



Národní konference s mezinárodní účastí INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

13. – 16. 5. 2002, Svratka, Česká republika

SIMULACE ZTRÁTY JÍZDNÍ STABILITY PŘI VYHÝBACÍM MANÉVRU VOZIDLA

Aleš Vémola*
Tomáš Rochla

Abstrakt: Při analýze dopravních nehod v souvislosti se zpracováváním technických znaleckých posudků o příčinách silničních nehod pro orgány, které se zabývají šetřením těchto nehod, často vzniká potřeba analyzovat jízdní manévry vozidla, a to buď v souvislosti s jízdou vozidla před kolizí, nebo v souvislosti s analýzou technických možností řidiče kolizní situaci, respektive vlastní kolizi odvrátit. Ústav soudního inženýrství VUT v Brně v loňském roce 2001 prováděl jízdní zkoušky, při kterých byly simulovány jízdní manévry vozidel - změna jízdního pruhu resp. manévry vyhnutí se překážce. Při jedné z těchto více než 270-ti zkoušek řidič jízdu vozidla Škoda Octavia Ambiente 1.9 TDI, rok výroby 2001 nezvládl, ztratil směrovou stabilitu (dostal smyk) a vlastní zkoušku na dráze podle návrhu normy ISO/WD 3888/2 nedokončil. Této skutečnosti bylo využito a nad rámec veličin, které byly standardně měřeny, byly zaměřeny a zaznamenány navíc zanechané smykové stopy od pneumatik kol vozidla. V příspěvku je prezentováno, jak lze tento poměrně složitý pohyb vozidla simulovat s využitím výpočetního programu PC-Crash. Výsledek provedené počítačové simulace ztráty směrové stability je porovnán s videozáznamy pořízenými při zkouškách.

Klíčová slova: vyhýbací manévry, ztráta stability, simulace pohybu, analýza silničních nehod

Úvod

Evropská společnost pro výzkum a analýzu nehod - národní skupina České republiky byla v roce 2001 pověřena uspořádáním 10. výroční konference Evropské společnosti pro výzkum a analýzu nehod (EVU). S ohledem na hlavní téma "jízdní dynamika osobních a užitkových vozidel", byly před konferencí provedeny jízdní zkoušky, při kterých byl simulován jeden z charakteristických manévru vozidla, kterým je změna jízdního pruhu resp. manévry vyhnutí se překážce. Při řešení dopravních nehod často vzniká potřeba analyzovat jízdní manévry vozidla, a to v souvislosti s jízdou vozidla před kolizí, respektive v souvislosti s analýzou technických možností řidiče kolizní situaci odvrátit.

Měření bylo mj. součástí práce v rámci výzkumných projektů Grantové agentury České republiky:

*Ing. Aleš Vémola, Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Údolní 53, 602 00 Brno
tel.: +420.5.43211571, e-mail: ales.vemola@usi.vutbr.cz

Tomáš Rochla, student III. ročníku FSI VUT v Brně, externě: Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Údolní 53, 602 00 Brno

- *Standardizace a harmonizace postupů soudních znalců při analýze silničních nehod - GAČR 103/00/1748 - 2000-2001*
- *Experimentální ověřování jízdních manévřů vozidel - GAČR 103/00/0722- 2000-2001*
- *Teoretická východiska pro optimalizaci jízdních vlastností a bezpečnosti soudobých motorových vozidel - GAČR 101/00/P098*

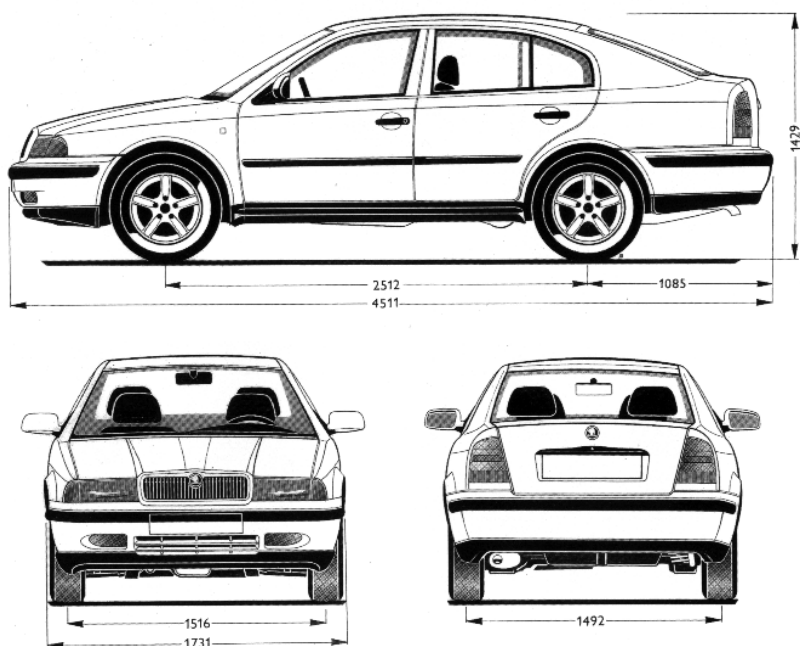
Cílem provedených měření bylo zlepšení podkladů pro znaleckou činnost tak, aby tyto mohly sloužit k porovnání měřených veličin pohybu vozidla a subjektivního ohodnocení dynamiky jízdy, ke zjištění technicky přijatelného rozmezí vstupních (případně kontrolu výstupních) parametrů při modelování pohybu vozidla, k porovnání různých metod měření a v neposlední řadě i k validaci používaných matematických modelů resp. počítačových simulací. Podrobnější údaje z měření a výsledky jsou v [1].

Vozidlo

Vozidlo, jehož ztráta směrové stability (smyk) byla simulována počítačovým programem, bylo **Škoda Octavia Ambiente 1,9 TDI**:

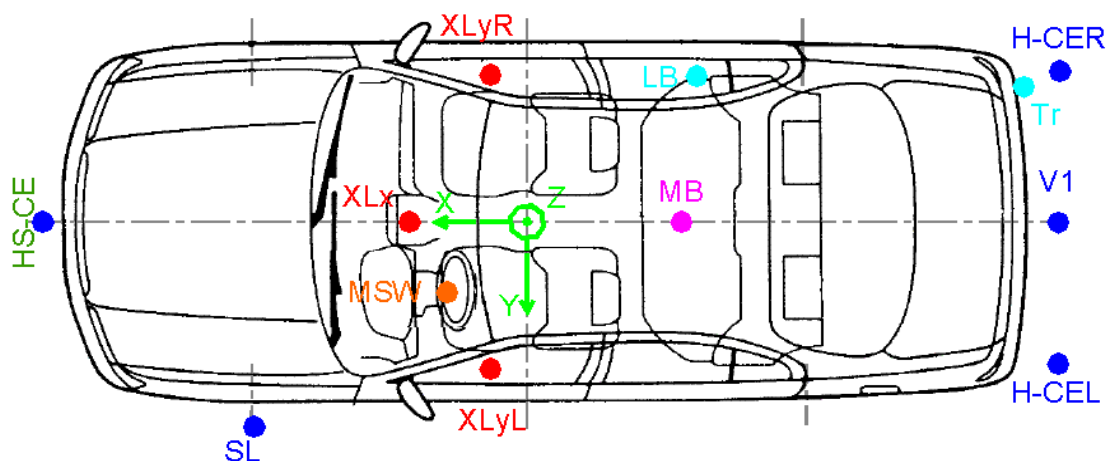
Délka:	4507 mm
Šířka:	1731 mm
Výška:	1429 mm
Rozvor náprav:	2512 mm
Rozchod vpředu / vzadu:	1516 / 1492 mm
Pohotovostní hmotnost:	1290 kg
Zdvihový objem motoru:	1896 cm ³
Max. výkon motoru (ISO):	66 kW / 4000 ot.min. ⁻¹

Rozměrový náčrt vozidla:



Přístroje

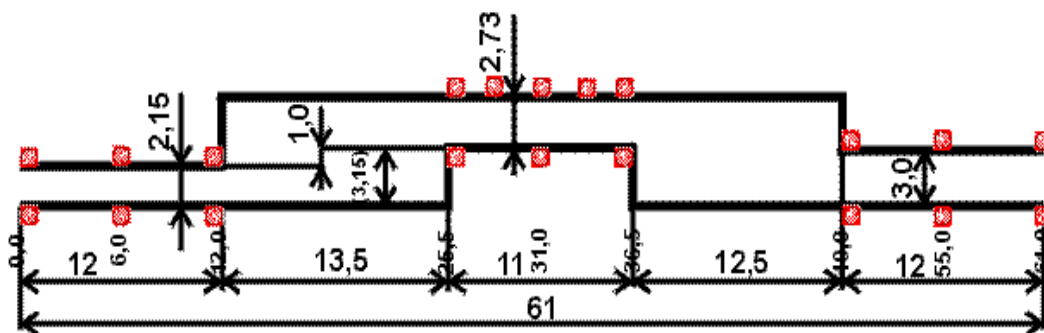
Měření dynamických parametrů pohybu vozidla bylo provedeno třemi subsystémy, obr. 1. První subsystém byl tvořen měřicím systémem firmy Datron – Corssys GmbH. Horizontální pohyby byly měřeny pomocí vektorových snímačů pro měření rychlosti HS-CE a V1. Pro určení úhlů klopení a klonění byly použity snímače výšky H-CE a HS-CE. V některých případech bylo měření doplněno o měření úhlu natočení volantu měřicím volantem MSW a úhlu směrové úchyly kola měřené vektorovým snímačem rychlosti SL. Druhý subsystém byl určen k přímému měření zrychlení vozidla, zpravidla vždy ke všem třem osám pravoúhlého souřadného systému pevně spojeného s karosérií vozidla a dále k přímému měření úhlové rychlosti k jedné až dvěma osám. Snímače zrychlení a úhlové rychlosti byly integrovány do měřicího přístroje Mbox vyrobeného na Vysokém učení technickém v Brně. Třetí subsystém byl určen k měření trajektorie vozidla, prostorového umístění snímačů na vozidle a vytýčení a proměření zkušební dráhy. Měřicí systém byl dále v některých případech doplněn o měření psychické zátěže řidiče. Pro porovnání byly na vozidle instalovány i jednoosé snímače zrychlení XL Metery, používané při znalecké činnosti.



Obr. 1: Vozidlo Škoda Octavia osazené přístroji

Dráha

Jízdní zkouška, která byla následně simulovaná v programu PC-Crash, měla parametry dráhy podle návrhu normy ISO/WD 3888/2. Rozměrové uspořádání dráhy je zřejmé na obr. 2.



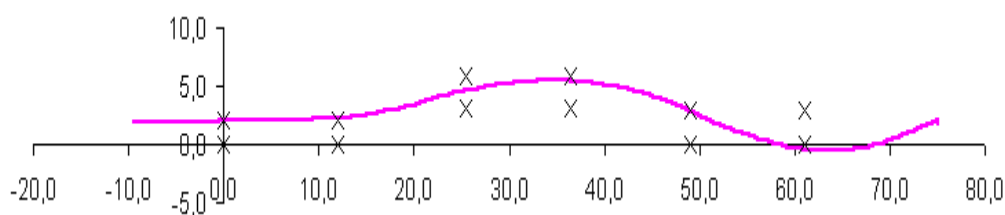
Obr. 2: Zkušební dráha podle návrhu normy ISO/WD 3888/2



Obr. 3: Pohled na konkrétní zkušební dráhu, kužely rozestaveny podle návrhu normy ISO/WD 3888/2

Naměřené parametry

Vodním paprskem na levém boku vozidla byla zaznamenána a následně zaměřena trajektorie pohybu vozidla. Po přenesení údajů z totální měřicí stanice Topcon GTS 212 bylo možné vykreslit trajektorii pohybu vozidla, viz obr. 4.



Obr. 4: Trajektorie pohybu vozidla na dráze podle ISO/WD 3888/2

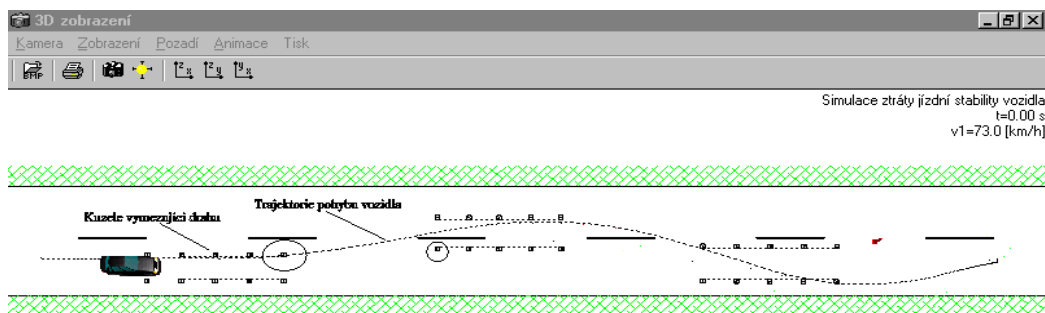
Z jednotlivých parametrů měření snímaných senzory byla pro simulaci využita hodnota rychlosti jízdy na začátku vyhýbacího manévru asi 73 km/h. Při simulaci pohybu vozidla pro analýzu dopravních nehod je však právě rychlost jízdy obvykle hledanou veličinou.

Simulace ztráty jízdní stability při vyhýbacím manévru vozidla

Simulace ztráty jízdní stability při vyhýbacím manévru vozidla je v příspěvku řešena pomocí výpočetního programu PC-Crash 6.21c, Nov 09 2001 © DSD Linz Austria. Podrobný popis simulačního programu, včetně použitého výpočtového modelu je v [3] a [4]. Při simulaci pohybu vozidla při jízdním manévru s podporou programu PC-Crash je nutno pro výpočet dosazovat takové vstupní, technicky přijatelné parametry vozidla a jeho pohybu, aby vypočítaný pohyb vozidla co nejvíce odpovídal zdokumentované konečné poloze vozidla.

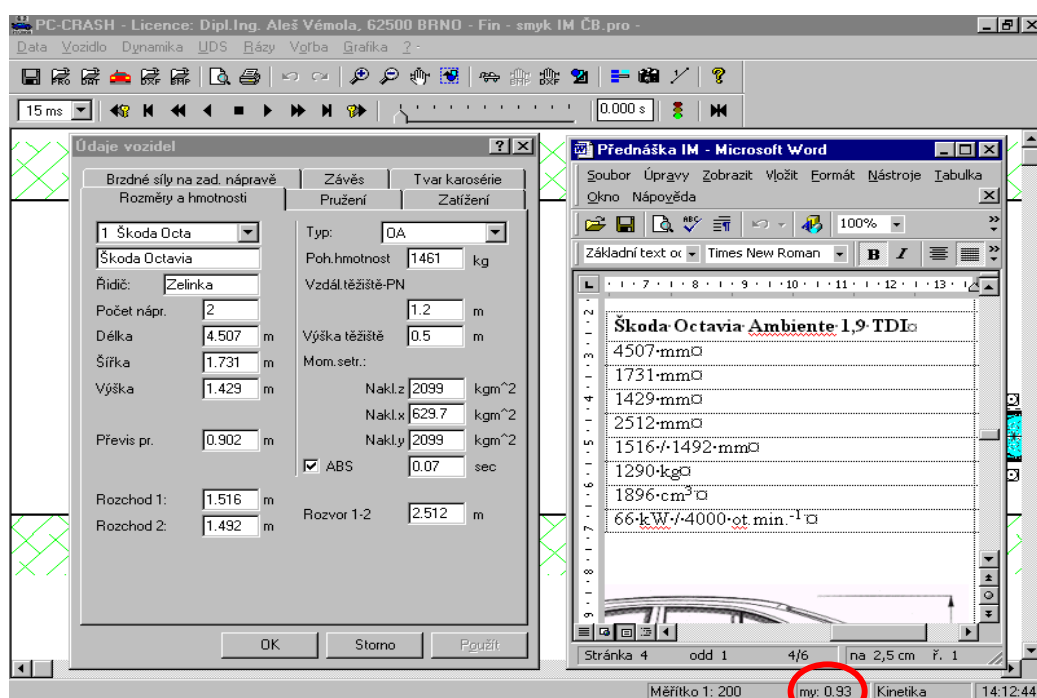
Vstupní údaje:

Na plochu simulačního programu je třeba nejprve zakreslit zkušební dráhu, zvolit adhezní poměry ($\mu = 0,93$, viz obr. 6), zakreslit zaměřenou stopu vodního paprsku, trajektorii pohybu vozidla, viz obr. 5.



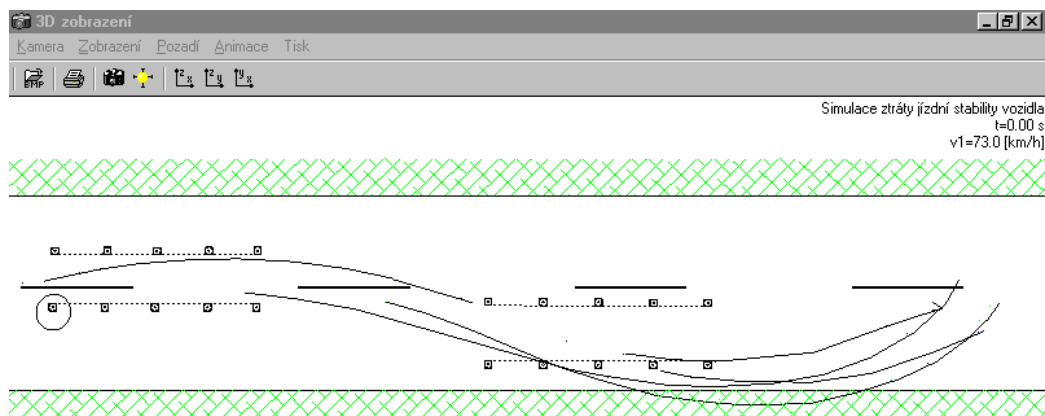
Obr. 5: Zkušební dráha a trajektorie pohybu v PC-Crash

Na plochu programu nahrajeme předmětné vozilo Škoda Octavia a upravíme jeho technické parametry tak, aby odpovídaly přesně zkušebnímu vozidlu, včetně zatížení. Pohotovostní hmotnost 1290 kg je upravena na okamžitou hmotnost 1461 kg (posádka a měřicí zařízení), potom zatížení 0 kg. V programu lze obecně upravovat údaje o vozidle uvedené na obr. 6.



Obr. 6: Údaje vozidla

Dále je třeba do půdorysu programu zakreslit zaměřené smykové stopy vozidla, které zanechal na vozovce zkušební dráhy, viz obr. 7, 8, 9.

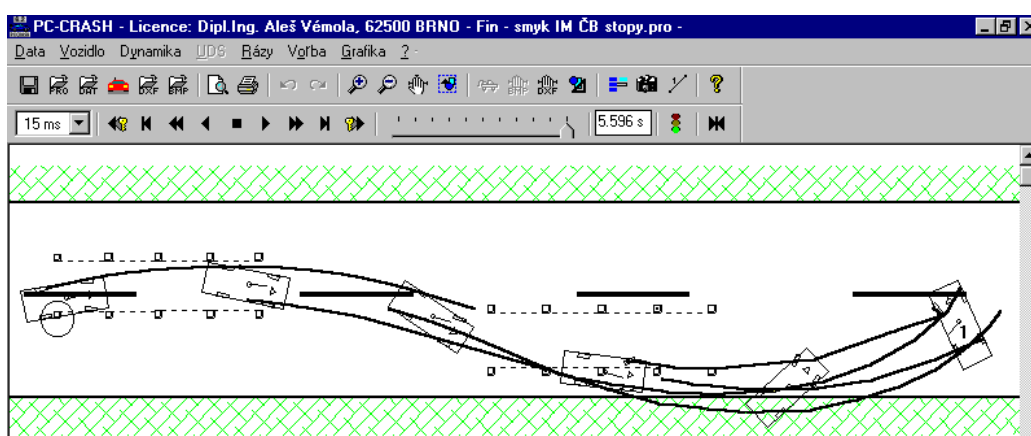


Obr. 7: Zakreslené smykové stopy



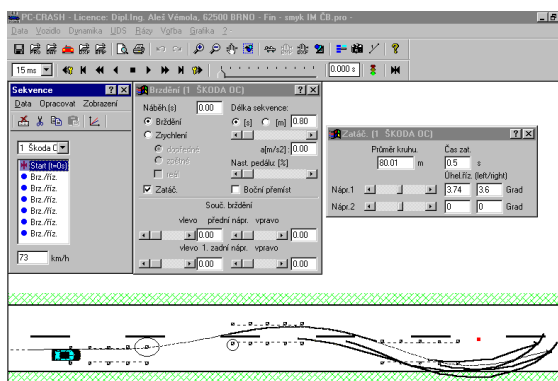
Obr. 8, 9 Fotodokumentace a zaměřování stop

Dále je nutné před zahájením vlastní práce na simulaci zkontrolovat správnost zakreslených stop modelem vozidla, tj. zda stopy odpovídají geometrii vozidla (rozchodu kol a rozvoru náprav), viz obr. 10.

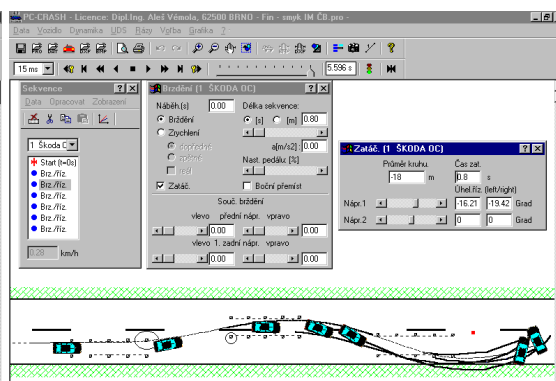


Obr. 10: Kontrola zakreslených stop

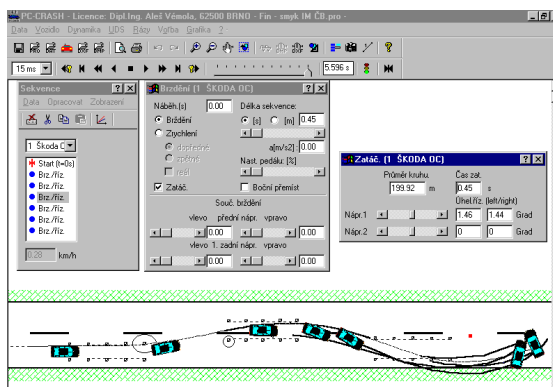
V této fázi jsou připraveny základní vstupní údaje a je možné zahájit vlastní simulaci pohybu nastavováním parametrů jízdy vozidla prostřednictvím šesti úseků tzv. sekvencí tak, aby se vozidlo pohybovalo po zakreslených stopách (trajektorii pohybu a smykových stopách). Na následujících šesti obrázcích, 11 až 16 jsou zobrazeny konkrétní vstupní parametry v šesti úsecích. V každém úseku je nastavena jeho délka, brzdění a zatáčení vozidla. Pro začátek - start simulace byla využita hodnota rychlosti jízdy na začátku vyhybacího manévru asi 73 km/h, hodnota stanovená na základě provedených měření. Při simulaci pohybu vozidla pro analýzu dopravních nehod je však právě rychlost jízdy vozidla obvykle hledanou veličinou.



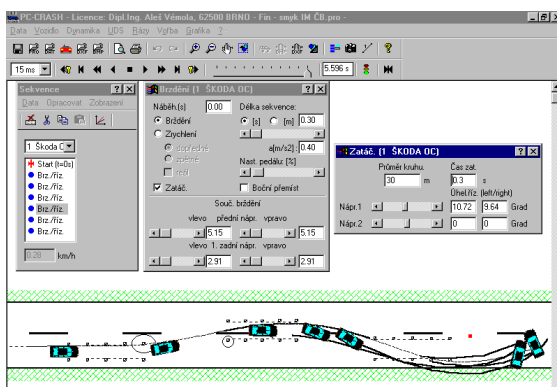
Obr. 11: 1. sekvence 0,8 s



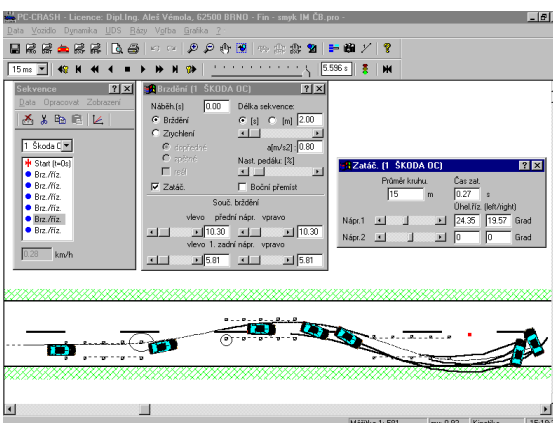
Obr. 12: 2. sekvence 0,8 s



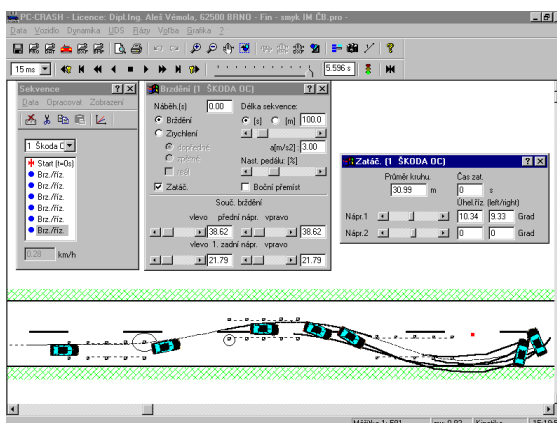
Obr. 13: 3. sekvence 0,45 s



Obr. 14: 4. sekvence 0,3 s



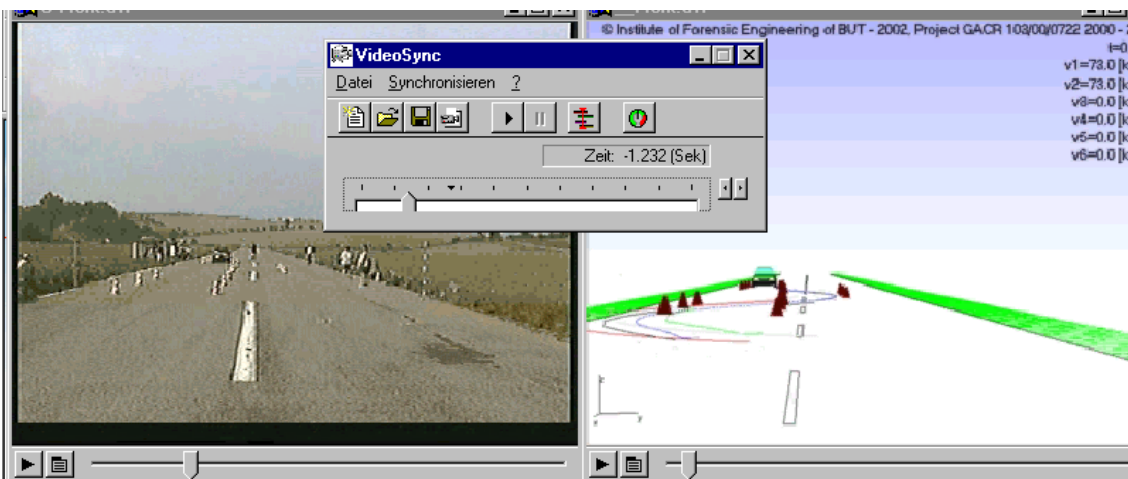
Obr. 15: 5. sekvence 2 s

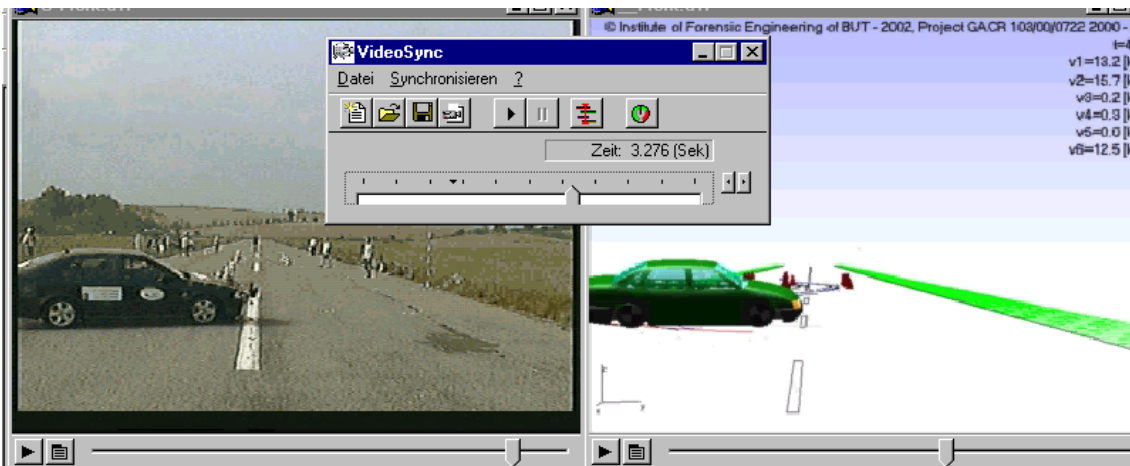
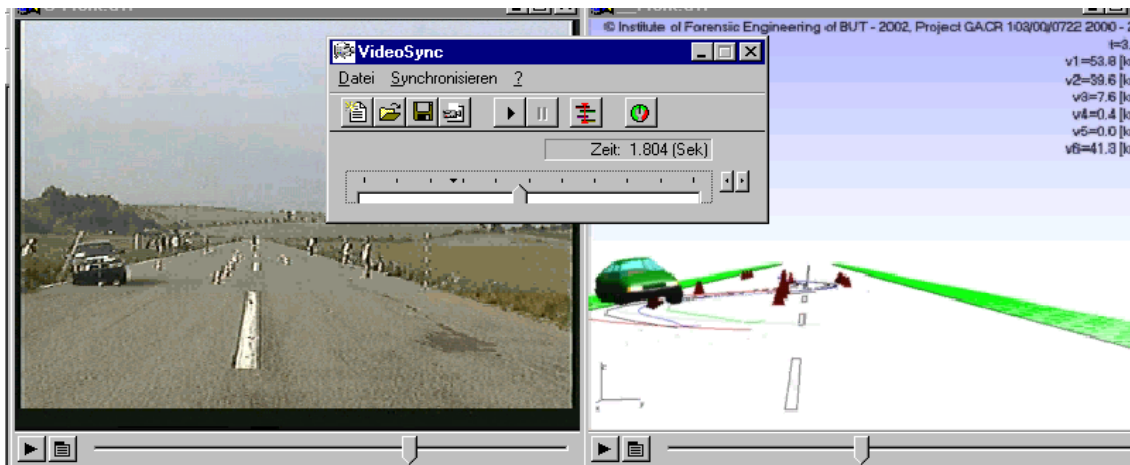
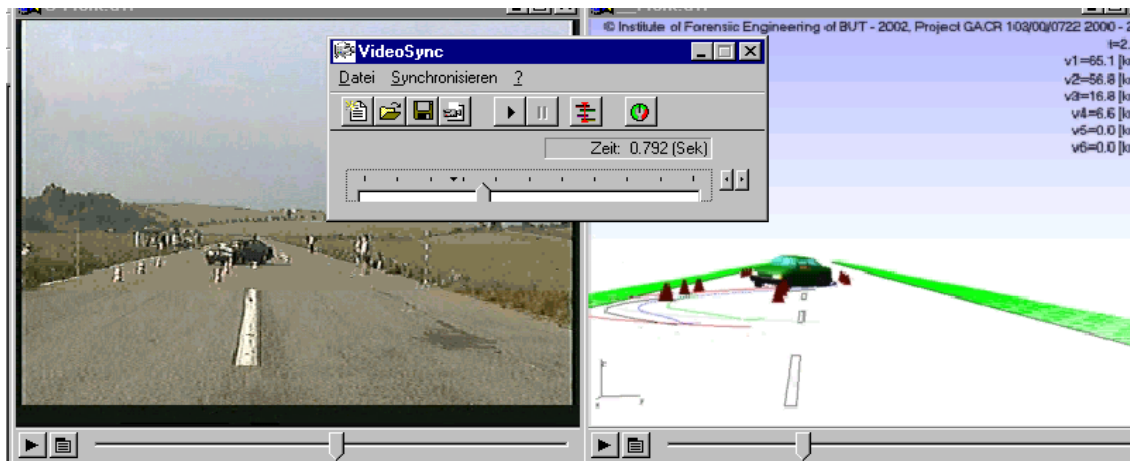


Obr. 16: 6. sekvence, do zastav. 1,25 s

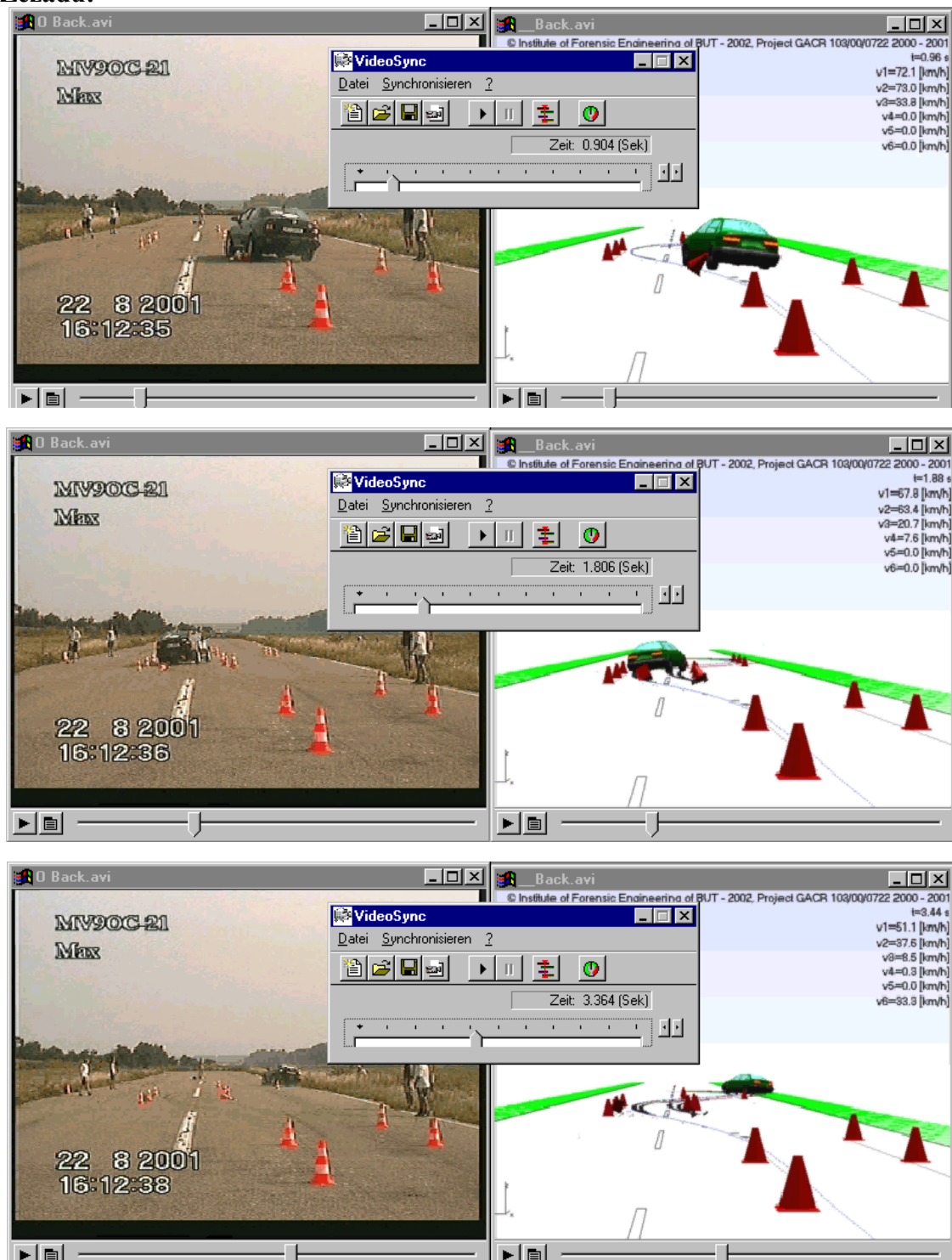
Po takto spočítané simulaci můžeme na závěr provést porovnání simulovaného pohybu s pohybem vozidla zachyceným videokamerou.

Zepředu:





Zezadu:



Závěr

V příspěvku je popsáno a názorně prezentováno, jak ze zjištěných skutečností při a po zkušební jízdě lze pomocí simulačního programu pro analýzu silničních nehod PC-Crash poměrně přesně rekonstruovat jízdní manévry, při kterém navíc došlo ke ztrátě směrové stability – smyku. Výsledky simulace včetně chování vozidla porovnané s videozáznamy přesvědčivě dokumentují možnosti využití programu a jeho validitu. Závěrem je nutné upozornit, že v běžné praxi, při dokumentování nehod, nemá dopravní policie technické prostředky, většinou ani časový prostor a odbornou erudici, aby

zaměřila místo nehody a zanechané stopy na vozovce s takovou přesností, jak bylo provedeno po „nezdařeném“ jízdním manévru několika odborníky na analýzu silničních nehod a za použití špičkové geodetické techniky.

Literatura

- [1] Kledus, R. Porteš, P. Vémola, A. Zelinka, A.: Měření jízdních manévrů vozidel. Sborník konference *10. výroční konference Evropské společnosti pro výzkum a analýzu nehod - EVU*, Brno, říjen 2001.
- [2] Stefan H.: PC-CRASH - simulační program pro analýzu nehod, verze 6.21c – Nov 9 2001, Dr. Steffan Datentechnik, Linc, Austria 2001.
- [3] Kasanický, G.: PC-CRASH - Program pre simuláciu dopravných nehod, uživatelská príručka – slovensky, verzia 6.0 a doplnok 6.1, DSD Slovakia spol. s r.o. Kysucké Nové Město 2000.