšuje vliv na kapacitu jednotlivých dopravních směrů v křižovatce.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- srážka s chodcem mimo přechod

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- náraz zezadu (nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem)
- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu

A18. ZŘÍZENÍ PRUHU PRO CYKLISTY

Tímto opatřením je myšlen pruh pro cyklisty v hlavním dopravním prostoru (samostatný jízdní pruh), piktogramový koridor pro cyklisty označený DZ č. V20 „Piktogramový koridor pro cyklisty“ (není samostatný jízdní pruh) je součástí odstavce A2. Zřízení samostatného pruhu pro cyklisty závisí na intenzitách na cyklostezce. Pruh pro cyklisty je zřizován buď na úkor stávajících jízdních pruhů (což může vést k snížení rychlosti vozidel) nebo rozšířením vozovky (např. na úkor zeleného pásu). Vhodné řešení je vyznačení vodorovným DZ (č. V14 „Jízdní pruh pro cyklisty“), před křižovatkou barevné zvýraznění pásu a předsunuté stop – čáry (v kombinaci s protismykovou úpravou). Pokud v křižovatce existují pruhy pro levé odbočení, je vhodné zřídit i speciální pruh pro levé odbočení i pro cyklisty.

U křižovatek řízených SSZ se doporučuje předsazení čekací plochy pro cyklisty před křižovatkou před VDZ č. V5 „Příčná čára souvislá“ pro motorová vozidla.

Jasným kladem zřízení pruhu pro cyklisty je oddělení motorové a cyklistické dopravy, čímž se minimalizuje ohrožení cyklistů. Eliminuje se také potenciální dopravní konflikt, kdy cyklista předjíždí vozidlo čekající na křižovatce po chodníku.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nehody s cyklisty

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A19. ZŘÍZENÍ PŘEJEZDU PRO CYKLISTY

V místě křížení cyklostezky a komunikace se pomocí vodorovného (č. V8a „Přezd pro cyklisty“, č. V8b „Přezd pro cyklisty přimknutý k přechodu pro chodce“) a svislého (č. IP7 „Přezd pro cyklisty“) DZ zřídí přezd pro cyklisty. Jako vhodná kombinace se jeví umístění přezdu v souběhu s přechodem pro chodce, i když to s sebou nese určitá rizika (chodec má přednost, cyklista nemá přednost). Nejúčinnější je spojení přechodu s přezdem a odděleným SSZ.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nehody s cyklisty

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- realizací opatření se neočekává navýšení počtu DN v křižovatce

A20. ZJEDNOSMĚRNĚNÍ OBOUSMĚRNÉ VĚTVY

Zjednosměrnění se provádí místní úpravou provozu pomocí svislých DZ (č. B2 „Zákaz vjezdu všech vozidel“ a č. IP4b „Jednosměrný provoz“), kterou lze podpořit stavebními úpravami – vysazená chodníková plocha, parkovací pruh. Toto opatření je vhodné provádět jenom s velmi dobrou znalostí místních podmínek, aby nedošlo ke komplikacím (přesměrování těžké dopravy do zklidněných oblastí).

V návaznosti na vedení cyklistické dopravy lze umožnit provoz cyklistů v obou směrech i v jednosměrné komunikaci doplněním výše uvedených značek dodatkovými tabulkami č. E12a „Jízda cyklistů v protisměru“ a č. E12b „Vjezd cyklistů v protisměru povolen“. Při vhodné volbě zjednosměrněné větve se navýší kapacita křižovatky.

Zjednosměrnění má přímý vliv na zklidnění dané větve a může s sebou přinášet zisk nových parkovacích míst a nových možností pro estetické ztvárnění komunikace (zeleň). Dalším pozitivem je navýšení kapacity křižovatky. Dále dochází k omezení některých křižovatkových pohybů a tím ke snížení počtu křížných bodů. Negativem je prodloužení tras vozidel.

Očekávaná redukce nehodovosti (podle směru zjednosměrnění):

- nedání přednosti v jízdě při odbočování vlevo
- nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky STÚJ DEJ PŘEDNOST nebo DEJ PŘEDNOST

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- neočekává se

A21. ZVÝŠENÉ PRAHY

Zvýšené (zpomalovací) prahy se zřizují na místních komunikacích funkční skupiny C a D1. Mohou být provedeny jako dlouhé nebo krátké prahy nebo jako zpomalovací polštáře. Často je zvýšený práh sloučen s přechodem pro chodce. Vzhledem ke skokové změně výškového vedení komunikace musí být zvýšené prahy označeny VZD č. V17 „Trojúhelníky“. V případě, že jsou prahy zvýrazněny barevně stavebním řešením, lze od provedení VZD ustoupit. Každý příčný práh (vyjma obytné a pěší zóny) se označuje SDZ č. A7b „Pozor, zpomalovací práh“.

Očekávaná redukce nehodovosti:

Zvýšené prahy neredukují určitou skupinu nehod v křižovatce, ale mají výrazný vliv na redukci rychlosti projíždějících vozidel.

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- při včasné označení prahu se neočekává nárůst počtu DN v křižovatce
- nárazy zezadu v případě špatně označeného zvýšeného prahu

A22. OSVĚTLENÍ KŘÍŽOVATKY/PŘECHODU

Osvětlení je významným prvkem zvýšení bezpečnosti především v extravilánu. Křižovatky v intravilánu a na přechodu intravilán/extravilán musí být osvětleny vždy. Správné osvětlení zajišťuje viditelnost, neoslňuje a pomáhá řidičům získat dostatek vizuálních informací pro zvládnutí dané situace. Bohužel ne vždy je dostupný zdroj energie (extravilán). Osvětlení přechodů pro chodce a přejezdů pro cyklisty není předepsané normou ani jiným předpisem, ale jeho realizace je doporučena, vhodným řešením je i upozornění na přechod pro chodce pomocí LED diod (nutná koordinace s ostatním osvětlením, aby nedošlo k zvýraznění na úkor přehlednosti). Světla by měla být nasměrována na vozovku tak, aby nedocházelo k vyzařování do prostoru a vzniku zbytečného světelného smogu.

Očekávaná redukce nehodovosti:

- nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu
- srážka s chodcem mimo přechod
- nehody s cyklisty
- překročení nejvyšší dovolené rychlosti

Očekávaný nárůst nehodovosti:

- správnou realizací opatření se neočekává navýšení počtu DN v křižovatce

PŘÍLOHA B - FORMULÁŘE

B1. POŽADOVANÝ VÝSTUP

Tabulka 3 Obsahově závazný formulář pro srovnání variant

VYČÍSLENÍ EKONOMICKÝCH ZTRÁT Z DOPRAVNÍ NEHODOVOSTI – (NE)DOSTUPNÁ DATA

AKTUÁLNÍ ROK	Jednotkové náklady (ztráty z dopravní nehodovosti) [tis Kč]				POČET ZRANĚNÍ			POČET NEHOD POUŽE S HM. ŠKODOU	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZTRÁT Z NÁSLEDKŮ DN ZA AKTUÁLNÍ ROK [Kč]
	SMRTELNÉ	TĚŽKÉ	LEHKÉ	HM. ŠKODA	SMRTELNÝCH	TĚŽKÝCH	LEHKÝCH		
2011	18 000	4 956	681	276					
E - ekonomické ztráty z dopr. nehodovosti v dostupném obd. (EZ - v aktuálním roce) [Kč]									
t - sledované období [měsíce] (N – očekávaný počet nehod za rok [počet])									
H _e - ukazatel hustoty ztrát [Kč/rok]									

VARIANTA I

OPATŘENÍ	JEDNOTKA	JEDN. CENA [Kč]	VSTUPNÍ NÁKLADY [Kč] N _v	ÚČINNOST [%]		ŽIVOTNOST [roky]		NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	
				·		t _{zi}		N _z	
				min	max	OD	DO	min	max
CELKEM/ÚČINNOST KOMBINACE									

VARIANTA II

OPATŘENÍ	JEDNOTKA	JEDN. CENA [Kč]	VSTUPNÍ NÁKLADY [Kč] N _v	ÚČINNOST [%]		ŽIVOTNOST [roky]		NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	
				·		t _{zi}		N _z	
				min	max	OD	DO	min	max
CELKEM/ÚČINNOST KOMBINACE									

VARIANTA III

OPATŘENÍ	JEDNOTKA	JEDN. CENA [Kč]	VSTUPNÍ NÁKLADY [Kč] N_v	ÚČINNOST [%]		ŽIVOTNOST [roky] t_{zi}		NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč] N_z	
				min	max	OD	DO	min	max
CELKEM/ÚČINNOST KOMBINACE									

SROVNÁNÍ EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

ÚPRAVA			VARIANTA I	VARIANTA II	VARIANTA III
ÚSPORY _{ROČNÍ} [Kč/rok]	U	min			
		max			
NÁKLADY _{VSTUPNÍ} [Kč]	N_v				
NÁVRATNOST _{VSTUPNÍCH NÁKLADŮ} [měsíce]	T	min			
		max			
ÚSPORY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	U_z	min			
		max			
NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	N_z	min			
		max			
NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [ROK]	t_z				
EKONOMICKÉ HODNOCENÍ [Kč]	EZ	min			
		max			
ODHAD ÚČINNOSTI KOMBINACE	η	min			
		max			

B2. ORIENTAČNÍ CENÍK

Tabulka 4 Orientační ceny stavebních úprav dle třídníku OTSKP – SKP – Expertní ceny ŘSD 2011 [58]

ÚPRAVA	JEDNOTKOVÁ CENA [Kč]	MĚRNÁ JEDNOTKA
vpust - včetně výkopů a zásypu	23 750	ks
liniové odvodnění	5 000	m
kanalizace - včetně výkopů a zásypu	3 400	m
drenáž - trativod	800	m
protažení příkopu	120	m
betonový propustek	7 000	m
čištění vpusti - včetně potrubí	1 250	ks
zvýšený dlážděný ostrůvek - včetně obrub	1 300	m ²
zelený ostrůvek - včetně obrub	750	m ²
zeleň (strom, keř)	1 000	ks
pojízdný dlážděný ostrůvek	2 150	m ²
vodorovné DZ	500	m ²
svislé DZ	5 000	ks
obrusná vrstva – vč. nákupu	400	m ²
frézování pův. obrusné vrstvy – vč. likvidace	150	m ²
odstranění krytu vozovek vč. podkladu	750	m ³
protismykový nátěr	500	m ²
lampy VO	30 000	ks
rozvody VO – včetně výkopu, lože a zásypu	350	m
místo pro přecházení	21 150	kpl
přechod pro chodce se SSZ (světla pouze na přechodu)	240 750	kpl
přechod pro chodce bez SSZ	41 150	kpl
kácení stromů vč. likvidace	1 800	ks
demontáž poutačů vč. likvidace	3 500	t
výkopy	400	m ³
násypy	600	m ³
vozovka – TDZ S-III	2 500	m ²
vozovka – TDZ IV-VI	1 500	m ²
dlážděná vozovka - TDZ IV-VI	3 000	m ²
chodník	1 300	m ²
zábradlí	5 000	m
SSZ – stožár (v ceně je zahrnuto návěstidlo trojitě, dvojitě, řadič, SW, signální plán, kabeláž, revize)	248 000	ks
SSZ – údržba	50 000	kpl/rok
SSZ – nový signální plán	250 000	kpl
OK - údržba	12 000	kpl/rok

PŘÍLOHA C - PŘÍKLADY

C1. BEDŘICHOVICE – KŘÍŽENÍ SILNIC II/430, III/4171 A III/37570

Tato rozlehlá neusměrněná křižovatka byla v roce 2012 upravena na usměrněnou křižovatku a je využita jako modelový příklad při využití analýzy nehodovosti.

1) Rozhodnutí o úpravě křižovatky

Rozlehlá křižovatka na hlavním tahu silnice II/430 východně od Brna byla zvolena kvůli častým dopravním nehodám s vážnými následky, ke kterým docházelo především z důvodu nedodržování dovolené rychlosti na hlavní silnici a vysokým intenzitám dopravy ve směru Brno – Vyškov.

2) Stávající stav křižovatky



Obrázek 10 Stav křižovatky před úpravou - Bedřichovice – pohled ve směru na Brno

Původně se jednalo o průsečnou čtyřramennou křižovatku v extravilánu bez jakéhokoliv usměrnění. Přednosti v křižovatce byly určeny dopravními značkami č. P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“ ze směru od Bedřichovic a č. P4 „Dej přednost v jízdě!“ ze směru od Podolí. Na obou hlavních větvích křižovatky byly umístěny autobusové zálivy, ale bez místa pro přecházení nebo přechodu pro chodce. Přes křižovatku byly vedeny trasy cyklistické dopravy, a to ve směrech od Podolí směr na Bedřichovice, Kobylnice a směrem na Podolí (a dále do Brna-Líšeňské). Cyklistické trasy nebyly vedeny samostatně, jsou vyznačeny pouze směrovými tabulemi pro cyklisty.

3) Vyhodnocení rizik křižovatky

Míra překračování dovolené rychlosti – z dopravního průzkumu byla sestavena následující tabulka rychlostí na hlavní komunikaci, ze které je zřejmé, že překračování nejvyšší dovolené rychlosti je právě na hraně ($v_{85} < v_{dov}$, $90 \leq 90$ km/h).

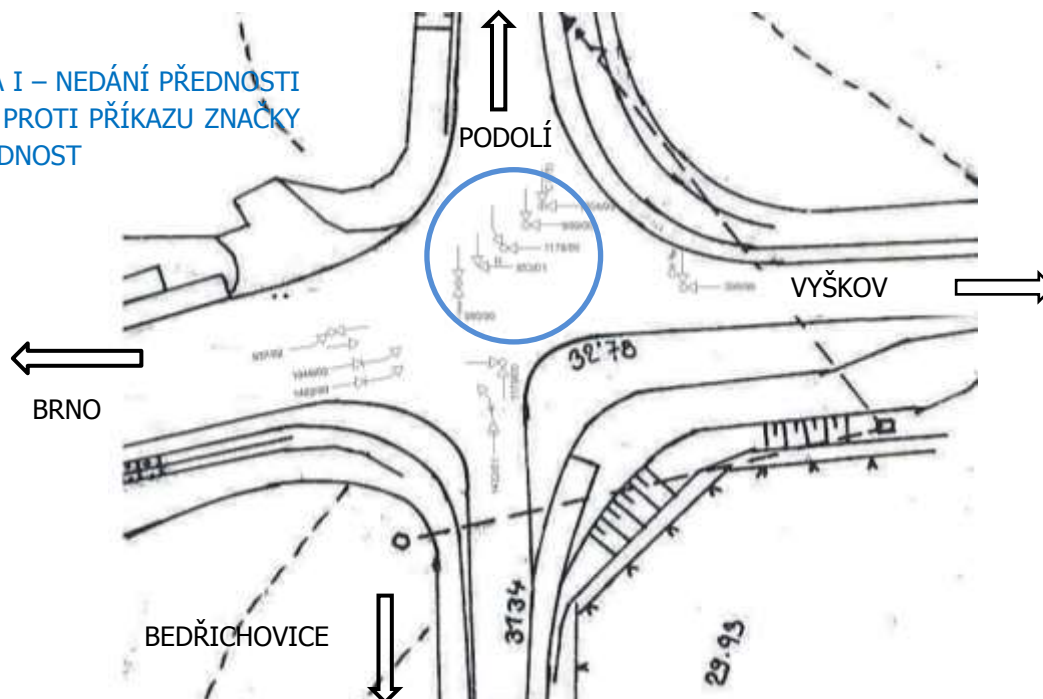
Tabulka 5 Vyhodnocení rychlosti před úpravou - Bedřichovice

	V_{85} [km/h]	V_{50} [km/h]
II/430 – Brno (R4168) rameno 1	89,0	74,0
II/430 – Rousínov (R4167) rameno 3	90,0	76,0

Analýza dopravních nehod

Z dat získaných ze záznamů dopravních nehod Policie ČR byl vytvořen kolizní diagram křižovatky.

SKUPINA I – NEDÁNÍ PŘEDNOSTI
V JÍZDĚ PROTI PŘÍKAZU ZNAČKY
DEJ PŘEDNOST

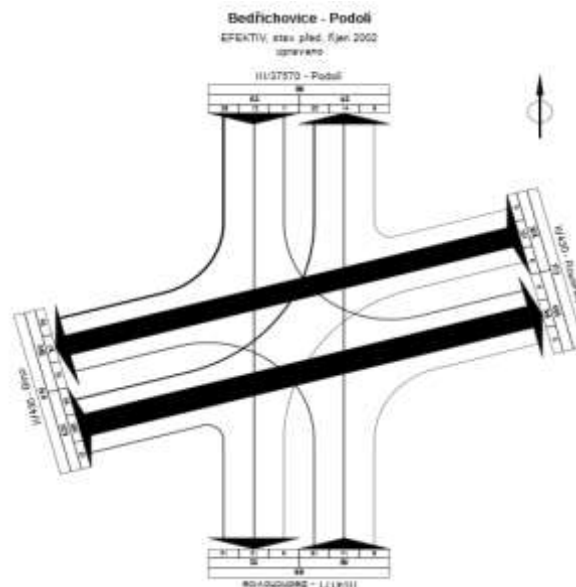


Obrázek 11 Kolizní diagram křižovatky II/430 x III/4171 x III/37570 - Bedřichovice

Z kolizního diagramu je zřejmé, že jedinou skupinu nehod tvoří nehody typu nedání přednosti v jízdě proti příkazu DEJ PŘEDNOST. K těmto nehodám pravděpodobně přispívá vysoká rychlost na hlavní silnici, kdy řidič přijíždějící z vedlejší silnice správně neodhadne rychlost.

- 4) Kapacitní posouzení a eliminace variant řešení

Kapacita křižovatky je stanovena z intenzit z průzkumu ze dne 31. 10. 2002. Celkový počet vozidel vjíždějících do křižovatky ve špičkové hodině byl 879 voz/h. Podle tabulky 1 nebyla překročena maximální kapacita ani OK ani SSZ. Kapacita neřízené křižovatky byla stanovena výpočtem dle TP 188. Kapacita křižovatky před úpravou nebyla vyčerpána ani v jednom směru. Rezerva kapacity na vjezdu do křižovatky od Bedřichovic před úpravou byla 85%, na vjezdu od Podolí 90%. Úroveň kvality dopravy na hlavní komunikaci je ohodnocena stupněm B a na vedlejší komunikaci také stupněm B.



Obrázek 12 Kartogram intenzit všech motorových vozidel ve špičkové hodině (voz/h) před úpravou - Bedřichovice

Tabulka 6 Kapacita křižovatky před úpravou - Bedřichovice

Papřsek křižovatky	název vjezdu	C	Rez	
		[pvoz/h]	[pvoz/h]	[%]

4	Větev od Bedřichovic	358	304	85
6	Větev od Podolí	517	464	90

Na základě vyhovující kapacity neřízené křižovatky a úrovně kvality dopravy lze konstatovat, že dále do srovnávacího procesu vstoupí všechny tři varianty (úprava neřízené křižovatky, přestavba na okružní křižovatku a úprava na světelně řízenou křižovatku).

5) Návrh opatření

Pro základní návrh opatření pro **neřízenou křižovatku** se postupuje dle odstavce 5 a vše je shrnuto v následující tabulce.

Tabulka 7 Návrh opatření pro neřízenou křižovatku - Bedřichovice

TYP NEHODY	NAVRŽENÉ OPATŘENÍ	ELIMINACE OPATŘENÍ	VÝSLEDNÁ KOMBINACE
a. Překročení nejvyšší dovolené rychlosti na hlavní komunikaci	zúžení jízdních pruhů	✓ realizováno zvýšeným ostrůvkem a přidáním pruhu pro levé odbočení	1. zvýšený dělicí ostrůvek na hlavní komunikaci 2. obnova svislého DZ 3. obnova vodorovného DZ 4. zvýšený dělicí ostrůvek na vedlejší komunikaci 5. přechod pro chodce - vzhledem k umístění zastávek
	zvýšený dělicí ostrůvek (na hlavních větvích)	✓	
	směrové vychýlení trasy	✓ realizováno zvýšeným ostrůvkem	
	obnova vodorovného dopravní značení	✓	
	obnova svislého dopravního značení	✓	
	zvýšené prahy (pouze v obci)	✗ stavba je v extravilánu	
c. Nedání přednosti proti příkazu DEJ PŘEDNOST	úprava rozhledových poměrů	✗ rozhledové poměry jsou v pořádku	
	zvýšený dělicí ostrůvek na vedlejší komunikaci	✓	
	přidání řadicího pruhu na vedlejší komunikaci	✗ vzhledem k intenzitám levého odbočení z hlavní komunikace	
	zřízení/obnova svislého dopravního značení	✓	
	zřízení / obnova vodorovného dopravní značení	✓	

Návrh pro variantu **okružní křižovatky** je následující: klasická jednopruhová OK o průměru 35 m se zvýšenými dělicími ostrůvky a zvýšeným středovým ostrovem s dlážděným prstencem, kvůli pohybu chodců bude zbudován přechod pro chodce na větvích na Rousínov a Podolí. Přechody budou nasvětleny. Pozemky v trvalém záboru navrhovaných stavebních úprav jsou v majetku několika soukromých vlastníků a Státního pozemkového úřadu, kde lze předpokládat drobné problémy s výkupem. Podzemní inženýrské sítě nebyly zjištěny, v dosahu nadzemní vedení NN a VN, které ale nebude přestavbou dotčeno. Vzhledem k tomu, že se jedná o stavební úpravu na hlavním tahu, lze předpokládat, že úpravy budou muset probíhat pouze za částečné uzavírky komunikace.

Návrh **světelně řízené křižovatky** vychází z návrhu opatření pro neřízenou křižovatku. Sloučí se opatření pro neřízenou křižovatku a SSZ. Předpokládá se, že SSZ bude v provozu 16 hodin denně.

Kapacita upravené neřízené křižovatky byla přepočítána pro stávající stav intenzit i na výhledové období 20 let. Pro stávající intenzity je nejnížší rezerva kapacity na vjezd do křižovatky pro levé odbočení z Podolí na Vyškov 64%. Úroveň kvality dopravy na hlavní komunikaci je ohodnocena stupněm C a na vedlejší komunikaci stupněm E. Bohužel pro výhledové období kapacita nevyhoví na všech přímých vjezdech a levých odbočeních obou vedlejších větví křižovatky. Úroveň kvality dopravy na hlavní komunikaci je hodnocena stupněm D a na vedlejší komunikaci stupněm F, což je nevyhovující. **Vzhledem k tomuto výsledku je varianta úpravy neřízené křižovatky vyloučena ze srovnávacího procesu. V roce 2012 byla tato křižovatka skutečně upravena pomocí vložených ostrůvků a pruhu pro levé odbočení. Proto je ilustrativně vyčíslena i varianta úpravy NK.**

- 6) Ocenění opatření a vyčíslení celospolečenských ztrát
- 7) Posouzení efektivity opatření

Odstavce 6 a 7 jsou obsaženy v následujícím formuláři. Ceny jsou zaokrouhleny na celé tisíce.

VYČÍSLENÍ EKONOMICKÝCH ZTRÁT Z DOPRAVNÍCH NEHOD – DOSTUPNÁ DATA

AKTUÁLNÍ ROK	EKONOM. ZTRÁTY Z DOPRAVNÍCH NEHOD [tis Kč]				POČET ZRANĚNÍ			POČET NEHOD S HM. ŠKODOU	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ ZTRÁT Z NÁSLEDKŮ DN ZA AKTUÁLNÍ ROK [Kč]
	SMRTELNÉ	TĚŽKÉ	LEHKÉ	HM. ŠKODA	SMRTELNÝCH	TĚŽKÝCH	LEHKÝCH		
2011	18 572	4 783	509	227		2	8	6	15 000 000
E - ekonomické ztráty z dopr. nehodovosti v dostupném obd. [Kč]									15 000 000
t - sledované období [měsíce]									48
H _e - ukazatel hustoty ztrát [Kč/rok]									3 750 000

VARIANTA I - NEŘÍZENÁ KŘÍŽOVATKA

OPATŘENÍ	JEDNOTKA	JEDN. CENA [Kč]	VSTUPNÍ NÁKLADY N _v [Kč]	ÚČINNOST [%]		ŽIVOTNOST [roky]		NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	
				min	max	OD	DO	min	max
1. DĚLIČÍ OSTR. NA HLAVNÍ	30 m ²	1 300	39 000	25	25	10	20	39 000	78 000
2. OBNOVA VDZ	151 m ²	500	75 375	10	15	1	5	301 500	1 507 500
3. OBNOVA SDZ	10 ks	5 000	50 000	1	5	5	10	100 000	200 000
4. DĚLIČÍ OSTR. NA VEDLEJŠÍ	10 m ²	1 300	13 000	35	35	10	20	13 000	26 000
5. PŘECHOD PRO CHODCE	40 m ²	500	20 000	30	35	1	5	80 000	400 000
VI - OSVĚTLENÍ - LAMPY	2 ks	30 000	60 000			10	20	60 000	120 000
VI - OSVĚTLENÍ - KABELY	300 m	350	105 000			10	20	105 000	210 000
VI - DZ BĚHEM STAVBY	1 kpl	150 000	150 000			20	20	150 000	150 000
CELKEM/KOMBINACE ÚČINNOSTÍ			512 000	54	59			849 000	2 692 000

Pozn.: VI - vyvolané investice nemají účinnost na snížení nehodovosti

$$\eta_{min} = \{1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5)]^{(1 - \eta_{dom})}\}$$

$$= \{1 - [(1 - 0,25) \cdot (1 - 0,10) \cdot (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,30)]^{(1 - 0,35)}\} = 0,54 \rightarrow 54\%$$

$$\eta_{max} = \{1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5)]^{(1 - \eta_{dom})}\}$$

$$= \{1 - [(1 - 0,25) \cdot (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,35)]^{(1 - 0,35)}\} = 0,59 \rightarrow 59\%$$

VARIANTA II - OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKA

OPATŘENÍ	JEDNOTKA	JEDN. CENA [Kč]	VSTUPNÍ NÁKLADY [Kč] N_v	ÚČINNOST [%] η		ŽIVOTNOST [roky] t_z		NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč] N_z	
				min	max	OD	DO	min	max
VÝKOPY	192 m ³	400	76 969			20	20	76 969	76 969
ODSTRANĚNÍ STÁV. STAVU	1971 m ³	750	1 478 250			20	20	1 478 250	1 478 250
PÁS+VĚTVE	1950 m ²	2 500	4 874 309			20	20	4 874 309	4 874 309
OSTRŮVKY+PRSTENEC	160 m ²	2 150	344 062			10	10	688 124	688 124
VODOROVNÉ DZ	107 m ²	500	53 585			1	5	214 338	1 071 692
SVISLÉ DZ	29 ks	5 000	145 000			5	10	290 000	580 000
VI - VÝKUPY POZEMKŮ	1150 m ²	250	287 431			20	20	287 431	287 431
VI - ZASTÁVKY	210 m ²	3 500	735 000			20	20	735 000	735 000
VI - DZ BĚHEM STAVBY	1 kpl	750 000	750 000			20	20	750 000	750 000
CELKEM			8 745 000	70	70			9 394 000	10 542 000

Pozn.: Účinnost okružní křižovatký jako celku je brána jako účinnost jednoho opatření (OK) - viz tabulka 2 Metodiky popisující postup pro úpravu křižovatek.

VARIANTA III - SVĚTELNĚ ŘÍZENÁ KŘIŽOVATKA

OPATŘENÍ	JEDNOTKA	JEDN. CENA [Kč]	VSTUPNÍ NÁKLADY [Kč] N_v	ÚČINNOST [%] η		ŽIVOTNOST [roky] t_z		NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč] N_z	
				min	max	OD	DO	min	max
1. DĚLICÍ OSTR. NA HLAVNÍ	30 m ²	1 300	39 000	25	25	10	20	39 000	78 000
2. OBNOVA VDZ	151 m ²	500	75 375	10	15	1	5	301 500	1 507 500
3. OBNOVA SDZ	10 ks	5 000	50 000	1	5	5	10	100 000	200 000
4. DĚLICÍ OSTR. NA VEDLEJŠÍ	10 m ²	1 300	13 000	35	35	10	20	13 000	26 000
5. PŘECHOD PRO CHODCE	40 m ²	500	20 000	30	35	1	5	80 000	400 000
6. SSZ	4 ks	248 000	992 000	30	30	10	20	992 000	1 984 000
VI - OSVĚTLENÍ - LAMPY	2 ks	30 000	60 000			10	20	60 000	120 000
VI - OSVĚTLENÍ - KABELY	300 m	350	105 000			10	20	105 000	210 000
VI - SSZ - ÚDRŽBA	1 kpl	80 000	80 000			1	2	800 000	1 600 000
VI - DZ BĚHEM STAVBY	1 kpl	150 000	150 000			20	20	150 000	150 000
CELKEM/KOMBINACE ÚČINNOSTÍ			1 584 000	60	64			2 641 000	6 276 000

Pozn.: VI - vyvolané investice nemají účinnost na snížení nehodovosti Doba funkčnosti SSZ 16 hodin

$$\begin{aligned}
 \eta_{min} &= \{1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5)]^{(1 - \eta_{dom})}\} \cdot \frac{24 - t_{SSZ}}{24} \\
 &+ \{1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5) \cdot (1 - \eta_6)]^{(1 - \eta_{dom})}\} \cdot \frac{t_{SSZ}}{24} \\
 &= \{1 - [(1 - 0,25) \cdot (1 - 0,10) \cdot (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,30)]^{(1 - 0,35)}\} \cdot \frac{24 - 16}{24} \\
 &+ \{1 - [(1 - 0,25) \cdot (1 - 0,10) \cdot (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,30) \cdot (1 - 0,30)]^{(1 - 0,35)}\} \cdot \frac{16}{24} = 0,60 \rightarrow 60\%
 \end{aligned}$$

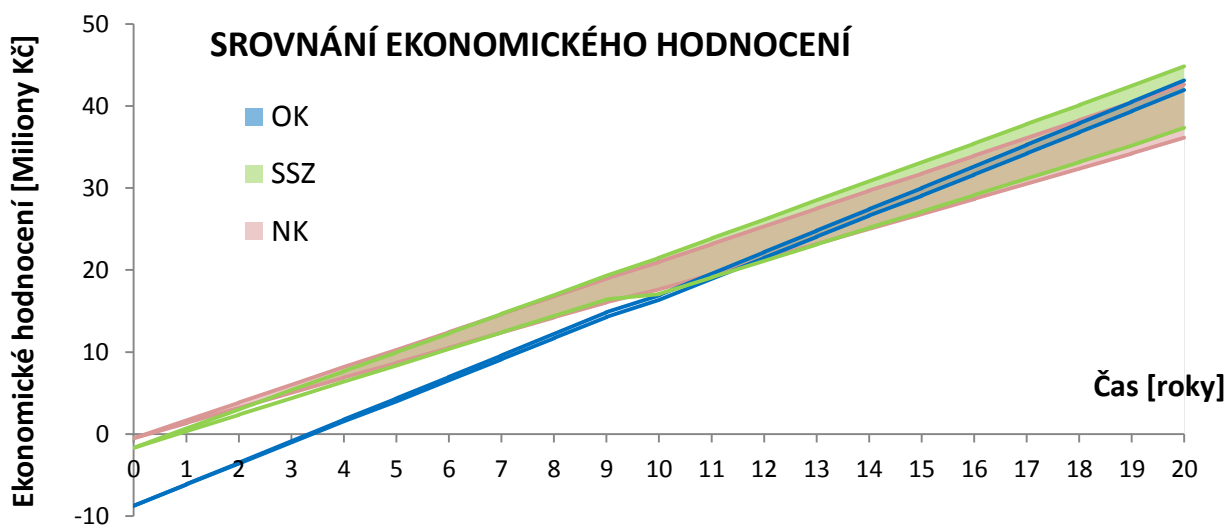
$$\eta_{max} = \left\{ 1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5)]^{(1 - \eta_{dom})} \right\} \cdot \frac{24 - t_{SSZ}}{24} + \left\{ 1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5) \cdot (1 - \eta_6)]^{(1 - \eta_{dom})} \right\} \cdot \frac{t_{SSZ}}{24}$$

$$= \left\{ 1 - [(1 - 0,25) \cdot (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,35)]^{(1 - 0,35)} \right\} \cdot \frac{24 - 16}{24} + \left\{ 1 - [(1 - 0,25) \cdot (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,30)]^{(1 - 0,35)} \right\} \cdot \frac{16}{24} = 0,64 \rightarrow 64\%$$

SROVNÁNÍ EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

ÚPRAVA			NK	OK	SSZ
ÚSPORY _{ROČNÍ} [Kč/rok]	U	min	2 020 387	2 625 000	2 258 988
		max	2 203 852	2 625 000	2 417 144
NÁKLADY _{VSTUPNÍ} [Kč]	N _v		512 000	8 745 000	1 584 000
NÁVRATNOST _{VSTUPNÍCH NÁKLADŮ} [měsíce]	T	min	3	40	8
		max	3	40	8
ÚSPORY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	U _z	min	40 407 735	52 500 000	45 179 760
		max	44 077 038	52 500 000	48 342 880
NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	N _z	min	849 000	9 394 000	2 641 000
		max	2 692 000	10 542 000	6 276 000
NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [ROK]	t _z		20	20	20
EKONOMICKÉ HODNOCENÍ [Kč]	EH	min	37 716 000	41 958 000	38 904 000
		max	43 228 000	43 106 000	45 702 000
ODHAD ÚČINNOSTI KOMBINACE [%]	η	min	54	70	60
		max	59	70	64

8) Výběr výsledné varianty



Graf 3 Srovnání ekonomického hodnocení - Bedřichovice

Předpokládané ekonomické hodnocení (vyjádřené v celospolečenských ztrátách) za dobu 20 let životnosti úprav neřízené křižovatky se pohybuje v rozmezí 38 – 43 milionů, z přestavby na OK se pohybuje v rozmezí 42 - 43 milionů Kč, z přestavby na SSZ v rozmezí 39 - 46 milionů Kč. Vzhledem k tomu, že varianta úpravy neřízené křižovatky kapacitně nevyhovuje ve výhledovém období, viz krok 6, a intervaly ekonomického hodnocení dvou zbývajících variant se překrývají, rozhodne o výsledné variantě odhad účinnosti kombinace. Okružní křižovatka má účinnost 70%, světelně řízená křižovatka má odhad účinnosti kombinace v rozmezí 60 – 64%. **Výsledkem srovnání** je doporučení přestavby na **okružní křižovatku**. Investor upřednostnil úpravu neřízené křižovatky a v roce 2012 byla křižovatka silnic II/430, III/4171 a III/37570 upravena pomocí dělících ostrůvků a přechodů. Z grafu je zřejmé, že tento typ úpravy je v časovém horizontu 10-12 let

výhodnější než OK. Z kapacitních důvodů bude ovšem pravděpodobně nutná přestavba ve střednědobém časovém horizontu, nicméně finanční náročnost opatření podporuje toto rozhodnutí.

C2. RAJHRAD – MASARYKOVA X ŠTEFÁNIKOVA X MĚSTEČKO (II/425 x III/41617)

Tato křižovatka byla upravena v roce 2003, poslouží jako modelový příklad při využití analýzy konfliktů. Na závěr je možné srovnat výsledek srovnání podle této metodiky a skutečný stav po přestavbě.

1) Rozhodnutí o úpravě křižovatky

Rozlehlá křižovatka na silnici II/425 v intravilánu města Rajhrad byla zvolena z důvodu výskytu častých dopravních nehod, kapacita byla vyhovující, nedocházelo ke tvorbě kongescí.

2) Stávající stav

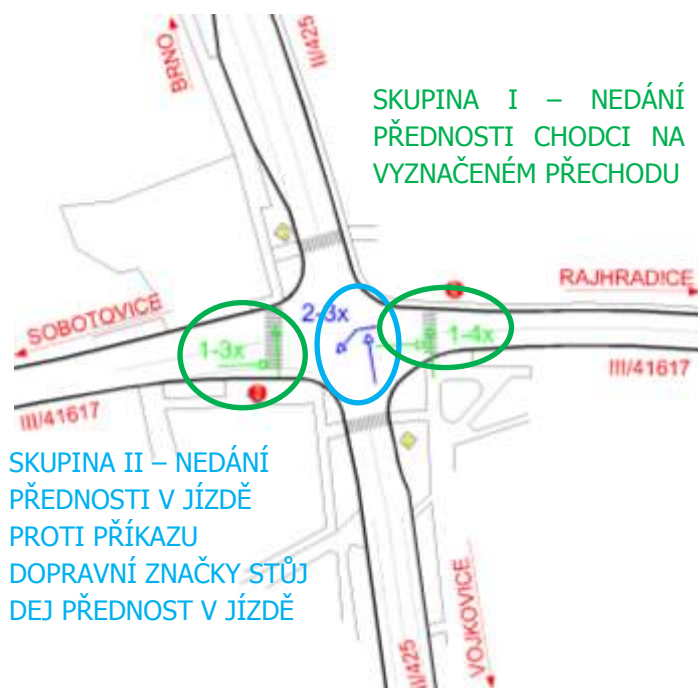


Obrázek 13 Stávající stav - Rajhrad

Jedná se o průsečnou čtyřramennou křižovatku v intravilánu s přechody pro chodce na všech větvích (délky přechodů přesahovaly normové limity). Přednosti v křižovatce jsou určeny dopravními značkami č. P2 „Hlavní pozemní komunikace“ v obou směrech silnice II/425 (Brno – Vojkovice) a č. P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“ v obou směrech silnice III/41616 (Rajhradice – Sobotovice). Šířky jízdních pruhů jsou cca 6,0 m. Křižovatka i přechody jsou osvětleny. V blízkosti křižovatky se nenachází žádné nadzemní vedení. Před úpravou byl proveden průzkum křižovatky. Záznam byl proveden ve špičkových hodinách. V rámci tohoto průzkumu bylo provedeno i sledování dopravních konfliktů.

3) Vyhodnocení rizik křižovatky

Míra překračování dovolené rychlosti – v rámci dopravního průzkumu nebyla měřena rychlost.



Obrázek 14 Diagram konfliktů - Rajhrad

Analýza dopravních konfliktů – v rámci dopravního průzkumu bylo provedeno půlhodinové sledování konfliktů. Z uvedených dat byl vytvořen diagram konfliktů křižovatky.

Ukazatel dopravní konfliktnosti je 0,26, což je hluboko pod uvedenou limitní hodnotu 0,9 pro nebezpečné křižovatky. Byly identifikovány tři skupiny konfliktů.

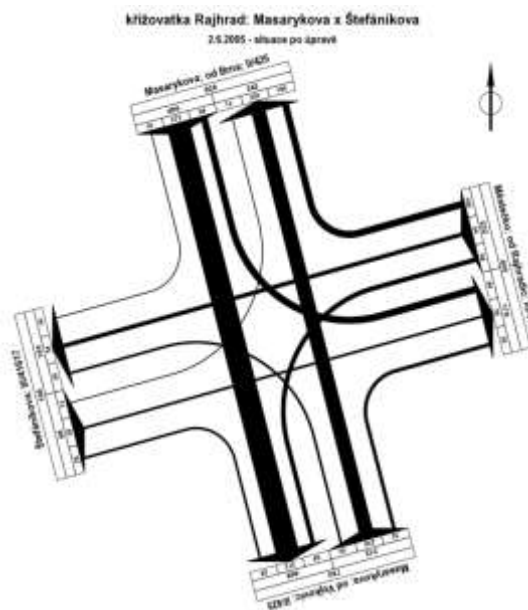
Z diagramu lze vyčíst, že nejčastějším typem konfliktů jsou dvě skupiny – nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu a nedání přednosti v jízdě proti příkazu STUJ DEJ PŘEDNOST V JÍZDĚ!. Konflikty s chodci jsou zaviněny příliš dlouhými přechody.

4) Kapacitní posouzení a eliminace variant řešení

Celkový počet vozidel vjíždějících do křižovatky ve špičkové hodině činil 1088 voz/h. Podle tabulky 1 není překročena maximální kapacita ani OK ani SSZ. Kapacita neřízené křižovatky je stanovena výpočtem dle TP 188.

Tabulka 8 Kapacita křižovatky před úpravou - Rajhrad

proud	název vjezdu	C	Rez	
		[pvoz/h]	[pvoz/h]	[%]
1	Levé odbočení na Rajhradice	1166	1065	91
4	Levé odbočení na Brno	135	123	91
5	Přímý pruh na Rajhradice	239	210	88
6	Pravé odbočení na Vojkovice	720	691	96
7	Levé odbočení na Sobotovice	986	956	97
10	Levé odbočení na Vojkovice	198	128	65
11	Přímý pruh na Sobotovice	248	168	68
12	Pravé odbočení na Brno	858	755	89



Obrázek 15 Kartogram intenzit na křižovatce ve špičkové hodině (voz/h) - Rajhrad

Tabulka 9 Kvalita dopravy před úpravou - Rajhrad

	Požadovaný stupeň úrovně kvality dopravy (dle ČSN 73 6102)	Stanovená úroveň kvality dopravy křižovatky před úpravou
na hlavní komunikaci	D	A
na vedlejší komunikaci	E	E

Kapacitně a kvalitou dopravy křižovatka ve stávajícím stavu vyhoví, proto dále do srovnávacího procesu vstupují tyto varianty úprav – **neřízená křižovatka, okružní křižovatka a světelně řízená křižovatka.**

5) Návrh opatření

Pro základní návrh opatření pro **neřízenou křižovatku** se postupuje dle odstavce 5 a vše je shrnuto v následující tabulce.

Tabulka 10 Návrh opatření pro neřízenou křižovatku - Rajhrad

TYP KONFLIKTU	NAVRŽENÉ OPATŘENÍ	ELIMINACE OPATŘENÍ	VÝSLEDNÁ KOMBINACE
b. Nedání přednosti v jízdě proti příkazu dopravní značky STŮJ DEJ PŘEDNOST V JÍZDĚ	úprava rozhledových poměrů	✗ rozhledové poměry jsou v pořádku	1. dělicí ostrůvky na vedlejší komunikaci 2. ochranné ostrůvky na hlavní komunikaci 3. protismykový nátěr 4. obnova SDZ 5. obnova VDZ
	zvýšený dělicí ostrůvek na vedlejší komunikaci	✓	
	zřízení/obnova svislého dopravního značení	✓	
	zřízení/obnova vodorovného dopravního značení	✓	
k. nedání přednosti chodci na vyznačeném přechodu	osvětlení přechodu	✗ již realizováno	
	zkrácení přechodu pro chodce	✓ ochranné ostrůvky na všech přechodech	
	úprava přechodu zvýšenou plochou	✗ jsou realizovány ochranné ostrůvky	
	zvýraznění přechodu	✗ jsou realizovány ochranné ostrůvky	
	úprava rozhledových poměrů	✗ rozhledové poměry jsou v pořádku	
	úprava protismykových vlastností	✓	
	zřízení/obnova svislého dopravního značení	✗ již obsaženo	
	obnova vodorovného dopravního značení	✗ již obsaženo	

Úprava neřízené křižovatky zahrnuje zřízení dělicích ostrůvků na vedlejší i hlavní komunikaci, zřízení vodorovného DZ a obnovu svislého DZ (zvýraznění stávajících značek žlutozeleným fluorescenčním podkladem), zvýšené ochranné ostrůvky na hlavní komunikaci a úpravu protismykových vlastností protismykovým nátěrem. Při stavbě bude zřízena částečná uzavírka řízená SSZ.

Návrh pro variantu **okružní křižovatky** je následující: klasická jednopruhová OK o průměru 28 m se zvýšenými dělicími ostrůvky a zvýšeným středovým ostrovem s dlážděným prstencem, kvůli pohybu chodců bude zbudován přechod pro chodce na všech větvích. Přechody budou nasvětleny. Pozemky v dosahu stavebních úprav jsou v majetku obce a správy a údržby silnic, kde se nepředpokládají potíže s pozemkovou přípravou. Podzemní inženýrské sítě nebyly zjišťovány, v dosahu se nachází nadzemní vedení NN, které bude přestavbou dotčeno, a kanalizační stoky (pravděpodobně dešťové a splaškové), které nebudou stavbou dotčeny. Vzhledem k tomu, že se jedná o stavební úpravu na hlavním tahu, lze předpokládat, že úpravy budou muset probíhat pouze za částečné uzavírky komunikace.

Návrh **světelně řízené křižovatky** vychází z návrhu opatření pro neřízenou křižovatku. Sloučí se opatření pro neřízenou křižovatku a SSZ. Předpokládá se, že SSZ bude v provozu 16 hodin denně.

Navržená opatření nemají vliv na kapacitu, proto kapacita nebude znovu přepočítávána.

- 6) Ocenění opatření a vyčíslení celospolečenských ztrát
- 7) Posouzení efektivity opatření

Ekonomické hodnocení ztrát v případě neznalosti dopravní nehodovosti vychází z predikčního modelu. Pro výpočet očekávaného počtu nehod byly přepočteny špičkové hodinové intenzity získané v rámci provedeného průzkumu na denní intenzity dle TP 189 [48] na RPDÍ. Výpočet očekávaného počtu nehod je následující:

$$N = 0,0105 \cdot I_{hl}^{0,289} \cdot I_{vedl}^{0,299} \cdot e^{(-0,305 \cdot \alpha + 0,592 \cdot \beta - 0,348 \cdot \gamma - 0,579 \cdot \delta)} = 0,0105 \cdot 5147^{0,289} \cdot 1914^{0,299} \cdot e^{(-0,305 \cdot 1 + 0,592 \cdot 0 - 0,348 \cdot 0 - 0,579 \cdot 0)} = 0,88$$

Odstavce 6 a 7 jsou obsaženy v následujícím formuláři.

VYČÍSLENÍ EKONOMICKÝCH ZTRÁT Z DOPRAVNÍCH NEHOD – NEDOSTUPNÁ DATA

AKTUÁLNÍ ROK	EKONOM. ZTRÁTY Z DOPRAVNÍCH NEHOD [tis Kč]				POČET ZRANĚNÍ			POČET NEHOD S HM. ŠKODOU	EKONOMICKÉ OHODNOCENÍ ZTRÁT Z NÁSLEDKŮ DN ZA DANÝ ROK [Kč]
	SMRTELNÉ	TĚŽKÉ	LEHKÉ	HM. ŠKODA	SMRTELNÝCH	TĚŽKÝCH	LEHKÝCH		
2011	18 572	4 783	509	227	-	-	-	-	810 734
EZ - ekonomické ztráty z dopr. nehodovosti v aktuálním roce) [Kč]									810 734
N – očekávaný počet nehod za rok [počet]									0,88
H _e - ukazatel hustoty ztrát [Kč/rok]									710 477

VARIANTA I - NEŘÍZENÁ KŘÍŽOVATKA

OPATŘENÍ	JEDNOTKA	JEDN. CENA [Kč]	VSTUPNÍ NÁKLADY [Kč] N _v	ÚČINNOST [%]		ŽIVOTNOST [roky]		NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	
				η		t _z		N _z	
				min	max	OD	DO	min	max
1. DĚLIČÍ OSTRŮVKY NA VEDLEJŠÍ	75 m ²	1 300	97 500	35	35	10	20	97 500	195 000
2. OCHRANNÉ OSTR. NA HLAVNÍ	193 m ²	1 300	250 250	25	40	10	20	250 250	500 500
3. PROTISMYKOVÝ NÁTĚR	560 m ²	500	280 000	35	35	1	5	1 120 000	5 600 000
4. OBNOVA SDZ	12 ks	5 000	60 000	1	5	5	10	120 000	240 000
5. OBNOVA VDZ	50 m ²	500	25 000	10	15	1	5	100 000	500 000
VI - DZ BĚHEM STAVBY	1 kpl	250 000	250 000			20	20	250 000	250 000
CELKEM/KOMBINACE ÚČINNOSTÍ			963 000	56	61			1 938 000	7 286 000

$$\eta_{min} = 1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5)]^{(1 - \eta_{dom})}$$

$$= 1 - [(1 - 0,35) \cdot (1 - 0,25) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,10)]^{(1 - 0,35)} = 0,56 \rightarrow 56$$

$$\eta_{max} = 1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5)]^{(1 - \eta_{dom})}$$

$$= 1 - [(1 - 0,35) \cdot (1 - 0,40) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,15)]^{(1 - 0,35)} = 0,61 \rightarrow 61\%$$

VARIANTA II - OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKA

OPATŘENÍ	JEDNOTKA	JEDN. CENA [Kč]	VSTUPNÍ NÁKLADY [Kč] N _v	ÚČINNOST [%] η		ŽIVOTNOST [roky] t _z		NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč] N _z	
				min	max	OD	DO	min	max
ODSTRANĚNÍ STÁV. STAVU	1508 m ³	750	1 130 907			10	20	1 130 907	1 130 907
PÁS+VĚTVE	1469 m ²	2 500	3 671 930			10	20	3 671 930	3 671 930
OSTRŮVKY+PRSTENEC	217 m ²	2 150	466 640			10	10	466 640	933 281
VODOROVNÉ DZ	300 m ²	500	150 000			1	5	600 000	3 000 000
SVISLÉ DZ	24 ks	5 000	120 000			5	10	240 000	480 000
PŘELOŽKA VEDENÍ NN	1 kpl	400 000	400 000			20	20	400 000	400 000
DZ BĚHEM STAVBY	1 kpl	750 000	750 000			20	20	750 000	750 000
CELKEM			6 689 000	55	55			7 726 000	15 169 000

Pozn.: Účinnost okružní křižovatky jako celku je brána jako účinnost jednoho opatření (OK) - viz tabulka 2 Metodiky popisující postup pro úpravu křižovatek.

VARIANTA III - SVĚTELNĚ ŘÍZENÁ KŘÍŽOVATKA

OPATŘENÍ	JEDNOTKA	JEDN. CENA [Kč]	VSTUPNÍ NÁKLADY [Kč] N _v	ÚČINNOST [%] η		ŽIVOTNOST [roky] t _z		NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč] N _z	
				min	max	OD	DO	min	max
1. DĚLICÍ OSTRŮVKY NA VEDLEJŠÍ	75 m ²	1 300	97 500	35	35	10	20	97 500	195 000
2. OCHRANNÉ OSTR. NA HLAVNÍ	193 m ²	1 300	250 250	25	40	10	20	250 250	500 500
3. PROTISMYKOVÝ NÁTĚR	560 m ²	500	280 000	35	35	1	5	1 120 000	5 600 000
4. OBNOVA SDZ	12 ks	5 000	60 000	1	5	5	10	120 000	240 000
5. OBNOVA VDZ	50 m ²	500	25 000	10	15	1	5	100 000	500 000
6. SSZ	4 ks	248 000	992 000	30	30	10	20	992 000	1 984 000
VI - ÚDRŽBA SSZ	1 kpl	80 000	80 000			1	2	800 000	1 600 000
VI - DZ BĚHEM STAVBY	1 kpl	250 000	250 000			20	20	250 000	250 000
CELKEM/KOMBINACE ÚČINNOSTÍ			2 035 000	62	66			3 730 000	10 870 000

Pozn.: VI - vyvolané investice nemají účinnost na snížení nehodovosti
Doba funkčnosti SSZ 16 hodin

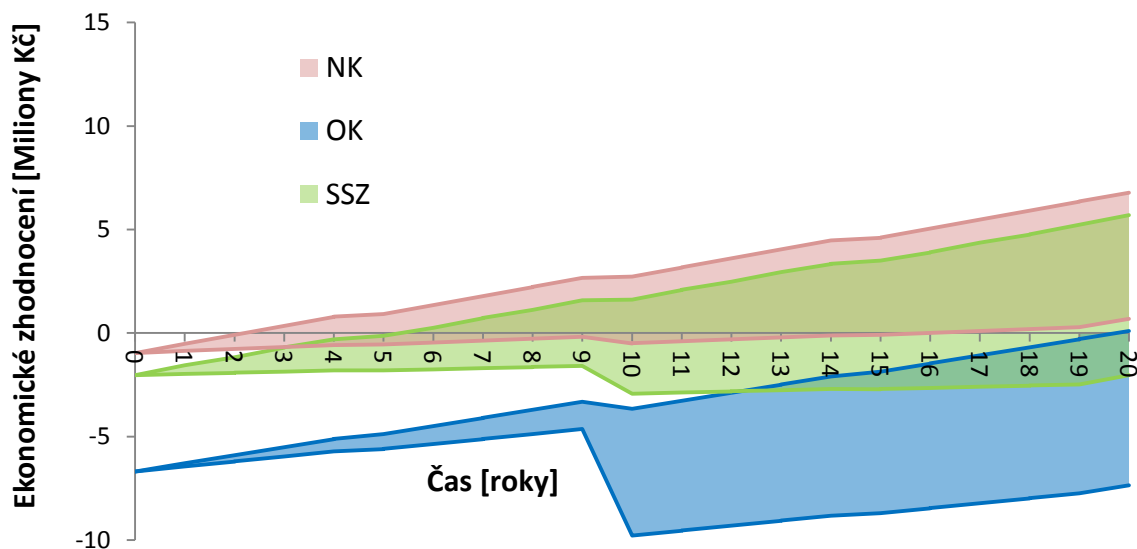
$$\begin{aligned}
 \eta_{\min} &= \{1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5)]^{(1 - \eta_{dom})}\} \cdot \frac{24 - t_{SSZ}}{24} \\
 &\quad + \{1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5) \cdot (1 - \eta_6)]^{(1 - \eta_{dom})}\} \cdot \frac{t_{SSZ}}{24} \\
 &= \{1 - [(1 - 0,35) \cdot (1 - 0,25) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,10)]^{(1 - 0,35)}\} \cdot \frac{24 - 16}{24} \\
 &\quad + \{1 - [(1 - 0,35) \cdot (1 - 0,25) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,01) \cdot (1 - 0,10) \cdot (1 - 0,30)]^{(1 - 0,35)}\} \cdot \frac{16}{24} = 0,62 \rightarrow 62\% \\
 \eta_{\max} &= \{1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5)]^{(1 - \eta_{dom})}\} \cdot \frac{24 - t_{SSZ}}{24} \\
 &\quad + \{1 - [(1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2) \cdot (1 - \eta_3) \cdot (1 - \eta_4) \cdot (1 - \eta_5) \cdot (1 - \eta_6)]^{(1 - \eta_{dom})}\} \cdot \frac{t_{SSZ}}{24} \\
 &= \{1 - [(1 - 0,35) \cdot (1 - 0,40) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,10)]^{(1 - 0,40)}\} \cdot \frac{24 - 16}{24} \\
 &\quad + \{1 - [(1 - 0,35) \cdot (1 - 0,40) \cdot (1 - 0,35) \cdot (1 - 0,05) \cdot (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,30)]^{(1 - 0,40)}\} \cdot \frac{16}{24} = 0,66 \rightarrow 66\%
 \end{aligned}$$

SROVNÁNÍ EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

ÚPRAVA			NK	OK	SSZ
ÚSPORY _{ROČNÍ} [Kč/rok]	U	min	398 195	390 762	441 274
		max	436 179	390 762	471 409
NÁKLADY _{VSTUPNÍ} [Kč]	N _v		963 000	6 689 000	2 035 000
NÁVRATNOST _{VSTUPNÍCH NÁKLADŮ} [měsíce]	T	min	26	205	52
		max	26	205	55
ÚSPORY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	U _z	min	7 963 891	7 815 249	8 825 483
		max	8 723 586	7 815 249	9 428 187
NÁKLADY ZA NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [Kč]	N _z	min	1 938 000	7 726 000	3 730 000
		max	7 286 000	15 169 000	10 870 000
NÁVRHOVÉ OBDOBÍ [ROK]	t _z		20	20	20
EKONOMICKÉ HODNOCENÍ [Kč]	EH	min	678 000	-7 354 000	-2 045 000
		max	6 786 000	89 000	5 698 000
ODHAD ÚČINNOSTI KOMBINACE [%]	η	min	56	55	62
		max	61	55	66

8) Výběr výsledné varianty

SROVNÁNÍ EKONOMICKÉHO ZHODNOCENÍ



Graf 4 Srovnání ekonomického zhodnocení - Rajhrad

Předpokládané ekonomické zhodnocení (vyjádřená v celospolečenských ztrátách) za návrhové období 20 let z úprav NK je v rozmezí 1 – 7 milionů Kč, z přestavby na OK se pohybuje v rozmezí -7 - 0 milionů Kč a z přestavby na SSZ v rozmezí -2 - 6 milionů Kč, intervaly efektivity opatření se tedy překrývají a rozhodne odhad účinnosti kombinace. Odhad účinnosti kombinace dvou nejeftivnějších variant SSZ je 62 - 66% a NK 56 - 61%. Z tohoto srovnání se jeví výhodnější úprava se SSZ, nicméně tato varianta vyžaduje více než dvojnásobnou investici na zřízení a není vyžadována kapacitně. **Ve výsledku lze doporučit aplikování navržených opatření pro neřízenou křižovátku, případně s uložením chrániček pro možnou instalaci SSZ v budoucnu. Varianta okružní křižovátky není pro danou lokalitu vhodná.**

PŘÍLOHA D - ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET KAPACITY

D1. ZJEDNODUŠENÁ METODIKA VÝPOČTU VÝKONNOSTI NEŘÍZENÝCH KŘIŽOVATEK

Vstupy:

I_h	součet intenzit dopravy na paprscích označených jako hlavní pozemní komunikace [pvoz/h]
I_v	součet intenzit dopravy na paprscích označených jako vedlejší pozemní komunikace [pvoz/h]
	počty ramen na jednotlivých vjezdech
a	koeficient

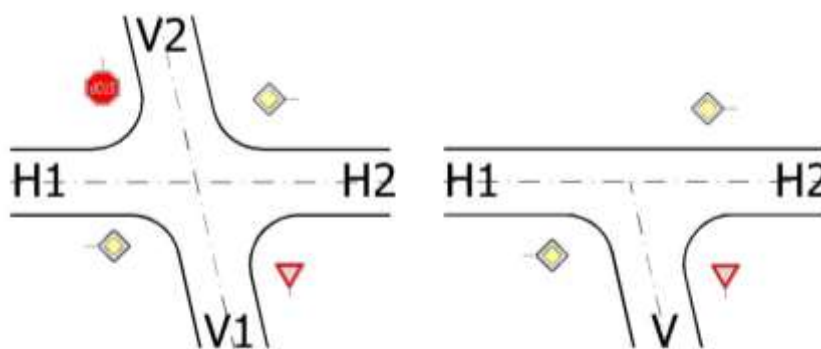
Výpočet:

Postupně se určuje rozhodná intenzita dopravy I_r podle vzorce (20).

$$I_r = I_v + a \cdot I_h \quad (19)$$

Rozhodná intenzita dopravy se porovná s hodnotou limitní intenzity dopravy I_l . Pokud je $I_r < I_l$, je úroveň kvality dopravy na dané křižovatce dána stupněm, který přísluší dané hodnotě I_l .

Postupuje se od UKD stupně A až k UKD stupně F.



Obrázek 16 Schéma značení větví

Hodnoty koeficientu a pro průsečné a stykové křižovatky jsou uvedeny v tabulkách 11 a 12.

Tabulka 11 Hodnoty koeficientu a – průsečné křižovatky

počet pruhů - H1-V1-H2-V2	A	B	C	D	E
1-1-1-1	1,54	1,04	0,89	0,85	0,75
1-1-2-1	1,54	1,04	0,89	0,85	0,75
1-2-1-2	1,54	1,34	1,15	0,97	0,92
1-2-1-1	1,54	1,00	1,00	0,88	0,57

Tabulka 12 hodnoty koeficientu a - styková křižovatka

počet pruhů - H1-V-H2	A	B	C	D	E
1-1-1	1,10	0,89	0,83	0,70	0,53
1-2-1	2,00	1,25	1,02	0,85	0,71
1-1-2	1,25	1,00	0,78	0,68	0,53
1-2-2	1,85	1,25	1,14	0,82	0,68
2-2-2	1,11	1,11	1,11	0,91	0,83

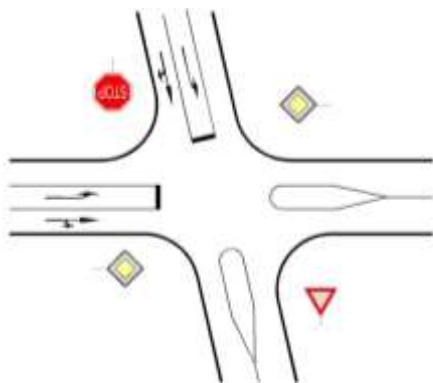
Hodnoty limitní intenzity dopravy I_l pro průsečné a stykové křižovatky jsou uvedeny v tabulkách 13 a 14.

Tabulka 13 Hodnoty limitní intenzity dopravy I_l - průsečné křižovatky

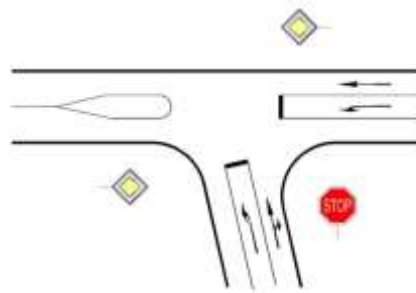
počet pruhů - H1-V1-H2-V2	A	B	C	D	E
1-1-1-1	914	978	990	1052	1050
1-1-2-1	914	978	990	1052	1050
1-2-1-2	914	1196	1228	1181	1385
1-2-1-1	914	960	1080	1073	939

Tabulka 14 Hodnoty limitní intenzity dopravy I_l - stykové křižovatky

počet pruhů - H1-V-H2	A	B	C	D	E
1-1-1	810	930	1 000	950	870
1-2-1	1 300	1 250	1 170	1 130	1 140
1-1-2	880	1020	940	930	870
1-2-2	1 200	1 250	1 250	1 110	1 080
2-2-2	890	1 220	1 330	1 270	1 330



Obrázek 17 Ukázka schématu H1-V1-H2-V2 - počet řadicích pruhů 2-1-1-2



Obrázek 18 Ukázka schématu H1-V-H2 - počet řadicích pruhů 1-2-2

V případě průsečné křižovatky nepostihují tabulky všechny možné varianty počtu řadicích pruhů. Pokud je na křižovatce jiné uspořádání, postupuje se podle tabulky 15, tj. použije se odpovídající řazení.

Tabulka 15 Odpovídající schéma počtu řadicích pruhů v průsečné křižovatce

Skutečné počty pruhů				Odpovídající použité schéma			
H1	V1	H2	V2	H1	V1	H2	V2
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	2	1	2	1	1
1	1	2	1	1	1	2	1
1	1	2	2	1	2	1	1
1	2	1	1	1	2	1	1
1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	2	1	1	2	1	1
1	2	2	2	1	2	1	2
2	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	1	2	1	1
2	1	2	1	1	1	2	1
2	1	2	2	1	2	1	1
2	2	1	1	1	2	1	1
2	2	1	2	1	2	1	2
2	2	2	1	1	2	1	1
2	2	2	2	1	2	1	2
2	2	2	1	1	2	1	1
2	2	2	2	1	2	1	2

Pozn. Pokud je na vjezdu počítáno se dvěma pruhu, má se za to, že je samostatný prh pro odbočení vlevo.

D2. PŘÍKLAD 1

Proveďte posouzení výkonnosti průsečné křižovatky:

- ✓ součet intenzit na vjezdech „hlavních“ paprsků – 850 pvoz/h,
- ✓ součet intenzit na vjezdech „vedlejších“ paprsků – 350 pvoz/h,
- ✓ na vedlejších vjezdech jsou vyznačeny odbočovací pruhy pro levá odbočení, dále je levé odbočení i na hlavní komunikaci tj. uspořádání je H1-V1-H2-V2 = 2-2-1-2. Podle tabulky 15 se použije odpovídající náhradní schéma 1-2-1-2.

Celé posouzení zapíšeme do tabulky:

Tabulka 16 Zjednodušené posouzení výkonnosti průsečné křižovatky, příklad 1

I_v	I_h	a	I_r	I_l	$I_r < I_l$	UKD
350	850	1,54	1 659	914	NE	A
350	850	1,34	1 489	1 196	NE	B
350	850	1,15	1 328	1 228	NE	C
350	850	0,97	1 175	1 181	ANO !	D
350	850	0,92	1 132	1 385	ANO	E

Závěr: Křižovatka pracuje na UKD na stupni D. Rezerva pro stupeň D je však velmi malá (1 175 x 1 181), je vhodné provést podrobnější výpočet dle TP 188 [47].

D3. PŘÍKLAD 2

Proveďte posouzení výkonnosti stykové křižovatky:

- ✓ součet intenzit na vjezdech „hlavních“ paprsků – 930 pvoz/h,
- ✓ součet intenzit na vjezdech „vedlejších“ paprsků – 150 pvoz/h,
- ✓ na hlavní komunikaci je vyznačen odbočovací pruh pro levé odbočení, tj. uspořádání je H1-V1-H2 = 1-2-1.

Celé posouzení zapíšeme do tabulky:

Tabulka 17 Zjednodušené posouzení výkonnosti průsečné křižovatky, příklad 2

I_v	I_h	a	I_r	I_l	$I_r < I_l$	UKD
150	930	2,00	2 010	1 300	NE	A
150	930	1,25	1 313	1 250	NE	B
150	930	1,02	1 099	1 170	ANO	C
150	930	0,85	941	1 130	ANO	D
150	930	0,71	810	1 140	ANO	E

Závěr: Křižovatka pracuje na UKD na stupni C. Rezerva pro stupeň C je dostatečná (1 099 x 1 170), přesto je však vhodné provést podrobnější výpočet.

SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- [1] Austroads 1988, Guide to traffic engineering practice part 9 Arterial road traffic management, AP-11.9/88, section 3.3 Pedestrian facilities. Austroads, Sydney, NSW.
- [2] Austroads 1993, Guide to traffic engineering practice, part 6: roundabouts, AP-11.6/93, section 4.2.9 Geometric design of roundabouts, superelevation and drainage. Austroads, Sydney, New South Wales.
- [3] Austroads 1995, Guide to traffic engineering practice, part 13 pedestrians, AP-11.13/95, section 3.4.2 General crossing treatments-Footpath (kerb) extensions/pedestrian nibs. Austroads, Sydney, NSW.
- [4] Austroads 2002, Urban road design: guide to the geometric design of major urban roads, AP-G69/02, section 12.3 Pavement crossfall, Austroads. Sydney, New South Wales.
- [5] Austroads 2003, Rural road design: a guide to the geometric design of rural roads, 8th edn., AP-G1/03, section 16 Drainage. Austroads, Sydney, New South Wales.
- [6] Austroads 2004, Guide to traffic engineering practice part 10, local area traffic management, AP-G11.10/05. Austroads, Sydney, NSW.
- [7] Austroads 2004, Guide to traffic engineering practice, part 12: Roadway lighting, AP-G11.12/04. Austroads, Sydney, New South Wales.
- [8] Austroads 2005, Guide to traffic engineering practice, part 5: Intersections at grade, AP-G11.5/05. Austroads. Sydney, New South Wales.
- [9] Austroads (2002-07) Road Safety Risk Assessment Project.
- [10] Austroads 2009, Guide to road safety, part 8: Treatment of crash locations, AGRS08/09. Austroads, Sydney, New South Wales.
- [11] Land Transport New Zealand 2002, State highway geometric design manual, section 5- vertical alignment. Land Transport New Zealand, Wellington, New Zealand.
- [12] Land Transport New Zealand 2004, Pedestrian network planning and facilities design guide, section 14.9 Kerb extensions. Land Transport New Zealand, Wellington, New Zealand.
- [13] Land Transport New Zealand 2004, Land Transport rule- vehicle lighting 2004, Rule 32005. Land Transport New Zealand, Wellington, New Zealand.
- [14] Land Transport New Zealand 2004, Pedestrian network plan chapter 16: lighting the pedestrian network. Land Transport New Zealand, Wellington, New Zealand.
- [15] Land Transport New Zealand 2005, State highway geometric design manual, section 4- horizontal alignment. Land Transport New Zealand, Wellington, New Zealand.
- [16] NAASRA 1986, Guide to the design of road surface drainage. Milsons Point, New South Wales.
- [17] Pilgrim, DH (ed) 2001. Australian Rainfall and Runoff, Institution of Engineers, Australia, Barton, ACT.
- [18] Queensland Department of Main Roads 2005, Pavement design manual. Queensland Department of Main Roads, Brisbane, Queensland.
- [19] Queensland Department of Main Roads 2007, Road surfaces. Queensland Department of Main Roads, Brisbane, Queensland.
- [20] Queensland Department of Main Roads 2007, Traffic and road use management manual- pedestrian crossing and facility guidelines & prioritisation system user guide, section 6.2 Footpath/kerb extension. Queensland Department of Main Roads, Brisbane, Queensland.
- [21] AS 1742.10-1990, Manual of uniform traffic control devices, part 10: pedestrian control and protection, section 7.3 Physical pedestrian aids-kerb extensions.
- [22] AS 1742.13-1991, Manual of uniform traffic control devices, part 13: local area traffic management, section 5.2.2.1 Lane narrowings/kerb extensions.
- [23] AS 1428.4-2002, Design for access and mobility - tactile indicators.

- [24] AS/NZS 1158.1.1:2005, Lighting for roads and public spaces - vehicular traffic (Category V) lighting - performance and design requirements.
- [25] Main Roads Western Australia 2007, Intersections at grade, Document No: 67-08-3, Revision 1D. Main Roads Western Australia, East Perth, Western Australia.
- [26] Main Roads Western Australia 2007, Lighting, Document No: 67-08-2, Revision 2I. Main Roads Western Australia, East Perth, Western Australia.
- [27] Elvik, R., Høy, A., Vaa, T. and Sørensen, M., 2009. The Handbook of Road Safety Measures, 2nd edn. Emerald Group, United Kingdom.
- [28] Ogden, K. W., 1996. Safer Roads - A Guide to Road Safety Engineering. Avebury Technical, Ashgate Publishing Limited, Gower House, Croft Road, Aldershot, England.
- [29] Department of Main Roads Queensland 2004, Road planning and design manual, chapter 17, Lighting. Department of Main Roads Queensland, Brisbane, Queensland.
- [30] Department of Main Roads Queensland 2006, Road planning and design manual, chapter 13 intersections at grade. Queensland Department of Main Roads, Brisbane, Queensland.
- [31] VicRoads 2001, Traffic engineering manual, vol. 1, Ch 6 Lighting of roads, 3rd edn. VicRoads, Kew, Victoria.
- [32] VicRoads 2006, Traffic engineering manual, vol. 2, 3rd edn., chapter 17.4. Turn lanes. VicRoads, Kew, Victoria.
- [33] RTA 2002, Traffic Route Lighting Subsidy Scheme, traffic information downloads web page, Sydney, NSW.
- [34] Ian's Holland summer 2011 Blog - <http://eotrout.blogspot.cz/>
- [35] CROW Design Manual for Bicycle Traffic, 2007. English Language Edition.
- [36] Hendriks, R., 2010. "Twice Green Almost Always Feasible". Fietsberaad. 23 Jul 2011.
- [37] Fietsberaad. "Green Wave Raadhuisstraat". 5 May 2009. Fietsberaad. 23 Jul 2011.
- [38] Peter Koonce blog: Microwave Detector for Bicycle Traffic in Delft. 12 July 2011 - <http://koonceportland.blogspot.cz/2011/07/microwave-detector-for-bicycle-traffic.html>
- [39] Elvik, R., 2009. An exploratory analysis of models of estimating the combined effects of road safety measures, Accident Analysis and Prevention 41, s. 876 – 880.
- [40] ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic, včetně Změny 1, 2009.
- [41] ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích, 12/2007; Z1, 9/2001; Z2, 7/2012.
- [42] ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací, včetně Změny 1, 2010.
- [43] TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu. Brno, CDV, v. v. i., 2006.
- [44] TP 123 Zjišťování kapacity pozemních komunikací a návrhy na odstranění kongescí. Praha, CityPlan, spol. s r.o., 1999.
- [45] TP 135 Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích. V-projekt s.r.o., 2005.
- [46] TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací. VUT v Brně, ČVUT v Praze, SSŽ, a.s., ODS – Dopravní stavby Ostrava, a.s., 12/2004.
- [47] TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek. Plzeň, EDIP s.r.o., 2007.
- [48] TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích, 2. vydání. Plzeň, EDIP s.r.o., 2012.
- [49] TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy, 2. vydání. Plzeň, EDIP s.r.o., 2012.
- [50] TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek. Plzeň, EDIP s.r.o., 2011.
- [51] TP 235 Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek. Plzeň, EDIP s.r.o., 2011.
- [52] TP 236 Posuzování kapacity mimoúrovňových křižovatek. Plzeň, EDIP s.r.o., 2011.
- [53] Vyhláška č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb.

- [54] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS). Köln, 2001, Fassung 2005.
- [55] Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020, 2011.
- [56] Identifikace kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu. Brno, CDV, v. v. i., 2012.
- [57] Statistika nehodovosti, Policie ČR.
- [58] Expertní ceny OTSKP-SPK 2011, <http://www.rsd.cz/doc/Technicke-predpisy/OTSKP-SPK/otskpspk-expertni-ceny-2012>, 2011.

SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- [59] Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod. Brno, CDV, v. v. i., 2001.
- [60] Metodika sledování dopravních konfliktů, Česká technika - nakladatelství ČVUT, Ing. Josef Kocourek, Ph. D., 2011.
- [61] Metodika provedení a vyhodnocení dopravních průzkumů. Brno, CDV, v. v. i., 2012.
- [62] Metodika výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích. Brno, CDV, v. v. i., 2012.
- [63] Výpočet ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2011. Brno, CDV, v. v. i., 2012.
- [64] Metodika sledování dopravních konfliktů. Brno, CDV, v. v. i., 2013.
- [65] Bezpečnostní inspekce pozemních komunikací, metodika provádění. Brno, CDV, v. v. i., 2013.

SEZNAM POUŽITÝCH VZORCŮ

- (1) Srovnání 85% kvantilu s dovolenou rychlostí
- (2) Podíl překračování rychlosti
- (3) Odhad účinnosti kombinace 2 - 4 opatření
- (4) Odhad účinnosti kombinace 5 a více opatření
- (5) Odhad účinnosti kombinace se SSZ
- (6) Náklady za návrhové období
- (7) Úspora na nehodách při realizaci opatření za jeden rok
- (8) Úspora na nehodách při realizaci opatření za návrhové období
- (9) Návratnost vstupních nákladů
- (10) Celkové náklady
- (11) Ekonomické hodnocení
- (12) Posouzení efektivity opatření
- (13) Posouzení efektivity opatření
- (14) Srovnání ekonomické efektivity
- (15) Průnik intervalů ekonomické efektivity – prázdný
- (16) Průnik intervalů ekonomické efektivity – neprázdný
- (17) Srovnání odhadů účinností – výsledná varianta 1
- (18) Srovnání odhadů účinností – výsledná varianta 2

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BI	bezpečnostní inspekce
ČSN	česká technická norma
D	průměr
DN	dopravní nehoda

DZ	dopravní značení
E	ekonomické hodnocení ztrát z následků dopravních nehod nebo dopravních konfliktů [Kč]
EH	ekonomické hodnocení [Kč]
HD	hromadná doprava
H _e	ukazatel hustoty ztrát [Kč/rok] – průměrné roční ekonomické ohodnocení ztrát z následků DN
kpl	komplet
LED	dioda emitující světlo
M	podíl překračování rychlosti [%]
MD	Ministerstvo dopravy České republiky
MHD	městská hromadná doprava
n	četnost všech provedených měření [-]
n ₁	četnost rychlosti měření vyšší než je dovolená rychlost (počet hodnot, kdy naměřená rychlost je vyšší než dovolená) [-]
NK	neřízená křižovatka
N _v	vstupní náklady vynaložené na realizaci všech opatření v úpravě křižovatky včetně vyvolaných investic [Kč]
N _{vi}	vstupní náklady jednotlivých opatření [Kč]
N _z	náklady za návrhové období [Kč]
OK	okružní křižovatka
SDZ	svislé dopravní značení
SSZ	světlené signalizační zařízení, světelně řízená křižovatka
t	časové období sledování DN [roky]
T	návratnost nákladů na úpravy křižovatky [měsíce]
TP	technické podmínky
t _{SSZ}	doba funkčnosti SSZ [hod]
tz	návrhové období [roky]
t _{zi}	životnost jednotlivých opatření [roky]
U	úspora na nehodách při realizaci opatření za dobu jednoho roku [Kč/rok]
U _z	úspora na nehodách při realizaci úprav za návrhové období [Kč]
ÚKD	úroveň kvality dopravy
v ₈₅	85 % kvantil rychlosti,
VDZ	vodorovné dopravní značení
v _{lim}	dovolená rychlost na hlavní komunikaci,
VO	veřejné osvětlení
η	odhad účinnosti kombinace [-]
η _{bezSSZ}	odhad účinnosti opatření bez SSZ podle vzorce (3) nebo (4) [-]
η _{SSZ}	odhad účinnosti opatření včetně SSZ podle vzorce (3) nebo (4) [-]
η ₁ , η ₂	účinnost opatření č. 1, atd. [-]
η _{dom}	účinnost dominantního opatření (opatření s maximální účinností) [-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Příklad stykové rozlehlé křižovatky	8
Obrázek 2 Schéma postupu řešení křižovatky	11
Obrázek 3 Kolizní body na jednotlivých typech křižovatek	13
Obrázek 4 Příklad kolizního diagramu	15

Obrázek 5 Příklad diagramu dopravních konfliktů	17
Obrázek 6 Zjednodušené schéma provozu na neřízené úrovňové křižovatce s označenou předností v jízdě (viz TP 188 [47]).....	20
Obrázek 7 Zjednodušené schéma provozu na okružní křižovatce s detailem vjezdu (viz TP 234 [50])	21
Obrázek 8 Schéma výběru variant na základě základního posouzení kapacity	23
Obrázek 9 Rozčlenění nákladů vydaných za dopravní nehody	39
Obrázek 10 Stav křižovatky před úpravou - Bedřichovice – pohled ve směru na Brno	53
Obrázek 11 Kolizní diagram křižovatky II/430 x III/4171 x III/37570 - Bedřichovice	54
Obrázek 12 Kartogram intenzit všech motorových vozidel ve špičkové hodině (voz/h) před úpravou - Bedřichovice	54
Obrázek 13 Stávající stav - Rajhrad	60
Obrázek 14 Diagram konfliktů - Rajhrad	60
Obrázek 15 Kartogram intenzit na křižovatce ve špičkové hodině (voz/h) - Rajhrad	61
Obrázek 16 Schéma značení větví	66
Obrázek 17 Ukázka schématu H1-V1-H2-V2 - počet řadicích pruhů 2-1-1-2	67
Obrázek 18 Ukázka schématu H1-V-H2 - počet řadicích pruhů 1-2-2	67

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Orientační maximální kapacity různých typů křižovatek (Převzato z ČSN 73 6102, upřesněno)	19
Tabulka 2 Očekávané snížení počtu nehod a životnost jednotlivých opatření	28
Tabulka 3 Obsahově závazný formulář pro srovnání variant	50
Tabulka 4 Orientační ceny stavebních úprav dle třídníku OTSKP – SKP – Expertní ceny ŘSD 2011 [58]	52
Tabulka 5 Vyhodnocení rychlosti před úpravou - Bedřichovice	53
Tabulka 6 Kapacita křižovatky před úpravou - Bedřichovice	54
Tabulka 7 Návrh opatření pro neřízenou křižovatku - Bedřichovice	55
Tabulka 8 Kapacita křižovatky před úpravou - Rajhrad	61
Tabulka 9 Kvalita dopravy před úpravou - Rajhrad	61
Tabulka 10 Návrh opatření pro neřízenou křižovatku - Rajhrad.....	62
Tabulka 11 Hodnoty koeficientu a – průsečné křižovatky	66
Tabulka 12 hodnoty koeficientu a - styková křižovatka	67
Tabulka 13 Hodnoty limitní intenzity dopravy I_l - průsečné křižovatky	67
Tabulka 14 Hodnoty limitní intenzity dopravy I_l - stykové křižovatky.....	67

Tabulka 15 Odpovídající schéma počtu řadicích pruhů v průsečné křižovatce	68
Tabulka 16 Zjednodušené posouzení výkonnosti průsečné křižovatky, příklad 1	68
Tabulka 17 Zjednodušené posouzení výkonnosti průsečné křižovatky, příklad 2	69

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Ekonomické hodnocení - prázdné intervaly	36
Graf 2 Ekonomické hodnocení - překrývající se intervaly	36
Graf 3 Srovnání ekonomického hodnocení - Bedřichovice.....	58
Graf 4 Srovnání ekonomického hodnocení - Rajhrad	65

Název: **Metodika popisující postup pro úpravu křižovatek**
Poskytovatel dotace: Technologická agentura ČR v rámci projektu č. TA01031303: EFEKTIV - „Výzkum efektivity vhodných úprav na rozlehlých křižovatkách pomocí analýzy dopravně-inženýrských parametrů“
Rok vydání: 2013
Místo: Brno
Zhotovitel: **Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.**, (IČ: 44994575)
Líšeňská 33a, 636 Brno
Odpovědný řešitel: Ing. Radim Striegler
Další řešitelé: Ing. Veronika Valentová, Ing. Lucie Vyskočilová, Ing. Jan Novák
Další účastník projektu: **EDIP, s.r.o.**, (IČ: 25462482)
Hálkova 1203/32, 301 00 Plzeň
Odpovědný řešitel: Ing. Aleš Richtr
Další řešitelé: Ing. Jan Martolos, Jakub Uhlík, DiS.
Oponenti: Ing. Vlasta Michková, Ředitelství silnic a dálnic ČR
Ing. Bc. Dagmar Kočárková, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta
dopravní, Ústav dopravních systémů