

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

**ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

**Ing. Bc. MAREK SEMELA**

**Komplexní systém pro analýzu silniční nehody  
- střet dvou automobilů na křižovatce**

**Complex System of Traffic Accident Analysis  
- Collision of Vehicles on the Crossroad**

**zkrácená verze PhD Thesis**

Školitel: Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

Oponenti: X

Datum obhajoby: X

Obor: 3917V001 Soudní inženýrství

**Brno, říjen 2009**

**Klíčová slova:**

Analýza silničních nehod, střet vozidel, komplexní systém

**Key words:**

Analysis of traffic accidents, collision of vehicles, complex system

**Místo uložení práce:**

Ústav soudního inženýrství VUT v Brně

## Obsah

1 ÚVOD.....	5
2 CÍL PRÁCE.....	5
3 SOUČASNÝ STAV .....	6
3.1 Zpětný výpočet pohybu.....	6
3.2 Dopředný výpočet pohybu .....	7
3.3 Technická interpretace výsledků a analýza možností odvrácení střetu .....	8
4 KOMPLEXNÍ SYSTÉM ANALÝZY .....	8
4.1 Definice, vstupní veličiny, společné přístupy k řešení, rozdělení a metodologie .....	8
4.2 Systemizace střetů vozidel na křižovatkách a společné zásady .....	9
4.3 Systém otázek znalci k nehodě na křižovatce .....	13
4.4 Minimální nezbytné podklady .....	15
4.5 Návrh skladby znaleckého posudku v případě střetu vozidel na křižovatce.....	16
4.6 Vyhodnocení nesprávných postupů a formulace základních zásad .....	16
4.7 Provedení a vyhodnocení série měření obvyklého chování řidičů v křižovatkách.....	20
4.8 Výstupy z řešení, posouzení jejich technické přijatelnosti a interpretace řešení .....	21
5 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE.....	23
SEZNAM PŘÍLOH .....	26
POUŽITÁ LITERATURA .....	27
ABSTRACT .....	33
PŘÍLOHY	



# 1 ÚVOD

Cílem, pro který jsou zadávány a vypracovávány znalecké posudky, je zodpovězení otázek položených zadavatelem. K této, zpravidla závěrečné, fázi znaleckého posudku vede obtížná cesta, a její průběh a kvalita ovlivňuje konečný výsledek.

K tomuto účelu se jako nejlepší řešení jeví vypracování určitých ucelených, pokud možno univerzálních, systémů (standardů, metodik), sloužících jako podklad a návod optimálního postupu pro znalce při řešení každého konkrétního typu silniční nehody, ale i pro přiblížení problematiky analýzy nehod zainteresované veřejnosti.

Využití předmětné práce a jejích výsledků je především směřováno do oblasti soudně znalecké technické analýzy silničních nehod, tedy do oblasti znaleckých postupů, zkoumání, popisu metod řešení technickým znalcům ve formě doporučení ke zkvalitnění a sjednocení výsledků znaleckého zkoumání ke snadnějšímu vyhodnocení práce znalce s důrazem na řešení střetů vozidel na křižovatce. Metodika by však mohla být v neposlední řadě směřována i zadavatelům posudků, aby si udělali podrobnou představu o tom, co lze po technickém znalci požadovat. Metodika bude obsahovat i výstupy z provedených měření a návrhy.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je analýza a aplikace dostupných metod současného znaleckého řešení střetu vozidel, s důrazem na střety vozidel na křižovatce. Dalšími cíli jsou:

- definice pojmu komplexní systém a komplexní analýza dopravní nehody,
- definice některých technicky přijatelných rozmezí vstupních veličin,
- formulace doporučení k vhodnosti jednotlivých metod řešení nehody na křižovatce,
- formulace přístupů, které jsou společné u nehod na křižovatce,
- dále systemizace nehod na křižovatkách z pohledu technického znalce,

- formulace minimálních nezbytných požadavků na vstupní data,
- formulace otázek pokládaných znalci v případě nehody na křižovatce,
- návrh skladby znaleckého posudku v případě nehody na křižovatce,
- vyhodnocení nesprávných postupů, používaných v praxi a formulace doporučení,
- provedení série měření obvyklých, nikoliv maximálních, rozjezdů vozidel v křižovatce, popř. doporučení znalci k vhodnosti metod znaleckého experimentu,
- interpretace řešení technické analýzy a možné právní pohledy na závěry znaleckých zkoumání,
- a pokud možno vytvoření metodiky, popř. metodik, znaleckého zkoumání v případě nehod vozidel na křižovatce.

### **3 SOUČASNÝ STAV**

Neexistuje obecná ucelená metodika pro řešení dopravních nehod – střetů dvou vozidel, tedy ani její konkrétní výseč – střety vozidel na křižovatkách. Znalci v takových případech využívají standardních postupů řešení střetu, tj. na základě základních fyzikálních zákonů, jako jsou Newtonovy zákony a zákony zachování energie, hybnosti, točivosti. Nehody na křižovatce k tomu mají svá specifika.

V současné době jsou možné dva základní způsoby řešení pohybu vozidel, a to zpětné a dopředné přístupy k řešení.

#### **3.1 ZPĚTNÝ VÝPOČET POHYBU**

Zpětné přístupy (tzv. „metoda zpětného odvíjení děje“) jsou takové, kdy řešitel postupuje od konce nehodového děje po jeho počátek, ze známých charakteristik (např. konečná poloha vozidel po nehodě, délka a poloha zanechaných stop a jejich charakter atd.) zjišťuje neznámé, tedy například z délky výběhového pohybu po střetu řešitel zjišťuje parametry těsně po střetu, resp. před střetem. Tyto

metody jsou charakteristické pro ruční řešení, popřípadě analýzu, s pomocí tabulkového procesoru. Mezi zpětné přístupy řešení střetu vozidel by bylo možno zařadit také metodu DRHI (diagram rovnováhy hybností a impulsů), resp. modifikovaný diagram (MDRHI), metodu rhomboidního řezu (DRRHI-diagram rovnováhy rotačních hybností a impulsů), metodu energetického prstence, metodu průniku pásem, popřípadě metodu ZZH+ZZE (kombinace zákona zachování hybnosti a zákona zachování energie) a kombinace uvedených metod.

### 3.2 DOPŘEDNÝ VÝPOČET POHYBU

Dopředné přístupy naopak pomocí variace vstupních hodnot postupují od počátku nehodového děje po jeho konec s využitím matematických modelů střetu a pohybu vozidel. Tyto metody jsou charakteristické pro řešení střetu s podporou simulačních programů, které umožňují rychlou a jednoduchou variaci vstupních parametrů za současného sledování parametrů výstupních.

V současné době se v Evropě k dopřednému řešení střetu a pohybu vozidel, střetu vozidel s chodci, motocykly, jízdními koly používají nejčastěji programy PC-Crash [14], Virtual CRASH [17], Carat, SMAC, Analyzer Pro, apod. Pro expertní řešení samotného střetu je ještě rozšířen vynikající program Impulz Expert [15]. Dalším pomocníkem znalci může být např. Servisní balíček pomocných výpočtů znalce Ing. Iva Drahotského, Ph.D. (kinematika), Databáze informací a postupů od Ing. Vlastimila Rábka, Ph.D., slovenské aplikace Ing. Pavola Kohúta Ph.D., Databáze znalce, databáze s odkazy na [www.colliseum.de](http://www.colliseum.de), program od Dr. Unarskiho z Polska nazvaný RWD sloužící k analýze nehody zpětným přístupem, sebrané dynamické hodnoty Dynamika Prof. Ing. Pavla Pustiny, Ph.D, nebo MS-Excelové aplikace užitečných a častých výpočtů od Ing. Jana Kubelky apod.

Z ostatní simulačních programů, které slouží k dopřednému řešení nehodového děje, jmenuji např. německý CARAT (Computer Aided Reconstruction of Accidents in Traffic), rakouský ANALYZER, americký SMAC (Simulation Model of Automobile Collisions), americký HVE, SIMON a polský V-SIM. Dále

např. biomechanická řešení programy GATB, nebo EDHIS. Pro grafickou výpomoc a výpomoc při časovém zabránění nehody jsou zejména v Polsku užívány programy Titan a Slibar+.

### **3.3 TECHNICKÁ INTERPRETACE VÝSLEDKŮ A ANALÝZA MOŽNOSTÍ ODVRÁCENÍ STŘETU**

Po vlastním řešení nehodového děje má znalec za úkol zpravidla posoudit možnosti, za jakých bylo možno nehodě zabránit. Mezi technickou interpretaci výsledků patří mimo jiné i posouzení výhledových poměrů na místě nehody, popřípadě u nehod na světelných křižovatkách také zhodnocení řešení ve vztahu k signálnímu plánu křižovatky.

Možnost odvrácení střetu se v simulačních programech při střetech vozidel na křižovatce řeší z původně vypočtených parametrů pohybu nejčastěji dopředně kineticky změnou rychlosti na počátku reakce, změnou parametrů akcelerace rozjíždějícího vozidla, popřípadě změnou směru pohybu resp. uvážením jiného chování řidiče.

## **4 KOMPLEXNÍ SYSTÉM ANALÝZY**

### **4.1 DEFINICE, VSTUPNÍ VELIČINY, SPOLEČNÉ PŘÍSTUPY K ŘEŠENÍ, ROZDĚLENÍ A METODOLOGIE**

Systémový přístup k řešení je zobecnělá tvůrčí metodologie myšlení a konání a posloupností postupů, aplikovaná na reálné nebo abstraktní objekty. K úspěšnému zvládnutí tohoto cíle je třeba postupovat krok za krokem od vzniku dopravní nehody až po zodpovězení položených otázek, tj. vyřešení znaleckého problému, resp. úlohy znalce.

Analýza nehod je typem řešení rekonstruktivního technického problému, jehož cílem je stanovení příčiny vzniku negativního jevu. Znalecký posudek obsahuje v různém poměru prvky odborné a vědecké práce a kromě specifických vlastností musí obsahovat i vlastnosti věrohodnosti, systémovosti, účelovosti,

kauzality, komplexnosti, úplnosti a přiměřené jednoznačnosti. Znalecký problém ve vztahu k technické analýze nehody je velmi variabilní a obsahuje i mnoho netechnických příčin, které mohou přispět ke vzniku negativních jevů.

V případě dopravní nehody za účasti vozidla je možno za objekt považovat samotné vozidlo. Soustavu nehodového děje za účasti vozidla tvoří tyto prvky **člověk, vozidlo a okolí**. Tyto prvky jsou v disertační práci popsány včetně vzájemných vazeb při nehodovém ději.

Úkolem technického znalce je nalézt a popsat tyto interakce soustav.

K řešení nehodového děje je třeba systematické vymezení postupů „krok za krokem“ a volba způsobů řešení. Při řešení nehody je třeba postupovat systematicky; mezníkem v řešení je samotný střet vozidel, který dělí nehodový děj na dvě samostatné části, a to pohyb postřetový a předstřetový, což je společné pro zpětný i dopředný způsob výpočtu.

V této disertační práci jsou mj. shrnuta dostupná data týkající se technicky přijatelných rozmezí jednotlivých vstupních hodnot.

## 4.2 SYSTEMIZACE STŘETŮ VOZIDEL NA KŘÍŽOVATKÁCH A SPOLEČNÉ ZÁSADY

Doposud nebyly konkrétní nehody vozidel na křižovatkách systemizovány. Nejčastější nehody vozidel na křižovatkách si dovoluji systemizovat podle vzájemných střetových poloh vozidel a charakteru nehodové situace na:

- A) Střety „o přednosti v jízdě“ – typické u úrovňového křížení silnic a u nehod na kruhových objezdech,
- B) Střety „odbočovací“ – zejména předjíždění vozidla odbočujícího vlevo,
- C) Střety „o brzdění“ – vozidla jedoucí za sebou,
- D) „Ostatní“ střety na křižovatkách – otáčení, couvání, pojistné podvody atd.

Typ střetu	Popis	Poznámka
A	Nedání přednosti v jízdě	Typické u úrovňového křížení silnic a u nehod na kruhových objezdech
B	Střety při odbočování vlevo	<b>Ba)</b> Předjíždění vozidla odbočujícího vlevo (vozidla jedoucí za sebou)

		<b>Bb)</b> Střet s protijedoucím vozidlem při odbočování vlevo
<b>C</b>	Nedodržení bezpečné vzdálenosti	Vozidla jedoucí za sebou
<b>D</b>	Ostatní	Střety při otáčení, couvání, čelní střety, pojistné podvody apod.

#### 4.2.1 Střety „o přednosti v jízdě“ a střety „odbočovací“ tj. typu A+B

Střety „o přednosti v jízdě“ jsou typické právě u úrovnových křižovatek silnic, kdy je přednost v jízdě upravena svislým dopravním značením, světelnou signalizací (SSZ) nebo v případě křižovatek bez svislého značení „předností zprava“. Tyto nehody jsou nejčastějšími a základními typy nehod na křižovatkách, kdy kolizní situace vznikají křížením koridorů pohybu jednotlivých vozidel. Typickým příkladem předmětného střetu je střet po hlavní silnici jedoucího vozidla, kolidujícího s vozidlem, rozjíždějícím se z úhlu blízkého *90 stupňům* (nejčastěji *70 až 120 stupňů*) z vedlejší silnice, které hlavní silnici přejíždí nebo na ni odbočuje vlevo či vpravo letmo. Dalším samostatným typem nehod na křižovatce jsou nehody na kruhových objezdech.

Úkolem znalce je v takovém případě popsat interakci vozidel, zjistit jejich rychlosti a polohy. V případě nehod na kruhových objezdech je nejdůležitějším úkolem posoudit, které z vozidel vjelo na kruhový objezd dříve, popřípadě posoudit v závislosti na konstrukčním uspořádání kruhového objezdu polohy vozidel v rozhodných okamžicích, pokud je to možné. Střety „odbočovací“ jsou na jedné straně typické u předjíždění ve spojitosti s odbočováním (typ Ba) a na straně druhé jsou typické pro střet vlevo odbočujícího vozidla s vozidlem protijedoucím (typ Bb).

V případě prvního typu střetů dochází nejčastěji k situacím, kdy vozidlo jedoucí po hlavní silnici jako první v pořadí začne odbočovat vlevo a vozidlo jedoucí za ním druhé nebo další v pořadí jej předjíždí. Otázkou pro technického znalce v celém řešení tohoto typu nehody je zejména posouzení, zda začalo dříve odbočování vlevo, nebo předjíždění.

V případě druhého typu se jedná o střety, kdy vozidlo odbočující z hlavní silnice vlevo vjede do koridoru vozidlu protijedoucímu a dojde ke střetu. Zde je také

otázkou právní posouzení „přednosti v jízdě“, otázku technickou je popis pohybu obou vozidel v celém průběhu nehody, tedy od okamžiku, kdy se řidič rozhodne odbočit vlevo, do konečných poloh, zejména s cílem posoudit rozhodné okamžiky a rychlosti vozidel v těchto okamžicích, stejně jako u prvního typu.

Postup řešení problému nejen dopředným přístupem je součástí této práce v *příloze č. 1* ve formě vývojového diagramu.

Výsledkem analýzy střetu, pohybu po střetu a před střetem, včetně analýzy možností odvrácení nehody, by mělo být vyjádření k technické příčině nehody, pokud je to možné.

#### **4.2.2 Střety „o brzdění“ tj. typu C**

Postup řešení problému nejen dopředným způsobem je součástí této práce v *příloze č. 2* ve formě vývojového diagramu.

Střety o brzdění jsou typické ve městech v blízkosti:

1. světelných křižovatek, kdy řidič prvního vozidla zareaguje na signál světelného signalizačního zařízení a řidič druhého vozidla buď nezareaguje dost brzy, nebo nedodrží před svým vozidlem takovou vzdálenost, která by mu umožnila bezpečné zastavení za prvním vozidlem, nebo bezpečné vyhnutí,
2. v blízkosti ostatních křižovatek, např. při „náhlé“ reakci řidiče prvního vozidla způsobené např. situací na přechodu pro chodce nebo snahou na poslední chvíli odbočit vpravo, na což řidič zadního vozidla často nestačí z různých příčin zareagovat.

Dále lze do střetů „o brzdění“ zařadit také hromadné nehody více než dvou vozidel jedoucích za sebou (řetězové havárie). Vzájemné střetové rychlosti lze určit většinou pouze jako relativní jednoho vozidla vůči jinému, pokud se nepodaří jednoznačně prokázat, že některé z vozidel stálo. Jak bylo pojednáno výše, pro tento typ střetu v případě zpětného přístupu k řešení se hodí použití metod ZZE+ZZH nebo průniku pásem. V případě střetů „o brzdění“ je cílem zjistit střetové parametry

vozidel, zjistit možnosti, jaké měli řidiči k odvrácení nehody, a stanovit technickou příčinu nehody. Vždy je v těchto případech na místě provést výpočet bezpečné vzdálenosti v závislosti na reakční době a zpomalení vozidel. Domnívám se, že vyhodnocení toho, zda vznikla náhlá nebo neočekávaná překážka, je v kompetenci znalce a nejedná se o právní, ale technické hodnocení vzniku nehodového děje.

#### **4.2.3 Ostatní střety na křižovatkách – tj. typ D**

Mezi tzv. ostatní střety lze zařadit např. kolize při změnách směrů jízdy při malých rychlostech (parkování na křižovatkách v obchodních centrech), kolize s vozidly parkujícími podélně s osou vozovky, kolize při vyjíždění, otáčení a kolize s částmi vozidel, např. otevřenými dveřmi. Častými střety jsou drobné kolize bez viditelných poškození na karoseriích při malých rychlostech. Samostatnou problematikou, která se však velmi často vyskytuje a je nutno ji analyzovat, je problematika pojistných podvodů.

#### **4.2.4 Nehody na světelných křižovatkách**

Na těchto křižovatkách dochází nejčastěji ke střetům v důsledku průniků koridorů pohybů vozidel z různých směrů v důsledku toho, že jedno z vozidel „nerespektuje signál světelného signalizačního zařízení“. Lze tedy v první řadě hovořit o „střetech přednosti v jízdě a střetech odbočovacích“, ale vyskytují se také střety „o brzdění“. V případě nehody na světelné křižovatce, na které bylo v době nehody v provozu světlené signalizační zařízení (dále jen SSZ), je nutno postupovat následovně:

1. Analyzovat nehodový děj bez ohledu na stav a nastavení SSZ, a to jak postřetový pohyb, střet, tak i předstřetový pohyb na základě technicky přijatelných podkladů, tak jak již bylo výše uvedeno.
2. Důkladně analyzovat signální plán ve vztahu k situačnímu plánu SSZ. V případě dynamicky řízených křižovatek je nutné zjistit aktuální nastavení pro jednotlivé směry v době nehody.

3. Vytyčení technických předpokladů či omezení, na základě kterých je možno přiřadit signální plán analyzované dopravní nehodě, popřípadě formulování variant řešení.
4. Přiřazení signálního plánu analyzované dopravní nehodě - společné řešení za předpokladu úspěšného přiřazení. Takové řešení lze provést např. pomocí tabulkového procesoru MS-Excel s časově variantním nastavením signálů SSZ. Touto variací lze vyhodnotit i další možné přiřazení, popřípadě je vyloučit.
5. Analýza možnosti zabránění nehodě. V případě křižování koridorů pohybu se jeví jako nezbytné analyzovat takové možnosti zabránění, zda by k nehodě došlo za předpokladu, kdyby řidič projíždějící hranicí křižovatky reagoval na končící zelený signál po uplynutí obvyklé reakční doby brzděním s předepsaným nebo polovičně dosažitelným zpomalením z vypočtené nebo „nejvyšší dovolené“ rychlosti.

V současné době jsou mnohé křižovatky ve větších městech vybaveny kamerovými systémy. Pokud má znalec podklady z kamerového systému k dispozici, jsou podstatným podkladem pro provedení analýzy nehodového děje, nebo aspoň ověření výsledků.

### **4.3 SYSTÉM OTÁZEK ZNALCI K NEHODĚ NA KŘÍŽOVATCE**

#### **4.3.1 Znalecký posudek jako důkazní prostředek**

Znalecký posudek je specifickým druhem důkazního prostředku, k jehož zpracování je třeba odborných znalostí, na druhé straně musí být zpracován formou přijatelnou a pochopitelnou pro rozhodovací orgán. Rozhodovací orgány mají za cíl zjistit skutkový stav věci a v případě, že se obrátí na znalce, skladba položených otázek musí vést k tomu, aby rozhodovací orgán mohl důkaz znaleckým posudkem považovat za přínosný při svém rozhodnutí.

#### **4.3.2 Pojem komplexní analýzy**

Komplexní analýzu nehodového děje lze definovat jako:

- *Podrobný, znalcem provedený, slovní a grafický popis pohybu účastníků s důrazem na jednotlivé fáze nehody, vyhovující všem technicky přijatelným podkladům ze spisového materiálu, který musí obsahovat minimálně intervalový diagram charakterizující polohy jednotlivých prvků (účastníků) v rozhodných okamžicích nehodového děje a který musí být kdykoliv reprodukovatelný.*

### ***Typy otázek pokládaných znalci zadavatelem v případě střetů na křižovatce***

**A. Technické otázky obecné**, které souvisejí s technickým popisem nehodového děje, tedy s polohou, rychlostí, směrem, rotací atd. jednotlivých prvků a technický znalec by se k nim měl být schopen vyjádřit.

**B. Technické otázky konkrétní**, které souvisejí s jednotlivými účastníky nehody.

**C. Netechnické - právní otázky obecné**, které souvisejí s porušením předpisů.

**D. Netechnické - právní otázky konkrétní**, např. *Posuďte míru zavinění řidiče vozidla A (v procentech).*

**E. Netechnické otázky ostatní**, např. vztah k poraněním, alkohol.

Jak je patrné z krátkého výčtu jednotlivých typů otázek, které jsou znalci v případě střetu vozidel na křižovatce pokládány, škála pokládaných otázek je velmi široká až nepřehledná. Znalec však může prakticky odpovídat pouze na technické otázky, tedy typu **A** a **B**. Dále je podle názoru autora této práce oprávněn vyjadřovat se alespoň nepřímo i k otázkám typu **C**.

### ***Návrh otázek pokládaných znalci v případě střetu vozidel na křižovatce***

Z jednotlivých typů otázek z hlediska vhodnosti pokládání znalci a z definice „komplexní analýzy nehodového děje“ v předchozí kapitole vyplynulo, že všechny otázky typu **A** a **B**, tedy technické otázky obecné a technické otázky konkrétní související s analýzou nehodového děje je možno považovat za podmnožinu k jediné otázce, a to:

- 1. Provedte komplexní (početně-grafickou) analýzu nehodového děje v čase.*

Po provedení komplexní analýzy nehodového děje (více v dalších kapitolách) připadají v úvahu varianty možností, jaké měli účastníci k tomu, aby nehodě zabránili, tedy otázky č. 2 a 3:

2. *Stanovte možnosti zabránění nehodě jednotlivými účastníky.*
3. *Posuďte technickou přijatelnost výpovědí účastníků nehody a svědků.*

Tyto tři otázky prakticky dokáží vyčerpat veškerá znalecká zjištění a v případě precizního provedení není potřeba další pokládat. S ohledem na složitost a rozdílnost jednotlivých nehod však jednoznačně doporučuji ještě pokládat obecnou poslední otázku:

4. *Sdělte ostatní skutečnosti, nebo okolnosti, které vyjdou při zpracování znaleckého posudku najevo nebo, které by mohly mít vliv na posouzení nehody.*

#### **4.4 MINIMÁLNÍ NEZBYTNÉ PODKLADY**

Minimálními nezbytnými podklady jsou:

- správná volba VBM,
- popis situace v místě a čase DN – počasí, stav vozovky, viditelnost, činitelé ovlivňující vozidlo a řidiče,
- popis všech zjištěných stop,
- co nejpřesnější náčrtek místa DN,
- zajištěné výpovědi a podklady sloužící k technické identifikaci vozidel,
- kvalitní fotodokumentace:
  - místa DN včetně okolí, které mohlo mít vliv na průběh nehodového děje (okolnosti ovlivňující rozhledové poměry): od celku až k detailům,
  - poškození vozidel – pokud možno kolmá fota ze všech stran, v ideálním případě s měřítkem, včetně nepoškozených částí vozidel;
  - stop, které zanechala vozidla – brzdné, blokovací, rycí, smykové, kapaliny, střepy, ...
  - poškození částí vozidla, které se uvolnily při DN,

- zhlédnutí místa DN znalcem, zhlédnutí poškozených vozidel.

Tyto minimální možné podklady jsou potřeba pro korektní analýzu nehodové děje v případě střetů vozidel na křižovatce. Jejich nedostatek, popřípadě absence, mají vliv na posouzení nehodového děje bez ohledu na metodu výpočtu.

#### **4.5 NÁVRH SKLADBY ZNALECKÉHO POSUDKU V PŘÍPADĚ STŘETU VOZIDEL NA KŘÍŽOVATCE**

Dalším cílem práce je vytvoření doporučené skladby znaleckého posudku pro případ nehod vozidel na křižovatce, která by měla být pokud možno co nejobecnější s rozlišením jednotlivých případů a variant střetů vozidel na křižovatce. Tento návrh je rovněž součástí předkládané disertační práce.

#### **4.6 VYHODNOCENÍ NESPRÁVNÝCH POSTUPŮ A FORMULACE ZÁKLADNÍCH ZÁSAD**

Nejčastější chyby ve znaleckých posudcích si dovolím rozdělit podle druhu na chyby mající a nemající vliv na vlastní řešení nehodového děje:

##### **A) Chyby, mající přímý vliv na výsledek řešení:**

- nedostatečná nebo absolutně žádná analýza nehodového děje,
- pouze slovní popis (tzv. pohled "okem znalce"),
- střetová poloha vozidel neodpovídá poškozením nebo směrům, odkud vozidla přijela do místa střetu,
- chybně stanovené místo střetu (řádově v metrech),
- hrubě rozdílná technická data vozidel (zejména hmotnosti),
- technicky nepřijatelné vstupní hodnoty při analýze nehody:
  - adheze, postřetové a předstřetové zpomalení,
  - rotace a směry rychlostí:

- vysoké nezdůvodněné ani nezdůvodnitelné předstřetové rotace, např. rotace řádově v jednotkách radiánů za sekundu na přímém úseku, které podstatně ovlivňují postřetové rotace,
- extrémně rozdílné směry rychlosti od směru pohybu vozidla bez předchozí ztráty jízdní stability,
- chybné koeficienty restituce a tření (zejména vysoké hodnoty koeficientu restituce  $>0,3$  při běžných střetech ve městě),
- chybná poloha bodu rázu (např. i mimo obrysy vozidel)
- nesprávné vyhodnocení poškození - rozměrové, tuhostní, energetické,
- nesprávné nebo žádné vyhodnocení zdokumentovaných stop, popř. jejich ignorování,
- nereálné sekvence pohybu po střetu, kdy řidiči z důvodu svých zranění těžko mohou korigovat směry množstvím sekvencí (úhly řízení, brzdění, zrychlování),
- dopředné řešení od nadeřinovaných poloh daleko před střetem (hledání řešení „hádáním rychlostí nástřelem“)
- nekorespondence sekundárních rázů nebo jejich úplné ignorování;
- chybně použité vzorce, nebo nesprávně interpretované výsledky (např. znalec vypočte dobu potřebnou na vyhýbání podle Kovaříkova vzorce a poté ve zpětném kinematickém řešení použije poloviční dobu),
- neověření výsledků a jejich nedostatečná diskuse (plná důvěra v simulační programy i přes jejich neznalost),

## **B) Chyby nemající přímý vliv na řešení:**

- chybné popisky k provedené analýze a rozdílné výsledky v textu,
- absence protokolů k provedeným simulacím (tato chyba však činí posudek nepřezkoumatelným),
- hledání řešení pozitivních pouze pro jednoho z účastníků a ignorace stop v neprospěch zadavatele,
- strohé technické vyjádření, nepochopitelné jiné osobě než znalci.

### **Základní zásady pro dopředný přístup analýzy střetu:**

- nastavit vozidla do střetové polohy ( $t = 0$  s), odpovídající jejich pravděpodobné poloze na konci kompresní fáze s následným nulovým dalším překrytím, nebo nastavit vozidla do polohy těsně před kontaktem s časovým intervalem hloubky překrytí (*0,005 až 0,06* sekund),
- správně zvolit adhezi povrchu pro obě vozidla, případně pro každé vozidlo zvlášť (např. zohlednění stavu pneumatik),
- nepoužívat tzv. „sledování stop“, „body definovat“ a podobné funkce, které sledují polohu těžiště, popřípadě stop, a snaží se vozidlo vracet na předem připravenou trajektorii,
- bod rázu musí ležet v překrytí vozidel na konci kompresní fáze střetu s důrazem na jeho skutečnou polohu s ohledem na hloubky deformací na jednotlivých vozidlech a rozdílné tuhosti, a to nejen směrově, ale také výškově a nejlépe v čase  $t = 0$  s,
- vertikální úhel roviny rázu různý od 0 stupňů by měl být používán pouze v odůvodněných případech, kdy prokazatelně došlo k podjetí jednoho vozidla pod druhé, převrácení kontaktem s překážkou, případně najetí jednoho na druhé,
- koeficient restituace musí být v technicky přijatelné hodnotě pro daný typ střetu a střetové rychlosti, u vyšších rozdílů rychlostí vozidel nižší

koeficient restituice (0 až 0,15) a naopak u malých rozdílů rychlostí vyšší koeficient restituice (např. 0,15 až 0,4), možná záporná hodnota v případech intenzivních průniků vozidel,

- tření v rázu musí vypovídat o charakteru rázu se skluzem nebo bez skluzu, u rázů bez skluzu vyšší než cca 0,6,
- v nastavení sekvencí po střetu minimalizovat zásahy řidiče do řízení,
- nastavení natočení vozidla a směru rychlosti v přijatelných mezích, tj. v případě přímé jízdy před střetem minimální rozdíly, totéž v případě nastavení předstřetová rotace,
- EES, GEV a tuhosti jako kontrolní vypočtené veličiny musí být v technicky přijatelných hodnotách, u EES odhadům a fotografiím poškození,
- úhel řízení vozidla musí odpovídat technicky možnému pro dané vozidlo a rovněž pohybu těsně před střetem,
- pokud možno používat minimální množství postřetových sekvencí pohybu vozidla, tyto sekvence musí odpovídat technickým možnostem vozidel,
- případné nesouměrné nastavení brzdných sil na jednotlivých kolech by mělo mít opodstatnění,
- hlavní důraz simulace směřovat na postřetový směr, natočení vozidla v konečné poloze není to nejpodstatnější,
- zvláštní pozornost je třeba věnovat podrobnému prozkoumání fotografií s ohledem na možné vzájemné sekundární rázy na vozidlech.

Volba technicky nepřijatelných vstupních údajů jsou však problémem nejen dopředního, ale i zpětného přístupu k řešení.

## 4.7 PROVEDENÍ A VYHODNOCENÍ SÉRIE MĚŘENÍ OBVYKLÉHO CHOVÁNÍ ŘIDIČŮ V KŘIŽOVATKÁCH

Pro korektní vyhodnocení možností odvrácení střetu bylo potřeba pokusit se provést zjištění obvyklého chování řidičů vjíždějících do křižovatek. K tomuto účelu se nejlépe hodí vlastní sledování vozidel v reálném provozu, nikoliv pouze vyhodnocování dosažitelných zrychlení a zpomalení. Za tímto účelem byla vybrána vhodná, velmi frekventovaná, čtyřramenná křižovatka, obsahující jak světelnou signalizaci, tak i křižující tramvajové koleje a přechody pro chodce. Jedná se o křižovatku ulic Údolní a Úvoz v Brně. Tato křižovatka byla před vlastním sledováním v nočních hodinách za minimálního provozu důkladně geodeticky zaměřena totální stanicí **Topcon GTS-212** a ze zaměření byl vytvořen v prostředí programu **Geotri** reálný polygon křižovatky včetně sklonů, tramvajových kolejí, přechodů pro chodce a jízdních pruhů.

Byly zaměřeny všechny důležité prvky křižovatky, včetně přechodů pro chodce, vodorovného značení, svislého značení, zábradlí, tramvajových kolejí a dalších prvků, jejichž poloha se nemění a lze k nim vztáhnout polohu projíždějících vozidel a následně vyhodnotit způsob jízdy, velikost zrychlení, časové odstupy, obvyklé trajektorie pohybu apod.

Zaměřený polygon sloužil k reprodukci zaznamenaných dějů a odměřování skutečných vzdáleností v závislosti na způsobu jízdy a návycích řidičů v jednotlivých směrech.

Zaměřený polygon bylo možno poté importovat do některého ze simulačních programů (PC-Crash, Virtual CRASH), kde bylo možno změřit pohybem vozidla ujeté vzdálenosti podle obvyklého chování řidičů při průjezdu předmětnou křižovatkou. Uvedená křižovatka byla snímána cca 420 minut z okna budovy areálu VUT digitální DVD videokamerou Sony s ekvidistantním zápisem 25 snímků za sekundu. Tento záznam byl poté upravován ve stříhovém programu Adobe Premiere a analyzován s pomocí programu Virtual Dub, který umožňuje zobrazovat snímky

po jednom a umožňuje rovněž export jednotlivých sekvencí obrázků i spolu s číslem, popisujícím jednotlivé snímky za sekundu.

Do pořízeného záznamu byly nejprve s podporou Adobe Premiere zakresleny a uloženy čáry popisující jednotlivé význačné jízdní pruhy, tramvajové koleje a koridory pohybu v průběžných pruzích. Další vzdálenosti jsou patrné z vyznačených přechodů pro chodce a tramvajových kolejí. Výsledky měření jsou součástí předložené disertační práce.

#### **4.8 VÝSTUPY Z ŘEŠENÍ, POSOUZENÍ JEJICH TECHNICKE PŘIJATELNOSTI A INTERPRETACE ŘEŠENÍ**

Jak již bylo výše zmíněno, znalecký posudek nemá v dokazování zvláštní prioritu a je pouze jedním z důkazů v pořadí. Znalecký posudek by měl být vysoce odborný, měl by však být psán jazykem pochopitelným pro poučeného laika. Na vyjadřovacím jazyku znaleckého posudku, zejména na formulaci odpovědi na položené otázky, často závisí posouzení jeho závěrů a následné rozhodnutí orgánu činného v trestním řízení. Nezřídka se v otázkách pokládaných znalci vyskytuje podobný nesmysl jako procentuelně posoudit podíl viny jednotlivých účastníků, posoudit, zda řidič jedoucí z vedlejší „nedal přednost“ atd.! Nedání přednosti lze z technického hlediska hodnotit vhodně zvolenými možnostmi zabránění nehodě.

Na ukázkou uvádím příklad rozdílně vyhlížejících odpovědi na technickou příčinu nehody. Liší se pouze v interpretaci výsledků:

- *Řidič vozidla jedoucí po hlavní silnici se na počátku své reakce pohyboval rychlostí přibližně 82 km/h a řidič vozidla jedoucí z vedlejší mu svým výjezdem do křižovatky vytvořil náhlou překážku.*
- *Příčinou předmětné nehody byla vysoká rychlost vozidla jedoucího po hlavní silnici.*
- *Příčinou předmětné nehody byl způsob jízdy řidiče vozidla jedoucího z vedlejší silnice, když svým vyjetím vytvořil řidiči vozidla jedoucímu po hlavní silnici náhlou překážku, na kterou tento již nebyl schopen účinně reagovat*

*vyhnutím či brzděním. Pokud by se řidič vozidla jedoucího po hlavní silnici pohyboval na počátku své reakce na vyjetí druhého vozidla rychlostí 50 km/h, k nehodě by nedošlo.*

Jak je vidět, odpověď na technickou příčinu předmětné nehody, lze interpretovat různě.

V otázce přednosti v jízdě vyvolalo velkou diskuzi a pozdvižení Usnesení Nejvyššího soudu 3 Tdo 593/2007, týkající se řidiči nedotknutelné „přednosti v jízdě“.<sup>1</sup> Nejvyšší soud (dále jen NS) totiž „zmírnil až eliminoval“ zavinění řidičky jedoucí po vedlejší silnici, která „nedala přednost“ vozidlu jedoucímu po hlavní silnici.

V tomto konkrétním případě řidička vozu Škoda Fabia vyjížděla z vedlejší na hlavní, přičemž se srazila s vozidlem Škoda Octavia, které jelo po hlavní silnici výrazně vyšší než dovolenou rychlostí (86 km/h - zjištěno znaleckým posudkem z oboru doprava - oproti povoleným 50 km/h).

Došlo ke smrtelnému zranění jedné spolucestující řidičky a těžkým a lehkým zraněním dalších osob v obou vozidlech. Řidička byla policií obviněna a za nedbalostní trestní čin odsouzena k trestu odnětí svobody na sedm měsíců s podmíněným odkladem na 15 měsíců a zákazem řízení na 30 měsíců. Tento rozsudek potvrdil i krajský soud. Řidička podala dovolání k Nejvyššímu soudu (dále jen NS). NS se neshodl se závěry předchozích soudů, že řidička je výlučným viníkem nehody a rozhodl v červnu 2007 usnesením 3 Tdo 593/2007 tak, že **zrušil předchozí rozsudky** a vrátil věc zpět Krajskému soudu, aby **posoudil znovu vinu** (nebo spoluvinu) řidičky.

NS uvažoval asi takto: Vzal na vědomí, že řidička vozidla vyjíždějícího z vedlejší silnice na silnici hlavní dodržela povinnost dát přednost v jízdě vozidlům přijíždějícím po hlavní komunikaci, když za tímto účelem vozidlo zastavila a rozhlédla se. Vzal v potaz znalecký posudek, kterým bylo prokázáno, že řidič

---

<sup>1</sup> Usnesení Nejvyššího soudu 3 Tdo 593/2007, [www.nsoud.cz](http://www.nsoud.cz)

jedoucí po hlavní silnici jel rychlostí 86 km/h, která tak v daném místě byla **zcela zjevně nepřiměřená** a o 72 % překračovala rychlost povolenou. Ze závěrů daného znaleckého posudku vyplynulo, že **pokud by řidič Octavie na hlavní silnici jel v okamžiku, kdy na Fabii reagoval, rychlostí 50 km/h, ke střetu vozidel by nedošlo, a to ani tehdy, kdyby své vozidlo vůbec nebrzdil.** Z předchozího šetření dále plynulo, že se řidička před vjezdem do křižovatky rozhlédla jak vlevo, tak vpravo, přičemž Octavii jedoucí po hlavní silnici vlevo viděla na vzdálenost 200-250 metrů, což, za předpokladu, že by tento jel rychlostí, jež je v obci povolena, vyhodnotila tak, že pro projetí křižovatkou má dostatek času.

Znalec tedy nemůže posoudit zavinění nehody právním pojmem např. „nedání přednosti v jízdě“, ale může vhodnými závěry uvést nepřímou odpověď na otázku zadavatele i bez použití právních pojmů. Jak je patrné z uvedeného usnesení, závěry znaleckého posudku orgány činné v trestním řízení interpretují v trestním řízení a interpretace může být značně rozdílná. Znalec tedy pouze uvede nezpochybnitelná fakta.

## **5 ZÁVĚR A PŘÍNOS PRÁCE**

Téma této disertační práce je velmi široké a prakticky nevyčerpatelné, jak už napovídá název komplexní systém dopravní nehody. Problematika střetů vozidel na křižovatce obsahuje celou řadu podokruhů.

Z hlediska teoretického má tato práce přínos v sumarizaci a konkrétní aplikaci dostupných metod bez ohledu na použití zpětného nebo dopředného přístupu k výpočtu, v definici pojmů komplexní systém a komplexní analýza silniční nehody, v systemizaci nehod na křižovatkách, ve formulaci společných přístupů v případě nehod na křižovatkách, ve formulaci a vhodnosti otázek pokládaných znalci a formulaci minimálních požadavků na vstupní data ke korektnímu zpracování znaleckého posudku. V neposlední řadě je teoretickou částí i interpretace výsledků technické analýzy a jejich pochopení poučenými laiky v podobě státních orgánů, jako zadavatelů posudků a rozhodovacích orgánů.

Z hlediska praktického je práce plně použitelná ve znalecké činnosti při analýze silničních nehod jako metodická pomůcka obsahující návody, metodiku a doporučení, jak postupovat v případě konkrétního druhu nehody při střetu vozidel na křižovatce, jaké hodnoty dosazovat v technicky přijatelném rozmezí, jakých chyb a zjednodušení se vyvarovat. K tomu slouží i zpracovaná měření obvyklého rozjezdu vozidel v křižovatce.

Z hlediska pedagogického lze přínos práce podle názoru autora vidět v metodické přípravě znalců, jako dalšího podpůrného učebního textu studentů navazujícího magisterského studia a studentů doktorského studijního programu, i účastníků kursů studia technického znalectví z hlediska logického sledu znaleckých kroků k úplnosti, resp. komplexnosti řešení.

V této práci byly přehledně zpracovány současné přístupy k řešení nehod na křižovatce. V současné době se do popředí jednoznačně dostávají dopředné způsoby řešení, které s podporou simulačních programů dokážou zohlednit při správně volených vstupních datech více zejména dynamických parametrů pohybu a střetu. Vždy je však třeba mít na paměti ruční – zpětné – výpočty a jejich výsledky s výsledky dopředných řešení komparovat. Impulzně rázový model střetu vozidel používaný simulačními programy poskytuje velmi dobré výsledky, vstupní údaje nezávisí na zvoleném přístupu k řešení.

V každé zmíněné problematice jsem zvolil metodu vysvětlení a poté konkrétní aplikace na příkladu. Nehody na křižovatce jsem rozdělil do čtyř kategorií a k jednotlivým kategoriím, pokud je to alespoň trochu možné, je uvedena přehledná metodologie postupů, které vedou nebo by mohly vést k technicky přijatelnému řešení a nalezení výsledků hledaných veličin, včetně nehod na světelných křižovatkách. Tato metodologie je podpůrná, nikoliv zobecnělá pro jakýkoliv druh nehody.

V této práci byly uvedeny také jednotlivé konkrétní vstupní veličiny, které jsou nezbytné v případě řešení nehod na křižovatce, s důrazem na jejich technicky

přijatelné rozmezí. Dále byl definován pojem komplexní systém dopravní nehody, byly formulovány základní zásady dopředného řešení (některé nesouvisejí pouze s dopředným přístupem), minimální požadavky na vstupní data ke korektnímu řešení nehody, byly vyhodnoceny typy otázek a navrženy otázky na znalce v případě střetu vozidel na křižovatce.

Dále byla s ohledem na požadavky obvyklého chování řidičů v křižovatkách, zejména obvyklé hodnoty zrychlení (na rozdíl od běžně se vyskytujících maximálních hodnot), provedena série měření na frekventované křižovatce v Brně, která byla snímána kamerou. Získaná data bylo možno díky podrobnému zaměření analyzovat ve vztahu ke skutečným vzdálenostem v křižovatce pomocí analýzy videozáznamu. Tato metoda sledování obvyklého chování účastníků silničního provozu se během zpracování této práce ukázala jako velmi vhodná a lze ji jednoznačně doporučit i pro další oblasti sledování chování s důrazem na zajišťování vstupních dat.

Velmi důležitou, na první pohled opomíjenou, oblastí je technická interpretace výsledků analýzy nehody, kdy bylo poukázáno na podobné výsledky s rozdílným slovním popisem závěrů, které poté mohou vést k velmi rozdílným interpretacím rozhodovacích orgánů. V této souvislosti bylo potřeba i zmínit související velmi diskutovanou judikaturu týkající se „přednosti v jízdě“, která podle názoru autora daleko nejvíce souvisí se střety vozidel na křižovatce.

Závěrem vyplynulo, že lze vytvořit přibližnou metodologii řešení některých typických nehod na křižovatkách, nelze však vytvořit obecnou metodologii vztahující se na všechny případy beze zbytku. Každý nehodový děj se svým způsobem specifickou událostí a zobecnit lze pouze některé obecné postupy. Osobitý a pečlivý přístup znalce, samostatnost a kontinuální vzdělávání jsou podmínkou k tomu, aby technické výsledky znaleckých zkoumání byly kvalitní.

V době, kdy téměř každé vozidlo je vybaveno přinejmenším systémem ABS a ponehodové stopy po brzdění před střetem se vyskytují minimálně nebo vůbec se její jako účelné pracovat ve variantách, a to:

- 1) bez kalkulace předstřetových zpomalení, tj. uvažovat stejnou rychlost jako v okamžiku střetu,
- 2) s kalkulací zpomalení při předstřetovém brzdění, za předpokladu **předepsaného** zpomalení z pravděpodobného místa reakce **na vzniklou signální pozici** jiným vozidlem po uplynutí **obvyklé** reakční doby.

a toto uvést, jako možné rozmezí předstřetové rychlosti.

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 01: Návrh metodologie dopředného přístupu k řešení – střety „o přednosti a odbočovací“

Příloha 02: Návrh metodologie dopředného přístupu k řešení – střety „o brzdění“

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BRADÁČ A. a kol.: Soudní inženýrství. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 1997, ISBN 80-7204-057-X.
- [2] BRADÁČ A. a kol.: *Příručka znalce I. a II.. Analytika silničních nehod. 1. a 2. díl*, Dům techniky ČSVTS Ostrava, 1985, 544 str., Publikáční číslo 60/858 A/85.
- [3] APPEL H., KRABBEL G.: *Unfallforschung, Unfallmechanik und Unfallrekonstruktion*, Verlag Information Ambs GmbH, Berlin 1994.
- [4] NELSEN W., MARQUARD E.: *Wissenschaftliche Grundlagen für die Arbeit des Verkehrsunfall-Sachverständigen, SRN*.
- [5] BRADÁČ A., KREJČÍŘ P., GLIER L., PLCH, J., LUKÁŠÍK L., HELEŠÍK V.: *Znalecký standard č. III. Technická analýza střetu vozidla s chodcem*.
- [6] BRADÁČ A., KREJČÍŘ P., GLIER L.: *Znalecký standard č. IV. Technická analýza nárazu vozidla na překážku*, Brno: Nakladatelství VUT, 1991.
- [7] BURG H., RAU H.: *Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion*, Kippenheim, 1981.
- [8] KASANICKÝ G.: *Súčasné a perspektívne možnosti analýzy dopravných nehôd*, 1. vyd. Žilinská univerzita v Žiline - Ústav súdneho inžinierstva, Žilina 1999.
- [9] KASANICKÝ G. KOHÚT P., LUKÁŠÍK M.: *Teória pohybu a rázu při analýze a simulácii nehodového deja*, Žilinská univerzita v Žilině, 2001, ISBN 80-7100-597-5.
- [10] KASANICKÝ G., KOHÚT P.: *Analýza nehôd jednostopových vozidiel*, Žilinská univerzita v Žilině, 2000.
- [11] KASANICKÝ G., ROZINA A.: *Vplyv zmeny veľkosti technických parametrov na priebeh simulácie*, Žilinská univerzita v Žilině ÚSI, Znalectvo č. 3-4 1998, ročník III.
- [12] KASANICKÝ G., PUPALA A.: *Vplyv zmeny vybraných vstupných parametrov zrážky na technickú prijateľnosť simulácie zrážky pomocou programu PC-CRASH*, Žilinská univerzita v Žilině ÚSI, Znalectvo č. 1-2 1999, ročník IV.
- [13] CHMELÍK, J. A KOL.: *Vyšetřování silničních dopravních nehod*, Ministerstvo vnitra ČR, Praha 1998.
- [14] STEFFAN H.: *PC CRASH - Simulation program for Vehicle Accidents, Technical manual*, DATENTECHNIK, 2001.
- [15] RÁBEK V., *Technicko - uživatelský manuál k expertnímu programu pro analýzu střetu vozidel „Impulz Expert 2000“*.

- [16] BRADÁČ A., SEMELA M.: *Postup řešení rázu v prostředí simulačního programu Virtual Crash a možnosti validace výsledků*, Sborník příspěvků na mezinárodní konferenci znalců - analytiků silničních nehod, Brno 2007.
- [17] *Virtual Crash Technical Manual – VIZI 2005-2009.*
- [18] MELEGH G.: *AutoExpert - CD EES 4.0, Hungary 2005 – katalog EES vozidel.*
- [19] SMÝKAL F.: *Dopravní inženýrství I. díl – Organizace a řízení dopravy v městě*, VUT v Brně, 1971.
- [20] SEMELA M.: *Trestněprávní aspekty znaleckého zkoumání*, bakalářská práce, Právnická fakulta Masarykovy univerzity v Brně, 2008.
- [21] RÁBEK, V. a kol.: *Databáze informací a postupů analýzy dopravních nehod, databáze na DVD*, 2006.
- [22] PUSTINA, P., KUBELKA, J.: *Dynamické hodnoty motorových a bezmotorových vozidel pro využití ve znalecké praxi*, data MS-Excel.
- [23] KUBELKA J., ADNE - *Analytický program pro výpočty a rozborů dopravních nehod*, MS-Excel 2008.
- [24] *Test brzd dodávkových vozidel: data a naměřené hodnoty*, Mercedes-Benz.
- [25] *Sborníky příspěvků výroční konference EVU 2000 – 2008.*
- [26] *Nárazové zkoušky vozidel, Převrácení vozidel a pohyb posádky*, Konference AREC, Neumünster 2004, SRN, DVD s výsledky.
- [27] *Výroční konference EVU, Slovensko, testy převrácení při výjezdu vozidla mimo vozovku.*
- [28] *Nárazové zkoušky vozidel, Střety osobních a nákladních vozidel*, přednáška Dr. Burga o měření zpomalení nákladních vozidel dle UDS, XL-meteru, Konference AREC, Neumünster 2002, DVD s výsledky.
- [29] BRADÁČ A.: *Početně grafické řešení vzniku a průběhu silniční nehody*, prozatímní učební text postgraduálního studia, ÚSI VUT v Brně, 1974.
- [30] HANKE H.: *Spurensuche und Spurensicherung nach Verkehrsunfällen*, Verlag INFORMATION GmbH, 1. vydání, 1980, ISBN 3-88550-001-9.
- [31] BURG H., MOSER A.: *Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion*, VIEWEG, 1. vydání 2007, ISBN 978-3-8348-0172-2.
- [32] HUGEMANN W. a rozsáhlý autorský tým.: *Unfall-rekonstruktion*, dva svazky, 1. vydání, 2007, ISBN 3-00-019419-3.
- [33] MRÁZEK Z.: *Modelování střetu vozidel v technickém znalectví*, disertační práce, VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [34] MEDUNA J.: *Aplikovaná mechanika*, VUT v Brně, ÚSI, 1984.

- [35] BURG H., LINDENMANN M.: Unfallversuche – Grundlagenuntersuchung, Verlag, Kippenheim, 1982, ISBN 3-8850-021-3.
- [36] Kolektiv autorů: Ottova encyklopedie A-Ž, Ottovo nakladatelství, 1. Vydání, 2004, ISBN 80-7360-014-5.
- [37] SCHIMMELPFENNIG K., HEBING N., Der eindimensionale nicht plastische Stoss, Ingenieurbüro Schimmelphennig und Becke, Anlage, čerpál z článku Kollisiongeschwindigkeitberechnung bei eindimensionalen Fahrzeug-Fahrzeug Stossen, časopis Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, 11/1982.
- [38] RÁBEK V., MANDÁK, L., Matematické modelování střetu vozidel – numerické řešení DRHI, časopis Soudní inženýrství 1/1998, ročník 9, s. 3 až 10, ISSN 1211-443X.
- [39] RÁBEK V., Další praktické možnosti přístupu k řešení střetu dvou vozidel, časopis Soudní inženýrství 3-4/1998, ročník 9, s. 84 až 96, ISSN 1211-443X.
- [40] RÁBEK, V., Problematika zpětného řešení střetu dvou vozidel s využitím systému DRHI+EES, časopis Soudní inženýrství 3-4/1998, ročník 9, s. 184 až 190, ISSN 1211-443X.
- [41] RÁBEK V., ŠACHL J., Teoretický pohled na problematiku dopředného systému výpočtu střetu vozidel, časopis Soudní inženýrství 5/1999, ročník 10, s. 245 až 261, ISSN 1211-443X.
- [42] von GLASNER E.: Entwicklungsgechichte und Stand der automobilen Fahrzeugsicherheit - Historický vývoj a stav automobilní bezpečnosti, sborník příspěvků, konference EVU 2008, s. 7 až 15, Nice (FR).
- [43] EICHBERGER A., SCHIMPL W., FELLNER B.: Development of a crast test configuration for car to car frontal collisions with small lateral overlap, Sborník příspěvků, Výroční konference EVU 2008, s. 59 až 65, Nice (FR).
- [44] TOPP A., KENDZIORRA N., WIES B., LANGE H.: Das Bremsverhalten von Reifen auf nassen Fahrbahnen, sborník příspěvků, konference EVU 2008, s. 221 až 230, Nice (FR).
- [45] HOLLNAGEL V.: Derzeitige Bremsleistung von LKW und Verbesserungsmöglichkeiten – eine Feldstudie aus Dänemark, Sborník příspěvků, Výroční konference EVU 2008, s. 261 až 270, Nice (FR).
- [46] BRACH, R.: Über die in Unfallsimulationsprogrammen verwendeten Reifenmodelle, sborník příspěvků, konference EVU 2008, s. 271 až 285, Nice (FR).
- [47] KALTHOFF W., Die Stosszahl bei Heckauffahrkollisionen, Neue Erkenntnisse, sborník příspěvků, konference EVU 2008, s. 303 až 309, Nice (FR).

- [48] GILSDORF V., WIEK A.: Gefahren oder gestanden? Sborník příspěvků, Konference EVU 2006, s. 93 až 99, DRESDEN (SRN).
- [49] BRADÁČ A.: Přenos chyb při čelním střetu vozidel, časopis Soudní inženýrství 3/2009, ISSN 1211-443X.
- [50] PROCHOVSKI L., UNARSKI J., WACH W., WICHER J.: Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych, 1. Vydání, Varšava (PL), 2008, ISBN 978-83-206-1688-0.
- [51] HUGEMANN W., LAMBOURN R., Sborník společné konference ITAI a EVU 2009 Hinckley, Velká Británie.
- [52] RÁBEK, V.: Interakce lidského těla s interiérem vozidla, Sborník převzatých cizojazyčných příspěvků, EDIS Vydavatelstvo Žilinskej Univerzity, V. Rábek, 2009, VPRA-SCP-2009-06-01.
- [53] RÁBEK V.: Vybrané postupy analýzy dopravních nehod, Sborník převzatých cizojazyčných příspěvků, EDIS Vydavatelstvo Žilinskej Univerzity, V. Rábek, 2009, VPRA-SCP-2009-06-02.

#### **Některé vybrané elektronické zdroje:**

- [1] Evropská společnost pro výzkum a analýzu silničních nehod – EVU, [www.evuonline.org](http://www.evuonline.org),
- [2] National Highway Traffic Safety Administration, USA, <http://www.nhtsa.dot.gov>,
- [3] The Institute of Traffic Accident Investigators, Velká Británie, [www.itai.org](http://www.itai.org),
- [4] DEKRA, [www.dekra.com](http://www.dekra.com),
- [5] Accident Reconstruction Conference Group - AREC, [www.areg-group.de](http://www.areg-group.de),
- [6] Databáze podkladů, [www.colliseum.de](http://www.colliseum.de),
- [7] Databáze pro analýzu nehod, [www.reconinfo.com](http://www.reconinfo.com),
- [8] Databáze modelů vozidel pro analýzu silničního nehod, [www.autoview.at](http://www.autoview.at),
- [9] DSD Rakousko – mj. tvůrci simulačního programu PC-Crash, [www.dsd.at](http://www.dsd.at),
- [10] VCRASH – tvůrci simulačního programu Virtual CRASH, [www.vcrash.com](http://www.vcrash.com),
- [11] Crash Test Service, databanka, realizace testů, poradenství, [www.crashtest-service.com](http://www.crashtest-service.com),
- [12] Transport Research Laboratory, Velká Británie, [www.trl.co.uk](http://www.trl.co.uk),

## Životopis Ing. Marek Semela

### [1] Osobní údaje:

Datum a místo narození: 29. 4. 1979, Zlín

Stav: ženatý, 1 dítě

Bydliště: Dunajská 7, 625 00 Brno,

### [2] Vzdělání:

**OD 2002 až nyní** – Ústav soudního inženýrství VUT v Brně – PDS (doktorské studium v prezenční podobě v kombinované formě, obor: Soudní inženýrství - Technická analýza silničních nehod, [www.usi.cz](http://www.usi.cz), TITUL DISERTAČNÍ PRÁCE: „Komplexní systém dopravní nehody – střet vozidel na křižovatce“.

**OD 2005 až 2008** - kombinované bakalářské studium programu „Teorie a praxe přípravného řízení trestního“ na Právnické fakultě MU v Brně (Bc.), TITUL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: „Trestně-právní aspekty znaleckého zkoumání“, [www.law.muni.cz](http://www.law.muni.cz).

**OD 2002 DO 2005** – Ústav soudního inženýrství Brno – postgraduální studium technického znalectví v oboru Analýza silničních nehod a oceňování movitého majetku,

**OD 1997 DO 2002** – VUT Brno, Fakulta strojního inženýrství, Ústav dopravní techniky,

obor: Stavební, úpravárenské a zemědělské stroje, [www.fme.vutbr.cz](http://www.fme.vutbr.cz), (Ing.),

TITUL DIPLOMOVÉ PRÁCE: Návrh pásového dopravníku do textilní továrny.

**OD 1994 DO 1997** – Gymnázium J. Á. Komenského Uherský Brod.

### [3] Praxe:

**OD 31. 1. 2007** ministrem spravedlnosti jmenován znalcem v oborech doprava a ekonomika,

**OD 1. 9. 2005 až nyní** - zaměstnanec Ústavu soudního inženýrství VUT v Brně – odborný pracovník v oblasti analýzy silničních nehod – znalecké posudky, překlady, výuka, projekty,

**OD 2002 DO 2005** – Znalecké posudky, měření a studium technického znalectví v oborech: Technická analýza silničních nehod a oceňování movitého majetku,

**OD 1. 7. 2002 DO 31. 8. 2002** – IR Bobcat Dobříš – konstrukce příslušenství zemních strojů a databáze výkresové dokumentace,

**OD 1. 7. 2000 DO 30. 6. 2002** – TOKO A/S a.s. Luhačovice – konstrukce příslušenství k zemědělským strojům, práce se zemědělskými stroji,

**OD 1. 7. 1999 DO 31. 8. 1999** – Zálesí s.r.o. Luhačovice – databáze výrobků v programu Autocad a pomocné konstrukční práce.

**[4] Některé absolvované kurzy a semináře:**

Postgraduální kurz technického znalectví – analýza nehod; Školení obsluhy programu Proengineer;

Školení uživatelů simulačního programu pro analýzu nehod PC-Crash – 5x v tuzemsku a 4x zahraničí (SK); Znalecké a doktorské konference 2002-2009 v tuzemsku i zahraničí včetně crash-test konferencí (SRN, SK, CH), Výroční konference Evropské společnosti pro výzkum a analýzu dopravních nehod 2003 až 2009, Konference DEKRA (SRN), Konference kriminalistických ústavů Rumunsko.

**[5] Pedagogická činnost**

- Školitel obsluhy simulačního programu Virtual Crash – školící pracovník české a slovenské podpory programu;
- Výuka předmětů v rámci postgraduálního studia technického znalectví: Problémové studia analýzy silničních nehod, Dynamika kolizních jevů, Technická analýza silničních nehod, Výpočetní technika ve znalecké praxi.
- Výuka předmětu Soudní inženýrství a výuka předmětu Technicko-právní problematika na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně,
- Vedení závěrečných prací v celoživotním vzdělávání se zaměřením na řešení silničních nehod a získávání dat pro analýzu silničních nehod a konzultační činnost pro znalce.

**[6] Jazyková vybavenost:**

JAZYKY: anglický – výborně, německý- dobře

**[7] Práce s počítačem:**

E-MAIL, INTERNET, tvorba www, síť, MS Windows, MS Word, Excel, Powerpoint, Adobe Photoshop, Illustrator, Corel, Catia a Proengineer, AutoCad, Nexis, Solidworks, Maple, MathCad, PC-Crash, Impulz Expert, Virtual Crash.

**[8] Řidičský průkaz:** A, B, C, T, průkaz strojníka obsluhy na čelní nakladače

**[9] Zájmy:** Automobily, PC, sport, technika, film, hudba, cestování, literatura.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with problems of forensic technical analysis of traffic accidents, concretely with creation of complex methodology for analysis of traffic accidents of vehicles on the crossroad. There are defined terms of "complex system and complex analysis of traffic accident", technically acceptable range of important input values, systematization of accidents on the crossroad with methodologies in the thesis. Thesis shows problematical expert procedures, suggests scheme of expert evidence and includes methodology of measurement of common movement of vehicles on the crossroad and recommendation for expert procedures.

**Theoretical benefit:** The benefit is in summarization and specific application of reasonable methods of solution regardless used approach to calculation (backward or forward), in definition of such terms as complex system and complex analysis of traffic accident, in systemization of traffic accidents of vehicles on the crossroad, in definition of common approaches in case of traffic accidents of vehicles on the crossroad, in formulation and suitability of questions given to experts and in formulation of minimal requirements for the input data for specific elaboration of expert evidence. Not least is theoretical part and interpretation of the technical analysis results and their understanding by educated non-specialists such as state authorities, as well as contracting authorities and decision-making authorities.

**Practical benefit:** The work may be used in expert activity for traffic accident analysis as a methodical aid containing instructions, methodology and recommendations on how to proceed in a case of a specific type of traffic accident of vehicles on the crossroad, which values to introduce within technically acceptable range, which faults and simplifications should be avoided.

**Educational benefit:** Author of this work finds the benefit in methodical preparation of experts as another supportive textbook for students of master degree study programme and students of doctoral degree study programme as well as participants of technical forensic engineering courses.