



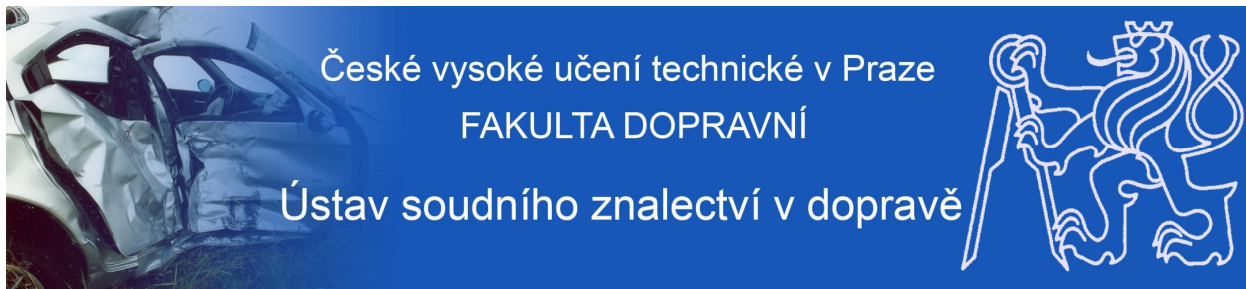
České vysoké učení technické v Praze
FAKULTA DOPRAVNÍ
Ústav soudního znelectví v dopravě



ANALÝZA NEHOD V SILNIČNÍM PROVOZU

Doc. Ing. Jindřich ŠACHL, CSc
RNDr. Ing. Jindřich ŠACHL, Ph.D.
Ing. Drahomír SCHMIDT, Ph.D.
Ing. Tomáš MIČUNEK, Ph.D.
Ing. Michal FRYDRÝN

Vyd.: ČVUT v Praze, 2010



České vysoké učení technické v Praze
FAKULTA DOPRAVNÍ

Ústav soudního znáectví v dopravě



ANALÝZA NEHOD V SILNIČNÍM PROVOZU

OBSAH

1.1	PŘEDMLUVA	7
2	ÚVOD DO PROBLEMATIKY	7
2.1	HISTORIE OBORU	7
2.2	ZNALECTVÍ	9
2.3	ZNALCI A ZNALECKÉ ÚSTAVY	9
2.4	ŘÍZENÍ TRESTNÍ A OBČANSKOPRÁVNÍ	9
3	PODKLADY PRO ANALÝZU	10
3.1	PODKLADY OBJEKTIVNÍ A SUBJEKTIVNÍ	10
3.2	TŘÍDĚNÍ NEHOD	10
3.3	DOKUMENTACE DOPRAVNÍCH NEHOD	10
3.4	K ZJIŠŤOVÁNÍ DALŠÍCH TECHNICKÝCH SKUTEČNOSTÍ	15
3.5	DOKUMENTAČNÍ TECHNIKA	16
3.6	SVĚDECKÉ VÝPOVĚDI	24
3.7	AMNÉZIE A VLIVY PROBLEMATIZUJÍCÍ HODNOTU VÝPOVĚDÍ	25
3.8	NÁHODNOST MÍRY NÁSLEDKŮ	27
4	APLIKACE FYZIKY	28
4.1	NEHODA JE FYZIKÁLNÍ DĚJ	28
4.2	ZÁMĚNA POJMŮ	28
4.3	NEWTONOVY POHYBOVÉ ZÁKONY	29
4.4	SÍLY	29
4.5	VNITŘNÍ SÍLY SOUSTAVY TĚLES (VOZIDEL) A POHYB SPOLEČNÉHO TĚŽIŠTĚ	30
4.6	PRINCIP AKCE A REAKCE, RELATIVNÍ POHYB	30
4.7	RÁZOVÁ SÍLA, DÉLKA DRÁHY ZASTAVENÍ POHYBU, TVRDOST NÁRAZU	32
4.8	ÚDER TUPÝM PŘEDMĚTEM TUHÝM ČI PODDAJNÝM	32
4.9	EXCENTRICKÉ PŮSOBENÍ	33
4.10	ENERGIE	34
4.11	DEFORMACE A DESTRUKCE	34
5	POMĚRY PŘI NEHODÁCH	35
5.1	KTEROU ČÁSTÍ MŮŽE VOZIDLO NARAZIT	35
5.2	POMĚRY PŘI NÁRAZU VOZIDLA	36
5.3	VLIV HMOTNOSTI VOZIDLA	36
5.4	VLIV TUHOSTI VOZIDLA	37
5.5	PRŮNIK DEFORMACÍ, PŮSOBIŠTĚ SIL, CENTRUM RÁZU	40
5.6	MÍJENÍ STRUKTUR V KOLIZNÍ ZÓNĚ	41
5.7	FENOMÉN ČASU	43
5.8	HAVÁRIE S NÁRAZEM A BEZ NÁRAZU NA PEVNOU PŘEKÁŽKU	43
5.9	ČLOVĚK VE VOZIDLE	43
5.10	DVOJÍ POHYB POSÁDKY UVNITŘ VOZIDLA – PŘI NÁRAZU A PO NÁRAZU	44
5.11	POSTŘETOVÝ POHYB VOZIDLA	44
5.12	PROBLEMATIKA BEZPEČNOSTNÍCH PÁSŮ, UPOUTÁNÍ NA ZADNÍCH SEDADLECH	45

5.13	PŮSOBENÍ NA UPOUTANÉ A NA NEUPOUTANÉ CESTUJÍCÍ	46
5.14	PŮSOBENÍ AIRBAGŮ	47
5.15	OTEVŘENÍ DVEŘÍ AUTOMOBILU PŘI NEHODĚ	48
5.16	FENOMÉN PODTRŽENÍ, VYPADNUTÍ Z AUTOMOBILU	49
5.17	POMĚRY PŘI PŘEVRÁCENÍ VOZIDLA	50
5.18	DEFORMACE PROSTORU PRO CESTUJÍCÍ	50
5.19	ZASKLENÍ KAROSERIE	51
5.20	POHYB JEDNOSTOPÝCH VOZIDEL	52
5.21	ČELNÍ STŘET JEDNOSTOPÝCH VOZIDEL	53
5.22	PŮSOBENÍ MOTORISTICKÉ A CYKLISTICKÉ HELMY	55
5.23	POHYB CHODCE, POMĚRY PŘI STŘETU, ODHOZ, PŘEJETÍ	56

6 METODY ANALÝZY **59**

6.1	STOPY NA MÍSTĚ NEHODY	59
6.1.1	ANALÝZA STOP PNEUMATIK	59
6.1.2	STOPY KRVE A TĚLESNÝCH TKÁNÍ	65
6.1.3	ZVLÁŠTNOSTI STOP NA MÍSTECH DOPRAVNÍCH NEHOD	65
6.1.4	POLOHA OSOBNÍHO AUTOMOBILU VE VODĚ	69
6.2	ZPĚTNÉ ODVÍJENÍ NEHODOVÉHO DĚJE A DOPŘEDNÉ ŘEŠENÍ	69
6.3	ŘEŠENÍ PRŮBĚHU DĚJE V PROSTORU A V ČASU	70
6.4	DIAGRAM DRÁHA X ČAS	70
6.5	ŘEŠENÍ MOŽNOSTI ODVRÁCENÍ STŘETU	76
6.6	ŘEŠENÍ VLIVU RYCHLOSTI NA VZNIK NEHODOVÉ SITUACE	76
6.7	DIAGRAM DRÁHA X RYCHLOST	77
6.8	BOČNÍ PŘEMÍSTĚNÍ VOZIDLA A JÍZDA V OBLOUKU	79
6.9	VYUŽITÍ PŘEVÝŠENÉHO PODÉLNÉHO PROFILU	81
6.10	REAKČNÍ DOBA	85
6.11	VLIV OPOZDĚNÍ POČÁTKU BRZDĚNÍ NA RYCHLOST NÁRAZU	87
6.12	VLIV ZVÝŠENÍ RYCHLOSTI NA RYCHLOST NÁRAZU	88
6.13	POTŘEBNÁ PŘESNOST A MOŽNOSTI NUMERICKÉHO ŘEŠENÍ	89
6.14	POHYB PO STŘETU - VÝBĚHOVÁ ANALÝZA	89
6.15	MEZE MOŽNOSTÍ ZNALECKÉ ANALÝZY	90
6.16	PODMÍNKY PRO SPRÁVNOU APLIKACI (PODPORU) PC PŘI ANALÝZE DOPRAVNÍCH NEHOD	95

7 INTERAKCE S PROSTŘEDÍM **96**

7.1	SILNICE, JÍZDNÍ PÁS (VOZOVKA), KRAJNICE	96
7.2	JAK SE UDÁVÁ SKLON VOZOVKY	97
7.3	ADHEZE PNEUMATIK V ANALÝZE SILNIČNÍCH NEHOD	98
7.4	METEOROLOGICKÉ POJMY	98
7.5	VZNIK A LOKALIZACE NÁLEDÍ	100

8 SPECIÁLNÍ OTÁZKY **102**

8.1	PŘIMĚŘENÁ RYCHLOST JÍZDY	102
8.2	POSOUZENÍ REAKCE A JEDNÁNÍ ÚČASTNÍKŮ DOPRAVNÍ NEHODY	103
8.3	ZTRÁTA KONTROLY NAD VOZIDLEM	105
8.4	PROBLEMATIKA ODBOČOVÁNÍ	108
8.5	KDO ŘÍDIL VOZIDLO ?	111
8.6	FINGOVANÉ NEHODY	116
8.7	STŘET U „STŘEDU ŠÍŘKY“ VOZOVKY	122
8.8	ZAJIŠTĚNÍ NÁKLADU	123

8.9	BEZPEČNÝ BOČNÍ ODSUP	123
8.10	URČENÍ VIDITELNOSTI V DOBĚ NEHODY	124
8.11	CHODCI A SOUMRAK	128
8.12	OMEZENÍ VÝHLEDU Z AUTOMOBILU	129
8.12.1	PROBLEMATIKA LEVÉHO A-SLOUPKU	130
8.12.2	PROBLEMATIKA PRAVÉHO A-SLOUPKU	131
8.12.3	PROBLEMATIKA LEVÉHO B-SLOUPKU	133
8.12.4	PROBLEMATIKA PRAVÉHO B-SLOUPKU	134
8.12.5	OMEZENÍ VÝHLEDU Z MÍSTA ŘIDIČE NÁKLADNÍHO VOZIDLA	134
DOSLOV - ETIKA A OBJEKTIVITA ZNALCE		137
LITERATURA		140

1.1 Předmluva

Publikace pojednává o analýze dopravních nehod na pozemních komunikacích (silnice, dálnice, místní a účelové komunikace), tedy nehod označovaných jako „nehody v silničním provozu“ – dále též dopravní nehody. Předmětem nejsou nehody na železnici, nehody ve vodní dopravě ani letecké havárie.

Hlavní cíle této publikace jsou:

- uvést a vysvětlit základní zákonitosti nehodového děje
- uvést a vysvětlit základní metody analýzy,
- uvést a vysvětlit související okolnosti, které komplikují nehodový děj i jeho analýzu – bez jejichž zohlednění by výsledky analýzy mohly být chybné.

Publikace nealternuje ani nenahrazuje analytické příručky (lit.[5] až [10]) ani znalecké standardy (lit.[1] až [4]).

Následující text je zároveň určitá speciální nadstavba obecné mechaniky, tedy zde bez výkladu o skládání sil, o momentech sil ani o ohybových momentech a momentech setrvačnosti.

Fyzikálním zákonitostem se lépe porozumí, ukáží-li se nejprve na extrémních poměrech a pak se porovnají s reálem. To bývá dobré nejen pro výuku ale i při řešení konkrétní úlohy, například analýzy dané dopravní nehody. Zapamatování napomáhá prezentace odlehčenou formou (viz např. obr. 22).

Určité části problematiky analýzy silničních nehod jsou společné s problematikou působení vnějšího násilí na lidské tělo při dopravních nehodách (lit.[49]), a proto jsou příslušné partie uvedeny v obou těchto skriptech. Výklad o mechanismech působení vnějšího násilí na lidské tělo při dopravních nehodách se totiž neobejde bez vysvětlení souvislostí s pohyby vozidel.

2 Úvod do problematiky

Za mnohými silničními dopravními nehodami vyvstává problém, kdo nehodu zavinil, kdo za ni nese odpovědnost. To jsou otázky právní, jejichž řešení přísluší orgánům činným v trestním či občanskoprávním řízení, které pro své rozhodování potřebují náležitou technickou analýzu nehodového děje. Může jít například o problém, zda střet vozidel v křižovatce má původ v tom, že řidič vyjíždějící z vedlejší silnice nutil k náhlé změně směru a (nebo) rychlosti jízdy řidiče jedoucího po hlavní silnici rychlostí, jež nepřekračovala dovolenou mez, anebo zda řidič na hlavní silnici nerespektoval omezení rychlosti zavedené v daném úseku – opodstatněně například omezeným rozhledem mezi větvemi křižovatky.

2.1 Historie oboru

V Československu zavedl analýzu silničních nehod jako vědní disciplínu pan Ing. Jiří Smrček (30.12.1906 – 13.6.1987). Založil Ústav soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně a byl jeho prvním vedoucím.

Byl to nejen zkušený odborník a pedagog, ale i člověk vzácných morálních kvalit, které svým studentům předával osobním příkladem. Mnohé jeho definice, postupy a rady mají trvalou platnost, a proto jsou v následujícím textu citovány s poznámkou (Smrček).

Po zrušení funkce „stálých přísežných znalců“ zákonem č.47/1959 Sb. vykonávali znaleckou činnost převážně znalci bez vyššího vzdělání, neznalí metodiky vypracování

znaleckého posudku, bez základních znalostí mechaniky. Dopouštěli se často chyb zejména při řešení dopravních nehod, kdy neřešili příčiny vzniku a průběhu nehody, ale zabývali se většinou jinými problémy než technickými a tím zbytečně komplikovali činnost a rozhodování orgánů v trestním řízení, především soudů.

Z uvedených důvodů navrhl Ing.Jiří Smrček zavést na VUT v Brně, obdobně jako je již tradiční na všech lékařských fakultách, pracoviště soudního inženýrství, které by se zabývalo získáváním reálných podkladů o vzniku a průběhu technických havárií, a tyto poznatky pak byly přenášeny do výuky zejména v rámci postgraduálního studia při výchově znalců-specialistů pro jednotlivé obory.

Rozhodnutím rektora VUT v Brně ze dne 14.9.1965 bylo pracoviště zřízeno a jeho vedením byl pověřen Ing.Jiří Smrček. Na základě úspěšného vyřešení řady závažných technických havárií, z nichž mnohé byly celostátního významu, dále na základě výsledků dosažených několikerým pořádáním postgraduálního studia „Technického znalectví v oboru silničních nehod“ bylo dnem 1.4.1970 změněno dosavadní pracoviště na Ústav soudního inženýrství VUT v Brně bez změny vedoucího Ing.J.Smrčka, který tuto funkci vykonával do 1.10.1979. Pan Ing.Jiří Smrček však pracoval dále aktivně na Ústavu soudního inženýrství až do své smrti dne 13.6.1987.

Na pana inženýra Smrčka stále ještě po více než dvaceti letech vzpomínají jeho žáci a spolupracovníci, na jeho snahu po objektivní pravdě, po čistotě technických řešení, po objektivitě a neúplatnosti znalce, na jeho elán, se kterým se ještě den před svým náhlým úmrtím připravoval a těšil na přednášky budoucím znalcům – analytikům silničních nehod v Bojkovicích. Mějme stále na paměti jeho odkaz, který nám svým životem a svou prací tento vzácný člověk zanechal.

Převzato z článku Prof.Ing.Alberta Bradáče,DrSc. „Ke 100.výročí narození Ing.Jiřího Smrčka“ v časopisu Soudní inženýrství č.6/2006

Ústav soudního inženýrství (ÚSI) VUT v Brně pod vedením Prof.Ing.Alberta Bradáče, DrSc rozšířil svou působnost na obor stavebnictví. V uvedených oborech absolvovaly postgraduální studium stovky adeptů znalectví.

Fakulta dopravní ČVUT je znaleckým ústavem od dne 22.7.2002, kdy byla z rozhodnutí ministra spravedlnosti ČR zapsána do druhého oddílu seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost v oborech doprava a spoje, a to na základě návrhu ministra školství, mládeže a tělovýchovy ze dne 31.8.2001. Rozsah znaleckého oprávnění byl stanoven *pro dopravní technologii a spoje, logistiku v dopravě a telekomunikacích, dopravní inženýrství a spoje, dopravní infrastrukturu v území, management a ekonomiku dopravy a telekomunikací, automatizaci v dopravě a telekomunikacích, technologii a management a ekonomiku dopravy a telekomunikací, dopravní systémy a techniku, inženýrskou informatiku.*

Rozhodnutím ministra spravedlnosti ČR ze dne 10.1.2005 byl na žádost děkana FD ČVUT (ze dne 6.12.2004) dosavadní rozsah znaleckého oprávnění fakulty v oboru dopravy rozšířen *pro dopravu silniční a městskou se specializací pro posuzování příčin dopravních nehod a protismykových vlastností vozovek, pro dopravní stavby se specializací pro posuzování pozemních komunikací z hlediska bezpečnosti dopravy, stejně tak pro posuzování technického stavu a oprav silničních vozidel ve vztahu k bezpečnosti silničního provozu.* V návaznosti na toto rozhodnutí ministra spravedlnosti zřídil děkan FD ČVUT dne 2.9.2005 „Ústav soudního inženýrství v dopravě“ jako součást Fakulty dopravní ČVUT v Praze a jako nositele znaleckého oprávnění dle výše zmíněného rozhodnutí pana ministra spravedlnosti. Vedoucím ústavu byl dne 30.9.2005 jmenován doc.Ing.Jindřich Šachl,CSc , ústav byl zřízen při katedře mechaniky a materiálů FD ČVUT. K datu 1.1.2006 byl na příkaz děkana FD ČVUT ústav dislokován do budovy FD ČVUT Horská 3 v Praze 2. Změnou Organizačního řádu FD ČVUT ze dne 15.11.2006 byl ústav vyčleněn na úroveň ostatních ústavů (dříve

kateder) fakulty a zároveň byl název ústavu změněn (v návaznosti na jednání s ÚSI VUT v Brně) na **ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znalectví v dopravě**, a pod tímto názvem je zapsán ve druhém oddíle seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost od data 28.11.2006.

2.2 Znalectví

Je-li k objasnění skutečnosti důležité pro trestní řízení třeba odborných znalostí, vyžádá orgán činný v trestním řízení odborné vyjádření. Jestliže pro složitost posuzované otázky takový postup není postačující, přibere orgán činný v trestním řízení a v řízení před soudem předseda senátu znalce - § 105 odst.1 zákona o trestním řízení soudním (trestní řád). V povědomí veřejnosti je rozšířeno spíše pojmenování „soudní znalec“, jež je proto obvykle tolerováno i v oficiálních označeních, ač zákonný pojem je pouze znalec.

Znalecká činnost je upravena zákonem č.36/1967 Sb. o znalcích a tlumočnících a prováděcí vyhláškou č.37/1967 Sb. ve znění pozdějších předpisů a Směrnicí ministerstva spravedlnosti ČSR č.10/1973-kontr.odb. o organizaci a kontrole znalecké a tlumočnické činnosti. Dále se na znaleckou činnost vztahují například příslušná ustanovení trestního zákona, trestního řádu, zákona o přestupcích, občanského soudního řádu a souvisejících právních předpisů.

2.3 Znalci a znalecké ústavy

Znaleckou činnost řídí Odbor dohledu Ministerstva spravedlnosti ČR, jenž také rozhoduje o zápisu vysokých škol, ústavů a institucí do seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost. Znalce jmenuje pro jednotlivé obory ministr spravedlnosti nebo předseda krajského soudu v rozsahu, v němž je ministrem spravedlnosti k tomu pověřen. Podrobnosti jsou ve výše zmíněném zákoně o znalcích a tlumočnících a v prováděcí vyhlášce. Znalci jsou oprávněni vykonávat znaleckou činnost i mimo obvod krajského soudu, v jehož seznamu jsou zapsáni.

Znalecká činnost je členěna na jednotlivé stanovené obory, z nichž některé se dále dělí na odvětví a dále mohou být vymezeny specializace. Analýza silničních nehod souvisí s **obory doprava a strojírenství**.

Seznamy znaleckých ústavů a jednotlivých znalců vede Ministerstvo spravedlnosti ČR a jednotlivé Krajské soudy. Aktuální seznamy jsou dostupné na oficiálním informačním serveru českého soudnictví na adrese www.justice.cz nebo přímo na adrese <http://portal.justice.cz/uvod/justice.aspx>.

2.4 Řízení trestní a občanskoprávní

S jednou a toutéž dopravní nehodou může být spojeno jednak řízení trestní a jednak řízení občanskoprávní. V trestním řízení jde o vinu (zavinění) a trest, v občanskoprávním řízení jde o odpovědnost a o náhradu škody. Pro obojí tato řízení může být znalecká analýza nezbytným podkladem, ale v žádném z těchto řízení nesmí znalec sám řešit právní otázky ani hodnotit důkazy. Tak například by se ve znaleckém posudku neměla vyskytnout formulace, že nehodu *zavinil* řidič Josef Novák tím, že *porušil povinnost* dát přednost v jízdě. Otázky viny a otázky porušení předpisů jsou totiž ryze právní. Znalec ale může konstatovat například, že *původ nehodové situace lze z technického hlediska spatřovat v tom, že řidič automobilu ŠKODA Felicia přijíždějící po silnici označené dopravní značkou „Dej přednost v jízdě“ svým jednáním nutil k náhlé změně směru a rychlosti jízdy řidiče automobilu ŠKODA Octavia, který přijížděl rychlostí 82 až 88 km/h po silnici označené dopravním značením jako hlavní silnice – pokud ovšem nebyla situace před střetem komplikována např. tím, že řidič přijíždějící po silnici označené jako hlavní jel rychlostí vyšší, než jaká byla v tom úseku dovolená.*

3 Podklady pro analýzu

3.1 Podklady objektivní a subjektivní

Analýza silniční nehody obvykle vychází ze spisového materiálu dodaného (zaslaného) znalci policií nebo soudem. Podklady ve spisu lze dělit na

- a) podklady objektivní, tj. Protokol o nehodě v silničním provozu (případně Záznam o malé dopravní nehodě s projednáním), plánek, fotodokumentace, lékařské zprávy a znalecké posudky (např. zdravotnictví – soudní lékařství),
- b) podklady subjektivní, tj. Protokol o výpovědi obviněného (obžalovaného), svědka apod. (viz kap. 3.7 „*Amnézie a vlivy problematizující hodnotu výpovědi*“).

Analýza má být založena na podkladech objektivních, neměla by vycházet z podkladů subjektivních. Teprve na podkladě výsledků analýzy se lze vyjádřit o tom, zda výpovědi (nebo jejich části) jsou nebo nejsou technicky přijatelné.

3.2 Třídění nehod

Z hlediska aplikace analytických metod lze silniční nehody dělit na

- a) střety pohyblivých objektů (vozidel navzájem, nebo s chodci),
- b) havárie (sjetí jednotlivého vozidla z komunikace, eventuálně s následným nárazem na pevnou překážku či s převrácením).

Při analýze střetů se řeší vzájemný pohyb objektů v čase a v prostoru, tedy obvykle s aplikací diagramu dráha x čas (viz kapitolu 6.4 „*Diagram dráha x čas*“), zatímco při analýze havárií obvykle nebývá aplikace diagramu dráha x čas potřebná (kromě případů, kdy je nutno zjistit, jak dlouho trvaly fáze havarijního pohybu).

3.3 Dokumentace dopravních nehod

Tento oddíl nepojednává o procesních pravidlech, která upravují činnost policistů na místě nehody. Jsou uvedeny pouze rady technické povahy, jež mohou být využity jak se strany policistů tak i znalcem, pokud je přivolán k nehodě aby se zúčastnil ohledání. Poznamenejme, že znalec sám neprovádí „ohledání“ – viz kapitolu 3.4 „*K zjišťování dalších technických skutečností*“.

Po příjezdu na místo nehody, když se přikročí k dokumentaci, je vhodné postupovat v tomto pořadí:

1. Nejprve vyfotografovat situaci okolo - jako např. parkující vozidla u přechodů (překážky v rozhledu), neboť ta mohou "nenápadně" odjet. Zaměřit jejich postavení, později i polohy kontejnerů na odpadky a jiné eventuální překážky v rozhledu (ne jenom okolo konečných poloh vozidel).
2. Co nejdříve se dokumentují stopy: stopy pneumatik, krevní stopy, stopy na objektech (svodidlech), oblasti střepin, polohy částí uvolněných z vozidel (např. světlometry), ale mnohdy se úplně zapomíná na vyteklé kapaliny (nebo se jen konstatuje, že tam byly). Přitom právě ty vedou téměř bezprostředně z míst střetů - přetlak v chladiči. **Kapaliny lze považovat za důležitější než střepiny** (neboť poloha střepin bývá ovlivněna setrvačným letem, rozhozem při rotaci vozidla, troušením, odrazem od druhého vozidla), při nárazech na bok osobního automobilu jsou střepiny i před místem střetu (rozbitým bočním sklem „exploduje“ přetlak vzduchu z prostoru pro cestující stlačeného deformací boku karoserie). Stopy kapalin berou za své nejrychleji. Když přijedou hasiči, nejraději by vše posypali Vapexem. Za sucha po odfoukání Vapexu větrem se stopy znovu objevují. Obvykle ale nebývá čas na to čekat.

3. Pak lze přikročit k dokumentaci poloh vozidel.
4. Potom se dokumentují deformace vozidel, nezapomínat na (fotografickou) dokumentaci stavu interiéru včetně bezpečnostních pásů. Aby se předešlo pozdějším pochybnostem a diskusím, je třeba dokumentovat i to, co není poškozené). Leží-li automobil v konečné poloze na boku, nebo při nakládání na odtahové vozidlo můžeme vyfotografovat deformovanou před' či zád' **zespodu**.



obr. 1 Příležitost k dokumentaci deformací automobilu pohledem ze spodu¹

5. Jsou-li "boule" na čelním skle, je radno odebrat z vnitřku boule vzorky vlasů (k tomu je dobré mít „v lékařském kufříku“ krabičky na vzorky).
6. V Německu policisté nakonec fotografují situaci a stopy znovu po odklizení vozidel. To je obzvlášť prozíravé: auta tam totiž předtím všeobecně překážejí a hlavně zakrývají stopy pod sebou.

K ohledání na místě nehody - všeobecně:

Zde je třeba nejprve upozornit na úskalí „lidského činitele“: subjektivní výběr skutečností důležitých k zjišťování může být veden podle určité (jediné) verze nehodového děje, která se však může dodatečně ukázat jako nesprávná, a podklady k jiné (správné) verzi jsou pak neúplné. Proto je radno vždy dokumentovat celkový stav, veškeré stopy, i když zdánlivě s věcí nesouvisejí.

Nejprve se volí tzv. výchozí bod měření (VBM) (sloup **číslo**, osamocený strom, nároží, okraj vrat uvést který, čelo propustku, spíše výjimečně průsečík prodloužení přímých úseků okrajů vozovek přicházejících ke křižovatce).

Problém vzdáleného VBM – pokud se nejbližší použitelný VBM nachází daleko (např. více než 100 m před kritickým místem), lze zvolit tzv. „pomocný bod měření“ (PBM) vytvořený například jenom čarou na vozovce (křídou, barvicím sprejem), jehož vzdálenost od VBM musí být ovšem změřena a zaznamenána. Měření řady důležitých poloh se provádějí přirozeně v řadě za sebou – jako při jednom přiložení pásma k společné nulové úrovni, tedy k úrovni VBM. Nicméně často bývá nutno změřit dodatečně něco, co bylo v první řadě

¹ zdroj: Policie ČR

prehlédnuto. Opakované měření od vzdálené úrovně by zdržovalo postup práce, a zejména by hrozila relativně velká nepřesnost: představme si dvě auta stojící v konečných polohách přídělmi proti sobě ve vzájemné vzdálenosti 2,0 m (objektivně 100,0 a 102,0 m od VBM). První změříme od VBM ve vzdálenosti 100,1 a druhé 101,9 - chyby měření délek byly jen jedno promile, a přece na dvou metrech máme chybu 20 cm. Z téhož důvodu bychom měli zapomenuté míry měřit dodatečně raději od toho, co už máme změřeno, než od vzdáleného VBM. Prozíravý si kvůli tomu předem zřídí PBM, byť třeba realizovaný dočasně jenom křídou nebo sprejem.

Problém blízkého VBM: máme-li zvolen VBM uvnitř délky měřené oblasti, pak je nutné zavést konvenci a polohy uvádět s údaji „před“ a „za“ úrovní VBM. Na to se občas zapomíná, a pak se teprve z policejního náčrtu či plánu zjišťuje, co bylo měřeno směrem vzad od VBM a co směrem vpřed.

Délky ve směru podélném (souběžném s osou komunikace) se obvykle měří nikoli pouze přímkově, ale i ve směrovém oblouku (je ovšem radno uvést, na které straně vozovky se délky měřily). Boční odstupy se měří od vodicí čáry případně od obrubníku chodníku, přitom ovšem přistupuje problém odhadu spouštění kolmic. Důležité délky (např. délky stop) je proto vhodné změřit zvlášť, jako míry kontrolní.

Na vozovce se přirozeně měří délkoměrným kolečkem – obr. 5 (není to krokoměř). Je nutný přítlak kolečka - na vozovce se šterkem po zimním posypu je třeba přitlačovat rukojeť kolečka oběma rukama. Nahodilá chyba (přirozená nepřesnost - při opakování měření), systematická chyba (ojeté kolečko) a hrubá chyba (zapomněl jsem kolečko vynulovat) – podrobnosti jsou v kapitole 3.5 „*Dokumentální technika*“. Mnohé se dá v klidu napravit podle dobré fotodokumentace.

Přes příkop by se ovšem mělo měřit pásmem.

Od výsledků geodetického měření jsou přirozeně nějaké odchylky vždycky. Lze například upřesnit křivost zatáčky, není vhodné zdůrazňovat chyby, lze však odůvodnit korekce použitím dokonalejší měřické techniky.

Pozor na otočení aut při střetu protijedoucích - velmi často si "**vymění směry**" - **excentrický ráz**. Při popisu poškození se často plete levá a pravá strana vozidel, když hledíme na před' zepředu.

a) Délka stop brzdění se v policejní praxi obvykle vztahuje k zádi vozidla v konečném postavení. Setkáváme se s tím, že délka stop je takto změřena, v protokolu ale stojí, že stopy vedly k zadním kolům a na fotodokumentaci je vidět, že vedou až ke kolům předním. Vzniká nejistota v údaji o délce. Rozdíly mohou být značné, zejména u autobusů a nákladních souprav. Optimální (jednoznačné) je, když se uvede např. že stopy vedly až k předním kolům a že jejich délka měřená od zadě vozidla k začátku stop byla ... m.

Stopy na ploše vozovky bývají lépe viditelné pod ostrým úhlem z některého směru než při pohledu shora - tak se stopy objevují na celkových záběrech koncipovaných pro dokumentaci celkového pohledu na konečná postavení všech vozidel najednou. Ten, kdo fotografuje, hledí do hledáčku či na displej, koncipuje snímek (nehledá přitom stopy) ustupuje dozadu, pak stiskne spoušť fotoaparátu, a teprve na snímcích se najdou **pokračování stop** (bohužel bez začátků), které tam na místě nebyly pohledem shora vidět (otěr pryže na náběžných "zubech" textury).

Nelze paušálně tvrdit, že kola brzděná s antiblokovacím systémem (ABS) nezanechávají stopy. Jsou případy, kdy jsou stopy málo nápadné, výjimečně žádné. Lze spíše říci, že brzdění s ABS zanechává stopy brzdění ale ne stopy blokovací.

Je radno prohlédnout a fotografovat také **příslušně dlouhé úseky před místem střetu** - příslušně podle rychlosti, jakou lze v daném případě očekávat. **Hledat stopy brzdění**. Zejména v noci je radno pořídit větší počet fotografií.

- b) **U vozidel uvádět i typ.** Někdy bývá i z fotodokumentace problematické zjistit podrobnosti. Údaj např. FORD bývá většinou pro znalce málo. Zvláště důležité je uvádět **typ tahače a přívěsu nebo návěsu a počty jejich náprav** (právě ve vztahu k délce stop). U moderních osobních automobilů je dobré uvést dle OTP i rok výroby (kvůli vybavení ABS).
- c) U nehod na mokré vozovce je vhodné zkontrolovat pohledem stav ojetí dezénů všech pneumatik všech vozidel.
- d) Téměř nikdy nebývá **údaj o nákladu**, což je důležité zvláště u nákladních vozidel. Stačí uvést např. řezivo do 1,2 m výšky na celé ložné ploše pod plachtou.
- g) Někdy vzniká nejistota o šířkových poměrech na silnici. Není jednotnost v pojmech: **Silnice** se rozumí včetně krajnic, směrových sloupků a všeho vybavení. **Zpevněná část** je to, co je postaveno ze živičné směsi, z betonu nebo dlažby (tedy včetně zpevněných krajnic). Pojmem „vozovka“ bývá v policejní praxi i ve veřejnosti obvykle označen tzv. **jízdní pás** (viz kap. „Silnice, jízdní pás (vozovka), krajnice“ na str.96). Pokud v daném případě na šířce vozovky zvláště záleží, je vhodné uvést (pro jistotu), mezi kterými úrovněmi byla šířka měřena - například uvést, že šířka vozovky mezi vnitřními okraji vodicích čar je 7,5 m, šířka zpevněné živičné plochy včetně krajnic je 9,0 m.
- h) Pokud jsou na místě svědkové, nechat si předběžně hned ukázat a zaměřit, kde v době nehody byli. Údaje v dodatečných výpovědích jako např. "šel jsem od pošty" bývají málo instruktivní. Ušetří se případné dodatečné zjišťování, které fáze děje nebylo možno z jejich stanoviště vidět, a vyslýchaný se o ději pouze (podvědomě) domýšlí podle zvuků, které slyšel.
- i) Při řešení otázek, kdo řídil vozidlo, bývá důležitý **děj po nehodě** - odkud kdo přišel (zvláště se to týká málo zraněných, kteří z automobilu vypadli), nebo kde přesně jej svědkové našli.

Nejlepším objektivním dokumentem je fotografie. Není v lidských schopnostech všimnout si vždy všech detailů, snímek zachytí vše. Frekventantům policejního výcviku by bylo vhodné zadat praktická cvičení v práci s fotografickým aparátem a bleskem. Úkolem by mohlo být například dokumentovat na přiměřeném počtu snímků co nejvíce důležitých okolností (v detailu i v celku). Fotoaparát většinou "vidí" víc, než lidské oko. - nejen (s bleskem) v noci ale i za dne. V noci nefotografovat jen to, co sami vidíme. Pro noční snímek celkového pohledu na situaci by měla být otevřená clona a "plný" blesk, tzn. vypnout automatiku blesku, zapnout ji pak znovu na detaily vozidel.

- a) Na snímcích konečných poloh vozidel by měla být viditelná i všechna kola a vozovka v jejich okolí tak, aby bylo možno posoudit, ke kterým kolům patřily jednotlivé stopy brzdění.
- b) Při fotografování a ohledání se neomezovat jen na okolí konečných poloh vozidel, ale jít i do větší vzdálenosti **před místo střetu** a tam hledat stopy brzdění a **zlomy v průběhu stop**. Hledání stop je aktuální, když přibývá vozidel s ABS brzd.
- c) Pokud je průběh stop složitý, když se automobily smýkaly za současné rotace, pak fotografovat hlavně ve směru osy silnice a kolmo k němu, z větší vzdálenosti (aby tam zaručeně byly i málo zřetelné začátky stop) i v detailech. Ostatní pak necht' je starost znalce, aby si s vyhodnocením poradil.
- d) Poškození vozidel fotografovat také a **zejména z kolmých směrů**, to jest čelně, zezadu, z boků. **Dokumentovat i ty strany, na nichž vozidla poškozena nejsou.**
- e) Fotografovaná vozidla zakrývají vše, co je pod nimi a téměř celé pozadí. V Německu proto policisté vyznačují konečnou polohu vozidla barvou na vozovce a **fotografují situaci ještě jednou po odklizení vozidel.**
- f) Suchá vozovka pod vozidlem (ne jen pod motorem) na snímku svědčí o tom, že k nehodě došlo na suché vozovce a pršet začalo až potom.

- h) Dokumentuje-li se poloha nějakého drobného objektu (např. boty), pak by měl být vyfotografován tak, aby na snímku byly vidět i nějaké detaily trvalejší povahy (kanalizační vpust, vysprávka výtluhu, vodící a středová čára vozovky apod.), z nichž by bylo možno posoudit, kde předmět skutečně ležel – v souvislostech, které nejsou hned na místě zřejmé a vyplynou až při znaleckém zkoumání "v klidu".

U nehod s chodci, cyklisty a motocyklisty:

Chodcovy věci na místě střetu (brýle a čepice mohou být dokonce před místem střetu).

- a) uvést alespoň odhad výšky postavy a hmotnosti,
- b) zjistit oblečení včetně obutí, tj. barva (zejména u nehod za snížené viditelnosti) a materiál (kožená kombinéza, tričko),
- c) uvést (pokud je to známo), zda dotyčný obtížně chodil, špatně viděl, slyšel apod.),
- d) po lékařích provádějících pitvu **předem** žádat, aby uvedli polohu zlomenin v cm od paty zemřelého.

U nehod za snížené viditelnosti:

- a) Pořídit fotodokumentaci povrchu vozovky i ve větší vzdálenosti od místa nehody. Fotoaparát ve světle fotografického blesku je schopen zachytit skutečnosti, které jsou pohledem ve sporém osvětlení stěží rozeznatelné. Dokonce lze na černobílé fotografii rozlišit krevní kaluž na mokré vozovce, neboť černobílý film je nejméně citlivý na červenou barvu. Krev se pak jeví jako černá, zatímco mokrá živičná vozovka jako šedá.
- b) Zaměřit polohy sloupů veřejného osvětlení a vyznačit, která tělesa svítila, která svítila jen občas či nesvítila vůbec.
- c) Na snímku by měl být vždy současně viditelný i nějaký objekt trvalý, postačuje kanalizační vpust, vysprávka výtluhu a pod.
- d) Prohlédnout zašpinění (orosení) oken automobilů, jejich světlometů a koncových svítilen - a vyfotografovat.
- e) Konstatování viditelnosti odhadem na ... metrů je obecně problematické. Uvedeme-li po nehodě za mlhy odhad vzdálenosti, na jakou vidíme kolegu, poškozujeme tím řidiče, který měl vidět brzdová světla. Mělo by se říci, **co** je na tu délku vidět - na jakou lze rozpoznat chodce a na jakou lze rozpoznat světlomety vozidel.

Je známkou svědomitosti vypravit se na místo ještě jednou a hned **ráno vyfotografovat stopy za denního světla**.

U nehod cyklistů:

- a) zkontrolovat funkčnost brzd, osvětlení, odrazek na zádi a na šlapadlech včetně míry znečištění a stav zapnutí dynamka,
- b) deformace podrobně dokumentovat fotograficky z různých základních směrů pohledu.

U nehod motocyklistů:

- a) zjistit (případně vyfotografovat) stav přepínačů (blinkry, předepsané osvětlení),
- b) zeptat se na místě svědků, zda motocykl svítil.

Střety protijedoucích vozidel

Z pouhých konečných poloh vozidel a z jejich poškození nelze solidně určit střetovou polohu v šířce vozovky. Proto je mimořádně důležité dokonale dokumentovat na místě stopy brzdění před střetem, stopy vedoucí z místa střetu do konečných poloh, dřecí a rycí stopy, stopy kapalin z místa střetu do konečné polohy apod.

Výpočtem pak lze stanovit rychlostní poměry.

Poznámky k ohledání

V průběhu měření na místě nehody i prohlídky jednotlivých vozidel se přirozeně vede záznam v podobě poznámek a kótovaných náčrtů. To může být problematické za větru, deště nebo v noci. Pro tyto případy je vhodné mít po ruce diktafon. Diktafon ovšem musí mít svítící kontrolku funkce. Náčrt lze pak výjimečně zhotovit dodatečně na pracovišti, pokud možno co nejdříve.

Použití diktafonu se zpravidla osvědčuje i při geodetickém zaměření místa nehody, kdy se diktují popisy jednotlivých bodů a jejich číselné pořadí, zatímco měřické souřadnice se zaznamenávají elektronicky přímo v paměti přístroje (Total Station). Pomocný náčrt je přesto radno nakreslit po návratu na pracoviště podle záznamu diktafonu. Je třeba vést přehled obsahu paměťových medií, abychom si nesmazali, co ještě přichází v úvahu k použití.

3.4 K zjišťování dalších technických skutečností

Ve Znaleckém standardu II (lit.[1]) se k tomu na str.12 a 13 uvádí toto:

V praxi trestního řízení se pod pojmem ohledání zahrnuje m.j.:

- a) *vlastní ohledání, kdy je úkolem zjistit stav předmětů, situaci v místě havárie apod. Rozlišuje se ohledání prvotní (u silničních nehod provádí příslušníci PČR), ohledání opakované (provádí se tehdy, jestliže při prvotním ohledání byly nepříznivé podmínky, nebo prvotní ohledání bylo provedeno nekvalitně, příp. je zřejmé, že je třeba hledat ještě další důkazy) a ohledání doplňující (u silničních nehod např. ohledání poškozených vozidel ve specializované dílně).*
- b) *rekonstrukce, při níž se rekonstruuje průběh vyšetřované události, zkoumá situace na místě činu, stav určitých předmětů apod.*
- c) *vyšetřovací pokus (též "vyšetřovací experiment"), spočívající v provedení pokusů a zkoumání faktů v uměle vytvořených a systematicky měněných podmínkách. Od rekonstrukce se liší tím, že při rekonstrukci jsou základní fakta známa, ověřuje se totožnost, kdežto při vyšetřovacím experimentu se uměle navozuje rozsah možností a zkoumá se, která část tohoto rozsahu odpovídá možnosti. Vyšetřovací pokus stejně jako ohledání či rekonstrukci vede a dokumentuje příslušný orgán činný v trestním řízení.*

Od vyšetřovacího pokusu je možno odlišit technický experiment znalce - pokus, který je oprávněn provést sám znalec v rámci zpracování znaleckého posudku. Hranice mezi experimentem vyšetřovacím a znaleckým není přesně stanovena: v duchu platné úpravy trestního práva může znalec sám zkoumat a dokumentovat práce, jež jsou v rozsahu jeho znaleckého oprávnění. Tak jako soudní lékaři provádějí pitvu a celou její dokumentaci, tak analogicky technický znalec je oprávněn provádět sám (resp. s pomocníkem) práce, jejichž znalost spadá do kvalifikačních předpokladů pro jmenování znalcem v daném oboru. Znalec však může sám provádět (případně nechat si odborníkem provést za svého osobního dozoru) pouze takové experimenty, u nichž je zaručena jednoznačnost a v případě pochybností shodná opakovatelnost, ev. takové, kdy podmínky jsou jednoznačně dokumentovány v podkladech, poskytnutých znalci k vypracování posudku. Při dodržení této podmínky je znalec oprávněn sám provést např. prohlídku vozidla, bezdemontažní diagnostiku, resp. demontáž a proměření, vše samozřejmě za průběžného dokumentování. Pro analýzu silničních nehod je obdobně znalec oprávněn sám provést, pokud je k tomu řádně vybaven a organizačně schopen zajistit za dodržení požadavků bezpečnosti a hospodárnosti, např.:

- a) *dodatečné geodetické zaměření místa, na němž se stala dopravní nehoda, pro zjištění geometrického tvaru silnice a jejího okolí, podélného a příčného sklonu,*
- b) *zjištění dohlednosti účastníka nehody přes překážku, jejíž poloha se od doby nehody nezměnila,*
- c) *měření adhezních vlastností vozovky, pokud se situace na místě nehody od doby nehody nezměnila,*

- d) ověření adhezní stoupavosti vozidla,
- e) ověření akceleračních a deceleračních možností vozidla v daném místě,
- f) ověření dosažitelného dostředivého zrychlení.

O každém znaleckém experimentu je znalec povinen pořádit protokol, který musí obsahovat m.j.:

- a) úvod (důvod a cíl pokusu),
- b) podmínky konání (místo, čas, atmosférické podmínky),
- c) seznam účastníků,
- d) použité pomůcky, u přístrojů jejich přesné označení, výrobní číslo, a je-li třeba přístroj cejchovat, pak datum posledního ověření,
- e) popis jednotlivých provedených pokusů, vstupní podmínky a výsledky,
- f) kopie záznamů z registračních přístrojů.

Protokol se přiloží ke znaleckému posudku jako jeho součást.

V občanském soudním řízení se uplatní ustanovení občanského soudního řádu:

- (1) *Ohledání předmětu, který je možno dopravit k soudu, provede se při jednání. Za tím účelem může předseda senátu uložit tomu, kdo má potřebný předmět, aby jej předložil.*
- (2) *Jinak se ohledání provádí na místě. Je k němu třeba předvolat ty, kteří se předvolávají k jednání.*

Pokud znalec v občanském soudním řízení provádí např. ohledání vozidla, je třeba, aby k němu byli pozváni účastníci a jejich právní zástupci. O konání se vyrozumí soud, pokud tento sám nenařídil provedení ohledání. Pro technický experiment znalce platí totéž, co je uvedeno výše pro řízení trestní. Konec citace

3.5 Dokumentační technika

Základem je dobré nářadí

Předpokladem správné analýzy dopravní nehody je dobrá (raději výborná) dokumentace:

- kvalitní fotografické snímky
- přesný situační plán (doplněný případně podélným profilem či příčnými profily).

K tomu je třeba mít dobré „nářadí“.

Technika pro fotografování

Fotoaparáty jsou většinou konstruovány pro pořizování snímků ze stanoviště toho, kdo snímek pořizuje: hledí do hledáčku nebo na displej na zadní straně fotoaparátu. Tak se fotografuje na dovolené, a postačuje to i pro dokumentaci věcí „ležících na stole“, například součástí vymontovaných z vozidel. Pro analýzu dopravních nehod ale občas potřebujeme **fotografovat i tam, kde nelze mít hlavu za zadní stěnou fotoaparátu**. Například když máme před demontáží zdokumentovat stav zavěšení kola automobilu na místě, kde není k dispozici zdvihací zařízení. K podobným účelům se osvědčí digitální fotoaparát s výklopným a otočným displejem, na nějž lze vidět i s jiné strany než jen ze zadní.

Často potřebujeme dokumentovat deformace automobilu z nadhledu tam, kde jej nelze přistavit k budově a fotografovat z okna nadzemního podlaží. Pro fotografování v omezeném prostoru (obr. 2) i pro fotografování z nadhledu se ideálně osvědčí taková digitální kamera, jež má nejen relativně velký výklopný a otočný displej viditelný i z odstupu (obr. 3), ale i dálkové ovládání a to hned dvojí:

- infračerveným (IR) ovladačem (obdobným jako pro televizory),
- ovladačem na krátkém kabelu s externím mikrofonem.

Kamera umožňuje nejen filmování, ale i pořizování statických snímků s dobrým rozlišením s ukládáním na běžnou paměťovou SD-kartu přenositelnou jednoduše mechanicky např. do čtečky v notebooku. Vhodná kamera má také vlastní fotografický blesk jako běžné „kompakty“ i tzv. inteligentní sánky na blesk přídatný. Jsou to doslova dvě dokumentační techniky v jednom pouzdře. Fotografování (či filmování) s kamerou má ještě další výhodu v porovnání s digitálním fotoaparátem: svítí-li vám slunce přes rameno na displej, pak jej prostě zaklopíte a hledíte na tentýž barevný obraz do hledáčku zacloněného proti vnějšímu světlu. Je to kvazi-zrcadlovka, jež je výhodná oproti zrcadlovce klasické (optické) tím, že poskytuje již před stisknutím spouště náhled, jak bude výsledný obraz vypadat (jas, kontrast a korekce barev na světlo denní / žárovkové). V dnešní době jsou i miniaturní zařízení vyvinuta k náležitě spolehlivosti a životnosti. 3CCD znamená, že dokumentovaný obraz je rozkládán na tři základní barvy a snímán třemi citlivými čipy. To je výhodné pro obzvlášť dokonalé podání barev na výsledném snímku (filmu). Kamerový systém s digitálním záznamem lze s výhodou využít k souvislé obhlídce vozidla nebo místa dopravní nehody, což se osvědčuje při zpracování posudku, když si později nejsme jisti zapamatováním detailu, který se na místě nejevilo jako důležitý pro pořízení snímku.



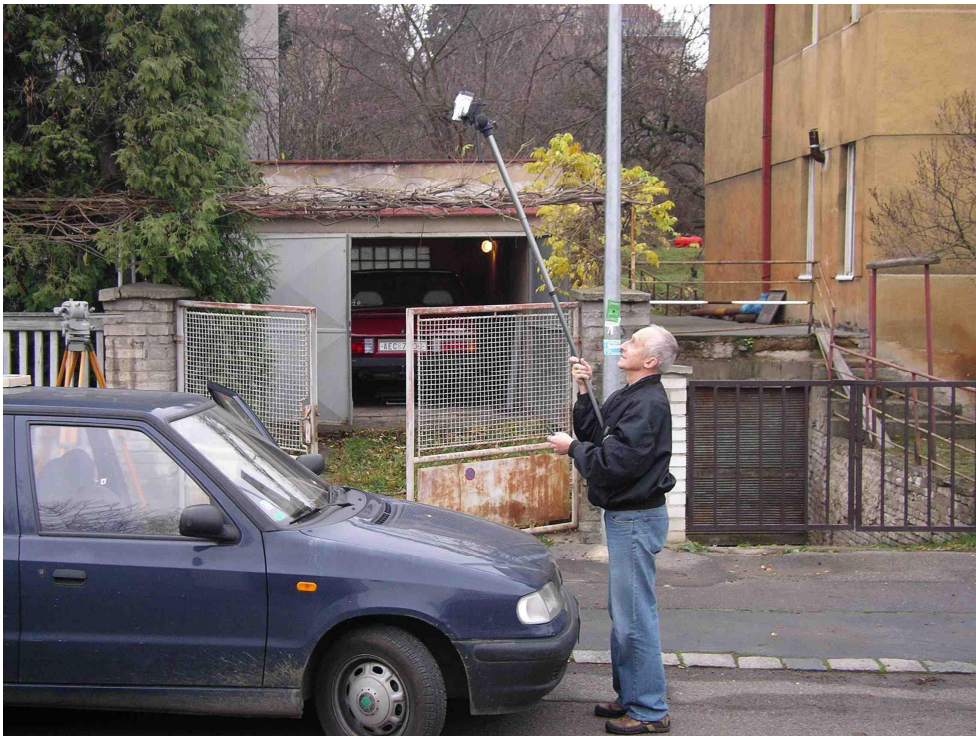
obr. 2 Fotografování stavu zavěšení kola kamerou Panasonic NV-GS 150

Technika pro délková a polohová měření

Poznamenejme nejprve, že je radno provádět vlastní měření skutečného stavu, neboť ten může být změněn v porovnání se staršími projektovými podklady silnice, (zejména v polohách přechodů pro chodce, dělicích ostrůvků apod.), jaké bychom získali někde v archivech.

Jednoduché pomůcky a běžná vybavení

Pro určité měřické účely (zejména dokumentační) zůstává základem vybavení nadále svinovací metr, skládací nivelační lať (obr. 4), pásmo, posuvné měřítko (lid. „šuplera“) a délkoměrné kolečko - dnes již skládací s teleskopickou rukojetí (obr. 5).



obr. 3 Fotosystém kamery s dálkovým ovládním IR (jako u televizorů)



obr. 4 Dokumentace rozměrů objektu pomocí skládací nivelační lati



obr. 5 Délkoměrné kolečko se skládací (teleskopickou) rukojetí

Délkoměrné kolečko (dále jen „kolečko“) bývá někdy nesprávně nazýváno „krokoměr“. Je vhodnou pohotovou pomůckou za těchto podmínek:

- měření se provádí na ploše bez lokálních prohlubní a vyvýšenin, tedy ne například přes příkop,
- postačuje odečítání délek na decimetry,
- není na závadu nepřesnost, anebo postačuje korekce (viz dále).

Pro ostatní měření je třeba mít po ruce pásmo anebo speciální přístroje.

Žádná běžně užívaná měřicí pomůcka či přístroj neposkytuje výsledky absolutně přesné. Chyby měření jsou nahodilé, soustavné (systematické) a hrubé. Mezi hrubé chyby by zde patřilo opomenutí vynulování číselníku „kolečka“ po předchozím měření, záměna koncových bodů měřené délky (či záměna VBM) a chybné odečtení údaje na číselníku (např. při měření v noci); byla by to chyba v obecném smyslu toho slova. Nahodilá chyba je neodstranitelná nepřesnost, jejíž velikost lze však ovlivnit přitlakem kolečka k měřené ploše, plyne také například z nemožnosti zcela přesného sledování dráhy (přímky či oblouku), jejíž délka má být zjištěna, dále plyne zejména z ovlivnění přejezdem kolečka přes ojedinělé náhodně rozložené mikronerovnosti na měřené ploše, a projevuje se rozptylem hodnot při opakování měření. Soustavná (systematická) chyba je neodstranitelná nepřesnost, jejíž velikost lze rovněž ovlivnit přitlakem na kolečko při měření, která vzniká tím, že kolečko opisuje mikronerovnosti charakteristické pro daný povrch vozovky či terénu, anebo vzniká prokluzem kolečka na sněhu či na blátivém terénu, a projevuje se při opakovaném měření vznikem odchylky průměru zjištěných hodnot od skutečnosti zjištěné jinou přesnější pomůckou (například pásmem). Na podkladě provedených porovnání s měřeními ocelovým pásmem lze problematiku velikosti chyb nahodilých a soustavných ve spojitosti s používáním délkoměrného kolečka shrnout pro praxi takto:

- a) Při měřeních na dlažbě, na hrubozrnné živičné vozovce, či na kamenité cestě jsou údaje číselníku kolečka vyšší proti skutečnosti. Na dlažbě vozovky z drobných žulových kostek při normálním přitlaku kolečka je údaj až o +7,3 % vyšší proti skutečnosti, tedy skutečnost až o -7,0 % nižší proti údaji číselníku kolečka.
- b) Údaje kolečka jsou relativně přesné

- na hladké ploše: hlava kolejnice (přesnost 99,8 %), mimořádně hladká živičná vozovka,
- na rovném upraveném terénu s nízkou trávou jsou údaje kolečka nižší vůči skutečnosti okolo -1,5 % .

c) Údaje kolečka jsou nižší proti skutečnosti

- na uježděném sněhu o cca -4,5 % (skutečnost o cca +5,0 % vyšší proti údaji kolečka),
- na novém hutném sněhu (ne prašan) byl zjištěn rozdíl o cca -7 % (skutečnost o cca +8 % vyšší proti údaji kolečka),
- v blátivém terénu mohou být velikosti chyb značně nejisté. Na novém sněhu a blátivém terénu je radno provádět měření pásmem (anebo geodeticky) namísto užití kolečka.

Z uvedeného vyplývá, že rozdílná může být přesnost měření délky kolečkem na čisté živičné vozovce a na sousední krajnici, je-li zahliněná s kaménky. K rozdílu přesnosti by bylo vhodné přihlížet také v případech, kdy se měření provádělo současně na površích, na nichž jsou odchylky na jednom kladné a na jiném záporné. Nejlepší (nejpřesnější) výsledky dává vždy (kromě měkkého terénu) měření se silným přitlačováním kolečka oběma rukama k měřenému povrchu.

Poznamenejme, že výsledek výpočtu rychlosti vozidla na počátku brzdných stop je však vždy zatížen menší relativní chybou, než jaká byla v určení délky samotných brzdných stop. Je to dáno tím, že základní výpočtové vztahy pro výpočty rychlostí obsahují hodnotu délky brzdné dráhy pod odmocninou. Ukažme si to na extrému: pokud bychom měli délku rovnoměrně zpomaleného pohybu tělesa do zastavení stanovenu chybně dvojnásobnou vůči správné hodnotě tedy s chybou o +100 %, pak výsledek výpočtu počáteční rychlosti bude jen 1,41násobkem správné hodnoty (odmocnina ze dvojnásobku), tedy s chybou jen o +41 % . Tento exaktní efekt bývá ve znalecké praxi úsměvně nazýván „vlídná odmocnina“.

Pro polohová měření na místech dopravních nehod využívala policie metodu tzv. dvousnímkové **fotogrammetrie** s použitím Stereokomory ZEISS s dvojicí objektivů ve vzájemné vzdálenosti 1000 mm a s fotografováním na skleněné desky (pro přesnost snímků). Vyhodnocování se provádělo stereokomparátorem ZEISS. Tato metoda se již nadále nepoužívá, a proto se o ní zde pouze zmiňujeme pro úplnost.

V současné době se využívá fotogrammetrie založená na pořízení jednotlivých snímků téhož objektu (prostoru) z různých stanovišť, přičemž na objektu se nejprve vyznačí záměrnými terči řada vlíčovacích bodů, jejichž vzájemné polohy se zaměří jinou měřicí technikou. Zástupcem této techniky je řada speciálních fotoaparátů fy RolleiMetric. Zpracování se provádí s podporou výpočetních programů, kde se nejprve zadají souřadnice jednotlivých vlíčovacích bodů a přiřadí se jim příslušné polohy na jednotlivých snímcích. Pokud vyhodnocování provádí specializovaná pracoviště, jsou takto pořízené situační plány dostatečně přesné.

Přesnost situačních plánek bývá ale problematická, pokud se při jejich vynášení vychází z (počítačové) **rektifikace běžných fotografií**. Podmínkou uspokojivého výsledku je totiž bezvadná rovinnost vztažné plochy, to jest vozovky, což nebývá vždy splněno. Pokud je plocha byť jen mírně výškově vypuklá nebo vydutá, dochází při vyhodnocení ke značným chybám vůči reálu. Paprsky pohledu běžného snímku pořízeného „z ruky“ (tedy s nízkou polohou objektivu nad zemí) totiž svírají velmi malý úhel s plochou vozovky, jejíž každá i malá nerovnost posouvá průsečík značně vůči reálu polohy v půdorysu. Příkladem je policejní plánek pořízený touto metodou (PC-Rect), v jehož centru byly polohy zakresleny s uspokojivou přesností, ale konečná poloha malého motocyklu u stromu poblíž okraje plánu vykazovala diferenci téměř 10 metrů (!) vůči reálu zjištěnému tachymetricky s ověřením délkoměrným kolečkem. Němečtí policisté fotografují místa nehod měřicími fotoaparáty RolleiMetric tak, že aparát drží co nejvýše nad hlavou, a pokud to místní poměry dovolují, fotografují ještě i z patra přilehlých domů. Z vyvýšené polohy lze fotografovat i kamerou

s dálkovým ovládáním upevněnou na tyči obdobně jako na obr. 3, ovšem s vodorovnou osou objektivu.

Vybavení pro tachymetrii

Uvedené problémy nepřesností plynoucích z vyhodnocování běžných pozemních snímků odstraňuje geodetická metoda tzv. tachymetrie. Pro tachymetrické pořízení situačního plánu s náležitou přesností někteří znalci ještě používají osvědčený přístroj ZEISS BRT 006 (obr. 6) – dnes již zastaralý. Hodnoty odečítané opticky je nutno zapsat (nebo zaznamenat diktafonem) a pak ručně „naklepat“ do počítače k vynesení situačního plánu. Přesnost takového plánu je však výborná (cca 6 cm na vzdálenost 100 m), dosah s měřickým terčem je do 180 m, tedy z jednoho stanoviště lze proměřit úsek silnice dlouhý až 360 m.



obr. 6 Autoredukční tachymetrický přístroj ZEISS BRT 006

Moderní tachymetrické přístroje jsou elektronické: samočinně odečítají měřené údaje a ukládají je do vlastní paměti. Vžil se pro ně anglický název „Total-Station“ (obr. 7), což znamená „úplné stanoviště“. Úplnost spočívá v tom, že přístroj měří nejen vodorovné a svislé úhly (jako theodolit) ale současně i vzdálenosti a to na milimetry. Data lze dokonce přenášet přímo do notebooku na měřeném místě (obr. 8) a na displeji hned zobrazovat situační plán – pro kontrolu správnosti měření. Nevýhodou Total Station vůči BRTu je vyšší pořizovací cena. Typy Total-Station se liší přesností, dosahem a tím, zda na druhém konci měřené úsečky musí stát tzv. koutový odražeč (obr. 9), či zda je možno (na určitou kratší vzdálenost) měřit i bez něho. Možnost měření bez koutového odražeče se může hodit, je-li některý důležitý měřený bod nepřístupný, nebo např. k podrobnému proměření malých objektů.



obr. 7 Total-Station TOPCON GPT 3007



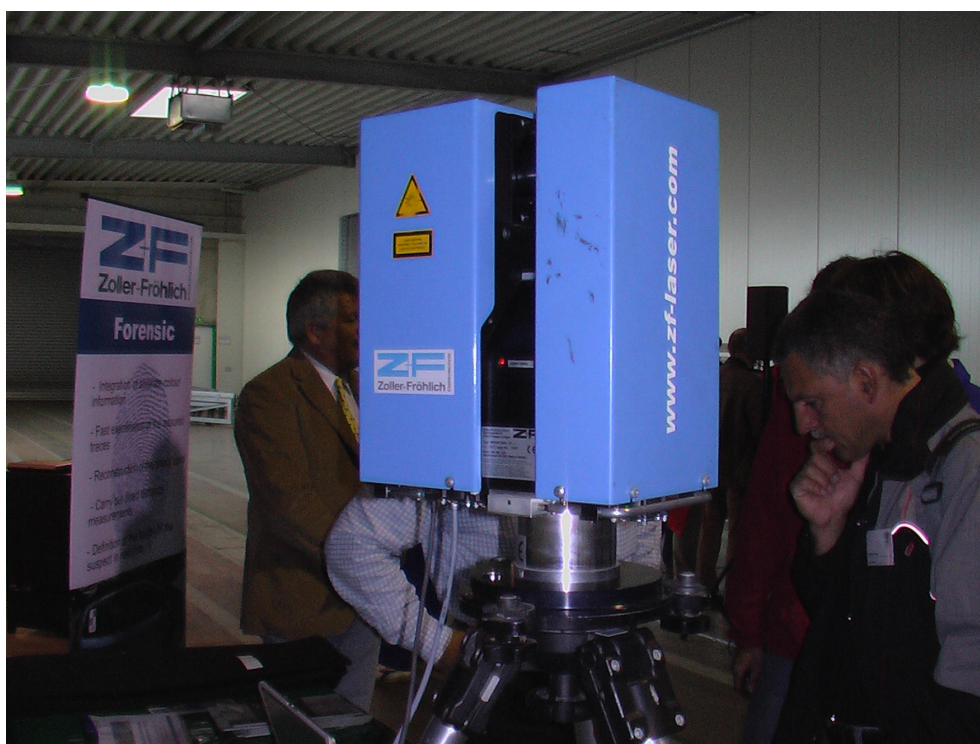
obr. 8 Data z Total-Station lze přenášet přímo do notebooku na měřeném místě



obr. 9 Figurant s koutovým odražečem

Samočinné scannery

S rozvojem digitální techniky a s modernizací měřicí techniky přicházejí zařízení, která provádějí tachymetrické měření okolí svého stanoviště plně automaticky – tzv. 3D Scannery. Při pomalém motorickém otáčení na stativu okolo svislé osy postupně laserem proměřují svislé profily okolo sebe. Po přenesení dat a po jejich zpracování počítačem vzniká trojrozměrný virtuální model, který lze při promítání natáčet a prohlížet z různých směrů, a samozřejmě vyhodnocovat polohy dílčích objektů a jejich vzdálenosti.



obr. 10 3D Scanner fy Zoller+Fröhlich

Letecké snímky

Pro úplnost uvedme ještě kartografické podklady z leteckého snímkování, které v ČR pořizuje jednak Český úřad zeměměřický a katastrální a jednak firma Geodis. Ortofotomapy jsou dostatečně přesné ale neposkytují možnost zjišťování délek v řádu decimetrů, což je pro znaleckou analýzu většiny dopravních nehod nezbytné. Mohou však být výborným podkladem pro řešení takových nehodových situací, které se vyvíjely na délce úseku několika set metrů, jako například střet s protijedoucím vozidlem po předchozím předjíždění. K tomu bylo dříve nutno proměřit úsek v délce až jednoho kilometru, tedy s několika přestavbami stanoviště tachymetru. Ortofotomapy lze eventuálně také zařadit do posudků pro představu o poloze místa nehody v širších souvislostech dané oblasti.



obr. 11 Ukázka ortofotomapy od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního

3.6 Svědecké výpovědi

Svědkové bývají ve většině případů pozorovateli nepřipravenými na bedlivé sledování důležitého děje, jenž trvá do okamžiku střetu (nárazu) většinou jen okolo tří sekund.

Některý svědek, který není přímým účastníkem nehody, pohlédne k místu nehody teprve poté, co uslyšel ránu. Podvědomě pak v mysli rekonstruuje, co střetu předcházelo, a může mít tendenci interpretovat to jako reál. Ve výpovědi takového svědka může být skryta dokonce vzájemná záměna směrů příjezdu automobilů, které se střetly jako protijedoucí: při obvyklém excentrickém střetu protijedoucích automobilů dochází většinou k pootočení každého z nich o cca 180°, a potom to, co svědek (reagující až na zvukový vjem) vnímá jako vzájemný odraz automobilů, je ve skutečnosti pokračování v přibližně původních směrech, avšak pozpátku.

Důležitá diference je v tom, zda svědek má popsat pohyb vozidla protijedoucího nebo naopak vozidla jedoucího před ním tímž směrem. V prvním případě se svědek blíží k protijedoucímu součtovou rychlostí, tedy okolo 180 km/h (50 metrů za každou sekundu), v opačném případě může jet za předmětným vozidlem i řadu minut. Případné kritické boční vybočení bývá ale v obou režimech spatřeno (registrováno) až teprve od okamžiku, kdy je již ve fázi nápadného pohybu nežádoucím směrem – viz kapitolu 6.8 „*Boční přemístění vozidla a jízda v oblouku*“. Svědek pak přirozeně referuje o tom, že vybočení bylo náhlé, prudké, neboť počáteční fázi nesledoval, nebyla nápadná.

3.7 Amnézie a vlivy problematizující hodnotu výpovědi

Lidé, kteří prožili střet s vozidlem (jako chodci nebo jako posádka vozidla), ve většině případů nevědí, co se před střetem dělo. Medicina nazývá tento stav **amnézie**. Na podkladě zkušeností z prostudování více než tisíce výpovědí během praxe lze říci, že amnézie po dopravních nehodách je jev tak frekventovaný, že je spíše výjimkou, když si člověk reálně vybavuje i po prožitém nehodovém úderu celý střetový děj. Informace se v lidském mozku třídí na ty, které je třeba zapamatovat, a na ty, které jdou mimo paměť. Proces třídění chvíli trvá, a nehodou je přerušen, neproveden. Nejde tedy o ztrátu zapamatované informace, ale o to, že informace nebyla do paměti vůbec vložena. Tedy **poslední chvíle před střetem si nevybavuje většina zraněných** (někdy i lidé nezranění). Lidé popisují přednehodový děj jen do určitého časového odstavu před nárazem *"...a pak jsem se probral v nemocnici"*. Z výpovědí svědků, kteří byli na místě po nehodě, se v některých případech dozvídáme, že ten zraněný s nimi ale na místě mluvil zdánlivě logicky (např. „přiznal“, že vozidlo řídil) - on sám si to později ale vůbec nevybavuje (a např. tvrdí, že vozidlo řídil ten, který při nehodě zahynul).

V lit.[102] se uvádí: *"Paměťové stopy nevznikají (nejsou fixovány) okamžitě po příslušném vjemu. Doba, která uplyne od vjemu do zafixování může být různě dlouhá, řádově se pohybuje v desítkách sekund. Uvedená skutečnost může mít v řadě případů praktický kriminalistický význam. Uvedený odstup - vjem - zafixování - vybavení se může negativně projevit např. při výslechu konkrétních osob. Typické jsou v tomto směru případy mozkového poranění osob při dopravních nehodách, které nejsou schopny si vybavit děj bezprostředně předcházející dopravní nehodě, příp. děj následující po dopravní nehodě"* - konec citace.

Proces fixování významného děje v paměti může být blokován nejspíše i extrémní mohutností vjemu samotného děje: řidič zažil smyk automobilu na náledí, při němž nikdo neutrpěl ani nejmenší zranění, nikdo se neudeřil, tedy žádné ani chvilkové bezvědomí, automobil nebyl vůbec poškozen (zapadl měkce do sněhu za příkopem silnice), k žádnému střetu nedošlo - a přesto dva znalci z oboru dopravy, řekněme odborníci, kteří v automobilu smyk prožili, se neshodují v názoru, na kterou stranu se automobil v poslední fázi otáčel kolem svislé osy. Vývoj smyku a svoji reakci si řidič v popsaném případě pamatuje zcela určitě, ale jen do fáze, kdy se automobil pohyboval šikmo přes krajní jízdní pruh a směřoval do prostoru mimo silnici. Bezprostřední ohrožení života jakoby odpojilo proces fixace v paměti.

Uvedme jiný příklad: Jeden z řidičů i jeho spolucestující dcera měli evidentní amnézii ve vzájemně shodném časovém rozsahu. Protijedoucí řidič nepopisoval svou jízdu a

vznik smyku, ale kupodivu ve shodě s reálem uvedl, že vnímal dva nárazy. Automobily se totiž skutečně vzájemně střetly v tzv. primárním a sekundárním rázu. Z toho lze usuzovat, že amnézie může být výjimečně i přerušena: pohyb nežádoucím směrem nebyl zapamatován, ale následující zážitek dvou nárazů ano.

Zda si nějaký zážitek budeme pamatovat celé roky, nebo na něj rychle zapomeneme, závisí rovněž na tom, co se stane po oněch několika prvních sekundách, v nichž se paměť rodí. Zapomínání se může prohloubit tím, co se stane po počátečním zakódování zkušenosti.

Údaje uváděné při výsleších mohou být problematizovány **značnou nepřesností odhadů vzdáleností, poloh a časových intervalů**. Uvedme si, čím bývá přesnost ovlivněna.

Průběh nehodové situace bývá mnohdy vnímán a zapamatován nepřesně až i zcela nesprávně v souvislosti s **krátkostí trvání nehodové situace**: nejčastěji jen okolo tří sekund do okamžiku střetu. Delší trvání je přirozeně možné - při předjíždění až i 15 s - ale to je spíše výjimečné. Lidé jsou pak pozorovateli nepřipravenými na bedlivé sledování důležitého děje, bývají zastíženi náhlým vznikem a rychlým vývojem nehodové situace a nakonec šokováni nečekaným střetem. Finále děje nebývají schopni vnímat a popsat a to ani ve vztahu k popisu vlastní reakce.

Proto by se výpovědi neměly hodnotit jako úmyslně zkreslené, ale jako výpovědi lidí nepřipravených na sledování rychlého sledu událostí a šokovaných nečekaným střetem.

Odhady délek se mnohdy liší od reálu i u lidí majících v tom určitou průpravu (jako např. střelci či geodeti). Délkové odhady lidí bez průpravy se liší od reálu (plus i minus) někdy i několikanásobně - a to i za stavu bez pohybu objektů.

Bývá zcela běžné (obvyklé), že řidiči po střetu uvádějí vlastní odstup od kritického objektu výrazně kratší, než jaký odpovídá příslušným fázím vývoje kritické situace. Udávané odstupy jednak zřejmě příslušejí konfiguracím až **po uplynutí vlastní reakční doby** pozorovatele, a v paměti pak utkví vyhocená situace, kdy jsou objekty již navzájem velmi blízko. Přiblížení probíhá v krátkém časovém intervalu, což vede k mylnému dojmu, že proběhlo na krátké délce. Proto odhady (uváděné k dotazům na vzdálenosti mezi vozidly) bývají většinou krajně nepřesné, značně podhodnocené a z technického hlediska prakticky bezcenné. Výpověď se pak může konstatovat jako technicky nepřijatelná, ale nikoli ve smyslu "lživá" či vykonstruovaná, ale je technicky nepřijatelná v tom smyslu, že **přirozeně** obsahuje pouze hrubě podhodnocený odhad (z výše uvedených důvodů), jenž je v rozporu s reálem. Jsou případy, kdy řidič uvádí, že chodce spatřil na vzdálenost např. 2 m, když jeho vozidlo zanechalo před místem střetu stopy brzdění např. 8 m a ještě předtím nabíhala objektivně nezbytná reakční doba. V těchto souvislostech je nutno přistupovat opatrně k "obvinění" za nereálnost odhadu délky.

Odhadované polohové údaje. Uvažme, že vozidlo jedoucí rychlostí např. 90 km/h ujede za každou sekundu dráhu dlouhou 25 metrů. Protijedoucí se přibližoval relativní rychlostí 180 km/h, tedy 50 m za každou sekundu, a my se potom snažíme dozvědět od řidiče, na jakou vzdálenost před sebou spatřil tu a tu situaci.

Při pokládání dotazů na vývoj nehodové situace a pak při hodnocení výpovědí je radno mít na paměti následující okolnosti:

- vozidla se navzájem přibližují a míjejí rychlostí relativní, jež je rozdílem nebo součtem rychlostí skutečných. Tak např. svědkové jedoucí souběžně nebo předjíždějící, mohou při nízké **relativní** (rozdílové) **rychlosti vozidel** - obvykle jen 10 až 30 km/h - sledovat vývoj dopravní situace nesrovnatelně lépe a podrobněji, než svědkové ve vozidlech protijedoucích, blížících se relativní (součtovou) rychlostí okolo 180 km/h,
- **skutečná rychlost** vůči okolí a vozovce, jakou ukazuje tachometr, bude kritériem při kladení otázky: ve kterém místě silnice jste s vozidlem byl, když jste začal předjíždět. V souvislosti s touto otázkou přichází další záležitost: některý řidič považuje za počátek

předjíždění místo, kde začal vybočovat doleva, jiný vám uvede místo, kde se přídí svého automobilu dostal na úroveň zadě předjížděného. V každém případě však půjde o údaje jen hrubě přibližné.

Odhadované časové údaje. Svědek spatřil na silnici havarovaná vozidla u vjezdu na parkoviště, brzdil, vjel na parkoviště a zastavil. Popsaný děj mohl reálně trvat okolo 15 sekund. Na dotaz, jak dlouho to trvalo, uvedl, že to netrvalo dlouho, nejvýše dvě minuty. Odpověď byla principiálně správná, opravdu to nebylo déle než dvě minuty, ale ve skutečnosti to trvalo zhruba jen osminu té doby. V řadě výpovědí si lze všimnout výrazných diferencí v časových údajích mezi odhadem a reálem - zvláště u lidí bez technické průpravy. Mnozí umějí dobře odhadnout, kolik času potřebují, aby někam došli či dojeli, ale horší je to s představou, jak dlouho trvá pět či dvacet sekund.

Výslechy s dotazy na odhady délek, vzdáleností, poloh a časových intervalů bývají prováděny mnohdy na jiném místě a s časovým odstupem, a pak jde o **odhady z paměti** či z dodatečných představ,

Kvalitativní údaje bývají spolehlivější než údaje kvantitativní. Spolehlivější bude výpověď, že chodec šel vzhledem ke svému věku rychle, než že to bylo nejméně 3 km/h.

Problematický kvalitativní údaj však obvykle s sebou nese výpověď o pokročilosti soumraku (viz kapitulu „K viditelnosti v době nehody“). Stane-li se nehoda za tzv. občanského soumraku, kdy objektivně lze ještě ve volné krajině číst noviny, pak vyslychaní téměř vždy uvádějí, že byla tma - což odpovídá situaci, kdy tam čekali na pomoc.

3.8 Náhodnost míry následků

Vznik dopravní nehody bývá věcí náhodné souhry okolností v čase a v prostoru. Říká se: „byl v nesprávnou dobu na nesprávném místě“.

Náhodností míry následků zde však rozumíme zejména rozsah poranění. Při nehodě bývá do určité míry **věcí nehody, o kterou část vozidla (případně jeho okolí) a do které části těla se člověk uhodí**. Tak například může utrpět smrtelné zranění chodec, který upadl hlavou na dlažbu potom, co do něho „strčil“ automobil zbytkovou rychlostí téměř na samém konci své brzdné dráhy, zatímco náraz rychlostí vyšší lze přežít, pokud se to obejde bez nárazu hlavy na tvrdý objekt. Proto závažnost poranění je jen orientačním podkladem analýzy nehodového děje.

Poznámka: Znalcům z oboru zdravotnictví (soudní lékařství) bývá kladena otázka: určit rychlost nárazu vozidla z rozsahu poranění posádky. To může být velmi ošidné, pokud nejsou zohledněny poměry nárazu: například narazí-li vozidlo rychlostí 40 km/h čelně celou šířkou své přídě na zeď (tuhou bariéru), působí na posádku zcela shodné poměry (síly a přetížení), jako když narazí čelně celou šířkou své přídě rychlostí 80 km/h na příď stojícího vozidla téhož typu a hmotnosti (podrobnosti v kapitole 4.6 „Princip akce a reakce, relativní pohyb“).

4 Aplikace fyziky

4.1 Nehoda je fyzikální děj

Z hlediska analýzy *nehoda je fyzikální děj* (Smrček), proces probíhající v čase a v prostoru. Při analýze pohybu však vystačíme ve většině případů se základy středoškolské fyziky: souvislostmi s jednoduchými Newtonovými zákony. Jejich aplikace je nutnou podmínkou správné analýzy.

4.2 Záměna pojmů

Některé pojmy bývají nepřesně chápány, jiné se zdají být synonymy, ale ve skutečnosti jejich významy nejsou zcela shodné. Nezaměňujme pojmy jako např.: svislý - kolmý, přímý - rovinný, rovný - vodorovný. To vede k chybné interpretaci směrů či jiných souvislostí. Napíšete-li, že vozovka je rovná, není dáno jednoznačně, zda tím míníte, že vede v přímém směru, nebo zda máte na mysli vodorovnou niveletu, nebo chcete vyjádřit, že je vozovka bez nerovností.

Někdy jde přímo o chyby: nejčastější záměna (ve smyslu chyba) bývá záměna směrů či stran: pravý - levý – zejména popisujeme-li poškození vozidla nebo poranění člověka při pohledu zpředu.

Fyzikální pojmy, veličiny a jednotky musejí být správně aplikovány. **Síly se udávají v Newtonech (N)**. Jeden Newton je síla udělující tělesu o hmotnosti 1 kg zrychlení $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Tíha tělesa je gravitační síla (projev hmotnosti v gravitačním poli), jakou těleso působí svisle na podložku či na závěs. **Proč tedy udáváme váhu v kilogramech a ne v Newtonech?** Při nákupu například brambor nám nejde ani tak o jejich tíhu (ta by byla jiná např. na Měsíci), jako o jejich množství, tedy o hmotnost. Kupujeme tedy jeden kilogram brambor, přičemž toto množství má v normálním gravitačním poli Země tíhu 9,81 N (padaly by k zemi se zrychlením $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). Prodavače tedy požádáte o jeden kilogram brambor (v úplném souladu s fyzikou), prodavač by na svém přístroji (váze) měl naměřit tíhu 9,81 N, ale stupnici váhy má cejchovánu přímo v „přepočtu“ tíhy na hmotnost. Váha v obchodě je zařízení určené k měření hmotnosti a nikoli tíhy. Pro zákazníky v obchodech (na Zemi) nemají fyzikální vztahy mezi tíhou a hmotností žádný praktický význam, a tak hmotnostní údaje v kilogramech nazýváme v praxi vahou (ač přísně fyzikálně vzato váha je síla, tedy tíha a nikoli hmotnost). Kvůli uvedené problematice **v technice není radno používat populární pojem váha**. Tak u vozidel či lidí budeme mluvit raději o jejich **hmotnosti v kilogramech**, do silových výpočtů pak budeme dosazovat jejich **tíhu v Newtonech**. Automobil o hmotnosti 1000 kg má tíhu 9810 N.

Pozor na význam výrazu „zpoždění“: bývá nevhodně používán k vyjádření úbytku rychlosti za časovou jednotku, namísto správného výrazu „zpomalení“. Opakem zpoždění je přece předstih. Zpoždění představuje časový interval (hovoříme například o zpoždění vlaku). Přírůstek rychlosti za časovou jednotku se jmenuje „zrychlení“, **opakem zrychlení je zpomalení**.

Pojem „vozidlo“ je vhodné používat, je-li platnost příslušného výkladu obecná. Je-li nutná konkretizace, pak hovoříme například o osobním či nákladním automobilu, motocyklu, jízdním kole (bicyklu) apod.

V předmětném oboru existují přirozeně i synonyma. Norma ČSN 30 0040 (ISO 6813-81) se jmenuje „Srážky automobilů – názvosloví“, přičemž pojem „srážka“ je definován – *nehoda, při které vozidlo narazí do jiného vozidla nebo do překážky, přičemž vznikne škoda na jednom nebo na obou* (tedy i náraz na strom je zahrnut pod pojem „srážka“). Běžně je však vžitý spíše výraz „střet vozidel“, citovaná norma není v povědomí odborné veřejnosti.

4.3 Newtonovy pohybové zákony

Silové působení i jeho analýza je založena na třech základních principech Newtonových (1643 – 1727), které se obvykle vyjadřují ve tvaru tří pohybových zákonů:

I.pohybový zákon (**princip setrvačnosti**): Každé těleso setrvává ve stavu klidu nebo rovnoměrného přímočarého pohybu, pokud není **vnějšími** silami nuceno svůj stav změnit. (Nebo též **zákon o zachování hybnosti**): Bez **vnějšího** působení zachovává těleso svoji hybnost. Poznamenejme, že pojem klidu a pohybu je relativní: Například lidé a domy jsou v klidu vůči Zemi, ale pohybují se vůči Slunci. Obdobně lidé ve vozidle jsou v klidu vůči vozidlu, ale pohybují se vůči zemi a ostatním vozidlům – tuto okolnost musíme správně aplikovat.

II.pohybový zákon (**zákon síly**) formuloval Newton takto: „Časová změna hybnosti je úměrná působící síle a má s ní stejný směr“.

$$F \cdot t = m \cdot v$$

Hybnost je součin rychlosti v a hmotnosti m , je to vektor. Změna hybnosti nastává pouze působením síly F , a to tak, že přírůstek hybnosti dělený časem t , v němž přírůstek nastal, je úměrný působící síle F . Tedy budeme-li působit konstantní silou F na těleso (vozidlo) dané hmotnosti m , bude se jeho rychlost v zvyšovat přímo úměrně s časem (za každou sekundu vzroste rychlost o stejně veliký přírůstek).

Ze středoškolské fyziky nám ve spojitosti s II.Newtonovým zákonem zbyla v povědomí nejspíše formulace, že „síla F rovná se součinu hmotnosti m a zrychlení a “,

$$F = m \cdot a$$

a dále známe pojmy "setrvačná hmota" či „hmotný bod“. Pokud se například automobil pohybuje jako celek (lidé „nelétají“ uvnitř), pak všechny jeho součásti se pohybují se stejným zrychlením. Z toho plyne, že celková zrychlující síla působící na automobil se rozloží na jednotlivé součásti v poměru jejich hmotností – takže na děti působí menší síla než na dospělé pasažéry, přetížení (zrychlení či zpomalení) přitom působí ovšem na všechny vzájemně shodně.

III.pohybový zákon (**princip akce a reakce**, či princip vzájemného působení): Vzájemné síly mezi dvěma tělesy mají vždy stejnou velikost a opačný směr. Síla, která působí na těleso, může pocházet jedině od těles, které uvažované těleso obklopují. Síly nepůsobí tedy nikdy jednotlivě, nýbrž vždy ve dvou (akce a reakce).

4.4 Síly

Síly mohou být buď mechanické (působí na nějakou plochu a způsobují tlak, tah, ohyb nebo smyk) nebo objemové (působí na každý bod objemu jako síly gravitační, elektrické, magnetické, ale i setrvačné, odstředivé a Coriolisovy).

V soudním lékařství je běžný pojem **násilí**, jenž obecněji vyjadřuje účinek mechanických sil působících zevně na lidské tělo. Míra (velikost) násilí bývá vyjadřována slovně (kvalitativně) jako např. malé, veliké, extrémní, a uvádí se zpravidla, zda působilo ostrou hranou či tupým předmětem na malou či na velkou plochu určité části těla.

Působení vnější mechanické síly na povrch objektu je provázeno jeho deformací. Velikost deformace je závislá na tuhosti objektu. Budeme-li tlačit stejnou velikou silou na pytel s molitanem, karoserii vozidla a ocelovou kovádku, tak se samozřejmě nejvíce deformuje molitan, ale deformuje se i kovádku, byť jen sotva měřitelně.

4.5 Vnitřní síly soustavy těles (vozidel) a pohyb společného těžiště

V problematice řešení střetů vozidel je uplatňují pojmy **vnější síly působící na soustavu těles** a **vnitřní síly soustavy těles**. Vozidla v nehodové situaci tvoří definovanou soustavu těles, z nichž každé má svou vlastní rychlost a směr rychlosti svého těžiště – lze však definovat **společné těžiště soustavy**, jež má také určitou rychlost a směr rychlosti. Rychlost a směr rychlosti společného těžiště soustavy těles se nemění, pokud na soustavu nepůsobí vnější síly. **Rázové síly působící při střetu mezi vozidly jsou vnitřními silami soustavy**, přičemž jedinými silami vnějšími bývá tření pneumatik o vozovku (o odporu vzduchu nemluvě) – tyto síly však bývají nejméně o řád menší, než rázové síly mezi vozidly. Proto po dobu působení rázu (zlomek sekundy) lze zanedbat síly tření pneumatik o vozovku a proces střetu řešit jako kdyby probíhal ve volném prostoru. Ovšem v řešení pohybů po střetu ani před střetem se tření pneumatik nesmí zanedbat, musí se náležitě zohlednit.

Uvedli jsme, že „rychlost a směr rychlosti společného těžiště soustavy těles se nemění, pokud na soustavu nepůsobí vnější síly“ – to v důsledku znamená zajímavou okolnost, že **rychlost a směr rychlosti společného těžiště vozidel jaká byla těsně před střetem zůstává stejná i těsně po střetu** – to platí jak pro rázy pružné, tak i plastické. Uvedme analogii pro snazší zapamatování této zákonitosti: představme si raketu pro ohňostroj. Má v sobě určitou zásobu explozivní energie, jež je schopna vytvořit **vnitřní síly soustavy střepin**. Bezprostředně před explozí se raketa pohybuje určitým směrem a určitou rychlostí – tímž směrem a touž rychlostí se pohybuje i společné těžiště střepin bezprostředně po explozi. Kdyby se to odehrávalo mimo dosah gravitace, mohli bychom vynechat slova „bezprostředně“, protože gravitační síly jsou zde silami vnějšími, obdobně jako tření pneumatik u automobilů.

4.6 Princip akce a reakce, relativní pohyb

Určité pojmy a vztahy se mohou zdát samozřejmé do chvíle, kdy je potřebujeme aplikovat. Tak například při čtení III. Newtonova zákona jsme si zopakovali, že „síly nepůsobí nikdy jednotlivě, ale vždy ve dvou (akce a reakce)“. Tlačím-li rukou proti zdi, cítím na ruce odpor síly reakce, jakou fakticky (skutečně) tlačí stěna na moji ruku. Ale jak je to, když předpažím a netlačím přitom na žádný objekt, nevyvozuji sílu? A přece: k udržení předpažení přece sílu potřebuji – kde je přitom to druhé těleso a síla jeho reakce? Tím druhým tělesem je Země se svým gravitačním polem. Silou, kterou musím překonávat svou reakcí, je tíha (gravitační síla) mé paže.

Princip akce a reakce je formulován třetím Newtonovým pohybovým zákonem (viz vpředu).

V aplikaci na nehodový děj to znamená, že například **v každé milisekundě kontaktu vozidel při jejich střetu působí na obě vozidla stejně veliké síly vzájemně opačného směru** – i když jsou (přírozeně) v čase značně proměnlivé: od nuly na počátku dotyku přes (i několik) špiček opět do nuly při vzájemném odpoutání. Z principu akce a reakce ovšem neplyne rovnost deformačních energií na vozidlech. Deformační energie jsou při střetu obecně různé. Příčinou je skutečnost, že deformační energie je součinem deformační síly a deformační dráhy. Princip akce a reakce sice říká, že působící síly jsou stejné, ale hloubky deformací mohou být značně odlišné. Tedy je-li jedno vozidlo po vzájemném střetu méně deformováno než druhé, **neznamená** to, že je těžší, nebo že jelo pomaleji (i takový mylný

názor se vyskytl), ale pouze to, že na něm byla při střetu zasažena tužší zóna než na vozidle druhém. Obdobně samozřejmě to platí při nárazu vozidla na jakoukoli překážku, tedy i při střetu s chodcem. Mezi lidským tělem a vozidlem rovněž působí vzájemně stejně velké síly opačného směru,

- a to jak v interiéru (sezení na sedadle při běžné jízdě, náraz zádové opěry na tělo zezadu při nárazu jiného vozidla zezadu, náraz těla na volant či na přístrojovou desku při nárazu přídí, náraz dveří na tělo při bočním nárazu, apod.),
- tak i při nárazu vozidla na chodce, cyklistu, motocyklistu.

Zmínili jsme náraz dveří na tělo při bočním nárazu – je to správná formulace, nebo bychom měli spíše konstatovat náraz těla na dveře? **Pohyb je relativní.** Je-li jedno těleso v klidu či v pohybu rovnoměrném přímočarém (zde lidské tělo) a druhé těleso bylo uvedeno do náhlého pohybu rychle proměnného v čase (zde dveře prolamující se do interiéru), bude lépe, budeme-li hovořit spíše o nárazu dveří na tělo. Ale jak to formulovat, když jsou obě tělesa před střetem v rovnoměrném pohybu? V takovém případě se obvykle dostává do kolizního prostoru jeden objekt dříve než druhý – ten druhý bychom pak označili jako narážející. Tedy například náraz přídě automobilu na chodce, ale náraz chodce na bok automobilu. Jde však o konvenci podřadného významu, jež nic nemění na platnosti principu akce a reakce.

Pohyb tělesa v prostoru je relativní vůči dalším tělesům. Tak například pohyb cestujícího v automobilu je jiný ve vztahu k Zemi (vozovce) než ve vztahu k vlastnímu vozidlu, ale je také zcela jiný ve vztahu k ostatním vozidlům. Cestující neupoutaný bezpečnostním pásem se pohybuje současně s vozidlem do chvíle, kdy se pohybový stav vlastního vozidla mění mimořádně prudce, například nárazem. Tělo pak setrvává v pohybu, naráží například zevnitř na čelní sklo, a pokud sklo není vlepené do karoserie, tělo vylétá ven a naráží na další nepohyblivý nebo dokonce na pohyblivý objekt.

S relativitou pohybu úzce souvisí **problematika střetu vozidel pohybujících se v témže směru ale různými rychlostmi.** Jde o nárazy na zádě vozidel nebo o střety vozidel protijedoucích. Jaké poměry nastanou, jestliže automobil jedoucí bezprostředně před střetem rychlostí 80 km/h narazí na zád' automobilu jedoucího rychlostí 40 km/h? S odpovědí bychom měli nejspíše problém do chvíle, kdy si uvědomíme, že jde o pohyby relativní. Z této okolnosti pak vyplývá **několik dalších souvislostí**, a proto si problematiku vysvětleme podrobněji.

Daný rozsah deformací vozidla vznikne při nárazu do bariéry při zcela jiné rychlosti (tzv. "ekvivalentní bariérová rychlost EBS") než při nárazu do druhého vozidla. Pokud by se střetly dva automobily téhož typu shodně zatížené a jedoucí před střetem touž rychlostí (např. 20 km/h) čelně, přímo a centricky, zůstaly by jejich přídě na místě dotyku, zádě by se při střetu posunuly vpřed o délku deformační zóny jednoho (každého) z nich. Poměry by byly shodné, jako kdyby jeden (každý) automobil narazil rychlostí 20 km/h do pevné bariéry. Relativní střetová rychlost automobilů by však byla 40 km/h. Pokud by v druhém případě narazil jeden z těchto automobilů jedoucí rychlostí 40 km/h přímo čelně a centricky na příd' druhého stojícího, působily by mezi automobily stejně velké síly a na posádky stejně veliká přetížení, jako tomu bylo v případě prvním - rozdíl by byl jenom v pohybu automobilů po střetu do konečných poloh. Pozorujeme-li posledně popsané poměry ze svého (nepohyblivého) stanoviště, budou se jevit tak, jako kdybychom příklad prvního střetu sledovali z vlaku jedoucího stálou rychlostí 20 km/h podél silnice, na níž vzápětí má dojít k uvedenému střetu. Dodejme, že stejné poměry relativní střetové rychlosti nastanou, když vozidlo jedoucí rychlostí 80 km/h narazí na zád' vozidla jedoucího právě 40 km/h (tajenka otázky naznačené v předchozím odstavci). A tak z hlediska působení mechanického násilí při nárazu je stejné, narazí-li tělo určitou rychlostí na dveře, jako když dveře narazí touž rychlostí na tělo.

4.7 Rázová síla, délka dráhy zastavení pohybu, tvrdost nárazu

Pohyb žádného hmotného tělesa nelze zastavit na nulové délce dráhy. I těžiště kladiva při přímém úderu na kovadlinu má svou „brzdnou“ dráhu složenou z pružné deformace povrchu kovadliny a z vlastní deformace kladiva. Čím kratší „brzdná dráha“ je k dispozici, tím větší je nutné zpomalení a vzniká (nebo se musí vyvinout) úměrně větší „brzdná síla“. Při extrémně krátkých dráhách pro zastavení pohybu **mluvíme o rázech a o silách rázových**. S tím souvisí výklad v kapitole 4.8 „Úder tupým předmětem tuhým či poddajným“.

Náraz, srážku (z fyzikálního hlediska ráz) charakterizují tyto veličiny:

- úbytek rychlosti (diference mezi rychlostí jednoho vozidla před rázem a po rázu) v m.s^{-1} , užívá se jako měřítko pro posouzení účinků na posádku při střetech vozidel
- rychlost srážky (střetu) je **relativní rychlost mezi vozidlem a jiným vozidlem nebo překážkou bezprostředně před srážkou** – tedy součet rychlostí při střetu dvou vzájemně protijedoucích vozidel a rozdíl rychlostí při nárazu zezadu na druhé vozidlo v m.s^{-1} Při nárazu vozidla na pevnou překážku či na stojící vozidlo je to zároveň skutečná rychlost vozidla bezprostředně před nárazem.
- úhel nárazu ve stupních $^\circ$ je důležitý např. při nárazech vozidel na svodidla, kdy se kinetická energie mění v deformační jen zčásti, neboť vozidlo pokračuje dále v pohybu změněným směrem
- rázová síla v N (Newton)
- deformační energie v J (Joul)
- změna hybnosti působením impulzu – obojí se udává jako součin hmotnosti tělesa a jeho rychlosti v kg.m.s^{-1}
- excentricita rázu - kolmá vzdálenost (rameno) rázového impulzu od těžiště vozidla se udává v m
- (střední) zpomalení při rázu v m.s^{-2} Je ovšem jiné v kolizní zóně vozidel, jiné v jejich těžištích a jinou hodnotou působí na posádku – v působení na posádku se udává jako -
- - přetížení, což je hodnota zrychlení (podle předchozího bodu) dělená hodnotou gravitačního zrychlení – hovoří se pak např. o 2,5-násobku „g“
- doba působení rázu obvykle v ms (milisekunda)
- koeficient restituace charakterizující míru pružnosti rázu – bezrozměrné číslo

Dále přichází v úvahu ráz rotační (namísto rázové síly působí na těleso rázový otáčivý moment), což ale nebývá předmětem názvosloví silničního v souvislosti se střety vozidel.

4.8 Úder tupým předmětem tuhým či poddajným

Rozsah poranění vzniklých při úderu tupým předmětem závisí na řadě činitelů, z nichž z hlediska oboru mechaniky (dynamiky) jsou nejdůležitější

- velikost působící rázové síly,
- doba působení rázu,
- velikost plochy, na kterou rázová síla působí.

Síla úderu tupým předmětem nezávisí jenom na hmotnosti předmětu a na rychlosti jeho dopadu, ale neméně významně též na tvrdosti nárazu.

Určitým citem, plynoucím řekněme z životních zkušeností lze uvážit, že síla v místě úderu bude značně rozdílná, udeříme-li pryžovým obuškem nebo kovovou trubkou shodných rozměrů, shodné hmotnosti a touž rychlostí dopadu. Obdobně asi cítíme, že vzniklá rázová síla při úderu každým z těchto předmětů bude jiná, udeří-li se do betonového sloupu, do lidské hlavy či do balíku hadrů.

Nejprve si řekněme, proč velikost rázové síly tolik závisí na tom, do čeho se udeří. Velikost rázové síly totiž závisí nejen na hmotnosti předmětu a na rychlosti jeho dopadu, ale též na délce dráhy, na níž se pohyb (dopad) předmětu zastaví. Deformační energie je dána součinem deformační síly a deformační dráhy. **Zastaví-li se například pohyb předmětu na délce dráhy dvě desetiny milimetru anebo na dvou milimetrech, bude rázová síla v prvním případě desetkrát větší než v případě druhém.** Tedy výsledky zkoušek úderu do lebky bez měkkých pokrývek (měkká tkáň a pokožka) se značně liší od reálu již jen z toho důvodu, že „pokrývka“ umožní větší deformaci.

Pro ilustraci popsanych souvislostí si jako analogické modely můžeme představit údery kladiva na kovadlinu, kdy podruhé bude kladivo obaleno několika vrstvami hadrů. Při prvním úderu lze snadno vyvinout mohutnou rázovou sílu (rozlisovat úderem třeba minci), zatímco s kladivem obaleny bude síla mnohonásobně menší (a mince zůstane neporušena).

Uvažme ještě jinou analogii: upustíme-li porcelánový šálek na dlážděnou podlahu, určitě se roztrhne a možná i poškodí podlahovou dlaždicí. Spadne-li však s téže výšky na koberec, pravděpodobně zůstane nepoškozený šálek i koberec. Jak si to vysvětlit? V obou případech byla stejná hmotnost šálku i rychlost jeho dopadu na zem, tedy **stejná kinetická energie při dopadu, avšak velký rozdíl byl ve velikosti síly, která pohyb zastavovala** - z předchozího výkladu už víme, že „brzdná“ síla (její střední hodnota) je nepřímo úměrná délce dráhy, na níž se pohyb zastavil. Tedy **vznik deformací není jen věcí (deformační) energie, ale též věcí velikosti působící (rázové) síly**. Destrukce nastává, překročí-li síla takovou hodnotu, při níž napětí vzniklé uvnitř tělesa (konstrukce automobilu, lidského těla) překročí mez jeho pevnosti. Ještě jeden fenomén však přitom spolupůsobí: velikost kontaktní plochy a s tím související kontaktní napětí. Při dopadu šálku na dlažbu je kontaktní plocha velmi malá (téměř bodová), zatímco při dopadu na koberec bude mnohonásobně větší.

Vysvětlení rozdílu účinků (silového působení) pryžového obušku a kovové trubky (týchž rozměrů a hmotností) je rovněž jednoduché: Při úderu obuškem se v místě rány „zastaví“ jen právě ta část (hmotnosti) obušku, která je v přímém kontaktu s překážkou. Jen na tuto část obušku působí velké „brzdné“ zpomalení na krátké brzdné dráze, a podle principu akce a reakce vzniká velká rázová síla – ale jenom právě působením té malé části hmotnosti obušku v kontaktu třeba s hlavou. Obušek se po dopadu ohýbá, a tak ostatní jeho partie zastavují svůj pohyb na podstatně delší dráze a tudíž s mnohem menším „brzdným“ zpomalením (s menší „brzdnou“ silou), čímž přičiňují k celkové síle působící v místě rázu (úderu) podstatně menší celkovou silou, než by tomu bylo např. při úderu stejně těžkou ocelovou trubkou, jež by působila celou svou hmotností naráz (je-li ovšem centrum nárazu v místě těžiště trubky).

Uvažovat celou hmotnost obušku bez zohlednění popsanych souvislostí by bylo značnou chybou. Znamenalo by to ve svém důsledku záměnu ohebného obušku za neohebnou ocelovou trubku v našich odvozeních a úvahách. Rána obuškem tedy rozkládá tutéž kinetickou energii (jako má rána kovovou trubkou) na působení podstatně menší rázové síly po podstatně delší dobu rázu, než by tomu bylo u ocelové trubky.

4.9 Excentrické působení

Rázový impulz působí na vozidla většinou excentricky vůči jejich těžišti. Centrický ráz je speciální případ, a jako takový je méně frekventovaný než ráz excentrický. Přirozeným důsledkem excentricity rázu je roztočení vozidla okolo těžištní osy kolmé k vozovce, tedy pohyb vozidla do konečné polohy bývá mnohdy provázen jeho rotací.

Klasickým příkladem excentrického rázu je srážka protijedoucích osobních automobilů, jež se střetávají nejčastěji levými stranami svých předů (šířkový přesah je přirozeně shodný). Ráz bývá tak excentrický, že si automobily po střetu mnohdy vymění své směry (pootočí se zhruba o 180°). Proč často právě o 180° není v rámci této publikace. Je však

dobré vědět o problematičnosti výpovědí svědků, kteří do místa nehody pohlédli až v reakci na slyšenou ránu: ti pak své výpovědi „doplňují“ mylným úsudkem o tom, ze kterých směrů vozidla přijela.

Při srážce protijedoucích osobních automobilů bývá jejich těžiště výš než je výšková úroveň centra rázu na přídi, a takto vzniklá dvojice sil (působící ve svislé rovině) způsobuje nadskočení zádí obou automobilů, jako když kuň vyhodí zadkem. V důsledku půdorysné excentricity je nadhozená zád' současně odhozena na pravou stranu. Postřetové stopy příčného smýkání pneumatik přirozeně vznikají až po dopadu kol na vozovku.

4.10 Energie

Změna energie (práce) je součin síly a dráhy – to známe z fyziky. Tedy tlačím-li na zabrzděný automobil, nekonám práci (snad jen tu potřebnou na pružnou deformaci karoserie). Teprve po odbrzdění, když se automobil dá do pohybu, konám práci: překonávám valivý odpor pneumatik, odpor stoupání, odpor hmoty vozidla proti zrychlení atd. Působím-li silou deformaci, konám samozřejmě rovněž práci: délka dráhy působící síly je rovna hloubce deformace. Hovoříme o deformační energii. Jednotkou práce a tudíž i energie je jeden Joule $1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$ (síla jednoho Newtonu působící na dráze dlouhé jeden metr).

Při deformačních vozidel se udává (odhaduje) množství energie, které se spotřebuje na deformaci. Vozidla se konstruuje tak, aby deformace při nárazu spotřebovala pokud možno všechnu kinetickou energii a přitom aby síly ve vozidle nezranily posádku. Pokud se má při nárazu absorbovat veškerá pohybová energie na energii deformační, pak musí být dostatečně veliká deformační síla i deformační dráha. Příliš veliká síla by však způsobila velké zpomalení, tj. zraňující přetížení působící na posádku. Proto bývá volen kompromis: Tuhost karoserie se volí taková, aby případná deformační síla nebyla nad hranici přežití a k tomu je dopočtena délka deformační zóny tak, aby absorbovaná deformační energie, přicházející v úvahu, odpovídala běžným provozním rychlostem. Kdybychom požadovali menší deformační sílu, musela by být příd' vozidla méně tuhá – pro potřebnou hodnotu deformační energie by vozidlo muselo mít nepřiměřeně dlouhou příd' (deformační zónu).

4.11 Deformace a destrukce

Kinetická energie dopadajícího předmětu se většinou nemění na deformační práci natrvalo celá. Záleží zde na míře pružnosti dopadajícího předmětu i objektu do něhož úder směřuje. Jsou-li v místě dopadu podmínky pro ráz dokonale pružný, předmět se sice deformuje (energie se v deformaci akumuluje), ale pak se odrazí se stejnou (uvolněnou) kinetickou energií, jakou měl před dopadem, aniž by byla vykonána sebemenší trvalá deformační práce (nic se trvale nezdeformovalo) i když rázová síla při úderu na okamžik působila deformaci. Úder pružným obuškem může vyvolat pocity bolestivé nicméně podstatně méně zraňující než třeba ocelová trubka – u níž (jak jsme si vysvětlili) vznikají větší rázové síly až přes mez destrukce překážky (např. lebky). Teprve při destrukci se mění kinetická energie v deformační práci (v závislosti právě na velikosti rázové síly) a ráz pružný je nahrazen rázem plastickým.

Část energie může ovšem zbývat na postřetový pohyb tělesa (např. smýkání vozidla do konečné polohy).

Deformace způsobená silou přichází v úvahu dvojí

Plastická (nepružná) – deformace je nevratná, těleso zůstává zdeformováno i po skončení působení síly.

Elastická (pružná) – deformace je vratná, těleso se po skončení působení síly vrátí do původního tvaru.

Deformace vozidel má většinou obě složky, jak plastickou tak i elastickou. O podíl elasticity a plasticity na celkové deformaci rozhoduje obvykle míra namáhání. Namáhání přes mez pevnosti vede ke zlomům, roztržením či rozdrčením. Samostatnou oblast představují destrukce křehké, to jest křehké lomy, roztržení, přetržení. Jsou typické pro určité materiály (například sklo, porcelán, kosti ...) a podmíněny relativně velkými silami, ale provázeny relativně malými nároky na deformační práci. To znamená, že velká síla působí na krátké deformační dráze. Například skleněnou tyč je možné jen nepatrně natáhnout, než dojde k jejímu prasknutí. Právě malá deformovatelnost některých materiálů způsobuje, že i při slabém nárazu vzniknou značně velké síly, které způsobí lom. Skleněné nádoby se proto snadno rozbije i při pádu z malé výšky na tvrdou podložku.

V oboru dopravních nehod se jedná obvykle o deformace nedokonale pružné či neúplně plastické. U automobilů při nárazu na pevnou bariéru závisí míra elasticity či plasticity na rychlosti nárazu. Do nárazové rychlosti cca 4 km/h se požaduje, aby nevznikly žádné trvalé deformace, tedy do této rychlosti nárazu lze deformace pokládat za dokonale pružné (elastické). Deformační energie vložená do pružné deformace se pak beze zbytku opět uvolní, což se projeví odrazem (není-li vozidlo současně kontinuálně brzděno). Při nárazu vysokou rychlostí bude ovšem deformace převážně plastická, nicméně vždy s určitou elastickou složkou. Míra elasticity se vyjadřuje koeficientem restituace k , což je záporný poměr rychlosti odrazu k rychlosti dopadu (nárazu). Pro dopad a následný protisměrný odraz vychází kladnou hodnotou. Není to poměr velikosti (hloubky) deformace pružné k deformaci celkové! Znamená to, že i při velmi nízké hodnotě součinitele restituace (při rázu téměř dokonale plastickém) přichází v úvahu nezanedbatelná míra zpětného vypružení karoserie. Tedy **deformace, které vidíme po nehodě nebo na fotodokumentaci, byly v okamžiku nárazu ještě hlubší**. Jen síla odrazu byla chabá, tedy rychlost odrazu byla nízká v poměru k rychlosti nárazu, tedy byla nízká hodnota koeficientu k , a proto ráz byl téměř úplně plastický.

V podrobnostech odkazujeme na nauku o materiálech a na nauku o pružnosti a pevnosti.

5 Poměry při nehodách

5.1 Kterou částí může vozidlo narazit

Představa, že osobní automobil při vlastní havárii (bez spolupůsobení jiného vozidla) narazí na překážku vždy svou přídílí, by byla mylná: automobily při haváriích narážejí na překážky různými částmi své karoserie. Většina havarijních pohybů (snad kromě usnutí řidiče) bývá totiž provázena nějakým odvratným manévrem, což mnohdy vede ke smyku (i na suché vozovce). Je pak doslova věcí náhody (kombinace rychlosti pohybu, rychlosti rotace a vzdálenosti překážky), jakou částí automobil narazí například na strom: tedy nejen přídílí, ale i bokem v libovolném místě jeho délky, či zádí nebo dokonce střechou. Náraz střechou nastává, když automobil rotující ve smyku sjede s hrany silniční koruny na svah násypu, kde potom narazí na strom. Sjetí do lesa může mít za následek kolizi s několika stromy.

Máme-li srozumitelně popsat mechanismus působení násilí na vozidlo a na jeho posádku, můžeme **využít okolnost relativity pohybu** (popsanou vpředu). Tak lze například popsat a nakreslit, jakým směrem **kmen stromu naráží** na plochu střechy osobního automobilu: například šikmo shora zepředu, jak se střecha bortí dovnitř směrem k zadnímu sedadlu, zatímco nad a před předními sedadly se (stržením střechy) otevírá velký volný prostor (čelní sklo vypadává a letí dál vlastní setrvačností), skrze nějž vylétá ven vlastní setrvačností i neupoutané tělo z místa řidiče. Viz dále kap. 8.5 „*Kdo řídil vozidlo ?*“. Přitom je ovšem nutno odlišit, jaké vnější násilí působilo na tělo v souvislosti s nárazem těla vlastní setrvačností na konstrukční části interiéru (např. na volant) a jaké násilí působilo v souvislosti s borcením karoserie dovnitř proti tělu.

5.2 Poměry při nárazu vozidla

Při startu rakety s lidskou posádkou hovoříme o přetížení, vyjádřeném obvykle jako násobek gravitačního zrychlení g . Astronautovo tělo je urychlováno stejnou silou (princip akce a reakce), jakou je tlačeno do sedadla, přičemž tato síla je větší, než je tíha těla v gravitačním poli Země – odtud výraz „přetížení“. Obdobně velikost zpomalení vozidla lze dát do souvislosti s přetížením působícím na posádku, neboť při nárazu jde obvykle také o násobky g . Z II. Newtonova zákona plyne (pro danou hmotnost m) přímá úměrnost mezi zpomalením a a silou F .

$$F = m \cdot a$$

(Zpomalující) síla F , působící při střetu proti pohybu, je přirozeně ovlivněna tím, do čeho vozidlo narazilo – a s ní (přímo úměrně) je stejně ovlivněno tedy i zpomalení (přetížení) a . Při nárazu automobilu určitou rychlostí do bariéry jsou deformační síly i deformace karoserie a zpomalení (přetížení) větší, než kdyby se automobil zastavil z téže rychlosti nárazem do stohu slámy: podstatnou část kinetické energie vozidla převezme sláma ve stohu a zároveň se prodlouží dráha, na níž probíhá proces zastavení vozidla, čímž se zmenší „brzdná“ síla a s ní současně se zmenší i přetížení působící na vozidlo i na jeho posádku. obráceně: určitá velikost deformace karoserie přísluší při nárazu do bariéry nižší rychlosti nárazu, než při nárazu na stoh slámy. Z toho plyne, že **rychlost vozidla bezprostředně před nárazem nelze určit z rozsahu deformace toho jediného vozidla, ale ani z rozsahu zranění jeho posádky, neznáme-li objekt (jeho tuhost a rychlost), se kterým se vozidlo střetlo**. Vždyť to „naše“ vozidlo mohlo stát a utrpět náraz od jiného vozidla. **Nárazovou rychlost lze určit z velikosti deformace (případně usuzovat z rozsahu zranění) pouze tehdy, víme-li s jistotou, že šlo o vlastní náraz do pevné bariéry či na pevný kmen stromu.**

Obdobně **nelze určit rychlost vozidla na počátku délky jeho brzdných stop, nevíme-li, jakou rychlostí vozidlo narazilo na jejich konci na jiný objekt.**

5.3 Vliv hmotnosti vozidla

Ve spojení se druhým II. Newtonovým zákonem lze vyvodit, že **srazí-li se centricky dvě vozidla různých hmotností**, pak zpomalení lehčího vozidla (a jeho posádky) bude větší než zpomalení vozidla těžšího (a jeho posádky), neboť **vzájemný poměr obou zpomalení je převrácený poměr obou hmotností**. Je zajímavé si uvědomit, že **poměry sil a zrychlení nijak nezávisí na rychlostech vozidel před střetem** (viz výklad o relativitě pohybu). Z toho vyplývají i setrvačné síly působící na členy posádky v obou vozidlech. Pokud by byly osoby ve vozidlech stejně těžké, tak větší setrvačná síla bude působit na posádku v lehčím vozidle (zdůrazněme, že jde o síly setrvačné, nikoli o síly eventuálně působící na neupoutané cestující při jejich nárazech na volant či na čelní sklo).

Poznámka: Nepojednáváme zde problematiku časové změny hmotnosti, ač i ta přichází při střetech v úvahu (odpadnutí části vozidla či nákladu).

Uvažme, jaké poměry nastanou při střetu vozidel o různé hmotnosti – např. při čelním (přímém centrickém) střetu osobního automobilu Trabant s nákladním automobilem LIAZ ? I v takovém případě přirozeně platí všechny fyzikální zákony, které jsme si uvedli. Máme už zažitý princip akce a reakce (III. Newtonův zákon) o rovnosti sil v kolizní zóně. Síly působící mezi vozidly budou vzájemně shodně veliké opačného smyslu (akce a reakce), ale hmotnosti vozidel jsou různé. Víme již, že „síla F rovná se součinu hmotnosti m a zrychlení a “,

$$F = m \cdot a$$

Tedy jsou-li střetové síly F vzájemně stejně veliké opačného směru (princip akce a reakce), ale hmotnosti vozidel jsou různé (m_1 a m_2), pak z toho logicky plyne, že **přetížení** (zrychlení) **působící při čelním střetu (lépe řečeno centrickém) na posádky vozidel jsou nepřímo úměrná hmotnostem automobilů.**

To znamená, že narazí-li Trabant rychlostí 80 km/h na před' stojícího LIAZu, budou poměry přetížení působící na posádky uvedených dvou vozidel stejné, jako když narazí LIAZ rychlostí 80 km/h na před' stojícího Trabantu (významný rozdíl mezi uvedenými dvěma režimy bude ovšem v postřetovém pohybu obou automobilů). Pro úplnost poznamenejme, že takto **exaktně to platí pro okamžik střetu** – po něm mohou (ale nemusejí) být poměry komplikovány odporem některého vozidla proti pohybu. V důsledku toho pak může být zabrzděný Trabant na vozovce přidavně hmožděn pod před'í nákladního automobilu. Představíme-li si popsané poměry pro střet Trabantu s LIAZem na ledě, vyjde nám dobrá mnemotechnická pomůcka pro vliv poměru hmotností a o relativitě rychlostí.

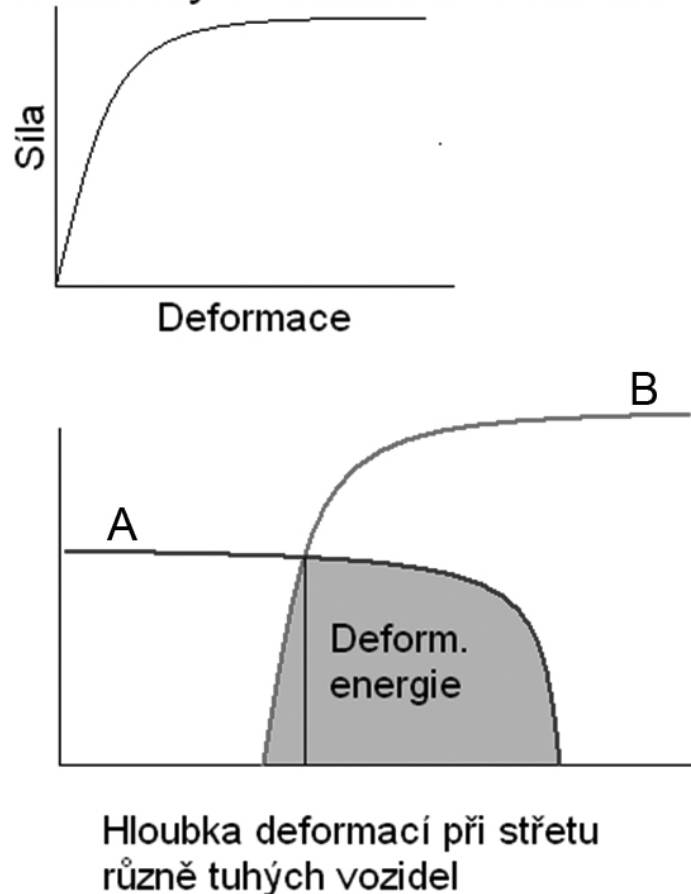
Narazí-li osobní automobil celou šířkou své před'ě na bok druhého osobního automobilu například v místě jeho předního blatníku, neklade naražený automobil odpor proti pohybu toho prvního celou svou hmotností. Hovoříme **o excentrickém rázu**. Zpomalení prvního automobilu je menší, jako kdyby druhý automobil měl zmenšenou hmotnost. Postřetový pohyb druhého automobilu bude poměrně složitý: odhozený automobil začne rotovat.

5.4 Vliv tuhosti vozidla

V kapitole 4.6 nazvané „*Princip akce a reakce, relativní pohyb*“ byla řeč o tom, že v každé milisekundě kontaktu vozidel při jejich střetu působí na obě vozidla stejně veliké síly vzájemně opačného směru. Uvedli jsme také, že je-li jedno vozidlo po vzájemném střetu méně deformováno než druhé, **neznamená** to, že je těžší, ale že na něm byla při střetu zasažena tužší zóna než na vozidle druhém. Kdysi došlo ke střetu osobního automobilu ŠKODA 100 (se třemi cestujícími) s protijedoucím osobním automobilem VAZ Žiguli 2101 (obsazeným jenom řidičem). Žigulík byl tzv. klasické koncepce: motor vpředu, pohon zadních kol, tedy hmota motoru vpředu působila jako beranidlo vzepřena kardanovou hřídelí až o tuhou zadní nápravu, zatímco škodovka s motorem vzadu měla před'í relativně měkkou, poddajnou. Před'í žigulíku byla stlačena vzad relativně málo, byla však zdeformována i zadní náprava (důkaz zmíněného vzepření), zatímco na škodovce byl podběh levého předního kola natlačen až na sedadlo řidiče. Řidič z žigulíku vystoupil jenom s lehkým otlakem hrudníku od bezpečnostního pásu, zatímco řidič škodovky na místě zahynul a jeho spolucestující utrpěli závažná poranění. Do kolizní zóny „nabídla“ svou deformační zónu škodovka. Dodejme, že hmotnosti automobilů s posádkami byly zhruba shodné. Proto střední zpomalení (přetížení), která působila na oba řidiče byla prakticky stejná, ale protože škodovka byla méně tuhá, zdeformovala se na ní „smrtně“ i kabina s řidičem.

Rovnost sil (princip akce a reakce) neznamená rovnost deformací a to ani kvalitativně: na tužším vozidle mohou vzniknout deformace jen v pružné oblasti (červená křivka), zatímco na méně tuhém vozidle vzniknou zároveň i deformace trvalé (modrá křivka), jak je znázorněno na obr. 12.

Průběh síly v závislosti na deformaci



Hloubka deformací při střetu různě tuhých vozidel

obr. 12 Hloubka deformací při střetu různě tuhých vozidel

V oblasti běžné mechaniky (statiky) bývá velikost deformace závislá na velikosti působící síly, zatížení, jež je nezávisle proměnnou veličinou. V oblasti střetů vozidel jde naopak o to, že struktura karoserie je vtlačována vlastní setrvačností na druhý objekt (druhé vozidlo, strom apod.), přičemž okamžitá velikost síly (odporu proti deformacím) je funkcí tuhosti právě deformované struktury. Proto **velikost síly působící při střetu mezi vozidly může být v určitých případech přímo dána tuhostí slabší struktury**. Při deformacích vozidel **neplatí, že s nárůstem velikosti deformací vzrůstá i (nutná) deformační síla**: nejedná se o kompaktní tělesa, a tak přichází v úvahu fenomén **zborcení či zhroucení struktury**. Struktura, jejíž odpor proti deformování nejprve narůstal, se posléze zhroutlí či prolomí, deformace se prudce zvětší, zatímco odpor (síla) proti průniku struktury druhého objektu (druhého vozidla, stromu apod.) prudce klesne. Určitou analogií je například pevnost prutu vůči namáhání na vzpěr. To znamená, že pevnost jedné struktury se může zhroutlit dříve, než velikost síly přeroste přes mez úměrnosti struktury druhé. Na druhé struktuře (např. vozidle) tak vznikly deformace pouze v pružné oblasti, struktura je potom bez deformací, nachází se pouze otěry a/nebo odřeninny.



obr. 13 Různá tuhost v kolizní zóně střetnuvších se vozidel-příklad²

V oblasti běžné mechaniky (statiky) bývá velikost deformace závislá na velikosti působící síly, zatížení, jež je nezávisle proměnnou veličinou. V oblasti střetů vozidel jde naopak o to, že struktura karoserie je vtlačována vlastní setrvačností na druhý objekt (druhé vozidlo, strom apod.), přičemž okamžitá velikost síly (odporu proti deformacím) je funkcí tuhosti právě deformované struktury. Proto **velikost síly působící při střetu mezi vozidly může být v určitých případech přímo dána tuhostí slabší struktury**. Při deformacích vozidel **neplatí, že s nárůstem velikosti deformací vzrůstá i (nutná) deformační síla**: nejedná se o kompaktní tělesa, a tak přichází v úvahu fenomén **zborcení či zhroucení struktury**. Struktura, jejíž odpor proti deformování nejprve narůstal, se posléze zhroutlí či prolomí, deformace se prudce zvětší, zatímco odpor (síla) proti průniku struktury druhého objektu (druhého vozidla, stromu apod.) prudce klesne. Určitou analogií je například pevnost prutu vůči namáhání na vzpěr. To znamená, že pevnost jedné struktury se může zhroutit dříve, než velikost síly přeroste přes mez úměrnosti struktury druhé. Na druhé struktuře (např. vozidle) tak vznikly deformace pouze v pružné oblasti, struktura je potom bez deformací, nachází se pouze otěry a/nebo odřenyiny.

Předpoklad vzájemně shodné tuhosti struktur karoserií v kolizní zóně střetnuvších se vozidel **by byl principiálně nesprávný, neplatí ani přibližně**. Může přicházet v úvahu jen jako zvláštní případ náhodné souhry. Neplatí totiž obecně ani pro případ kolize mezi nárazníky dvou osobních automobilů shodného typu a stáří: vždyť jen tuhost prostorového nároží nárazníku je určitě větší, než tuhost středu šířky téhož nárazníku. A tak zatímco deformace způsobená střetovou silou může být na jednom vozidle zcela v oblasti pružné (červená křivka v předchozím grafu), může tatáž síla (reakce) na druhém vozidle způsobit deformace trvalé, tedy plastické (modrá křivka v předchozím grafu). K tomu uvádíme příklad, kdy červený VW Passat narazil pravou stranou své přídě na levou stranu zádě stříbrného

² zdroj: Policie ČR

BMW, na jehož zádi jsou patrné deformace zcela nepatrné (spíše jen zašpinění), zatímco čelo VW Passat je zdeformováno výrazně. Poznamenáváme, že uvedený případ určitě nebyl nehodou fingovanou.

Náraz přídě automobilu na záď automobilu jedoucího před ním bývá důsledkem „nedodržení bezpečnostní vzdálenosti“.³⁾ Oba automobily bývají zpravidla v okamžiku nárazu ještě v pohybu a současně intenzivně brzděny. Na každý z nich přitom působí klopný moment z dvojice sil (setrvačná síla v těžišti / třecí síla pneumatik ve styku s vozovkou). Klopným momentem je záď odlehčena (zdvížena) a příd' přitížena (snížena). Přední nárazník zadního automobilu se tak dostává pod zadní nárazník předního automobilu, a následným klínovitým efektem se tyto poměry ještě zvětšují. Zadní nárazník předního automobilu se tak dostává do přímého silového kontaktu s netuhým čelem zadního automobilu. To například nastalo právě v případně popsaném v předchozím odstavci a zobrazeném na obr. 13. Zadní automobil je nárazem zpomalen, přední naopak urychlen – automobily se od sebe vzápětí odtrhují a vzdalují. Po zastavení zaniká klopný moment, výškové poměry se vracejí v pérování do statického stavu.

Tuhost (karoserie vozidla) se vyjadřuje velikostí síly v Newtonech, jaká by způsobila deformaci (např. přídě, boku či záď vozidla) hlubokou 1 m – udává se tedy v jednotkách $N \cdot m^{-1}$. Z okolností uvedených v předchozím odstavci ale vyplývá, že tuhost určitého místa karoserie zřejmě nelze prezentovat jako nějakou konstantu platnou až přes mez pevnosti. V oblasti pružných deformací je údaj o tuhosti zřejmě málo zajímavý.

Bez deformační zóny to však nejde: prostor pro cestující automobilu s příliš tuhou přídí by se při nárazu na pevnou překážku zastavil na krátké (téměř nulové) dráze – důsledkem by bylo obrovské (téměř nekonečně velké) přetížení působící na posádku (podrobněji jsou poměry vysvětleny v kapitole 4.8 „Úder tupým předmětem tuhým či poddajným“).

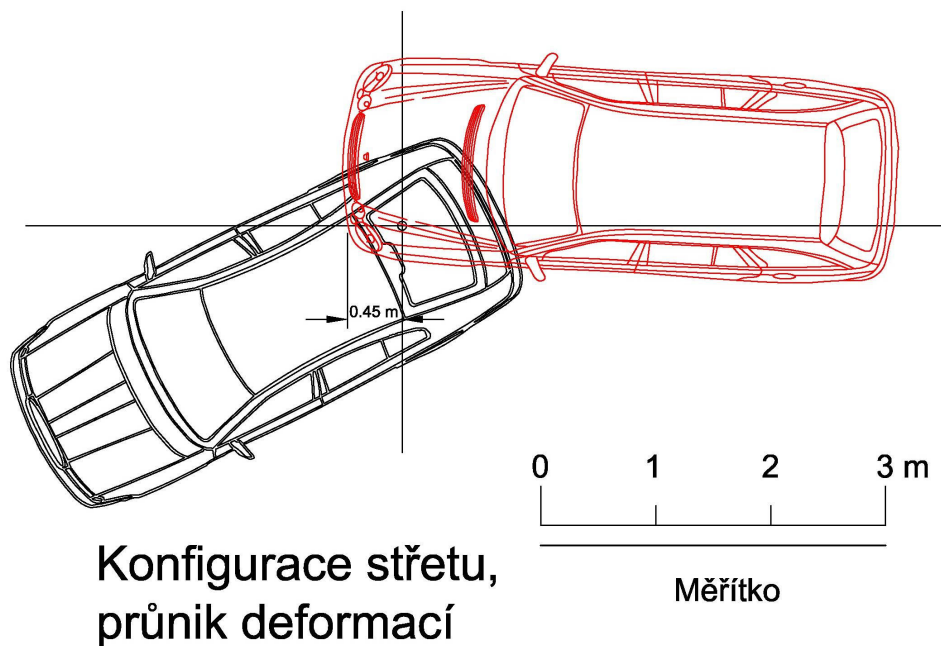
Kvůli nárazům na pevné překážky jsou těžší vozidla zpravidla tužší – při střetech s lehčími vozidly jsou pak přirozeně ve výhodě pro „svou“ posádku.

Pomůckou pro úvahy o poměrech přetížení působících na posádky může být představa střetu osobního automobilu s autobusem. Raději cestujme v těžším vozidle než v tom, které má nejmenší spotřebu paliva (malou vlastní hmotnost).

5.5 Průnik deformací, působíště sil, centrum rázu

Při kolizi vozidel vznikají deformace, a tak dochází k průniku původních (nezdeformovaných) obrysů. Nejsou-li poměry tuhostí vozidel v kolizní zóně mimořádně velké (nejedná-li se např. o střet osobního automobilu s vlakem), pak se deformace podílejí na vzájemném přiblížení nezdeformovaných partií svým součtem. Nakreslíme-li půdorysné obrysy vozidel v odpovídajícím vzájemném průniku, bývá výsledné skutečné přiblížení překvapující svou velikostí v porovnání s odhadem učiněným jen z pohledu na zdeformovaná vozidla oddělená od sebe. Příkladem je na následujícím obrázku průnik levé strany přídě automobilu MERCEDES (zdeformované do hloubky 45 cm) do celé hloubky zavazadlového prostoru automobilu ŠKODA. Vzniklý průnik původních půdorysných ploch je jistě pozoruhodně velký a s ním i související vzájemné přiblížení ostatních částí karoserií včetně těžišť automobilů.

³⁾ Řidič vozidla jedoucí za jiným vozidlem musí ponechat za ním dostatečnou bezpečnostní vzdálenost, aby se mohl vyhnout srážce v případě náhlého snížení rychlosti nebo náhlého zastavení vozidla, které jede před ním - § 19 odst.1 Zákona č.361/2000 Sb. o silničním provozu



obr. 14 Průnik deformací bývá překvapivě veliký

Deformační síly působí v celé dotykové ploše. V té části kolizní zóny, kde však není okamžitý dotyk s druhým objektem (jde o zásah do prázdného prostoru), přirozeně žádná deformační síla nepůsobí. Při početném řešení střetu se působení všech dílčích sil obvykle zjednodušuje zavedením jedné síly s jedním působištěm. Toto zjednodušené působiště nazýváme „centrum rázu“, jeho polohu je možno získat jako „průměrnou polohu působišť jednotlivých sil s ohledem na velikost těchto sil. Je-li v ploše dotyku nějaká oblast tužší, než ostatní oblasti, pak v tomto místě bude síla větší a centrum rázu bude blíže k tomuto místu. Problém je v tom, že v procesu vzniku deformací při rázu se jednotlivé dílčí síly mohou značně měnit, takže centrum rázu může velmi rychle „přeskakovat“ z místa na místo. V mnohých případech lze však polohu centra rázu alespoň přibližně odhadnout, což usnadní další úvahy o momentech způsobujících postřetovou rotaci.

5.6 Míjení struktur v kolizní zóně

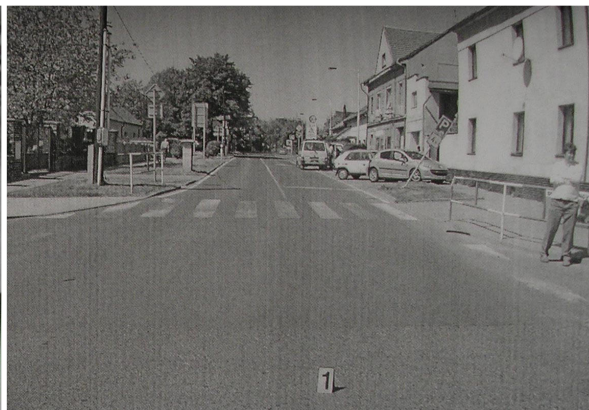
Hodnoty relativní střetové rychlosti se v praxi určují odhadem (srovnávací metodou) z velikosti deformací struktur karoserií. Přichází však v úvahu proces, který lze nazvat **míjení struktur v kolizní zóně**, po němž by odhad střetové rychlosti z velikosti deformací vedl ke zcela neadekvátnímu výsledku. Jde o kolizi dvou klínovitých tvarů v náhodné souhře pohybu: zaoblený a zužující se pravý bok u zadě naráženího automobilu právě vyjíždí z kolizní zóny, do níž současně vjíždí zaoblený a rozšiřující se pravý bok u přídě narážejícího automobilu.

Ukažme si to na případu skutečné nehody: řidič automobilu ŠKODA Fabia přehlédl dopravní značku prikazující zastavit a dát přednost v jízdě, a vjel běžnou provozní rychlostí do nepřehledné křižovatky kolmých ulic, do níž současně vjížděl z levé strany běžnou provozní rychlostí automobil PEUGEOT jedoucí s předností v jízdě. PEUGEOT již téměř vyjížděl z kolizního prostoru - zasahoval do něho již jen svou zadí, na niž narazil pravým okrajem své přídě automobil ŠKODA. Poškození obou automobilů ve střetnutích se oblastech byla vcelku nepatrná (viz následující obrázky), protože silové působení v kolizní zóně (klínovité míjení struktur) nebylo velké. Stačilo však k vychýlení dráhy automobilu

PEUGEOT, které řidič nebyl schopen účinně zvládnout, narazil ještě na sloupek dopravní značky a zastavil se cca 25 m za místem primárního střetu a to nárazem na zaparkovaný automobil ŠKODA Favorit, který značně poškodil. Řidič automobilu ŠKODA zabrzdil za křižovatkou. Poznamenejme pro úplnost, že nárazy automobilu PEUGEOT na Favorit byly zřejmě dva: první na před Favoritu, jenž byl nárazem pootočen, a pak došlo k natlačení levého boku PEUGEOTu na pravý bok Favoritu.



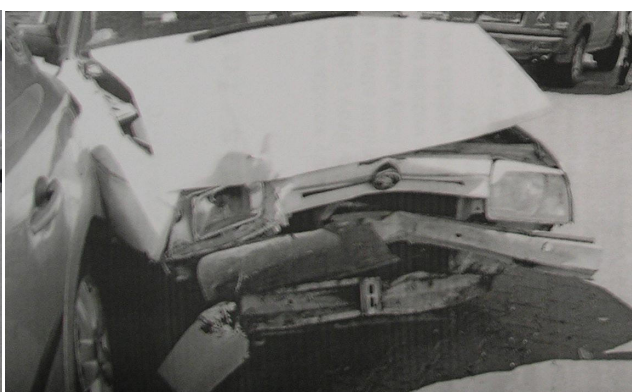
obr. 15 Poškození přídě ŠKODA Fabia



obr. 16 Konečné postavení PEUGEOT za křižovatkou za vyvrácenou značkou u zaparkovaného automobilu ŠKODA Favorit



obr. 17 Poškození u zádě PEUGEOT 307



obr. 18 Poškození přídě automobilu ŠKODA Favorit⁴

Všimněte si, že zde hovoříme o "běžných provozních rychlostech", ale jejich skutečné hodnoty nelze spolehlivě odvodit: při primárním střetu vznikly deformace vcelku nepatrné, a na rychlost automobilu PEUGEOT lze usuzovat spíše jen "kvalitativně" než nějakým numerickým odvozením - z velikosti deformací vzniklých při následném střetu se zaparkovaným automobilem ŠKODA Favorit. Zcela neznámou však zůstává hodnota (brzdného) zpomalení automobilu PEUGEOT mezi prvním a následným nárazem. Výrazem "kvalitativní" posouzení rychlosti je zde míněno **podezření**, že řidič automobilu PEUGEOT nerespektoval omezení rychlosti dopravní značkou před nepřehlednou křižovatkou na 30 km/h a vjížděl do křižovatkou rychlostí vyšší, možná výrazně vyšší.

Uvedený případ je současně **příkladem, kdy rychlosti vozidel nelze solidně určit**, a je pak nutné tuto okolnost srozumitelně vysvětlit orgánům, které se takovou nehodou zabývají.

⁴ předchozí 4 obrázky – zdroj: Policie ČR

5.7 Fenomén času

Připomeňme si II.Newtonův pohybový zákon (**zákon síly**): „Časová změna hybnosti je úměrná působící síle a má s ní stejný směr. Změna hybnosti nastává pouze působením síly, a to tak, že přírůstek hybnosti dělený časem, v němž přírůstek nastal, je úměrný působící síle.“ Krátkodobé působení síly vyvolá malou změnu hybnosti tělesa.

Působí-li na těleso o hmotnosti m v jeho těžišti konstantní síla F , pohyb tělesa se zrychluje (či zpomaluje) s konstantním zrychlením (zpomalením) a , jehož velikost plyne ze vztahu

$$a = \frac{F}{m} [m.s^{-2}]$$

přičemž konstantní zrychlení (zpomalení) a trvá po celou dobu působení síly F . Tedy působí-li síla F po krátký okamžik, pak je těleso podrobeno přetížení a po krátký okamžik. To má význam zejména v **působení na tělní tekutiny**: působí-li přetížení na lidskou hlavu po kratší dobu, vyvolá to menší pohyb mozku v nitrolební tekutině, která jej obklopuje. Proto se například obložení přístrojové desky automobilů vyrábí z takových materiálů, které změkčují dopad hlavy umožněním určitého zaboření („brzdné dráhy“ jejíž nezbytnost jsme si vysvětlili), ale nejsou pružné, neboť odrazem by se doba expozice přetížení prodlužovala. Současně by se nežádoucím způsobem měnilo namáhání krční páteře.

5.8 Havárie s nárazem a bez nárazu na pevnou překážku

Opustí-li vozidlo z jakéhokoli důvodu vozovku, dochází v prostoru mimo silnici k zastavení bez nárazu nebo s nárazem na pevnou překážku.

Zpomalení havarijního pohybu vozidla je limitováno třením o zem (vozovku či travnatý terén), přičemž součinitel tření obvykle nepřevyšuje hodnotu 0,8, tedy přetížení působící na posádku uvnitř automobilu nepřevyšuje 0,8-násobek gravitačního zrychlení. A tak dokonce i převrácení automobilu lze přežít bez vážnějšího zranění. Člověk je v automobilu jako „rytíř v brnění“ - pokud z něho nevypadne.

To platí ovšem za předpokladu, že vozidlo v havarijním pohybu nenarazí na pevnou překážku či na vozidlo protijedoucí. V takovém případě se dráha pro vlastní zastavení redukuje jen na deformační zónu, což má za následek zvětšení „brzdné“ síly o jeden i o více řádů – a s tím přirozeně stejně veliký nárůst přetížení působících na posádku. Proto jsou tolik nebezpečné stromy a sloupy reklam v blízkosti pozemních komunikací.

5.9 Člověk ve vozidle

Vozidlo a člověk v něm představují dva objekty (tělesa), jež nejsou navzájem pevně spojeny. Co je vlastně tím (nepevným) spojením umožňujícím přenos sil mezi vozidlem a člověkem? Setrvačná síla těla se přenáší na vozidlo třením mezi oděvem a sedadlem

- při brzdění jenom tímto mechanismem (neuvažujeme-li působení bezpečnostního pásu),
- při bočním zrychlení (v zatáčkách) eventuálně s podporou o loketní opěrky,
- při akceleraci působením zádové opěry sedadla.

Vzroste-li zpomalení (či boční zrychlení) vozidla tak, že setrvačná síla těla převyší nad velikost tření mezi oděvem a sedadlem (zejména při nárazu vozidla), ztrácí tělo svou soudržnost s vozidlem a nastává volný setrvačný pohyb těla v prostoru pro cestující, jenž potom trvá do místa nárazu (na volant, čelní sklo apod.).

5.10 Dvojí pohyb posádky uvnitř vozidla – při nárazu a po nárazu

Při nehodě bývají těla vystavena dvojitým silovým účinkům či přetížením:

1. Při nárazu vozidla má tělo tendenci setrvat v pohybu jako před střetem (I.Newtonův zákon). Pokud jde o posádku automobilu či autobusu, může být následná změna setrvačného pohybu těla způsobena nežádoucím nárazem na interiér (volant, přístrojovou desku, čelní sklo, zadovou opěru sedadla před sebou, na boční stěnu či na strop), anebo lépe prostřednictvím bezpečnostního pásu. Pohyb chodce při nehodě je popsán v kapitole 5.23 „*Pohyb chodce, poměry při střetu, odhoz, přejetí*“.
2. Po odpoutání vozidla od kolidujícího objektu následuje ještě postřetový pohyb do konečné polohy. Ten může být krátký jen jako odraz vozidla po rázu neúplně plastickém, ale i dlouhý několik desítek metrů jako například dojezd nebrzděného vozidla. Mezi oběma uvedenými extrémy jde nejčastěji o pohyb provázený kratšími či delšími intervaly bočního smýkání, přičemž uvnitř působí na těla jejich vlastní setrvačné síly uvádějící těla do relativních pohybů vůči interiéru. Poznamenejme, že síly bývají rychle proměnlivé tak, že člověk je nestíhá kontrovat vlastní silou svalovou, a proto lze tělo nazírat obdobně jako neživou figurínu (obrazně řečeno „hadrového panáka“). Postřetový pohyb chodce je rovněž popsán v kapitole 5.23 „*Pohyb chodce, poměry při střetu, odhoz, přejetí*“.

Působení přetížení na lidské tělo při změně pohybového stavu vozidla si můžeme názorně připomenout v účinku brzdění tramvaje na stojícího cestujícího: držíme se, kontrujeme setrvačnou sílu, a pojednou pocítíme určité škusnutí. To je okamžik, kdy došlo k zastavení vozidla, tedy kdy brzdné zpomalení rázem pominulo a s ním rázem pominula i naše setrvačná síla, proti níž jsme působili svou silovou reakcí. Pokud po relativně intenzivním brzdění následuje relativně slabé škusnutí, znamená to, že řidič bezprostředně před zastavením citlivě snížil tlak nohy na pedál brzd.

Při analýze silových účinků na posádku (zejména při řešení otázky kdo řídil vozidlo v době nehody) je **nutno náležitě zohlednit dvě fáze silového působení a z toho plynoucí pohyb těl**: V obou fázích působí na těla setrvačná síla, její směr však bývá při nárazu změněn v souvislosti s tím, jak je nárazem změněn směr vozidla, jenž uvnitř potom s sebou unáší těla. Vozidlo smýkající se po střetu do konečné polohy mnohdy současně rotuje okolo svislé osy, a tak interiér prostoru pro cestující mění svou orientaci vůči směru setrvačné síly působící na těla. Těla pak jsou vůči interiéru pužena ve druhé fázi jiným směrem (mnohdy proměnlivým) než při primárním nárazu. Zpomalení (přetížení) působící při primárním nárazu bývá výrazně vyšší než potom při pohybu do konečné polohy.

Případy vícenásobných nárazů (havárie automobilu do lesního porostu) jsou řešitelné (k otázce „Kdo řídil vozidlo v době havárie“) jedině na podkladě podrobného geodetického zaměření všech stop na vozovce a v terénu, všech kmenů stromů, dokumentace jejich poškození, porovnání se všemi deformacemi karoserie a s přihlédnutím k zranění členů posádky (znalecký posudek z oboru zdravotnictví, soudní lékařství).

5.11 Postřetový pohyb vozidla

Postřetový pohyb vozidla do konečného postavení (polohy) lze rozložit na pohyb translační a rotační. To nám pomůže k správné představě o působení setrvačných a odstředivých sil na osoby ve vozidle.

Při úvaze o působení setrvačných sil **v souvislosti s translačním pohybem** je třeba zkoumat, zda vozidlo bylo (mohlo být) i po střetu kontinuálně brzděno. Řidič většinou nebývá schopen udržet při nárazu nohu na pedálu brzd. Pak přichází v úvahu jenom zablokování rotace některého kola masivní deformací okolní karoserie (podběhu). Pokud tomu tak není, pak rotující vozidlo je zpomalováno bočním třením pneumatik o vozovku v úvratích, kdy je podélná osa vozidla zhruba kolmá k okamžitému směru pohybu těžiště. Zpomalení je limitováno třením pneumatik o vozovku (terén), a tak jen zcela výjimečně může

mírně přesáhnout hodnotu gravitačního zrychlení. Ve fázích přibližné souběžnosti podélné osy vozidla se směrem pohybu je zpomalení velmi malé (obdoba běžné jízdy). Zpomalení vozidla je ovšem provázeno setrvačnou silou působící na těla uvnitř – je třeba uvážit, kterými směry jsou jednotlivá těla pužena vlastními setrvačnostmi. Pokud se automobil současně nepřevrací „přes střechu“, pak přichází v úvahu určité kývání či posouvání těl ale již bez dalšího silového působení velké intenzity, a tak vzájemné přemístění řidič / spolucestující bývá vyloučené. Poznamenejme, že hovoříme právě o postřetovém pohybu, nikoli o poměrech při střetu, kdy někdy dochází k vypadnutí jedné osoby se současným přemístěním druhé osoby na její místo.

Postřetová rotace je provázena dostředným zrychlením, tedy odstředivou silou. Je-li vozidlo uvedeno do rotace prudké (rychlé) – velkou rázovou silou působící vůči těžišti s velkou excentricitou – pak i odstředivé síly mohou být značné. Například starý automobil ŠKODA 440 Octavia combi se střetl s protijedoucím automobilem. Škodovka byla na silnici roztočena tak prudce, že ze schrány otevřené na zádi vyletovalo nářadí do kruhu o poloměru cca 20 m. Dostředné zrychlení působí přirozeně na všechny komponenty vozidla i na všechny objekty uvnitř, tedy i na posádku. Závisí ovšem nejen na úhlové rychlosti rotace, ale i na vzdálenosti daného objektu od středu rotace: v místě středu rotace je odstředivá síla nulová. Těžiště osobního automobilu bývá mezi předními sedadly.

Účinky translačního a rotačního pohybu vozidla se vzájemně vektorově sečítají.

5.12 Problematika bezpečnostních pásů, upoutání na zadních sedadlech

Bezpečnostní pás plní několikerou funkci:

- Vlastním protažením prodlužuje dráhu zastavování setrvačného pohybu těla, kterou primárně poskytuje deformační zóna přídě automobilu. Pás nesmí být tuhý, je žádoucí určitá poddajnost při působení velké síly.
- Zabraňuje nárazu těla řidiče na volant a na čelní sklo, nárazu předního spolucestujícího na přístrojovou desku a na čelní sklo. Zadním spolucestujícím jejich pásy brání narazit zezadu na zádové opěry předních sedadel či prolétnout setrvačností až dopředu a narazit na čelní sklo. Poddajnost pásu (podle předchozího bodu) musí být proto omezená.
- Setrvačnou sílu zpomalující setrvačný pohyb těla rozkládá na plochu pásu, tedy zmenšuje tlak na hrudník. Proto je žádoucí určitá šířka pásu.

Uveďme příklad konkrétní nehody: Autobus sjel do příkopu a následně narazil na čelo silničního propustku. Neupoutaná cestující vylétla vlastní setrvačností z předního sedadla čelním oknem autobusu. Příd' autobusu se po destrukci svého spodku nasunula na propustek a tu ženu pod sebou přimáčkla. Vypadnutí neupoutaných cestujících z osobních automobilů a následné přimáčknutí těla o terén bývá častým průvodním fenoménem sjetí mimo silnici.

Bezpečnostní pásy jsou konstruovány jako samonavíjecí: pružina navíjecího mechanismu neustále vymezuje vůli mezi pásem a povrchem těla (viz násl. odstavec). Navíječe jsou obvykle vybaveny dvojí blokací :

- při prudkém vytahování pásu z navíječe,
- při nadměrném zpomalení vozidla (efekt je obdobný s podélným sklonem, a tak k blokaci může dojít i při brzdění ve strmém klesání silnice).

Blokace potom přestane působit, jakmile pominou uvedené příčiny.

Některé konstrukce navíječů bezpečnostních pásů však zůstávají blokovány hned po ukončení plynulého pomalého vytahování pásu (k zapnutí před jízdou) tak, že další vytažení (uvolnění) pásu je možné až po jeho opětovném úplném navinutí zpět do navíječe.

Pás musí mít možnost zachytit prudký dopředný pohyb těla v interiéru vozidla **od samého počátku** takového nežádoucího pohybu. Tuto funkci pásu by cestující neměl mařit nebo omezovat tím, že si zajistí volnost pásu nějakou sponou navlečenou na pás, jež by

bránila navíjení pásu u jeho horní kladky. V takovém případě by totiž tělo při nehodě „dopadlo“ do pásu „s rozeběhem“ a zpomalení těla by bylo navýšeno. Také by hrozilo dopadnutí těla na volant nebo přístrojovou desku – viz analogii neupevněného nákladu uvedenou v kapitole 5.13 „Působení na upoutané a na neupoutané cestující“. Některé automobily jsou vybaveny navíc **napínačem pásu**. Napínače se aktivují při nadměrném skokovém zpomalení vozidla. Napínač přitáhne bezpečnostní pás k tělu ještě podstatně těsněji, než při běžné jízdě, a tím zlepší zachycení nežádoucího pohybu těla. Působení napínačů však není vratné (jako je působení blokace navíječů pásů), a tak napínače je nutno po nehodě nechat vyměnit (obdobně jako airbagy).

Působení pásů na zadních sedadlech brání volnému pohybu těla při nehodě, tedy zabraňuje například prolétnutí těla až do čelního skla (u neupoutaných se opravdu stává), brání rovněž nárazu hlavou na strop nebo vypadnutí z vozidla při převrácení, **navíc je v zájmu cestujících na sedadlech předních:** tělo neupoutané na zadním sedadle při čelním nárazu vozidla naráží velikou silou vlastní setrvačnosti zezadu na zádovou opěru předního sedadla, ohýbá ji vpřed, kde však bývá osoba upoutaná bezpečnostním pásem – ta je pak masivně stlačena mezi vlastní bezpečnostní pás a zádovou opěru vtlačenu vpřed. Tedy **máme-li za sebou spolucestující, měli bychom nekompromisně žádat, aby se připoutali.**

Zapnutý bezpečnostní pás chrání při převrácení automobilu před volným pohybem těla a před nárazy hlavy na vnitřní (spodní) plochu střechy vozidla, a také před vypadnutím těla z vozidla, jímž by mohlo být tělo přimáčknuto. Vypadávání se děje nejen otevřenými dveřmi (při rozvolnění zámků deformací karoserie), ale i okny vozidla.

Některí lidé se odmítají připoutat a argumentují, že slyšeli o případu, kdy připoutání zkomplikovalo vyproštění zraněného. Téměř vše na světě má své nevýhody (snad kromě zdraví), a bezpečnostní pásy nejsou výjimkou. Riziko zranění při neupoutání je ovšem nepochybně výrazně větší než riziko nežádoucího účinku bezpečnostního pásu.

5.13 Působení na upoutané a na neupoutané cestující

Pokud automobil nenarazí na pevnou překážku či na protijedoucí vozidlo, je jeho zpomalení limitováno jenom třením o terén a to i při převrácení. Stejně je limitováno přetížení působící na objekty (těla, náklad) spojené s vozidlem tak, že nemůže docházet k významným pohybům (posunům) přepravovaných objektů vůči vnitřku vozidla. Za uvedených podmínek:

- bez nárazu na pevnou překážku
- s upoutáním bezpečnostním pásem (upevnění nákladu)

tedy působí na těla cestujících (na náklad) relativně nízké setrvačné síly, jež se dále příznivě rozkládají na plochy sedadel a bezpečnostních pásů či do ukotvení nákladu.

Kvalitativně i kvantitativně jiné poměry působí na objekty, které se mohou uvnitř vozidla volně pohybovat. Jejich pohyb není zpomalován synchronně s vozidlem okamžitě v samých počátcích změn rychlosti za spolupůsobení průtažnosti bezpečnostních pásů. Při každé změně pohybového stavu vozidla se neupoutané tělo může dostat do pohybu vůči interiéru nezanedbatelnou rychlostí. Takový relativní pohyb se pak zastavuje nárazem na interiér – například na čelní sklo nebo pádem hlavou na spodní plochu střechy, což bývá provázeno ohyby páteře.

Jinými slovy: za výše uvedených dvou podmínek působí na objekty (těla či náklad) přetížení, jež nedosahuje ani hodnoty gravitačního zrychlení, zatímco narazí-li tělo (náklad) na vnitřek vozidla, působí na něj přetížení výrazně větší (podle délky dráhy, na níž se relativní pohyb zastavil), byť vozidlo nenarazilo na žádnou pevnou překážku, ale „jenom“ se převrátilo.

Uvedené poměry lze eventuálně ještě osvětlit **analogií neupevněného nákladu** (viz kap. 8.8 „Zajištění nákladu“).

Úlohou bezpečnostních pásů je upevnění těl v automobilu při nárazu. Samonavíjecí bezpečnostní pásy nebrání pomalému vytažení ale zadržují vznik rychlého pohybu těla vůči interiéru vozidla, a to i vzhůru – tedy zamezují nárazu hlavou na spodek střechy nebo alespoň výrazně omezují silové působení mezi střešou a tělem visícím v pásu.

Na tělo neupoutané bezpečnostním pásem působí při převracení osobního automobilu násilí, která jsou kvalitativně jiná a podstatně větší, než jaká působí na tělo upoutané (podrobnosti viz vpředu). Toto konstatování, je platné obecně.

Zůstane-li prostor pro cestující (pro přežití) zachován, není zborcen dovnitř, tedy střecha, boky ani podlaha automobilu nepůsobí na posádku žádným vlastním přídatným tlakem, jenž by plynul z deformací, pak na posádku působí výhradně přetížení a vlastní nárazy těl uvnitř prostoru pro cestující, jejichž mechanismus je popsán vpředu.

V případech zranění cestujících, kteří nebyli v době nehody upoutáni bezpečnostními pásy, bývá kladena otázka, jaké násilí by bylo na ně působilo, kdyby upoutáni byli. K této otázce je nutno náležitě oddělit původ násilí plynoucího z vlastní setrvačnosti těla (náraz na interiér) od násilí plynoucího z deformace karoserie – vzpomeňme na případ střetu osobního automobilu VAZ 2101 Žiguli s protijedoucí škodovkou Š 100 popsany vpředu.

Bývá kladena otázka, zda osoba sedící na příslušném sedadle byla (řádně) upoutána bezpečnostním pásem v době bezprostředně před nehodou. K tomu se zkoumá samotný pás – hledají se stopy silového protažení a tepelného natavení tkaniny. Teplo se vyvíjí třením při prudkém smýknutí pásu po horním třmenu za silného přítlaku pásu na třmen. Jestliže takovým třením po hladkém třmenu může vzniknout mžikový nárůst teploty až k tavení povrchu pásu, tím spíše přichází v úvahu efekt popálení kůže na krku a rameni upoutané osoby, jež je prudce vržena velkou vlastní setrvačnou silou na plochu pásu a smýkne se po ploše pásu na délce řádově okolo jednoho decimetru. Často vznikají při pokluzu i stopy natavení plastových průvlečných ok (v podrobnostech viz lit.[53]).

5.14 Působení airbagů

Airbag je plynový vak, který odpálená pyropatrona prudce nafoukne při nárazu vozidla, čímž poskytuje tělu „polštář“ bránící nárazu na pevné části interiéru. Objem (čelního) airbagu řidiče činí cca 25 litrů, objem airbagu spolujezdce činí cca 60 litrů. **Nenahrazuje účinek bezpečnostního pásu, ale doplňuje jej.** Účinek airbagů je však krátký: airbag se bleskově rozbalí a nafoukne, vzápětí ale opět splaskne, k tomu je vybaven velkým otvorem. Důvod je dvojitý:

- jednak obnovit výhled řidiči,
- ale hlavně **omezit pružnost airbagu** – ten má (obdobně jako bezpečnostní pás) měkce zabrzdit prudký setrvačný pohyb těla v interiéru, ale nesmí působit jako pružný balón: nemá tělo odrazit zpět, čímž by se zvětšovalo přetížení i doba jeho expozice.

Člověk neupoutaný bezpečnostním pásem může být vystaven právě zmíněnému nežádoucímu účinku: dopadá totiž do airbagu již ve fázi jeho nafukování a tím je tělo vrženo zpět, což může vést k velikému silovému působení v krční páteři (setrvačný pohyb hmoty hlavy vůči tělu).

Airbag poskytuje ochranu ovšem pouze při primárním nárazu, neboť bezprostředně po své aktivaci opět splaskne, jak jsme si odůvodnili. To je však nevýhoda relativně malá, neboť další eventuální nárazy jsou v naprosté většině případů vedeny s jiných stran vozidla – souvisí to s excentricitou primárních nárazů a s následnou rotací vozidel. V takových případech přichází v úvahu aktivace dalších (např. bočních) airbagů.

Moderní automobily jsou vybavovány nejen airbagy před řidičem a před spolucestujícím na předním sedadle, ale i bočními airbagy. Luxusní limuzíny tak mohou mít i osm (možná i více) airbagů. Přední airbagy se aktivují snímači zpomalení, jež však narůstá

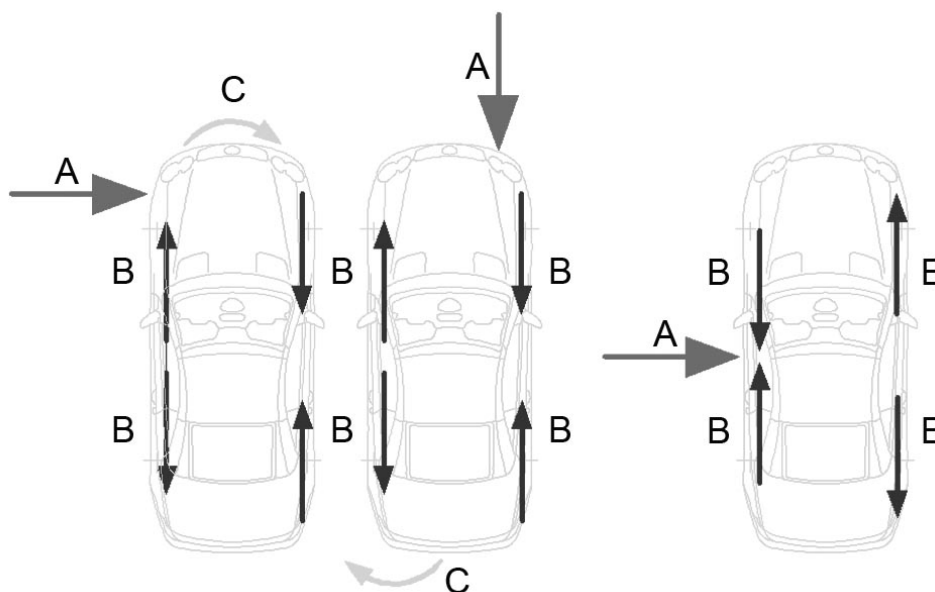
s mírou deformací. To by bylo „pozdě“ pro aktivaci bočních airbagů, jež se proto aktivují prudkou změnou tlaku vzduchu v dveřním prahu.

Plyny z pyropatrony jsou přirozeně horké, teplota se však výrazně snižuje expanzí uvnitř airbagu, nicméně jeho povrch je v mžiku výrazně teplý. Pokud se však uvádí „popálení osob od airbagu“, jde většinou o důsledek náhodného přiblížení končetin (obvykle rukou) do míst před otvor(y), jímž plyn z airbagu prudce uniká. Stopy takového tepelného účinku na lidské kůži lze dobře odlišit od stop sedření případného smykového popálení kůže dřevem o bezpečnostní pás.

Poznamenejme, že se zkoušejí i airbagy pro řidiče motocyklů, zatím však bez většího rozšíření. Motocyklista není upoután bezpečnostním pásem, a tak na airbag by naléhal už ve fázi jeho nafukování. Dále je problém s prudkou elevací samotné horní části těla, neboť hrozí prudký tah vůči setrvačné hmotě dolní části těla. Mění se i střetový pohyb samotného motocyklu, jenž je airbagem tlačěn k zemi vůči setrvačné hmotě těla jezdce, zatímco motocykl bez airbagu při čelním nárazu „vyhodí zadkem“, což například při nárazu na bok osobního automobilu dává elevaci těla příznivější podmínky pro přelétnutí přes kapotu či dokonce přes střechu automobilu.

5.15 Otevření dveří automobilu při nehodě

Z výuky předmětu „Mechanika“ je nejspíše dostatečně známa problematika prostého nosníku, tlačných a tažených vláken. Nicméně zde uveďme nezapomenutelný přírámek z výkladu základů mechaniky na stavební průmyslovce: ohyb nosníku byl přirovnán k ohybu salámu, tažená vlákna jako napjatá slupka na vnější straně oblouku, tlačena vlákna jako nakrčená slupka na vnitřní straně oblouku. K čemu je dobré toto primitivní přirovnání v problematice poměrů při střetech vozidel? Představme si situaci, kdy osobní automobil vjel na železniční trať v takové konfiguraci, při níž lokomotiva narazila na levý bok automobilu u jeho přídě, tedy na levý přední blatník. V přirovnání s ohybem salámu si jistě dovedete dobře představit, že automobil bude v půdorysném průmětu ohnut rázovou silou tak, že jeho levý bok bude natažen. A právě v souvislosti s prudkým natažením boku automobilu nastává mnohdy rozvolnění zámků dveří, dveře pak zůstávají spojeny s karoserií jen v závěsech (lid. pantech). Poměry jsou znázorněny na levém schématu v obr. 19.



obr. 19 Účinek rázových sil (šipky A) způsobuje protažení a zkrácení boků karoserie (šipky B) a boční pohyb (šipky C)

Automobil je zároveň odhazován prudce na pravou stranu, zatímco dveře (i volné objekty uvnitř automobilu) mají tendenci setrvat ve svém předstřetovém dopředném pohybu (rovnoměrném přímočarém). Nastává prudký relativní pohyb: otevření dveří a případně vypadnutí volných objektů z vozidla. Dále viz kap. 5.16 „Fenomén podtržení, vypadnutí z automobilu“.

Obdobné poměry natažení boku karoserie přicházejí v úvahu i při excentrickém nárazu přídě automobilu (druhé schéma zleva v obr. 19) - v tomto případě jsou cestující puzeni vlastní setrvačností doleva až ve druhé fázi postřetového pohybu automobilu: totiž při dopadu zadních kol zpět na vozovku a současném zastavení pohybu zádě doleva.

Zcela jiné jsou ovšem poměry při působení rázové síly na bok automobilu podle schématu na pravé straně obr. 19: také zde jsou osoby puzeny doleva vůči interiéru (relativní pohyb), nepřichází zde však v úvahu otevření dveří ale ty se naopak bortí dovnitř proti posádce. Poznamenejme, že o poměrech dle levého a pravého schématu na obr. 19 rozhoduje náhodná časo-prostorová souslednost pohybů vozidel, která se střetla - rozhodují zlomky sekundy.

5.16 Fenomén podtržení, vypadnutí z automobilu

V této kapitole uvedeme další souvislosti o tělech neupoutaných bezpečnostním pásem. Při běžné jízdě je člověk uvnitř vozidla vůči interiéru bez pohybu. Čím je tělo drženo ve vozidle „na svém místě“? V bočním směru pouze třecí silou o sedadlo. Tato síla je na rovinné vozovce limitována: nemůže přesáhnout součin tíhy těla a součinitele tření mezi sedadlem a oděvem (ale i kdyby bylo tření sebevětší, tak se tělo může „skácet“ a „odvalit“). Dojde-li ke střetu s jiným vozidlem nebo k nárazu na překážku, mění svůj pohybový stav (nejprve) vozidlo. Podle principu setrvačnosti (I.Newtonův zákon) setravá tělo (nejprve) ve svém předstřetovém pohybu. Dojde-li například k nárazu na levý bok vozidla, pohybuje se tělo vůči interiéru doleva, protože interiér (celé vozidlo) byl vržen vpravo. Položme si otázku, zda přitom na tělo působí nějaké **vnější** síly a pokud ano, pak jaké? Odpověď již v tomto odstavci zazněla: jako vnější síla, která by mohla v této fázi měnit pohybový stav těla, přichází v úvahu jenom třecí síla mezi sedadlem a tělem (oděvem). Je limitována (viz vpředu) tak, že ani zdaleka nemůže stačit na to, aby urychlila pohyb těla synchronně s vozidlem. Vozidlo (sedadlo) je tedy pod tělem podtrženo zcela obdobně, jako kdyby pod sedícím člověkem někdo prudce odkopl židli stranou: židle odlétá stranou, tělo padá na zem v místě, kde předtím stála židle – **fenomén podtržení**. Vymrštění člověka z automobilu za zlomek sekundy by bylo nejspíše stěží představitelné. Dobře si ale dokážeme představit reál, když si uvědomíme, že člověk není žádnou přídatnou silou vymrštěn z vozidla, ale že vozidlo je pod ním podtrženo (jako židle pod sedícím člověkem). Tak se řidič může ve zlomku sekundy dostat ven z automobilu bez vážného zranění a tělo spolujezdce může být příčně posunuto (opět I.Newton) na sousední sedadlo. Právě podtržení automobilu pod těly je tak prudké, že není "doprovázeno" současně těly - ta se právě výrazně vůči pohybu karoserie opožďují, čímž mezi tělem a automobilem vzniká relativní pohyb. **To tedy není rychlost vymrštění (vypuzení) těla, ale je to rychlost podtržení automobilu pod tělem.**

Poměry mezi uvolněnými dveřmi a karoserií (viz kap. 5.15 „Otevření dveří automobilu při nehodě“) jsou obdobné, jako mezi tělem a karoserií - s tím rozdílem, že zadní strana dveří je volná (a karoserie se od ní prudce vzdaluje - dveře se **samy** otevírají), zatímco přední strana dveří zůstává ve spojení s karoserií v závěsech ("pantech").

5.17 Poměry při převrácení vozidla

Mez převrácení automobilu závisí na zcela jiných parametrech, než je rychlost. Dostane-li se automobil do bočního smyku, což bývá i na suché vozovce, pak k převrácení dojde, pokud je součinitel bočního tření pneumatik větší než poměr výšky těžiště automobilu k polovině rozchodu kol.⁵ Tedy jinými slovy: zatímco na náledí a na kluzké (mokré) vozovce je převrácení téměř vyloučené (pokud ovšem nedojde ke svalení automobilu se svahu silničního násypu), může k převrácení na suché vozovce dojít tím spíše, čím je vozovka drsnější. Automobil se může po běžné vozovce smýkat (obvykle za současné rotace okolo osy kolmé k ploše vozovky) třeba i z vysoké počáteční rychlosti aniž by se převrátil (pokud nejde o obzvlášť drsnou vozovku či vysoko položené těžiště automobilu), rychlost postupně klesá, mohlo by to skončit zcela bez zranění a bez poškození automobilu, ale jakmile se automobil dosmýká (třeba už nízkou zbytkovou rychlostí) k nějaké vyvýšenině (např. obrubníku chodníku), převrací se okamžitě. Dolní mez rychlosti jako podmínka převrácení je nízká. Je to taková rychlost, při níž má automobil kinetickou energii větší, než jaká je potřebná ke zdvižení jeho těžiště z normální polohy (kdy je vozidlo na všech čtyřech kolech) do vyvýšené labilní polohy těžiště přímo nad koly, která bočně „zakopla“ o obrubník. Tedy přirozeně snáze se převrátí vozidlo vyšší a více obsazené: např. mikrobuse než např. nízký sportovní automobil se širším rozchodem kol.

Z řady zpomalených záběrů vícenásobných bočních převrácení osobních automobilů se zjišťuje zajímavý průběh. Při prvním cyklu nastává významný zdvih těžiště automobilu, kolem jehož polohy pak rotace pokračuje tak, že střecha se ve své dolní úvratí obvykle dotýká země jen zlehka nebo dokonce vůbec. Při dalším zhruba půlobratu dopadá automobil na kola, přičemž jejich odpružením se obnovuje zdvih těžiště a na střechu pak opět nepůsobí velké násilí od země (viz videozáznamy z crash-testů provedených firmou DEKRA v elektronické příloze těchto skript jako soubor „Převrácení.wmv“). Teprve při doznívajícím procesu převrácení se automobil převaluje přes střechu plnou vahou, což bývá provázeno vznikem deformací. Konečná poloha bývá různá: stání znovu na kolech, ležení na střeše nebo na boku.

5.18 Deformace prostoru pro cestující

Při posuzování silového působení na lidské tělo při dopravních nehodách a zejména při řešení otázky kdo řídil vozidlo v době nehody je nutno uvážit, jaké vnější násilí působilo na tělo v souvislosti s nárazem těla vlastní setrvačností na konstrukční části interiéru (např. na volant) a jaké násilí působilo v souvislosti s borcením karoserie dovnitř proti tělu.

V případech zranění cestujících, kteří nebyli v době nehody upoutáni bezpečnostními pásy, bývá kladena otázka, jaké násilí by bylo na ně působilo, kdyby upoutání byli. Také v tomto problému je **nutno náležitě oddělit původ násilí plynoucího z vlastní setrvačnosti těla** (např. náraz těla setrvačností na volant) **od násilí plynoucího z deformace karoserie**, jež přirozeně může být ještě větší než násilí z nárazu vlastní setrvačností.

Znalosti a odpovídající představy o poměrech při střetech vozidel lze získat zpomaleným promítáním záznamů z crash-testů či záběrů skutečných nehod pořízených sledovacími kamerami v silničním provozu. Na zpomalených filmových záběrech bariérových zkoušek, při nichž na překážku (okraj bariéry) naráží osobní automobil jen částí své přídě, je dobře vidět, jak se karoserie při nárazu a po něm chová: je to, **jako kdyby na bariéru narazil velký model slepený z kreslicí čtvrtky**. Karoserie se bizardně kroutí a všelijak prohýbá ve velkém rozsahu a to ještě relativně dlouho po odpoutání od bariéry -

⁵ Je to definice statická, a proto ve vztahu k pohybu platí jen s určitou dobrou přibližností. Neplatí ale pro případy, kdy dojde k dynamickému rozkývání automobilu (nebo kapaliny přepravované v cisterně) – např. prudké vyhýbání nejprve směrem vpravo před protijedoucím bezohledně předjíždějícím vozidlem, s následným prudkým stržením řízení doleva při vjetí pravými koly vpravo mimo vozovku.

působením setrvačných hmot na přídě a na zádi. Tedy stlačení a deformace nejsou vytvořeny hned napevno a nehybně. Kromě toho lze výstižně říci, že automobil je rozbitý. Tedy mnohé části už spolu neudrží pohromadě tak, jako z výroby. Z těchto poznatků plyne, že část těla (např. končetina) může zapadnout a být sevřena jaksi „dodatečně“ tam, kde byl prostor zmenšen při nárazu, ale ještě i po nárazu je ten prostor jakoby živý, výrazně se hýbe a mění. To přichází v úvahu zejména právě v místech největších deformací, neboť tam je struktura skeletu nejvíce narušena a tam jsou ohniska doznívání vzájemných pohybů přídě a záďe vozidla.

5.19 Zasklení karoserie

Pro zasklení oken karoserie se používají bezpečnostní skla v souladu s mezinárodními předpisy. Skla podléhají složitému zkoušení a jsou opatřena homologačními značkami akreditovaných zkušeben. Požadavky na zasklení jsou formulovány ve vyhlášce číslo 341/2002 Sb. a metody zkoušení zasklívacích materiálů jsou popsány v předpisech EHK 43.

Na zasklení karoserie osobního vozidla jsou kladeny následující požadavky:

- uzavření prostoru pro cestující
- odolnost proti otěru
- ochrana cestujících před průnikem cizích těles
- co nejlepší plastické vlastnosti při dosažené pevnosti
- při prasknutí nesmějí vznikat úlomky způsobující zranění
- ochrana před oslněním a tepelným zářením
- dostačující průhlednost po prasknutí (řidič musí mít dostatečný výhled z vozu, aby mohl v případě poškození čelního skla bezpečně brzdit a odstavit vozidlo)
- definovaná tuhost skla – výplň působí jako tlumič při střetu s tělem pasažéra (při dopravní nehodě nebo havárii)
- nesmí měnit vzdálenost, velikost a barvu předmětů

K zasklívání oken dopravních prostředků se používají:

- vrstvená skla (čelní výplně)
- tvrzená skla (boční a únikové výplně)
- speciální materiály (např. polykarbonáty)
- kombinace materiálů (skloplastové tabule)

Druhy a materiály výplní

Vrstvené sklo je zasklívací materiál ze dvou nebo více vrstev skla spojených jednou nebo více mezivrstvami z plastu (polyvinylbutaryl). Mezivrstva (fólie) snižuje riziko proražení výplně a následného zranění cestujících.



obr. 20 Automobily po střetu s chodci na dálnici D5 v roce 2003

Tvrzené sklo je homogenní (jednovrstvový) zasklívací materiál tepelně zpracovaný (kalením) tak, že ve skle vznikne vnitřní pnutí, které se projeví tím, že při rozbití se sklo rozpadne na malé úlomky s tupými hranami.

Skloplastové zasklení znamená výplň z vrstvené struktury, mající jednu nebo více vrstev ze skla a jednu nebo více vrstev z umělé hmoty – vrstvy z umělé hmoty se musí montovat směrem do interiéru vozu.

Plastové zasklení znamená zasklívací materiál, který obsahuje jako základní složku jeden nebo více organických polymerních materiálů velkých molekulárních hmotností.



obr. 21 Zasklení karoserie polykarbonáty

5.20 Pohyb jednostopých vozidel

Jízdní kolo se nemůže pohybovat po dráze ideálně přímkové ani po dráze kruhové s konstantním zakřivením. K tomu uveďme citaci z literatury.

V lit.[6] se na str.390 uvádí: *"Při analýze jízdy cyklisty je nutno mít na zřeteli, že se nepohybuje přímočaře, ale po jakési vlnovce; vzhledem k mechanice jízdy má tato vlnovka obvykle tím větší amplitudy, čím je rychlost nižší. Vliv má také zkušenost cyklisty a jeho momentální dispozice."*

V lit.[64] se uvádí: *"Pokud jde o jízdu v přímém směru, je možné ze zkoušek značné četnosti (100) odvodit, že probíhá po trajektorii nepravidelné křivky. Tuto trajektorii lze označit a nazvat makrovlnou. Kolem této trajektorie dopředného pohybu jízdní kolo ještě neustále kmitá v nepravidelných výchylkách oběma směry a je tedy možné hovořit o tzv. mikrovlně. Trajektorii pohybu může cyklista soustředěnou jízdou ovlivňovat. Totéž nelze*

konstatovat o mikrovlně, která vzniká objektivně a může být způsobena nebo ovlivněna stylem jízdy, frekvencí šlapání, profilem tratě, povětrnostními podmínkami (zvláště boční vítr) a nerovnostmi povrchu vozovky.

Délka makrovlny trajektorie se pohybuje v rozsahu 10,0 až 40,0 m, maxima mikrovlny se opakují po ujetí 2,0 až 5,0 m. Nižší hodnoty platí pro méně vyspělé cyklisty a děti. Zkušební cyklisté jezdí po trajektoriích blízcích se horním hodnotám obou vln a příčné vychýlení po součtu amplitud mikro a makrovlny dosahuje při pozorné jízdě $\pm 0,5$ m. Děti a nezkušení cyklisté vykazují i při soustředěné jízdě příčné vychýlení v rozsahu $\pm 1,5$ m od osy pohybu. Tato hodnota je poměrně značná a při řešení nehod často hraje podstatnou roli. Jde však – jak je uvedeno a je nutno zdůraznit – o hodnoty příslušející jízdě dětí a nezkušených cyklistů (úplných začátečníků).

Těchto průměrných hodnot mimovolného vybočení cyklisté dosahují v případech sledování provozu před sebou. Ke zvětšení tohoto vychýlení však dále dochází při ohlédnutí zpět, tj. když cyklista sleduje provoz za sebou. Pohybem hlavy vlevo nebo vpravo dojde i u velmi zkušených cyklistů k dalšímu vychýlení od osy pohybu o poměrně značnou hodnotu $\pm 1,0$ m. Takže průměrná hodnota výchylky (při ohlédnutí vzad) v jízdě zkušeného cyklisty činí celkem $\pm 1,5$ m. U méně zkušených a dětí při sledování provozu za sebou může dosáhnout amplituda vybočení až 2,0 m, což tedy v návaznosti na výchylky v přímé jízdě může ovlivnit celkové příčné vybočení až do maximální hodnoty $\pm 3,5$ m od osy pohybu. V tomto případě však musí jít o náhodné sčítání kladných amplitud včetně souhlasného vybočení při ohlédnutí. Pro zábrannou a znaleckou činnost jsou důležité výchylky směrem do jízdního pruhu vlevo a v případě jízdy v levém řadicím pruhu vlevo i vpravo. Z uvedeného vyplývá, že nezkušený cyklista nebo dítě jedoucí v levém jízdním pruhu se stává potenciálním účastníkem nehody.

Dalším prvkem ovlivňujícím mikrovlny jízdy cyklisty jsou rychlosti jeho pohybu. Ze zkoušek lze vyslovit názor, že čím vyšší je rychlost, tím nižší je amplituda mikrovlny. Při jízdách s kopce za dosažení rychlostí vyšších než 25,0 km/h a bez šlapání mikrovlny téměř zmizí a trajektorie pohybu cyklisty se vyznačuje táhlou makrovlnou o již výše určených hodnotách." Konec citace

V lit.[67] se uvádí: "Z naměřených hodnot vyplývá maximální boční výchylka u cyklistů při jízdě po rovině nebo v mírném klesání 0,5 až 1 m, při jízdě do kopce až 1,5 m. Při objíždění výmolu je boční výchylka cyklistů až 1,5 m, přičemž ani jeden z hodnocených cyklistů nesledoval situaci v silničním provozu za sebou. Bylo dále ověřeno, že většina cyklistů nevěnuje při objíždění výmolu pozornost situaci v silničním provozu za sebou." Konec citace

5.21 Čelní střet jednostopých vozidel

Problematiku lze ukázat na případu skutečné nehody, kdy se na úzké asfaltové vozovce (široké jen 4,25 až 4,6 m) s nerovnostmi a s výtluky střetli dva protijedoucí cyklisté jedoucí bez osvětlení za téměř úplné tmy (nesvítil ani Měsíc). Znalec měl určit, který z cyklistů jel v protisměru. Za daných podmínek měli oba cyklisté přirozený (subjektivní) důvod jet v co největším bočním odstupu pokud možná od obou okrajů vozovky, orientovali se prakticky pouze podle siluet kmenů stromů podél silnice. Jeden cyklista právě vyjel z úseku zastíněného mohutnými stromy, druhý přijel z úseku, kde bylo několik stromů vykáceno. Vozovka byla bez vodicích čar, silnice bez směrových sloupků.

V případě střetu dvou bicyklů se na poměrech při střetu kinematicky a dynamicky podílejí čtyři objekty: např. dvě jízdní kola a dva lidé. Pádem lidí s jízdních kol je pohyb ovlivněn jistě významně, avšak způsobem, který se vymyká možnostem zpřesnění.

Jednostopá vozidla se střetla ve vzpřímených polohách s neznámým náklonem vůči svislému směru - plyne to z obrazu jejich poškození. Pak ovšem nebyl jejich pohyb do

konečných poloh jenom otázkou směru vektorů výsledných hybností po střetu. Po jejich vzájemném odpoutání byl náklon každého z nich možný nalevo stejně dobře jako napravo. Jaké jsou možnosti k analýze pohybu jednostopého vozidla po střetu lze názorně modelovat: mějme například staré jízdní kolo postavené nejprve zcela svisle a postrčme jej kupředu. Dopadne pokaždé jinam. Dále postupujeme tak, že výsledné postrčení v úrovni řídítek (nebo sedla) bude mít obecně šikmý směr a že jízdní kolo nebudeme držet při jednotlivých pokusech svisle ale různě šikmo, a již je zřejmé, jakou zcela nedefinovanou situaci by měl analytik řešit.

V konkrétním případě bylo technicky nepochybné pouze to, že se cyklisté střetli.

Zatímco u automobilů jsou deformační charakteristiky více či méně známé, u jízdních kol není vůbec znám deformační odpor jednotlivých součástí. Pro určení vzájemného poměru rychlostí jízdních kol před střetem nebývají k dispozici technické podklady.

Z uvedeného plyne, že do daných konečných poloh lze přivést vozidla z nejrůznějších míst střetu při určitých kombinacích řady setrvačných a deformačních (silových) parametrů za spolupůsobení zmíněných čtyř těles podílejících se na střetu. Omezujícím kritériem (tzv. okrajovou podmínkou) zde je pouze okolnost, že vozidla přijela do místa střetu v pásu vymezeném okrajem vozovky a že se v tomto pásu střetla. Tím sice odpadá velká řada nereálných kombinací, přesto však ze zbývajících variant nelze určit dostatečně přesně tu, která odpovídá realu v době nehody.

Konečně je třeba vzít v úvahu, že i kdybychom byli schopni určit místo střetu s přijatelnou přesností, zůstane zcela neznámým děj před střetem. Jak určit, který předstřetový pohyb byl důsledkem nesprávného způsobu jízdy či opožděné reakce a který byl důsledkem nutné odvrátivé reakce ?

Jednostopá vozidla (jízdní kola a motocykly) objektivně nemohou jet po dráhách zcela přímkových ani po ideálních kružnicích (v zatáčkách). Pro jednostopá vozidla je typickým nezbytným jevem směrové zvlnění jejich drah. Toto zvlnění má větší rozkmit při pomalé jízdě a na nerovné vozovce (viz kapitulu 5.20 „*Pohyb jednostopých vozidel*“).

Dojde-li ke střetu vozidel u středu šířky vozovky, není vhodné diskutovat, které z vozidel přesáhlo střed šířky vozovky o jeden či o pár decimetrů více, než vozidlo druhé. Zvláště když střed šířky vozovky není vyznačen středovou dělicí čarou (viz kapitulu 8.7 „*Střet u „středu šířky“ vozovky*“).

Cyklista jedoucí bez osvětlení nemohl být náležitě viděn. Pravidla provozu na pozemních komunikacích ukládají, že řidič smí jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, na kterou má rozhled. Pravidla nestanovují, že řidič je povinen jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit před protijedoucím neosvětleným vozidlem. Za předpokladu stejné (stejně pohotové) reakce řidiče jedoucího stejnou rychlostí v protisměru, má druhý řidič k dispozici délku dráhy pro vlastní reakci a brzdění před protijedoucím vozidlem poloviční ve srovnání s délkou, jakou by měl k dispozici při stejné viditelnosti pro zastavení před překážkou nepohyblivou. Toto zkrácení "rozhledové délky" na polovinu je z technického hlediska zcela podstatné.

Na silnici bez zpevněných krajnic a s nerovnou vozovkou lze považovat za přiměřené jet za tmy ve větším bočním odstupu od okraje vozovky, a to i na osvětleném jízdním kole. Na velmi úzké vozovce to ovšem znamenalo jízdu blízko jejího středu. Za takové situace vyniká nebezpečnost jízdy druhého cyklisty na kole bez osvětlení.

Tedy jako příčinu nehody v daném konkrétním místě a čase lze z technického hlediska označit jízdu vozidla za tmy bez osvětlení. Oba cyklisté v dané situaci před nehodovou situací byli víceméně nuceni jet ve větším odstupu od svého pravého okraje vozovky, tedy na úzké vozovce blízko středu její šířky, navíc s popsáním nezbytným zvlněním dráhy jednostopých vozidel. Jako příčina nehody a jako vysvětlení vývoje nehodové situace přichází v úvahu: jeden cyklista neviděl včas druhého.

Pokud je silnice bez krajnic, bez vodicích čar, bez směrových sloupků a bez bílých pruhů na stromech, lze to nejspíše považovat za okolnosti zvláštní - bránící způsobu jízdy při pravém okraji vozovky - zejména ve vztahu k jízdě jednostopých vozidel a zvláště v noci. Větší boční odstup od okraje vozovky při jízdě za tmy lze navíc považovat za bezpečnější ve vztahu k eventuálnímu pohybu tmavě oděných chodců v noci při okrajích vozovky. Jinými slovy: jízda na jízdním kole těsně podél pravého okraje dané vozovky (v daném úseku) v noci by neměla být pokládána za optimální a za bezpečnou.

Rychlost jízdy cyklistů byla limitována viditelností a nikoli technickým vybavením (převody) kol.

Na těla cyklistů mohlo působit násilí dvakrát: primární při střetu a sekundární při pádu na vozovku.

5.22 Působení motoristické a cyklistické helmy

Helma plní několik funkcí, z nichž jsou důležité zejména tyto:

1. Silový účinek soustředěný na malou plochu roznáší ve styku s lebkou na plochu podstatně větší.
2. Proti křehké destrukci lebky poskytuje jako štít svou plastickou deformaci s nízkým podílem složky pružné, tedy při velkých rázových silách přebírá vlastní deformací podstatnou část nežádoucího energetického působení.
3. Absorpcí energie v elastoplastické výstelce helmy a možností stlačení této výstelky a vlastní hmotností helmy zmenšuje celkové silové působení na hlavu, a tím i silové působení mezi spodinou lební a krční páteří.

Z obecných zákonitostí oboru dynamiky lze konstatovat, že spolupůsobením všech tří výše uvedených účinků by se mohlo značně snížit soustředěné silové působení na hlavy cyklistů (motocyklistů), kteří při dané nehodě neměli na hlavě řádně upevněnou helmu. Na podkladě skutečných nehod poznamenejme, že helma pouze nasazená na hlavu, bez upevnění řemínkem pod bradou, obvykle spadává s hlavy již v průběhu pádu z kola (motocyklu), a jezdec pak naráží na vozovku či na pevnou překážku nechráněnou hlavou. Tedy jízda s neupevněnou helmou je vlastně zbytečným obtěžováním sebe sama.

Samovolný pád jezdce s motocyklu či s bicyklu (např. v důsledku smyku) nebývá provázen rotací těla, jež pak dopadá na zem většinou „na plocho“ – odřené ruce, lokty, kolena. Po nárazech motocyklu (bicyklu) přídí na překážku bývá tělo jezdce (obou jezdců) uvedeno do rotace (kotoulu) a pak často dopadá na zem právě hlavou – pro tyto případy je radno jezdit na kole s přilbou, jež ovšem musí být zajištěna pod bradou řemínkem, nikoli nasazena jen jako čepice, která při prudším pohybu s hlavy spadne.



obr. 22 Pád cyklisty po najetí do prohlubně ve vozovce⁶

5.23 Pohyb chodce, poměry při střetu, odhoz, přejetí

Na otázku, s které strany se chodec pohyboval do koridoru pohybu vozidla, se obvykle hledá odpověď v lokalizaci poranění na jeho těle. Je však nutno přitom pamatovat na běžně se vyskytující faktory, které mohou vést k závěru mylnému:

- a) pokud chodec ještě před střetem zjistí hrozící náraz, pak hlava může být až do okamžiku střetu pootočena čelem k vozidlu, tedy vlevo ale i vpravo, a je pak zasažena na straně obličejové,
- b) chodec přecházející napříč přes obousměrnou vozovku se rozhlíží ještě i na vozovce – v okamžiku, kdy zkoumá, zda nepřijíždí vozidlo z pravé strany, může být zasažen nárazem ze strany levé v situaci, kdy hlava byla pootočena vpravo, hlava je pak zasažena na straně týlní.

Tedy lokalizace poranění na hlavě je problematickou indicií o směru pohybu chodce před střetem.

Nehodová situace trvá (až na výjimky) do okamžiku střetu velmi krátkou dobu: nejčastěji 2 až 3 s. Chodec, který přehlédl přijíždějící vozidlo, se ve zbytku té doby již většinou nestihne otočit celým tělem – tedy náraz na dolní končetiny bývá na té straně, která byla přivrácena k vozidlu od počátku nehodové situace. Ale i zde mohou nastat výjimky:

- chodec při přecházení něco upustil na vozovku a vzápětí se pro to vrací,
- chodec si při přecházení uvědomuje, že zapomněl něco doma či v obchodě, zbrkle se otáčí a vrací.

Popsané situace byly uvedeny jako výjimečné, navíc by se o takovém ději nejspíše zmínil řidič vozidla či náhodný svědek.

⁶ zdroj: http://www.tonyrogers.com/humor/chinese_bicyclist.htm

Víme-li, která strana těla byla přivrácena k vozidlu v okamžiku nárazu, **nemusí z toho plynout jednoznačně směr pohybu chodce**: chodec totiž při opožděném spatření nebezpečí může zrychlit, pozastavit se, ale i ucouvnout. Tuto častou komplikující okolnost by měli mít na paměti technici (soudní znalci) analyzující průběh nehodové situace. Obvykle není žádný objektivní podklad k tomu, aby mohl být pohyb chodce před střetem uvažován jedine (nepochybně) jako rovnoměrný přímočarý. Přecházení přece často probíhá i dvoufázově: s pozastavením na středu šířky vozovky, zvláště na širokých vozovkách bez dělicího ostrůvku či pásu. Soudním lékařům lze doporučit, aby neuváděli, ze které strany se chodec pohyboval do dráhy vozidla, ale omezili se na konstatování, z které strany bylo tělo zasaženo primárním nárazem. Působení násilí na tělo chodce přichází v úvahu:

1. jako primární náraz při nárazu vozidla na tělo,
2. jako sekundární náraz při dopadu těla na zem (na vozovku) s následným setrvačným smýkáním těla po zemi,
3. event. ještě i jako terciární náraz na překážku v dráze setrvačného pohybu těla (kmen stromu, sloup, zeď apod.).

Někdy bývá problematické přiřadit původ jednotlivých poranění uvedeným násilím působícím v uvedeném sledu po sobě. Přitom se osvědčuje úzká spolupráce soudního lékaře s technickým znalcem, který lékaři dodá podklady o možných vztazích mezi konfigurací karoserie vozidla a postavou chodce.

Vzpřímená postava chodce může být zasažena

- nárazem přídě vozidla zplna (celá půdorysná oblast postavy – obě dolní končetiny) s následným odhozem těla **přibližně** ve směru geometrického (vektorového) součtu rychlosti vozidla a rychlosti pohybu chodce před střetem,
- nárazem přídě vozidla s částečným zachycením postavy – např. jedné dolní končetiny nakročené právě do koridoru dráhy vozidla (větší nakročení nastává při pokusu chodce zastavit se a ucouvnout),
- nárazem chodce na bok vozidla – pokud je to blízko přídě osobního automobilu, následuje setrvačné nachýlení horní části postavy nad přední kapotu a vzápětí náraz pravého A-sloupku karoserie na chodcovu hlavu s následným uvedením těla do rotace a odhozem šikmo vpřed stranou vůči směru jízdy vozidla
- nacouváním vozidla na chodce – vzhledem k nízké rychlosti není tělo odhozeno na větší vzdálenost, vozidlo nebývá současně brzděno, a tak většinou dochází k přjetí těla.

O střetech s chodci se obvykle říká „přejelo ho auto“ - **v naprosté většině případů** (kromě posledně uvedeného nacouvání) **nedochází k přjetí chodce**, protože tělo bývá odhozeno na větší vzdálenost, přičemž jeho střední zpomalení (výklad pojmu viz níže) bývá nižší než brzdné zpomalení vozidla, jenž bývá kontinuálně brzděno s počátkem již před střetem. Tedy vozidlo obvykle zastavuje v konečném postavení naštěstí v kratší vzdálenosti od místa střetu, než v jaké zůstává ležet odhozený chodec.

Přejetí však přichází v úvahu tehdy, jestliže člověk – řekněme „ležec“ – v dráze vozidla ležel již před střetem. Nemusí jít jen o lidi opilé, přichází v úvahu náhlá ztráta vědomí, u cyklistů či motocyklistů pád z kola či motocyklu. Přejetí osobním automobilem lze přežít: například štíhlé tělo opilého muže ležícího na vozovce se při přjetí podélně od hlavy až k patě osobním automobilem dostalo mezi vnitřní bočnice pneumatik a olejovou vanu motoru, tedy „prošlo“ prostorem o větší světlosti, než je pod středem šířky automobilu (motorem) – ležec byl těžce zraněn, ale přežil. Přejetí kola nákladního automobilu či autobusu přes hrudník či přes břicho bývá pro člověka smrtelné. Je však dokumentován případ, kdy přes obě nohy (nártý) chodkyně přejelo zadní kolo autobusu, přičemž chodkyně utrpěla jen pohmoždění, žádné zlomeniny prstů nohy – autobus byl ale bez cestujících a právě projížděl obloukem o velmi malém poloměru, a tak kolo přejíždějící chodkyni přes obě nohy bylo právě odlehčeno působením odstředivé síly.

Chodec může být vozidlem naražen ve vzpřímené poloze, odhozen, a pak přejet jiným vozidlem.

K pojmu „střední zpomalení“. Pokud tělo po střetu není podrobena ještě tzv. terciárnímu nárazu (viz vpředu), pak prodělává tři základní fáze pohybu:

1. let vzduchem,
2. dopad na zem,
3. sunutí po zemi do konečné polohy.

Ad 1. Let vzduchem je z fyzikálního hlediska vodorovný či šikmý vrh. Ve svislém směru se jedná o pohyb v gravitačním poli, ve vodorovném směru je rychlost konstantní, tedy zpomalení ve vodorovném směru je v této fázi nulové (odpor vzduchu lze zanedbat).

Ad 2. Při dopadu na zem je tělo k zemi přitlačeno nejen vlastní vahou (tíhou), ale i setrvačnou silou plynoucí z rychlosti dopadu a z délky dráhy zastavení (podrobněji o tomto procesu viz v kapitole 4.8 „Úder tupým předmětem tuhým či poddajným“) – tedy zpomalení pohybu těla v podélném směru je v této fázi značné.

Ad 3. Při sunutí těla setrvačnou silou po zemi (terénu či vozovce) do konečné polohy je zpomalení dáno součinem gravitačního zrychlení a součinitele tření oděvu po zemi.

Z řady experimentů provedených s figurínami a z řady analýz skutečných střetů osobních automobilů s chodci jsou v literatuře uváděny užitečné grafy délek dráhy odhozu v závislosti na střetové rychlosti pro různé tvary karoserií a další detailní podmínky. Tyto závislosti (dráha/ rychlost) jsou přibližně parabolické, a tak jednotlivým křivkám lze přiřadit fiktivní hodnoty „středního zpomalení“ reprezentující výše popsany třífázový proces postřetového pohybu těla jako celek. V literatuře bývají uváděny i tyto „střední hodnoty“, neboť jejich aplikace pro odvozování je praktičtější než práce s podkladovými empirickými grafy.

Směr odhozu těla ve svislé rovině. Pokud je čelní plocha přídě vozidla přibližně svislá až nad úroveň polohy těžiště těla chodce či dokonce až nad úroveň jeho hlavy (např. příd' autobusu vůči dospělému chodci) pak je tělo vrženo zhruba rovnoběžně s vozovkou, tedy přibližně vodorovně. Je-li horní hrana (oblina) čela osobního automobilu níž než poloha těžiště těla chodce, pak je tělo vyhozeno do výšky tím větší, čím rychleji automobil na tělo narazil. Tělo je uvedeno do rotace (kotoulu), naráží hlavou na přední kapotu, do čelního skla nebo až na přední hranu střechy. Může tak vylétnout dokonce až vysoko nad střechu osobního automobilu (viz videozáznamy z crash-testů provedených firmou DEKRA v elektronické příloze těchto skript jako soubor „Střet s chodcem.wmv“). Přitom mezi tělem a automobilem nastává **zvláštní relativní pohyb**: tělu zasaženému pod jeho těžištěm je udělena rychlost nižší, než je rychlost vozidla při nárazu, tělo tedy letí od přídě směrem k zádi automobilu, naráží hlavou na čelní sklo, vylétá nad střechu a pohybuje se nadále k úrovni zádě, ale jeho zpomalení v podélném směru je přitom téměř nulové (jen odpor vzduchu), zatímco automobil pod tělem bývá intenzívně brzděn. Rychlostní poměry se obracejí tak, že tělo ve vzduchu vykonává vůči automobilu relativní pohyb ve tvaru smyčky.

V případech, kdy řidič reagoval až na samotný náraz, tedy automobil začíná zpomalovat brzděním až po střetu, může se tělo ve vzduchu dostat až k zádi automobilu a pak dopadnout dokonce (výjimečně) až na zadní kapotu automobilu shora šikmo vpřed, přičemž naráží na zadní okno automobilu shora zezadu. Typickou podmínkou pro to, aby tělo padlo na zadní sklo, je to, že řidič začne brzdit, až když je tělo ve výšce, tedy až po střetu. Tělo se takto v první fázi pohybuje vůči automobilu relativně nízkou rozdílovou rychlostí směrem k zádi až nad záď za současné elevace. Automobil pod tělem podjíždí. Když ale automobil začne intenzívně brzdit, rychlostní poměry se obrátí a tělo se pohybuje relativně směrem k přídi za současného pádu dolů. Rána při primárním nárazu může být pro posádku automobilu natolik šokující, že druhý tlumenější náraz (na zadní okno) může zůstat neregistrován. Byly dokumentovány takové případy, kdy osobní automobil potom doslova „dovezl“ tělo (chodce

či cyklisty) na zadní kapotě až do polohy, kde brzděním zastavil – teprve tam se (nepřejeté) tělo skulilo s kapoty a spadlo za zád' automobilu. V takovém případě ovšem nelze použít podkladové grafy pro odvození rychlosti nárazu ze vzdálenosti mezi místem střetu a konečnou polohou těla.

Poznamenejme, že při rozbití skla vozidla má vliv nejen hmotnost těla a rychlost nárazu na sklo, ale i to, zda je s tělem spojen nějaký tvrdý objekt, který může koncentrací napětí způsobit iniciaci rozbití, kterou pak hmota těla jenom dokoná.

Elevace těla při střetu je také strmější, je-li čelo osobního automobilu klínovité (např. klasický VW-Käffer neboli Brouk).

Při nárazech vozidel na chodce vcelku běžně dochází k zutí bot. Uplatňují se zde opět první dva Newtonovy zákony: boty setrvávají v klidu či běžném pomalém pohybu, načež by měly tento stav prudce změnit. K tomu je nutná vnější síla působící ve „spojení nohy s botou“. Noha je prudce unášena jinam. Jenže podle II. Newtonova zákona k prudkému zrychlení boty je **nutná velká síla** – a taková soudržnost mezi nohou a botou nebývá. V jednom případě byla chodkyně zuta dokonce z obou kozaček – ovšem nárazová rychlost byla veliká (okolo 90 km/h).

Při rychlostech nad 90 km/h či spíše nad 100 km/h dochází (působením stejných mechanismů popsaných v předchozím odstavci) dokonce k utržení (odhmoždění) částí dolních končetin. Při jedné nehodě odtržená dolní končetina padla do čelního skla jiného (protijedoucího) automobilu, jež na nehodě neměl jinak žádnou účast.

6 Metody analýzy

6.1 Stopy na místě nehody

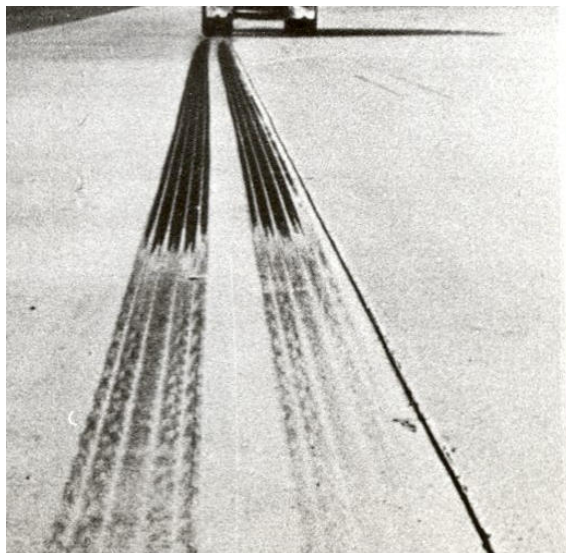
Stopami nehodového děje jsou nejen stopy pneumatik na vozovce, ale i stopy vyteklých kapalin, krevní stopy na vozovce a ve vozidlech, otěry a oděry na objektech (svodidlech, stromech) i na samotných vozidlech, oblasti rozhozu střepin skla a úlomků plastů a kovů, polohy uvolněných součástí (vypadlé světlometry), chodcovy věci na místě nehody (boty, taška, brýle, čepice), uvolněné součásti jiných objektů (osvětlovací těleso spadlé z naraženého sloupu veřejného osvětlení) a jiné.

Analýza stop (zejména stop pneumatik a stop vyteklých kapalin) v mnohých případech bývá jediným spolehlivým podkladem pro určení místa střetu (střetové konfigurace). Proto je radno věnovat analýze stop náležitou péči.

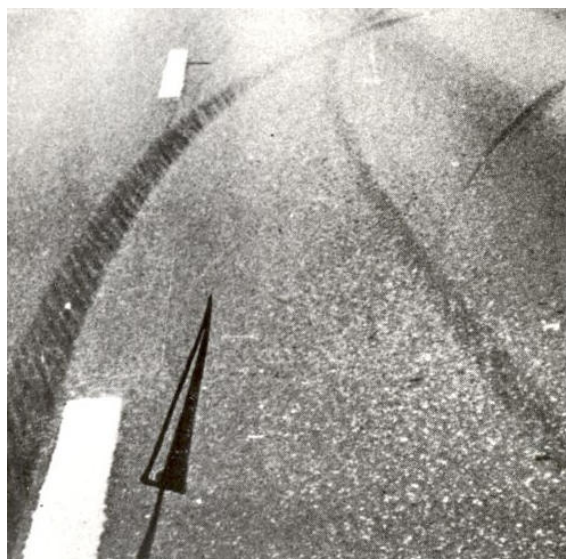
6.1.1 Analýza stop pneumatik

Analýza stop pneumatik je důležitým podkladem pro přesné určení pohybu vozidla v nehodové situaci. Předpokladem ovšem je, že máme polohy stop zdokumentovány s potřebnou přibližností (viz kap. 3.3 *Dokumentace dopravních nehod*).

Někdy bývá možné provést na místě nehody geodetické měření v relativně krátkém časovém odstupu, kdy jsou stopy ještě na vozovce patrné - změřené polohy lze pak považovat za přesné pro účely analýzy nehody. Pokud v době geodetického měření se na místě již nenacházejí zbytky stop, lze jejich polohy s dobrou přibližností rekonstruovat podle fotodokumentace ve vztahu k markantům na vozovce (kanalizační vpusti, spáry a praskliny vozovky a podobné diskontinuity). Takto zjištěné přibližné polohy stop se při analýze zpřesňují a doplňují se o nezřetelné úseky.



obr. 23 Stopa intenzívně brzděné pneumatiky nákladního automobilu před a po začátku blokování

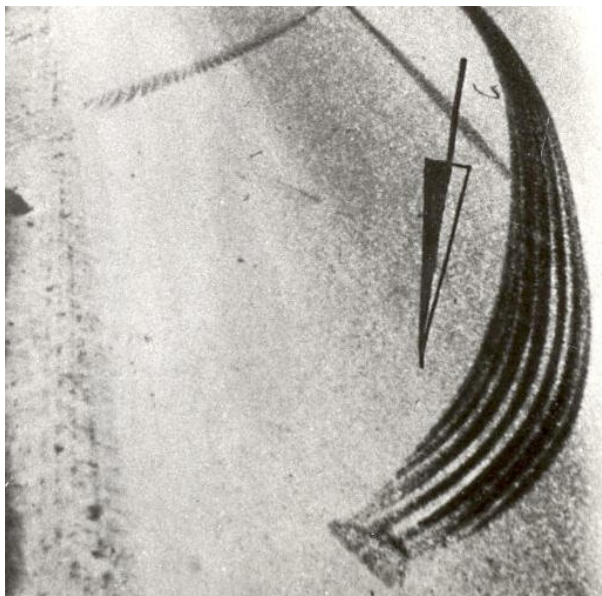


obr. 24 a, b Driftové stopy vznikající při mezní boční (odstředivé) síle, tedy výhradně při jízdě po oblouku.

a) Driftová stopa nebrzděného kola

b) Driftová stopa při brzdění

Driftové stopy zanechávají pneumatiky smýkající se bočně, když boční síly vzrostou tak, že poměry ve stykové ploše pneumatik s vozovkou dosáhnou na mez boční adheze - tu nelze překročit, a tak boční síly zůstávají na hodnotě, jenž nepostačuje k vedení automobilu po oblouku o poloměru, na jaký jsou nastavena řídicí kola. Těžiště automobilu se pohybuje po oblouku o poloměru větším, podélná osa automobilu je stočena šikmo vůči tečně k oblouku dráhy těžiště v daném bodě dráhy, kola se odvalují v rovinách odkloněných od svých drah (od tečné roviny k zanechané stopě) o úhel větší, než je limit úhlu tzv. směrové úchytky. Pneumatiky přitom zanechávají (driftové) stopy, na nichž jsou patrné stopy bočního umykání jednotlivých figur dezénu. Takové stopy přirozeně zanechávají i pneumatiky automobilu vybaveného antiblokovacím systémem (ABS), neboť se nejedná o blokování rotace kol ale o nepřekročitelnost fyzikálního zákona o tření.

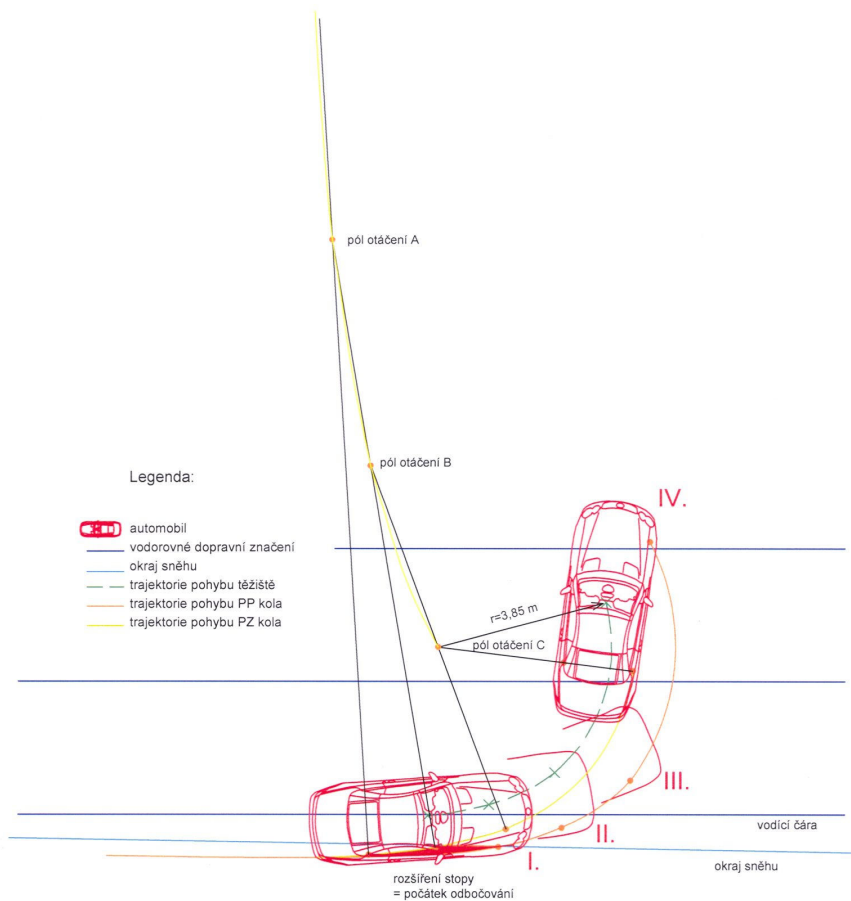


obr. 25 Smyková stopa brzděné a zablokované pneumatiky⁷

Řešení lze popsat na kombinaci použití pauzovacího papíru a půdorysné předlohy příslušného automobilu, na níž jsou vyznačeny polohy kol a přibližná poloha těžiště automobilu. Stopy se překreslí na pauzovací papír a vykopírují se na jeho druhou (rubovou) stranu výkresu (aby upřesňovací změny gumováním na líci neovlivnily polohu podkladů na rubu). Pod pauzovacím papírem se pak identifikují jednotlivé polohy kol předlohy automobilu. Pohyb těžiště automobilu musí probíhat po plynulé čáře (kromě polohy při nárazu), a rovněž rotace automobilu okolo svislé osy procházející těžištěm musí být plynulá – těmito dvěma podmínkami se upřesňuje poloha stop zjištěná (odvozená) předtím pouze přibližně. Upřesnění se pak přenáší opět mezi lícem a rubem výkresu. Po několika takových grafických iteracích bývá řešení již dostatečně přesné a odvozené fázové polohy automobilu lze přenést do výsledného situačního plánu. Zároveň jsou odvozeny ty úseky dráhy kol (stykových ploch pneumatik s vozovkou), kde nevznikaly zřetelné stopy, nebo byly již setřeny provozem vozidel.

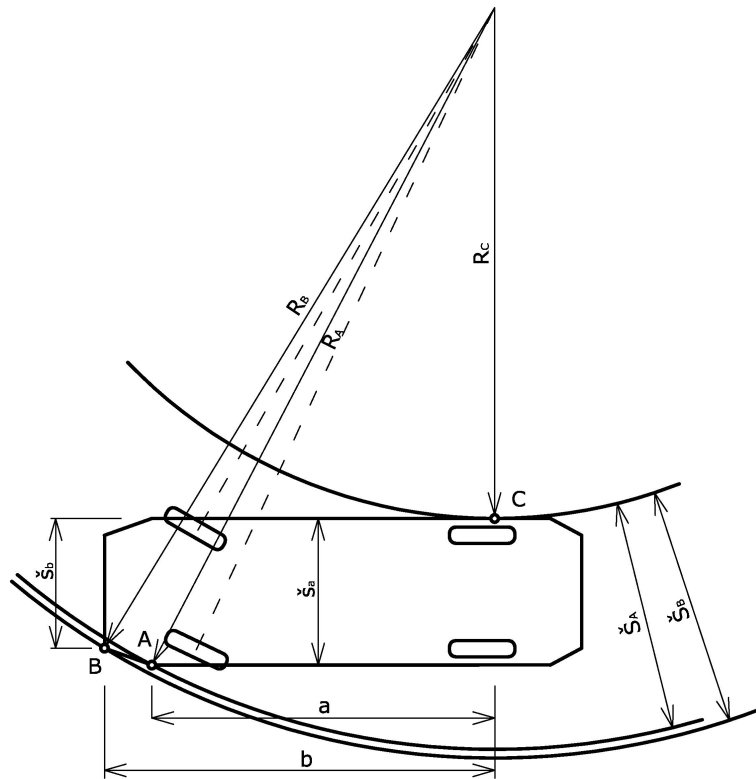
Na obr. 26 je příklad analýzy pohybu automobilu do dokumentované polohy: u levého svodidla téměř kolmo. Z jiných indicií byl vyloučen šikmý náraz na levé svodidlo pod ostrým úhlem (menším než 80°). U pravého okraje silniční koruny se nacházela ve sněhu stopa pneumatik, jež se při opětném vyjetí na vozovku rozšiřovala (diference dráhy předního a zadního kola při zatáčení). Šlo o klasickou stopu jízdní – smyk byl vyloučen. Do dokumentované polohy se automobil mohl dostat výhradně v plném levém rejdu předních kol. Bylo zjištěno, že dokumentovaná poloha automobilu byla plně kompatibilní se stopou pneumatik ve sněhu. Šlo o fingovanou nehodu: řidič tam při pomalé jízdě stočil řízení do plného levého rejdu a dojel do kontaktu se svodidlem již dříve zdeformovaným.

⁷ Předchozí čtyři obrázky jsou převzaty z publikace [89] INDRA, H.: Spurenkatalog, Vyd. TÜV München 1973



obr. 26 Souvislost změny křivosti zatáčení s průběhem stop kol

Prostorové nároky vozidla při zatáčení (odbočování, otáčení) jsou dány takto: Při zatáčení směřuje zadní osa automobilu do okamžitého středu zatáčení, kam jsou zároveň natočeny i osy předních kol. Dráhu o nejmenším poloměru opisuje bok automobilu u zadní nápravy na vnitřní straně oblouku. Dráhu o největším poloměru opisuje okraj přídě automobilu na vnější straně oblouku. Vozidlo při zatáčení tedy zabírá širší koridor, než při jízdě v přímém směru.

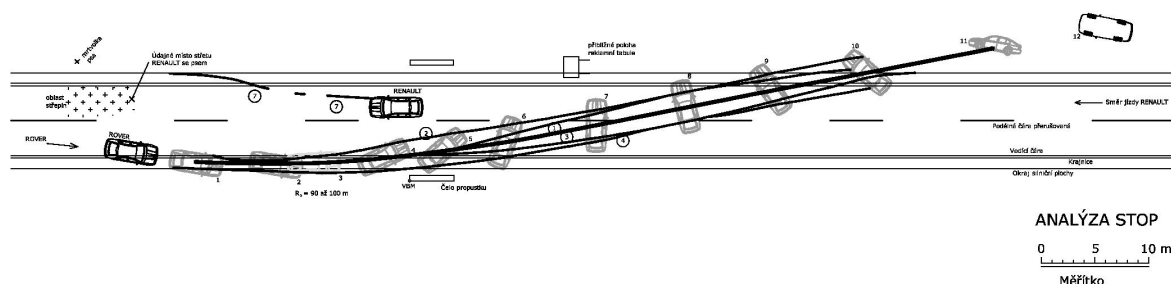


obr. 27 Rozšíření průjezdného profilu vozidla při zatáčení

Dále je dobré vědět, že v přechodu z dráhy (téměř) přímé do plného rejdu se mohou přední kola automobilu pohybovat po dráze o libovolně malém poloměru: natočí-li se přední kola do plného rejdu na stojícím automobilu, je pak poloměr změny dráhy nulový (zlom dráhy). Tedy přechodnice dráhy předního kola (mezi přímým úsekem a kružnicovým obloukem) se napojuje zevnitř kruhu (na rozdíl od klasické přechodnice v trasování silnic a železnic, která se vždy napojuje z vnější strany kruhu). Zadní kola se ovšem pohybují po plynulé čáře: v režimu zastavení automobilu by na přímý směr navazovala bezprostředně kružnice (bez přechodnice). Všechna ostatní místa v automobilu (například i těžiště) opisují dráhy mezi oběma popsanými extrémy. Prakticky to znamená, že na přechodu z dráhy přímé do plného rejdu za pohybu se těžiště pohybuje po dráze o menším poloměru než jaký přísluší následné „ustálené“ jízďě po kružnici.

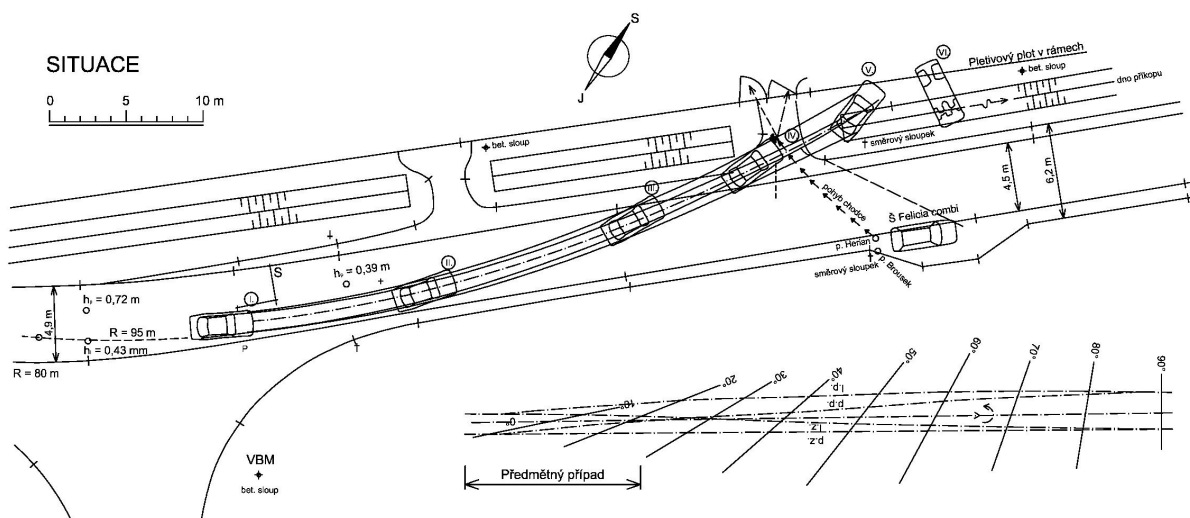
Podívejme se na další dva příklady analýzy stop, po nichž se osobní automobil pohyboval ve smyku po drahách o větším poloměru než v příkladu předchozím. Na obr. 28 je řešení případu, kdy do dráhy automobilu RENAULT vběhl pes (jeho tělo bylo poblíž nalezeno), řidič se mu snažil vyhnout a vybočil doleva. Na to reagoval řidič protijedoucího automobilu ROVER stržením řízení vpravo pravými koly na travnatou plochu na samém okraji silniční koruny, vzápětí však musel strhnout řízení strmě doleva, jinak by byl směřoval na zábradlí propustku. Tím byl automobil ROVER uveden do smyku s levotočivou rotací, přešel až za levou hranu silniční koruny mírně vyvýšené nad okolní terén, převrátil se a skončil v konečné poloze koly vzhůru. Policisté pečlivě zaměřili všechny důležité stopy všech čtyř kol automobilu ROVER, pořídili podrobnou a kvalitní fotodokumentaci a nakreslili plánek. Znalec pak měl stanovit rychlost automobilu ROVER na počátku nehodové situace. Postupoval zpětným odvíjením, přičemž však neměl žádný podklad pro určení energie potřebné k převrácení automobilu při pohybu dolů se svahu silničního násypu, velikost energie určil nesprávně a z toho vyplynulo navýšení rychlosti vůči reálu v neprospěch řidiče automobilu ROVER. Z údajů ve spisu bylo možno spolehlivě

rekonstruovat polohy všech stop a stanovit i dráhy kol v úsecích, kde byly stopy jen nezřetelné (na podkladě analýzy je pak bylo možno na snímcích nalézt). Tím byla dána možnost určit poloměr dráhy těžiště automobilu v oblouku návratu pravých kol z travnaté plochy zpět na vozovku a určit mezní rychlost s dobrou přesností a spolehlivostí.



obr. 28 Příklad analýzy stop

Na obr. 29 je řešení případu, kdy řidič automobilu ŠKODA 105 předjel jiné vozidlo a vzápětí vjížděl do obce levotočivou zatáčkou rychlostí, při níž zřejmě „skřípaly pneumatiky“. Na to reagoval jeden ze dvou mužů stojících u osobního automobilu zaparkovaného při pravém okraji vozovky tím, že se rozběhl směrem k protější (levé) straně vozovky a dále do vrat zahrady. Na tuto situaci reagoval řidič škodovky strmým natočením volantu doleva v přirozené reakci uhýbání na opačnou stranu, než ze které se do dráhy vozidla pohybuje jiný objekt (zmíněný chodec). Automobil byl uveden do smyku a levotočivé rotace, pohyboval se směrem k plotu, zachytil běžícího chodce, narazil na zděný sloupek plotu a převrátil se do příkopu. Také v tomto případě policisté vše podrobně a precizně zdokumentovali. Dráhu všech kol automobilu bylo možno rekonstruovat – viz obr. 29. V této souvislosti uvedme schéma (obr. 29) vzájemného vývoje drah všech čtyř kol automobilu při jeho levotočivé rotaci okolo svislé těžištní osy – rozvinuté do přímky. V místě, kde se čtyři stopy sbíhají znovu do dvou, musí být podélná osa automobilu kolmá k okamžitému směru pohybu jeho těžiště, automobil se pohybuje ve smyku napříč, zpomalení plynoucí z boční adheze pneumatik je v této fázi největší.



obr. 29 Příklad analýzy stop

6.1.2 Stopy krve a tělesných tkání

Stopy krve na vozovce jsou podkladem pro určení konečné polohy zraněného, jenž bývá zpravidla odvezen k ošetření ještě před policejním ohledáním místa nehody.

Vzorky stop krve a vlasů na vnitřní straně čelního skla automobilu mohou sloužit k identifikaci, kdo z cestujících osob řídil automobil bezprostředně před nehodou. Přitom je ovšem důležité zohlednit aspekty možného přemístění osob při nárazu – viz kapitolu „Kdo řídil vozidlo?“.

6.1.3 Zvláštnosti stop na místech dopravních nehod

Detailní analýza stop může být nejspolehlivějším podkladem analýzy dopravních nehod zejména při střetech protijedoucích vozidel ale i při jiných typech nehod. Základem je ovšem upřesnění poloh a průběhu stop podle fotodokumentace zakreslením do přesného situačního plánu. Osvědčuje se doměřit polohy detailů na vozovce, k nimž lze pak polohy stop dle fotodokumentace rekonstruovat. Takovými detaily mohou být výtluky, vysprávký či spáry vozovky viditelné na snímcích v blízkosti stop a zpravidla i segmenty vodorovného značení.

Některé stopy mohou být provázeny určitými zvláštnostmi.

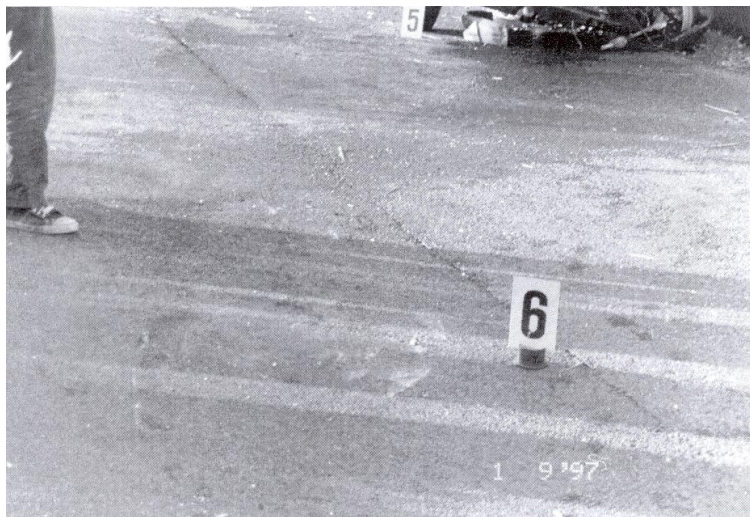
Stopy vyteklých kapalin

Za nejspolehlivější pro určování místa střetu na vozovce lze považovat stopy vyteklých kapalin (chladicí, brzdová, olej, elektrolyt aj.). Bohužel hodnota stop kapalin nebývá doceněna, a tak policisté se při ohledání mnohdy omezují na konstatování, že tam vyteklé kapaliny byly, aniž by podrobně zaměřili jejich polohy.

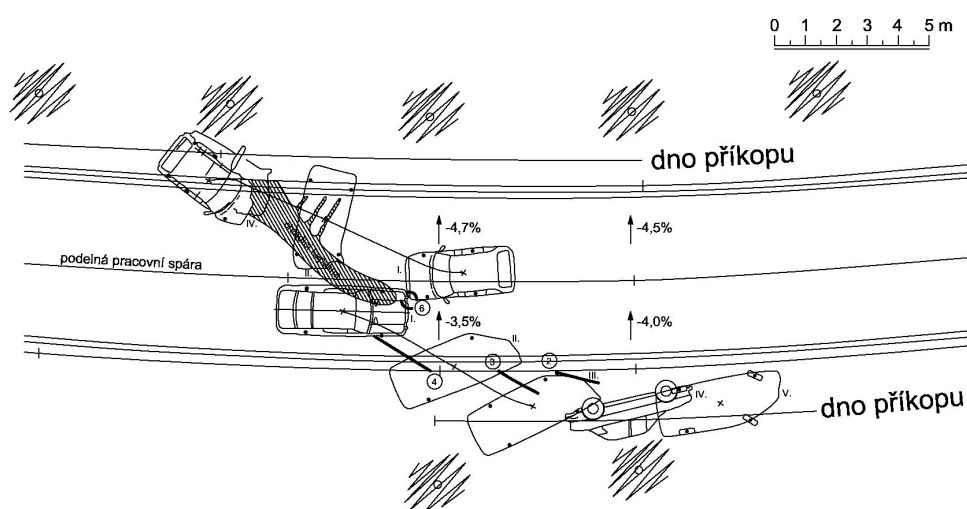
Velmi často dochází při střetu k destrukci chladiče, přičemž rozstřík do stran a vzhůru bývá blokován, přičemž na vozovku kreslí stopu postřetového pohybu vozidla do konečné polohy. Výraznost stop kapalin souvisí s množstvím kapaliny na jednotku plochy, a toto množství je tím větší, čím pomaleji se vozidlo pohybuje tím místem, souvisí přirozeně též s velikostí otvoru vzniklého ve zdroji kapaliny – například chladiči motoru. Stopa sice brzy osychá, nejde však o čistou vodu ale o chladicí směs, a tak podrobnou prohlídkou fotografií pod lupou lze většinou stopu nalézt (zpětným odvíjením od konečné polohy) a rekonstruovat.

Chladicí kapalina v ohřátém motoru je pod mírným přetlakem, nicméně to neznamená, že po poškození (například chladiče) kapalina kontinuálně stříká: volný objem vzduchu v chladicím systému je totiž malý, a tak po prvotním vystříknutí přetlak zaniká, kapalina pak vytéká bez přetlaku a dalším úbytkem kapaliny se vytváří naopak mírný podtlak. V souvislosti s tím je nutno rozlišovat dva základní režimy:

- a) jde o čelní střet dvou vzájemně protijedoucích automobilů, jejichž hybnosti bezprostředně před střetem jsou vzájemně zhruba stejně veliké – rychlosti po střetu bývají nízké, a tím jsou dány „ideální podmínky“ pro vznik zřetelných stop vyteklých kapalin (viz obr. 30 a obr. 31),
- b) jde o náraz předě rychleji jedoucího automobilu na záď pomalejšího automobilu – rychlosti po střetu bývají výrazně vyšší než v režimu a), tedy větší množství vyteklých kapalin se pak nachází v místě zastavování a stání automobilu, zatímco přímo v místě střetu kapalina na vozovku ještě nedopadla, a za místem střetu se nacházejí stopy kapalin spíše sporadicky.



obr. 30 Od místa střetu vede ke konečné poloze přídě stopa vyteklých kapalin ve tvaru části cykloidy⁸



obr. 31 Od místa střetu vede ke konečné poloze přídě stopa vyteklých kapalin ve tvaru části cykloidy

Malé množství kapaliny vystříklé v průběhu poklesu přetlaku při značné rychlosti automobilu brzy osychá, přitom mohou spolupůsobit přejezdy kol vozidel do doby ohledání a pořízení fotodokumentace. Stopa většího množství kapalin může být po nehodě „roztahána“ průjezdy vozidel objíždějících havarované automobily. Tyto okolnosti je nutno uvážit komplexně při vyhodnocování stop kapalin.

Nezřetelné stopy otěru pryže pneumatik

Otěr pryže pneumatik bývá při pohledech z různých směrů různě zřetelný. Relativně často se setkáváme s případy, že stopy nebyly patrné při ohledání zblízka, tedy pohledem převážně shora, ale jsou patrné na snímcích dokumentujících celkovou situaci zpozzdálí, tedy pod malým úhlem pohledu vůči vozovce. Lze to možná vysvětlit tím, že mikrostopy otěru ulpívají na těch ploškách textury, jež jsou přivráceny proti směru smýkání běhounové plochy pneumatiky - obdoba tvorby hoblinek na přídě zubů pily.

Nezřetelné stopy se nacházejí při pečlivém zkoumání snímků pod lupou, eventuálně v kombinaci s analýzou pohybu jednotlivých kol: víme-li, kudy procházel pohyb jednotlivých kol při smyku vozidla, můžeme se znovu podívat, zda se tam na snímcích nenachází další

⁸ zdroj: Policie ČR

nezřetelné stopy. V každém případě se velmi osvědčuje **zkoumat fotografie stop pneumatik pod lupou, digitální snímky zvětšovat**. Mnohdy můžeme nalézt řadu dalších "zajímavostí" které by při prohlídce bez zvětšení unikly pozornosti.

Vznik stop pryže můžeme přirovnat jednak ke zmíněné tvorbě hoblinek pod pilou, tedy za studena při relativně nízké rychlosti smýkání, a jednak k natavování za horka při vysoké rychlosti smýkání, jež je provázeno i tvorbou dýmu. Kolo osobního automobilu bývá zatíženo hmotností okolo 300 kg, tedy je přitlačováno k vozovce tíhou okolo 3000 N. Při součiniteli adheze na suché vozovce například 0,7 působí při smyku ve stykové ploše tangenciální síla 2100 N. Třecí výkon je dán prostým součinem tangenciální síly a rychlosti smýkání. Tedy například při rychlosti smýkání 60 km/h = 17 m.s⁻¹ vychází na jednom kole třecí výkon 35 kW, při rychlosti 90 km/h pak přes 52 kW. Styková plocha pneumatiky s vozovkou je velká cca 150 cm² - to znamená, že každý čtvereční centimetr stykové plochy pneumatiky je při uvedených rychlostech žhaven výkonem 230 resp. 350 Wattů. Z tohoto jednoduchého přibližného rozboru jsou zřejmé podmínky pro pálení pryže pneumatiky v závislosti na rychlosti smýkání, jíž je třecí výkon přímo úměrný. Je též zřejmé, že nažhavení stykové plochy na teplotu pálení pryže vyžaduje určitý čas, tedy výrazné blokové stopy tvořené odtavenou pryží nevznikají od samého počátku zablokování kola.

Další zvláštnosti a otázky kolem stop pneumatik

Adhezi pneumatik a stopám jsou věnována elektronická skripta "*Adheze pneumatik v analýze silničních nehod*". Tam jsou mimo jiné i kapitoly:

Stopy brzdne nebo blokové ?

Když začátky pravé a levé stopy brzdění neleží na jedné úrovni

K přerušení stop brzdění

Co s antiblokem ?

Kdy vznikají stopy pneumatik ?

Pozor na stopy nebrzděných pneumatik !

Střepiny skla

Rozhoz střepin podléhá zákonům setrvačnosti. Vypadlé čelní sklo někdy koliduje s protijedoucím vozidlem. Obdobně i střepiny ze samotné kolizní zóny. Pokud jde o čelní sklo vrstvené, nepohybuje se jako vržená koule, ale letí vzduchem jako nerovinná polámaná deska. Po čelních střetech bývají uvolněné střepiny skel, plastů a laku rozhozeny do tvaru ležaté osmičky orientované šikmo tak, že leží v sektorech, jež nebyly těsně po střetu "obsazeny" vozidly.

Střepiny jsou dále doslova roztrušovány ještě při postřetovém pohybu vozidel do konečných poloh za spolupůsobení odstředivých sil při rotaci vozidel. Střetnou-li se automobily rozdílných typů, jsou oblasti střepin přirozeně nesouměrné a to mnohdy i velmi výrazně. Proto **střepiny jakožto stopy mají nižší identifikační hodnotu než stopy kapalin a stopy pneumatik**.

Při crash-testech prováděných v německém Germeringu (1996) měli účastníci možnost na vlastní oči vidět při několika pokusech, že mnohé střepiny skla z bočních skel automobilu naraženého s boku leží před místem střetu: doslova přelétnou nad střechou narážejícího automobilu směrem k jeho zádi, zatímco ten pod letícími střepinami podjíždí. Vysvětlení je v přetlaku, jenž vzniká v prostoru pro cestující stlačovaném s boku.

Asi dosud nikdo nepoukázal na značný přetlak, jenž v prostoru pro cestující vzniká při aktivaci airbagů: například v automobilu ŠKODA Felicia má vak řidiče objem 35 l, vak pro spolujezdce musí vyplnit větší prostor a proto má objem 60 l.

Náhlý přetlak vtlačuje ušní bubínky a tím způsobuje, že posádka uvnitř neslyší hluk (ránu) provázející náraz.

Odpadlé bláto

Při střetech protijedoucích vozidel může být soustředěno odpadlé bláto kolem centra střetu spíše jen v případech, kdy se hybnosti střetnuvších se vozidel navzájem neliší příliš výrazně. Pokud jde o velký rozdíl hybností, lze s větší očekávat, že by nějaké stěpiny či odpadlé bláto muselo zůstat "klidně" ležet v centru kolize.

Rycí stopy

Dobře zdokumentované či polohově zrekonstruované rycí stopy mohou být důležitou indicií pro výběhovou analýzu, pokud se podaří identifikovat, která část vozidla rycí stopu vytvářela. Rycí stopy bývají přerušované, neboť jsou vytvářeny kovovými částmi, jež při rytí odskakují a vzápětí opět dopadají na vozovku.

Chodcovy věci na místě střetu

Při určování polohy místa střetu vozidla s chodcem mohou být zavádějící konečné polohy chodcových brýlí, čepice a bot.

Chodcovy brýle se mohou nacházet **před místem střetu**, což lze fyzikálně vysvětlit aplikací zákonitostí dynamiky:

Lidské tělo je z hlediska mechaniky (dynamiky) složeno z řady protáhlých segmentů navzájem kloubově spojených. Každý z těchto segmentů má vlastní těžiště. Udeří-li se ve směru příčném do některého ze segmentů u jednoho jeho konce, musí být segment uveden do rotace okolo středu ležícího blízko těžiště. Jedním z takových segmentů je i horní část těla (trup). Je-li tedy vzpřímený chodec zasažen úderem vedeným vodorovně do oblasti stehenních kostí, přenáší se účinek do kloubního spojení kyčelního, a tato oblast je prudce vržena ve směru působící rázové síly. Trup je současně uveden do zmíněné rotace. **Hlava je tímto účinkem vržena nejprve proti směru pohybu automobilu.** Zde přicházejí v úvahu dvě alternativy:

- a) Pokud chodec alespoň těsně před střetem obrátí obličej směrem proti automobilu, pak musejí být brýle vrženy dozadu proti směru jízdy automobilu, pohybují se po tečně k oblouku, jenž pak dál hlava opisuje. Tedy brýle letí vodorovně vzad přes střechu osobního automobilu, který pod nimi podjíždí a strhává s sebou chodce. Brýle se po dopadu ještě sunou setrvačností po vozovce. Přichází v úvahu i odraz pružných obrouček od vozovky libovolným náhodným směrem.
- b) Pokud je chodec těsně před střetem odvrácen obličejem od automobilu, pak jeho hlava opisuje při střetu tutéž dráhu, jako v případě ad a), ale obličej je z brýlí doslova vytržen podle 1. Newtonova zákona obdobně, jako bývá při nárazu automobilu chodec někdy vytržen z bot. Brýle pak padají více či méně svisle volným pádem, automobil může pod nimi i v tomto případě podjet. Brýle tedy mohou v případě ad b) zůstat ležet prakticky právě v místě střetu anebo v nevelké vzdálenosti od tohoto místa.

V případě ad a) odpovídá pohyb brýlí vodorovnému či mírně šikmému vrhu, v případě ad b) jde převážně o volný pád. V obou případech je postřetový pohyb brýlí ovlivněn navíc již jen vířením vzduchu strženého projíždějícím automobilem.

Čepice či klobouk může při střetu zůstat v prostoru prakticky na místě - pokud se nejedná o náraz zvláště nízkou rychlostí, při níž by se čepice udržela na chodcově hlavě. Při prudkém trhu hlavou působí na čepici či na klobouk navíc ještě i nezanedbatelný odpor vzduchu. Pokrývka hlavy pak může dopadnout přímo na místo střetu nebo do nevelké vzdálenosti od tohoto místa.

Během pádu brýlí či čepice osobní automobil zcela reálně podjede pod tou věcí dříve, než ta dopadne do úrovně jeho střechy. Použijme toto jako model: Při jedné z akcí autorodea se kaskadér postavil na jakousi barovou stoličku vyrobenou z dřevěných latí, jenž byla vyšší, než osobní automobil. Ten pak rychlostí kolem 40 km/h podrazil stoličku pod kaskadérem,

jenž bez problému dopadl nohama na zem za odjíždějícím automobilem. Tak je to zcela obdobně i s podjetím automobilu pod brýlemi či pod čepicí zasaženého chodce.

Působením 1. Newtonova zákona bývá chodec vytržen i z bot. Těm je přitom přirozeně udělena nižší rychlost, než jakou je vrženo tělo chodce ve směru jízdy automobilu. Boty pak zůstávají ležet v kratší vzdálenosti od místa střetu, než bývá konečná poloha chodce. Diference však záleží na těsnosti bot. Ve skutečném případě byly obě nohy chodkyně, zasažené automobilem při rychlosti kolem 90 km/h, dokonce vytrženy z kozaček. Z toho si lze udělat představu o dynamických poměrech mezi tělem a součástmi oděvu.

S ohledem na tyto okolnosti lze doporučit zvláštní opatrnost při určování místa střetu podle nálezu věcí, jež byly spojeny málo pevně s tělem chodce - zvláště brýlí a čepic.

6.1.4 Poloha osobního automobilu ve vodě

Střední objemová hmotnost osobního automobilu (hmotnost dělená objemem uzavřené karoserie) bývá menší, než objemová hmotnost vody (1000 kg.m^{-3}). Spadne-li osobní automobil do vody, pak na vodě plave, dokud do prostoru pro cestující nepronikne větší množství vody. Poznamenejme, že lidé obvykle nejsou schopni otevřít zevnitř dveře, neboť na dveře působí zvenku tlak vody. Proto posádka vylézá okny – při spuštění skla se ovšem hrne voda dovnitř a automobil se zakrátko potápí pod hladinu.

Osobní automobil může odplavat i na hladině rybníka do nezanedbatelné vzdálenosti. V konkrétním případě se automobil nacházel v rybníce ve značné vzdálenosti od břehu, z čehož se nejprve usuzovalo na vysokou rychlost, s jakou sjel ze silnice vedoucí po hrázi rybníka. Ze zakřivení stop v úhybném manévru (řidič se vyhýbal náhlé překážce v dráze automobilu) bylo možno s dobrou přibližností odvodit skutečnou rychlost, jež odpovídala běžnému režimu jízdy. Z geometrického vyhodnocení policejních snímků bylo možno určit s dobrou přibližností polohu automobilu v době ohledání. Ze stop na vozovce se zjistilo, že automobil byl v době ohledání zcela stranou od prodloužení směru stop, tedy že ve vodě plaval do doby, až řidič po chvíli marných pokusů otevřít dveře spustil okénko, vylezl, automobil pak klesl ke dnu mělkého rybníka a z vody vyčnívala střecha v dokumentované poloze.

6.2 Zpětné odvíjení nehodového děje a dopředné řešení

Analýza dopravní nehody se s výhodou vede zpětným odvíjením nehodového děje.

Nejprve analyzujeme pohyb vozidel po střetu (tzv. výběhová analýza) – tedy zpětně od konečných poloh do místa střetu. Výsledkem je zejména směr a rychlost vozidel **bezprostředně** po střetu. Poznamenejme, že dráhy pohybů těžišť vozidel před střetem ani po střetu nemusejí být výhradně přímkové.

Následuje analýza vlastního střetu – výsledkem je rychlost bezprostředně před střetem.

Potom přistoupíme k analýze děje před střetem – výsledkem je m.j. poloha a rychlost na počátku brzdění.

Nakonec odvodíme časový interval (trvání reakční doby) od počátku možnosti spatření kritické situace do začátku brzdění.

Pokud bychom postupovali dopředným způsobem, museli bychom výsledky nejprve odhadnout a pak je postupnými úpravami (iteracemi) upřesňovat. Dopředné řešení je podmíněno použitím výpočetní techniky s příslušnými programy. Zpětné odvíjení je postupem principiálně logičtějším.

6.3 Řešení průběhu děje v prostoru a v čase

Graficko-početní metody umožňují analyzovat průběh nehodového děje v prostoru a v čase a zároveň děj přehledně znázornit. Do grafického znázornění se vynášejí hodnoty délek a časů případně rychlostí vypočtené podle běžných fyzikálních vztahů. Mezi základní graficko-početní metody patří:

- diagram dráha x čas (ve zkratce s-t diagram),
- diagram dráha x rychlost (ve zkratce s-v diagram).

6.4 Diagram dráha x čas

Diagram dráha x čas umožňuje zobrazit a řešit přehledně a jednoduše poměry pohybů několika objektů, z nichž každý může mít jiný směr a jiný průběh změn své rychlosti. Přitom nemusí jít výhradně o objekty, které se vzájemně střetly, ale lze zohlednit i objekty, které děj nějak ovlivnily, například jako pohyblivé překážky ve vzájemném výhledu mezi jinými objekty, které se potom střetly. V řešení lze přirozeně zohlednit vzájemné logické vazby, jimiž byly pohyby (jednání) objektů vázány. Zároveň se ale zjišťují další logické vazby, které vycházejí až z prováděného řešení, bez něhož by zůstaly neodhaleny. Řešení, které by bylo na první pohled velmi obtížné, se aplikací s-t diagramu výrazně usnadní a zároveň učiní přehledným a názorným, **poskytuje možnosti, jaké bychom při čistě matematickém přístupu prostě neměli**.

Diagram dráha x čas se obvykle s výhodou spojuje do jednoho výkresu se situačním plánem místa nehody, s nímž polohově koresponduje svou osou reprezentující délky drah. Kreslí se v pravoúhlých souřadnicích (viz obr. 32).

Na podélné ose se vynášejí délky drah všech pohyblivých objektů zúčastněných na procesu nehodového děje (vozidel, chodců) a to **nezávisle na směru jejich pohybu v prostoru** - tedy například dráha vozidla i dráha chodce pohybujícího se kolmo do dráhy vozidla se v s-t diagramu vynášejí na téže podélné ose. Pro většinu aplikací bývá optimální měřítko délek 1: 200, jež je zároveň měřítkem nejobvyklejším. Při řešení nehody z předjíždění (na dlouhém úseku silnice) zvolíme ovšem měřítko příslušně menší, až eventuálně 1: 1000. Řeší-li se současný pohyb objektů, jejichž rychlosti se vzájemně výrazně liší (vozidlo / chodec), pak lze pro pomalý objekt zvolit větší měřítko na společné ose délek: např. pro vozidlo 1: 200 a pro chodce 1: 100 – pak je ovšem nutno na tuto diferenci při řešení nezapomenout a je radno rozdílná měřítka na výkrese vhodně zvýraznit. Ještě větší měřítko (např. 1:50 či 1:20) se používají například pro znázornění konfigurací střetů vozidel, ale pro s-t diagram nebývají vhodná.

Na kolmé ose se vynáší čas, a to zásadně tak, že postupuje shora dolů (obvyklá vžitá konvence). **Nula se klade do důležitého okamžiku, nejčastěji do okamžiku střetu, jenž je společný** pro dva objekty, které se střetly. Tato samozřejmost je výhodná, neboť se od jednoho (společného) okamžiku odvíjí pohyb obou objektů před vzájemným střetem ale i jejich pohyb po střetu, přičemž (jak již jsme zmínili) lze graficky vyznačit i pohyb dalších objektů, „jedoucích právě okolo“. Pro většinu aplikací bývá vhodné takové měřítko času, kdy jedna sekunda odpovídá dvěma centimetrům. Pro děletrvající děje (např. nehody při předjíždění) lze ovšem zvolit časová měřítka menší. Poznamenejme, že okamžik zastavení (ukončení pohybu) nebývá v analýze většinou důležitý (zajímavý), a proto nebývá vhodné klást nulu do okamžiku zastavení kteréhokoli z objektů děje.

Stojící objekt (vozidlo, chodec) je znázorněn svislou úsečkou – čas ubíhá, poloha (dráha) se nemění.

Objekt pohybující se konstantní rychlostí je znázorněn šikmou přímkou, jejíž směrnice (tangenta úhlu s osou délek) je tím menší, čím je rychlost objektu vyšší – za časovou jednotku urazí delší dráhu. Tak se zohlední nejen daná (různá) rychlost objektů, ale i to, zda se v podélném směru pohybují zprava doleva či zleva doprava (ve zvolené konvenci výkresu).

Pohyb rovnoměrně zrychlený či zpomalený (konstantní zrychlení či zpomalení) je znázorněn parabolou.

Úbytek rychlosti (rázem) při střetu se v diagramu projeví jako tupouhlý zlom příslušné čáry.

Okamžitá poloha chodce na ploše komunikace se uvažuje jako bod (velikost půdorysné plochy se obvykle zanedbává). Pohyb chodce se potom tedy znázorňuje obvykle jednou čarou.

Pohyb vozidla se znázorňuje jako pohyb jeho příďe – tedy též jednou čarou – pokud se řeší nehoda s nárazem příďe na jiný objekt. Pokud však přichází v úvahu náraz na bok vozidla, pak se vyznačuje pohyb příďe i zádě: jako dvě čáry vzájemně ekvidistantní ve směru osy délek. Čára příslušející pohybu příďe se obvykle kreslí tučně, pohyb zádě reprezentuje tenká čára.

Je třeba pamatovat na prostorovou diferenci mezi polohou příďe a polohou přední osy automobilu (tzv. přední převis), tedy že v okamžiku počátku vzniku stop brzdění předních kol není příď nad začátkem stop, ale o přední převis dál vpředu.

V diagramu dráha x čas se s výhodou (jednoduše a přehledně) řeší i problematika vývoje možností viditelnosti mezi dvěma pohyblivými objekty a to jak přes překážku nepohyblivou (nároží domu, skupina keřů) tak i přes překážku pohyblivou (jedoucí vozidlo) – odvozením **oblasti zakrytého výhledu** (ve zkratce **o.z.v.**). **O.z.v. se odvozuje takto:**

1. Na dráze jednoho objektu (například chodce) se v situačním plánu libovolně zvolí řada nejméně pěti pozic, jež se očíslovají.
2. V situačním plánu se pomocí přímkových paprsků výhledu přes okraj překážky zjišťují odpovídající pozice druhého objektu (například příďe automobilu) na výchozu ze zákrytu.
3. Takto odvozené pozice druhého objektu se přenesou ze situačního plánu do s–t diagramu do časových hladin odpovídajících okamžikům (dříve zvolených) poloh prvního objektu (podle 1.kroku), a tak se postupně odvozují jednotlivé body hledané čáry o.z.v.

O.z.v. tedy patří do s-t diagramu, je to doména časo-prostorová (někdy bývá nesprávně zaměňována s prostorem, do něhož není možno vidět z dané **statické** polohy pozorovatele).

Poznámka pro lepší pochopení postupu:

K 2.kroku: kdyby byl druhý objekt (např. příď automobilu) právě na výchozu ze zákrytu pro zvolenou pozici prvního objektu (např. chodce), bylo by možno druhý objekt spatřit z pozice prvního objektu.

K 3.kroku: z diagramu dráha x čas se zjistí, v kterém časovém okamžiku byl první objekt ve zvolené pozici – příslušný bod na čáře o.z.v. pak leží na téže časové hladině a zároveň na svislici příslušející poloze druhého objektu na společném paprsku výhledu - tam ovšem se druhý objekt v tom okamžiku nenacházel: jedině na výchozu čáry pohybu druhého objektu (např. automobilu) z výsledné o.z.v. se nachází příslušná poloha a okamžik, kde

a kdy bylo možno z pozice prvního objektu (chodce) spatřit druhý objekt (příd' automobilu).

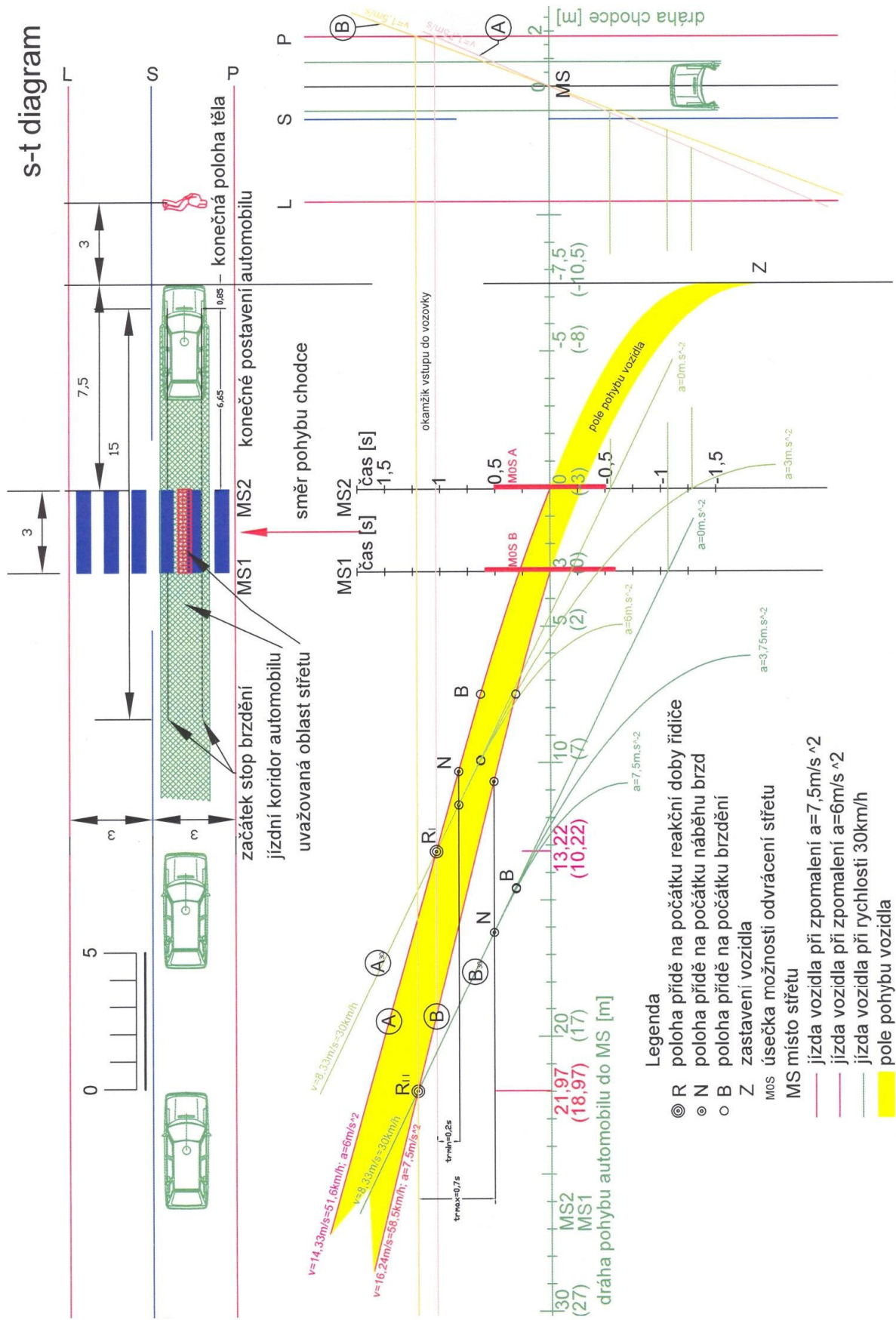
Máme-li zavedeny například dvě meze režimu pohybu prvního objektu (například dvě mezní rychlosti pohybu chodce), pak tomu odpovídají také dvě čáry o.z.v. v té části s-t diagramu, která reprezentuje pohyb druhého objektu (např. automobilu). Bod, kde se čára pohybu druhého objektu v s-t diagramu „vynořuje“ z o.z.v., je čas a poloha, kdy a kde byl druhý objekt, když na místě prvního objektu nastala možnost spatřit druhý objekt.

Zcela analogicky se pak odvodí příslušné o.z.v. pro analýzu výhledových poměrů druhého objektu (například z místa řidiče) na první objekt (například na chodce vycházejícího před příd'í stojícího autobusu. Pozor, že příslušné počátky výhledu nenastávají obecně v jednom (shodném) okamžiku: například chodec může při chůzi spatřit příd' automobilu o zlomek sekundy dříve, než na místě řidiče nastane možnost uvidět chodce (hlava řidiče osobního automobilu je zhruba v polovině délky automobilu, tedy cca 2 m za úrovní příd'ě).

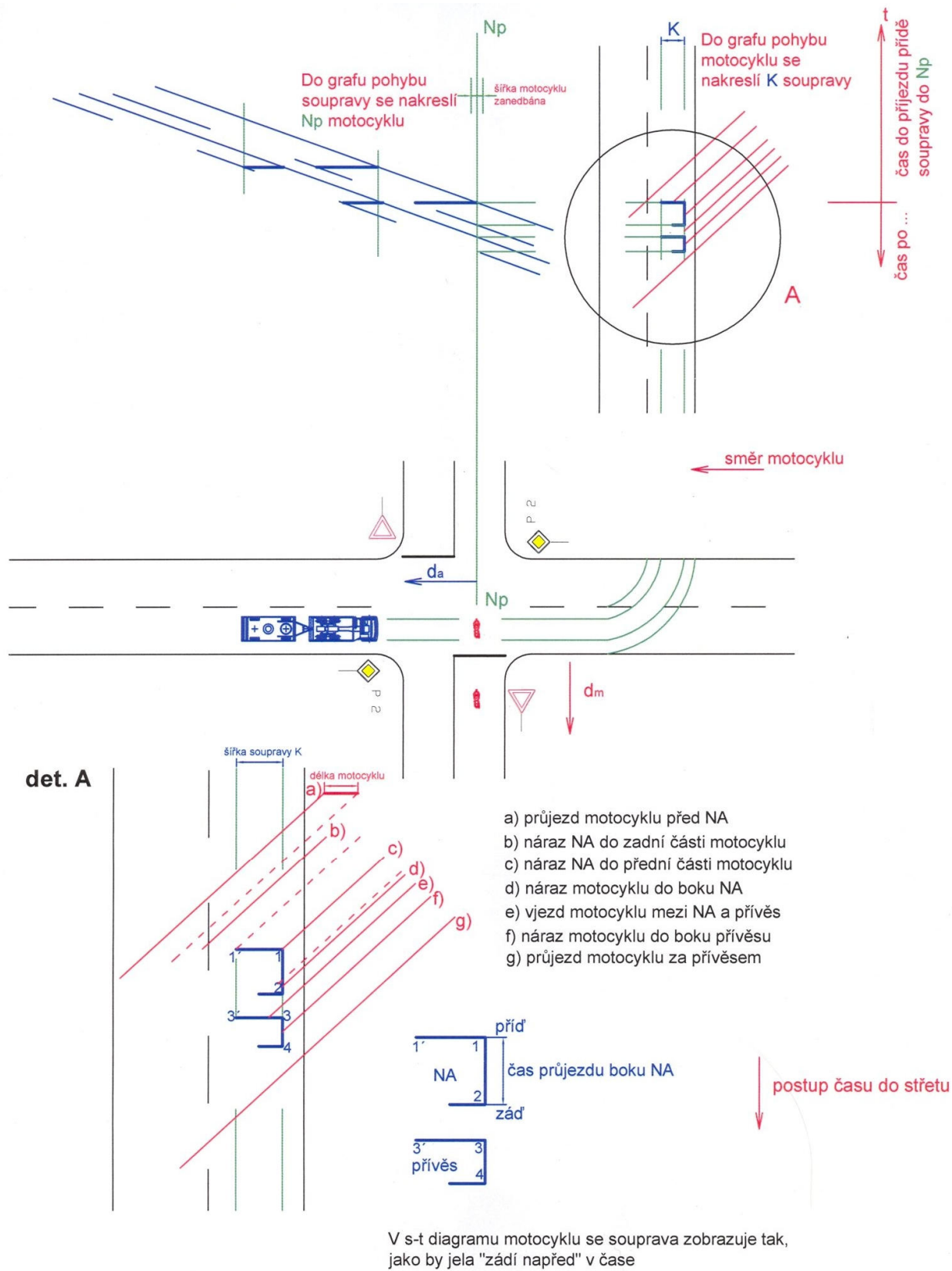
Poznamenejme ještě, že chodci se v nehodové situaci nepohybují výhradně konstantní rychlostí – v řešení by měl být zohledněn například režim změny ze stání na chodníku do chůze a obdobně i pozastavení chodce před střetem, pokud chodec takto reagoval na spatření kritické situace. Zohledněním reálných podmínek vycházejí reálné časové údaje pro příslušné fáze chodcova pohybu. Šablonovité pojetí konstantní rychlosti pohybu by se mohlo významně lišit od reálu.

Na obr. 34 jsou v diagramu dráha x čas znázorněny časo-prostorové kombinace průjezdu motocyklu a nákladní soupravy kolizním prostorem křížení jejich drah. Do grafu pohybu motocyklu se zakreslí koridor K nákladní soupravy. V detailu je to nakresleno v dolní části obrázku. Čas postupuje shora dolů (obvyklá konvence). Určitým profilem projíždí přirozeně nejprve příd' a další části soupravy v čase později - na první pohled to však vypadá jako by nákladní souprava jela "zadí napřed" (což je možná vhodné si zapamatovat, aby nám nebylo divné při praktickém použití této metody s odstupem času). V obrázku dále znamená N_p = nebezpečný profil, d_a = dráha automobilu měřená zpětně od místa kolizního prostoru, obdobně d_m = dráha motocyklu měřená vzad.

s-t diagram



obr. 33 Diagram dráha x čas



obr. 34 Varianty kolmého střetu motocyklu s nákladní soupravou⁹

⁹ obrázek převzat a upraven z předlohy: BRADÁČ A.: Početně grafické řešení vzniku a průběhu silniční nehody, USI VUT Brno 1977

6.5 Řešení možnosti odvrácení střetu

V diagramu dráha x čas se snadno řeší i otázka, zda při jízdě dovolenou rychlostí by bylo možno střet odvrátit, případně otázka, z jaké rychlosti bylo možno zastavit vozidlo před koridorem pohybu druhého objektu (například chodce) – řešení jsou znázorněna na obr. 32. Postupuje se tak, že zkoumaná varianta (například brzdění z dovolené rychlosti) se ztotožní s reálem do toho okamžiku (a místa), kdy (a odkud) bylo možno z místa řidiče začít vidět druhý objekt, s nímž pak došlo ke střetu. **Problematika odvrácení (zabránění) střetu by měla být vždy řešena ve vztahu k možnosti zastavit vozidlo před kritickým místem**, tedy nikoli jen jako pozdější průjezd kritickým místem v době, kdy druhý objekt by mohl vyklidit nebezpečný kolizní prostor – nelze totiž vyloučit, že při jiných podmínkách vzájemné souslednosti pohybů v prostoru a v času by se i druhý objekt choval jinak (například chodce).

6.6 Řešení vlivu rychlosti na vznik nehodové situace

Zkoumá-li se, jaké by byly podmínky při dodržení dovolené rychlosti, **nelze se omezovat jen na úvahy o možnosti odvrácení střetu** podle předchozí kapitoly. Řešení vlivu rychlosti na vznik nehodové situace není totéž, co řešení možnosti odvrácení střetu. Ukažme se to na následujícím příkladě:

Na křižovatce tvaru T se chystá vjet z vedlejší komunikace řidič osobního automobilu A s úmyslem odbočit doleva do směru hlavní průběžné komunikace, po níž zleva přijíždí kamion B dovolenou rychlostí 50 km/h, když po levé straně kamionu (v zákrytu pohledu z automobilu A) předjíždí nedovolenou rychlostí 100 km/h řidič osobního automobilu C. Řidič A vyhodnotí situaci tak, že může svůj manévr provést a dokončit, aniž by nutil k změně rychlosti jízdy řidiče B, vjede do prostoru vozovky hlavní silnice, kde se následně střetá s rychle jedoucím automobilem C, když možnost vzájemného výhledu mezi vozidly A a C nastala jen jednu sekundu před střetem. Pokud bychom řešili jen otázku možnosti odvrácení střetu, vyšlo by nejspíše, že řidič A ani řidič C nemohli střet „v dané situaci“ odvrátit. Situace ale byla „dána“ tím, že řidič C výrazně překročil dovolenou rychlost – výrok, že „nemohl střet odvrátit“ by byl jen částí technické reality. Nehodová situace přece začala v okamžiku, kdy řidič A ukončil prohlídku dopravní situace a rozhodování k svému rozjezdu: **rozhodujícím srovnávacím okamžikem pro vznik nehodové situace je okamžik rozjezdu automobilu A**. Pokud předtím (po dobu přiměřeného rozhlížení) nebylo možno z místa řidiče automobilu A vidět automobil C jedoucí protiprávně vysokou rychlostí, pak je třeba variantu dovolené rychlosti (50 km/h) automobilu C ztotožnit s reálem do těch poloh všech tří vozidel, jaké byly v okamžiku rozjezdu automobilu A. Pak logicky vyjde zjištění, že nehodová situace by nebyla vůbec vznikla, neboť řidič automobilu C by nebyl mohl vůbec zahájit předjíždění, při kterém v reálu došlo k těžké dopravní nehodě.

6.7 Diagram dráha x rychlost

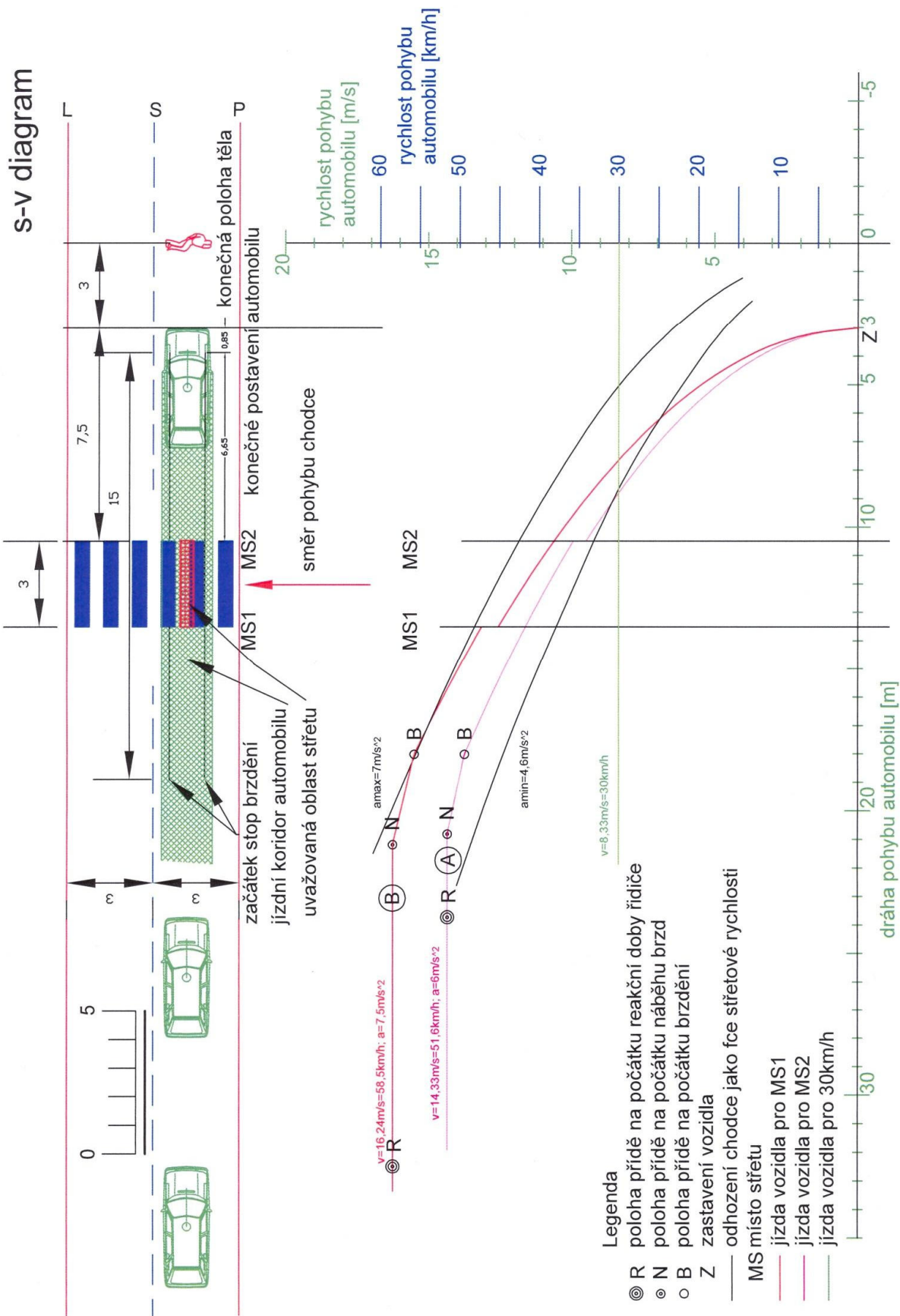
Diagram dráha x rychlost (s-v diagram) se aplikuje v případech, kdy je rychlost limitována několika okolnostmi (podmínkami) zároveň, nebo je limitována v separovaných úsecích dráhy, přičemž úseky charakterizované jednotlivými podmínkami se mohou vzájemně různě překrývat. S-v diagram tak umožňuje vcelku jednoduše a přehledně zohlednit řadu okolností ve vzájemných logických vazbách, což by jinou metodou nebylo vůbec možné. Může jít například o současné zohlednění limitu rychlosti:

- omezenou délkou rozhledu pro zastavení,
- křivostí zatáčky (přijatelnou mírou dostředného zrychlení)
- reálnou mírou zpomalení před vjezdem do zatáčky
- akcelerační schopností vozidla na výjezdu ze zatáčky
- omezením rychlosti dopravním značením

má-li se například posoudit, která mez byla překročena a ve kterém místě mohlo k překročení dojít.

Aplikace s-v diagramu přichází v úvahu také v případech, kdy je nutno alespoň zhruba vymežit prostor, kde došlo ke střetu automobilu s chodcem, nejsou-li k dispozici jiné indicie než konečné polohy. Graf závislosti délky odhozu chodce na rychlosti nárazu je totiž sám o sobě s-v diagramem, a jako takový jej lze vložit do řešení společného s řešením průběhu brzdění automobilu. Hledaná oblast střetu se však nachází v průsečíku čar, jež se vzájemně kříží pod malým úhlem: proto je třeba zdůraznit, že takové řešení je pouze hrubě orientační.

Diagram dráha x rychlost je výhodné připojit pod (nad) diagram dráha x čas tak, že rovněž polohově koresponduje se situačním plánem na témže listě. Kreslí se rovněž v pravouhlých souřadnicích: na podélné ose se vynášejí délky drah příslušných objektů, na kolmé ose se vynáší hodnoty rychlosti. Pohyb konstantní rychlostí je v s-v diagramu znázorněn vodorovnou přímkou, pohyb rovnoměrně zpomalený (zrychlený) je vyznačen parabolou.



obr. 35 Ukázka s-v diagramu

6.8 Boční přemístění vozidla a jízda v oblouku

Čas T_b potřebný na boční přemístění vozidla o šířkovou hodnotu b se obvykle určuje podle Kovaříkova vzorce

$$T_b = K \sqrt{\frac{b}{a_b}} \quad (1)$$

Kovaříkův vzorec pro výpočet časového intervalu T_b [s]

potřebného k bočnímu přemístění těžiště vozidla o šířkovou hodnotu b [m]

při střední hodnotě bočního zrychlení a_b [m.s⁻²],

kde K je součinitel příslušný pro

přemístění jednoduchým obloukem $K = 1,57$

přemístění dvojitým obloukem $K = 3,13$

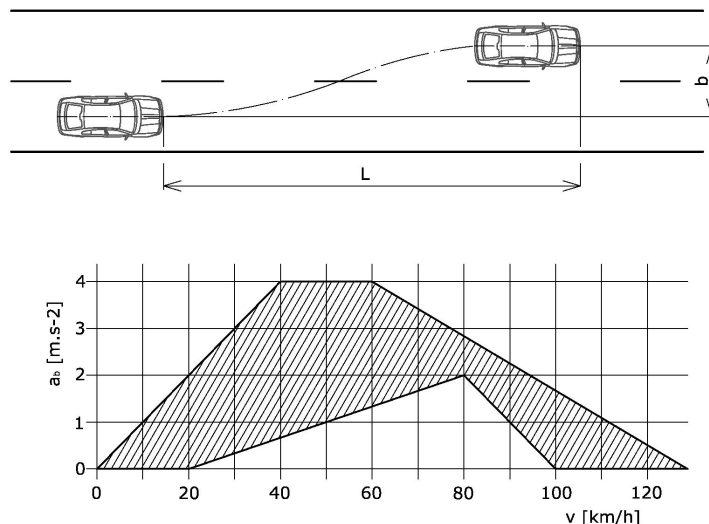
Uvedené doporučené hodnoty K zohledňují přechod z přímého směru na kruhový oblouk po přechodnici (bez přechodnice by příslušela teoretická hodnota $K = \sqrt{2} = 1,41$). Příslušné meze výsledných hodnot T_b [s] pak vycházejí z toho, že vstupní hodnoty b [m] a a_b [m.s⁻²] se vkládají do výpočtů v příslušných reálných mezích.

Při řešení průběhu bočního přemístění vozidla je nutno rozlišovat:

- zda to byl běžný manévr** (například řidiče, který přehlédl okolnost, že je právě předjížděn druhým vozidlem) – tedy jde o manévr, **kteřý byl příčinou následné nehodové situace**. V takovém případě je ovšem nutno počítat s běžnou hodnotou bočního zrychlení a_b , tedy například pro přejezd z pruhu do pruhu hodnotu 1 až 2 m.s⁻²
- zda to byl manévr vyhýbací**, jímž řidič odvrací hrozící srážku s druhým objektem (nepohyblivou překážkou na vozovce ve tmě, chodcem vstupujícím do dráhy vozidla apod.) – tedy jde o manévr, **kteřý byl vyvolán probíhající nehodovou situací**. V takovém případě přicházejí v úvahu hodnoty bočního zrychlení závislé na rychlosti vozidla podle grafu na obr. 36. Jde o hodnoty obvykle dosahované běžnými řidiči v náhlých nehodových situacích. Velikost využívané hodnoty bočního zrychlení při vyhýbacím manévru je dána:

- Možnostmi, jež má řidič k dispozici pro dosažení určité hodnoty bočního zrychlení – to jest časem využitelným pro natáčení volantu do okamžiku, kdy je již nucen otáčet volantem na druhou stranu, nemá-li vozidlo opustit danou šířku vozovky. Zřejmě v této okolnosti tkví hlavní původ poklesu využívané hodnoty bočního zrychlení při rychlosti nad 60 km/h.
- Subjektivním vjemem bočního zrychlení – hodnotou, kterou se netrénovaný řidič neodvažuje překročit (psychologické důvody).
- Při pomalé jízdě nebývá dosažena vysoká hodnota bočního zrychlení, řidič před překážkou především brzdí. Nejvyšší hodnoty bývají dosahovány při rychlostech 40 až 60 km/h.

Opakujme a **zdůrazněme**, že jde o hodnoty obvykle dosahované v náhlých nehodových situacích běžnými řidiči. Zkušební řidič při testech nového vozidla je schopen přirozeně dosáhnout hodnoty vyšší (limitované boční adhezí pneumatik), ale nedosažení limitních hodnot nelze vytykat řidiči, jenž nebyl připraven na nutnost se náhle něčemu vyhnout. V žádném případě **pořadnice grafu z obr. 36 neudávají hodnoty bočního zrychlení odpovídající adhezním možnostem pneumatik**. Například pokud se vozidlo pohybuje na vozovce v zimních podmínkách, může být boční zrychlení limitováno sníženou adhezí.



obr. 36 Hodnoty bočního zrychlení dosahované běžnými řidiči při vyhýbacích manévrech

- c) **zda se jedná o jízdu po oblouku** (například jízdu v zatáčce nebo o proces odbočování, tj. změnu směru jízdy o velký úhel) – v takovém případě se pohyb vozidla v čase a v prostoru řeší aplikací diagramu dráha x čas (není vhodné aplikovat Kovaříkův vzorec). Jde o pohyb po přechodnici a po kružnici, přičemž zřejmě nepřichází v úvahu pokles dosahovaného bočního zrychlení se vzrůstající rychlostí nad 60 km/h dle obr. 36. Pohyb je principiálně možný až na mezi boční adheze pneumatik, nicméně boční zrychlení nad cca 3 m.s^{-2} bývá provázáno nepříjemnými pocity cestujících, boční zrychlení nad cca 4 m.s^{-2} bývá provázáno pocity nebezpečí.

Boční přemístění vozidla (např. přejezd z pruhu do pruhu, nebo počátek manévru odbočování) lze rozdělit (z hlediska možnosti reagovat na tento děj) **na dvě vzájemně rozdílné fáze**. Problematiku lze vysvětlit na bočním přemístění jednoduchým obloukem (který je principiálně součástí i oblouku dvojitého).

První fáze je ta, kdy řidič již boční přemístění zahájil, jeho vozidlo již v této fázi mění svůj směr, ale zatím jen o velmi malý úhel a o malou hodnotu šířky, takže tento proces není pro vnějšího pozorovatele nápadný a mnohdy ani rozlišitelný. Zmíněná malá hodnota šířky může být 0,3 až 0,5 m – podle povahy poměrů šířky vozovky a podle poměrů provozu. Na úzké vozovce bude zřejmě rozhodující hodnota menší, u jednostopého vozidla bude zřejmě větší.

Teprve když lze pohledem a odhadem rozpoznat, že se nejedná o běžné směrové zvlnění dráhy vozidla, ale že boční pohyb je systematický, nastává **druhá fáze**, kdy lze na změnu směru reagovat s pozice druhého účastníka silničního provozu.

Ukažme si, jaký je vzájemný poměr doby trvání T_b těchto dvou fází podle Kovaříkova vzorce (1). Pro obecné řešení není nutno dosazovat konkrétní hodnotu součinitele K , boční zrychlení a_b lze (pro obecné řešení) uvažovat libovolnou reálnou hodnotou, ale také fiktivní hodnotou „jedna“. Vezme-li se první fáze přemístění o šířku $b = 0,5 \text{ m}$ a celkové přemístění (například) o šířku $b = 2,0 \text{ m}$, pak celková doba je dvojnásobkem doby trvání první fáze. Tedy „neviditelná“ první fáze trvá celou polovinu celkové doby potřebné na boční přemístění vozidla o hodnotu například $b = 2,0 \text{ m}$. Za dobu trvání první fáze ujede vozidlo stejně dlouhou dráhu, jako v průběhu druhé fáze. **Proces zahájeného bočního přemístění je nejprve zcela nezřetelný, ve druhé fázi pak je ale strmý, v příčném směru rychlý, pozorovateli se jeví jako náhlé vybočení.** Tabulka 1 uvádí hodnoty pro reálné poměry vypočtené dle Kovaříkova vzorce: boční zrychlení cca $a_b = 3 \text{ m.s}^{-2}$.

Tabulka 1 Potřebný čas k bočnímu přemístění

Boční přemístění	Potřebný čas	Doba od počátku reakce
b [m]	T_b [s]	[s]
0,5	0,64	0,00
1,0	0,91	0,27
1,5	1,11	0,47
2,0	1,28	0,64
2,5	1,43	0,79

Není-li řidič předjízdějícího vozidla včas upozorněn směrovým světlem vozidla na úmysl jeho řidiče odbočovat, je odkázán pouze na pozorování dráhy vozidla. Rozpoznat, že vozidlo mění směr své dráhy (odbočuje), lze až tehdy, když se směrově pootočí o určitý úhel a bočně se přemístí na vozovce o určitou hodnotu b , která může činit (dle okolností) například cca 0,5 metru (na úzké vozovce bude kritická hodnota menší, pro jednostopé vozidlo bude spíše větší). Nahlédnutím do výše uvedené tabulky se zjišťuje, že mezitím uplynula doba ca 0,64 sekundy od začátku zatáčení. **Teprve pak může začít nabíhat reakční doba řidiče předjízdějícího vozidla**, jejíž proporce plynou z kapitoly 6.10 „Reakční doba“. Z uvedených souvislostí je zřejmé, že během nezbytné reakce řidiče předjízdějícího vozidla může být odbočující vozidlo bočně již přemístěno natolik, že může přehradit dráhu předjízdějícímu vozidlu. Střet je pak výhradně otázkou náhodných sousledností pohybu obou vozidel v podélném směru silnice - to znamená, že ke střetu dojde vždy, když je předjízdějící vozidlo právě náhodou v kritické střetové konstelaci (v prostoru, v času a v rychlosti pohybu) vůči odbočujícímu. Řidič předjízdějícího vozidla nemá žádnou možnost střet odvrátit, neboť (jak plyne z uvedeného výkladu) odbočující může přehradit dráhu ještě před ukončením přijatelného trvání reakční doby řidiče předjízdějícího vozidla.

Pokud v daném případě předjízdějící řidič stačil ještě alespoň částečně reagovat a stačil stočit směr své jízdy k levému okraji vozovky, a krátce přibrzdil, lze jeho reakci hodnotit jako pohotovou. Vyhnutím dráhy co nejvíce doleva poskytoval předjízdějící řidič odbočujícímu řidiči větší prostor a delší čas, aby sám z nízké rychlosti zastavil, když byl již zcela nesporně a evidentně předjížděn.

Viditelnost směrových světel nemusí být vždy zaručena.

Pokud v době nehody je slunce nízko nad horizontem a svítí do zpětných zrcátek vozidel, pak řidič, který se chystá k odbočení, si mnohdy není vědom okolnosti, že ve vnějším zrcátku je rozlišitelnost výrazně zhoršena.

Dále viz kapitolu 8.4 „Problematika odbočování“.

6.9 Využití převýšeného podélného profilu

Při znalecké analýze silničních nehod bývá v některých případech zapotřebí určit na komunikaci nejzazší polohu vozidla, ve které lze z místa řidiče začít rozeznávat pohyblivý či nepohyblivý objekt, když v rozhledu omezuje vrcholový zakružovací oblouk nivelety, kterým silnice přechází ze stoupání do klesání či z klesání mírného do klesání strmějšího (viz obr. 37).

Úloha se řeší vyšetřovacím pokusem. K pokusu se ale musí přistavit příslušná vozidla, což bývá spojeno se ztrátou času lidí a s cestovními výlohami účastníků pokusu (jejichž náhradu ti nešťastníci většinou oželí), mnohdy i s nutností uzavěry provozu na silnici. Výhodou pokusu je, že to vidí všichni na vlastní oči, ale modeluje se jen omezený počet kombinací poloh, a teprve dodatečně mohou vyplynout vztahy, které nebyly při pokusu zohledněny. Provedení vyšetřovacího pokusu může být komplikováno tím, že například nejsou ještě určeny polohy pohyblivého objektu (v čase a v prostoru), který měl být v době nehody spatřen - a tyto polohy mají vyplynout teprve ze znalecké analýzy při uvážení dalších technických souvislostí. Při takovém vyšetřovacím pokusu by bylo nutno provádět fázové polohování dvou- a někdy i více vozidel, což je problematické zejména u jízdních souprav (couvání, otáčení), když to lze s výhodou řešit komplexně, přesněji a v klidu ve výkresu.

K tomu se osvědčuje "přinesení silnice na stůl" – viz kapitolu 3.5 „*Dokumentální technika*“. Tachymetrickým přístrojem se jednoduše zjišťují nejen polohy v půdorysu, ale i vzájemné výšky měřených bodů.

Řekněme, že již máme "silnici na stole" a to nejen jako situační plán, ale též výškové údaje pro podélný profil, a nyní jde o to určit příslušné výhledové poměry pro posouzení případu nehody. Vynesení výšek v témže měřítku jako délky (např. 1:200) by však neposkytovalo možnost řešení s náležitou přesností. Pro zvýšení přesnosti grafického odvozování lze s výhodou použít zobrazení podélného profilu silnice v převýšeném měřítku, jak je to obvyklé v projektech silničního a železničního stavitelství. To znamená, že výšky se vynášejí v měřítku větším, než je měřítko délek. V projektování silnic a dálnic se většinou používá převýšení desateronásobné, pro znalecké účely je vhodné převýšení čtyř- až desateronásobné. Píše se pak měřítko podélného profilu například 1:200/20. Převýšené zobrazení dává současně i názornější přehled o polohách různých spádů komunikace. Při zobrazení v převýšeném měřítku zůstávají všechny přímky přímkami - a toho se právě dá s výhodou využít (viz obr. 37), nesmíme ovšem zapomenout zobrazit i vozidla a ostatní objekty rovněž v převýšeném měřítku. V obr. 37 je vidět, jak vypadají desetinasobně převýšené osobní automobily A a B. Svislice a směry blízké svislicím (např. čelo autobusu na silnici ve spádu) se zobrazují v převýšeném měřítku zásadně také jako svislice.

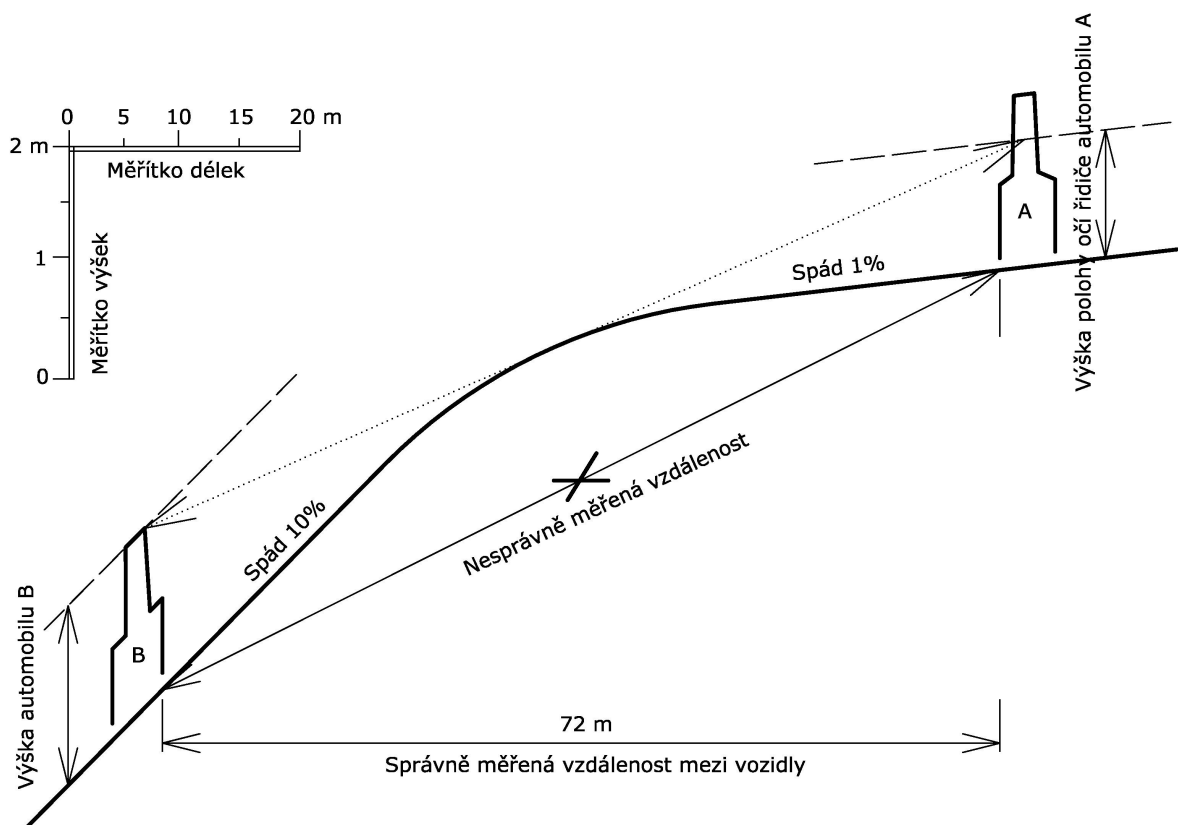
Schéma řešení je v obr. 37, kde je v desetinasobném převýšení řešena vzdálenost mezi osobními automobily A a B, ve kterém lze z místa řidiče automobilu A začít pozorovat vrchol střechy automobilu B přes vrcholový zakružovací oblouk jehož poloměr vychází jen 400 m na přechodu ze spádu -1 % do spádu -10 % .

Řešení průběhu nehodového děje v čase a v prostoru pak provedeme standardně v diagramu dráha x čas (kapitola 6.4 „*Diagram dráha x čas*“) včetně řešení oblastí zakrytého výhledu o.z.v. (kapitola 6.4 „*Diagram dráha x čas*“). Použijeme přitom řešení výhledu přes překážku v převýšeném podélném profilu zcela analogicky, jako bychom pracovali při řešení výhledů s překážkou v rozhledu v plánu situačním. Řešení je ukázáno v příkladu na obr. 38, kde je řešen střet dvou osobních automobilů na úzké komunikaci v chatové osadě, kde ve výhledu bránil vrcholový zakružovací oblouk nivelety - podélný profil je v tomto řešení převýšen jen čtyřnásobně (měřítko 1:200/50).

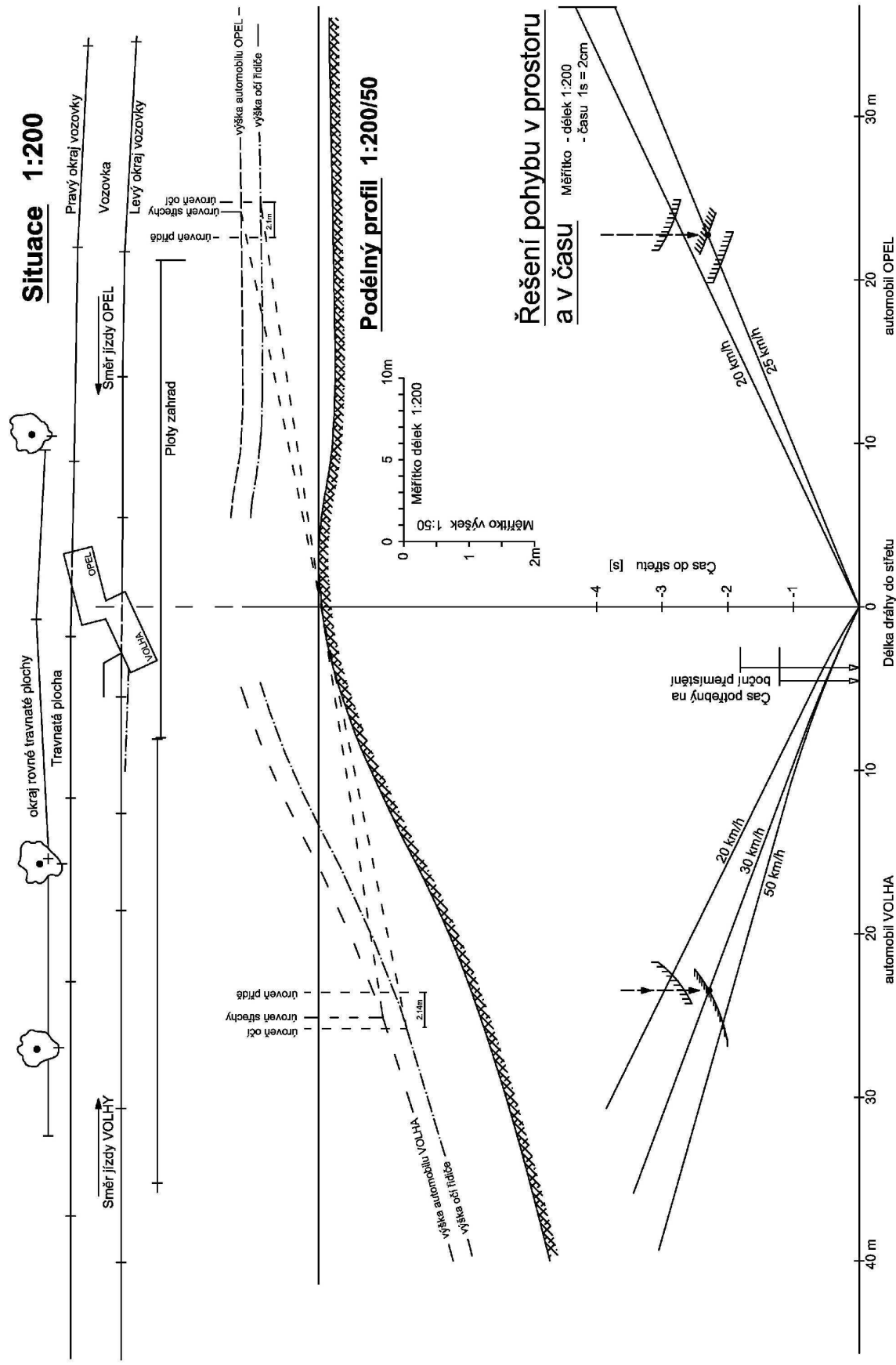
Je třeba zdůraznit, že hledané vzdálenosti se pak samozřejmě odměřují (odečítají) pouze ve směru podélné osy půdorysného průmětu délek, nikoli šikmo (viz obr. 37) - to by byla hrubá chyba! Ve spádech silničních komunikací se pohybujeme v proporcích malých úhlů kde platí $\cos x = 1,0$ $\sin x = \text{tg } x$. V silničním projektování se všechny délkové údaje vztahují zásadně k průmětu do vodorovné roviny. Skutečné (šikmé) délky se liší zcela zanedbatelně, neboť největší dovolený podélný sklon na silnicích projektovaných v horském území po roce 1962 je 9 %, to je úhel = 5° 08' od vodorovné, přičemž $\cos = 0,996$, tedy

diference mezi délkou ve spádu a jejím průmětem do vodorovné roviny je jenom čtyři promile.

V každém jednotlivém případě by se měla uvážit (odvodit) a komentovat rychlost "vynořování" daného objektu nad obzor. Tato rychlost závisí na součtové rychlosti pohybu pozorovatele a objektu, který má být pozorován, na úhlu dráhy pozorovatele a objektu (úhel vynořování) a na okamžité vzdálenosti obou navzájem. V případě řešeném v obr. 38 se vozidla vynořila relativně velmi rychle, jakoby vyskočila na obzor. Pozor však na případy pomalého „vynořování“ střechy stojícího vozidla nad obzor při malém úhlu zlomu nivelety. V takovém případě je pro řidiče jedoucího vozidla stěžší reálné, aby začal rozeznávat nebezpečí okamžitě po vynoření prvního centimetru vrcholu střechy nad obzor. Navíc v této situaci nebývá hned jasně patrná ta okolnost, že vozidlo, jehož vrchol střechy začíná být viditelný, nejede. Na to je třeba vzít zřetel při stanovení přiměřeného počátku a doby trvání reakční doby při formulování technických podkladů pro právní posouzení případu. **Problém vynořování prvních centimetrů výšky střechy vozidla nad obzor lze přijatelně obejít jednoduše tak, že se neodvozuje délka rozhledu na vrchol střechy protijedoucího osobního automobilu, ale délka rozhledu „z očí do očí“ řidičů.**



obr. 37 Schéma využití převýšeného podélného profilu



obr. 38 Příklad využití převýšeného podélného profilu

6.10 Reakční doba

Smrček definoval reakční dobu jako „časový interval, který uplyne od okamžiku vjemu do okamžiku uvedení zařízení (např. brzd) do činnosti naučeným pohybem“. Klasická reakční doba (následovaná naučeným pohybem) předchází například před počátkem brzdění v situaci, kdy do dráhy vozidla vběhl zbrklý chodec. Pojem „reakční doba“ v definovaném smyslu by však nebylo správné spojovat například s prodlevou do zatažení ruční páky parkovací brzdy při selhání brzdy provozní, protože v takovém případě nejde o reakci naučeným pohybem, ale je nezbytná nějaká úvaha, co se vlastně děje a jak řešit situaci výjimečnou, zcela neobvyklou.

V lit.[42] je uveden následující výstižný komentář: „Pro posouzení, zda reakce byla ekvivalentní vznikající situaci je třeba zjistit, zda v okamžiku prvního spatření vzniká pro druhého účastníka důvod k jednání, kterým by měl odvracet kritickou situaci - jinými slovy, zda se mu situace mohla jevit kritickou. Pokud ještě ne, je nutno postupovat dále v čase až do vzniku kritické situace. Pohled očí řidiče se zaměřuje na děje, které se jeví jako nejdůležitější. S ohledem na to je třeba uvažovat s délkou reakční doby na podnět, který náhle - nebo dokonce nenáhle - vznikl. Když se určí, kdy a kde byl účastník na začátku vlastní reakční doby, je nutno odvodit, kde byl v tom okamžiku ten druhý a co dělal těsně předtím. Dále je třeba stanovit polohu a způsob jednání účastníka silničního provozu v okamžiku, kdy ten druhý začal na situaci reagovat a co ze způsobu jeho jednání vyplývalo pro prvního. Není také vyloučeno, že může jít u jednoho účastníka o několik reakčních dob následujících za sebou v určitém časovém intervalu: Např. nejprve se chodec jeví jen mírně nebezpečným, řidič sundává nohu s pedálu; pak se chodec dále blíží do koridoru střetu, řidič se rozhodne brzdit a během brzdění ještě doplní směrové vyhybání. Nebo: Řidič se nejprve na chodce podívá, analyzuje situaci, chodec se nejeví nebezpečným; řidič proto zkoumá další prostor vozovky. Vtom se chodec dá do pohybu - řidič periferním viděním zpozoruje tento pohyb, otočí oči, zaostří, analyzuje situaci a zjistí, že chodec se stává nebezpečným. Nato se musí řidič rozhodnout, zda je ještě možno jet beze změny, nebo postačí vyhnout, je třeba brzdit nebo brzdit s vyhybáním, použít zvukové nebo světelné znamení, zda při brzdění neprodlouží čas natolik, aby chodec stačil právě se dostat před vozidlo, když při nezměněné rychlosti by nanejvýš narazil na bok, což je méně nebezpečné, co vozidla jedoucí za ním atd.“ – konec citace.

Reakční doba se obvykle člení:

Optická reakce = doba od začátku optického vnímání objektu do jeho zafixování co do polohy i akomodace oka. Trvání optické reakce závisí zejména na tom, zda řidič předem sledoval kritický objekt pohledem, nebo zda bylo nutno směr pohledu přesunout po spatření periferním viděním.

Psychická reakce = rozhodování, například zda je třeba brzdit, nebo brzdit s vyhybáním, použít zvukové nebo světelné výstražné znamení.

Svalová reakce = například uvolnění akceleraátoru a přesun nohy na pedál brzd.

Do tzv. celkové reakční doby se pak připočítává odezva vozidla, jež se v případě brzd člení:

Prodleva brzd = časový interval od dotyku brzdového pedálu po první dotyk třecích ploch brzd.

Náběh brzdného účinku = od prvního dotyku třecích ploch po začátek zanechávání stop brzdění na vozovce.

Přijatelné (tj. neopožděné) trvání reakční doby přirozeně závisí na řadě činitelů – mimo jiné na již zmíněném směru pohledu na počátku reakce. Za nejkratší reálné trvání celkové reakční doby řidiče osobního automobilu k brzdění se obvykle považuje 0,47 s při ideálních podmínkách a u obzvlášť pohotových a soustředěných řidičů.

6.11 Vliv opoždění počátku brzdění na rychlost nárazu

Zatímco reakční doba je prodlevou objektivně neodstranitelnou, přichází ještě v úvahu její navýšení či spíše **zbytečný přírůstek, který lze nazvat otálení**. A právě jeho trvání má tak veliký vliv, že následující výklad nejspíše mnohé čtenáře překvapí.

Opozdí-li se začátek brzdění vozidla o **jedinou sekundu**, posune se celý proces brzdění

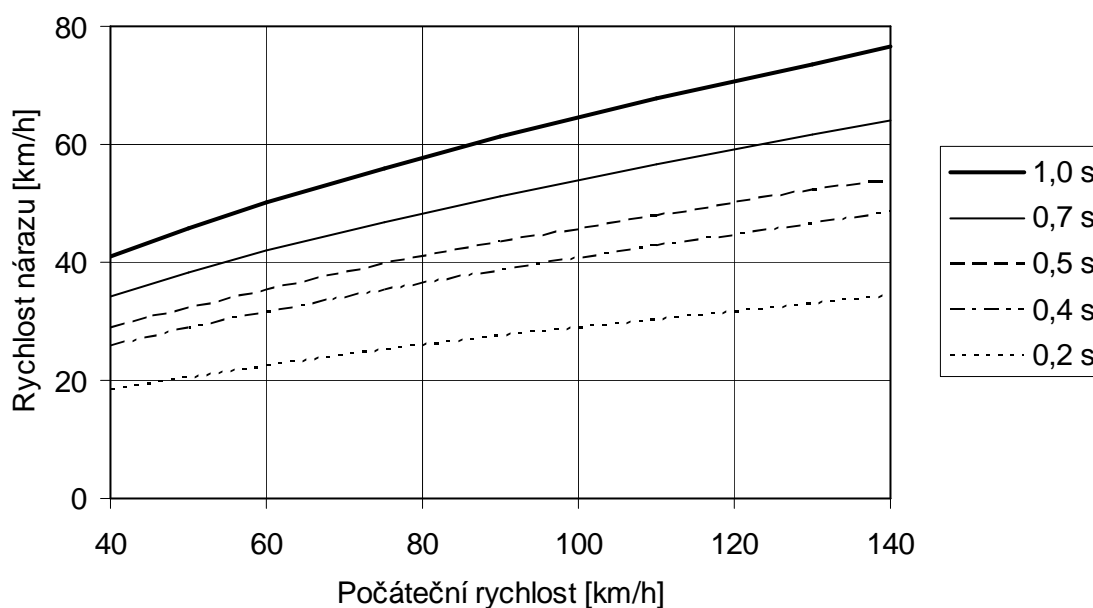
směrem k překážce	a vozidlo narazí rychlostí
při rychlosti 50 km/h o 13,9 m	46 km/h
při rychlosti 90 km/h o 25,0 m	61 km/h
při rychlosti 130 km/h o 36,1 m	74 km/h

do překážky, před níž by bylo možno bezkolizně zastavit, kdyby nebylo došlo k uvedenému sekundovému opoždění. Chybí-li v průběhu brzdění do zastavení délka 14 m, jede totiž vozidlo ještě rychlostí okolo 46 km/h, chybí-li 25 m, jede rychlostí okolo 60 km/h, a při chybějící dráze do zastavení 36 m, narazí rychlostí okolo 74 km/h. **To je cena za jedinou sekundu otálení.**

Hodnoty rychlosti nárazu do překážky v závislosti na opoždění začátku brzdění jsou pro různé počáteční rychlosti jízdy uvedeny v následující tabulce a v grafu.

Tabulka 2 Rychlosti nárazu do překážky při opožděném začátku brzdění

Opoždění začátku brzdění (s)	Počáteční rychlost (km/h)					
	40	50	60	90	110	130
0,2 s	18	20	22	27	30	33
0,4 s	26	29	32	39	43	47
0,5 s	29	32	35	43	48	52
0,7 s	34	38	42	51	57	62
1,0 s	40	46	50	61	68	74



obr. 39 - Rychlosti nárazu do překážky při opožděném začátku brzdění

Obdobně jako časové opoždění začátku brzdění (dle předchozí tabulky) lze uvážit i délkové opoždění (dle následující tabulky), jako důsledek zhoršené rozlišitelnosti kritického objektu v dráze vozidla. Délkové opoždění se pak projeví v místě střetu (nárazu) jako dráha chybějící do bezkolizního zastavení. **Délkové opoždění přirozeně nezávisí na okamžité rychlosti.**

Tabulka 3 Rychlost nárazu v závislosti na délce dráhy chybějící do zastavení

Dráha chybějící do zastavení [m]	Rychlost nárazu [km/h]
2	17,3
5	27,4
10	38,7
20	54,8
30	67,1

Hodnoty v tabulkách jsou vypočteny pro brzdné zpomalení $5,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, které odpovídá brzdění relativně intenzivnímu, ale ne extrémnímu. Jde o zpomalení, jaké musí být schopny vyvodit brzdy plně zatíženého osobního automobilu ve vyhovujícím stavu na suché vodorovné vozovce. Při takovém brzdění ještě většinou nevznikají brzdné stopy a nedochází ke smyku vozidla.

Vyvíjí-li se před vozidlem dopravní situace způsobem, jehož pokračování nelze jednoznačně předvídat, neměl by na to řidič hledět jako na televizi. Není nutno reagovat intenzivním brzděním na každou změnu situace před vozidlem, ale je možno si včas připravit nohu na pedál brzd.

6.12 Vliv zvýšení rychlosti na rychlost nárazu

Vliv navýšení rychlosti se analyzuje obdobně jako vliv opoždění začátku brzdění: výpočtem z chybějící délky dráhy pro brzdění. Vypočte se rozdíl délek potřebných pro zastavení z dané (například z dovolené) rychlosti a z rychlosti zvýšené. Potom se vypočte rychlost příslušející délce brzdění na chybějící délce dráhy.

Délka (čistě) brzdné dráhy vozidla roste s druhou mocninou rychlosti. Zvýšíme-li svoji rychlost o 23 % (například ze 130 na 160 km/h) budeme potřebovat k zastavení brzdnu dráhu prodlouženou o 51 % . Pokud bychom z rychlosti 130 km/h brzdili na délce dráhy 110 m, pak za stejných podmínek budeme potřebovat z počáteční rychlosti 160 km/h brzdnu dráhu dlouhou 170 m – tedy o 60 m delší. Bude-li nám v průběhu brzdění chybět do bezkolizního zastavení 60 m, bude to znamenat náraz do překážky rychlostí 95 km/h. Tedy v průběhu brzdění z rychlosti 160 km/h narazíme rychlostí 95 km/h do překážky, před kterou bychom byli mohli z počáteční rychlosti 130 km/h bezkolizně zastavit. Před následky takových nárazových rychlostí již neochrání ani bezpečnostní pásy kombinované s airbagy. S druhou mocninou rychlosti roste zároveň i kinetická energie vozidla: tedy při jízdě rychlostí 160 km/h má vozidlo kinetickou energii o 51 % vyšší než při jízdě rychlostí 130 km/h.

Navýšením rychlosti ze 130 na 140 km/h (tedy o „pouhých“ 10 km/h) vychází náraz rychlostí 57 km/h do překážky, před níž by bylo možno brzděním z rychlosti 130 km/h těsně bezkolizně zastavit.

6.13 Potřebná přesnost a možnosti numerického řešení

Pohyb vozidel v nehodové situaci před střetem nelze nazírat a analyzovat jako pohyb neživých těles podléhajících výhradně fyzikálním zákonům. Ty samozřejmě platí vždy, ale současně nelze zanedbat změny vyvolané reakcemi řidičů (vyhýbání, brzdění apod.).

Narazí-li automobil na překážku při vlastní rychlosti například 30 km/h, znamená to, že do zastavení chyběla délka dráhy jen okolo 6 m. Pokud by se byl mohl celý proces brzdění (včetně reakce řidiče) posunout o těch šest chybějících metrů vzad, automobil by byl mohl před kritickým místem zastavit. Tuto kritickou (chybějící) délku dráhy projel automobil rychlosti například 40 km/h za dobu jen 0,5 s – půl sekundy. Při rychlosti 40 km/h tedy rozhoduje pouhá polovina sekundy o tom, zda dojde k nárazu rychlostí 30 km/h nebo zda se dá před kritickým místem zabrzdít.

V některých případech nemáme ale žádné objektivní podklady pro určení, v kterých místech ani ve kterých okamžicích začal jeden či druhý řidič reagovat, jak dlouho trvala fáze rozhodování, ve kterém místě délky a šířky komunikace začala a jak intenzívně pak probíhala změna pohybu jednotlivých vozidel. Tedy nelze zajistit přesnost stanovení potřebných parametrů ani v tolerancích vyplývajících z příkladu uvedeného v předchozím odstavci. Pohyb pak nelze vyjádřit formou diagramu dráha x čas.

Takové případy a situace pak svádějí k tomu uvažovat trvání reakční doby doslova zvolené (tedy vymyšlené) – např. jako střední hodnotu kritérií uvedených ve Znaleckém standardu III/IV (lit.[2] a [3]) a zde v kapitole 6.10 „*Reakční doba*“. To ovšem není solidní přístup k řešení. Nelze-li skutečné trvání reakční doby určit (odvodit), je to třeba uvést například konstatováním, že nelze vyloučit ale ani prokázat, zda reakce řidiče byla opožděná.

6.14 Pohyb po střetu - výběhová analýza

Při střetu se část kinetické energie vozidel mění v přetvárnou práci, zbývající část energie zůstává pro pohyb do konečných poloh (včetně energie akumulované v pružné složce deformací), jenž probíhá ve volném prostoru. Tím volným prostorem ovšem není vozovka pod vozidly (kde vznikají nejvýše jen dřecí stopy), volný prostor je však nejen rovina nad vozovkou (kromě prostoru "obsazeného" druhým vozidlem), ale také směr vzhůru. Výškovou excentricitou rázu a pružností pneumatik a pérování vozidel pak logicky dochází k vymrštění vozidel do výšky, k letu vzduchem s následným dopadem na vozovku provázeným obvykle rycími stopami před konečnou polohou

Pohyb vozidel po střetu nebývá vždy jednoduchý přímočarý, neboť vozidla bývají na kolech a tudíž nejde vždy o prosté přímočaré smýkání do konečného postavení, ale pohyb je mnohdy ovlivněn i nesmykovou složkou působení kol. Plyne to zejména z videozáznamů zkušebních střetů vozidel. Zvláště zajímavé, ale analyticky komplikované jsou střety, při nichž dochází ke kolizi dvou vozidel dvakrát po sobě: např. (primární) náraz přidí jednoho automobilu s boku na přední kolo druhého automobilu a následný (sekundární) náraz mezi boky těch dvou automobilů. Proto má-li se určit místo střetu, nepostačuje většinou jen zjištění konečných poloh vozidel a obraz jejich poškození, ale jsou nezbytné i stopy brzdění či smýkání před střetem nebo po střetu (alespoň v částečných délkách drah) – optimálně se stopami vyteklých kapalin.

6.15 Meze možností znalecké analýzy

Analýza střetu vozidel bývá náročná, a tak je každý znalec přirozeně rád, když se dopracuje k výsledku, který se jeví jako reálný. Je však nutno upozornit na závažné záludnosti.

K řešení tak zásadních otázek jako je poloha místa střetu a poměry předstřetových rychlostí nelze seriózně aplikovat analytický aparát, jehož výsledky jsou principiálně (objektivně) mimořádně citlivé na vstupní parametry, jejichž hodnoty jsou ale známy s nedostatečnou přesností. **Řešení střetu protijedoucích vozidel je extrémně citlivé na přesnost zadaných hodnot** v porovnání s jinými obecnými střetovými konfiguracemi. Přesnost odhadu poloh centra rázu vůči karoseriím a přesnost určení poloh těžišť automobilů, jež by dobře postačovala k řešení obecných (šikmých či kolmých) konfigurací střetů, nepostačuje k řešení střetů protijedoucích vozidel. Především nelze "vypočítat" polohu místa střetu na vozovce, ale je nutno ji mít naopak předem odvozenou z analýzy stop - teprve pak lze přikročit k výpočtům předstřetových rychlostí a dalších parametrů.

Je třeba poukázat na to, co lze a co nelze seriózně odvodit (analyzovat). Vysvětleme, v čem spočívá principiální problematika řešitelnosti poměrů při střetu protijedoucích vozidel a otázky polohy centra střetu na silnici.

Protijedoucí osobní automobily jsou při střetu proti sobě tlačeny silami plynoucími z vlastních předstřetových hybností. To, jak prudce bude ten který automobil po střetu rotovat, závisí velmi citlivě na excentricitě rázového impulsu vůči těžišti, jejíž přesná hodnota není známa. U automobilů není totiž jednoznačně dána poloha bodu, do něhož lze fiktivně soustředit působení rázových sil - tzv. centrum rázu. Jeho poloha závisí mimo jiné na detailech rozložení tuhosti (struktura konstrukce přídě), na stupni koroze jednotlivých částí každého z obou automobilů. Střetový děj (kolizní kontakt vozidel) trvá po určitou nezanedbatelnou dobu (až 0,2 s), v jejímž průběhu se poloha centra rázu může měnit a to jak vůči každé z karoserií (problematika řešení střetu), tak i vůči vozovce (problematika pohybu po střetu). V lit.[9] se konstatuje, že centrum působení rázu musí být správně určeno, jinak to vede k "zdánlivému řešení" (Scheinlösung).

Základem jakékoli analýzy střetu vždy je a bude zákon zachování hybnosti. To především proto, že tento zákon platí vždy, přesně a pro libovolně dlouhý okamžik (takže i pro ráz probíhající v konečném čase). Jednou z čistých verzí jeho použití je i metoda Diagramu rovnováhy hybností a impulsů (DRHI), ale zákon zachování hybnosti vystupuje snad ve všech metodách řešení střetu, které jsou od DRHI vzdálené. Samotná metoda DRHI je pro čelní střet nevhodná, protože její chyba je úměrná převrácené hodnotě sinu úhlu směrů hybnosti před střetem (pokud je DRHI použito pro zpětné odvíjení). **Pro malé hodnoty úhlu tedy chyba dosahuje obrovských hodnot.**

Vzhledem k tomu, že rovnoběžník DRHI je sestaven z předstřetových směrů, je jasné, že pro čelní střet je rovnoběžník velice protažený a sebemenší nepřesnost v příčném směru vyvolá obrovskou nepřesnost ve směru podélném.

Poloha těžiště každého z obou automobilů je ovlivněna velikostí a rozložením zatížení. To vše jsou parametry, jež mají při vzpěrném problému velkou důležitost, zatímco při jiných konfiguracích střetů je jejich vliv relativně menší.

Počítač umožňuje provést řešení (odvíjením vpřed) rychle. Toho je nutno využít a "neusnout" po prvním vyhovujícím výsledku a neprohlásit jej za jediné přesné řešení. Vstupní hodnotě na druhé straně tolerančních rozpětí jednoho parametru bude přirozeně příslušet jiné "jediné" řešení parametrů odvozených. Původní reálné rozsahy vstupních parametrů se mohou během iteračních kroků eventuálně ukázat v souvislostech jako nadměrně široké a bude možno původní tolerance uspokojivě zmenšit. V tom je další přednost dobrého programu pro počítače. **Nelze ale určit místo střetu pouze z konečných poloh vozidel.** Do daných konečných poloh lze přece přivést vozidla z veliké řady střetových poloh při "odpovídajících" podmínkách předstřetových. Vyřadí-li se nereálné předstřetové podmínky

(například příjezd do místa střetu z prostoru mimo silnici), přesto stále musí zůstat množina "střetových" poloh vyhovujících řešení úlohy. **Zdánlivě jednoznačné řešení může odporovat skutečnému průběhu nehody.**

Víceméně přesné řešení přichází v úvahu, je-li rycími stopami na vozovce přesně dána poloha místa střetu, vedou k němu stopy brzdění a z něho vedou stopy smykání či stopy vystřikující chladicí kapaliny do konečných poloh vozidel. Čím méně takových indicií je dáno, tím větší rozsah parametrů přichází v úvahu. Absolutně nejnejistější je situace po střetu protijedoucích vozidel, po němž nejsou žádné jednoznačné stopy kromě konečných poloh vozidel.

Místo střetu přirozeně neleží vždy uprostřed mezi konečnými polohami vozidel. Principiálně platí, že i kdyby došlo ke střetu dvou různých protijedoucích automobilů na rozlehlé letištní ploše, skončil by každý v jiné příčné vzdálenosti od centra střetu. V reálu bývá problém ještě více komplikován tím, když je boční pohyb některého či obou automobilů blokován svahy silničního výkopu za silničním příkopem, jestliže nemáme stopy, z jejichž analýzy by bylo možno přesně zjistit dráhu pohybu automobilu směrem ke svahu.

K postupu při tzv. dopředném řešení

Klasické analytické metody postupují tzv. zpětným odvíjením nehodového děje - to jest od konečných poloh, přes postřetový pohyb, průběh střetu a přes předstřetový děj až do začátku nehodové situace. Soudobými počítačovými programy se dopravní nehody analyzují většinou tzv. odvíjením vpřed - to jest tak, jak děj v čase a v prostoru probíhal. Neznamená to, že by se programy nedaly aplikovat pro zpětné odvíjení, ale většina uživatelů toho nevyužívá.

Znalec žongluje se všemi parametry a ladí řešení tak, aby seděly konečné polohy, postřetové stopy i stopy předstřetové. Je to trochu jako hrát loutkové divadlo. Člověk sice tahá za nitky a poloha loutky je pak deterministickým - a jednoznačně vypočitatelným obrazem polohy nitek (v tom je exaktnost počítačového programu), ale dělá to celé proto, aby se nožky a tělíčko dostalo tam, kam on chce. Pokud by šlo jen o samotné nožky loutky (analogie konečných poloh automobilů), lze je do daných poloh dostat při nejrůznějších náklonech loutky, tedy při různých polohách vodítka nad scénou. Zpětná (vizuální) vazba jde skrze znalcův mozek a je absolutně heuristická a nezdokumentovatelná. Takže i kdyby znalec v posudku přesně popsal, jak probíhal výpočet, a doplnil to řadou tabulek, tak bychom mohli pouze ověřit, že počítač umí správně počítat a násobit, ale to, jak znalec na to řešení přišel a z čeho vycházel, se nedozvíme.

Znalec nejprve předběžně určí místo střetu - a to buď z výpovědi (viz však závěr této kapitoly), anebo prostě zkusmo, odhadem. Místo střetu zadá do programu. Pak zadá řadu dalších parametrů a jejich hodnoty postupně upravuje tak dlouho, až se automobily nakonec dostávají (pokud možno přesně) do **vzájemného poměru** konečných poloh, v jakém skutečně byly po nehodě. A zde je největší a zásadní záludnost: Občas (možná většinou) se lze setkat s tím, že když znalec při postupných úpravách parametrů dosáhne uspokojivé shody **vzájemného poměru** konečných poloh automobilů s reálem nehody, prohlásí toto své řešení za ono jediné správné a zde s analytickou prací končí. Kdyby se pokusil o řešení další a další, zjistil by, že (**ze samé fyzikální podstaty problému**) existuje celá řada takových řešení, že centrum střetu lze položit kamkoli ve větší oblasti plochy vozovky (oblast střetu) a k tomu vyhledat "příslušnou" kombinaci reálných hodnot parametrů ostatních.

Podívejme se nyní, které parametry do programu vstupují:

- a) parametry známé téměř přesně
 - konečné polohy vozidel,
 - rozměry vozidel,

- šířka vozovky a krajnic,
- b) parametry známé jen přibližně
 - hmotnost vozidel s posádkou,
 - polohy těžišť vozidel,
 - rozložení nákladu a tuhost jeho spojení s vozidlem
(náklad uložený v osobních automobilech u přídě či zádě může ovlivnit velikost tzv. hmotného momentu setrvačnosti),
 - velikost hmotného momentu setrvačnosti,
 - ekvivalentní energetická rychlost (EES - odhad energie realizované v trvalých deformacích),
 - parametry pérování vozidel a jeho tlumení,
- c) parametry zadávané s nedostatečnou spolehlivostí
 - poloha tzv. centra rázu ve vztahu k oběma karoseriím,
 - rozložení tuhosti po šířce přídě automobilu a její změny s hloubkou deformací,
 - drsnost a rozložení drsnosti po šířce vozovky (ohlazení povrchu v pásech nejčtetnějšího pohybu pneumatik),
 - míra omezení rotace kol vzniklými deformacemi,
- d) parametry, které je třeba znát téměř zcela přesně (s nepatrnými tolerancemi), ale tak známý nejsou
 - směr pohybu těžiště automobilu(ů) před střetem (šikmost pohybu vůči ose komunikace) pokud nejsou stopy,
 - pootočení podélné osy automobilu před střetem vůči směru pohybu těžiště (Schwimmwinkel),
 - určení náhradní střetové polohy automobilů pro realizaci impulzu rázové síly,
 - změny natočení řídicích kol vozidel při pohybu do konečných poloh (nevíme ani vzdáleně, co vystresovaný řidič vlastně v reálu dělal, ale pro pohyb do konečné polohy to může mít zásadní vliv hlavně v případech, kdy automobil po střetu nerotuje a jeho pohyb je ve směru podélné osy - ať už popředu či pozadu. Pokud však automobil masivně rotuje, nezáleží téměř vůbec na manévrování řidiče.)
 - v kterém úseku postřetového pohybu se automobil pohyboval smykem a ve kterém úseku byla dráha postřetového pohybu určena okamžitými polohami předních a zadních kol,
- e) parametry, jež se někdy nezohledňují
 - změna polohy centra rázu v průběhu trvání silové vazby mezi vozidly, a to jak vůči karoseriím, tak vůči vozovce,
 - eventuální změny brzdných sil v době po střetu.

Laikům je třeba vysvětlit, že neurčité je řešení zejména takových případů, kdy nebrzděný automobil jede po střetu v obecném směru bez zanechání stop **daleko**. Obdobně nelze určit s potřebnou přesností, o jak velký úhel se pootočil ten automobil, jenž po střetu masivně rotoval - pokud nejsou stopy na vozovce. Odborníkům je třeba vzkázat, že fyzika si neporadí s každou dopravní nehodou.

Z rozsahu deformací automobilů se dá přibližně usuzovat, jakou **vzájemnou** rychlostí se srazily, ale nelze určit, jakou rychlostí ten který automobil do místa střetu přijel. To platí obecně (Galileův princip relativity). Ze žádného parametru střetu (rozsah deformace, EES, koef. tření, rychlost vzájemného skluzu, koef. restituace, normála dotyku, GEV ...) nelze určit nic jiného než rozdíl rychlostí před střetem (jako vektor) a rozdíl rychlostí po střetu (také jako vektor). Jinak řečeno: střet proběhne přesně stejně ať jej sledujeme ze stanovitého nebo z okolo

jedoucího vlaku. K určení skutečných rychlostí už potřebujeme znát nějaké další informace o kontaktu s okolím (brzdné stopy, místo střetu, konečné polohy, směry rychlostí...)

Nejčastěji se protijedoucí automobily střetají s malým bočním přesahem či dokonce jen okraji svých přídílů. Dochází pak buď k zahákování a vyvrácení předních kol nebo k rázům se skluzem. Poloha centra střetu bývá v takových případech většinou někde mezi konečnými polohami automobilů - nikoli ale pouze uprostřed či výhradně na přímé spojnici konečných poloh. U střetů s bočním přesahem přídíl při veliké vzájemné diferencii předstřetových rychlostí a (nebo) hmotností vozidel může být pohybem jednoho vozidla vrženo to druhé vzad.

Nesprávné určení polohy místa střetu na vozovce vede vždy k nesprávnému výsledku o poměrech předstřetových rychlostí.

Aplikace počítače dává řešení punc přesnosti - to může být zcela klamné. I na obyčejné kalkulačce se lze dobrat nesprávného výsledku.

V případě střetu protijedoucích vozidel bez dokumentovaných použitelných stop se každá analýza (tedy i počítačová) podobá řešení úlohy: "jakých sedm sčítanců dává dohromady součet sto?" Problém je v tom, že u nehod není nikomu jasné, jak měnit jednotlivé parametry, aby "součet" zůstal zachován. Poctivý znalec se o to může pokusit drobnými úpravami svého řešení až nakonec dostane nějakou křivou "louži" oblasti střetu, tedy množiny možných řešení poloh centra střetu. Pokud ta "louže" bude náhodou mít tvar "činky" pak se ani on s největší pravděpodobností nedostane drobnými posuny skrze rukojeť z jednoho závaží do druhého. A pokud je opodál ještě další "louže" možných řešení, do které se nedá přejít postupnými kroky, pak je každý znalec zcela ztracen.

Je obecně problémem korektně simulovat pomocí určitých zjednodušených technicko-fyzikálních modelů i to, co máme in-natura transparentně dáno - např. nafilmovaný, zdokumentovaný crash-test dvou automobilů. Přitom jsme ve výhodě, neboť máme určitý rámec - pokud z něj řešení vybočuje, většinou hned víme, který parametr je toho příčinou. Reálná nehoda se řeší dopředně podobně, avšak něco nám již chybí: místo střetu, rychlosti, předstřetové rotace a předstřetové směry pohybu. Máme nejen více neznámých parametrů, ale chybí nám i ten viditelný rámec a my přehazujeme hodnoty parametrů sem a tam a nevíme, jak mají zapadat. Když to potom nakonec vypadá přijatelně, nemáme jistotu, zda to nešlo seřadit i jinak.

Dráhy pohybů těžišť vozidel před střetem ani po střetu nemusejí být výhradně přímkové. Směry **bezprostředně** po střetu nemusejí být dány přímkovou spojnicí konečné polohy těžiště s jeho polohou střetovou.

Z uvedeného rozboru vyplývá, že z pouhých konečných poloh automobilů nelze solidně určit polohu centra srážky v šířce vozovky žádnou analytickou metodou, pokud nejsou známy alespoň polohy některých dílčích stop vozidel **těsně** před střetem či **těsně** po střetu. Tedy nelze to řešit ani žádným počítačovým programem, byť by zohledňoval sebevíce parametrů. Čím více parametrů se vezme v úvahu, tím více nejednoznačných údajů (tolerance) vstupuje do řešení.

Něčí výpověď může být technicky přijatelná a přesto může být v rozporu s reálem a vést k obvinění nevinného. V případech střetů protijedoucích vozidel lze analyticky "potvrdit" střet téměř kdekoli na vozovce, a tak "potvrdit" technickou přijatelnost i nepravdivé výpovědi.

K použitelnosti některých stop

Pohyb střepin je náhodně omezován nárazem na protijedoucí vozidlo a dále pak podle toho, kam střepiny dopadají (vozovka či hlinitý travnatý terén) a zda dopadají rohem, hranou či na plochu. Po čelních střetech bývají uvolněné střepiny skel, plastů a laku rozhozeny do tvaru ležaté osmičky orientované šikmo tak, že leží v sektorech, jež nebyly těsně po střetu

"obsazeny" vozidly. Střepiny skla dveřních oken mohou být vymršťeny stranou prudkým přetlakem vzduchu v prostoru pro cestující. Kolem centra rázu (středu osmičky) může být soustředěno odpadlé bláto spíše jen při nízké relativní střetové rychlosti. Při střetu běžnými provozními rychlostmi lze ztěžít očekávat, že by nějaké střepiny či odpadlé bláto muselo zůstat "klidně" ležet v centru kolize. Střepiny mohou být také dále doslova roztrušovány ještě při postřetovém pohybu vozidel do konečných poloh za spolupůsobení odstředivých sil při rotaci vozidel. Při střetech vozidel různých typů či generací se běžně stává, že z jednoho vozidla je střepin podstatně více než z vozidla druhého; oblasti střepin jsou pak přirozeně nesouměrné a to mnohdy i velmi výrazně.

Vypadlé čelní sklo někdy koliduje s protijedoucím vozidlem. Vrstvené čelní sklo se nepohybuje jako vržená koule, ale letí vzduchem jako nerovinná polámaná deska.

Tedy poloha střepin ve většině případů nemůže být indicií o tom, kde přesně došlo ke střetu - přesně v tom smyslu, zda v jednom či druhém jízdním pruhu. Tím spíše nemůže být vodítkem **samotná poloha začátku** (či konce - otázka konvence) **oblasti střepin**.

Případy, kdy při střetu protijedoucích vozidel nevzniknou žádné stopy, jsou zcela výjimečné. Mnohdy vznikají před střetem a (nebo) po střetu více či méně zřetelné stopy pneumatik. Většinou vznikají kolem centra střetu rycí stopy či stopy otěru pryže uspořádané centricky do útvaru připomínajícího vír. Původ to má v zaklesnutí (obvykle levých) předních kol protijedoucích osobních automobilů. Kola pak v průběhu vlastního vyvrácení vykonávají pohyb do určité míry autonomní vůči karoserii, přirozeně za současného vzniku masivních deformací. Pokud dojde k destrukci pneumatiky, bývá stopa po trajektorii pohybu ráfku zpravidla za dne nepřehlédnutelná. Pokud je chladno, vzniká zpravidla světlá abrazivní stopa po ráfku na vozovce, a pokud je teplo, může vzniknout plastický žlábek po rytí ráfku v asfaltové obrusné vrstvě vozovky.

Dále přichází v úvahu vznik stop chladicí kapaliny, jež je v zahřáté chladicí soustavě pod přetlakem. Čelo automobilu (byť deformované) brání rozstříku ve směru vodorovném, a tak kapalina stříká převážně dolů a "kreslí" na vozovce stopu pohybu předě automobilu.

V případech nehod ohledávaných za tmy by se nějaké takové stopy nejspíše mohly na vozovce dodatečně nalézt, kdyby bylo místo ohledáno a fotografováno ještě znovu za denního světla druhý den ráno. **Jde tedy o to stopy na místě kvalifikovaně hledat a to ne jen v nejbližším okolí konečných poloh automobilů.**

K eventuálnímu vytvoření precedentního případu

Neměli bychom sami sobě zapřít uvedené okolnosti jen z obav, že se vytvoří precedens: jakási "móda neřešitelnosti" obdobně jako když "poraněním" krční páteře "trpí" po nehodě v některých zemích mnohonásobně více lidí než u nás, tedy že kdekdo bude po nehodě zpochybňovat výsledky analýzy pohybu vozidel.

Případy, kdy opravdu žádné stopy nevzniknou, jsou výjimečné - viz předchozí kapitolu - nejsou-li ale skutečně žádné indicie, z nichž by bylo možno stanovit zcela objektivně a s jistotou, kde přesně v šířce komunikace došlo ke střetu, mělo by být svědomitě konstatováno, že nelze prokázat, který z řidičů vjel do protisměru. Pokud to znalec policejnímu orgánu či soudci přijatelně (písemně) zdůvodní, lze věc projednat v krátké lhůtě spíše, než v obsáhlém a drahém posudku vše vykreslit, propočítat a nakonec konstatovat, že ke střetu mohlo dojít v příslušném i v protisměrném jízdním pruhu.

K posuzování poměrů při střetech protijedoucích vozidel

Většinou se zkoumá, který z řidičů přesáhl pomyslný střed šířky vozovky. Mimoděk se tak přebírá laický výklad účastníků, kteří argumentují, že ten druhý přesáhl střed vozovky. Přitom může jít o střet nákladního automobilu jedoucího těsně kolem větví zasahujících nad vozovku s protijedoucím Trabantem jedoucím "ve své polovině" ale ve velkém odstupu od volného okraje vozovky. **Pravidla provozu na pozemních komunikacích neznají pojem**

"**střed šířky vozovky**" ani pojem „**střed šířky jízdního pásu**“. Je třeba se starat, který z účastníků nejel při pravém okraji vozovky, či zda tam byly nějaké okolnosti, které takovému způsobu jízdy bránily.

Na úzkých komunikacích (např. vedoucích k chatovým osadám a podobně) přísluší otázka, zda řidič v nepřehledné zatáčce jel jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo **na polovině délky rozhledu** - vyplývá to z příkazu přizpůsobit rychlost jízdy okolnostem, které je možno předvídat. Lze přece požadovat předvídání možnosti míjení s protijedoucím nákladním automobilem, kdy součet šířek nutných koridorů vozidel bude větší, než šířka zpevněné plochy komunikace. Druhou polovinu délky rozhledu musí mít na úzké vozovce k dispozici ten protijedoucí.

6.16 Podmínky pro správnou aplikaci (podporu) PC při analýze dopravních nehod

Pro analýzu dopravních nehod se vžila podpora počítačovými programy – to je správný trend, má však svá **úskalí**. Pro správnost řešení nelze argumentovat, že „to tak vyšlo z počítače“. I na obyčejné kalkulačce bude nesprávným řešením součet $4 + 4$, pokud příslušné sčítance měly být $4 + 6$. Použití počítače a výpočtového programu bez znalostí fyzikálních souvislostí lze přirovnat k psaní na stroji bez znalosti gramatiky.

Většina výpočetních programů je postavena na dopředném řešení: znalec odhadem zvolí parametry pro počátek nehodové situace (počáteční rychlosti a směry pohybů) a pro její průběh (např. hodnoty EES), ty potom postupně upravuje (doslova heuristicky), počítačový program mezitím dopočítává ostatní související parametry. Až se podaří přivést vozidla do příslušných konečných poloh, prohlásí se hodnoty parametrů za výsledky řešení. Tedy za postačující kritérium správnosti řešení bývá často považováno – **bohužel nesprávně** - že „vozidla byla simulací přivedena do odpovídajících konečných poloh“. Toto kritérium je nutné, nikoli však postačující. Ukažme si **konkrétní případ nesprávného řešení**, jež vyhovovalo zmíněnému kritériu: před autobusem stojícím v zastávce vyšlo dítě do dráhy automobilu FORD Transit, jež právě stojící autobus objížděl. Bylo to v obci, kde je rychlost jízdy omezena na 50 km/h. Automobil FORD zanechal blokovací stopy na suchém asfaltu v délce 39,8 m (tedy téměř 40 m), v průběhu brzdění se střetl s dítětem, a nakonec narazil do stromu, přičemž se značně poškodil (včetně chladiče, motoru a přední nápravy). Znalec při aplikaci výpočetního programu PC-Crash „ladil“ vstupní hodnoty, až se mu podařilo přivést automobil po zanechaných stopách do konečné polohy u naraženého stromu. Za výsledek pak prohlásil hodnotu počáteční rychlosti $51 \text{ km/h} \pm 5\%$. Jednoduchým kontrolním výpočtem se dalo zjistit „odpovídající“ brzdné zpomalení $1,6 \text{ m.s}^{-2}$. Znalec tak nevědomky dospěl k řešení, jak by byl probíhal pohyb automobilu po téže dráze a s nárazem správnou rychlostí na strom, **ale na ledě**. Nezkontroloval, jakou hodnotu brzdného zpomalení „**musel**“ počítač použít, aby přivedl automobil do konečné polohy s nárazem na strom, a aby současně vyhověl zadané počáteční rychlosti 51 km/h. Skutečná rychlost jízdy automobilu na počátku brzdění měla vyjít vyšší než 80 km/h. Rychlost automobilu FORD Transit byla ve zmíněném znaleckém posudku hrubě podhodnocena. Pokud by byl řidič dodržel dovolenou rychlost 50 km/h, ke střetu by nebylo došlo – byl by mohl za jinak shodných podmínek dokonce zastavit před místem, kde dítě přecházelo. Z toho plyne poučení, že je nutno průběžně kontrolovat, zda žádný z parametrů pohybu nevybočuje z reálu – v předmětném příkladě zda například brzdné zpomalení odpovídá suché vozovce (a nikoli jízdě na ledě). Poznamenejme, že program Impulz-Expert poskytuje průběžnou vizuální (grafickou) kontrolu, zda výpočtové parametry jsou ve fyzikálním souladu s realitou.

Míra pružnosti / plasticity rázu se vyjadřuje **koeficientem restituace k**, což je **záporná hodnota poměru rychlosti odrazu k rychlosti dopadu**. Proč záporná? Protože

rychlosti jsou vektory, rychlost odrazu mívá (při kolmém dopadu) opačný smysl než rychlost dopadu, koeficient restituce pak vychází (po změně znaménka) kladný. Ze středoškolské fyziky víme, že pro dokonale plastický ráz přísluší $k = 0$, pro dokonale pružný ráz přísluší $k = 1$. **V oboru analýzy dopravních nehod však přichází v úvahu hodnota koeficientu restituce k také záporná:** to v případech, kdy nárazem na překážku dojde sice k úbytku rychlosti, ale vozidlo pokračuje v pohybu směrem jen málo úhlově odchýleným od směru před nárazem – například při nárazu okrajem přídě na nároží bariéry, ale také při neúplném bočním překryvu přídí protijedoucích vozidel.

Hodnota koeficientu restituce k závisí na velikosti rázové síly: narazí-li osobní automobil přídí na pevnou bariéru rychlostí do 4 km/h, nemá dojít k vzniku trvalých deformací. Automobil však měl před rázem určitou kinetickou energii, nárazem se zastavil, tedy vznikla určitá rázová síla, jež určitě způsobila nějaké deformace na přídí vozidla. Jestliže vozidlo je po odrazu nedeformované, znamená to, že deformace byly dokonale pružné – koeficient restituce byl $k = 1,00$. Narazí-li tentýž automobil na tutéž bariéru rychlostí například 80 km/h, vzniknou značné trvalé (plastické) deformace. Ze zpomalených videozáznamů bychom mohli zjistit, jaké byly deformace celkové (včetně elastické složky) – hodnota koeficientu restituce bude nízká, například okolo $k = 0,1$.

Principiálně problematická je aplikace samotné počítačové simulace pro řešení otázky, zda nehoda je skutečná (spontánní) či fingovaná. K tomu viz výklad v odstavci „K možnostem numerického řešení problematiky fingovaných nehod“ kapitoly 8.6.

Ty, kteří bez náležité úvahy „řeší“ všechny reálné i fingované nehody aplikací výpočetních programů, nazval kdysi pan prof. Ing. Gustav Kasanický, CSc úsměvně ale výstižně „**krešisti**“ (od PC-Crash, V-Crash).

7 Interakce s prostředím

7.1 Silnice, jízdní pás (vozovka), krajnice

Názvosloví pozemních komunikací je dáno normou ČSN 73 6100 Názvosloví pozemních komunikací, a dále zákonem č.13/1997 Sb. o pozemních komunikacích. Názvosloví týkající se provozu na pozemních komunikacích je dáno zákonem č.361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích.

Uvedme zde jen problematiku základních pojmů.

Silnice se rozumí včetně krajnic, směrových sloupků a všeho vybavení. Patří mezi pozemní komunikace (silnice, dálnice, rychlostní komunikace, místní komunikace, účelové komunikace).

Pojmem „**Zpevněná část**“ se v policejní praxi označuje to, co je postaveno ze živičné směsi, z betonu nebo dlažby (tedy včetně zpevněných krajnic).

V ČSN 73 6100 je **krajnice** definována (čl.4.4.11): *Krajnice je šířkový prvek koruny pozemní komunikace mezi dopravním pásem a hranou koruny; skládá se zpravidla ze zpevněné a nezpevněné části; do šířky zpevněné části krajnice se funkčně (nikoliv stavebně) započítává i šířka přilehlého vodicího proužku.* V zák.č.361/2000 Sb. (§ 2 písm.v)): *Krajnice je část povrchu pozemní komunikace ležící mezi okrajem přilehlého jízdního pruhu a hranou koruny pozemní komunikace, skládá se zpravidla ze zpevněné a nezpevněné části.* Tedy mezi definicemi pojmu *krajnice* v Normě a v Zákoně není věcná diference. Za povšimnutí stojí, že v citovaných definicích není užit pojem „vozovka“, jenž je v ČSN 73 6100 uveden takto: *Vozovka je zpevněná část pozemní komunikace určená pro pojíždění vozidel* – poznamenejme, že vozidla jsou i jízdní kola, a že za pojíždění lze považovat i manévr zaparkování. V normě ČSN 73 6101 „Projektování silnic a dálnic“ pojem *vozovka* není obsažen ve výpisu prvků šířkového uspořádání koruny silnice nebo dálnice (kapitola 9), neboť

je vztahován k stavební konstrukci a nikoli k funkční ploše (viz např. čl.10.2.2 „Vozovka a pláň“) – vozovkou v tomto smyslu je konstrukce stavěná jednotnou technologií, na dálnici či silnici tedy celá **zpevněná plocha**, na níž pak jsou dodatečně vyznačeny jízdní pruhy a krajnice (popř. přídatné a přidružené pruhy, parkovací stání apod.). Vozovka byla definována ve vyhlášce č.99/1989 Sb. jako *část silnice určená především pro provoz motorových vozidel*. To ovšem neodpovídá normě ČSN 73 6101, a možná proto již nadále pojem vozovka není definován v zákoně č.361/2000 Sb.

V zák.č.13/1997 Sb. o pozemních komunikacích je v § 11 odst.3 stanoveno, že *Těleso průjezdního úseku silnice je ohraničeno šířkou vozovky s krajnicemi mezi zvýšenými obrubami chodníků, zelených pásů nebo obdobných ploch. Na náměstích a podobných prostranstvích je šířkou průjezdního úseku šířka pruhu odlišeného od okolního povrchu druhem nebo materiálem vozovky.*

Ve světle uvedených souvislostí se pojem „vozovka“ jeví jako nejednoznačný, když navíc jeho definice skončila s koncem platnosti vyhl.99/1989 Sb. (do zákona č.361/2000 Sb. nepřešla). Pro *část silnice určenou především pro provoz motorových vozidel* je vhodnější pojem „**jízdní pás**“, na němž mohou být vyznačeny „*jízdní pruhy*“.

Nicméně pojmem „vozovka“ bývá v policejní praxi i ve veřejnosti obvykle označen tzv. **jízdní pás**. Poznamenejme, že i v zákoně č.361/2000 Sb. je pojem *vozovka* běžně užíván, ač tam není v § 2 definován. Většina výskytů slova „vozovka“ v zákoně je přijatelných jak pro samotný jízdní pás, tak i pro celou „**zpevněnou část**“ (včetně krajnic), kromě § 11 odst.1 „*Na pozemní komunikaci se jezdí vpravo, a pokud tomu nebrání zvláštní okolnosti, při pravém okraji vozovky, pokud není stanoveno jinak*“, § 21 odst.3 „*Před odbočováním vpravo se musí řidič zařadit co nejbližší k pravému okraji vozovky; ...*“, § 36 odst.1 písm.a) „*...Při nouzovém stání podle § 26 odst. 3 musí vozidlo stát na krajnici, a jen není-li to možné, na vozovce...*“.

Proto i v těchto skriptech je pojem „vozovka“ ponechán na místech, kde přichází v úvahu zároveň „jízdní pás“ i celá „zpevněná plocha“.

Na pozemní komunikaci, kde jízdní pás není vymezen vodíčovými čarami ani obrubníky chodníků, nelze po řidiči požadovat, aby se orientoval podle projektové dokumentace či dle katastrální mapy. Je odkázán na to, co vidí před sebou na komunikaci. V takovém případě lze za jízdní pás eventuálně považovat plochu běžně pojížděnou vozidly, tedy plochu s čistým povrchem, zatímco plocha pojížděná jen sporadicky, mající povahu krajnice či plochy odstavné, bývá znečištěna zbytky posypového materiálu a prachu odházenými právě z jízdního pásu běžným provozem vozidel.

7.2 Jak se udává sklon vozovky

Ve spádech silničních komunikací se pohybujeme v proporcích malých úhlů kde platí téměř přesně, že $\cos x = 1,0$ a dále že $\sin x = \operatorname{tg} x$. V silničním projektování se všechny délkové údaje vztahují zásadně k průmětu do vodorovné roviny. Skutečné (šikmé) délky se liší zcela zanedbatelně, neboť největší dovolený podélný sklon na silnicích projektovaných v horském území po roce 1962 je 9 %, to je úhel = $5^{\circ} 08'$ od vodorovné, přičemž $\cos x = 0,996$, tedy difference mezi šikmou délkou a jejím průmětem do vodorovné je jenom čtyři promile.

V souvislosti s již zmíněnou projekční praxí v silničním stavitelství poznamenejme, že podélný spád silnic S a příčný sklon vozovek P se neudává úhlem ve stupních ani v gradech, ale v procentech, což představuje změnu výšky v metrech na 100 m délky v půdorysu. Procenta přesně odpovídají stonásobku tangenty úhlu stoupání a tangenta se pro malé úhly rovná téměř přesně sinu úhlu stoupání S .

Odborník znalý silničního stavitelství proto nepíše v příslušných výpočtových vztazích sinus, ale stoupání S [%], a automaticky uvažuje $\cos x = 1,0$. Hodnoty jako např. \cos

$x = 0,997$ musejí uvažovat třeba konstruktéři strojů, ale ve znaleckých výpočtech délek na silnici a ve výpočtech silových poměrů působících na vozidlo v podélném či v příčném sklonu to působí neprofesionálně. Hodnoty $S = \tan x$ se ovšem nezanedbávají, neboť S se nerovná nule, není-li vozovka skutečně vodorovná.

7.3 Adheze pneumatik v analýze silničních nehod

„Adheze pneumatik v analýze silničních nehod“ je pojednána ve stejnojmenných samostatných elektronických skriptech.

7.4 Meteorologické pojmy

- související s problematikou provozu na pozemních komunikacích.

Následující pojmy jsou uvedeny podle Meteorologického slovníku výkladového a terminologického (lit.[11]) se zkráceným komentářem.

Ledovka – souvislá, zpravidla homogenní průhledná ledová usazenina s hladkým povrchem, která se tvoří zmrznutím přechlazených kapiček mrholení nebo dešťových kapek na předmětech, jejichž teplota je mírně pod 0°C . Ledovka jako průvodní jev mrznoucího mrholení nebo mrznoucího deště vzniká obvykle při teplotách vzduchu od 0 do 3°C . Tvoří se jak na vodorovných tak na svislých či šikmých plochách, ve větvích stromů, na vodičích, kamenech, chodnicích, vozovkách apod. v souvislé vrstvě, takže pokrývá celé těleso. Ledovku téměř nelze mechanickým způsobem oddělit (odtrhnout) od tělesa, na němž se vytvořila. Při děletrvajících podmínkách, vhodných pro její tvorbu, může vrstva ledu dosáhnout tloušťky několika cm. Vlivem velké hmotnosti, popř. tlakem silného větru nebo kombinovaným namáháním, se lámou silné větve nebo i celé stromy a vznikají havárie venkovních elektrických vedení (přetrhané vodiče, pokroucené a polámané stožáry) a horních částí ocelových stožárů vysílačů. Měrná hmotnost ledovky bývá 700 až $900 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. **Ledovka na zemi bývá nesprávně zaměňována s náledím.** Někdy při několikadenním trvání námrazového cyklu dochází ke střídavému vytváření námrazových jevů a ledovky, takže usazená vrstva se potom skládá z různých vrstev, složených ze zrnité námrazy, průsvitné námrazy a ledovky.

Náledí – ledová vrstva pokrývající zemi, která vzniká

- a) jestliže nepřechlazené dešťové kapky nebo kapky mrholení zmrznou na zemi,
- b) jestliže voda z úplně nebo částečně roztáleného sněhu na zemi opět zmrzne,
- c) jestliže zmrzne sníh částečně roztálený při provozu vozidel na silnicích a cestách.

Formy náledí b) a c) bývají označovány termínem **zmrazky**. Náledí se vyskytuje, je-li teplota zemského povrchu nižší než 0°C . **Na rozdíl od ledovky** se na vzniku náledí nepodílejí přechlazené vodní kapičky.

Námraza –

1. zkrácené označení pro **zrnitou námrazu**;
2. v technické praxi označení pro některé formy **námrazků**.

V silniční dopravě se pojmem námraza rozumějí všechny formy ledových usazenin na vozovkách včetně **náledí a zmrazků**.

Námraza krystalická, jinovatka – jeden z námrazových jevů. Je tvořen křehkou ledovou usazeninou ve tvaru jemných jehel nebo šupin. Vzniká zpravidla při teplotách nižších než -8°C při mlze nebo bez ní. Námrazu krystalickou lze snadno odstranit poklepem. Není příčinou škod na vegetaci, elektrických vedeních ani neohrožuje bezpečnost leteckého provozu.

Námraza průsvitná – jeden z námrazových jevů. Vytváří se jako hladká kompaktní, obvykle průsvitná usazenina ledu s drsným povrchem. Námraza průsvitná je podobná ledovce, vytváří se však poměrně pomalým mrznutím kapek mlhy nebo oblaku při teplotách

mezi -3 a 0°C , které mají možnost před změnou své fáze zaplnit všechny skuliny na povrchu předmětů i mezi již zmrzlými kapkami. Narůstá zejména na hranách předmětů obrácených proti větru a od povrchu předmětu může být oddělena jedině rozbitím nebo táním. Působí škody na vegetaci, trhá elektrické a telefonní vedení, ohrožuje letecký provoz.

Námraza zrnitá – jeden z námrazových jevů, nazývaný též jen námraza. Vytváří se jako zrnitá, obvykle bílá usazenina, ozdobená krystalky ve tvaru větviček složených z ledových zrněk, oddělených vzduchovými mezerami. Vzniká při teplotách mezi -2 a -10°C rychlým zmrznutím zpravidla přechlazených vodních kapek mlhy nebo oblaku při styku s předměty na zemském povrchu nebo na plochách letadla. Narůstá rychleji na hranách obrácených proti větru. Je poměrně přilnavá, může však být ještě odtržena od předmětu, na němž je usazena.

Námrazky, jevy námrazkové – souhrnné označení pro námrazové jevy, ledovku a lepkavý sníh. Mezi námrazky se tedy nepočítá jíní, náledí ani zmrazky. Všechny druhy námrazků se liší jak vzhledem, tak původem, ovšem přechod od jednoho druhu k jinému nebývá ostrý, protože podmínky vzniku jednotlivých druhů nebývají zřetelně vymezeny, a tím teploty vzduchu, které se uvádějí jako typické pro vznik určitých námrazků, mají jen orientační význam.

Oblačnost nazýváme všechny oblaky vyskytující se na obloze, bez ohledu na jejich druh, tvar a výšku. V synoptické meteorologii (zabývající se předpovědí počasí) se vyjadřuje v osminách pokrytí oblohy (určuje se zpravidla odhadem) a nepřímo udává trvání slunečního svitu:

$\leq \frac{1}{8}$ – jasno

$\frac{2}{8}$ – skoro jasno

$\frac{3}{8}$ – malá oblačnost

$\frac{4}{8}$ – polojasno, polooblačno

$\frac{5}{8}$ až $\frac{6}{8}$ oblačno

$\frac{7}{8}$ - skoro zataženo

$\frac{8}{8}$ – zataženo.

Srážky atmosférické rozeznáváme **padající**, původem z různých druhů oblaků i mlhy (děšť, mrznoucí děšť, mrhnutí, mrznoucí mrhnutí, sníh, sněhové krupky, sněhová zrna, krupky, zmrzlý děšť, kroupy a ledové jehličky), a **usazené** (rosa, jíní, námraza a ledovka). Oba typy se mohou vyskytovat ve formě kapalné i tuhé. Pravděpodobnost výskytu i hodnocení se vyjadřuje v % podle rozšíření srážek na ploše území takto:

ojedinělé 5 až 29 % ,

místy 30 až 69 % ,

většinou (občas při srážkách přeháňkového charakteru) 70 až 89 % ,

na celém území 90 až 100 % .

Intenzita srážek se vyjadřuje množstvím vody v mm za hodinu trvání nebo jako úhrn za 24 hodin. Jeden milimetr srážek představuje množství vody jeden litr na čtvereční metr území.

Dohlednost - vzdálenost, v níž je kontrast daného objektu a jeho pozadí právě roven prahu kontrastové citlivosti oka pozorovatele.

Dohlednost meteorologická (nikoli viditelnost) – ve dne největší vzdálenost, na kterou lze spolehlivě rozeznat černý předmět o úhlové velikosti mezi $0,5$ až 5° , umístěný u země na pozadí mlhy nebo oblohy (měří se nebo pozoruje podle objektů, jejichž vzdálenost je známa v horizontálním směru); v noci největší vzdálenost, na kterou jsou spolehlivě rozeznatelná světla určité stálé a směrově málo proměnlivé svítivosti.

Viditelnost – pojem související s definicí meteorologické dohlednosti. Charakterizuje rozpoznatelnost objektu u horizontu bez umělého osvětlení, popř. rozlišení ojedinělého umělého světla ve dne nebo v noci v blízkosti horizontu. Přitom se uplatňují jak vlivy spojené se stavem atmosféry, tak psychofyziologické faktory působící na pozorovatele.

Mlha je atmosférický aerosol, sestávající z velmi malých vodních kapiček popř. drobných ledových krystalků rozptýlených ve vzduchu, který zmenšuje vodorovnou viditelnost při zemi třeba jen v jednom směru pod 1 km.

Kouřmo je atmosférický aerosol z mikroskopických vodních kapiček nebo vlhkých hygroskopických částeczek vznášejících se ve vrstvě vzduchu při zemi. V pozorovatelské praxi se kouřmo zaznamenává jen v rozpětí viditelnosti od 1 do 10 km. Na rozdíl od mlhy, v níž vodorovná viditelnost je menší než 1 km, při kouřmu není vzduch vodními parami nasycen, i když poměrná vlhkost vzduchu je i při kouřmu vysoká. Název „kouřmo“ nesouvisí s kouřem.

Zákal je způsoben přítomností mikroskopických částic prachu a kouřových zplodin (v městských a průmyslových oblastech), které jsou tak četné, že způsobují opalescenci a snižují viditelnost. Zaznamenává se tehdy, snižuje-li meteorologickou dohlednost pod 10 km.

Vítr – v běžné řeči se za vítr považuje jen horizontální složka vektoru větru. **Směr větru** se vyjadřuje hlavními zeměpisnými směry a mezisměry, odkud vítr vane na pozorovací stanoviště. **Rychlost větru** se udává v metrech za sekundu – např. **vichřice** (devátý stupeň Beaufortovy stupnice síly větru) odpovídá rychlosti $20,8$ až $24,4$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ nebo 75 až 88 km/h , **vichřice mohutná** (jedenáctý stupeň 11°B) $28,5$ až $32,6$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ nebo 103 až 117 km/h , **orkán** (dvanáctý nejvyšší stupeň 12°B) $32,7$ a více $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, což je nejméně 118 km/h .

Teplota vzduchu – není-li jinak uvedeno, rozumí se teplota vzduchu ve výšce 2 m nad zemským povrchem měřená v meteorologické budce. Běžně vyjadřuje v celých stupních Celsia. Pokud se uvádějí **přízemní minimální teploty**, jedná se o přízemní vrstvu ovzduší 5 cm.

7.5 Vznik a lokalizace náledí

Ledovka a náledí se navzájem liší původem svého vzniku: z přechlazených a neprechlazených vodních kapek, jak je to popsáno v předchozí kapitole. Pro účely pojednání o souvislostech se silničním provozem je v následujícím textu této kapitoly zahrnuto obojí pod pojem "náledí".

Zvlášť užitečné může být pro řidiče vědět, že náledí se tvoří při teplotách kolem nuly stupňů Celsia. Za velkého mrazu bývá náledí už vyvinuto, ošetřeno, nebo jinak zřejmé. Dodatečně se vytváří za velkého mrazu jen výjimečně, když například někde praskne vodovodní potrubí. Tedy na náledí je třeba si dávat pozor zejména při teplotách kolem nuly. Je dobré mít v automobilu měřidlo venkovní teploty, nejlépe se zvukovou signalizací, když teplota klesne pod cca plus 2 stupně Celsia.

Vodní kapky po dopadu získávají ihned velkou stykovou plochu s chladným povrchem, rychle ztrácejí své skupenské teplo a mrznou téměř okamžitě. Náledí se může vyvinout do kritického nesjízdného stavu už za dobu okolo 10 minut. To se pak nedá ošetřit posypem naráz na větší rozloze silniční sítě.

K tomu lze poznamenat, že ochlazování dešťových kapek (pokles teploty na 0°C) probíhá již během dopadu na zem včetně předání části skupenského tepla vody do vzduchu. Voda pak dopadá na zem "připravena" k rychlé přeměně na led. Tedy podobně nebezpečná je i ledovka, která se tvoří zmrznutím přechlazených kapiček na zemském povrchu, je-li jeho teplota mírně pod bodem mrazu.

Lze konstatovat, že nejpomaleji se tvoří náledí kondenzací vodních par (mlhy) přímo nad vozovkou.

Na chladnějším povrchu atmosférická vlhkost kondenzuje. Intenzita kondenzace vodních par při dané relativní vlhkosti závisí také na tepelné vodivosti a na měrné tepelné kapacitě materiálu, na němž voda kondenzuje - srovnejme vznik ledového povlaku na parkujících vozidlech, zatímco na budovách i nevytápěných se ledový povlak ještě netvoří. V

těchto souvislostech je možné, že náledí se vytvoří na vozovce dlážděné intenzivněji, než na vozovce s asfaltovým povrchem.

Ve vzduchu se může udržet jen takové množství vody, které odpovídá nasycení vodních par při dané teplotě a tlaku vzduchu. Pro vznik onoho záludného mokrého náledí musí být tedy splněny tyto podmínky: konstrukce vozovky prochlazená pod teplotu mrznutí a k tomu buď mrhnutí (při relativní vlhkosti 100 %) nebo vysoká relativní vlhkost vzduchu při teplotě klesající pod tzv. rosný bod, kdy přebytečná vlhkost kondenzuje na předmětech, jejichž teplota je nižší než rosný bod. Jde tedy o přesně definovatelný labilní stav, který při daném váhovém množství vody ve vzduchu vytváří podmínky ke kondenzaci. S ubývající výškou přibývá atmosférický (barometrický) tlak o ca +1,2 hPa na každých -10 m výšky. Ke kondenzaci může tedy docházet při proudění vlhkého vzduchu podél svahu terénu. Proto také při výškových rozdílech terénu bývá náledí omezeno jen na poměrně nízký pás výšek - například jen cca 20 m (jako sedmipatrový dům).

Vliv nadmořské výšky na teplotu prostředí a na průběh mrznutí (barometrický tlak) se uplatňuje v souvislosti s místním rozvrstvením atmosféry v daném čase.

Při proudění vzduchu podél mokré plochy dochází i při teplotách blízkých bodu mrznutí k zvýšenému odpařování (oproti bezvětří) - přitom odnímáním skupenského tepla vody se povrch dále ochlazuje na teplotu nižší, než je teplota proudícího vzduchu.

Z uvedeného vyplývá, že náledí může být v určité širší oblasti lokalizováno místně i výškově na poměrně malém území, neboť k jeho vzniku jsou nutné určité přesné kombinace meteorologických podmínek (výška, tlak, teplota, rosný bod, směr větru, tvar území), a že výskyt kritického druhu (mokrého hladkého) náledí není naštěstí příliš častý.

V případech rychle vzniklého náledí, řešených v souvislosti s analýzou dopravních nehod, se jedná nejčastěji o náledí vytvořené na části delšího úseku silnice v podélném spádu, tedy překonávající větší výškový rozdíl terénu. Není to samozřejmě jediný možný způsob lokalizace náledí - to může vzniknout i v rozsáhlejšího území, ale je to stav, kterým jsou zaskočeni nejen řidiči, ale i pracovníci silničních správ.

Řidič jedoucí takovou rychlostí, ze které je schopen zastavit na délce rozhledu na mokré vozovce, nemůže z téže rychlosti zastavit za jinak shodných podmínek na náledí.

K tomu, aby řidič mohl přizpůsobit rychlost jízdy stavu vozovky (např. náledí), musel by být o náledí informován předem, aby mohl snížit rychlost jízdy dříve, než přijede až na plochu náledí. Jenže mokré náledí tvořící se z mrznoucího deště bývá někdy problematické rozpoznat i z pohledu chodce. Nelze jej tedy zjistit pohledem z míst řidičů ze vzdálenosti řádově sto metrů. V tom právě tkívá záludnost náledí.

Záludné jsou v této souvislosti zejména mosty, kde mostovka s vozovkou prochází i odspodu. To je důvod, proč se na mostech osazují do dělicích čar odrazky modré barvy tzv. "dopravní knoflíky" (nazývané výstižně též kočičí oči). Bílé dopravní knoflíky doplňují podélnou čáru přerušovanou nebo vodicí čáru, modré lze užít na mostech a úsecích se zvýšeným nebezpečím častého výskytu náledí. To je též dobré vědět.

Uveďme si příklady nehod v zimních podmínkách.

Ve zprávě Českého hydrometeorologického ústavu se konstatuje, že v noci se držela teplota při zemi kolem -5°C , k ránu přecházela teplá fronta. Místo nehody je v nižší poloze, v úvahu tedy přicházejí dešťové srážky namísto sněhových. V důsledku podchlazení povrchu pod 0°C mohlo dojít k tvoření náledí. V důsledku teplotní inverze se mohly vyskytovat i úseky s nezmrzlým povrchem, především záleželo na reliéfu terénu, přechodu z vyšších do nižších poloh a naopak.

Ze záznamů nočních služeb cestmistrovství v okolí plyne, že na většině území bylo klidno (bezvětří). Svědkové z místa nehody se však shodují v tom, že na místě nehody vál mrazivý vítr. Byly zde tedy lokálně odlišné podmínky obdobně, jako když se někde vytvoří větrný vír.

V daném případě byly dány všechny podmínky pro nejrychlejší tvorbu náledí a v uvedených souvislostech lze konstatovat, že kritický stav náledí se zde mohl vytvořit již za dobu 10 minut.

Náledí se v dolině tvořilo velice rychle, což bylo zřejmé zejména na fotografiích autobusů, které byly do jisté míry prohřáté a přesto se na jejich vnějším povrchu tvořilo náledí - obrazně řečeno se z nich tvořily ledové koule.

Rychlý vývoj náledí měl také za následek míru obtíží jednotlivých řidičů tak, jak postupně k místu sjížděli.

V jiném případě z meteorologické zprávy plyne, že naše území bylo pod vlivem rozsáhlé tlakové výše nad střední Evropou a současně trvala výrazná teplotní inverze, takže minimální teplota klesla v noci na -7°C , ale v nadmořské výšce 1560 m ve volné atmosféře byla teplota vzduchu $+8^{\circ}\text{C}$. Meteorologové konstatovali, že při obdobných povětrnostních situacích v zimním období může dojít k místním srážkám ve formě sněžení nebo mrznoucího mrholení. Na nejbližší srážkoměrné stanici padalo mrznoucí mrholení od 9:30 do 10:00 h a vytvořilo se náledí. K mrznoucímu mrholení pravděpodobně došlo i na kritickém místě a nejednalo se o povětrnostní jev zasahující plošně velikou oblast. Došlo k takové souhře okolností povětrnostních vlivů, že šlo o kalamitní situaci, jež se vytvářela v omezených oblastech.

8 Speciální otázky

8.1 Přiměřená rychlost jízdy

Vysvětlení pojmu "přiměřená rychlost" musí vycházet z platného znění pravidel provozu na pozemních komunikacích, tj. zákona č.361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích:

§ 18

Rychlost jízdy

(1) Rychlost jízdy musí řidič přizpůsobit zejména svým schopnostem, vlastnostem vozidla a nákladu, předpokládanému stavebnímu a dopravně technickému stavu pozemní komunikace, její kategorii a třídě, povětrnostním podmínkám a jiným okolnostem, které je možno předvídat; smí jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, na kterou má rozhled.

Je stanoveno, že "řidič smí jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, na kterou má rozhled". Tedy přiměřená rychlost je nejvýše taková, ze které je daný (konkrétní) řidič schopen zastavit dané (konkrétní) vozidlo před nepohyblivou překážkou na vzdálenost, na kterou má rozhled. Je to individuální a záleží i u jednoho a téhož člověka na momentálním soustředění (reakční doba), na stavu vozovky (suchá, mokrá, kluzká, klesání). Přiměřenou rychlost lze exaktně odvodit (pro dané meze reakční doby) jen v případech, kdy je délka rozhledu dána fyzicky: například v nepřehledné zatáčce, při omezení rozhledu nárožím objektů, vegetací, svahem výkopů apod. Problematické je naopak určení "přiměřené rychlosti" za snížené viditelnosti, neboť není stanoveno, před jak moc "neviditelným" objektem je povinen řidič zastavit - nevím o judikátu, který by tento technicko-právní problém řešil. Přiměřenou rychlost nelze vztahovat k překážce pohyblivé (kromě případů, které "lze předvídat" - viz následující odstavec), tedy nelze například hovořit

o nepřiměřené rychlosti ve vztahu nehodě při níž chodec vběhne do dráhy vozidla v obecném místě pozemní komunikace.

Zároveň je stanoveno, že *"Rychlost jízdy musí řidič přizpůsobit m.j. ... okolnostem, které je možno předvídat"* - to může být možná (otázka právní) vstup chodce na přechod ze zákrytu vozidlem zaparkovaným protiprávně v těsné blízkosti před přechodem, ale také jízda jen takovou rychlostí, aby byl řidič schopen zastavit vozidlo na polovině délky, na kterou má rozhled v nepřehledné zatáčce na mimořádně úzké vozovce (například k chatové osadě), kde lze předvídat nutnost míjení s protijedoucím nákladním automobilem – druhá polovina by měla být k dispozici řidiči protijedoucího vozidla. Jsou to sice souvislosti právní, nicméně znalec jako odborník by je měl přiměřeně sdělit tomu, kdo věc posuzuje z právního hlediska.

8.2 Posouzení reakce a jednání účastníků dopravní nehody

K rozhodování ve věcech dopravních nehod většinou nepostačuje jen údaj o rychlosti jízdy vozidla. Soud potřebuje také podklady k posouzení reakce. Uvažuje i okolnosti, které jsou pro obžalovaného polehčující. Znalec by měl soudci poskytnout technické podklady i k těmto úvahám.

Nestor znalců pan Ing. Jiří Smrček uvedl: *"Především technický znalec se musí v souvislosti s jednáním řidičů zúčastněných na nehodě zabývat náplní a správnou realizací pravidel silničního provozu, aby vznik nehody mohl vysvětlit a posudek byl komplexní. Při tom naprosto nezasahuje do právního hodnocení."*

V lit.[2, 3, 6, 32] jsou uvedena kritéria pro určení, jak dlouhou reakční dobu řidiče lze pro daný konkrétní případ považovat ještě za přijatelnou (viz zde kapitulu 6.10 „Reakční doba“ na str.85). Znalci někdy toto **kritérium zaměňují za reál** a pak ovšem skutečnou reakční dobu nestanovují. Je nutno určit, od kterého okamžiku se mohla a měla dopravní situace začít jevit jako kritická, to jest jako nezpůsobitelná pro pokračování v nezměněném režimu pohybu - jak říkal Smrček.

Základ pro posouzení reakce v nehodové situaci byl uveřejněn už v lit.[42]. Vzhledem k tomu, že se na tuto problematiku mnohdy zapomíná, uveďme zde citaci:

"Je potřeba, aby znalec zjistil, kdy a kde jednotliví účastníci začali skutečně na situaci reagovat, kde v tomto okamžiku byl druhý účastník a co právě dělal."

Konec reakční doby řidiče se odvodí např. ze začátku zanechaných stop, s přídatkem na náběh a prodlevu brzd, nebo z analýzy příčného přemístování (vyhýbání).

Není také vyloučeno, že může jít u jednoho účastníka o několik reakčních dob v určitém intervalu za sebou následujících, o různé délce. Řidič se nejprve na chodce podívá, analyzuje situaci, chodec se nejeví nebezpečným; řidič proto zkoumá další prostor vozovky. Vtom se chodec dá do pohybu - řidič periferním viděním zpozoruje tento pohyb, otočí oči, zaostří je, analyzuje situaci a zjistí, že chodec se stává nebezpečným. Nato musí řidič rozhodnout, zda je ještě možno jet beze změny, nebo postačí vyhnout, je třeba brzdit s vyhýbáním, použít zvukové nebo světelné znamení, zda při brzdění neprodlouží čas natolik, aby chodec stačil právě se dostat před vozidlo, když při nezměněné rychlosti by nanejvýš narazil na bok, co vozidla za ním atd.

Pro právní posouzení, zda reakce byla ekvivalentní vznikající situaci je potřeba, aby znalec zjistil, zda v okamžiku možného prvního spatření vzniká pro druhého účastníka důvod k jednání, kterým by měl odvracet kritickou situaci - jinými slovy, zda se mu situace mohla jevit kritickou. Pokud ještě ne, je nutno postupovat dále v čase až do vzniku kritické situace. Při tom je nutno mít na zřeteli, že rozhodovací procesy v lidském mozku potlačují děje nedůležité a vybírají ty, které se v daném okamžiku jeví jako nejdůležitější. Tam se také zaměřuje pohled očí řidiče, a s ohledem na to je třeba také následně uvažovat s délkou

reakční doby na podnět, který náhle - nebo dokonce nenáhle - vznikl. Tato problematika je značně odlišná u chodce a u řidiče." - konec citace.

Bude záležet i na souvislostech plynoucích z pravidel provozu na pozemních komunikacích, tedy na aspektech technicko-právních.

Při posuzování, zda reakce byla či nebyla opožděná, je důležité adekvátně určit okamžik, kdy reakce mohla či měla začít.

Například na vybočování vozidla doleva lze začít reagovat teprve od okamžiku, kdy může být pohledem a odhadem zřejmé, že boční přemístění je systematické, tedy že se nejedná o běžné směrové zvlnění dráhy vozidla (zvláště u cyklistů a motocyklistů) – viz kapitolu 6.8 „Boční přemístění vozidla a jízda v oblouku“.

Má-li řidič jednoho vozidla dát přednost v jízdě řidiči druhého vozidla, pak pro toho, kdo by měl přednost mít, nastává zřejmě kritická situace od toho okamžiku, kdy může být pohledem a odhadem zřejmé, že ten, kdo má přednost dát, nebude schopen tak učinit. Tedy kdy vzhledem na vzdálenost a rychlost prvního vozidla od koridoru druhého vozidla je zřejmé, že i při intenzívním brzdění prvního vozidla by došlo ke kolizi. Od tohoto okamžiku lze odvíjet nutnou reakci. Tu je pak možno porovnat se skutečnou reakční dobou, a tak posoudit, zda byla skutečná reakční doba delší, než přijatelná.

V případech střetů s chodci **mimo přechod** pro chodce nebývá určení počátku kritické situace vždy stejné. Mějme situaci, kdy chodec přechází zleva přes několik jízdnic pruhů. Nebývá běžné reagovat brzděním již v okamžiku, kdy chodec udělá první krok s chodníku do široké vozovky, i když by odhadem i analyticky vycházelo, že při nezměněném režimu pohybu chodce i vozidla by došlo ke střetu. Chodec se může přece ve vozovce pozastavit, vyčkat průjezdu vozidla - jak to běžně chodci dělají. Bude jistě záležet na tom, zda chodec běží či jde pomalu. Vezme-li se za počátek kritické situace stav, kdy může být odhadem zřejmé, že chodec z daného pohybu se již nebude moci zastavit a vejde (vběhne) do dráhy vozidla, pak už bude většinou pozdě na "přiměřenou" reakci řidiče. Kdyby znalec ve všech případech bral na sebe úlohu určit počátek kritické situace, mohl by se "dostat na tenký led". Podle povahy konkrétního případu může být někdy vhodné konzultovat tento technicko-právní problém s příslušným soudcem, anebo uvést řešení alternativ. Jiná "konfigurace" počátku kritické situace může příslušet pohybu člověka středních let, jiná pohybu dítěte či starého člověka. Souvisí to s otázkou, co bylo možno na místě řidiče v předmětné situaci předvídat.

Je-li u vyznačeného přechodu pro chodce překážka v rozhledu (například dodávkový automobil zaparkovaný protiprávně těsně před přechodem), zkoumá se, zda v okamžiku, kdy chodec vstoupil na přechod, mohl řidič **z dovolené rychlosti** ještě zabránit nehodě. To pak automaticky vede k příslušnému řešení otázky **přiměřené rychlosti** při existenci překážky v rozhledu.

Vyhýbá-li se řidič chodci na tu stranu, kam chodec přechází, bývá to běžná reakce (tím není řečeno, že správná). Řidič tím poskytuje chodci delší čas a větší prostor k tomu, aby se chodec na jednom či dvou krocích zastavil. Mnozí chodci (zejména mladí) však nehledají spásu v pasivitě, a tak se chodec naopak rozbíhá, aby unikl z nebezpečného místa. Když dojde ke střetu a je "po bitvě", není asi vhodné konstatovat na podkladě znalosti výsledku, že řidič **měl** uhybat na druhou stranu. Lze uvést případ, kdy řidič uhybal na tu stranu, odkud mladík vyběhl. Ten pak přesto, že již uběhl nemalou vzdálenost, se zastavil a vrátil - došlo ke střetu. V této souvislosti je nutno upozornit na častou nehodovou situaci: Pokud chodec není vyloženě nepozorný, pak většinou správně odhadne, že by stihl přejít přes jízdnic pruh, v němž jede vozidlo. Řidič, který v takové situaci vybočí do druhého jízdnicího pruhu, vynucuje si přednostní průjezd kolizním bodem a chodce nutí k zastavení. Tím však **řidič mění podruhé dopravní situaci, s jejíž změnou začal nejprve chodec**. Ten bývá nečekaným vývojem zcela

zaskočen a zmatkuje. Oba ztratí životně cenné desetiny sekund. Proto je vhodné vždy především začít brzdit včas. Znalcům je jistě dobře známa základní úloha, jakou rychlostí narazí vozidlo do překážky, když řidič začal brzdit z dovolené rychlosti 50 km/h o dvě desetiny sekundy později, než bylo nutno.

Může se stát, že řidiči vyvstanou v dráze dva alarmující objekty. Například mladší muž přebíhající vozovku v prostoru osvětleném veřejným osvětlením a současně stařík vcházející do vozovky v nejtemnějším místě za stojícím autobusem (kde není zastávka) mimo přechod pro chodce. *"Rozhodovací procesy v lidském mozku potlačují děje nedůležité a vybírají ty, které se v daném okamžiku jeví jako nejdůležitější"* (Smrček – citace vpředu).

Mnohdy by bylo postačovalo začít reagovat a pak brzdit jen o několik málo desetin sekundy dříve, aby ke střetu nedošlo. Znalec by měl uvést také tuto příslušnou časovou diferenci. Její interpretace je pak ovšem možná dvojitá:

1. Zda lze prokázat, že v daném případě bylo možno začít reagovat a brzdit dřív, a že řidič tuto možnost nevyužil.
2. Jak krátké opoždění začátku brzdění lze řidiči vytknout.

Je-li třeba v konkrétním případě posoudit nejen rychlost a reakci, ale také **jednání řidiče** (či způsob jízdy), pak by znalec měl i k tomu dát podklady. Znalci nepřísluší řešit právní otázky. Buďme rádi, že nám to nepřísluší. To však neznamená, že bychom měli dělat, jako když nic nevíme o pravidlech silničního provozu. Tato pravidla mají přímý vztah k technice jízdy. Už jen například tím, že stanovují, že se na silnicích jezdí vpravo a pokud tomu nebrání zvláštní okolnosti, pak při pravém okraji vozovky. Orgány činné v trestním řízení si mnohdy lámou hlavu problémem, který z řidičů protijedoucích vozidel, která se střetla na úzké vozovce, více přesáhl pomyslný střed šířky vozovky, zda řidič nákladní Tatra nebo osobního Trabantu. Znalec by měl upozornit na okolnost, že pravidla silničního provozu přece nestanovují, že se střed vozovky nesmí přejíždět - kromě podélné čáry souvislé a to ještě s výjimkami. Tedy znalec by měl konstatovat, zda v daném místě **přicházejí v úvahu** nějaké okolnosti, které bránily jízdě při pravém okraji vozovky a **posoudit, který z řidičů nejel při okraji vozovky**. Nepišme do posudků a neříkejme, zda tam byly okolnosti, které bránily ..., ale formulujme to raději tak, že jsou ty a ty okolnosti, které přicházejí v úvahu pro právní posouzení o tom, že možná bránily Není to totéž. Je právní otázkou příslušející soudu aby objektivizoval, zda se za zvláštní okolnost bránící jízdě při pravém okraji vozovky v noci bude v daném konkrétním místě brát například to, že tam na silnici nejsou vodící čáry, tedy že tam není vyznačena zpevněná krajnice, že tam nejsou směrové sloupky, že je okraj živичné plochy olámaný a velmi nerovný, pokleslá krajnice, že eventuální pohyb chodců po silnici přichází v úvahu spíše při kraji než při středu silnice, že k vozovce zasahují větve keřů a pod.

8.3 Ztráta kontroly nad vozidlem

Ke ztrátě kontroly řidiče nad vozidlem může dojít **při usnutí nebo při náhlé ztrátě vědomí**. Obojí jsou okolnosti mimo oblast techniky, nicméně je vhodné, aby technický znalec měl o těchto věcech alespoň základní vědomosti a mohl eventuálně v konkrétním případě na tuto problematiku upozornit.

Usnutí řidiče - spolupůsobí monotónní jízda, přičemž zvláštním fenoménem bývá někdy blízkost cíle (psychické uvolnění s následným útlumem). Přichází v úvahu nejen v noci, ale také ve dne. Ukažme se dva případy, k nimž došlo po obědě:

1.příklad - mikrospánek. K nehodě došlo ve 14 hodin, bylo zataženo, teplota 11,7°C, vozovka suchá. Řidič osobního automobilu VW Golf projížděl táhlým směrovým obloukem o poloměru 1300 m. Kontrolu nad svým automobilem ztratil, když projel přes

křižovatku, trasa se napřimovala, tedy zvláštní okolnosti na silnici pominuly, a on pokračoval v jízdě po takto zakřivené dráze i za koncem kruhového oblouku zatáčky v úseku tzv. přechodnice, kde trasa plynule přechází z dané křivosti do přímky. Přes podélnou čáru souvislou počal vjíždět do protisměru v čase 2,6 až 3,0 s před okamžikem střetu s protijedoucím automobilem ŠKODA 120, do protisměru vjel celou šířkou své příděl v čase 1,5 až 1,8 s před střetem. V čase 1,9 až 2,3 s před střetem se obnovil vjem řidiče, začala reakční doba, řidič stačil pouze pohnout řízením vpravo, srovnal směr automobilu Golf souběžně s osou silnice a v čase 1,0 až 1,2 s před střetem začal intenzívně brzdit z rychlosti nižší než 100 km/h, spíše okolo 90 km/h. „**Mikrospánek“ tedy v daném případě vychází po dobu 2,0 až 2,2 s.** Popsaná situace se jevila při pohledu z protijedoucího automobilu ŠKODA 120 skutečně tak, jak ji svědkové popsali: krátkodobé jakoby náhlé a rychlé vybočení automobilu VW Golf do protisměru a srovnání jízdy souběžně s osou silnice – šlo však o poměry relativní: to, co vypadalo zdálky jako vybočení do protisměru, bylo pokračováním v jízdě po oblouku v úseku, kde již byla přechodnice a přímka. Vývoj směru pohybu automobilu VW Golf nebylo možno na místě řidiče automobilu Š 120 předvídat, a tak nebylo možno se střetu účinně vyhnout – řidič stačil v nehodové situaci pouze zpomalit na rychlost max. 60 km/h, tedy před střetem také brzdil.

V odborných detailech možnosti zrakového vnímání a motorické svalové odezvy je nutno odkázat na obor zdravotnictví či dopravní psychologie (útlum po poledni apod.). My zde můžeme uvést jen obecné souvislosti s dopravou. Snad každý někdy prožil usínání při monotónním ději (např. přednášce), a také viděl, jak takové usínání probíhá u druhého člověka: v průběhu několika sekund (tedy nikoli v mžiku) člověk přivírá oči, zrychluje se pokles hlavy a obvykle následuje probrání a rychlý zdvih hlavy. Pokud zvenčí nepřichází žádný nový podnět, tedy pokud trvá ustálený stav okolí, člověk buď může svůj stav změnit vlastní vůlí (řidič zastaví, procvičí, odpočine), anebo usnout.

V předmětném případě přicházely v úvahu tři nové podněty vzniklé v souvislosti s nekontrolovaným pohybem automobilu VW Golf:

- a) přibližování automobilu VW Golf k protisměrnému odbočovacímu pruhu, jehož povrch byl na pohled světlejší,
- b) přibližování automobilu VW Golf ke svodidlu na levé straně silnice – toto přibližování bylo urychleno zužováním odbočovacího pruhu směrem k jeho počátku,
- c) spatření protijedoucího automobilu ŠKODA 120.

To vše mohlo působit v průběhu dvou sekund přivírání očí řidiče automobilu VW Golf, anebo šlo o prosté probrání při poklesu hlavy (způsobem popsáním vpředu).

2.příklad – mikrospánek možná opakovaný. Nehoda se stala na Slovensku na čtyřpruhové směrově rozdělené silnici (se středním dělicím pásem) pro motorová vozidla v mírném stoupání, krajnice a jízdní pruhy jsou jasně vyznačené. K nehodě došlo ve 13:55 h, bylo jasno, slunečno, bezvětří, vozovka byla suchá. Skupina lidí cestovala dvěma osobními automobily z Maďarska na Slovensko na dovolenou. Řidič prvního automobilu (VW Jetta) pokračoval v přímé jízdě, ale řidička druhého automobilu (TOYOTA – typ nebyl uveden) najela do odbočovacího pruhu. Oba automobily vzápětí zastavily, automobil VW Jetta stál pravými koly na krajnici široké 1,5 m, levou zadní částí zasahoval cca 0,9 m do pravého (průběžného) jízdního pruhu. Za automobilem VW Jetta zastavil se svým automobilem svědek v úmyslu poradit Maďarům, kudy mají jet. Řidič automobilu VW Jetta možná mezitím gestikuloval směrem vpravo na řidičku automobilu TOYOTA stojícího v odbočovací větvi zhruba na téže úrovni. V té době přijížděla návěsová souprava tvořená tahačem návěsů LIAZ 18.33 s třínápravovým návěsem SCHWARZMÜLLER. Podle záznamu tachografu vyjela souprava předchozí den ve 21:00 h, do doby nehody (následující den ve 13:51 h) byly zaznamenány tři přestávky v trvání 1 h 18 min., 3 h 4 min., 1 h 2 min., a přepnutí tachografu z prvního na druhého a opět na prvního řidiče – přičemž řidič byl ale jen jeden. Od posledního stání do místa nehody trvala jízda jednu hodinu a tři minuty, bylo ujeté 73 km. Co

se při nehodě stalo: Souprava vybočila nejprve z pravého do levého jízdního pruhu (možná to byl první mikrospánek řidiče), řidič se vrátil do pravého jízdního pruhu, v malém bočním odstupu minul svědkův automobil a vzápětí pravým okrajem příďe tahače zachytil za levý okraj zádě červeného automobilu VW Jetta, tlačil jej před sebou šikmo ke svodidlu, kde došlo ke dření o svodnici. Mezitím dolehlo pravé přední kolo tahače na levé zadní kolo osobního automobilu, přední kola tahače byla tím prudce stočena vpravo (volant se řidiči určitě vysmekl z ruky), a jakmile se příď tahače „vymanila“ z kontaktu s osobním automobilem (dostala se před úroveň jeho příďe), stočil se tahač strmě vpravo, najel na svodidlo, stlačil jej dolů, a s celou soupravou zajel až za pilíře mostu, přičemž se souprava zlomila – tahač se pootočil vůči návěsu vpravo o cca 135°. Kritický pohyb soupravy byl důsledkem mikrospánku řidiče, po němž se řidič nedostatečně probral, anebo vzápětí následoval mikrospánek druhý. Řidič automobilu VW Jetta utrpěl mnohočetná těžká zranění a zemřel, dvě děti na zadních sedadlech byly zraněny těžce, řidička automobilu TOYOTA se synem a svědek, který zastavil za automobilem VW Jetta nebyli zraněni. Řidič návěsové soupravy utrpěl tržné rány na hlavě a naražení levého ramena.

Ztrátu vědomí při řízení vozidel pojednával článek Jiřího Bodláka "**Krátkodobé stavy bezvědomí a řízení motorových vozidel**" otištěný na str.9 časopisu Soudní inženýrství č.2/1991, který zde uvádíme v doslovném znění:

Krátkodobé stavy bezvědomí a řízení motorových vozidel [52]

Jiří Bodlák

Klinické stavy, které mohou zapříčinit krátkodobou ztrátu vědomí jsou velmi pestré, často se po nehodě vůbec nezjistí, protože nejsou žádné stopy a jediný svědek je mrtev.

Přechodná krátkodobá ztráta vědomí je způsobena zpravidla nedokrevností nebo sníženým okysličením krve v mozku. Pokusím se o určitou kvalifikaci těchto stavů:

1. Srdeční slabost: vzniká náhle bez varovných příznaků. Kromě celé řady příčin, které jsou způsobeny chorobnými změnami na srdci, patří sem i tzv. reflexorická srdeční (vagová) zástava při tlakovém podráždění karotického sinu, tj. nervové pleteně na straně krku. Při tomto podráždění dochází k utlačení velkých tepen na krku. Z hlediska řízení motorových vozidel jde o zvlášť významný způsob, protože k bezvědomí dojde okamžitě, např. při prudkém otočení hlavy, při těsném límci, což vše se při řízení motorového vozidla může snadno stát.

2. Vazomotorická mdloba: při řízení motorového vozidla přichází v úvahu jak cévně-nervová mdloba, tak i náhlé snížení krevního tlaku při delší době nezměněné poloze vsedě za volantem. Někdy se hovoří také o psychogenním nebo emociálním, krátkou dobu trvajícím bezvědomí, které je způsobeno ztrátou napětí v cévních stěnách vlivem náhlého nervového podráždění. K takové mdlobě může dojít i u zcela zdravých lidí po silném psychickém dojmu, např. u leknutí. Každý řidič ze své praxe zná tyto stavy jistě velmi dobře. Ke mdlobám tohoto typu může dojít i při postižení nervové soustavy při cukrovce, dále po provedené operaci na nervové pleteni v okolí páteře a po podávání léků na snižování krevního tlaku.

3. Mdloba při postižení cév vedoucích krev do mozku: Ke mdlobě tohoto typu dochází při uzavěru podklíčkové tepny a při zúžení tepen v oblasti spodiny lebky a krční páteře. Posledně jmenovaný mechanismus je z hlediska řízení motorového vozidla nejzávažnější. Při srůstech obratlových výběžků a porušené dynamice krční páteře dochází při záklonu a otáčení hlavy ke stlačování a útisku meziobratlových tepen a tím k poruchám vidění, k závratím a k bezvědomí. Změny na krční páteři jsou u řidičů velmi časté, lze říci, že se jedná o profesionální onemocnění.

4. Mdloba při nadměrné výměně vzduchu v plicích (hyperventilace): Tyto mdloby nastávají u neuroticky laděných jedinců, kteří při rozčilení rychle a hluboce dýchají. Mají přitom pocit nedostatku vzduchu nebo ucpaní v krku. Nemusí vždy dojít k úplnému bezvědomí, ale vědomí může být lehce zakaleno. Tento typ je z hlediska řízení motorového vozidla velmi nebezpečný, protože v dnešním provozu dochází velmi často k nejrůznějším stresovým situacím a dále i proto, že jen málokdo si uvědomuje, že i při rozčilení může nastat ztráta vědomí.

5. Mdloba při kašli: Vzniká při záchvatu kašle (u nemocných plicní rozedmou a chronickým zánětem průdušek), který stlačuje velkým tlakem břišní stěny a bránice cévy v hrudníku, čímž stoupne tlak v žilních splavech mozkových. V důsledku toho dojde ke zvýšení nitrolebního tlaku nad hodnotu tlaku tepenného, dojde k nedokrevnosti mozku a přechodné ztrátě vědomí. Toto je opět velmi významné pro řidiče, kteří vzhledem ke své poloze v automobilu, mají již tak dosti stlačený hrudník a břišní cévy.

6. Epileptický záchvat: Z hlediska dopravy není tak významný, protože lidé trpící epilepsií (padoucníci) zpravidla nevlastní řidičský průkaz. Je však nutné počítat i s touto možností, protože při benevolenci našich lékařů při hodnocení zdravotního stavu uchazečů o řidičský průkaz se může stát a také se již stalo, že i epileptik měl řidičské oprávnění.

7. Hysterie: I když se na první pohled zdá, že by při řízení motorových vozidel nepřicházela v úvahu, je nutno s ní počítat a může k ní dojít při partnerských hádkách či radách tak častých při řízení motorových vozidel.

8. Hypoglykemické stavy: (snížení krevního cukru pod normální hladinu). K bezvědomí z tohoto důvodu může dojít např. u řidiče vyčerpaného dlouhodobým řízením. S tímto stavem je nutné počítat, zejména při dlouhodobých motoristických soutěžích. Bezvědomí tohoto druhu nastane u diabetika při poklesu hladiny krevního cukru.

Úmyslně jsem se nezmínil o bezvědomí, jehož podklad spočívá v různých typech ischemické choroby srdeční a organických onemocnění mozku, jako jsou zejména různé mozkové nádory. V těchto případech by měl být pacient lékařem poučen, že nemůže řídit motorové vozidlo.

Kromě klinicky ověřitelných případů, jejichž přehled jsem se pokusil právě dodat, přichází v úvahu ještě i další. Jde o tzv. vnější příčiny. Málokdy se k nim přihlíží, i když dnes je již zřejmé, že např. přechod povětrnostních front s prudkou změnou atmosférického tlaku ovlivňuje celkovou výkonnost člověka a tedy i řidiče.

Ve svém článku jsem chtěl objasnit některé okolnosti vzniku náhlých poruch vědomí, nebo náhlé poruchy bdělosti, postihující řidiče motorových vozidel. Je nanejvýš nutné, aby si každý řidič uvědomil nebezpečí, které je s tímto stavem spojeno.

8.4 Problematika odbočování

Analýza bočního přemístění vozidla je pojednána v kapitole „Boční přemístění vozidla a jízda v oblouku“.

Obecně

Pravidla provozu na pozemních komunikacích organizují mnohé dopravní situace tak, aby z hlediska zabránění kolize vozidel zde bylo **dvojí jištění**. Je tomu tak i při odbočování vlevo:

„Při odbočování ... musí řidič dávat znamení o změně směru jízdy, při odbočování nesmí ohrozit řidiče jedoucí za ním, ...“.

Řidič nesmí předjíždět, dává-li řidič vpředu jedoucího vozidla znamení o změně směru jízdy vlevo ...“.

Pravidly provozu tedy není vymezena přednost pro řidiče odbočujícího vozidla ani pro řidiče, který v této situaci předjíždí. Na vzniku nehodové situace při odbočování se tudíž někdy mohou podílet svým jednáním řidiči obou vozidel, která se pak střetnou.

Pokud se řidič vozidla chystá odbočit vlevo na místo ležící mimo silnici, kde není křižovatka, pak řidič jedoucí za ním obvykle nemůže změnu dráhy předvídat.

Řidič odbočujícího vozidla jako jediný zná předem změnu dopravní situace. Ostatní účastníci silničního provozu jsou odkázáni na pozorování zvnějšku, a jejich jednání je zatíženo objektivně nezbytnou reakční prodlevou. Proto by mělo být především věcí odbočujícího řidiče postarat se, aby nedošlo k ohrožení ostatních.

Jeho situace je někdy ztížena tím, že musí soustředit pozornost na vlastní manévr odbočení, má-li se s vozidlem strefit do omezeného prostoru, kam odbočuje, sledovat, zda tam přes vozovku právě nepřechází či dokonce nepřebíhá chodec, musí sledovat provoz protijedoucích vozidel, jimž by měl dát přednost, a současně i provoz za sebou, zda není právě předjížděn jiným vozidlem. Má tedy „plné oči“ práce.

Pravidla provozu ukládají při odbočování zvláštní opatrnost. Zvláštnost opatrnosti by mohla spočívat nejen v občasném pohledu do zrcátek, ale v otočení hlavy vzad, neboť jenom tak lze vidět i do míst tzv. mrtvého úhlu zrcátek, což je prostor, kde se může "schovat" nejen motocyklista ale někdy i podstatná část automobilu při předjíždění.

Předjížděním není jen situace, kdy druhé vozidlo je (třeba i ještě vzadu) na úrovni vedle koridoru pohybu prvního vozidla. Z technického hlediska lze předjíždění považovat za zahájené, když řidič druhého vozidla zkrátí odstup od vozidla prvního pod tzv. bezpečnou vzdálenost. Tedy řidič může z technického hlediska zahájit předjíždění v situaci, kdy je ještě zcela skryt za zadí vozidla, jež hodlá předjet.

Často dochází k nehodám při odbočování pomalu jedoucích vozidel (například traktorů). Čas na boční přemístění je téměř nezávislý¹⁰ na rychlosti jízdy (v Kovaříkově vzorci nefiguruje rychlost). Pomalu jedoucí vozidlo se přemístí přes šířku jízdního pruhu za přibližně stejnou dobu, jako rychleji jedoucí osobní automobil. Záludnost tkví ale v tom, že pomalé vozidlo provede své odbočení téměř „na místě“, zatímco osobní automobil by přitom ujížděl dopředu.

Při odbočování vlevo se někdy stává, že přes vozovku, na kterou vozidlo odbočuje, se k přechodu rozbíhá chodec. Odbočující řidič je tím náhle nucen zastavit v dráze protijedoucího vozidla, které jede s předností v jízdě v přímém směru po silnici, ze které on odbočuje, a které by nebyl nijak omezil, kdyby nebyl musel nečekaně zastavit kvůli chodci. Původcem změny dopravní situace v situaci nehodovou je v takovém případě chodec. Znalec by možná mohl poukázat na právní otázku, zda vběhnutí chodce (či dokonce vjezd cyklisty) na přechod je také vstupem na přechod ve smyslu pravidel silničního provozu.

Prostorové nároky vozidla při zatáčení (odbočování, otáčení) jsou pojednány v kapitole 6.1.1 „Analýza stop pneumatik“ na str.59.

¹⁰ Určitá souvislost časových nároků bočního přemístění s rychlostí plyne z okolnosti, že s rychlostí souvisí dosahované boční zrychlení – viz kap. „Boční přemístění vozidla a jízda v oblouku“. To však je problematika vyhybacích manévrů a nikoli problematika odbočování, kdy většinou nejde o vyšší rychlosti, a proto si tím nekomplikujme předmětný výklad

Motocykly

Pro motocyklisty je nebezpečným manévrem předjíždění pomalu jedoucího vozidla. Motocyklistovi (který třeba právě vyjel ze zatáčky) se po spatření jeví pomalu jedoucí vozidlo (jehož řidič se chystá odbočit vlevo) jako takové, které se právě rozjíždí od okraje vozovky. Motocyklisté potom mnohdy nedbají činnosti směrových světel, která mají možnost včas před sebou vidět, a hned předjíždějí.

Motocykl lze snadno v zrcátku přehlédnout - to je důvod, proč je nezbytné, aby motocyklisté ve vlastním zájmu jezdili i za nesnížené viditelnosti s rozsvíceným osvětlením dle ustanovení pravidel provozu na pozemních komunikacích.

Jede-li motocyklista v zákrytu za zadí nákladního automobilu, kam jeho řidič v zrcátkách nevidí, a pak motocyklista vybočuje doleva k předjetí až na poslední chvíli, neposkytuje řidiči automobilu dostatek času, aby mohl světlo motocyklu spatřit v zrcátku, do něhož se přece nelze dívat nepřetržitě ani v průběhu přípravy k odbočování. Řidič musí v té době přiměřeně hledět také směrem, kam vjíždí, zda tam například nepřechází právě chodec.

Traktory

Traktory mívají mnohdy rozbitá zrcátka a směrová světla nefunkční či zakrytá vlečenou technikou a odbočují často na místa ležící mimo silnici, tedy tam, kde to ostatní neočekávají.

Odbočování traktorů má specifickou záludnost: Běžná provozní rychlost většiny silničních vozidel (automobilů, autobusů, motocyklů) je značně vyšší, než rychlost, jakou je možno odbočit na křižovatce starého typu (ne moderní s nájezdovými odbočovacími větvemi). Tedy řidiči většiny vozidel musejí před odbočováním výrazně snížit rychlost, což je pro řidiče jedoucí za nimi přídatnou alarmující okolností signalizující přípravu k nějaké změně režimu jízdy vozidla vpředu. Provozní rychlost traktorů na silnici bývá jen kolem 20 km/h, a tak odbočování může traktorista provést beze změny vlastní rychlosti a tedy i bez rozsvícení brzdových světel. Není zde tedy nic, co by naznačovalo, že traktor bude měnit režim své jízdy.

Pokud řidič traktoru před začátkem odbočování eventuálně najel blíže ke středu šířky vozovky, pak tato okolnost nemusí být pro řidiče motocyklu evidentně zřejmá, když v té době již přiměřeně sleduje dráhu před sebou podél levého boku traktoru s neseným zemědělským strojem a na pravý okraj vozovky nemá přes toto vozidlo úplný výhled ve svém zorném poli. Proto případná okolnost nájezdu traktoru se zemědělským strojem blíže ke středu šířky vozovky nebývá sama o sobě postačující pro vznik pochybnosti o nezměněném směru další jízdy traktoru.

Když řidič traktoru jede bez levého zpětného zrcátka náležitě vyčnívajícího přes obrys soupravy, zbavuje se tím zcela možnosti výhledu vzad, když přívěs je vysoký tak, že přes něj není možno vidět předjíždějícího motocyklistu. Provoz takového traktoru je riskantní. To může být okolnost, které si může být řidič traktoru vědom (může ji „předvídat“), a přizpůsobit jí své jednání.

Traktor je poměrně hlučné vozidlo, výfukové potrubí bývá vyvedeno vzhůru před kabinou řidiče, a tak v kabině je slyšitelnost ostatních vozidel problematická.

8.5 Kdo řídil vozidlo ?

Snaha o záměnu osoby, která řídila vozidlo bezprostředně před dopravní nehodou, bývá motivována:

- snahou uniknout trestu svalením viny na spolucestujícího, který při nehodě zahynul, nebo utrpěl taková zranění hlavy, že si nemůže ani později vzpomenout na děj před nehodou,
- řidič byl opilý, spolucestující (např. manželka) je ochoten prohlásit za řidiče sebe,
- opilí byli všichni členové posádky automobilu, ale řidič je navíc „v podmínce“.

Lidé bývají po dopravních nehodách stíženi tzv. amnézií – viz kapitolu 3.7 „*Amnézie a vlivy problematizující hodnotu výpovědi*“. Naskytá se otázka, kdo řídil vozidlo v době nehody.

Otázka, kdo řídil vozidlo v době havárie, bývá kladena rovnou soudním lékařům, což ale není ideální postup, neboť ze samotného poranění ji mnohdy nelze spolehlivě zodpovědět. Pokud lékař nemá k dispozici analýzu havarijního pohybu, neví, kterou částí karoserie automobil narazil, zda šlo o náraz jediný či několikanásobný, ani jakým směrem působila na posádku vlastní setrvačnost při pohybu automobilu do konečné polohy. Nadějnější na správný výsledek je postup, kdy nejprve technik podrobně analyzuje pohyb automobilu v nehodové situaci, pohyb cestujících v něm a možné násilí působící na jejich těla, a teprve pak se k problému vyjadřuje odborník z oblasti medicíny či biomechaniky. Nejprve by měl technik popsat vnější násilí (až po kůži), lékař potom určit odezvu uvnitř (pod kůží) a eventuálně vzájemně konzultovat, jakým vnějším působením mohla poranění vzniknout. Lékař by neměl řešit detaily, jak se vozidlo pohybovalo, kterými částmi a s čím kolidovalo.

Prvotním kritériem o tom, kdo řídil automobil, může být stopa (poranění) typická pro prudké nalehnutí těla setrvačností do bezpečnostního pásu nebo na věnec volantu. Tady by mohla postačovat posouzení (soudním) lékařem.



obr. 40 Typické poranění ramenní větvi bezpečnostního pásu¹¹

¹¹ obrázek poskytl Ústav soudního lékařství FN Královské Vinohrady

Vzorky stop krve a vlasů na vnitřní straně čelního skla automobilu mohou sloužit k identifikaci, kdo z cestujících osob řídil automobil bezprostředně před nehodou – viz kapitolu „Kdo řídil vozidlo?“. Stav na obr. 41 nasvědčuje tomu, že na předních sedadlech automobilu byly dvě osoby neupoutané bezpečnostními pásy, na obr. 42 jsou patrné stopy krve a vlasy ulpělé na vnitřní straně čelního skla před místem řidiče. Mikroskopický obraz vlasů se u jednotlivých lidí liší se značnou variabilitou, což zpravidla umožňuje identifikovat, kdo byl na místě řidiče.



obr. 41 Na předních sedadlech automobilu byly dvě osoby neupoutané bezpečnostními pásy



obr. 42 Na vnitřní straně čelního skla před místem řidiče se nacházejí stopy krve a ulpělé vlasy

Stává se, že nějaký řidič či chodec za ranního svítání nachází na kraji lesa mezi stromy poškozený automobil, někdy dokonce ještě s motorem v chodu. Okolo se pohybuje relativně málo zraněný člověk, se kterým lze hovořit, ale chvílemi upadá do bezvědomí (později v nemocnici si však nevzpomíná na nehodový děj ani na to, že s někým hovořil po nehodě - má amnézii). Další osoba je uvnitř automobilu, lze o ní výstižně říci, že se "nachází na místě řidiče" - na sedadle totiž nesedí, ale je tam bizardně zhroucená. Je vcelku přirozené, že po masivním nárazu automobilu nemohou lidé uvnitř zůstat v "normálních" polohách: nejprve jsou vrženi setrvačností ve směru svého předstřetového pohybu, pak může být jejich poloha

ovlivněna dalšími nárazy (například na kmeny dalších stromů) a **konečná poloha těla je dílem posledního nárazu či posledního pohybu automobilu s následným zastavením**. Kromě toho se tělo nehroubí tam, kam je pohyb blokován: i kdyby šlo o jediný zcela centrický náraz automobilu přídí na překážku, pak například spolucestující na pravém předním sedadle se nejspíše zhroubí horní částí těla doleva, když pohyb vpřed byl omezen zejména bezpečnostním pásem a pohyb vpravo byl omezen zejména dveřmi a B-sloupkem karoserie.

Okolo vraku se mnohdy angažuje více lidí ve snaze pomoci. Uvnitř - pod střechem automobilu - bývá téměř tma, a hlavně lidé okolo se soustředí na rychlost a taktiku pomoci, nebývají vždy soustředěni na detaily poloh osob. Ten, kdo se do interiéru naklání jako první, běží pro nějakou pomůcku, zatím se tam angažuje někdo jiný, přičemž neregistruje, co přesně sám dělal a v jakém sledu. Zda a kdo eventuálně rozepínal bezpečnostní pás, se mnohdy nedozvídáme s naprostou jistotou. Naopak málo pravděpodobné je, že by osoba v automobilu zůstala ponechána v konečném stavu, zcela bez dodatečných změn. Bývá snaha o vyproštění, přerušena něčí výzvou, aby se dotyčnému při vytahování těla spíše neublížilo. V době příjezdu policie a pořizování fotodokumentace již bývá zraněný odborně vyproštěn a odvezen sanitním vozidlem.

Za řidiče bývá "přirozeně" označen ten člověk, který se po nehodě "nacházel na místě řidiče". Zde je nutno připomenout:

- efekt natažení boku karoserie při nárazu provázený mnohdy rozvolněním zámku anebo utržením závěsů (pantů) dveří s následným otevřením dveří jejich vlastní setrvačností,
- efekt podtržení: při bočním nárazu je automobil i se sedadlem prudce (velkou rychlostí) unášen stranou, zatímco tělo "setravává ve své poloze" (I.Newtonův pohybový zákon - princip setrvačnosti), čímž se tělo dostává ven z automobilu otevřenými dveřmi (podle předchozího bodu) doslova **ve zlomku sekundy**,

jež jsou pojednány v kapitolách 5.15 a 5.16.

Má-li být otázka "kdo řídil vozidlo" řešena správně, pak musí být nejprve geodeticky pořízen **přesný situační plán poloh všech pevných překážek** v okolí dráhy havarijního pohybu automobilu (např. **kmenů stromů**) s vyznačením, které kmeny nesou stopy nárazu a v jakých výškách (od země i vůči vozovce), a které kmeny zasaženy nebyly. Jen na podkladě takového situačního plánu lze dle fotodokumentace přesně rekonstruovat konečnou polohu automobilu, jednotlivá poškození karoserie přiřadit jednotlivým nárazům a pak teprve posoudit, jak se pohybovali lidé v automobilu a jaká násilí na ně přitom působila.

Lidské tělo je při nárazu přídě automobilu puženo vlastní setrvačnou silou v interiéru vpřed. Je-li upoutáno bezpečnostním pásem, pak je pás touto velikou silou natahován a v úseku od horní kladky vytváří rovinu (v příčném směru pásu úsečku). Je-li přilehlá část těla tvarovaná do konvexního profilu (např. mezi bradou, krkem a ramenem), pak pás přirozeně přiléhá k tělu zejména u svých okrajů a také největší měrný tlak mezi pásem a pokožkou působí při okrajích pásu.



obr. 43 obrázky z internetu prezentované jako důsledek působení bezpečnostního pásu¹²

Bývá kladena otázka, zda osoba sedící na příslušném sedadle byla (řádně) upoutána bezpečnostním pásem v době bezprostředně před nárazem. K tomu se zkoumá samotný pás – hledají se stopy silového protažení a tepelného natavení tkaniny. Teplo se vyvíjí třením při prudkém smýknutí pásu po horním třmenu za silného přitlaku pásu na třmen. Jestliže takovým třením po hladkém třmenu může vzniknout mžikový nárůst teploty až k tavení povrchu pásu, tím spíše přichází v úvahu efekt odření a popálení kůže na krku a rameni upoutané osoby, jež je prudce vržena vlastní setrvačnou velikou silou na plochu pásu a smýkne se po ploše pásu na délce řádově okolo jednoho decimetru.



obr. 44 Prosmýknutím pásu po oblině spony při působení velké přitlačné síly se vyvíjí teplo postačující k natavení tkaniny, jejíž některá vlákna mohou být i potrhána¹³

¹² zdroj: http://www.fiskeaux.com/gallery2/main.php?g2_view=core.ShowItem&g2_itemId=325 ; <http://www.travelpod.com/travel-photo/wyoming20/round-the-world/1182119820/18-my-seat-belt-burn-from-the-car-wreck.jpg/tpod.html>

¹³ zdroj: Policie ČR

Termický účinek přichází v úvahu i u airbagu, jenž se plní plynem vyvíjeným pyropatronou, přičemž

- expandující plyn okamžitě chladne rozpínáním ve vaku (adiabatický děj, v němž má svůj původ například i prudké zchladnutí-omrznutí sifonové bombičky při přípravě sodovky)
- plyn je z airbagu odváděn velkými otvory (obvykle dvěma) orientovanými směrem dolů, nikoli proti obličejí, anebo v posledních letech tkaninou s velkými póry na straně odvrácené od těla. Airbag se tak po bleskovém naplnění opět vyprazdňuje v průběhu cca dvou sekund, neboť nesmí působit pružně, zároveň je tím vyloučeno trvalejší termické působení na lidskou tkáň.



obr. 45 Plyn je z airbagu odváděn pórní tkaninou na straně odvrácené od těla osoby

Pokud se uvádí „popálení osob od airbagu“, jde většinou o důsledek náhodného přiblížení končetin (obvykle rukou) do míst před otvor(y), jímž plyn z airbagu rychle uniká.

Řešení otázky „kdo řídil vozidlo“ může vycházet nejen z fyziky (mechaniky), ale někdy i z děje po nehodě. Kromě toho může mít význam výpověď svědků o tom, kde dotyčný ležel či chodil, odkud se k vozidlu vrátil. Zranění je věcí náhody: zda tělo mine pevnou překážku či zda do ní narazí. Uveďme případ vjetí motocyklu mezi několik stromů na vnější straně zatáčky v obci. Majitel motocyklu vypověděl, že mu jako řidiči upadla stupačka, a mezitím, co se pro ni pěšky vracel, spolujezdec mu na jeho motorce ujel a havaroval. Ten druhý chlapec utrpěl těžké zranění hlavy, měl amnézii a na nic si nepamatoval. Svědkové, kteří slyšeli ránu, přiběhli k místu havárie, a v tu dobu už tam majitel motocyklu ale byl – nemohl stihnout doběhnout z místa, kde údajně zastavil kvůli upadlé stupačce, do místa havárie dříve než svědkové. Z toho se dalo usuzovat, že při havárii řídil motocykl on a nikoli jeho kamarád.

Poznámky pro policejní praxi ohledání místa nehody

Jsou-li řidičovy dveře otevřené a (nebo) některá osoba se nachází mimo havarované vozidlo, je třeba věnovat zvýšenou pozornost poloze těla, které se „nachází“ na místě řidiče: zda osoba nespočívá na sedadle řidiče jen horní částí těla, zatímco nohama směřuje k místu před pravým předním sedadlem, na kterém sedadle je vlastně upoutána bederní část bezpečnostním pásem (ten však mohl být někým rozepnut před příjezdem policie). Polohu těla pečlivě zdokumentovat, tedy prohlédnout, popsat a hlavně vyfotografovat. Pokud se na bezpečnostním pásu nacházejí místa se znaky natavení či natržení, je vhodné (po zdokumentování) přivést tato místa do příslušných poloh (na sponě či na kluzném oku) a tak zjistit aktuální délku opásání osoby. Potom příslušnou část pásu zajistit pro odborné zkoumání. Při každé nehodě by bylo vhodné podrobně vyfotografovat interiér prostoru pro cestující.

8.6 Fingované nehody

S problematikou řešení otázky, zda se nehoda mohla stát tak, jak ji někdo popisuje, nebo zda je fingovaná, souvisejí dva více či méně úsměvné citáty:

- „*Prohlásí-li uznávaný expert o něčem, že je to možné, obvykle má pravdu. Prohlásí-li však, že je to vyloučené, obvykle se mýlí*“ (Murphyho zákony)

Buďme opatrní s úsudkem o vyloučenosti děje jen proto, že nenacházíme stopy, které bychom očekávali.

- „*Raději ať je viník na svobodě, než abychom stíhali nevinného*“ (Smrček)

Nárůst četnosti fingovaných nehod v posledních letech vede k stavu určité nervozity až fobie, kdy je tento fenomén spatřován i v případech skutečných (reálných) nehod. **Nedostatečně podložený kategorický výrok znalce uvrhne účastníky do trestního stíhání,** nehledě na neuhrazení škod se strany pojišťoven.

Při řešení otázek, zda jde o nehodu skutečnou (spontánně vzniklou) či fingovanou, se občas setkáváme s **případy, kdy na skutečné nehodě má účast vozidlo, jehož stav karoserie nebyl před nehodou bezvadný.** Předchozí poškození pak bývají ve vztahu k pojišťovně deklarována jako vzniklá při aktuálně hlášené pojistné události – v zájmu získat náhradu za předchozí vlastní pochybení z povinného ručení druhého vozidla, jehož řidič odpovídá za nehodu pozdější. Důsledkem potom bývá vznik podezření, že jde o nehodu fingovanou. Vzájemnou kompatibilitu poškození vozidel nelze obecně posuzovat systémem „všechno nebo nic“, ale je třeba postupovat podrobně a opatrně.

Zároveň je nutno pečlivě zkoumat, zda se nejedná o opačný (relativně frekventovaný) stav, kdy se úmyslným cíleným střetem „dotváří“ kompatibilita vzájemného poškození vozidel, jež byla ve skutečnosti poškozena dříve každé zvlášť a za jiných podmínek.

Nehoda vyvolaná nedostatečným bočním odstupem protijedoucích vozidel se může stát kdekoli na silniční síti. Jinými slovy: k čelnímu střetu, k boční kolizi protijedoucích vozidel nebo k havárii jednoho vozidla v reakci na nedostatečný boční odstup s protijedoucím může dojít doslova na kterémkoli místě silniční sítě (snad kromě komunikací jednosměrných a dálnic, nicméně i tam se protijedoucí vozidla za určitých zvláštních okolností střetají). Tedy otázka, zda ke střetu protijedoucích vozidel mohlo dojít na předemném místě silnice, není určujícím kritériem, zda se jedná o nehodu nechtěnou či uměle navozenou (fingovanou). Poznamenejme, že pro uměle navozené střety protijedoucích vozidel bývají vybírána místa v zatáčkách. Proto řešení vztahu nehodového děje k prostorovému uspořádání komunikace obecně není kritériem, zda se nehoda spontánně stala nebo je fingovaná. Přesto je radno takové řešení provést i v případech, kdy z jiných technických indicií vyplývá, že jde o nehodu fingovanou, neboť z řešení mohou vyplynout další souvislosti, které nejsou jinak (odhadem) zřejmé.

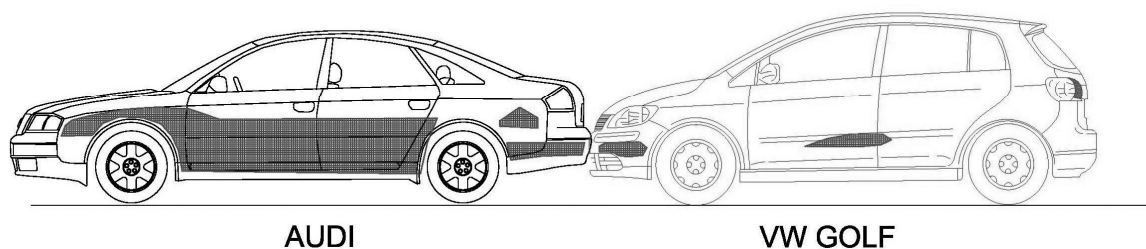
Okolnosti, které se zdají na první pohled podezřelé, mohou mít přirozený původ a ten by neměl být přehlédnut. Uvedme si příklady:

Nepoměr rozsahu poškození karoserií při srážce vozidel může mít přirozený původ v rozdílné tuhosti částí, které byly k sobě přitlačeny. Problematika je pojednána i s obrázky a grafy v kapitole 5.4 „*Vliv tuhosti vozidla*“.

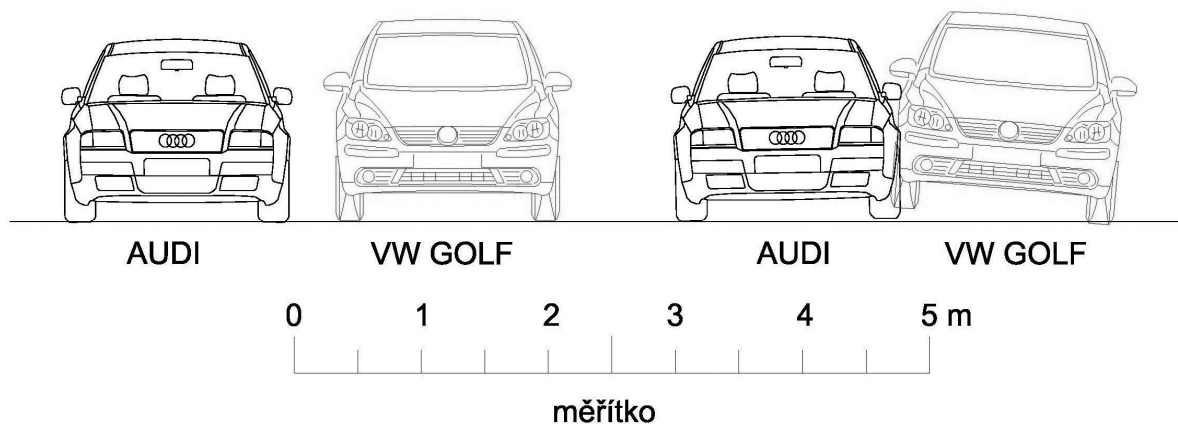
Nepoměr rozsahu poškození při střetu, při němž došlo k vzájemnému smýknutí po boku karoserie. Podle Newtonova fyzikálního principu akce a reakce musejí mezi vozidly působit při střetu (kolizi) vzájemně stejně veliké síly opačného smyslu. To musí samozřejmě platit

v každém případě. V případě, že určitá část jednoho automobilu (například zaoblené nároží předního nárazníku) sklouzne po délce boku druhého automobilu, pak lze vcelku jednoduše vysvětlit okolnost, že vtačená oblast na boku toho druhého automobilu je podstatně rozsáhlejší než poškozená oblast na předním rohu prvního automobilu: Je nutno zásadně odlišit silové působení při prostém nárazu (bez smyku v kontaktní zóně) od kolize se smykem. V popisovaném případě přichází v úvahu velmi významný pohyb kontaktní zóny: a to například od zádě automobilu po celém jeho boku až k jeho přídi. Přitlačením předního rohu na bok vznikly na obou stranách (obou automobilech) deformace nepřímo úměrné tuhostem. Jestliže je pak kontaktní zóna tažena (smýkána) po boku automobilu od jeho zádě směrem k přídi při trvalém působení zhruba konstantní přitlačné síly, nemění se poloha kontaktní zóny na nárazníku a nemění se (nenarůstá) ani deformace na nárazníku, zatímco na druhém automobilu se vytváří vtačení po celé délce jeho boku. Takový proces si lze obecně představit na nekonečné délce příčného posunu působišť přitlačné síly. Energie potřebná na postupné vtačování musí být dodávána ze zdroje, jímž je kinetická energie vtačujícího objektu (prvního automobilu s jeho nárazníkem), což zde bylo splněno.

Výškový rozdíl v dosazích poškození od země.



obr. 46 Porovnání výšek a rozsahu poškození



obr. 47 Poměry bezkolizní a při kolizi

Vozidla nezůstávají v průběhu vzájemné kolize ve „statických“ polohách jako při stání v klidu na místě. Natlačí-li se za jízdy bok jednoho osobního automobilu pod velmi malým úhlem na bok druhého automobilu, pak vzájemné silové působení je podobné tzv. namáhání na vzpěr. Nastává zdvih boku automobilu v silovém kontaktu (viz obr. 47): obvykle bok automobilu jedoucího rychleji, případně bok automobilu lehčího. Na obr. 48 je snímek z videozáznamu ekvivalentního crash-testu.



obr. 48 Crash-test: tečná kolize s druhým automobilem (zdvih boku)

Automobil s pohonem předních kol se natlačil pravým bokem na bok druhého automobilu a smýkal se po něm od zádě k přídi. V okamžiku, kdy se pravé přední (hnací) kolo natlačilo na kolo stojícího automobilu, doslova po něm vylezlo vzhůru, což bylo impulzem pro převrácení jedoucího automobilu na levý bok.

Změny výšek karoserií v kolizní zóně nastávají přirozeně také při nárazu na bok automobilu: automobil se naklápí okolo své podélné osy, může dojít k rozkývání. Například narazí-li osobní automobil přídi na bok druhého osobního automobilu, naražený bok nejprve klesá dolů za současného vzniku velkých deformací, jež vlivem naklopení zasahují do větší výšky než za statických poměrů výšek, přitom je naražený automobil uváděn do bočního pohybu, při němž následuje naopak zdvih naraženého boku. Tedy porovnávání výšek poškození ve statických polohách dle výkresové dokumentace vozidel může být zavádějící: takové zjednodušení může vyústit do mylného výroku o tom že nehoda je fingovaná.

Vybočení automobilu doleva, když vyvráceno bylo kolo pravé.

Dojde-li k vyvrácení předního kola (například pravého), odvalí se ven z karoserie, s sebou prudce vytahuje spojovací (řídící) tyč směrem vpravo, čímž je levé kolo vytáčeno velkou silou doleva. Vyvrácené pravé kolo se může smýkat ve směru téměř kolmém vůči vlastní rovině, přičemž není schopno vyvozovat žádnou vodící sílu, zatímco levé kolo táhne („řídí“) automobil strmě doleva. Naskytá se úvaha, že „*vlivem dřecích sil působících na vyvrácené pravé přední kolo by vozidlo v konečné poloze skončilo na pravé krajnici*“. Dřecí síly by mohly nějak výrazně převažovat, jedině kdyby řidič současně nebrzdil provozní brzdou, což je v kolizní situaci krajně nepravděpodobné. V archivu máme fotografickou dokumentaci situace, kdy se na sanitním automobilu ŠKODA Pick-Up ulomil spodní závěs pravého předního kola, pravé přední kolo sanitky se vyvrátilo a pak zanechávalo výraznou stopu na vozovce zprava k levému okraji vozovky – řidič nebyl schopen udržet automobil v přímém směru (obr. 49).



obr. 49 Automobil s vyvráceným pravým předním kolem



obr. 50 Stopa vyvráceného pravého předního kola, nezvladatelný výjezd doleva



obr. 51 Vyvrácené pravé kolo táhne spojovací tyč řízení vpravo a tím stáčí levé kolo doleva¹⁴

Když na místě nejsou (očekávané) stopy

Rýhy a vrypy v površích vozovek bývají vytvářeny při dopravních nehodách rytím ostrých hran kovových částí. Ostré hrany vznikají v důsledku zlomů masivních částí případně v ostrých deformačních přehybech plechových částí. Řešili jsme případ, kdy se po vozovce měla smýkat dlažební kostka či část kamenného obrubníku odhozeného prvním automobilem do dráhy automobilu druhého. Z okolnosti, že na policejní fotodokumentaci nebyly na vozovce patrné stopy po pohybu toho kamene, usuzoval znalec, že takový děj nenastal, ač první automobil měl proražené levé přední kolo a druhý za ním havaroval. Policisté poblíž našli volnou dlažební kostku. Uvažme, že styková plocha kamene nemusela být ostrohranná. Tíha kamene jistě nepůsobila bodově a nejspíše ani hranou, ale nejpravděpodobněji se rozkládala plošně. Stejně důležitá pro vznik výrazných rýh (jež by mohly být patrné na fotodokumentaci) je i vlastnost plochy, po níž se předmětný objekt (kámen) smýká: v případě vozovky se nejedná o plochu na omak výrazně drsnou a přitom relativně měkkou či křehkou (jako je například domovní omítka), ale o hutný pevný a houževnatý materiál, jehož povrch bývá ohlazen provozem vozidel (včetně těžkých nákladních). Tedy z absence takových stop lze sotva usuzovat na nereálnost (fingovanost) nehodového děje.

Vznik zřetelných stop brzdění na vozovkách je podmíněn takovou intenzitou brzdění, jež vede k překonání adhezních schopností pneumatik. Automobily vybavené ABS nezanechávají souvislé blokovací stopy, při extrémním brzdění vznikají sporadické stopy přerušované a sotva zřetelné, při méně intenzivním brzdění pak obvykle nevznikají viditelné stopy. Pokud na policejní fotodokumentaci nejsou viditelné stopy pneumatik, nelze s toho dovozovat, že se nejedná o skutečný průběh nehodové situace. Tedy konstatování, že „*je technicky nepřijatelná absence jakýchkoli brzděných, smykových či dřecích stop*“, nemusí být opodstatněné. Je třeba náležitě uvážit, zda pro vznik smykových či dřecích stop byly v předmětném případě podmínky. Vždyť dokonce ve fázích, kdy je podélná osa automobilu

¹⁴ předchozí 3 obrázky – autor Ing. Jindřich Zoul

odkloněna od okamžitého směru pohybu jeho těžiště o velký úhel (např. 30°), nebývají někdy na vozovce zřetelné smykové stopy všech jeho kol.

Laky moderních automobilů jsou odolnější proti otěru, než tomu bylo například u automobilů z 80.let. Poměry při lokálním tlaku či vzájemném smýknutí dvou hladkých lakových ploch si nelze představovat jako otěr o domovní omítku. Vznik otěrů laků karoserií nelze vyloučit, nicméně pokud na fotodokumentaci nejsou otěry patrné, nebo pokud skutečně žádné zřetelné nevznikly, nelze z toho spolehlivě dovozovat, že předmětné objekty nebyly ve vzájemném kontaktu.

Vznik dřecích stop v povrchu lakové vrstvy je podmíněn působením ostrého hrotu, ostré hrany či drsné plochy. Je třeba náležitě uvážit, zda ve zkoumaném případě takové poměry byly.

K poloze automobilů v době ohledání

V jednom revidovaném případě znalec spatřoval indicii fingované nehody v okolnosti, že automobily byly policií shledány ve vzájemné vzdálenosti 4 m. Vzájemný odraz automobilů po střetu je jev naprosto běžný. Míra odrazivosti (vyjadřuje se tzv. koeficientem restituice) závisí na střetové rychlosti: čím nižší je relativní rychlost střetu, tím je ráz pružnější (malé či žádné trvalé deformace) a vozidla se od sebe odrážejí spíše, než při vysokých rychlostech střetu.

Řidiči nebývají schopni při střetu udržet nohu na pedálu brzd a kontinuálně brzdit při střetu i po něm. A tak automobily po střetu mohou poodjet též vlivem sklonu vozovky. Mnohý řidič bývá nečekaným střetem šokován, a pak může mít tendenci vystoupit z automobilu, aniž jej předtím zajistil řádně proti pohybu.

Tedy příčin vzájemné vzdálenosti automobilů po střetu přichází v úvahu několik, vzdálenost 4 m není nijak neobvyklá, běžné jsou případy vzdáleností i větších.

Tuhost plastového nárazníku uprostřed a na zaobleném rohu

Běžně se rozlišují deformace pružné a plastické. Deformace však ještě neznamená destrukci, rozbití. Přichází v úvahu dokonce **deformace**, jež by bez dalšího silového působení zůstala **trvalá, nicméně má povahu deformace dokonale pružné**. V oboru pružnosti a pevnosti se tento jev odborně nazývá **pružná ztráta stability**. Lze jej názorně ukázat na otevřeném prismatickém profilu „U“ – představme si trubku rozříznutou podélně, tedy profil korýtko. Bude-li korýtko z pružného plastu, pak jej lze ohnout konvexně i konkávně tak, že v místě ohybu se profil písmene „U“ změní na úsečku „I“. Nebude-li původní korýtko přímkové, ale mírně vyklenuté (jako například plastový nárazník osobního automobilu), a takový model ohneme jako prostý nosník zatlačením zevně na vypuklou stranu profilu, pak může dojít k tomu, že **model strne v ohnutém tvaru**. Potom bude ale relativně malá síla působící na nosník zevnitř původního profilu stačit k tomu, aby se model prudce narovnal – vyskočil do původního tvaru. Pružná ztráta stability provází i jev, který je nejspíše každému dobře známý: totiž určitá míra promáčknutí prázdné PET-láhve, kterou lze přivést beze zbytku do původního tvaru působením tlaku zevnitř, například nafouknutím skrze hrdlo. Efekt pružné ztráty stability přichází v úvahu v omezené míře na plechových dílech automobilových karoserií, ale **může se plně uplatnit například na náraznících z plastu**, pokud je plast náležitě houževnatý, tedy nikoli křehký. Tak lze vidět snímek nárazníku masivně prolomeného dovnitř, za nímž se pak nachází výztuha z hliníkového komůrkového profilu příslušně ohnutá. Když se pak ale takový nárazník vymontuje, může pružně „vyskočit“ jako žabka do původního tvaru. Stopy po popsáném ději mohou pak být tvořeny jen sporadickým popraskáním kvalitního laku v místě předchozího masivního přehybu.

Dále je nutno uvážit odpor proti zdeformování silou působící zhruba uprostřed výše popsaného modelu jako prostého nosníku - v porovnání s odporem proti zdeformování stejně velikou silou působící na díl vytvarovaný do lokální 3D oblony (například oblý okraj „roh“

nárazníku osobního automobilu) z téhož materiálu a stejné tloušťky jako onen prostý nosník. Je zřejmé, že „3D roh“ bude působit jako podstatně tužší než prismatické korytko.

K vzniku deformací přenosem ve struktuře vlastní karoserie

Při střetu dochází k deformacím, tedy ke změnám polohy v kontaktní zóně převážně ve směru působícího tlaku. Zasažená část však může být zároveň vychýlena i ve směru kolmém k působícímu tlaku, a zasáhnout tak do kontaktu s částí, se kterou normálně do kontaktu nepřichází. Tak například čelo automobilu může v průběhu svých deformací zasáhnout na přední okraj kapoty či na její spodní výztuhu, jež je pak deformována ve výšce, kam kolidující část druhého vozidla nemohla zasáhnout. Vzniká (na první pohled) výšková diference motivující k podezření z fingování nehody.

K možnostem numerického řešení problematiky fingovaných nehod

Pokud se znalci podaří děj nasimulovat s podporou počítačového programu, lze to považovat **za jeden z podkladů** pro konstatování, že k nehodě takto mohlo dojít. Pokud však jde o nehodu fingovanou spočívající v „přerazítkování“ předchozích poškození provedením cílených, relativně slabých nárazů na daném místě s přiměřenou znalostí problematiky, pak samotným výpočtem nelze tuto okolnost odhalit. Není pak adekvátní závěr, že nehoda určitě není fingovaná.

obráceně to ale nemůže platit: pokud se znalci nepodaří nehodový děj nasimulovat, neznamená to, že je reálnost děje vyloučena.

Kolizní děj v některých případech nelze idealizovat do jednoho okamžiku – jde o nezanedbatelný časový interval a o proces ryze prostorový s bočními náklony obou automobilů. Pohyb vozidel v delším časovém intervalu nelze nazírat a analyzovat jako pohyb neživých těles, podléhajících výhradně fyzikálním zákonům. Ty samozřejmě platí vždy, ale současně nelze zanedbat změny vyvolané reakcí řidičů. Časový průběh a intenzita reakce osoby za volantem mívá mimořádně velikou roli. Parametry tohoto procesu však nejsou známy. Tedy počítačové řešení by bylo napadnutelné a vcelku logicky zpochybnitelné pro aplikaci neurčitých hodnot řady parametrů.

Z uvedených důvodů **pro řešení otázky reálnosti či nereálnosti nehodového děje není nejvhodnějším prostředkem počítačové řešení.**

Typické znaky fingovaných nehod zde neuvádíme, neboť by takové poznatky byly zneužitelné k trestné činnosti.

8.7 Střet u „středu šířky“ vozovky

Podélná (dělicí) čára se nevyznačuje na vozovkách užších než 5,5 m (viz lit.[22]). Při posuzování poměrů při střetech protijedoucích vozidel se nenechme svést laickým výkladem účastníků. Ti většinou argumentují, že ten druhý přesáhl střed vozovky, zejména na úzkých komunikacích (např. vedoucích k chatovým osadám a podobně). Přitom může jít o střet nákladního automobilu jedoucího těsně podél větví zasahujících nad vozovku s protijedoucím motocyklistou jedoucím "ve své polovině" ale 1,8 m od volného okraje vozovky. Pravidla provozu na pozemních komunikacích neznají pojem "střed šířky vozovky", ale ukládají, že *na silnici se jezdí vpravo, a pokud tomu nebrání zvláštní okolnosti, pak při pravém okraji vozovky*. Je tedy třeba řešit, který z účastníků nejel při pravém okraji vozovky, či zda zde byly nějaké okolnosti, které takovému způsobu jízdy bránily. Zda řidič v nepřehledné zatáčce na úzké vozovce jel jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na polovině délky rozhledu (plyne to z příkazu přizpůsobit rychlost jízdy okolnostem, které je možno předvídat = na obousměrné silnici je přece možno předvídat protijedoucí nákladní automobil, jemuž musí být dána možnost zastavit na druhé polovině délky vzájemného rozhledu).

Na dvoupruhových obousměrných vozovkách (rozdělených podélnou čarou) ovšem přichází v úvahu (právní) pojem jízda v protisměru. Ovšem i zde je třeba řešit, který z účastníků nejel při pravém okraji vozovky, či zda zde byly nějaké okolnosti, které takovému způsobu jízdy bránily.

8.8 Zajištění nákladu

Pokud náklad na vozidle nedosahuje až těsně k bočnicím ložné plochy, je vždy nutné upevnit jej tak, aby nemohlo dojít k posouvání nákladu do stran odstředivou silou v zatáčkách ani setrvačnou silou dopředu při brzdění či dozadu při rozjezdu. Volný pohyb nezajištěného nákladu je omezen jenom třením o podložku (podlahu ložného prostoru), případně vzájemným třením mezi jednotlivými částmi nákladu. Překročí-li setrvačná či odstředivá síla hodnotu (mez) třecích sil, dá se náklad do pohybu po ložné ploše. Přebytek sil (diference mezi silou setrvačnou či odstředivou a silou třecí) uvádí těleso (náklad) do pohybu rovnoměrně zrychleného vůči ložnému prostoru, až pojednou nastává analogie úderu kladivem: pohyb nákladu proti bočnici totiž nelze zastavit na nulové délce dráhy (jak víme z předchozího výkladu), a tak mnohdy dochází k proražení bočnic rázovou silou, přestože by bočnice dobře odolaly síle odstředivé či brzděné, kdyby se náklad o bočnice stále opíral, tedy kdyby se nemohl po ploše posouvat („rozběhnout“) a pak do bočnic udeřit. Uvedme si příklad: Řidič nákladního automobilu, přepravujícího velkoprofilové roury pro stavbu ropovodu, byl nucen náhle prudce brzdít – roury se daly setrvačností do pohybu vpřed, smetly kabinu řidiče, jenž přitom zahynul. Zcela obdobný děj se stal (a je možná vcelku „běžný“) při přepravě armovacího železa či jakýchkoli dlouhých válcovaných ocelových profilů. Jiný příklad: Na nákladním přívesu s plechovou podlahou se v zatáčce daly do pohybu pakety¹⁵ pytlů cementu, prorazily bočnici, přičemž jedna z paket padla na přední kapotu protijedoucího osobního automobilu – pokud by byla paketa padla o metr dál, byly by následky smrtelné.

Obdobně dochází k poškození samotného nákladu (analogie zranění neupoutaného cestujícího) nárazem do bočnic. Podle principu akce a reakce totiž působí na náklad stejně veliká rázová síla, jaká působí při nárazu na bočnice.

To, co platí mezi kusovou zásilkou a bočnicí ložného prostoru, platí i pro vnitřek „kusové zásilky“: je-li nějaké zboží přepravováno v pevném obalu (bedně), musí být i uvnitř bedny zajištěno tak, aby se nemohlo volně pohybovat a narážet na stěny bedny.

Není-li možno volný pohyb přepravovaných věcí zcela vymezit vůči přepravnímu prostoru (například při stěhování nábytku), musí být postaráno o změkčení kontaktních ploch uvnitř přepravního prostoru – z hlediska dynamiky jde o snížení „brzděné síly“ prodloužením „brzděné“ dráhy volného pohybu objektu uvnitř vymezeného prostoru (viz kapitolu 4.7 „Rázová síla, délka dráhy zastavení pohybu, tvrdost nárazu“).

8.9 Bezpečný boční odstup

Otázka, zda boční odstup byl bezpečný přichází v úvahu:

- při míjení protijedoucích vozidel
- při předjíždění
- při objíždění (stojícího vozidla)

Pro bezpečný boční odstup není závazné kritérium, pouze kompilace řady názorů, jež se navzájem liší. Obecně je asi nutno rozlišovat poměry mezi dvoustopými vozidly od

¹⁵ paketa není složena na paletě, obsah pakety je fixován PE fólií, která disponuje menší adhezí vůči ložné ploše

poměrů, kdy jedno vozidlo je jednostopé, neboť objektivně nemůže jet po ideální přímce či po ideální kružnici – dráha je vždy směrově zvlněná.

V Příručce znalce analytika silničních nehod (v lit.[6]) se na str.415 uvádí: *Pro určení bezpečného bočního odstupu dvou vozidel existuje řada názorů. Výklad pravidel silničního provozu z r.1970 udával pro vyhýbání boční odstup dle následující tabulky, přičemž boční odstupy protijedoucích vozidel, určené v závislosti na jejich rychlostech se sečítají.*

Rychlost jízdy [km/h]	1-5	6-30	31-50	51-75	76-100
Boční odstup [m]	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25

Řidič stojícího vozidla nemůže průběžně upravovat boční odstup od vozidel jiných. Úprava bočního odstupu by měla být věcí řidiče vozidla jedoucího (objíždějího vozidlo stojící). V případě jízdního kola je zde zvláštní specifikum: že totiž se připouští jízda cyklistů po krajnici „Na vozovce se na jízdním kole jezdí při pravém okraji vozovky; nejsou-li tím ohrožováni ani omezováni chodci, smí se jet po pravé krajnici“ (§ 57/2 zák.361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích). Lidé chystající se vystoupit z osobního automobilu pravými dveřmi sotva předpokládají, že jejich automobil se právě chystá objet zprava cyklista. Lidé, kteří vystupují z automobilu, jsou chodci – cyklista jedoucí po krajnici by je neměl ohrožovat. Pokud daný prostor není krajnicí, měl by cyklista objíždět stojící vozidlo zleva. Dále je stanoveno (§ 18/1), že *rychlost jízdy musí řidič (tedy i cyklista) přizpůsobit m.j. okolnostem, které je možno předvídat.* K tomu lze odkázat soudu k úvaze, zda cyklista, přijíždějící zezadu k stojícímu osobnímu automobilu (například v koloně před železničním přejezdem), v němž je možno vidět osoby, a chystající se objet ten automobil zprava, může předvídat, že někdo z posádky bude vystupovat pravými dveřmi nebo je otevře jen kvůli horku. Pro takový případ lze objektivně určit bezpečný boční odstup: nejméně takový, aby nedošlo ke kolizi, pokud se dveře automobilu otevrou.

8.10 Určení viditelnosti v době nehody

Při analýze dopravních nehod bývá důležité vědět, za jakých podmínek viditelnosti k nim došlo. Při přípravě vyšetřovacích pokusů bývá nutno určit dobu, kdy bude obdobný stav soumraku, jako byl v době, kdy k činu došlo.

Rozednívání před východem Slunce a stmívání po jeho západu se dělí na tři fáze:

- 1. Občanský soumrak** - začíná při západu Slunce a končí, když je Slunce 6,5° pod horizontem. Pak nastává fáze nautického soumraku. Také ráno hovoříme o občanském soumraku a to do doby východu Slunce, kdy je méně než 6,5° pod horizontem. **Za jasné oblohy lze v době občanského soumraku číst ve volném terénu novinový tisk.**
- 2. Nautický soumrak** - večer následuje po občanském soumraku, když je Slunce 6,5° pod horizontem a končí, když je 12° pod horizontem. Obdobně za ranního svítání, když je Slunce 12° až 6,5° pod horizontem. **V době nautického soumraku je za jasné oblohy možno zřetelně rozlišit proti obloze obrysy domů, stromů, postav atd.** Je možno vidět hvězdy 3.velikosti.
- 3. Astronomický soumrak** - večer následuje po nautickém soumraku, když je Slunce 12° pod horizontem a končí, když je 18° pod horizontem. Obdobně ráno, když je Slunce 18° až 12° pod horizontem. **V době astronomického soumraku již nelze zřetelně rozlišit objekty ve volném terénu,** je možno vidět hvězdy jako v noci.

V době mezi večerním koncem astronomického soumraku a jeho ranním počátkem je úplná tma (pokud nesvítí Měsíc).

Na obr. 52 je diagram postupu soumraku, v němž jsou časové údaje o jednotlivých fázích v průběhu roku. Diagram je sestaven z astronomických tabulek a bez korekcí platí v místě Prahy (v okolí hvězdárny Petřín). Měsíce v roce jsou rozděleny po pěti dnech, čas v

průběhu dne na druhé ose je dělen po deseti minutách. **Pozor na náležité zohlednění zimního a letního času** - horní časová stupnice přísluší středoevropskému času (SEČ) a našemu zimnímu času, dolní stupnice pak letnímu času (LČ) v České republice.

Pokud se kritický děj odehrál večer ještě před koncem občanského soumraku (či ráno po jeho začátku), bývá běžné, že svědkové uvádějí, že v kritické době byla tma, ač objektivně bylo možno ještě číst venku noviny. **Na to je třeba dát pozor.** Soumrak je sice pokročilý, ale úplná tma to ještě není.

Leží-li místo činu na východ či na západ od Prahy (v jiné zeměpisné délce), je třeba provést jednoduchou korekci podle obr. 53. Na východě Slunce vychází ale i zapadá dříve (záporná korekce) - v Ostravě například o -16 minut. V době činu je tam tedy takový stav viditelnosti, jaký nastane v Praze - místě přesné platnosti grafu z obr.1 - až za +16 minut. Tedy má-li se například určit fáze soumraku pro určitý čas a pro místo na ostravsku, musí se k danému časovému údaji připočíst +16 minut. Tedy **korekce z obr. 53 se aplikuje s opačným znaménkem - na východ od Prahy se korekce přičítá, na západ od Prahy se odečítá.**

Zohlednění vlivu oblačnosti: Došlo-li k činu navečer v době, kdy bylo zataženo temnou oblačností, pak za bezoblačného počasí je třeba provést vyšetřovací pokus později, a naopak. Opačné poměry jsou ráno při rozednávání. Největší takový časový posun příslušející rozpětí "jasno-zataženo temnou oblačností" činí při východu a při západu Slunce cca 20 minut, v době astronomického soumraku pak cca 10 minut.

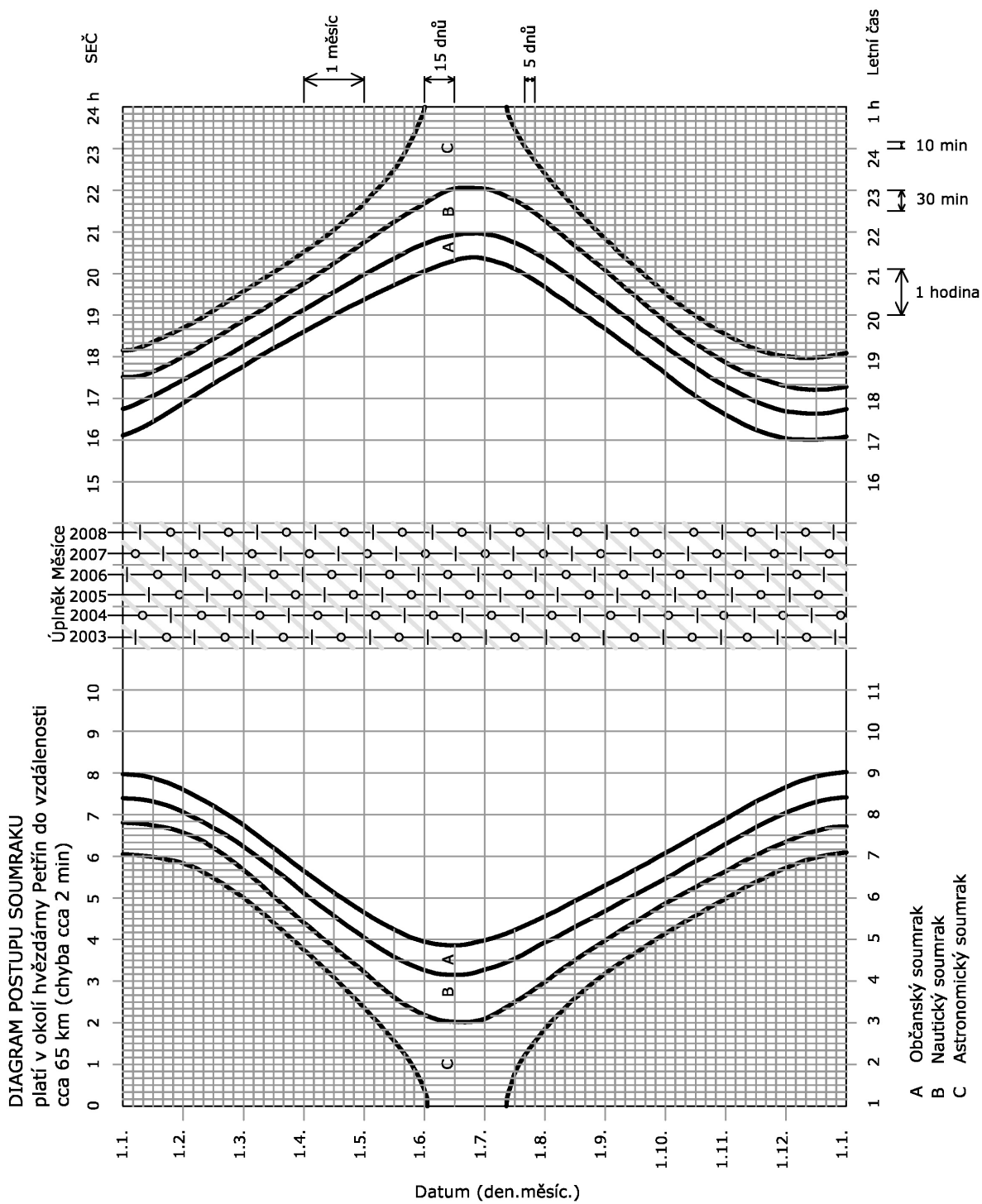
Za jasné oblohy a když je skoro jasno, je možno brát v úvahu i měsíční fáze. Pro rychlou informaci jsou v grafu na obr. 52 uprostřed kroužky, označující v letech 2003 až 2008 dny příslušející Měsíci v úplňku. K fázím Měsíce přirozeně není třeba přihlížet na počátku občanského soumraku, ale až po jeho polovině či až v dalších fázích. Nezanedbatelný vliv však může mít stav kolem dnů úplňku při astronomickém soumraku a pak v noci.

Poznamenejme ještě, že v našich zeměpisných šířkách od počátku června do poloviny července nenastává astronomická noc, ale pouze nejvýše astronomický soumrak.

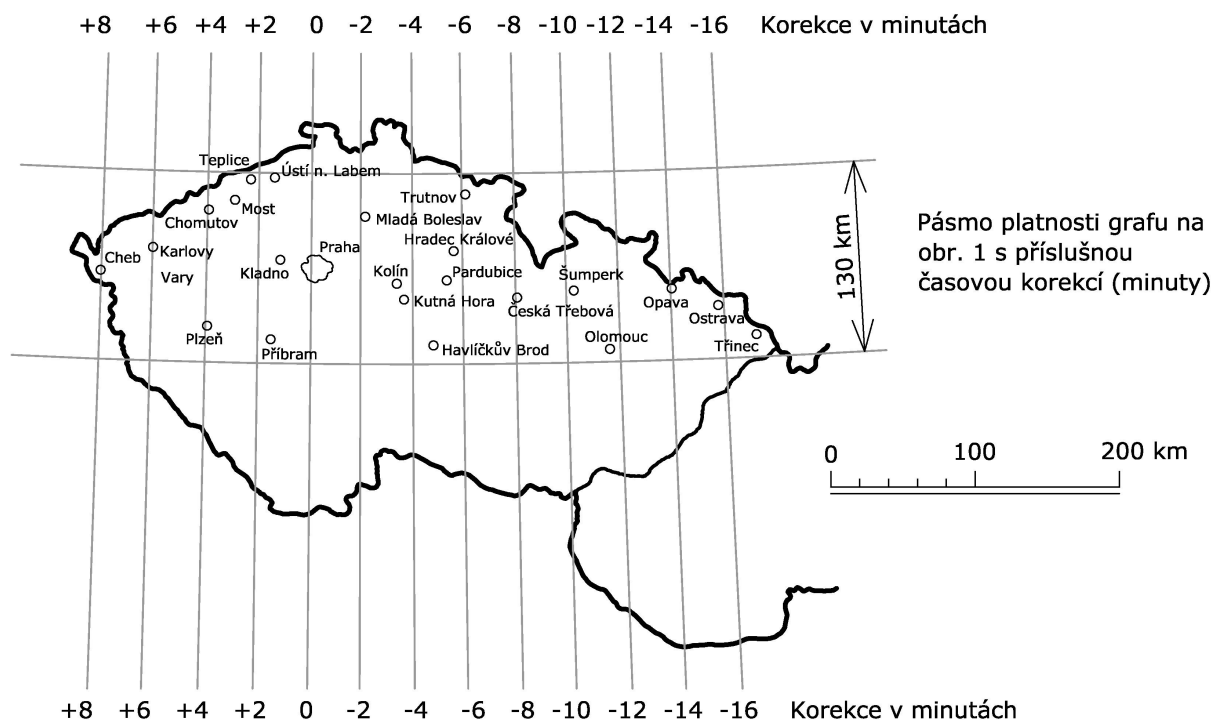
Ukažme si na příkladě postup určení doby vhodné k provedení rekonstrukce za soumraku k zvolenému datu:

Čin poblíž Pardubic je datován 2.října 2004 v 18:44 h (letního času = LČ) ; konstatuje se jasno. Časovou korekci -6 minut, zjištěnou pro Pardubice z obr. 53, vezmeme s opačným znaménkem tedy plus (vysvětlení viz vpředu), čímž pro aplikaci diagramu v obr. 52 vychází ekvivalentní čas 18:50 h LČ. Pro tento časový údaj **letního času** a pro datum 2.října zjistíme z obr. 52, že kritická doba byla v polovině fáze občanského soumraku. Ten den v roce 2001 byl Měsíc v úplňku. Budeme-li chtít přihlížet i k této okolnosti, pak vyšetřovací pokus naplánujeme na 1.listopad 2004, kdy je znovu úplněk, **ale už zimní čas.** Z obr. 52 zjistíme, že 1.listopadu bude občanský soumrak znovu právě ve své polovině v ekvivalentním (pražském) čase 16:55 h SEČ. Pro Pardubice nyní odečteme korekci -6 minut (znaménko jako v obr. 53) a dostáváme výsledek, že rekonstrukci je třeba připravit na 1.listopadu 2004 v 16:49 h SEČ. Pokud v tu dobu nebude jasno, jako bylo 2.října, pak je pokus nutno provést o cca 10 minut dříve, tedy v 16:39 h.

Bystrý čtenář určitě přišel na to, že pro samotné určení doby vhodné k provedení rekonstrukce by aplikace obr. 53 nebyla nezbytná, neboť časová korekce pro přepočítání "do Prahy" se bere opačná než pro přepočítání "z Prahy". Časová korekce je ale nutná, máme-li určit příslušnou fázi soumraku.



obr. 52 Diagram postupu soumraku

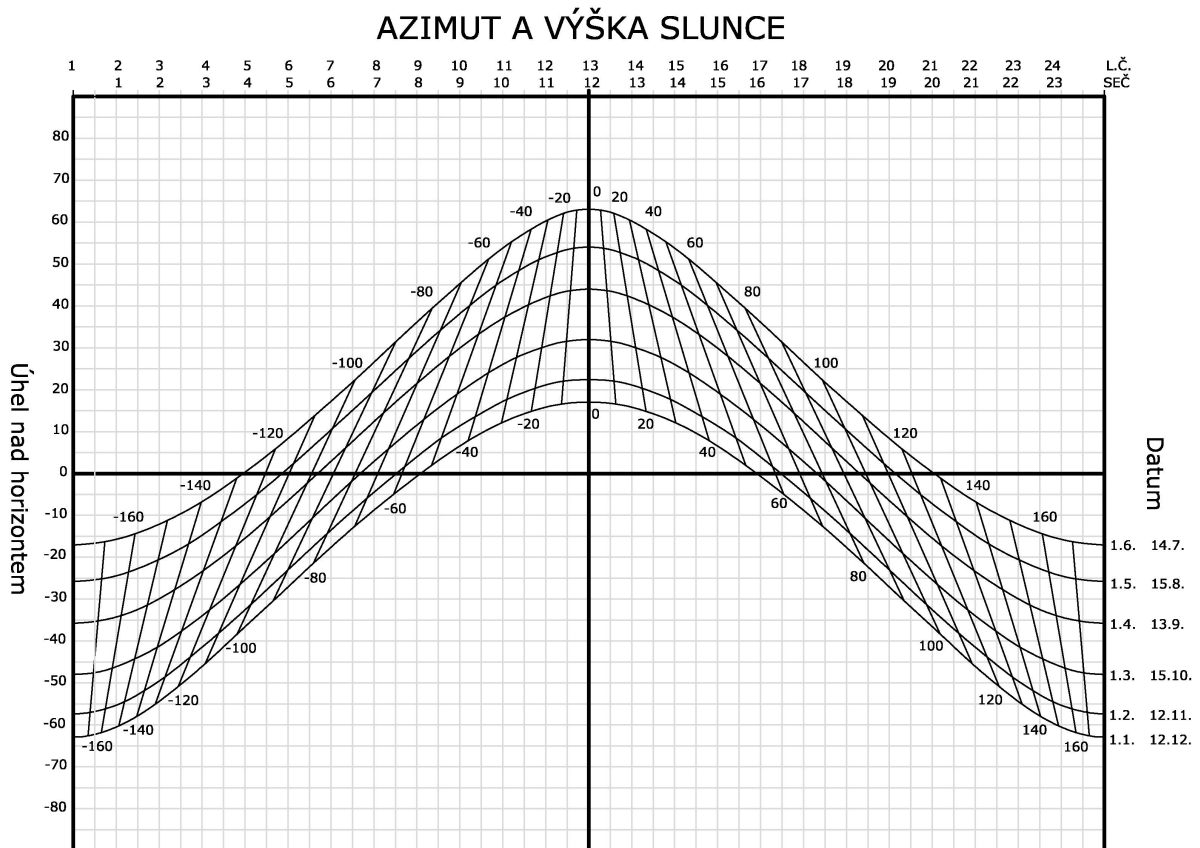


obr. 53 Časová korekce podle zeměpisné délky

Po východu a před západem slunce přichází v úvahu (zejména u dopravních nehod) otázka, zda některý z účastníků nebyl oslněn sluncem, nebo která místa či objekty se nacházely v kontrastním stínu - tedy v jakém azimutu bylo Slunce a jak vysoko bylo nad horizontem.

K tomu slouží diagram v obr. 54. Použití si ukažme rovnou na příkladu: stanovit polohu Slunce 2.října v 17:30 h. Na stupnici "Datum" leží 2.říjen uprostřed mezi křivkami platnými pro 13.9. a 15.10. Pro čas 17:30 h letního času nalezneme uprostřed mezi zmíněnými křivkami příslušný bod. Ten pak identifikujeme vůči šikmým spojnicím představujícím hledané azimuty od jihu - zjišťuje se úhel 74° měřeno od jihu směrem na západ. Na stupnici "Úhel nad horizontem" zjišťujeme polohu Slunce 13° nad horizontem.

Zjištěný azimut pak můžeme vynést do situačního plánu vybaveného orientací dle busoly či podle leteckého snímku z internetu, a můžeme posoudit, zda eventuálně přicházelo v úvahu oslnění Sluncem řidiče jedoucího daným směrem. V našem příkladě by bylo možno konstatovat, že Slunce stojící za jasné oblohy jen 13° nad horizontem mohlo oslnovat řidiče jedoucího ve směru blízkém proti paprskům Slunce přicházejícím ze směru úhlu 73° měřeného (vyneseného) od jihu k západu.



obr. 54 Azimut a výška slunce

8.11 Chodci a soumrak

Mnozí chodci možná podvědomě předpokládají, že řidič, který si svítí na cestu, musí vidět také je. Potkávací světlomety jsou konstruovány jako asymetrické, aby nalevo od své podélné osy neoslňovaly protijedoucí řidiče, a tak v levém sektoru svítí šikmo dolů na cestu, tedy na vozovku. I když je rovina vozovky před vozidlem osvětlena třeba do vzdálenosti 60 m, a řidič na tu vzdálenost dobře vidí vodorovné dopravní značení, lze z jeho místa rozlišit chodce ve světlech potkávacích světlometů na vzdálenost podstatně kratší, neboť na vzdálenost dosahu potkávacích světlometů je chodec před vozidlem osvětlen jen do úrovně výšky podrážek bot a není ještě rozlišitelný pohledem z místa řidiče. Ve světlech potkávacích světlometů v levém sektoru lze chodce rozlišit pohledem na vzdálenost přibližně (údaje z brožury "Seeing and be seen" firmy "3M" vyrábějící reflexní materiály):

Chodec tmavě oděný	26 m
" šedě	31 m
" světle	38 m
" nesoucí reflexní štítek	136 m.

Přítomnost chodců přichází v úvahu i na dálnici: například po dopravní nehodě. Na to je radno pamatovat zejména za soumraku a v noci.

Z diagramu postupu soumraku v obr. 52 se zjišťují následující poměrná trvání denní doby, fází soumraku a noci:

denní doba	50,0 %
občanský soumrak	5,0 %
nautický soumrak	6,2 %
astronomický soumrak	7,8 %
astronomická noc	31,0 %
C e l k e m	100,0 %

Porovnejme četnosti nehod s chodci (včetně "ležců") analyzovaných v ústavu ADN-Konzult pro tytéž doby:

	Počty nehod			
	v obcích	mimo obce	Celkem	
denní doba	154	21	175	53,6 %
občanský soumrak	17	5	22	6,7 %
nautický soumrak	22	14	36	11,0 %
astronomický soumrak	20	8	28	8,5 %
astronomická noc	39	27	66	20,2 %
C e l k e m	252	75	327	100,0 %

Z porovnání posledních sloupců obou tabulek se zjišťuje, že za občanského soumraku došlo k vyššímu podílu nehod (6,7 %), než je podíl trvání této soumravné fáze (5,0 %) v roce. Ještě větší je poměr u soumraku nautického: 11,0 % nehod za dobu trvající jen 7,8 % času v roce. Toto porovnání je pouze hrubé, orientační, neboť nezohledňuje poměry hustoty pohybu chodců v jednotlivých denních dobách. Za soumraku je kontrast postav vůči šedému pozadí nižší než v noci vůči pozadí černému, a tak **soumrak je určitě nejneprůzračnější dobou z hlediska rozlišitelnosti chodců na komunikacích** - což je potvrzeno i provedeným hrubým porovnáním.

V průběhu roku není obloha neustále jasná, a tak viditelnost ekvivalentní fázím soumraku se poněkud prodlužuje na úkor trvání viditelnosti denní. Přiřazení nehod příslušným fázím ale nezohledňuje tento subjektivní vliv, a tak výše provedené porovnání není zatíženo tímto efektem.

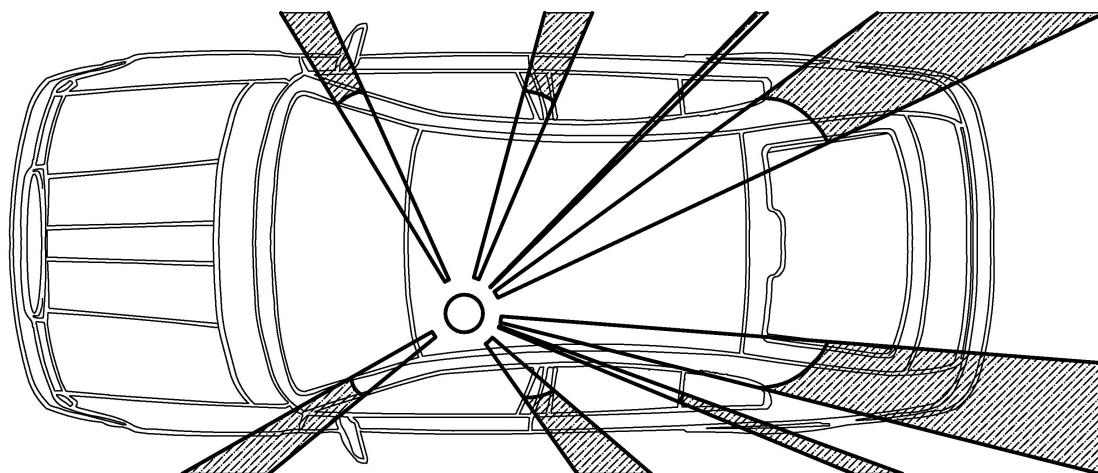
8.12 Omezení výhledu z automobilu

Z hlediska místa vzniku dopravních nehod lze za nebezpečné považovat hlavně křižovatky. Pro bezpečný průjezd vozidel křižovatkami je důležitý dobrý rozhled. Podmínky dostatečného rozhledu jsou v českých normách definovány pomocí rozhledových trojúhelníků. Přesto však dochází k nehodám i na křižovatkách, které lze označit jako dobře přehledné. Ve většině těchto nehod bývá označen jako viník řidič, který nehodu způsobil svou nepozorností nebo nepřizpůsobením jízdy podmínkám provozu. Ne vždy je ovšem příčina nehody jednoznačná.

Výhled z vozidla z místa řidiče je ovlivněn vzájemnou polohou očí řidiče a neprůhledných částí karoserie (přední A-sloupek, střední B-sloupek, zadní C-sloupek, rám předního okna a přední kapota). Tyto části karoserie řadíme k technickým překážkám v rozhledu řidiče.

Předpisy týkající se bezpečnosti vozidel se zpřísnují. Zvýšení pasivní bezpečnosti např. pomocí širších sloupků má ale zároveň negativní vliv na bezpečnost aktivní. Tvar

karoserie má totiž zásadní vliv na výhled řidiče z vozu. Pokud dochází k zmenšení zorného pole řidiče, snižuje se tak i bezpečnost vozidla. Zakryté výhledy přes sloupky karoserie tak mohou být jedním z faktorů při hledání příčiny nehody na přehledných křižovatkách.¹⁶



obr. 55 výhled z osobního automobilu

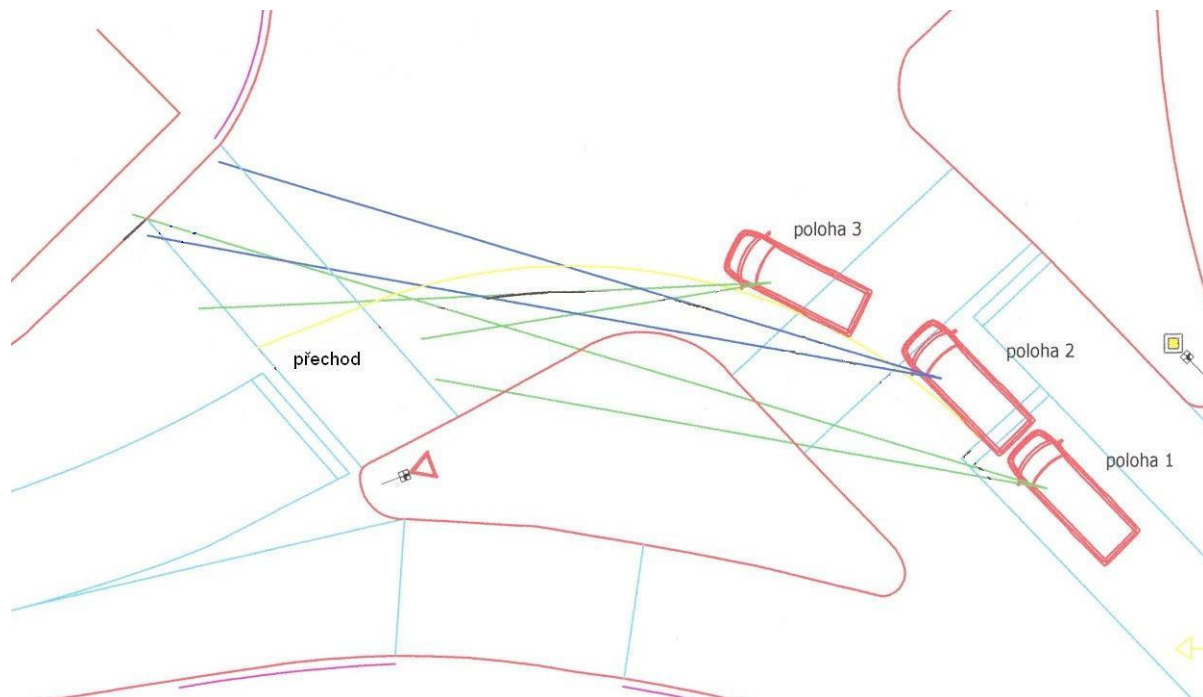
8.12.1 Problematika levého A-sloupku

Problém zakrytého výhledu řidiče přes levý sloupek automobilu je patrný z obr. 56. Zatáčí-li se automobil vlevo, vzniká v rameni křižovatky, kam automobil míří, oblast zakrytého výhledu. Tato oblast může pokrýt například část přechodu pro chodce, a řidič automobilu nemůže přecházejícího chodce vidět. Nebezpečná situace může nastat obzvláště pokud:

- poloměr dráhy zatáčejícího automobilu je malý (do cca 20 m)
- automobil jede rychle (na hranici pohodlné jízdy)
- chodec přechází blízko křižovatky

Z třetí podmínky je zřejmý význam posunutí přechodů pro chodce dále od křižovatky.

¹⁶ Výsledek testu ADAC ukázal, že u téměř všech z 90 testovaných nových modelů automobilů má řidič horší výhled než měl ve voze BMW 2002 roku výroby 1973. Přitom podle ADAC znatelně vzrostlo nebezpečí, že při odbočování, změně jízdního pruhu nebo parkování dojde k přehlédnutí jiného automobilu nebo chodce. Příčinou jsou podle testů německého autoklubu ADAC, vedle požadavků na větší bezpečnost v případě nehody, především podřízení se módním trendu v designu, ale také stále lepšímu aerodynamickému řešení karoserií.

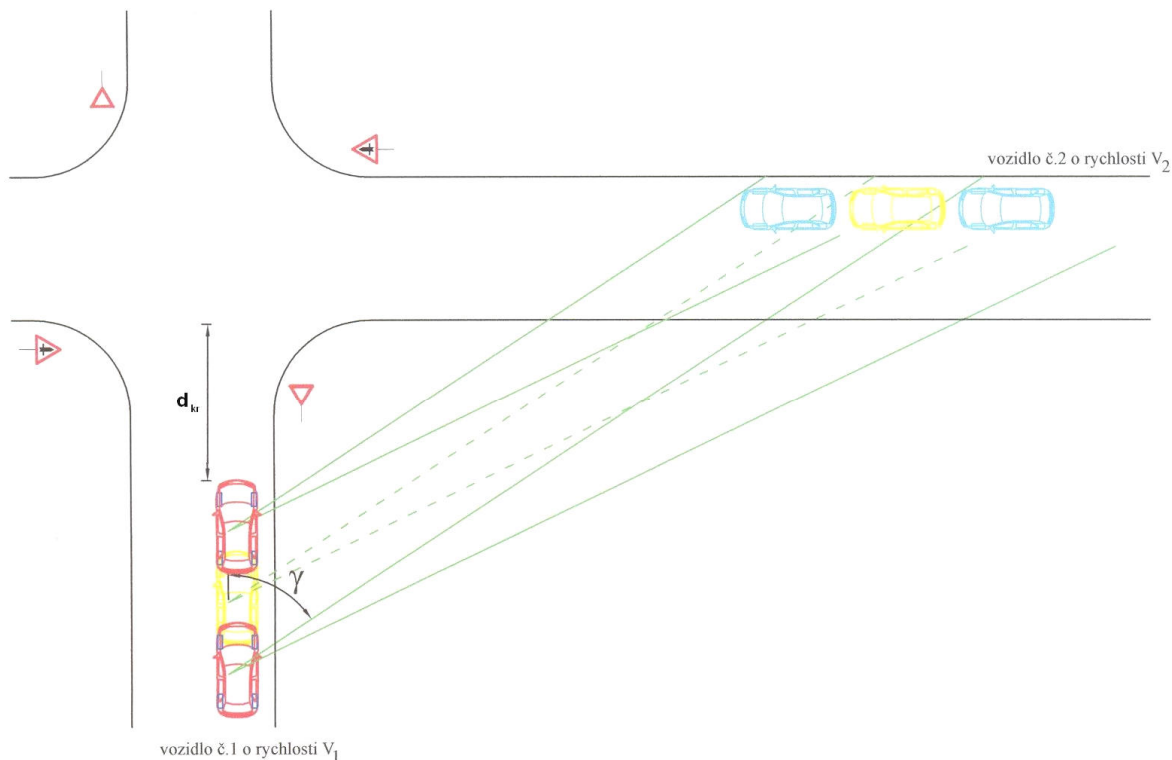


obr. 56 oblast zakrytého výhledu při průjezdu křižovatkou

Oblast zakrytého výhledu vzniklá levým A-sloupkem ovšem nemusí pokrýt jen přecházejícího chodce, může zakrýt i pevné překážky na komunikaci, jako např. střední dělicí pás, ochranný ostrůvek zbudovaný na dlouhém přechodu pro chodce nebo konec nástupního ostrůvku tramvajové zastávky. Řidič pak dané vyvýšené místo nevidí a může dojít ke kolizi. Nemusí dojít k čelnímu střetu, ale například k situaci, kdy automobil najede na obrubník takového ostrůvku či pásu zadním kolem, jehož dráha je vždycky blíže ke středu zatáčení než dráha kola předního.

8.12.2 Problematika pravého A-sloupku

Problematika vlivu zakrytého výhledu přes pravý A-sloupek se od problematiky levého sloupku liší. Vzhledem k tomu, že řidič v automobilu sedí na levé straně, jsou geometrické poměry výhledu přes oba sloupky odlišné. Pravý sloupek je více vzdálen od řidičových očí, a tak je úhel oblasti zákrytu od řidiče k příčné ose automobilu menší než u sloupku levého (viz obr. 55). S ohledem k této skutečnosti nevznikají při průjezdu křižovatkou nebezpečné situace jako u levého A-sloupku. Pravý A-sloupek však může vytvářet nebezpečné situace na křižovatkách v extravilánu, kde se nejedná o střet automobilu s chodcem, ale o střet s jiným vozidlem. Vzhledem k vyšším rychlostem, které automobil v extravilánu dosáhne, mohou být následky závažné. Situaci lze popsat takto (viz obr. 57)



obr. 57 zákryt výhledu pravým A-sloupkem

Řidič červeného vozidla blížící se ke křižovatce, se před vjetím do křižovatky rozhlédne na ostatní ramena křižovatky, aby zkontroloval, zda je jeho průjezd křižovatkou bezpečný. Pro subjektivní pocit bezpečí tak řidič činí i v případě, kdy se blíží ke křižovatce po hlavní silnici. I když je rozhled na křižovatce a v jejím okolí bez vnějších překážek (například bez stromů, reklamních tabulí nebo vegetace na přilehlých polích), tak řidiči v úplném výhledu brání karoserie vlastního vozidla. Při pohybu automobilu se současně pohybuje takto zakrytá oblast, v které se může pohybovat vozidlo na dalším rameni křižovatky. Při kolmém křížení komunikací nebezpečná situace trvá (pokračuje) při vzájemném poměru rychlostí vozidel daném následujícím vztahem:

$$\frac{v_2}{v_1} = \operatorname{tg} \gamma$$

kde

v_1 ... rychlost automobilu č.1

v_2 ... rychlost automobilu č.2

γ ... úhel značící začátek sektoru zakrytého výhledu

Poměr rychlostí v_1 a v_2 nazveme kritickým poměrem rychlostí. Pro obecné křížení je **kritický poměr rychlostí** roven:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \gamma}{\sin(\gamma + \beta)}$$

kde

v_1 ... rychlost automobilu č.1

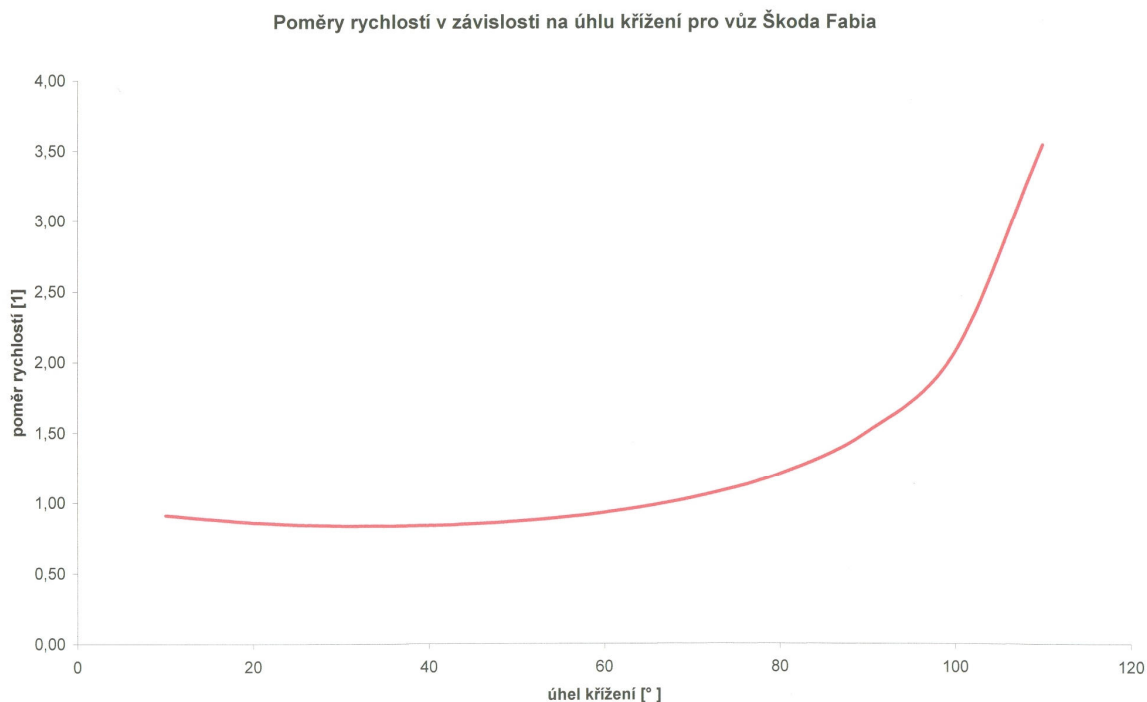
v_2 ... rychlost automobilu č.2

γ ... úhel značící začátek sektoru zakrytého výhledu

β ... úhel křížení ramen křižovatky

Musí přitom platit, že $\beta \in (0, 180 - \gamma)$.

Závislost kritického poměru rychlostí na úhlu křížení pro automobil ŠKODA Fabia je znázorněna na obr. 58.



obr. 58

Kromě kritického poměru rychlostí definujeme pro problematiku pravého A-sloupku také kritickou vzdálenost od křižovatky. Tou rozumíme takovou vzdálenost, při které se do oblasti zakrytého výhledu kompletně schová vozidlo o určité délce. Kritické vzdálenosti od křižovatky pro vůz ŠKODA Fabia jsou znázorněny na obr. 59.

S ohledem na kritický poměr rychlostí a kritickou vzdálenost od křižovatky získáme soubor úhlů křížení, při kterých může vzniknout nebezpečná situace. Hodnota nebezpečných úhlů křížení je tato: $\beta \in (75^\circ, 90^\circ)$.

8.12.3 Problematika levého B-sloupku

Problematika zakrytého výhledu přes levý střední sloupek je všeobecně známá jako problematika mrtvého úhlu. Mrtvým úhlem označujeme prostor, do kterého řidič nevidí a který je vymezen zákrytem výhledu řidiče středovým sloupkem a prostorem, který je řidič schopen sledovat v bočním zpětném zrcátku.

Vlivem tohoto zákrytu výhledu dochází k nehodám zvláště při přejíždění z jednoho pruhu do druhého, při zařazování do proudu jedoucích vozidel z místa zastavení nebo stání a při předjíždění.



obr. 59

8.12.4 Problematika pravého B-sloupku

Stejně jako pro levý B-sloupek, tak i pro pravý existuje oblast mrtvého úhlu. Dále ovšem nastávají vlivem zakryté oblasti středním sloupkem také nehodové situace podobné problematice pravého A-sloupku. Tyto situace vznikají zvláště na křižovatkách s ostrým úhlem křížení. Je třeba také brát v potaz, že řidiči brání ve výhledu nejen pravý středový sloupek, ale také např. hlava spolujezdce a opěrka hlavy jeho sedadla. Zakrytý prostor se tím razantně zvětší.

8.12.5 Omezení výhledu z místa řidiče nákladního vozidla

Okolo kabin řidičů velkých nákladních automobilů existuje poměrně rozsáhlý prostor, do něhož řidič ze svého místa nemůže vidět. Dolní okraj čelního skla je ve výši okolo 190 cm nad vozovkou, hlava řidiče ve výši cca 2,4 až 2,5 m je od přídě vzdálena cca 1,05 m, a tak řidič nemůže ze svého místa vůbec registrovat přítomnost postavy nacházející se velmi blízko před přídělí automobilu. Aby řidič mohl zkontrolovat pohledem oblast bezprostředně před přídělí, musel by pokaždé odepnout bezpečnostní pás, povstat na sedadle a naklonit se nad volant k čelnímu sklu.

Kritická situace nastává zejména mimo přechody pro chodce, neboť před přechodem má řidič možnost zastavit v takovém odstupu, aby na celé ploše vyznačeného přechodu mohl spatřit i postavu malého člověka.



obr. 60 Zjišťování poloh hranic mrtvého prostoru



obr. 61 Proporce přídě, výšky od země

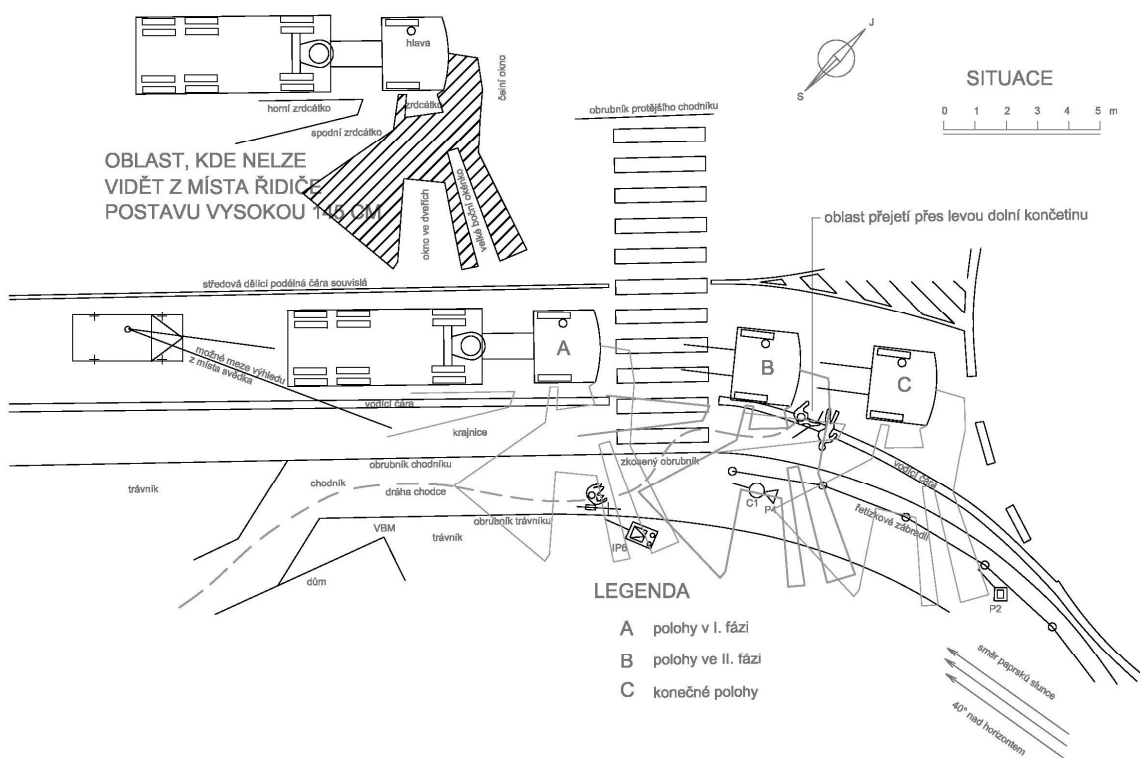
Chodec procházející napříč kolonou stojících vozidel vstupuje obvykle do úzké mezery mezi přídílí nákladního vozidla a zádí vozidla stojícího před ním. Vtom se kolona dává do pohybu a také řidič nákladního vozidla se rozjíždí. Chodec ve zmatku a ve snaze ucounnout někdy klopýtá a padá, nebo je poražen přídílí vozidla. Řidič reaguje až na výkřik, ale to již bývá pozdě, neboť na poraženého chodce vzápětí najíždí přední kolo.

Ukažme si jeden z řady takových případů na následujícím obrázku. Starší chodkyně malé postavy vedla jízdní kolo po chodníku až k místu, kde je přechod pro chodce. Tam se zastavila u plotu na okraji chodníku vzdálenějším od přechodu, a odpočívala, zatímco přechod pro chodce byl volný - před přechodem stála návěsová souprava, za přechodem stály dva osobní automobily, jejichž řidiči čekali na možnost vjet na kruhový objezd (I.fáze). Z postoje chodkyně u okraje chodníku vzdálenějšího od vozovky a od přechodu nebylo zřejmé, že hodlá použít přechod pro chodce. Po stání bylo možno pokračovat v chůzi dál po chodníku.

V okamžiku, kdy se žena dala znovu do pohybu, aby přešla napříč přes chodník a aby vstoupila na přechod, daly se do pohybu osobní automobily a rozjela se i návěsová souprava. Na kruhový objezd však stihl vjet jen řidič prvního osobního automobilu, druhý opět zastavil

a za ním opět zastavila návěšová souprava - která nyní přehrazovala přechod pro chodce (II.fáze). Chodkyně sestoupila s chodníku na přechod a po krajnici široké 1,9 m se vydala s bicyklem podél řetízkového zábradlí k předí stojícího tahače, přitom se systematicky pohybovala v prostoru, kam řidič nemohl vidět. Tak obcházela nákladní soupravu, která jí přehrazovala přechod. Ve vzdálenosti 3,0 m za přechodem pro chodce pak vkročila do koridoru nákladního automobilu, jenž se vzápětí podruhé rozjel. Chodkyně nemohla uskočit, neboť po pravé ruce měla vlastní bicykl. Okraj nárazníku do chodkyně strčil, ta upadla na zem. Člověk při pádu na zem se přirozeně rozvalí, podvědomě vytrčí nohy, čímž se napomáhá utlumení dopadu hlavy na zem. Chodkyně tak vytrčila levou dolní končetinu před pravé přední kolo nákladního automobilu, jež na ni vzápětí najelo. Řidič nákladní soupravy zastavil potřetí (konečné postavení) v reakci na výkřik chodkyně.

Příčinu nehody lze spatřovat v okolnosti, že chodkyně procházející napříč kolonou stojících vozidel vstoupila velmi blízko (až těsně) před předí nákladního vozidla, kam řidič nemohl vidět, a to ve vzdálenosti 3,0 m za úrovní přechodu, tedy v místě, kam je kolmý příchod s chodníku zamezen řetízkovým zábradlím. Chodkyně nepřišla do kritického prostoru kolmo zprava, ale šikmo zezadu prostorem, do něhož řidič rovněž nemohl vidět. Dráha chůze je zakreslena v následující situaci.



obr. 62 Situace

Moderní nákladní automobily bývají vybaveny přídatnými zrcátky – například zrcátko nad pravými dveřmi kabiny orientované dolů k zemi (nazývané též „razýtko“). obraz postavy člověka pozorované tímto zrcátkem shora je velmi malý a tmavý. Řidič musí jednat mnohdy bez nadměrných prodlev, nelze ulpívat pohledem na každém z několika zrcátek – v tom spočívá záludnost, kterou by měl technický znalec sdělit orgánu posuzujícímu takový případ z hlediska práva.

Doslov - Etika a objektivita znalce

Pokojně myslí může být jen ten, kdo jedná spravedlivě.

(Sv.Tomáš Akvinský - nar.1225)

Kapitola o etice je sestavena z poznámek k tématu, proložena několika citáty (tištěny kurzívou) a zobecněnými příklady. Snad v ní nebudete hledat a postrádat logické vazby.

Znalecká etika není jen o tom, jak se chovám vůči kolegovi-znalci. Etika je například také o tom, jak přistupuji k subjektivním podkladům, jak je zohledňuji ve svém řešení.

Znalec by neměl považovat číselné odhady účastníků za něco daného, objektivního. Pan inženýr Jiří Smrček učil adepty znalectví, že *výpovědi patří mezi tzv.subjektivní podklady*. Z výpovědi bychom neměli při zpracování znaleckých posudků vycházet, ale až na základě provedené analýzy se lze nakonec vyjadřovat k jejich technické přijatelnosti. Ten, kdo namítá, že "znalec nevychází z výpovědi", nezná rozdíl mezi podklady objektivními a subjektivními. Představme si docela běžnou praxi: řidič řekne, že vzdálenost nedovede odhadnout, ale vyšetřovatel z něho nějaký odhad přece vypáčí, řidič tedy řekne, že to bylo asi tolik a tolik. Potom nastoupí znalec, jenž uvede, že to není technicky přijatelné, nebo že to nebyla bezpečná vzdálenost. Trestní řízení pak vlastně směřuje k odsouzení za nesprávný odhad uvedený při výslechu a ne za nedbalostní delikt. Znalec nechť si nemyje ruce, že on věc nesoudí - soudce si bude mýt ruce, že rozhodl na podkladě znaleckého posudku.

Parametry, které nejsou známy přesně, by měl znalec uvést v příslušném rozsahu (rychlost, čas), aby bylo možno brát vše v úvahu ve prospěch obviněného či obžalovaného (zásada „In dubio pro reo“). Lze se bohužel setkat i s tendencemi opačnými: někteří znalci (a nejsou to jen ti, co neabsolvovali postgraduální studium v Brně) uvádějí selektivně jen ty mezní hodnoty, které jsou zřejmě v neprospěch toho, proti němuž je trestní řízení vedeno. Ptám se proč to dělají - snad aby "usnadnili" práci orgánům činným v trestním řízení? V "lepší" případě uvažuje znalec střední hodnoty. Neuvede-li však příslušné tolerance, zase to vede ke krácení práv obviněného, v občanskoprávním řízení pak i práv poškozeného. Zvlášť politováníhodný je případ, kdy "jednoznačné" řešení vyšlo z neznalosti fyziky či z chybného numerického řešení.

Znalec podá posudek, že nehodovou situaci způsobil jednoznačně řidič automobilu. Přitom v posudku vůbec nezohlední důležité objektivní okolnosti, jež sám v nálezů konstatoval (deformace dle fotodokumentace), jež vedou přinejmenším k podezření, že to proběhlo jinak, a to tak, jak děj popsal svědek, jenž je bez poměru k účastníkům.

Lidstvo už od nepaměti - tedy více než 4 tisíce let - neustále mění své zákony ve snaze je zdokonalit. U nás je to v posledních letech zvlášť intenzivní. Pravda - zejména ve směru k hospodářství, komerci, penězům. A tak zatímco na mnohé úmyslné trestné činy společnost jaksi nedosáhne, velmi důsledně stíhá nedbalostní delikty v dopravě. A přitom jde v naprosté většině případů o to, že někdo v rozhodující chvíli něco přehlédl. Po vybočení z vozovky může následovat bezkolizní návrat, ale také náraz do sloupu či usmrcení chodce - podnět a počátek byl tentýž.

Znalec by měl být platný tam, kde hrozí, že za viníka bude označen nevinný - třeba i mrtvý, i když někdo říká: tomu mrtvému už stejně nikdo nepomůže. *Mrtvý se nemůže bránit - majestát smrti* - cituji pana Ing.Jiřího Smrčka.

Znalec musí být objektivní a hlídat sám sebe, zda nesoudí. Neručí za to, za co nemůže ručit s klidným svědomím. Ale když lze něco považovat za jisté, tak by to měl znalec uvést

jako jisté - po zralé úvaze. Však i soudce si věc nejspíše náležitě rozváží. Moudrý soudce přece nechce jenom nemilosrdně trestat. Hledá jistotu a polehčující okolnosti. A k tomu potřebuje znalce.

Znalec by měl zažít vlastní nehodu. To je další citát pana Ing. Jiřího Smrčka. Při vlastní nehodě poznám:

1. jak velkou řidičskou chybu jsem udělal (jak snadno se to stane),
2. co jsem v nehodové situaci stihl vnímat (co si lidé pamatují z těch pár sekund nabitých událostmi, na jejichž sledování nebyli připraveni),
3. vlastní reakce, i když to zavinil ten druhý (ty bývají u účastníků nehod různé - až po shazování vlastní viny na nevinného).

Ad.1. Člověče, my ty lidi odsuzujeme, a ono se to přihodí i nám samotným tak snadno. Autoři citátu jsou dva - nezávisle na sobě vyšetřovatel a prokurátor (oba havarovali v zimních podmínkách - každý z nich jindy a jinde).

Ad 2. Při crash-testech v Germeringu u Mnichova v roce 1996 sledovalo mnoho znalců napjatě a pozorně náraz do stojícího osobního automobilu. Ten se zdánlivě převrátil až na střechu a pak zpět na kola. Na střechu ale zůstala nepoškozená anténa. Teprve zpomalená projekce videozáznamů ukázala, že převrácení bylo jen na bok a nikoli přes střechu. Uvažme, co potom mohou být schopni vnímat lidé nepřipravení na rychlý sled zvláštního děje.

Státní orgány někdy požadují vypracování znaleckého posudku, kterým se má přezkoumat posudek jiného znalce. Říká se, že lékaři drží při sobě, znalci už méně. Mezi činnostmi lékařů a znalců je ale rozdíl. Lékař do člověka nevidí. Pan profesor Janoušek v přednášce ze soudního lékařství uvedl adeptům znalectví určité procento případů, kdy se skutečná diagnóza dlouhodobě nemocných zjišťuje až při pitvě. Lékař často musí jednat rychle. Znalec by se neměl nechat uspěchat.

Přicházejí také žádosti obviněného či jeho obhájce, žalobce či žalovaného na vypracování znaleckého posudku. Nemusí jít vždy jen o druhý či další posudek. Znalcům lze doporučit, aby neuzavírali dohody na vypracování takových posudků předtím, než se pečlivě seznámí s objektivními podklady o věci a než dojdou k názoru, že věc byla předtím posuzována opravdu závažným způsobem nesprávně. Jinak to vede k neúměrnému prodlužování řízení, nárůstu nákladů a k trápení účastníků.

Ústní zadání se strany advokáta může znít: "pokuste se to alespoň nějak zpochybnit". Neměli bychom se snížít k zpochybnění pro zpochybnění samé, ale uvážlivě adekvátně určit, co je jisté (a uvést, proč si to myslím), co je velmi či málo pravděpodobné (a proč) a co je vyloučené (a proč). Jistotu je možno vyjádřit jen tehdy, budeme-li pak moci spát s klidným svědomím, že jsme nepřivedli soud na pokraj justičního omylu.

Při analýze dopravních nehod bychom neměli považovat rychlost pohybu chodce za konstantní. Jsou-li znaky pro běh chodce těsně před střetem, neznamená to vždy, že chodec běžel pořádkem. Ani rychlost jízdy cyklisty nemusí být před střetem konstantní.

Vztah mezi pohybem chodce a jednáním řidiče vozidla bývá interaktivní a to oběma směry. Posuzování jednání jednoho bez úvahy o pohybu druhého nedává ucelený obraz o vývoji situace. Budeme-li konstatovat, že „nehodovou situaci vytvořil svým jednáním chodec: kdyby nebyl vběhl do dráhy vozidla, nebyla by nehodová situace vznikla“, může to být pravda jen zčásti. Když se chodec podívá směrem k vozidlu, než se rozhodne přecházet, může s určitou přibližností odhadnout, že vozidlo je prostě ještě dosti daleko, aby on mohl přes vozovku přejít ještě před příjezdem vozidla jedoucího "normální" rychlostí. Odhad rychlosti při pohledu zepředu je ale problematický. Pokud řidič vozidla jede obecně nepřiměřenou či nedovolenou rychlostí, nebo prostě rychlostí výrazně vyšší, "než je v kraji

zvykem", nese s sebou z technického hlediska právě on nehodovou situaci vlastně stále, po celou dobu, kdy tak jede.

Má-li se vše náležitě vysvětlit a zdůvodnit, vychází textová část posudků (bez nálezu) průměrně okolo 12 stran. S nálezem a grafickými přílohami kolem 18 stran. Lze však vídat posudky, kde je několik málo stran textu a posudek má celkem desítky stran, na nichž jsou jakési nestandardní tabulky, v nichž se i odborník stěží orientuje - namísto názorného grafického řešení, které by poskytlo přehled variant. Posudky se spoustou nestandardních tabulek působí dojmem navyšování ceny posudku.

V analýze dopravních nehod se v poslední době málo používá diagram dráha x čas. Jako bychom neuměli rýsovat či neradi rýsovali. Příklad střetu dvou objektů se může na první pohled jevit jako jednoduchý, že se řešení obejde bez S-T diagramu. Když jej přesto sestrojíte, budete mnohdy překvapeni, jaké důležité souvislosti z něj vyvstaly. S-T diagram se dá sestrotit dokonce i v případech, kdy chybí údaje, jež jsou obvykle potřebné. Jde o to, že kvantifikace některých parametrů se vymyká možnostem odborného odhadu (např. časoprostorové poměry oblastí zakrytého výhledu), ale jejich reálné meze mohou vyjít jako výsledek S-T diagramu, do něhož vložíme ty vstupní parametry, jejichž reálné meze umíme odborně odhadnout (boční zrychlení při průjezdu zatáčkou k místu střetu před spatřením nehodové situace, běžné či limitní zpomalení, zrychlení apod.). Je potom ale mizérie, když takové řešení napadne pan kolega (najatý kvůli zpochybňování) a konstatuje, že pro řešení S-T diagramu nebyly konkrétní podklady.

Zajímavá kniha MUDr.Ctibora Bezděka "Etikoterapie" teoreticky i prakticky dokazuje, že zdraví člověka přímo souvisí s dobrým svědomím. Přeji vám stále zdraví a aby se vám věci dařily.

Jindřich Šachl

Literatura

Znalecké standardy

- 1 Znalecký standard č.II – Vybrané metody zajišťování podkladů pro technickou analýzu průběhu a příčin silničních dopravních nehod, Ministerstvo spravedlnosti ČR 1990.
- 2 Znalecký standard č.III- Technická analýza střetu vozidla s chodcem
Ministerstvo spravedlnosti ČR 1991.
- 3 Znalecký standard č.IV - Technická analýza nárazu vozidla na překážku. Ministerstvo spravedlnosti ČR 1991.
- 4 Znalecký standard č.V – Zjišťování a posuzování technického stavu vozidel pro technickou analýzu průběhu a příčin silničních dopravních nehod. Ministerstvo spravedlnosti ČR 1992

Příručky

- 5 BRADÁČ A. a kol.: Soudní inženýrství
CERM Akademické nakladatelství s.r.o. 1997 a 1999
- 6 BRADÁČ A. a kol.: Příručka znalce analytika silničních nehod I a II
DT Ostrava 1985
- 7 BURG H., RAU H.: Handbuch der Verkehrsunfall-Rekonstruktion, 1981
- 8 BURKART F. a kol.: Rekonstruktion von Verkehrsunfällen DAT 1979
- 9 DANNER M., HALM J.: Technische Analyse von Verkehrsunfällen. Eurotax 1994
- 10 FUCIK R.,HARTL F.,SCHLOSSER H.,WIELKE B.: Handbuch des Verkehrsunfalls. Wien 1998
- 11 SOBÍŠEK B. a kol.: Meteorologický slovník výkladový a terminologický, Vyd.AKADEMIA 1993

Předpisy silniční a dopravní

- 12 Zákon č.12/1997 Sb. o bezpečnosti a plynulosti provozu na pozemních komunikacích.
- 13 Zákon č.13/1997 Sb., o pozemních komunikacích
- 14 Vyhláška MDS č.104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích
- 15 Zákon č.361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích ve znění pozdějších předpisů.
- 16 Vyhláška MDS č.30/2001 Sb. kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích a úprava a řízení provozu na pozemních komunikacích
- 17 Předpis EHK č.13 "Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska brzdění.

České státní normy

- 18 ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací
- 19 ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic
- 20 ČSN 73 6056 Odstavné a parkovací plochy silničních vozidel
- 21 ČSN 73 6100 Názvosloví silničních komunikací
- 22 ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic
- 23 ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na silničních komunikacích
- 24 ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

25 ČSN 73 6425 Autobusové, trolejbusové a tramvajové zastávky

26 ČSN EN 1317-2 Silniční záchytné systémy – Část 2: Svodidla

Technické podmínky

27 TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích.

28 TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu.

29 TP 57 Speciální bezpečnostní zařízení na pozemních komunikacích – únikové zóny

Všeobecné podklady

30 ANGELOV A P, PENKOV I K: Anwendung des Weg-Weg-Diagramms bei der Untersuchung von Straßenverkehrsunfällen, In: Der Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 9/1992 S.222

31 BRAUN H: Anfahr- und Anhalte-Vorgänge von Linien-Omnibussen.

In: Der Verkehrsunfall 3/1978 S.51-53

32 BRADÁČ A., SMRČEK J.: K detailnímu rozboru reakční doby řidiče a osobního automobilu při nouzovém brzdění. In: rubrika "Informace znalcům" v časopisu Zábrana škod 8/1984. S.126-128

33 BURG H., BRÖSDORF K-D., GÖRITZ J.: Zwei Pkw-Pkw-Kollisionsversuche mit Parametervariation. (Testy kolizí dvojic osobních automobilů s různými parametry) In: Der Verkehrsunfall č.5/2003

34 BURG H., PRIESTER J., WEYDE M.: Bewertung von Radkontaktsuren (Vyhodnocení stop kontaktu kol) In: Der Verkehrsunfall č.6/2003

35 BURG H: Rechnerunterstützte Rekonstruktion von PKW/PKW - Unfällen. Doktorská disertace. Berlin 1984.

36 EWAK: Anfahrbeschleunigungen für die Praxis - Kraftomnibusse

In: Der Verkehrsunfall 11/1994 S.294-296

37 FRYDRÝN M.: Omezení výhledu na křižovatkách předními sloupky karoserií automobilů, Diplomová práce FD ČVUT 2006)

38 KUDLA A.: Trestné činy a přečiny v silniční dopravě. Příručky MS ČSR sv.47 (1985)

39 MIČUNEK T.: Ponehodová opatření v pasivní bezpečnosti, vyprošťování osob z havarovaných vozidel, Praha 2004

40 PORADA V., SUCHÁNEK J.: Kriminalistické stopy. In: Soudní inženýrství 7-8/1997 S.50-53.

41 PORADA V., PRŠAL V.: Vyšetřování trestného činu pojistného podvodu. In: Soudní inženýrství 10/1999

42 SMRČEK J.: Komplexní přístup technického znalce při analýze silniční nehody. In: Sborník konference "Znalecké posuzování silničních nehod" DT Ostrava 1984. S.43 až 57.

43 ŠACHL J.: Dokumentace dopravních nehod.

In: Odborná sdělení kriminalistického ústavu 3/2000 S.38-40

44 ŠACHL J.: Krev v černobílé fotografii. In: Kriminalistická společnost 4/1991 S. 5, 6.

45 ŠACHL J.: Zvláštnosti stop na místech dopravních nehod.

In: Soudní inženýrství 6/2002 S.313-316.

46 ŠACHL J.: Zvláštnosti stop na místech dopravních nehod.

In: Znalec 1/2002 S.25-27.

47 ŠACHL J.st., ŠACHL J.ml., RÁBEK V.: Meze možností znalecké analýzy

In: Znalectvo 1-2/2003 S.12-15

- 48 ŠACHL J.: K ohledání v trestním řízení. In: Právo a doprava č.2/1996 S.15-18
- 49 ŠACHL J.st. ŠACHL J.ml.: Mechanismy působení vnějšího násilí na lidské tělo při dopravních nehodách
- 50 WEBER M.: Die Aufklärung des Versicherungsbetruges Pkw-Streifkollisionen (Objasnění pojišťovacích podvodů s bočními kolizemi osobních automobilů) In: Der Verkehrsunfall č.3, 4 a 6/95.
- 51 ZÖLLER H.,HUGEMANN,W.: Notbremsreaktionen beim Dämmerungssehen.
In: Der Verkehrsunfall 7-8/1995 S.209-214.
- 52 BODLÁK J.: Krátkodobé stavy bezvědomí a řízení motorových vozidel
In:Soudní inženýrství č.2/1991
- 53 RÁBEK V.: Interakce lidského těla s interiérem vozidla, 2009
- 54 RÁBEK V.: Vybrané postupy analýzy dopravních nehod, 2009

Řešení rázu

- 55 RAU H., LESER H.: Vergleichende Untersuchung von Aufwand und Genauigkeit herkömmlicher und neuerer graphischer Rekonstruktionverfahren. In: Der Verkehrsunfall 11/1989 S.313.
- 56 SCHIMMELPFENNING K.H., HEBING N.: Das Energie-Ring-Verfahren Grafische Lösung der Stoßgleichungen unter Einbeziehung der Formänderungsenergie. In: Der Verkehrsunfall 9/1982 S.168.
- 57 SCHIMMELPFENNING K.H., BECKE M.: Ausnutzung der Symmetriebedingungen beim Impulsiagramm.
In: Der Verkehrsunfall 10/80

Chodci

- 58 BRADÁČ A. a kol.: Rozbor střetu vozidla s chodcem.
In: Sborník konference "Znalecké posuzování silničních nehod" DT Ostrava 1984
- 59 EBERHARDT W.,HIMBERT G.: Bewegungs-Geschwindigkeiten. 1977.
- 60 KÜHNEL A.: Der Fahrzeug-Fussgänger-Unfall und seine Rekonstruktion. Technische Universität Berlin 1980.
- 61 OTTE D.: Bedeutung und Aktualität von Wurfweiten, Kratzspuren und Endlagen für Unfallrekonstruktion,
In: Der Verkehrsunfall 11/1989 S.294-300.
- 62 SCHIMMELPFENNING K.H., BECKE M.: Rutschweiten von Fußgängern.
In: Der Verkehrsunfall 10/1981 S.191-194, 12/1981.
- 63 SCHNEIDER H.: Experiment und Unfallwirklichkeit beim Fußgängerunfall.
In: Der Verkehrsunfall 8/1975 S.137-144.

Cyklisté

- 64 KREJSA I.: Doplnění znaleckého posuzování dopravních nehod s účastí cyklistů
In: Zábrana škod 5/1987. Informace znalcům S.75-79
- 65 MACHALÍK J.: Zjišťování rychlosti jízdy cyklisty před dopravní nehodou
In: Zábrana škod 11/1982. Informace znalcům S.171-173.
- 66 OTTE D.,WANSORRA N.: Kratzspuren von Zweirädern zur Geschwindigkeitsermittlung.
In: Der Verkehrsunfall 5/1987 S.145-149.
- 67 PAVLIS V., VONDRA A.: Bezpečný boční odstup vozidla od chodce a cyklisty.
In: Zábrana škod 7/1983. Informace znalcům S.107.

68 SYNEK V., OTTL F., CHARVÁT J.: Pozorovatelnost jízdních kol za snížené viditelnosti

In: Zábrana škod 4/1983. Informace znalcům S.61 a 62.

69 WEGNER C. a kol.: Deformationscharakteristik und Einflußparameter von Fahrrädern bei Kollisionen mit der Pkw-Front. In: Der Verkehrsunfall 2/2000 S.32až38 a 3/2000 S.62až70.

Motocykly

70 BECKE M., GOLDER U.: Rutschverzögerungen von vollverkleideten Motorrädern

In: Der Verkehrsunfall 9/1990 S.237-239.

71 BECKE M.: Zweiradrutschverzögerungen bei hohen Geschwindigkeiten

In: Der Verkehrsunfall 2/1985 S.37-40

72 BURG H.: Rekonstruktionsunterlagen aus einer Auswertung realer Unfälle zwischen Zweirad- und Vierradfahrzeugen. In: Der Verkehrsunfall 9/1979.

73 ECKER H.: Fahrdynamik von Zweiradfahrzeugen.

In: Sborník 6.výroční konference EVU Bratislava 1997 S.22-29

74 GRANDEL J.: Einfluß der Motorradkonstruktion auf die Kinematik der Motorrad/Personenwagen-Kollision. In: Der Verkehrsunfall 1/1987.

75 GRANDEL J. a kol.: Kollisionsdynamik bei experimentellen Simulationen rechtwinkliger Motorradanstoße gegen die Seite bewegter Personenwagen. In: Der Verkehrsunfall 3/1988.

76 GRANDEL J., BERG F.A.: Realunfallsimulation mit Motorrädern und Personenkraftwagen - Neue Erkenntnisse für Unfallrekonstruktion. In: Der Verkehrsunfall 9 a 10/1990.

77 GRANDEL J., BERG F.A.: Passive Sicherheit von Motorrädern Entwicklung einer Systematik für ganzheitliche Bewertung. In: Der Verkehrsunfall 6, 9 a 12/1994.

78 OTTE D., WANSORRA N.: Kratzspuren von Zweirädern zur Geschwindigkeitsermittlung - Möglichkeit und Grenzen. In: Der Verkehrsunfall 5/1987.

79 UNARSKI J.: Mechanika jazdy motocykla. In: Sborník II.sympozia "Technická analýza dopravních nehod" Žilina 1995

80 WEBER M., HUGEMANN W.: Die Geschwindigkeitsrückrechnung bei Motorradbremsungen

In: Der Verkehrsunfall 10,11/1990

81 WEBER M., SCHMEDDING K.: Verzögerungswerte von Zweirädern.

In: Der Verkehrsunfall 12/1990 S.320-322.

82 ZÁRUBA L.: Příručka pro přežití.

Vyd.YAMA MOTO Sport + BESIP 2001

Tramvaje

83 ŠEVČÍK O., KOLOUŠEK I.: Jak brzdí tramvaj ? In: rubrika "Informace znalcům" v časopisu Zábrana škod 11/1983 S.171

84 ŠEVČÍK O.: Brzdění a rozjezd tramvají. In: sborník "Znalecké posuzování silničních nehod."

DT Ostrava 1984.

85 ŠEVČÍK O.: Nová generace tramvají. In: rubrika "Informace znalcům" v časopisu Zábrana škod 1/1987 S.10.

86 Zábrazdné dráhy tramvají typu T3 a T3M. DP Praha 1988.

87 Zábrazdné dráhy tramvají typu KT8 D5. DP Praha 1990.

Adheze pneumatik

88 GNADLER R.: Naßgriff- und Aquaplaningverhalten von Pkw-Reifen.

In: Der Verkehrsunfall 11-12/1988 S. 297-310.

89 INDRA H.: Spurenkatalog. TÜV München 1973

90 KALENDER U.: Wechselwirkung Reifen/Fahrbahnoberfläche auf den Kraftschluß bei Nässe und hohen Fahrgeschwindigkeiten bei Verwendung neuester Reifentypen. In: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik. Heft 498. Bundesminister für Verkehr - 1987.

91 ŠACHL J.: Adheze pneumatik ve znalecké analýze silničních nehod, Praha: ČVUT, 2008

Viditelnost

92 BECKE M.: Erkenbarkeits-Zeit-Weg-Kurven

In: Der Verkehrsunfall 12/1982 S.247-249.

93 DETTINGER J.: Begutachtung von Dunkelheitsunfällen.

In: Der Verkehrsunfall 6/1992 S.157-163.

94 GLIER L.: Porovnání reakční doby řidiče při denním a nočním

osvětlení. In: Soudní inženýrství 2/1993 S.21 až 23.

95 SCHIMMELPFENNING K.H.: Zeiwegmäßige Erfassung der Glanzstreifenwanderung bei Fußgängerunfällen auf nasser beleuchteter Fahrbahn. (Časoprostorové odvození pohybu odlesků na mokré osvětlené vozovce při nehodách s chodci.) In: Der Verkehrsunfall 11/1983.

96 SCHMEDDING K.: Erkenbarkeitsentfernung von Fußgängern unter besonderer Berücksichtigung von Gegenverkehr. In: Der Verkehrsunfall 9/1992 S.235-238.

97 SYNEK V.a kol.: Pozorovatelnost jízdních kol za snížené viditelnosti. In: Zábрана škod 4/1983. Informace znalcům S.61-62.

98 ŠACHL J.: Určení viditelnosti v době činu.

In: Kriminalistický sborník 2/2002 S.45-49.

99 ZÖLLER H., HUGEMANN W.: Notbremsreaktionen beim Dämmerungssehen.

In: Der Verkehrsunfall 7-8/1995 S.209-214.

Boční zrychlení

100 SCHIMMELPFENNIG K.H.: Bedeutung der Quereschleunigung in der Verkehrsunfallrekonstruktion - Sicherheitsgrenze des Normalfahrers. In: Der Verkehrsunfall 4/1985 S.94-96

101 ŠACHL J.: K problematice zrychlení vozidla v bočním směru.

In: Soudní inženýrství 2-3/97 S.27 a 28.

Amnézie

102 HESS L., STRAUS J.: K významu paměťové stopy. In: Kriminalistika 4/2003

103 SCHAETER D.L.: Sedm hříchů paměti. Vyd.Paseka 2003

104 ŠACHL J., STREJC P.: Amnézie a vlivy problematizující hodnotu výpovědí po dopravních nehodách. In: Kriminalistika č.1/2005 S.51-53