



však neroste kvalita jejich uspořádání).

Cílem studie bylo zjistit poměr nákladů a výnosů přestavby čtyřramenné průsečné křižovatky bez světelné signalizace v zastavěném území na křižovatku okružní. Údaje o posuzovaných křižovatkách byly získány z projektu BESIDIDO, což je výzkumný projekt financovaný Ministerstvem dopravy, jehož zpracovatelem je CDV a ČVUT. Cílem BESIDIDA bylo vyhodnotit vliv realizovaných dopravně-inženýrských opatření na nehodovost.

## Popis zkoumaného vzorku

Zkoumaný vzorek obsahuje osm původně čtyřramenných průsečných křižovatek, které byly v letech 1998 - 2002 přestavěny na křižovatky okružní. Všechny křižovatky se nacházejí ve městech s počtem obyvatel menším jak 70 000.



Obrázek 1: Příklady okružních křižovatek ze zkoumaného vzorku. Vlevo - Lázně Bohdaneč; vpravo - Ždírec

Zdroj: CDV (projekt Besidido, 2004)

Stručný popis zkoumaného vzorku a dostupných dat je v tabulce 1.

Tab. 1: Popis zkoumaného vzorku

Lokalita	Počet obyvatel	Nehodová data před přestavbou	Rok přestavby*	Nehodová data po přestavbě	Cena přestavby (Kč)
1. Česká Lípa	40 000	1995-1997	1998	1999-2000	xxx
2. Chlumeck nad Cidlinou	5 000	2000	2002	2003	xxx
3. Chrudim	25 000	2000-2001	2002	2003	xxx
4. Lázně Bohdaneč	3 500	2000-2002	2003	2004	10 000 000,-
5. Litomyšl	10 000	1999 - 2000	2001	2002	xxx
6. Most	70 000	1999	2000	2001-2003	6 000 000,-
7. Tábor	37 000	1996-1997	1998	1999-2000	xxx
8. Ždírec	3 000	2000-2001	2002	2003-2004	xxx

Zdroj: CDV (projekt Besidido, 2004)

\* nehodová data z roku přestavby nejsou do analýzy započítávána

Všechny křižovatky jsou „typické“ malé čtyřramenné okružní křižovatky projektované dle relevantních technických předpisů. Důvodem pro jejich výstavbu byl ve většině případů požadavek na zvýšení kapacity a na zlepšení bezpečnosti provozu.

## Cílová skupina nehod

Realizace okružní křižovatky má ve většině případů pozitivní vliv na úroveň nehodovosti na řešené lokalitě. 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 pro cyklisty.

Jako cílová skupina nehod (tj. těch nehod, na něž má zkoumané opatření vliv) byla zvolena skupina všech nehod, které byly na křižovatce zaznamenány, neboť utváření okružní křižovatky má vliv na všechny typy nehod. Zkoumaný vzorek obsahoval osm přestavěných křižovatek. Na základě dat o nehodovosti před realizací okružních křižovatek byla stanovena "průměrná nehoda" na průsečné křižovatce jako nehoda, při které se stane 0.004 úmrtí, 0.04 těžké zranění, 0.19 lehké zranění a se škodou na majetku v průměru 27 000,-Kč. Finanční vyjádření takovéto nehody je 225 000,-Kč (v cenách za rok 2002) [Socio-ekonomické hodnocení dopravních nehod; Koňárek, 2003].

## Metoda výpočtu poměru nákladů a výnosů - CBA

Nejvhodnější a nejkomplexnější metodou pro výpočet poměru výnosů a nákladů je provedení kompletní CBA, při které jsou kromě vlivu opatření na nehodovost zkoumány a zhodnocovány také jeho vlivy na životní prostředí a mobilitu, popřípadě další vedlejší vlivy. Kvalita dostupných dat bohužel nedovolila tak kompletní analýzu provést, takže byl analyzován pouze vliv okružních křižovatek na nehodovost.

Analýza byla provedena metodou kombinující srovnání nehodovosti před a po realizaci okružní křižovatky s porovnáním nehodovosti většího vzorku průsečných křižovatek s podobnými dopravně-inženýrskými charakteristikami, jaké vykazují křižovatky ve zkoumaném vzorku, které však nebyly přestavěny na okružní křižovatky (tzv. srovnávací skupina). Důvodem pro toto porovnání je snaha zachytit v analýze vliv dlouhodobého vývoje nehodovosti - trendu nehodovosti. V tomto výpočtu byla jako srovnávací skupina zvolena skupina všech čtyřramenných průsečných křižovatek v ČR.

Cílem výpočtu bylo nalézt počet nehod, kterým bylo zabráněno přestavbou zkoumaných průsečných křižovatek na křižovatky okružní. Nehodová data "před" a "po" realizaci byla známa jak pro křižovatky ze zkoumaného vzorku, tak i pro křižovatky ze srovnávací skupiny. Pro každou zkoumanou lokalitu byl vypočten vliv  $\theta$  přestavby na okružní křižovatku na nehodovosti. Do výpočtu byl zakomponován pravděpodobnostní poměr ze srovnávací skupiny. Nebyla provedena korekce způsobená změnou dopravních intenzit, takže  $\delta = 1$ . Vzorec pro výpočet vlivu na nehodovost ( $\theta$ ) má tento tvar:

$$\theta = \frac{X_a}{X_m} \frac{C_a}{C_b} \delta$$

kde

- $X_a$  počet nehod na sledované lokalitě v období po realizaci okružní křižovatky,
- $X_m$  počet nehod na sledované lokalitě v období před realizací okružní křižovatky,
- $C_a$  počet nehod ve srovnávací skupině v období po realizaci okružní křižovatky,
- $C_b$  počet nehod na sledované lokalitě v období před realizací okružní křižovatky

Přiřazení váženého průměrného vlivu (WME - weighted mean effect) přestavby pro každou lokalitu je provedeno dle následujícího vzorce, kdy statistická váha jednotlivých výsledků je definována velikostí souboru dat, z kterých byl získán výsledek.

$$WME = \exp\left(\frac{\sum_i w_i \ln(\theta_i)}{\sum_i w_i}\right) \quad w_i = \frac{1}{VAR(\log(\theta_i))} = \frac{1}{\frac{1}{X_a^i} + \frac{1}{X_b^i} + \frac{1}{C_a^i} + \frac{1}{C_b^i}}$$

kde

$\delta_i$  vliv na nehodovost na lokalitě  $i$ ,

$w_i$  statistická váha odhadu  $i$ ,

$X_a^i$  počet nehod na lokalitě  $i$  v období před realizací,

$X_b^i$  počet nehod na lokalitě  $i$  v období po realizaci,

$C_a^i$  počet nehod ve srovnávací skupině v období po realizaci (pro lokalitu  $i$ ),

$C_b^i$  počet nehod ve srovnávací skupině v období před realizací (pro lokalitu  $i$ )

95% pravděpodobnostní interval pro vážený průměrný vliv je počítán takto:

$$\left( WME \exp\left(\frac{z_{\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{\sum_i w_i}}\right), WME \exp\left(\frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{\sum_i w_i}}\right) \right)$$

Redukce nehodovosti (V) se vyjádří v procentech dle vzorce

$$V = (1-WME)*100$$

## KVANTIFIKACE ANALÝZY

### Jednotka implementace

Jednotkou implementace je čtyřramenná okružní křižovatka.

### Typická cena 1 jednotky implementace

Typická cena jednotky implementace (tzn. náklady na přestavbu průběžné křižovatky na křižovatku okružní) byla odhadnuta na 9 000 000,-Kč v cenách z roku 2002. Tento odhad je založen na datech získaných v rámci projektu BESIDIDO. Do této ceny nebyla započítána cena údržby, neboť se předpokládá, že cena údržby je pro průběžnou a okružní křižovatku shodná.

### Doba trvání vlivu opatření

Doba trvání vlivu opatření byla stanovena na 20 let.

### Diskontní sazba

Diskontní sazba byla stanovena na 5%. Tato hodnota je založena na doporučení z projektu ROSEBUD. Všechny ceny jsou přepočteny na cenovou úroveň roku 2002.

### Cena typické nehody na čtyřramenné průběžné křižovatce

Finanční vyjádření takovéto nehody je vyjádřeno částkou 225 000,-Kč (v cenách za rok 2002).

### Vliv na nehodovost

Cílem bylo zjistit počet nehod, kterým bude zabráněno přestavbou křižovatky průběžné na okružní (týká se pouze křižovatek z analyzované skupiny)

Tab. 2: Data nutná pro výpočet

číslo lokality	Počet nehod		Srovnávací skupina - počet nehod		Odhad vlivu $\theta_i$	Statistická váha odhadu $w_i$
	Před (počet let)	Po (počet let)	před	po		
1	85 (3)	24 (2)	57810	34356	0,475	18,699
2	5 (1)	5 (1)	17409	16695	1,04	2,5
3	36 (2)	3 (1)	34135	16695	0,17	2,768
4	13 (3)	5 (1)	50861	16600	1,178	3,61
5	2 (2)	1 (1)	34356	16726	1,027	0,666
6	10 (1)	4 (3)	16947	50147	0,135	1,428
7	27 (2)	29 (2)	38810	34356	1,213	13,971
8	19 (2)	1 (2)	34135	33295	0,054	0,949

Tab. 3: Průměrný vliv na nehodovost

Průměrný vliv (WME)	Pravděpodobnostní interval WME	Počet lokalit ve zkoumaném vzorku	Celkový počet nehod na lokalitách
0,624	(0.465, 0.836 )	8	197

Průměrná redukce nehodovosti  $V$  na jedné lokalitě spočtená dle  $V = (1 - WME) \times 100 = (1 - 0,624) \times 100 = 37,6\%$ . Na každé z 8 zkoumaných lokalit tedy došlo v průměru k 37,6% snížení nehodovosti.

Tab. 4: Snížení nehodovosti

Číslo lokality	Průměrný roční počet nehod před přestavbou	Počet nehod, kterým bylo přestavbou zabráněno (37,6%)
1	28,3	10,64
2	5	1,88
3	18	6,77
4	4,3	1,62
5	1	0,37
6	10	3,76
7	13,5	5,08
8	9,5	3,57
		$\Sigma = 33,7$

Celkový počet nehod, kterým bylo zabráněno na všech 8 lokalitách, vynásobený průměrnou cenou nehody, je  $33,7 \times 225\,000 = 7\,582\,500,-$  Kč. Na jedné lokalitě bylo díky přestavbě v průměru ročně "zachráněno" téměř 1 000 000,-Kč.

## Výsledek

Celkové finanční vyjádření nehod, kterým bude na 1 lokalitě zabráněno v posuzovaném období 20 let je 13 320 000,-Kč (cena z roku 2002). Neboť cena jedné jednotky implementace je odhadnuta na 9 000 000,-Kč, je poměr nákladů a výnosů přestavby křižovatky průsečné na okružní **1/1.5**

## Závěr

Kvůli nedostatku využitelných dat nebylo možné provést kompletní analýzu nákladů a výnosů. Použitou metodu výpočtu lze nazvat "mini cost-benefit analýzou", neboť byly započítány vlivy přestavby křižovatky pouze na nehodovost. Vlivy na životní prostředí a mobilitu nebyly brány v potaz. Výsledky analýzy ukazují pozitivní vliv na nehodovost (redukce nehodovosti o 37.6%) při přestavbě čtyřramenných průsečných křižovatek na okružní křižovatky a to, že přestavba je z dlouhodobého hlediska ekonomicky výhodná.

Kromě seznámení s případovou studií výpočtu mini-CBA bylo cílem tohoto článku také upozornit na to, že vyhodnocování účinnosti dopravně-bezpečnostního opatření není možné zjednodušit na porovnání absolutního počtu nehod před a po realizaci opatření, nýbrž je nutné zohlednit taktéž dlouhodobý trend nehodovosti (použití srovnávací skupiny) a v ideálním případě také vliv intenzity dopravy na počet nehod, popř. další vedlejší vlivy.

## Zdroje

- [Český statistický úřad](#)
- Koňárek (2003): Socio-ekonomické ztráty způsobené nehodovostí, 2002
- Policie ČR (2003): Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice, 1999 – 2003.
- Rosebud (2004): WP3 – The Use of Efficiency Assessment Tools: Solution to Barriers
- Rosebud (2005): WP4 – Testing the efficiency assessment tools on selected road safety measures