

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

POROVNÁNÍ JÍZDNÍCH VLASTNOSTÍ VOZIDEL

COMPARISON OF VEHICLE HANDLING CHARACTERISTICS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. BARBORA KALÁBOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALEŠ VÉMOLA, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Ústav soudního inženýrství
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Barbora Kalábová

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Expertní inženýrství v dopravě (3917T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Porovnání jízdních vlastností vozidel

v anglickém jazyce:

Comparison of Vehicle Handling Characteristics

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce se bude zabývat analýzou jízdních vlastností vozidel ve spojitosti s konstrukcí hnacího ústrojí.

Cíle diplomové práce:

Provést teoretický rozbor jednotlivých druhů pohonů náprav osobních automobilů a obvyklých vlivů působících na jízdní vlastnosti motorových vozidel, například adheze, tření či jízdní odpory. V praktické části pak realizovat měření na vybraném vzorku vozidel za různých povětrnostních (adhezních) podmínek a analyzovat jejich vzájemný vztah.

Seznam odborné literatury:

[1] VLK, František. Automobilová technická příručka. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 791 s. ISBN 80-238-9681-4.

[2] VLK, F. Dynamika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK. 2005. ISBN 80-239-0024-2.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 26.10.2012

L.S.

doc. Ing. Robert Kledus, Ph.D.
Ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá rozbohem jízdních vlastností osobního automobilu v závislosti na druhu pohonu kol. V úvodní části teoreticky vymezuje základní koncepce osobních automobilů a dále postupy při zjišťování jednotlivých veličin potřebných k určení jízdní dynamiky vozidel.

Praktická část rozebírá plán a průběh realizovaného měření na vybraném vzorku vozidel a interpretuje naměřené hodnoty. Závěrečná část se zabývá vyhodnocením provedeného měření a údajů z těchto měření zjištěných.

Abstract

This thesis deals with the analysis of the car driving characteristics depending on the type of drive wheels. The first chapter defines the basic theoretical cars concept as well as procedures for determining the individual variables needed to identify the driving dynamics of vehicles.

The practical part describes the plan and the progress of realized measurements on a selected pattern of vehicles, and the measured values are interpreted. The final part deals with the evaluation of the performed measurements and the data identified within these measurements.

Klíčová slova

Jízdní vlastnosti, adheze, tření, pohon předních kol, pohon zadních kol, pohon 4x4, jízdní odpory, měření, jízdní zkoušky vozidla, dojezdová zkouška, stáčivá rychlost, vyhýbací manévr.

Keywords

Handling characteristic, adhesion, friction, front-wheel drive, rear-wheel drive, all-wheel drive, road resistance, measurement, driving test of vehicle, landing run exam, yawrate, double lane-changing manoeuvres.

Bibliografická citace

KALÁBOVÁ, B. *Porovnání jízdních vlastností vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2013. 86 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat všem, kteří mi byli nápomocni a vyjádřili podporu při zpracování mé diplomové práce. Zvláštní poděkování patří vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Aleši Vémolovi, Ph. D. za metodické a cíleně orientované vedení při zpracování diplomové práce. Dále děkuji společnosti Hošek Motor a. s. – Mercedes-Benz za poskytnutí vozů pro provedení jízdních zkoušek. Panu Ing. Pavlovi Kunertovi, snoubenci, za pomoc při zpracování videozáznamu a vizuální stránky diplomové práce. A v neposlední řadě děkuji svým rodičům a přátelům za pomoc a podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 KONCEPCE MOTOROVÝCH VOZIDEL	12
1.1 Pohon předních kol.....	13
1.2 Klasická koncepce	14
1.3 Pohon zadních kol s motorem vzadu.....	16
1.4 Pohon všech kol.....	18
2 PNEUMATIKY	19
2.1 Hlavní části pneumatik	20
2.2 Dezén.....	22
2.2.1 Hloubka dezénu	23
3 GEOMETRIE ŘÍZENÍ A KOL	23
3.1 Sbíhavost	24
3.2 Odklon kola	24
3.3 Příklon rejdové osy.....	25
3.4 Záklon rejdové osy	25
4 SÍLY PŮSOBÍCÍ NA VOZIDLO V POHYBU	26
4.1 Síly působící na vozidlo	26
4.1.1 Tíhová síla	26
4.1.2 Odstředivá síla.....	26
4.1.3 Tření	27
4.1.4 Setrvačná síla	27
4.1.5 Adhezní síla	27
4.2 Jízdní odpory	28
4.2.1 Odpor valivý.....	28
4.2.2 Odpor vzdušný.....	29
4.2.3 Odpor stoupání.....	29

4.2.4	<i>Odpor zrychlení</i>	29
4.2.5	<i>Odpor přívěsu</i>	30
4.3	Hnací ústrojí	30
4.3.1	<i>Ideální charakteristika hnacího motoru</i>	30
4.3.2	<i>Mez přilnavosti, skluz a prokluz</i>	31
4.4	Brzdění	33
4.4.1	<i>Průběh brzdění</i>	33
4.4.2	<i>Brzdné síly</i>	34
4.5	Řiditelnost a stabilita	35
4.5.1	<i>Směrové vlastnosti pneumatik</i>	36
4.5.2	<i>Boční vítr</i>	37
4.5.3	<i>Statistická řiditelnost</i>	37
4.5.4	<i>Dynamická řiditelnost</i>	38
4.5.5	<i>Naklápění vozidla</i>	38
4.6	Hodnocení ovladatelnosti vozidel	39
4.6.1	<i>Čistě subjektivní hodnocení</i>	39
4.6.2	<i>Subjektivní zkoušky</i>	39
4.6.3	<i>Objektivní zkoušky</i>	39
4.6.4	<i>Popis některých zkoušek</i>	41
4.7	Regulace jízdní dynamiky	42
5	ASISTENČNÍ SYSTÉMY	44
5.1	Asistenční systémy řidiče	44
5.2	Asistenční systémy vozidla	44
5.2.1	<i>Protiblokovací systémy</i>	45
5.2.2	<i>Systém regulace prokluzu</i>	45
5.2.3	<i>Systém dynamické stabilizace vozidla</i>	45
6	MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ JÍZDNÍCH ZKOUŠEK VYBRANÝCH VOZIDEL	46

6.1	Virtuální testy	46
6.2	Reálné testy	46
6.2.1	<i>Soustava řidič – vozidlo – vozovka</i>	46
6.3	Zjišťování jízdních vlastností osobního automobilu v závislosti na druhu pohonu a adhezních podmínkách	49
6.3.1	<i>Měřicí přístroje</i>	49
6.3.2	<i>Metodika měření</i>	50
7	JÍZDNÍ ZKOUŠKY	52
7.1	Brzdné zkoušky	53
7.2	Akcelerační zkoušky.....	56
7.3	Ustálené zatáčení	59
7.4	Losí test	65
8	SIMULACE JÍZDNÍCH ZKOUŠEK V PROGRAMU VIRTUAL CRASH.....	70
9	ZÁVĚR	78
	ZDROJE	79
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	81
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM TABULEK A GRAFŮ.....	84
	SEZNAM PŘÍLOH	86

ÚVOD

Pro zpracování diplomové práce na téma “Porovnání jízdních vlastností vozidel“ jsem se rozhodla z několika důvodů. Prvním a hlavním důvodem je moje obliba klasické koncepce vozidel, tedy „motor vpředu, pohon vzadu“, která byla používána ve velké míře především v počátcích rozvoje automobilového průmyslu. Je tedy vůbec první využívanou koncepcí vozidel. Dalším z důvodů je současný rozmach osobních automobilů s využitím pohonu všech kol. Výrobci tvrdí, že je tento pohon nejstabilnější na jakémkoli povrchu. A posledním důvodem je pak fakt, že ač se v mnoha odborných článcích dočteme o srovnávání mnoha podobných vozidel (dle hmotnosti, motorizace, výbavy, koncepce, atd.) jiné značky, otázka porovnání jízdních vlastností různých koncepcí u automobilů stejné značky nebyla ještě, z pro mne dostupných informací, na odborné úrovni řešena. A to ani u velkých výrobců, jako jsou Mercedes, Lexus či BMW, kteří podmínku výroby všech tří koncepcí pod jednou značkou, a tedy i technologií, splňují.

Za cíl této práce jsem si tedy zvolila provést důkladný a reálnými testy podpořený rozbor jednotlivých druhů pohonu nápravy osobních automobilů a obvyklých vlivů působících na jízdní vlastnosti motorových vozidel, například adheze, tření či jízdního odporu. V první části práce jsem pro tyto testy a rozbor připravila důkladný teoretický základ. Na tuto navazuje rozbor metodiky provádění jízdních testů, neboli testů ovladatelnosti automobilů, které jsou používány při vývoji automobilů všemi výrobci. Tyto testy odhalují například přetáčivost či nedotáčivost vozidla, možnost převrácení či brzdou dráhu.

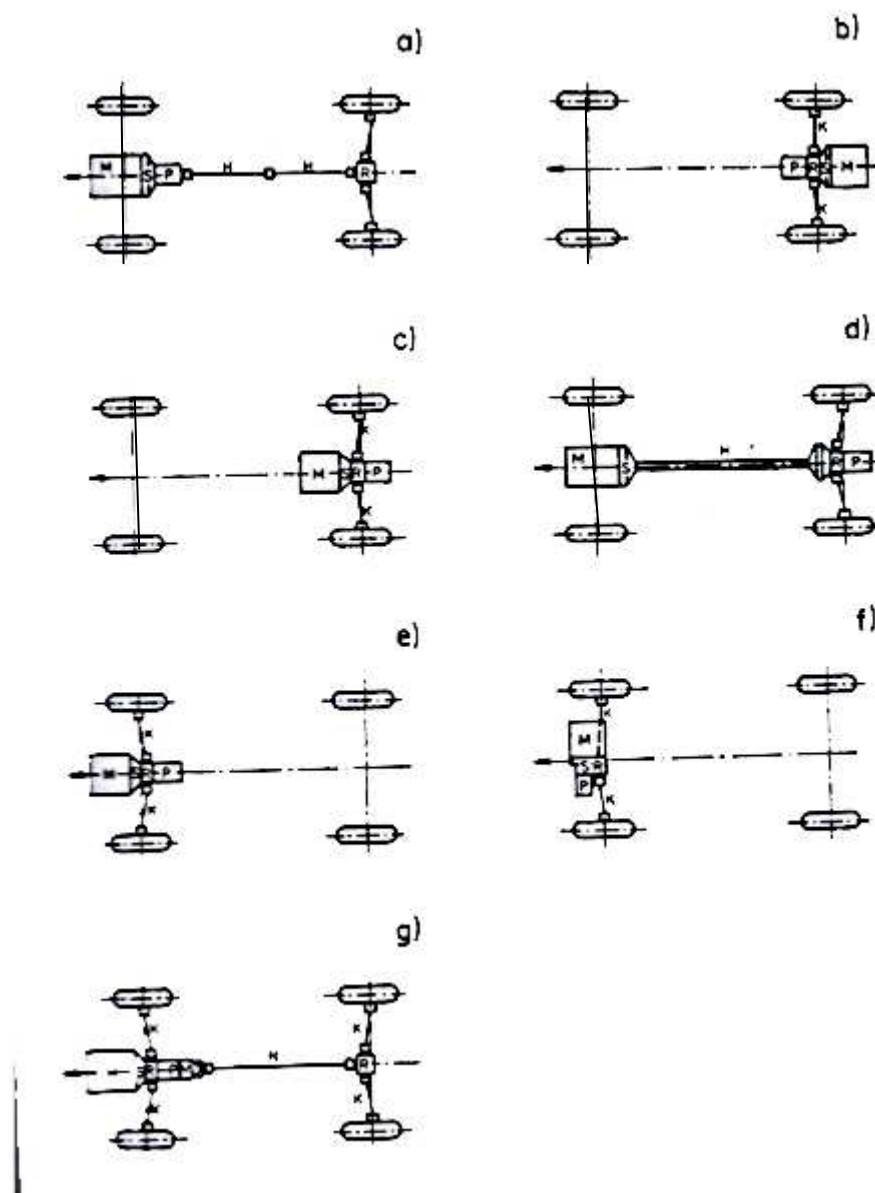
Ve třetí, praktické části popisují výsledky měření na vybraném vzorku vozidel od jednoho výrobce s co nejshodnějšími vlastnostmi, jako je motorizace, hmotnost a vnější rozměry. Tyto testy jsem provedla na jednotné jízdní ploše za různých povětrnostních podmínek. Pro účely této práce jsem vybrala betonový a asfaltový povrch za podmínek mokré a suché vozovky, a hrubý asfalt s ojedinělou překážkou.

Závěrem pak v práci důkladně analyzuji vzájemný vliv typu konstrukce vozidla a jeho detailních jízdních vlastností, povětrnostních podmínek a aktuálního stavu vozovky.

1 KONCEPCE MOTOROVÝCH VOZIDEL

Postupným vývojem jsou v dnešní době rozlišovány čtyři základní druhy uspořádání hnacího ústrojí:

- Pohon předních kol,
- Klasická koncepce,
- pohon zadních kol s motorem vzadu,
- pohon všech kol. [1]



Obrázek 1: Uspořádání hnacího ústrojí u osobních automobilů: a - standardní pohon, b - zadní pohon, c - motor mezi nápravami, d - pohon transaxle, e, f - přední pohon, g - pohon všech kol. [1]

1.1 POHON PŘEDNÍCH KOL

Koncepce pohonu předních kol vychází ze standardní koncepce, tedy „motor vpředu, pohon zadních kol vzadu“, u tohoto typu byl však pohon kol a diferenciál přesunut k motoru do přední části vozu.

„Při pohonu předních kol je vozidlo „taženo“, vzniká stabilní stav mezi hnacími silami a setrvačnou silou. Naproti tomu při poháněných zadních kolech teoreticky vzniká labilní stav, vhodnou geometrií nastavení přední nápravy lze docílit potřebnou stabilitu.“¹

„Podle uspořádání motoru existuje 5 koncepcí:

- *Motor podélně uložený před diferenciálem a nápravou,*
- *motor podélně uložený za diferenciálem a nápravou,*
- *motor podélně uložený nad diferenciálem a nápravou,*
- *motor příčně uložený nad převodovkou,*
- *motor příčně uložený vedle převodovky.“²*

Výhody (poloha motoru nemá vliv):

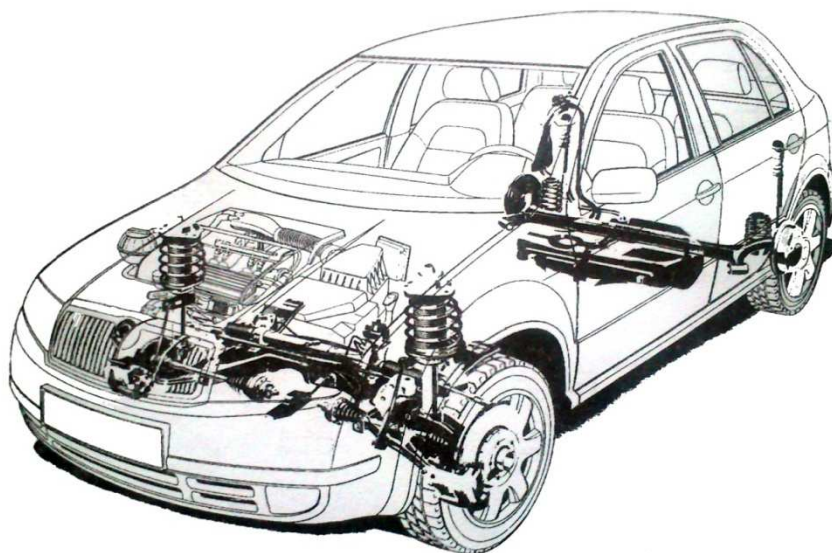
- Řízená a poháněná kola jsou zatížena,
- tažení vozu zajišťuje vyšší jízdní bezpečnost především na mokré vozovce a při ztížených podmínkách v zimním období,
- nedotáčivost,
- nižší vliv bočního větru,
- objemnější zavazadlový prostor s větší deformační zónou,
- u vozidel s katalyzátorem výhoda delšího výfukového potrubí,
- rovná podlaha,
- účinnější vytápění kabiny,
- díky umístění chladiče v přední části vozu má chlazení vyšší účinek,
- vyšší jízdní pohodlí zajištěné větším rozvorem,
- možnost jednoduché konstrukce zadní nápravy.

¹ VLK, F.: *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy. 2000. s. 23*

² VLK, F.: *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy. 2000. s. 23*

Nevýhody:

- Při jízdě do svahu a na kluzké vozovce při plném zatížení vozidla zhoršené možnosti rozjezdu,
- namáhání zavěšení motoru, které zachycuje moment motoru násobený celkovým převodem,
- nárůst ovlivňování řízení u silných motorů,
- nutnost velkého převodu řízení nebo posilovače řízení, pokud je přední náprava silně zatížena,
- složitý mechanismus řazení,
- nesouměrné opotřebení pneumatik,
- náchylnost na nevyvážení kola,
- omezení poloměru otáčení zapříčiněno omezením sklonu hnacích hřídelů,
- nutnost stejnoběžných kloubů na přední hnané nápravě,
- omezení délky motorů,
- při rozjezdu a brzdění vzniká ohyb výfukového zařízení,
- vlastní kmitání agregátu zapříčiněné nerovností povrchu vozovky. [1]



Obrázek 2: Pohon předních kol (Škoda Fabia) [1]

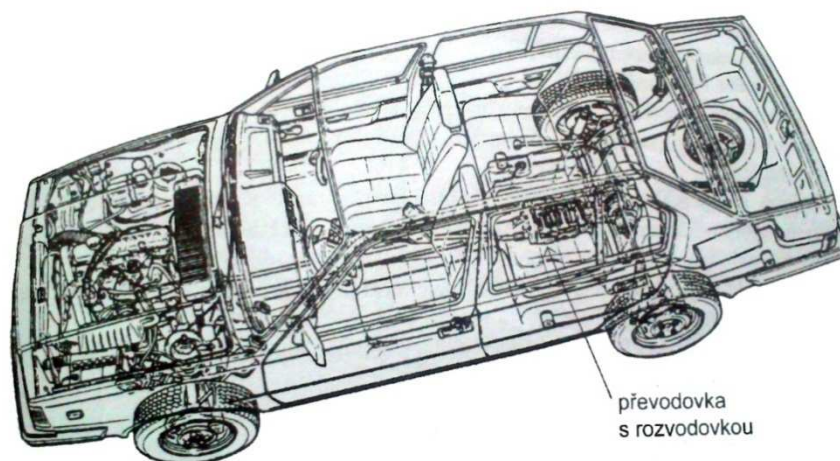
1.2 KLASICKÁ KONCEPCE

„Standardní pohon, tzn. „motor vpředu a pohon zadních kol“, se používá ve dvou konstrukčních koncepcích:

- *Motor a převodovka vpředu, diferenciál vzadu,*
- *motor vpředu, diferenciál a převodovka vzadu (tzv. transaxle princip).“³*

Obvyklým umístěním podélně uloženého motoru u osobních automobilů je střed přední nápravy s pohonem zadních kol. Takto uložený motor zatěžuje přední nápravu požadovaným způsobem. Pokud je motor posunut až za přední nápravu, lze tím docílit ještě příznivějšího zatížení zadní hnané nápravy. Větší prostor v přední části vozu umožňuje umístění většího protihlukového zapouzdření mezi motorem a kabinou, což má velkou výhodu u naftových motorů.

Princip transaxle využívá ve velké míře společnost Porsche. Tento princip spočívá v přeložení převodovky do zadní části vozidla. Lépe tak zatěžuje zadní nápravu a je proto využívá u vozidel s vysoce výkonným motorem a malým počtem cestujících. Hnací hřídel, který spojuje motor a převodovku s diferenciálem, je umístěn v trubce tuhé na ohyb a krut. Spojka zůstává na motoru. Nevýhodou tohoto uspořádání je nutnost urychlení nebo zpomalení hnacího hřídele synchronizací převodovky.



Obrázek 3: Pohon "transaxle" (Volvo 340/360) [1]

Výhody:

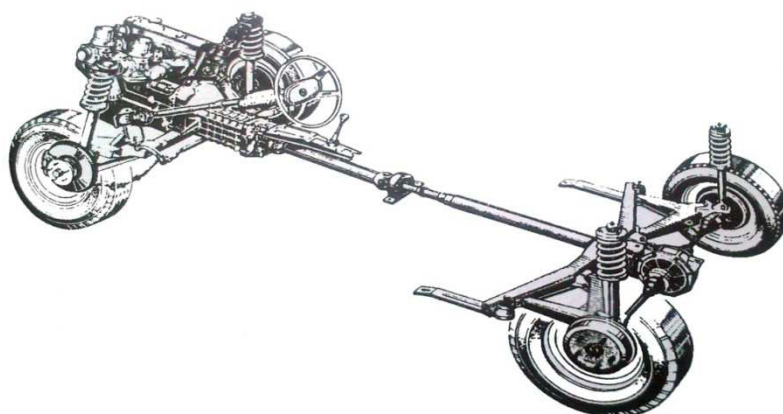
- Prakticky neomezená délka motoru,
- nízké namáhání zavěšení motoru,
- jednoduchá izolace motoru od kabiny,

³ VLK, F.: *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy.* 2000. s. 27

- hlavní podíl zatížení při plném obsazení vozu připadá na zadní poháněnou nápravu,
- délka výfukového zařízení umožňuje snadné umístění katalyzátoru,
- jednoduché řazení převodů,
- pneumatiky jsou opotřebovávány stejnoměrně,
- pružně uložený motor zajišťuje dobrou deformační zónu,
- dostatek prostoru pro řídicí ústrojí,
- účinné topení,
- díky umístění chladiče v přední části vozu účinné chlazení.

Nevýhody:

- Namáhavější řízení způsobené nestabilní udržováním přímého směru (vozidlo je tlačeno),
- špatná trakce na kluzké vozovce nebo ve ztížených podmínkách v zimním období při malém zatížení vozu,
- menší délka vnitřního prostoru,
- „tunel“ v podlaze karoserie, kudy prochází kloubový hřídel spojující převodovku s diferenciálem,
- nezávislé zavěšení zadních kol s nápravnicí nebo těžká (z důvodu zatížení nápravy) tuhá náprava, kdy jsou tato řešení nákladná. [1]



Obrázek 4: Klasická koncepce (BMW 5. řady) [1]

1.3 POHON ZADNÍCH KOL S MOTOREM VZADU

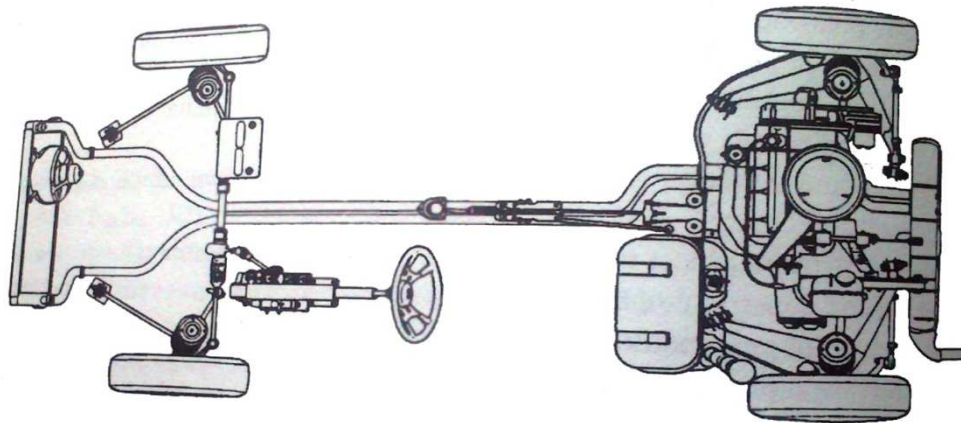
U této koncepce je motor spolu s převodovkou a rozvodovkou umístěn vzadu a pohání zadní kola. Uložení motoru může být za nápravou (Škoda 1000 MB, Škoda 100, atd.) nebo před nápravou. Při uložení motoru před zadní nápravu nemůže být vozidlo opatřeno zadními

sedadly, proto je tento koncept užíván pouze u sportovních nebo soutěžních vozidel. V dnešní době se ovšem od této koncepce z důvodu mnoha nevýhod upouští.

„Výhody a nevýhody koncepce pohonu zadních kol s motorem vzadu:

- *Omezená stabilita při přímé jízdě (proto úhel závleku bývá až 8 stupňů),*
- *citlivost na boční vítr,*
- *sklon k přetáčivosti při zatáčení (motor za zadní nápravou),*
- *zhoršená ovladatelnost na vozovce se sníženým součinitelem adheze vzhledem k menšímu zatížení předních kol,*
- *vysoké zatížení zadních pneumatik,*
- *zavěšení motoru musí přenášet točivý moment motoru násobený celkovým převodem,*
- *výfukové zařízení lze jen obtížně naladit, vzhledem ke krátké dráze,*
- *problematické tlumení hluku motoru,*
- *nákladné zařízení pro řazení převodovky,*
- *je-li chladič umístěn vpředu, je nutné velké množství chladicí kapaliny,*
- *větší příkon ventilátoru, vzhledem k nucenému chlazení,*
- *vytápěcí zařízení s dlouhými dráhami pro teplou vodu nebo teplý vzduch,*
- *palivovou nádrž lze obtížně umístit do bezpečných oblastí,*
- *zavazadlový prostor je velmi podstatně omezen.*
- *dobrá rozjezd a stoupavost téměř nezávisle na zatížení,*
- *krátký silový tok (motor, převodovka a rozvodovka tvoří jeden celek),*
- *vlivem malého zatížení přední nápravy jsou zapotřebí jen malé síly na volant,*
- *příznivé rozdělení brzdných sil,*
- *jednoduchá konstrukce přední nápravy,*
- *snadná demontáž motoru,*
- *žádný nebo jen malý tunel v podlaze karosérie,*
- *malý převis vpředu,*
- *malý prostor pro hnací agregát.⁴[1]*

⁴ VLK, F.: *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy.* 2000. s. 33 – 34



Obrázek 5: Pohon zadních kol s motorem vzadu [1]

1.4 POHON VŠECH KOL

Tento pohon kol se začal využívat zejména u terénních vozidel, a to především z důvodu vyšší nákladnosti, technické náročnosti, a protože zabíral více prostoru z kabiny. Průkopníkem u osobních automobilů byla společnost Audi, která začátkem roku 1980 uvedla vysoce výkonný vůz s názvem Quattro (dnes se tak nazývá pohon všech kol u vozů Audi) a popudila tak ostatní společnosti zabývající se vývojem a výrobou automobilů k dalšímu výzkumu a vývoji pohonu všech kol.

Pohon všech kol je finančně i konstrukčně náročnější než klasický pohon. Obsahuje navíc například mezinápravový diferenciál, spojovací hřídel a hnací hřídele, další nápravový diferenciál. Mezinápravový diferenciál odstraňuje pnutí hnacího ústrojí při jízdě zatáčkou, které má vliv na opotřebení pneumatik a zvýšení spotřeby. Aby důsledkem velkého hnacího momentu nedocházelo k prokluzu kol, využívají se viskózní spojky nebo diferenciály s uzávěrkou. Viskózní spojka na rozdíl od mechanického mezinápravového diferenciálu zajišťuje variabilní rozdělování hnacího momentu.

Rozlišujeme permanentní pohon všech kol nebo zapínatelný pohon všech kol. Pokud jsou poháněny obě nápravy nepřetržitě, hovoříme o permanentním pohonu všech kol. U zapínatelného pohonu všech kol je stále poháněná jedna náprava a druhá je k ní připojena elektronickým a hydraulickým systémem v případě potřeby. K připojení druhé nápravy dochází automaticky nebo manuálně.

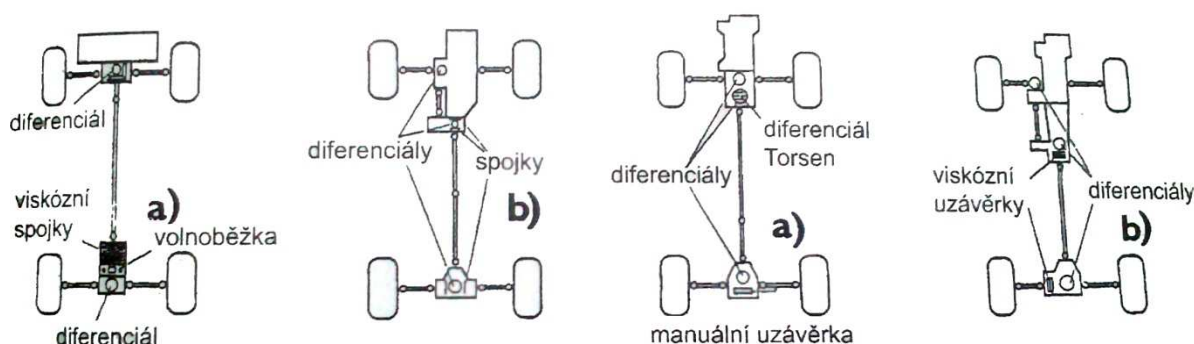
Výhody:

- Především na kluzké vozovce dochází ke zlepšení trakčních schopností,
- nízký vliv bočního větru,
- zatížení nemá vliv na dobrou schopnost rozjezdu a stoupavost,

- vysoká schopnost akcelerace,
- v zimním období, především na sněhu, stabilita na vysoké úrovni,
- lepší ovladatelnost při aquaplaningu,
- zatížení náprav je optimální,
- pneumatiky se opotřebovávají stejnoměrně,
- při ubírání plynu zmenšený nájezd do zatáčky.

Nevýhody:

- U agregátů pod 100 kW nižší akcelerační schopnost způsobena vyšší pohotovostní hmotností vozidla,
- omezení objemu zavazadlového prostoru,
- zvýšení spotřeby paliva o 5 až 10 %,
- vyšší cena vozidla. [1]



Obrázek 6: Permanentní pohon všech kol s automatickým uzávěrem pohonu (1a - Audi quattro, 2b - BMW 325 iX), zapínatelný pohon všech kol (2a - dříve používané manuální ovládání, 2b - elektronické ovládání u vozu Mercedes-Benz 4-matic) [1]

2 PNEUMATIKY

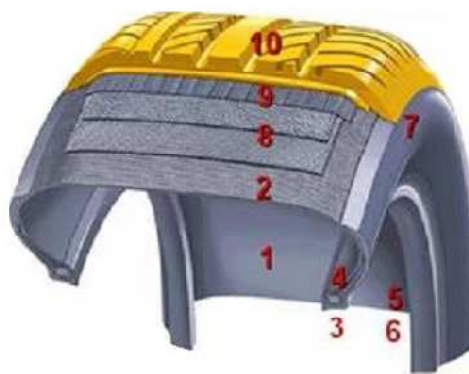
Hlavními úkoly pneumatik jsou přenášení všech sil, umožnění pohybu vozidla v důsledku valení a tvoření součásti pérování vozidla svou pružností. Při správném plnění těchto funkcí musí pneumatika zajistit, aby jízda vozidlem byla ve všech jízdních režimech, tedy akceleraci, brzdění, volné jízdě po vodorovné, klesající nebo stoupající vozovce, při různých klimatických a povětrnostních podmínkách, jízdě zatáčkou apod., byla co nejbezpečnější a nejpohodlnější pro posádku. Jako pneumatika je označován celek složený z pláště, duše, ochranné vložky a ventilku. Rozlišujeme pneumatiky s duší nebo bezdušové, kde odpadá duše a ochranná vložka. Podle konstrukce kostry a nárazníku rozeznáváme pláště diagonální a radiální. [2]

2.1 HLAVNÍ ČÁSTI PNEUMATIK

Na následujícím obrázku č.7 je zobrazena konstrukce pneumatiky. Počet částí, na které je plášť rozdělen, se může lišit. Někdy jsou modely konstrukce pláště zjednodušovány například tím, že se patní lano, jádro, patní a výstužný pásek berou jako jeden celek (patka), který pak má vlastnosti všech 4 těchto částí a jednotlivé části už se neuvádějí.

Části pláště:

1. Vnitřní guma
2. Kostrový materiál
3. Patní lano
4. Jádro
5. Výstužný pásek
6. Patní pásek
7. Bočnice
8. Nárazník
9. Polyamidový nárazník
10. Běhoun [3]



Obrázek 7: Části pláště pneumatiky [3]

Vnitřní guma

„Funkcí vnitřní gumy je zabránit úniku vzduchu z pláště. V bezdušových pneumatikách nahrazuje duši. Jako materiál se většinou používá syntetický kaučuk. Mezi syntetické druhy kaučuku, které se používají ve výrobě pneumatik, patří hlavně butadienstyrenový kaučuk a polybutadienový kaučuk.“⁵ [3]

Kostrový materiál

„Kostrový materiál umožňuje pneumatice absorbovat nárazy, drží tvar pneumatiky a je nejdůležitějším prvkem pneumatiky z dynamického hlediska. Pro konstrukci kostrového materiálu se většinou používají viskóznová, polyamidová, aramidová a skleněná vlákna. Ve

⁵KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 28

starších konstrukcích se uplatňovala i bavlněná vlákna, která ale byla postupem času nahrazena, protože neměla ideální vlastnosti.“⁶ [3]

Patnílano

„Patka pneumatiky se skládá z výztužného a patního pásku, jádra a patního lana. Pomocí patního lana je patka vyztužena a zároveň je zajištěno správné usazení pneumatiky v ráfku. Patní lano také napomáhá při přenosu podélných sil. Na konstrukci je použito několik ocelových drátů spojených do svazku.“⁷ [3]

Jádro

„Zajišťuje plynulý přechod z tuhé oblasti patky do elastické oblasti bočnice pneumatiky. Má pozitivní vliv na boční tuhost a tím i na přenos bočních sil. Obvyklým materiálem je syntetický kaučuk.“⁸ [3]

Výztužný pásek

„Někdy bývá při rozdělení pneumatiky zahrnut do části jádra patky a to z toho důvodu, že jeho funkce se také váže k přechodové oblasti mezi patkou a bočnicí, ale na rozdíl od jádra zajišťuje její zpevnění a stabilizaci. Na konstrukci výztužného pásku se používá pogumovaný nylonový nebo aramidový kord.“⁹ [3]

Patní pásek

„Ochranná část patky pneumatiky tvořená obvykle syntetickým kaučukem, která má za úkol zabezpečení těsnosti a pevného spojení s ráfkem, spolu s předcházením erozi v místě styku patky s ráfkem.“¹⁰ [3]

Bočnice

„Funkce bočnic je zajištění ochrany kostry před mechanickým namáháním a vnějšími vlivy. Pro konstrukci bočnic se používá převážně přírodní kaučuk spolu s chemickou příměsí.

⁶KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 28

⁷KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 28

⁸KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 28

⁹KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 29

¹⁰KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 29

*Přírodní kaučuk se používá z důvodu dobrých elastických vlastností, díky kterým je bočnice schopná vydržet mechanické namáhání na ohyb. Chemické přísady jsou ve směsi obsaženy, tak aby zvýšily odolnost přírodního kaučuku proti stárnutí a vnějším vlivům.*¹¹ [3]

Nárazník

*„Nárazník zvyšuje životnost pneumatiky tím, že předchází hlubokému poškození kostry, snižuje valivý odpor a stabilizuje běhoun. Materiál nárazníku je pogumovaný ocelový kord, který má vlákna uložena pod malým úhlem (15° až 20°).*¹² [3]

Polyamidový nárazník

*„Pogumovaný nylonový kord s vlákny uloženými podélně (pod úhlem 0°) tvoří polyamidový nárazník, jehož funkcí je především vyztužení spodní části běhounu. Díky vyztužení se sníží valivý odpor, zlepší se komfort jízdy a umožní se pneumatice dosahovat velmi vysokých rychlostí bez obvodové deformace.*¹³ [3]

Běhoun

*„Materiál běhounu tvoří směs syntetického a přírodního kaučuku. Funkce běhounu se dělí podle pozice. Vnější část zajišťuje adhezi a životnost. Vnitřní část snižuje valivý odpor a chrání kostru a nárazník před mechanickým poškozením. Co nejlepší adheze na různých typech povrchu při různých podmínkách je nejdůležitějším úkolem při konstrukci běhounu.*¹⁴ [3]

2.2 DEZÉN

Dezén pneumatiky má základní význam pro správnou činnost pneumatiky. Laicky můžeme říct, že jde o vzorek pneumatiky. Podle tvaru dezénu je možné rozeznat, jedná-li se o letní nebo zimní pneumatiku, a jak daný vzorek dezénu umístit na vozidlo. Je tvořen soustavou podélných a příčných drážek předepsané hloubky uspořádaných na povrchu pneumatiky. Podélné drážky zajišťují přenos bočních sil a ovlivňují tedy směrovou stabilitu

¹¹KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 29

¹²KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 29

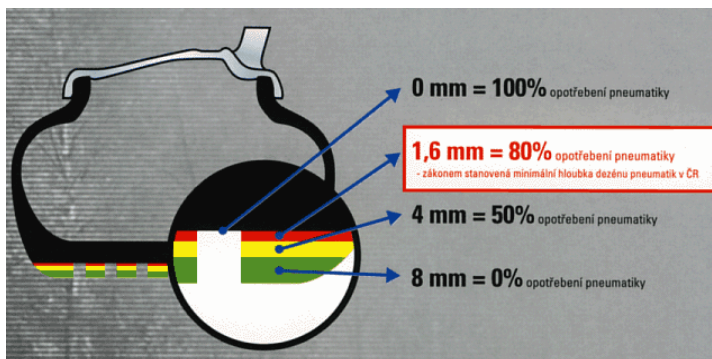
¹³KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 29

¹⁴KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. 2011. s. 29

vozidla, příčné drážky zajišťují přenos tažné síly na vozovku. Hloubka drážek má rozhodující význam pro vznik potřebné adheze mezi vozovkou a pneumatikou. [4]

2.2.1 Hloubka dezénu

Zákon o pozemních komunikacích upravuje minimální hloubku dezénu na 1,6 mm. U zimních pneumatik je však doporučována minimální hodnota 4,0 mm. Napříč směru otáčení pneumatiky je umístěno 6 – 8 ukazatelů opotřebení pneumatiky vysokých 1,6 mm. [4]



Obrázek 8: Hloubka dezénu pneumatiky [4]

3 GEOMETRIE ŘÍZENÍ A KOL

Jízdní vlastnosti vozidla jsou mimo jiné přímo ovlivňovány nastavením geometrie řízení a zavěšení kol. Dále má geometrie řízení a kol vliv na hospodárnost, ovladatelnost a životnost mechanismu řízení a zavěšení kol.

Geometrie řízení a zavěšení kol se skládá z těchto hlavních parametrů:

- Sbíhavost kol,
- odklon kola,
- příklon rejdové osy (rejdového čepu),
- záklon rejdové osy (rejdového čepu).

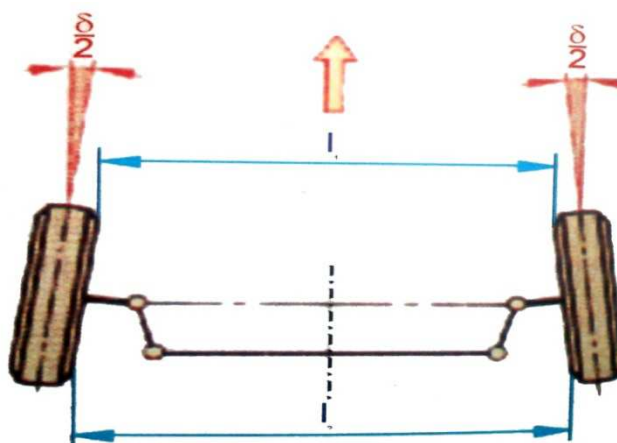
A dále z vedlejších parametrů:

- Diferenční úhel rejdů kol,
- symetrie náprav,
- rovnoběžnost náprav. [6]

3.1 SBÍHAVOST

„Sbíhavost je rozdíl vzdáleností $l_2 - l_1$ mezi vnitřními okraji ráfku kol při postavení kol do přímého směru (obr. 9. Měření se provádí ve vodorovné rovině procházející středy kol, určuje se pro obě kola společně v milimetrech nebo v úhlových stupních a minutách.“¹⁵

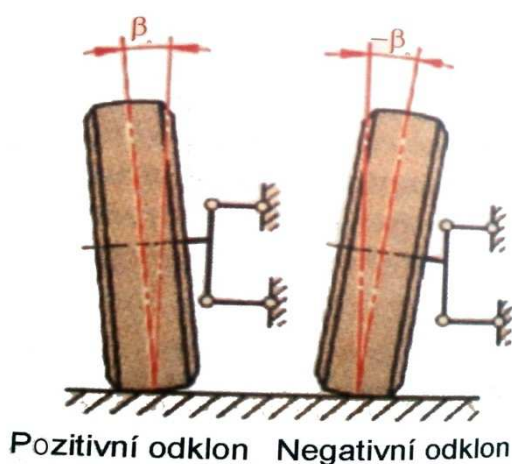
Správné nastavení sbíhavosti má vliv na kmitání kol a směrovou stabilitu vozu v přímé jízdě. U vozidel s předním pohonem se často nastavuje rozbíhavost, protože vlivem působení hnací síly jsou přední kola natáčena dovnitř, do sbíhavosti. [7]



Obrázek 9: Sbíhavost [7]

3.2 ODKLON KOLA

Odchýlení střední roviny kola od roviny kolmé k vozovce nazýváme odklonem kola, který je udáván v úhlových stupních a minutách. Rozlišujeme pozitivní a negativní odklon kola. Odklon kola brání kmitání kol. [7]

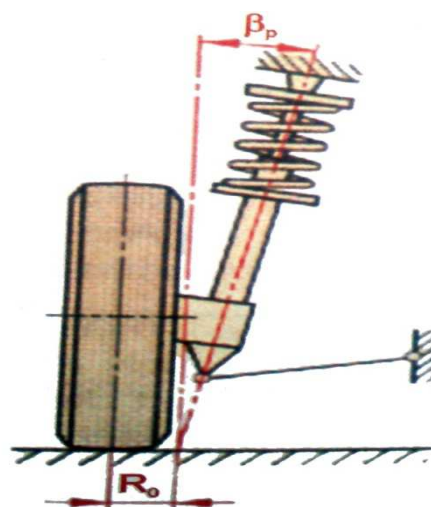


Obrázek 10: Odklon kola [7]

¹⁵VÉMOLA, A. *Automobily: Podvozky*. 2006. s. 208

3.3 PŘÍKLON REJDOVÉ OSY

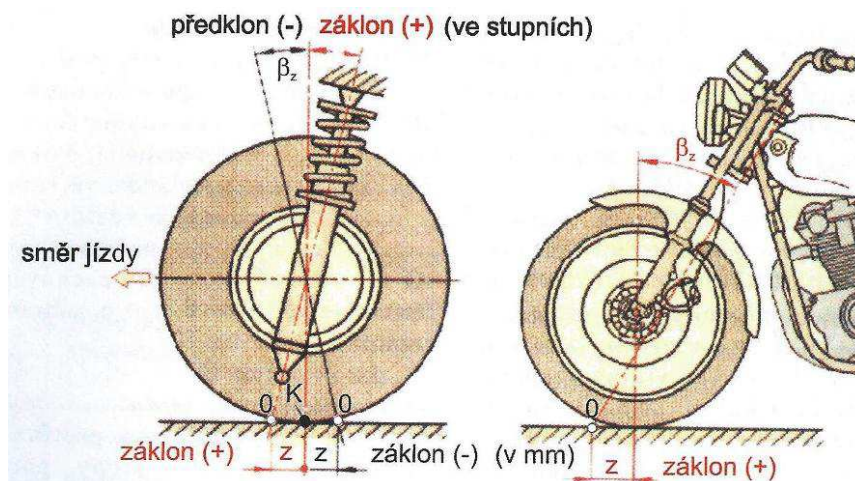
Sklon rejdové osy vůči podélné rovině vozidla kolmé k vozovce nazýváme příklonem rejdové osy. Je udáván v úhlových stupních a minutách. Při natočení předních kol dochází vlivem příklonu rejdové osy k nadzvednutí přední části vozu a následným zatížením nápravy k samočinnému natočení kol do směru přímé jízdy. [7]



Obrázek 11: Příklon rejdové osy [7]

3.4 ZÁKLON REJDOVÉ OSY

Úhel svíraný rejdovou osou a kolmicí k vozovce v rovině rovnoběžné s podélnou svislou rovinou vozidla udává velikost záklonu rejdové osy, nejčastěji v úhlových stupních a minutách. Rozlišujeme pozitivní a negativní záklon (předklon). Má pozitivní vliv na snížení kmitání kol. [7]



Obrázek 12: Záklon rejdové osy [7]

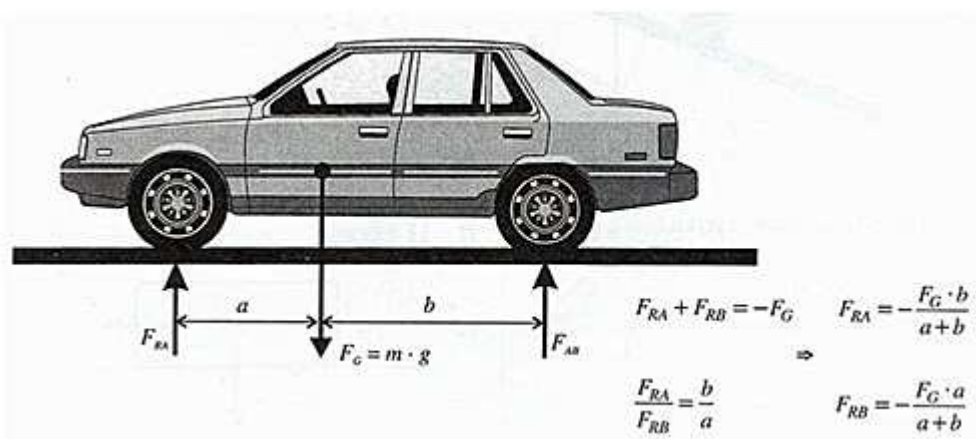
4 SÍLY PŮSOBÍCÍ NA VOZIDLO V POHYBU

Na každé těleso v pohybu působí síly proti tomuto pohybu. K překonání těchto negativních sil musí vykonat větší sílu. U vozidel tyto pozitivní síly vykonává vozidlový motor takzvaným hnacím momentem. Podílem součtů všech hnacích momentů a dynamickým poměrem kola zjistíme hnací sílu vozidla. [10]

4.1 SÍLY PŮSOBÍCÍ NA VOZIDLO

4.1.1 Tíhová síla

„Tíhovou sílu uvažujeme v těžišti vozidla. Reakcí jsou tzv. radiální reakce ve styku vozidla s vozovkou (radiální proto, že jsou ve směru poloměru – rádiusu – kola, na rozdíl od sil, které jsou k obvodu kola tečné – tzv. síly tangenciální). Ze součtové podmínky sil ve směru svislé osy Z a z momentové rovnováhy například k některému bodu styku kola s vozovkou vyplývá, že jejich součet je na vodorovné rovině roven síle gravitační, rozdělení je nepřímo úměrné vzdálenosti těžiště od náprav.“¹⁶ [10]



Obrázek 13: Tíhová síla a radiální reakce [10]

4.1.2 Odstředivá síla

Odstředivá síla způsobuje při průjezdu zatáčkou v příčném směru odlehčení kol vnitřních a zatížení kol vnějších. Tento efekt způsobuje klopný moment. [10]

$$F_o = m \times \frac{v^2}{R}$$

¹⁶ Bradáč, A a kol.: *Soudní inženýrství*. 1997.s. 347

4.1.3 Tření

Vzniká ve styku kola s vozovkou a je odvozována od Coulombova zákona o síle tření.

$$F_T = F_N \quad fF_T = F_N \times f$$

F_T – síla tření (součet sil tření všech kol)

F_N – síla normálová, kolmá k podložce (na rovině rovna gravitační síle)

f – součinitel tření [10]

4.1.4 Setrvačná síla

Je definována podle druhého pohybového zákona. Působí na objekt v opačném směru než tření. [10]

$$F_T = F_S$$

vyjadřuje:

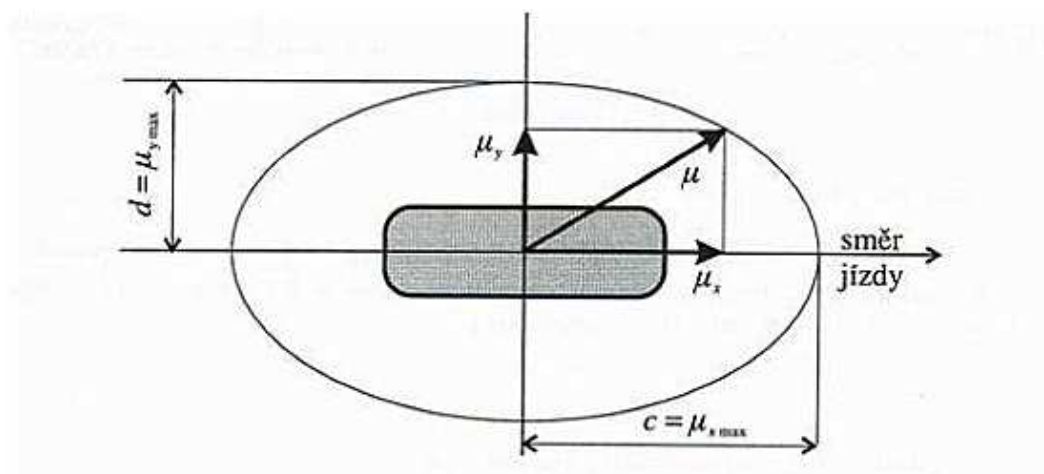
$$m \times g \times \mu = m \times a$$

4.1.5 Adhezní síla

K rozjezdu a zabrzdění vozidla v podélném směru je využívána adhezní síla, ve směru kolmém pak na boční vedení. K rozdělení této síly v příčném a podélném směru souží adhezní elipsa, která určuje maximálně využitelnou součtovou adhezi v požadovaném směru. [10]

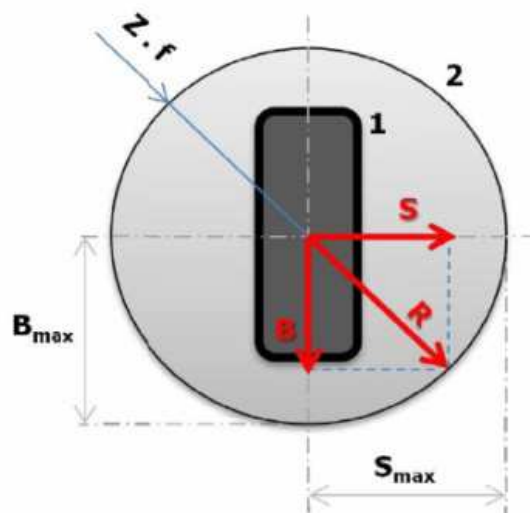
$$\mu_{x \max} = c$$

$$\mu_{y \max} = d$$



Obrázek 14: Adhezní elipsa [10]

V dnešní době, kdy prošly pneumatiky mnoha inovacemi a modernizacemi se ovšem adhezní elipsa již spíše blíží Kammově kružnici přilnavosti.



Obrázek 15: Kammova kružnice přilnavosti [14]

4.2 JÍZDNÍ ODPORY

Síly působící proti pohybu vozidla jsou nazývány jízdními odpory. Odpor valivý a vzdušný působí na vozidlo vždy, když je v pohybu. Odpor zrychlení vzniká při akceleraci a odpor stoupání při jízdě do svahu. Zapojením přívěsu za osobní automobil působí i odpor přívěsu. Platí zde vztah: $F_k = O_f + O_s + O_v + O_z$. [2]

4.2.1 Odpor valivý

Vzniká deformací pneumatiky a vozovky (pokud není tuhá). Závisí především na povrchu vozovky, dále pak na deformaci pneumatiky a rychlosti kola, vliv má i nahuštění pneumatiky.

$$O_f = f \times \sum_i Z_{Ki} = f \times G \times \cos \alpha$$

f – součinitel valivého odporu,

Z_{Ki} – radiální zatížení jednoho kola,

G – tíha vozidla,

α – úhel stoupání. [2]

4.2.2 Odpor vzdušný

„Při jízdě vozidla proudí část vzduchu kolem horní části karosérie a část se musí protlačit prostorem mezi spodní částí vozidla a povrchem vozovky. Proudnice se za vozidlem neuzavírají, ale nastává víření.“¹⁷

$$O_v = c_x \times \frac{\rho}{2} \times S_x \times v_r^2$$

v_r – náporová rychlost proudění vzduchu kolem vozidla (rychlost vozu + rychlost větru),

S_x – čelní plocha vozidla,

ρ – měrná hmotnost vzduchu závislá na teplotě a tlaku, využívá se 1,25 Kg/m³,

c_x – součinitel vzdušného odporu. [2]

4.2.3 Odpor stoupání

Odpor stoupání závisí na sklonu vozovky. Při jízdě do svahu se úhel sklonu pohybuje v kladných hodnotách, při jízdě ze svahu v záporných hodnotách.

$$O_s = \pm G \times \cos \alpha$$

G – tíha vozidla,

α – úhel stoupání. [2]

4.2.4 Odpor zrychlení

Odpor zrychlení je setrvačná síla působící proti směru zrychlení vozidla. Skládá se ze dvou částí: odporu zrychlení posuvné části (O_{zp}) a z odporu zrychlení otáčejících se částí (O_{zr}).

$$O_{zp} = m \times \ddot{x}$$

$$O_{zr} = \sum_i \frac{J_{Ki}}{r_{di}^2} \times \ddot{x}$$

J_{Ki} – hmotnostní moment setrvačnosti kola,

¹⁷ VLK, F.: *Dynamika motorových vozidel*. 2003. s. 25

V praxi je využíván vztah:

$$O_z = \vartheta \times m \times \ddot{x}$$

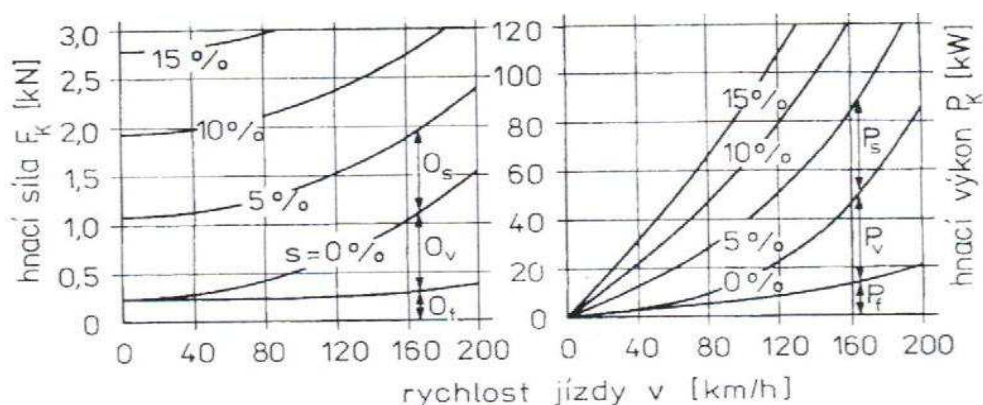
ϑ – součinitel vlivu rotačních částí. [2]

4.2.5 Odpor přívěsu

Vozidlo, které táhne přívěs, musí překonat i odpory působící na přívěs. Zvyšuje potřebnou hnací sílu k překonání všech odporů působících na jízdní soupravu.

Celkový jízdní odpor je tedy součtem všech jednotlivých odporů. Velikost výkonu (P_K) požadovaného k dosažení požadované rychlosti a překonání všech jízdních odporů zjistíme vyřešením vztahu: [2]

$$P_K = F_K \times v = \frac{M_K}{r_d} \times v$$



Obrázek 16: Závislost hnací síly F_K a hnacího výkonu P_K na rychlosti [2]

4.3 HNACÍ ÚSTROJÍ

I když jsou známy všechny jízdní odpory a tím i síly a momenty nutné k jejich překonání, je třeba zjistit také jaké výkony a momenty jsou k dispozici. Další kapitola tedy řeší, jaké momenty a výkony reálně k dispozici jsou, pro což je potřeba znát rychlostní charakteristiky motoru a také pochopit spolupráci motoru s převodovým ústrojím. [2]

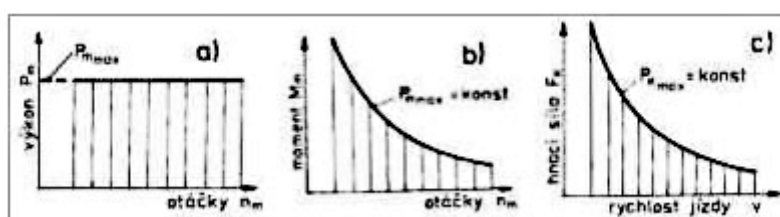
4.3.1 Ideální charakteristika hnacího motoru

„Výkon hnacího motoru P_m závisí na jeho otáčkách n_m . Motor má maximální výkon P_{mmax} zpravidla jen při určitých otáčkách $n_m(P_{mmax})$. Ideální průběh výkonu nastane v případě, kdy výkon motoru je konstantní v celém rozsahu otáček motoru $P_m = P_{mmax} = konst.$ (obr. 17a).

V tomto případě by s poklesem otáček motoru vzrůstal točivý moment motoru podle hyperbolické závislosti, obr. 17b, neboť platí:

$$P_{m \max} \approx M_m n_m; M_m \approx P_{m \max} / n_m .$$

Závislost $P_{m \max}$ na obr. 17a nepokračuje až do $n_m = 0$, poněvadž podle obr. 17c by moment motoru vzrostl na nekonečně velkou hodnotu. Protože hnací síla na kolech je přímo úměrná točivému momentu motoru a rychlost jízdy je rovněž přímo úměrná otáčkám motoru, můžeme nakreslit tzv. ideální hyperbolu hnací síly, obr. 18 Na kola vozidla není možno přivést libovolně velkou hnací sílu, neboť hnací síla F_K je omezena přilnavostí vozovky.¹⁸ [2]



Obrázek 17: Ideální charakteristiky hnacího motoru [2]

4.3.2 Mez přilnavosti, skluz a prokluz

Podle experimentálních výsledků byla maximální obvodová síla, kterou je možné přenést mezi kolem a vozovkou, určena vztahem:

$$H_{K \max} = \mu_v \times Z_K$$

μ_v – součinitel valivé přilnavosti v podélném směru kola.

Znakem příliš velkého hnacího momentu kola je prokluz ve stopě pneumatiky. Při dosažení hodnoty podélného skluzu $\sigma = 1$ je přenášena obvodová síla:

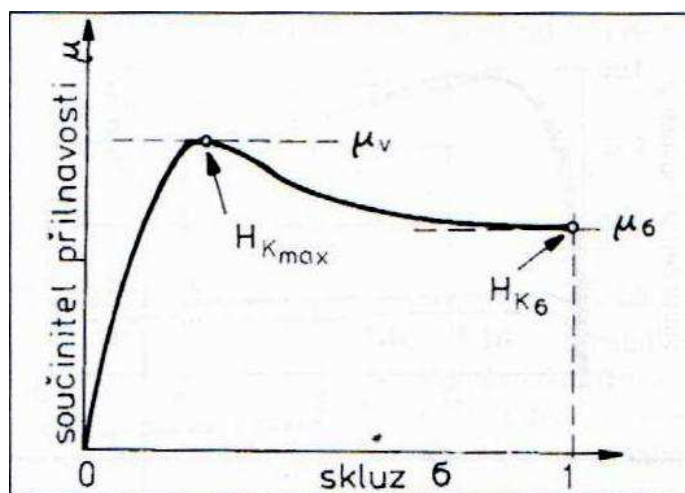
$$H_{K\sigma} = \mu_\sigma \times Z_K$$

μ_σ – součinitel skluzové přilnavosti.

Skluz lze tedy charakterizovat jako rozdíl mezi rychlostí kola a rychlostí vozidla vztaženého na rychlost kola (pohon) nebo na rychlost vozidla (brzdění). Součinitelem využívané přilnavosti lze vyjádřit silové poměry mezi obvodovou silou a svislým zatížením.

$$\mu = \frac{H_K}{Z_K}$$

¹⁸ VLK, F.: *Dynamika motorových vozidel*. 2003. s. 38



Obrázek 18: Skluzová charakteristika pneumatiky [2]

Pro zaručení co největšího přenosu obvodových sil mezi kolem a vozovkou nesmí dojít k prokluzu, popř. blokování kol. Přílnavost tedy omezuje maximální hnací sílu na kolech. Maximální hnací síla je vymezena vztahem:

$$F_{K \max} = \mu_v \times \sum_i Z_{Ki} = \mu_v \times G \times \cos \alpha$$

$G \times \cos \alpha$ – zatížení vozidla kolmé k rovině vozovky, které je také někdy nazýváno adhezní tíhou

$F_{K \max}$ – adhezní síla

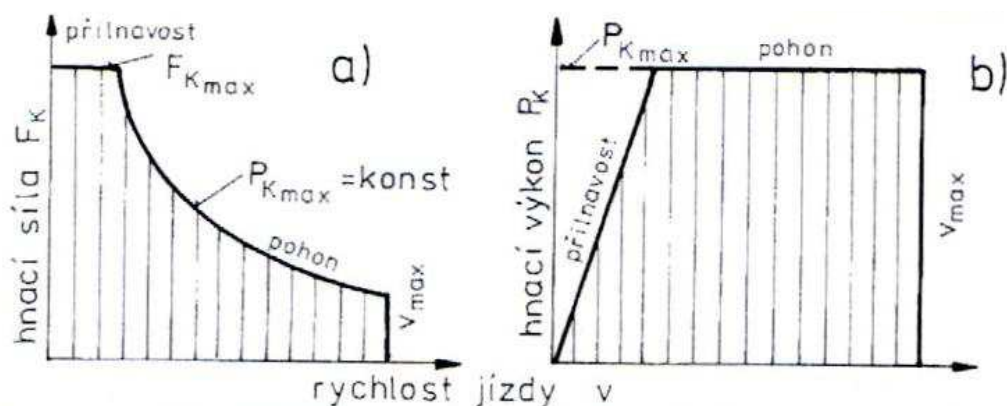
Maximální točivý moment přiváděný na hnací kola je:

$$F_{K \max} = \mu_v \times F_K \times r_d$$

A maximálně využitelný hnací výkon:

$$P_{K \max} = F_{K \max} \times v \approx M_{K \max} \times v.$$

Přílnavost vozovky není mezí hnacího motoru, pouze vyjadřuje poměr mezi hnacími koly a povrchem vozovky. Překročení meze maximálního točivého momentu a maximálního využitelného hnacího výkonu nemá smysl, protože by docházelo k nežádoucímu prokluzu kol. [2]



Obrázek 19: Ideální hnací charakteristiky omezené přilnavostí a maximálním přenositelným výkonem a rychlostí pro hnací výkon vozidla [2]

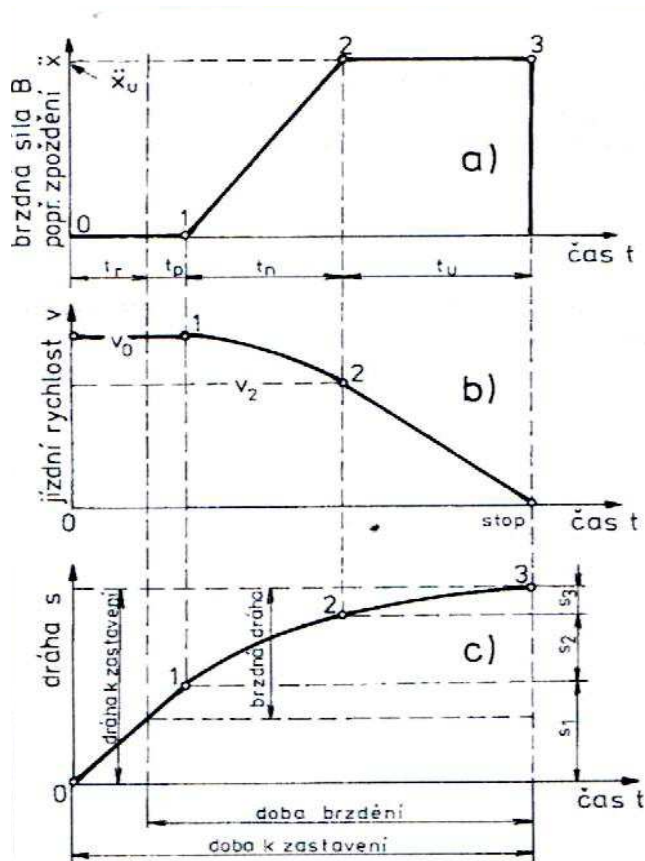
4.4 BRZDĚNÍ

Cílené zamezení rozjetí stojícího vozidla nebo snižování rychlosti je nazýváno brzdění. Brzdění podle účelu rozdělujeme na provozní, nouzové, parkovací a odlehčovací.

Při běžném provozu vozidla zajišťuje dobrou ovladatelnost a účinné, bezpečné a dostatečně rychlé zastavení vozidla při různých rychlostech, zátěžích, svazích a podmínkách **provozní brzdění**. **Nouzové brzdění** zajišťuje bezpečné zastavení vozidla v případě poruchy provozního brzdění, nahrazuje jej. Udržení vozidla ve svahu zajišťuje **parkovací brzdění**. K omezení rychlosti či jejího dodržení při jízdě ze svahu slouží **odlehčovací brzdění**. [2]

4.4.1 Průběh brzdění

Brzdění se skládá z několika fází. První je reakční doba t_r zahrnující reakční dobu řidiče a dobu přesunu řidičovy nohy z akceleračního pedálu na pedál brzdový. Druhou fází je doba od okamžiku působení řidiče na brzdový pedál po moment projevu účinku brzd, tato fáze se nazývá prodleva brzdění t_p . Za tuto dobu jsou překonány vůle v kloubech a ložiskách a dále dosednutí brzdového obložení na třecí plochu brzd. Doba náběhu brzdění t_n je třetí fází, je to doba od projevení brzdného účinku po moment dosažení maximálního účinku brzd. Stejně tak dráha potřebná k zastavení vozidla je rozdělena na několik úseků. [2]



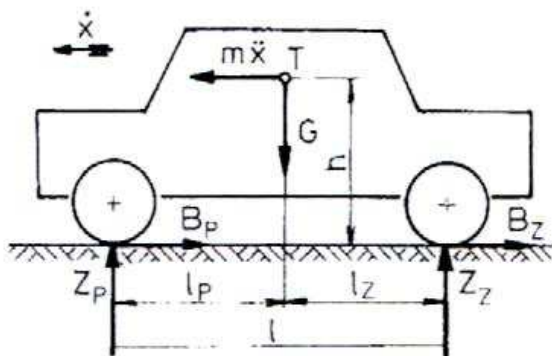
Obrázek 20: Průběh brzdění [2]

Dráha, kterou vozidlo urazí od okamžiku působení řidiče na brzdový pedál do úplného zastavení, se nazývá brzdná dráha, definuje ji vztah: [2]

$$s \approx v_0 \times \left(t_p + \frac{t_n}{2} \right) + \frac{v_0^2}{2x_u}$$

4.4.2 Brzdné síly

V průběhu brzdění vozidla vzniká záporné zrychlení, stejně tak obvodové síly na kolech jsou záporné. Rozložení brzdných sil na vozidle je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obrázek 21: Brzdné síly působící na vozidlo [2]

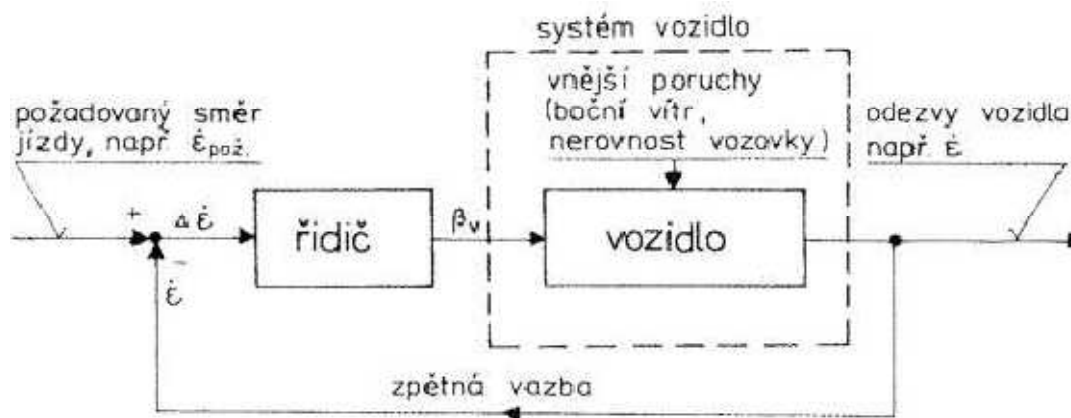
Maximum brzdné síly je omezeno třením mezi pneumatikou a vozovkou. Pokud na kolo působí i boční síla, nesmí být geometrický součet této síly se silou obvodovou větší než určitá hodnota, která je závislá na přilnavosti, jinak dojde ke smyku. Je-li brzdná síla větší než maximum, dochází k zablokování kola.

Rozdělení celkové brzdné síly mezi jednotlivé nápravy má přímý vliv na stabilitu vozidla. Ta je tak závislá na faktu, na které nápravě dojde k blokaci kol, čímž vzniká smyk, kdy se vozidlo otáčí kolem svislé osy.

Maximální přenositelné brzdné síly na jednotlivých nápravách vozidla jsou nazývány ideální brzdné síly. Skutečné brzdné síly jsou pak součinem využitelné přilnavosti pro přední a zadní nápravu. Využitelná přilnavost je dána poměrem obvodové síly kola k svislému zatížení. Ideálního rozdělení brzdné síly je dosaženo, pokud jsou si oba součinitelé rovni a zároveň i součinitel valivé přilnavosti je jim roven. [2]

4.5 ŘIDITELNOST A STABILITA

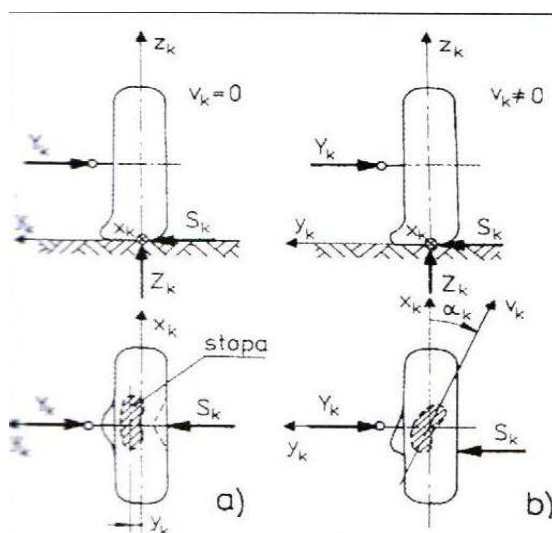
Při natočení volantu vozidla očekáváme odezvy, které nazýváme říditelnost automobilu. Pokud je vozidlo ovládáno řidičem, hovoříme o subjektivní říditelnosti, vyloučíme-li ovšem všechny vlivy řidiče, hovoříme o říditelnosti objektivní. Tato je charakterizována statickými a dynamickými odezvami. Statická říditelnost je dána vlastnostmi odezev automobilu na natočení volantu při ustálené jízdě po kruhové dráze. Dynamická říditelnost je určena přenosovými funkcemi vozidla, především závislostí mezi pohybem vozidla a natočením volantu. Schopnost vozidla udržovat směr pohybu určený řízením i při působení vnějších sil a vlivů se nazývá směrová stabilita. [5]



Obrázek 22: Blokové schéma řízení automobilu [5]

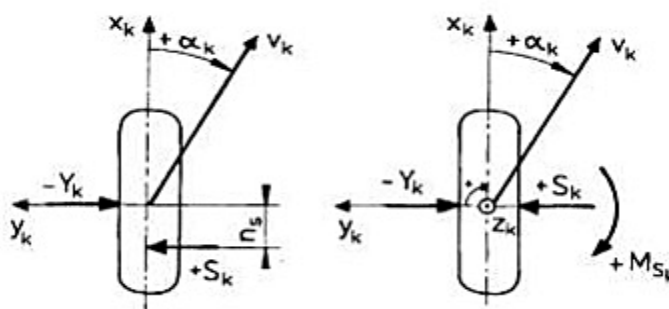
4.5.1 Směrové vlastnosti pneumatik

Plocha styku pneumatiky a vozovky je stopa. Střední rovina kola je shodná s podélnou osou stopy, je-li boční síla nulová. V opačném případě vzniká ve stopě vodorovná boční reakce nazývaná boční vodící síla kola. Při otáčení kola dochází k posunutí částí, které přijdou do styku s vozovkou oproti částem, které jsou s ní právě ve styku a dochází k vychýlení osy stopy o úhel α_k .



Obrázek 23: Vznik boční síly [5]

Valící se zatížená pneumatika se nepohybuje ve směru podélné osy kola. Při odvalování kola s určitou směrovou úchytkou vznikají ve stopě elementární síly vzrůstající v závislosti na zadním konci stopy. Boční síla je pak posunuta o tzv. závlek pneumatiky. Dále na pneumatiku působí v podélné ose vratný moment pneumatiky, který svým působením otáčí kolo kolem jeho svislé osy do skutečného směru valení kola.



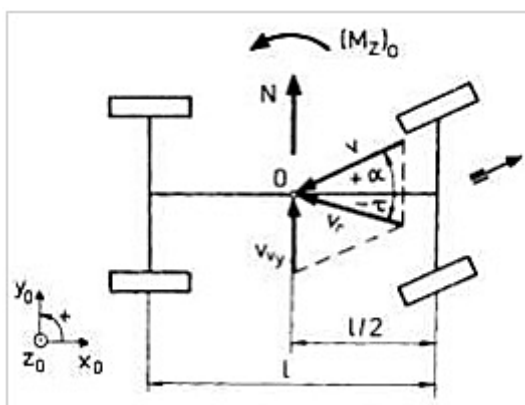
Obrázek 24: Vratný moment [5]

Vtah boční vodící síly a vratného momentu na úhlu směrové úchytky kola se zjišťuje pomocí válcových stavů nebo pojízdných dynamometrů experimenty. Tato zařízení umožňují

simulovat různé adhezní podmínky jako například sucho nebo mokro. Výsledky jsou zachyceny v diagramech směrových charakteristik pneumatik. [5]

4.5.2 Boční vítr

Pro zjišťování vlivu bočního větru na stabilitu vozidla je využíván aerodynamický tunel. Vliv na aerodynamickou stabilitu vozidla má součinitel boční vzdušné síly a součinitel stáčivého vzdušného momentu. Hodnotí se z nulového bodu, který je zvolen v polovině rozvoru vozidla. [5]



Obrázek 25: Boční vzdušná síla N , vzdušný stáčivý moment M_z a výsledná náporová rychlost v_r vzhledem k bodu 0 [5]

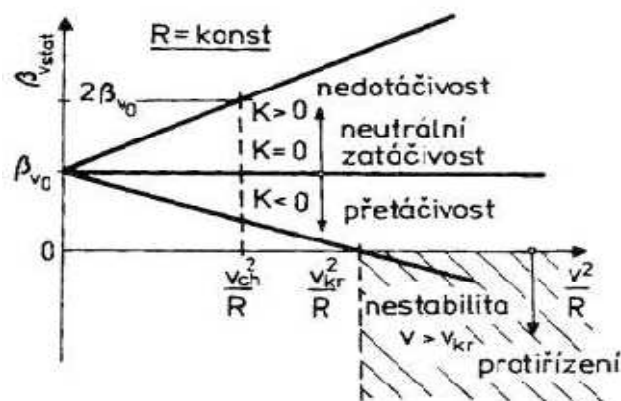
4.5.3 Statistická říditelnost

„*Statická říditelnost automobilu je určena odezvami vozidlového systému na natáčení volantu při ustálené jízdě po kruhové dráze. Vozidlo se pohybuje po kružnici o stálém poloměru $R = konst.$ Zvýší-li se rychlost jízdy na vyšší hodnotu $v = konst.$, změní se dostředivé zrychlení těžiště.*“¹⁹

Na základě velikosti faktoru stability K rozhodneme, jedná-li se o vozidlo neutrální $K = 0$, o přetáčivé vozidlo se jedná v případě $K < 0$, při kladných hodnotách $K > 0$ se jedná o nedotáčivé vozidlo.

Na následujícím obrázku č. 26 je znázorněna charakteristika zatáčivosti. Jedná se o grafické znázornění závislosti úhlu natočení volantu na dostředivém zrychlení. [5]

¹⁹ VLK, F.: *Automobilová technická příručka*. 2003. s. 38



Obrázek 26: Charakteristika otáčivosti [5]

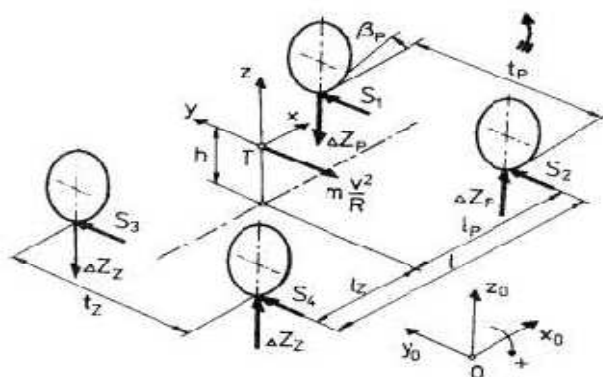
4.5.4 Dynamická říditelnost

„Dynamická říditelnost automobilu je určena vlastnostmi neustálených (dynamických) odezvy vozidla na definované řídicí vstupy při konstantní rychlosti jízdy.“²⁰

Budící signál vstupu soustavy vyvolá odezvu soustavy. Při hodnocení říditelnosti je budícím signálem úhel natočení volantu, nejčastěji je využíváno tzv. skokové natočení volantu. Pokud v rovnovážném stavu navodíme okamžik přivedení skokového signálu, jeho odezvou je přechodová funkce. [5]

4.5.5 Naklápění vozidla

V předchozích kapitolách byla říditelnost vozidla posuzována zatím podle jednostopého modelu vozidla, kde předpokládáme těžiště v rovině vozovky. Důsledkem tohoto pohledu je posuzování vozidla, které není schopné se naklápět kolem podélné osy, což je nereálné. [5]



Obrázek 27: Boční síly a změny radiálních reakcí vznikající účinkem odstředivé síly [5]

²⁰ VLK, F.: *Automobilová technická příručka*. 2003. s. 41

„Leží-li těžiště vozidla ve výšce h nad vozovkou, pak odstředivá síla mv^2 / R a boční reakce pneumatik $s_p=s_1+s_2$, $s_z=s_3+s_4$, vyvolají podle obrázku 27 momenty kolem podélné osy $M = m \times \frac{v^2}{R} \times h$. Tento moment naklápí vozidlo a tím vyvolá změnu svislých zatížení kol (tj. radiálních reakcí kol). Svislé zatížení vnitřního předního kola se zmenší o hodnotu Δz_p a svislé zatížení pravého předního kola (tzn. vnějšího) se o stejnou hodnotu Δz_z zvětší. Obdobně je tomu tak na zadní nápravě.“²¹

Stejně tak je tomu na zadní nápravě. Karoserie automobilu se tedy natáčí kolem středu klopení, jehož poloha je závislá od příčného sklonu vozovky a náklonu karoserie. Vratné momenty a naklápění vozidla způsobují samořízení automobilů. [5]

4.6 HODNOCENÍ OVLADATELNOSTI VOZIDEL

Ovladatelnost vozidla zjišťujeme podle tří základních metod:

4.6.1 Čistě subjektivní hodnocení

Při této metodě působí jako „měřicí přístroj“ jízdních vlastností vozidla sám řidič. Proto není tato metoda příliš přesná. Je založena především na subjektivním dojmu řidiče, nikoliv na objektivním měření. [2]


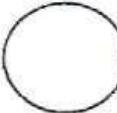

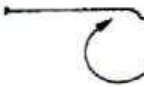





4.6.2 Subjektivní zkoušky

Tyto zkoušky jsou založeny na zjišťování jízdních vlastností na zkušební ploše, kde je dráha jízdy přesně vyznačena a vozidlo z této dráhy nesmí vybočit. Z tohoto důvodu je možné tyto zkoušky opakovat s velkou přesností zajištění stejných podmínek. Stále ovšem tyto zkoušky ovlivňuje řidič. [2]

4.6.3 Objektivní zkoušky

Objektivní zkoušky vozidel jsou prováděny zcela bez řidiče, řidič je nahrazen řídicím strojem. Tento stroj je naprogramován ovládat volant, akcelerační a brzdový pedál. Z tohoto důvodu je opakovaná zkouška téměř totožná a výsledky opakovaných zkoušek se minimálně liší, výsledkem je velice přesné měření. Těmito zkouškami se také zjišťuje korelace mezi objektivním a subjektivním měřením ovladatelnosti vozidel, kdy lze posoudit vlastnosti celkového systému řidič-vozdlo-okolí. Pomáhají objasnit chování řidiče v tomto systému. [2]

²¹ VLK, F.: *Automobilová technická příručka*. 2003. s. 43

METODY ZKOUŠENÍ OVLADATELNOSTI	
zkouška	směr jízdy
Brzdění při přímé jízdě	
Ustálené zatáčení	
Zatáčení přes ojedinělou nerovnost	
Skokové natočení volantu	
Impulsové natočení volantu	
Harmonické natáčení volantu	
Změna hnací síly při zatáčení	
Brzdění při zatáčení	
Citlivost na boční vítr při fixovaném volantu	

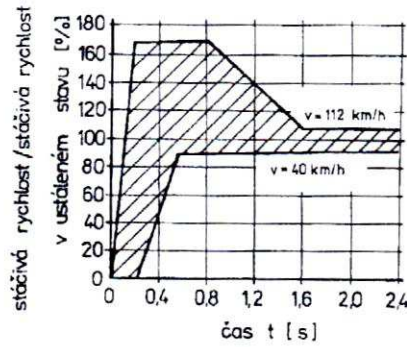
Obrázek 28: Objektívni metody zkoušení ovladatelnosti [2]

Na obrázku č. 28 je přehled nejvyužívanějších objektívni zkoušek vozidel.

Následující obrázek č. 29 zobrazuje některá kritéria objektívni ovladatelnosti osobních automobilů.

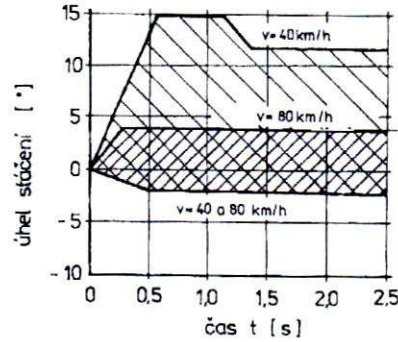
Přechodová odezva stáčivé rychlosti

Rychlost vozidla: $v = 40$ a 112 [km/h]
 Rychlost natočení volantu: 500 [$^{\circ}$ /s]
 Boční zrychlení $0,4g$
 Poměrná stáčivá rychlost musí ležet uvnitř šrafované oblasti



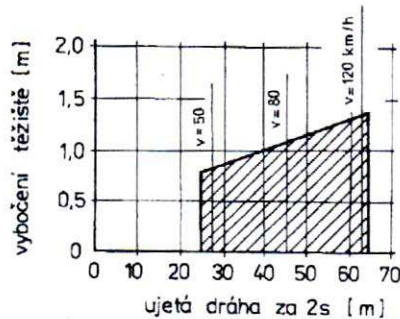
Uvolnění volantu při zatáčení

Rychlost vozidla $v = 40$ a 80 [km/h]
 Po 2 [s] musí stáčivá rychlost být < 1 [$^{\circ}$ /s] pro $v = 40$ [km/h]
 < 4 [$^{\circ}$ /s] pro $v = 80$ [km/h]
 Boční zrychlení $0,4g$
 Úhel stáčení musí ležet uvnitř šrafované oblasti



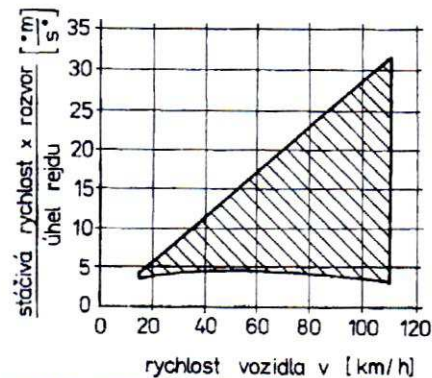
Citlivost na boční vítr

Rychlost jízdy: $v = 50, 80$ a 112 [km/h]
 Rychlost bočního větru: $v_w = 80$ [km/h]
 V čase 2 [s] po vjezdu do pásma bočního větru nesmí boční výchylka přesáhnout šrafovanou oblast



Ustálené zatáčení

Maximální boční zrychlení $0,6g$
 Svislé hodnoty nesmí překročit šrafovanou oblast



Obrázek 29: Kritéria objektivní ovladatelnosti osobních automobilů [2]

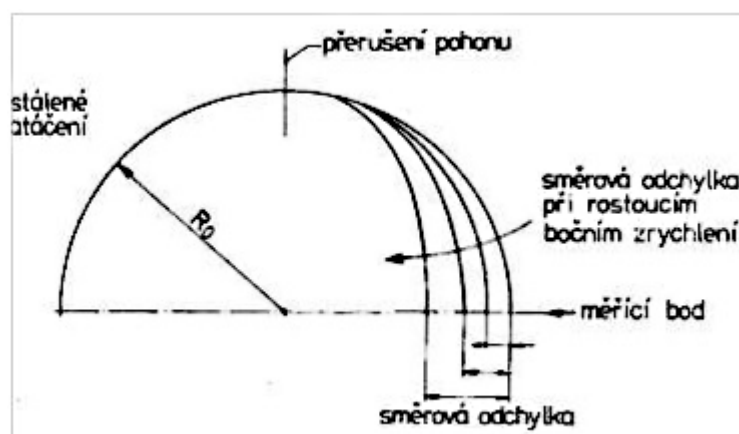
4.6.4 Popis některých zkoušek

Ustálená jízda po kruhové dráze konstantní rychlostí

Statická říditelnost patří mezi nejstarší metody. Je charakterizována úhlem natočení volantu, úhlem směrové úchyly těžiště, úhly směrových úchylek náprav, úhlem klopení karoserie a momentem na volantu. Posuzuje se přetáčivost nebo nedotáčivost vozidla, a to závislostí úhlu natočení na bočním zrychlení. [2]

Změna hnací síly při zatáčení

Podstatou této zkoušky je snížení rychlosti při průjezdu zatáčkou náhlým uvolněním akceleračního pedálu. Přední náprava je více zatížena a zadní náprava se naopak odlehčí a dochází k natáčení vozidla směrem do zatáčky. Zkouška probíhá postupným zvyšováním rychlostí, čímž se zvyšuje i boční zrychlení, až do maximální možné rychlosti. Poloměr kruhové dráhy zůstává stále stejný. [2]



Obrázek 30: Změna hnací síly při zatáčení [2]

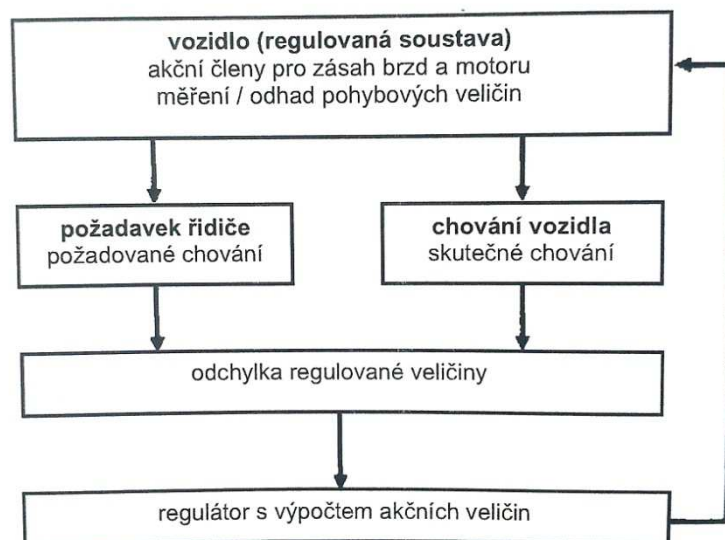
Brzdění v zatáčce

Je součástí testů aktivní bezpečnosti vozidla. Souvisí s chováním při brzdění v přímém směru jízdy, protože musí být zohledněny předpisy tohoto brzdění. Je měřítkem stáčívé stability vozidla, protože průběh stáčívé rychlosti v závislosti na nepodélném zpoždění vozidla vystihuje otáčení vozidla kolem své svislé osy. [2]

4.7 REGULACE JÍZDNÍ DYNAMIKY

„Regulace jízdní dynamiky ESP (Elektronic Stability Program) je regulační systém ke zlepšení jízdního chování, který zasahuje do brzdové soustavy a hnacího ústrojí. Použitím ABS nemohou být kola při brzdění blokována, použitím ASR nemohou kola při rozjíždění prokluzovat.“²² [2]

²² VLK, F.: *Dynamika motorových vozidel*. 2003. s. 423



Obrázek 31: Základní blokové schéma regulace jízdní dynamiky [2]

Ovšem systém ESP, který je podrobněji probrán v dalších kapitolách této práce, má již řadu ekvivalentních zástupců i mezi ostatními výrobci automobilů (viz tabulka č. 1).

Tabulka 1: Elektronické systémy jízdní stability [12]

Zkratka	Celé označení	Automobilka používající systém
ESP	Electronic Stability Program	Audi, Škoda, VW, Seat, Daimler - Chrysler, Citroen, Dodge, Fiat, Ford, Hyundai, Jeep, KIA, Opel, Peugeot, Renault, Saab, Suzuki
ESC	Electronic Stability Control	Honda
VDC	Vehicle Dynamic Control	Fiat, Alfa Romeo, Hyundai, Infiniti, Nissan
DSC	Dynamic Stability Control	BMW, Ford, Jaguar, Land Rover, Mazda, Rover, Mini
VSC	Vehicle Stability Control	Toyota
VDIM	Vehicle Dynamic Integrated Management	Lexus
VDCS	Vehicle Dynamic Control Systém	Subaru
DSTC	Dynamic Stability and Traction Control	Volvo
StabiliTrak		General Motors
RSC	Roll Satbility Control	Ford
CST	Controllo Stabilita	Ferrari
MSP	Masserati Stability Program	Masserati
PSM	Porsche Stability Management	Porsche
PCS	Precision Control Systém	Oldsmobile
Multimode	Active Skid and Traction Systém	Mitsubischi
AdvanceTrac		Mercury, Lincoln
VSA	Vehicle Stability Assist	Hyundai, Acura

5 ASISTENČNÍ SYSTÉMY

Hlavním účelem těchto systémů je pomoc řidiči a vozidlu při jízdě. Tyto systémy využívají soustavy snímačů, které následně získané informace odesílají do řídicích jednotek jednotlivých asistenčních systémů. Tyto systémy následně informace zpracují, vyhodnotí situaci dle předem nastavených algoritmů a odešlou signál akčním členům systému. Pokrok a vývoj těchto systémů je dnes v takové fázi, že systémy jsou schopné vyhodnotit nebezpečnou situaci ještě dříve, než nastane. Jeden z nejdůležitějších a nejstarších systémů uvedený na trh uveden v roce 1969, který je dnes již na území Evropské Unie (EU) povinný pro všechna vyráběná vozidla, je protiblokovací systém ABS. Z důvodu neustálého vývoje asistenčních systémů byly tyto rozděleny do několika skupin.

Základní rozdělení: asistenční systémy řidiče a asistenční systémy vozidla, které můžeme dále dělit podle stupně automatizace (informující, servosystémy, automaticky intervenující systémy, automaticky jednající systémy) či podle způsobu zásahu do řízení vozidla (navigace, řízení, stabilizace). [8]

5.1 ASISTENČNÍ SYSTÉMY ŘIDIČE

Účelem těchto systémů je vyhodnotit danou nebezpečnou situaci a řidiče na ni upozornit. Mají zlepšovat a urychlovat reakci řidiče na případné nebezpečí, avšak nemají žádný vliv na řízení automobilu oproti asistenčním systémům vozidla. Je na rozhodnutí řidiče, zda využije pomoc tohoto systému.

Příklady asistenčních systémů řidiče:

- Navigační systém GPS,
- parkovací systém APS,
- tempomat,
- virtuální zobrazovač HUD,
- hlasové ovládání obslužných prvků vozidla. [8]

5.2 ASISTENČNÍ SYSTÉMY VOZIDLA

U těchto systémů nemusí řidič vůbec zaznamenat jejich činnosti, pracují nezávisle na řidiči, a přímo přebírají sami kontrolu nad automobilem. Mnohdy si řidič není vědom jejich činnosti. Tyto systémy pracují ve zlomcích vteřin, kdy musí situaci vyhodnotit a zvolit vhodný zásah do řízení.

Příklady asistenčních systémů vozidla:

- Protiblokovací systém ABS,
- elektronický stabilizační systém ESP,
- protiskluzový systém ASR,
- brzdový asistenční systém BA,
- aktivní stabilizace podvozku AFS. [8]

5.2.1 Protiblokovací systémy

Jedná se o jeden z nejrozšířenějších a zároveň základní elektronický stabilizační systém dodávaný ve vozidlech. Jeho účelem je zabránit zablokování kola při brzdění, čímž je zamezeno ztrátě adheze mezi kolem a vozovkou a následnému skluzu, který má za příčinu ztrátu ovladatelnosti vozidla. Zablokování kola způsobí nemožnost přenesení boční síly a tím je znemožněno zatočení. [9]

5.2.2 Systém regulace prokluzu

Vznik tohoto asistenčního systému se datuje k roku 1986 a jeho principem je rozšíření funkcí systému ABS. Jeho účelem je zajistit stabilitu a říditelnost automobilu při akceleraci pod podmínkou, že nejsou porušeny fyzikální zákony, tedy zamezit prokluzu jednoho či více kol. Prokluzující kolo má minimální schopnost přenášet boční síly, dále způsobuje nadměrné opotřebení pneumatik a hnacího ústrojí. Systém je určen především k využití při rozjezdu na mokré, zasněžené, ledovaté vozovce, vždy vozidlo zrychluje v zatáčce, případně při jízdě do kopce u vozidel s náhonem předních kol. V případě, že systém rozpozná protáčení kol, omezí točivý moment motoru na sílu, kterou za aktuálních adhezních podmínek mohou kola s co největším efektem přenést na vozovku bez prokluzu. [9]

5.2.3 Systém dynamické stabilizace vozidla

Zaveden v roce 1995 u vozidla Mercedes E, pro nákladnost systému byl však instalován pouze do dražších a luxusnějších vozidel. Až v důsledku nehody Mercedesu třídy A při tzv. losím testu prováděném švédskými novináři v roce 1997 byl systém ESP zaveden do nižších tříd vozidel. Jeho součástí se stal jak systém ABS, tak i protiskluzový systém ASR. Na rozdíl od těchto systémů, které dokážou regulovat jízdu vozu v podélném směru, systém ESP reguluje skluz pneumatiky i ve směru příčném. Reguluje tedy směr jízdy při průjezdu zatáčkou a tím snižuje možnost vybočení vozu zapříčiněnou vysokou rychlostí, brzděním či

špatnými adhezními podmínkami. Systém ESP zajišťuje udržení stability vozu podobně jako ABS a ASR pomocí zásahu do hnacího momentu motoru a brzd jednotlivých kol. [9]

6 MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ JÍZDNÍCH ZKOUŠEK VYBRANÝCH VOZIDEL

6.1 VIRTUÁLNÍ TESTY

Virtuální testy představují umělé virtuální vytvoření podmínek chování vozidel podle druhu pohonu. Tyto testy mohou být vytvořeny například v simulačních programech Virtual Crash nebo PC Crash, dále je možné virtuální testy provádět v laboratořích při vytvoření odpovídajících podmínek. Virtuální testy jsou vhodnější spíše pro vývoj nových systémů a teprve po ověření vlastností systému se přistupuje k reálným testům, které jsou realističtější.

6.2 REÁLNÉ TESTY

Reálné testy jsou prováděny v reálném provozu s předem vybraným vzorkem vozů. V případě řešení této práce se jedná o vozidla jedné tovární značky, značky Mercedes. Podmínkou je, že každé vozidlo má jiný druh pohonu, jedná se o vozidla třídy A (přední pohon), třídy C (zadní pohon) a třídy CLS (pohon 4x4). Testy jsou prováděny na zkušebních tratích, nebo v reálném provozu. Z bezpečnostního hlediska jsou však doporučovány testy prováděné na uzavřených prostorách. Na reálné testy je nutné se předem připravit.

6.2.1 Soustava řidič – vozidlo – vozovka

Při jízdách zkouškách je využívána soustava řidič – vozidlo – vozovka. Je nutné zohlednit odlišné specifické vlastnosti jednotlivých prvků soustavy a nutno dodržet určité podmínky, aby mohly být testy opakovány.

Řidič

Z hlediska opakovatelnosti měření je řidič nejhůře předvídatelným článkem soustavy. I zkušený řidič nedokáže poměrně lehký pohyb v podobě stejného a konstantního natočení volantů zopakovat při opakování zkoušky, z lidského hlediska je to nemožné. Na řidiče působí nejvíce okolních vlivů, například okolní hluk, oslnění sluncem, narušením koncentrace atd. U ostatních dvou článků je možné omezit se pouze na mechanické. Proto bývají často využívány robotické přístroje, které nemají vnímání jako člověk a nejsou tedy rušeny okolními vlivy.

Vozidlo

Jak bylo zmíněno výše, při měření bylo využito vozidel značky Mercedes, jejichž parametry lze najít v následující tabulce:

Tabulka 2: Parametry měřených vozidel [15]

Vozidlo		třída A	třída C	třída C	třída CLS 4M
Druh vozidla		OA, kat. M1	OA, kat. M1	OA, kat. M1	OA, kat. M1
Rok výroby		2012	2011	2011	2012
Koncepce		pohon předních kol	pohon zadních kol	pohon zadních kol	pohon 4x4
Karoserie		hatchback	Sedan	kombi	Shooting Brake
Motor	Palivo	BA95	NM	NM	NM
	obsah (cm ³)	1595	2143	2143	2987
	výkon (kW/k.ot.)	90/122/5000	125/170/3000 – 4200	100/2800 - 4600	195 / 3800
	největší točivý moment (Nm/ot.)	200/1250 - 4000	400/1400 – 2800	360/1600 - 2600	620/1600 - 2400
	kompresní poměr	10.3:1	16.2:1	16.2:1	15.5:1
	přenos síly	6. st., manuální	7. st., automatická	7. st., automatická	7. st., automatická
Jízdní výkony	maximální rychlost (km/h)	202	231	207	250
	zrychlení 0 - 100 km/h (s)	9,2	8,1	9,5	6,4
Hmotnosti	přípustná celková hmotnost (kg)	1935	2205	2185	2495
	provozní hmotnost s řidičem (kg)	1370	1665	1645	1970
Rozměry	délka (mm)	4292	4591	4606	4956
	šířka (mm)	2022	2008	2008	2075
	výška (mm)	1433	1447	1459	1416
	rozvor (mm)	2699	2760	2760	2874
	přední převis (mm)	906	775	775	901
	zadní převis (mm)	687	1056	1071	1181
	minimální průměr zatáčení (m)	11	10,84	10,84	11,27
	rozchod vpředu / vzadu (mm)	1553 / 1552	1549 / 1552	1541 / 1544	1596 / 1626
Pneumatiky	Výrobce	Continental Conti sport	Michelin Primacy	Michelin Primacy	Yokohama Advant sport
	Rozměr	195/65 R 15	205/55 R 16	205/55 R16	245/45 R 17
	tlak předních pneu	210	220	220	240
	tlak zadních pneu	200	240	240	250



Obrázek 32: Mercedes třídy A - přední pohon [16]



Obrázek 33: Mercedes třídy C kombi - zadní pohon [16]



Obrázek 34: Mercedes třídy CLS - pohon 4x4 [16]

Vozovka

Ideální plocha pro měření splňuje následující parametry:

- Dostatečné rozměry,
- homogenní povrch,
- plocha je v rovině,
- prostor pro bezpečné zastavení vozidla v případě nouze,
- omezený přístup ostatních osob na plochu
- zaměření celé plochy,
- brzdou zkouškou zjištěna adheze povrchu.

Vhodné z pohledu těchto parametrů jsou různá parkoviště a letištní plochy. Pro měření v této práci byly využity prostory ve východní části letiště Tuřany, Brno a prostor Masarykova okruhu. Detaily povrchů jsou zachyceny na následujících obrázcích.



Obrázek 35: Vzorek povrchu Letiště Tuřany [16]



Obrázek 36: Vzorek povrchu Masarykův okruh [16]

6.3 ZJIŠŤOVÁNÍ JÍZDNÍCH VLASTNOSTÍ OSOBNÍHO AUTOMOBILU V ZÁVISLOSTI NA DRUHU POHONU A ADHEZNÍCH PODMÍNKÁCH

S přihlédnutím k možnostem provedení zkoušek lze provést kruhovou zkoušku ustálenou rychlostí, losí test a dále akcelerační a decelerační zkoušky. Při provedení zkoušek můžeme data sbírat externě nebo interně. Externím způsobem znamená pomocí přístrojů umístěných ve vozidle nebo na vozidle, interně získaná data jsou pak data získaná z řídicí jednotky vozidla pomocí palubní diagnostiky a kabelu.

Při měřeních k této diplomové práci bylo využito externího způsobu.

6.3.1 Měřicí přístroje

XL Meter^{TM100}



Obrázek 37: XL Meter a jeho umístění ve vozidle při měření [17]

Tento přístroj je vybaven alfanumerickým LCD displejem, napájen je bateriově. Měří zrychlení či zpomalení ve dvou osách. Výstupem jsou hodnoty podélného a bočního zrychlení i zpomalení. Boční zrychlení se uvažuje z důvodu naklonění přístroje spolu s karoserií. Software dodávaný spolu s přístrojem slouží k vyhodnocení velikosti zpomalení či akcelerace

provozní brzdy. XL Meter™ je složen ze tří hlavních částí: vakuové přísavky sloužící k upevnění, kloubového ramena umožňujícího kalibraci a elektrickou částí. Je založen na jednom akcelerometrickém čipu a je schopen měření pozitivního i negativního zrychlení až do úrovně $\pm 2g$.

Digitální záznamová zařízení videa a fotografií

Při měření byla využita statická kamera Canon EOS 500D umístěná dle potřeby. Dále kamera Connect IT HD CI-203 umístěná na čelním skle vozidla, která snímala průběh zkoušek z pohledu spolujezdce. Fotografie byly pořizovány fotoaparáty Panasonic Lumix FZ28 a Cannon EOS 550D.



Obrázek 38: Connect IT HD [18] a Panasonic Lumix FZ28 [13]

6.3.2 Metodika měření

Zjištění součinitele adheze

Prvním krokem při provádění jízdnicích zkoušek je vykonat brzdné zkoušky s vypnutým systémem ABS, což je u většiny vozidel možné pouze vyjmutím pojistky systému ABS, pro zjištění součinitele adheze. Zkoušky budou provedeny z rychlosti alespoň 50 km/h. Součinitel adheze získáme ze vztahu $\mu = \frac{a}{g}$, kdy a představuje brzdné zpomalení zjištěné z provedené brzdné zkoušky.

Výpočet mezní rychlosti kruhové zkoušky

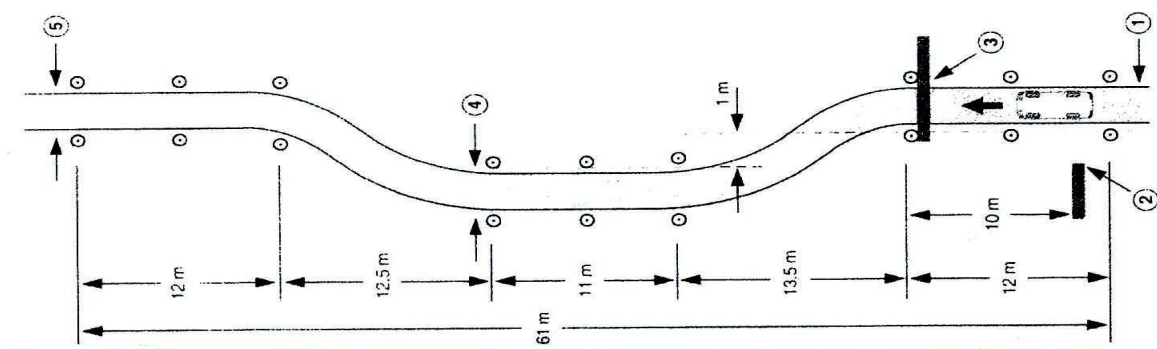
Při provádění jízdnicích zkoušek na rovné zkušební ploše bez klopení lze pro výpočet mezní rychlosti využít zjednodušený vztah $v_{mez} = \sqrt{r \times g \times \mu}$, kde r je poloměr vyznačené kruhové dráhy.

Provedení jízdních zkoušek

Pro možnost zohlednění řidiče jako nejhůře předvídatelného prvku měření je vhodné zkoušky opakovat alespoň 3x. Vozidla mají vyřazen systém ESP. Při překročení mezní rychlosti by mělo dojít ke smyku. Položená otázka zní, které vozidlo bude přecházet do smyku při nejnižší rychlosti a které se naopak „udrží“ nejvyšší rychlostí. Toto je možné zjistit z maximálního bočního a podélného zrychlení zaznamenaného měřicím přístrojem (XL Meter™).

Aby bylo možné porovnat jízdní vlastnosti osobních automobilů v závislosti na druhu pohonu a adhezních podmínkách, je nutné vykonat několik různých jízdních zkoušek. V našem srovnání využijeme jízdní zkoušky: akcelerační, brzdovou, kruhovou a losí test.

Akcelerační zkouška probíhá rozjetím vozidla s maximálním zrychlením na určitou rychlost, v tomto případě 100 km/h. Brzdová zkouška se provádí snahou o maximální brzdné zpomalení vozidla z určité rychlosti, například 80 km/h. Při ustáleném zatáčení projíždí vozidlo předem vyznačenou dráhu do dosažení mezní rychlosti. Losí test probíhá na předem vyznačené dráze v různých rychlostech. Po njetí do dráhy je odlehčen akcelerační pedál a řidič se soustředí pouze na vyhýbací manévry pomocí volantu.



Obrázek 39: Dráha pro losí test podle mezinárodní normy ISO/WD 3888-2 (Sdružení německého automobilového průmyslu) [11]

„ISO/WD 3888-2

- Do úseku č. 1 (viz obr. 39) se vjíždí na nejvyšší rychlostní stupeň, který zaručuje vyšší otáčky motoru než min. 2000 ot/min (toto platí i pro automatické převodovky).

- Minimální rychlost vjezdu do úseku č. 1 není stanovena a k vyhodnocení zkoušky je uvedeno, že na základě rychlosti nelze činit pořadí motorových vozidel.

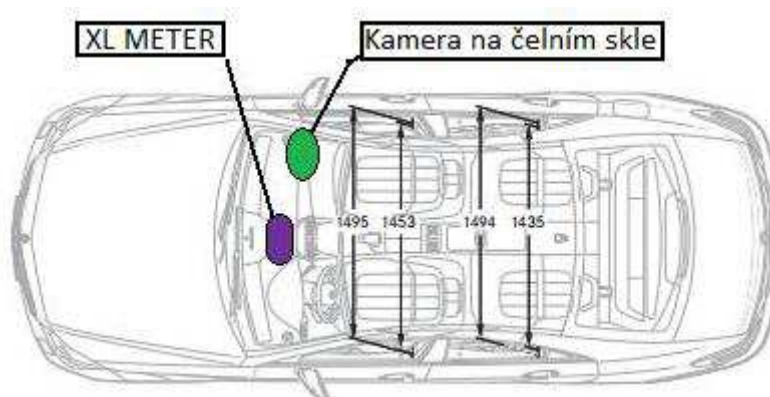
- Akcelerační pedál 2 m po vjetí do úseku č. 1 je uvolněn a zbývající vzdálenost dráhy je projeta s uvolněným pedálem.

Do protokolu o průběhu zkoušky se vždy zaznamenává počáteční podélná rychlost vozidla měřená 2 m po vjetí do úseku č. 1.

*Jako typické vyhodnocení se doporučuje pouze subjektivní ohodnocení chování motorového vozidla.*²³ [19]

Rozmístění přístrojů

Na následujícím obrázku č. 40 je možné prohlédnout si rozmístění přístrojů ve vozidle.



Obrázek 40: Umístění přístrojů ve vozidle

Posádka vozidla

Řidič – Pavel Bachorec – hmotnost 85 kg,

Spolujezdec / obsluha měřících přístrojů – Barbora Kalábová – hmotnost 55 kg.

7 JÍZDNÍ ZKOUŠKY

Jízdní zkoušky probíhaly ve dvou termínech a na dvou různých místech. První měření bylo provedeno dne 28. 3. 2013 na letišti Tuřany v Brně na ploše o rozměrech 510 m x 55 m, při venkovní teplotě 2°C a mírném větru. Povrch je betonový s příčným drážkováním (viz obrázek č. 35). Zkoušky zde byly provedeny při suchém i mokřém povrchu. Druhé jízdní zkoušky pak byly provedeny na Masarykově okruhu u Ostrovačic na ploše o rozměrech 50 m x 150 m při venkovní teplotě 25°C a bezvětří. Povrch plochy tvoří hrubý asfalt (viz obrázek č. 36). Zkoušky byly provedeny za sucha.

²³ Kledus, R. *Modelování pohybu vozidla při analýze silničních nehod*. 2005.s. 23

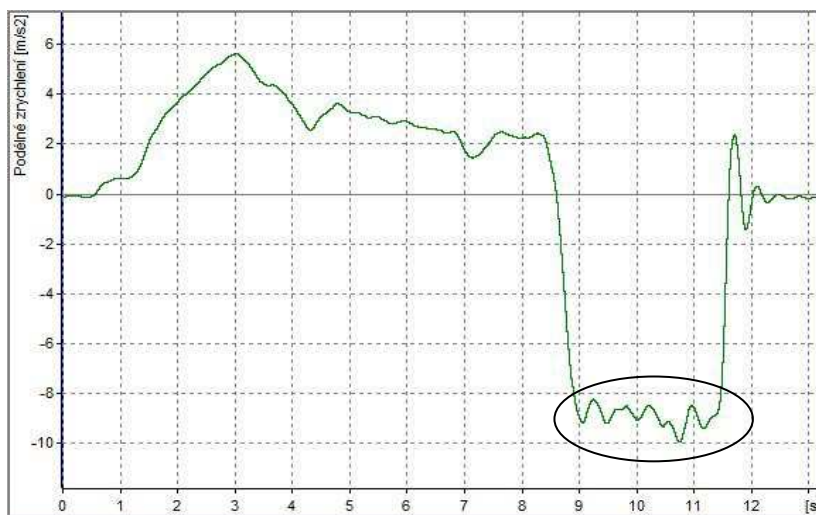
7.1 BRZDNÉ ZKOUŠKY

Na každém povrchu bylo nutné nejprve zjistit součinitele adheze, k čemuž slouží brzdná zkouška. Brzdění bylo prováděno všemi vozidly z rychlosti okolo 80 km/h. Měřením byly zjištěny následující hodnoty:

Tabulka 3: Zjištěné hodnoty součinitele adheze

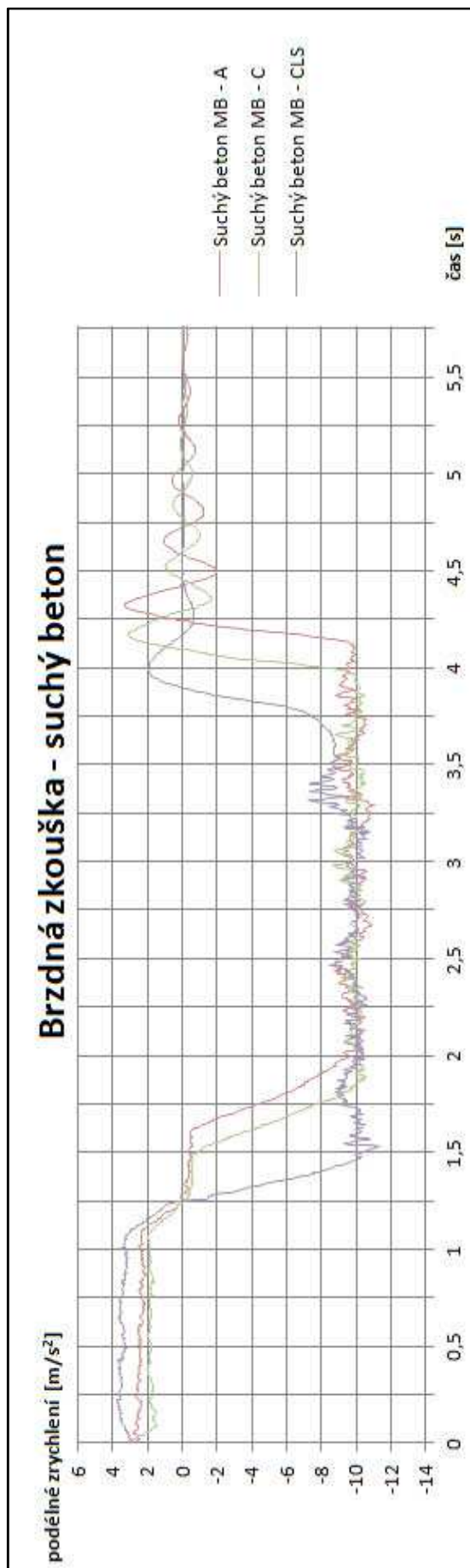
Součinitel adheze	μ
suchý beton	0,81
mokrý beton	0,65
hrubý asfalt	0,69

V ukázkovém grafu podélného zrychlení při brzděné zkoušce na mokrém betonu vozidla Mercedes C, který je výstupem XL Meteru, lze pozorovat naměřené hodnoty.

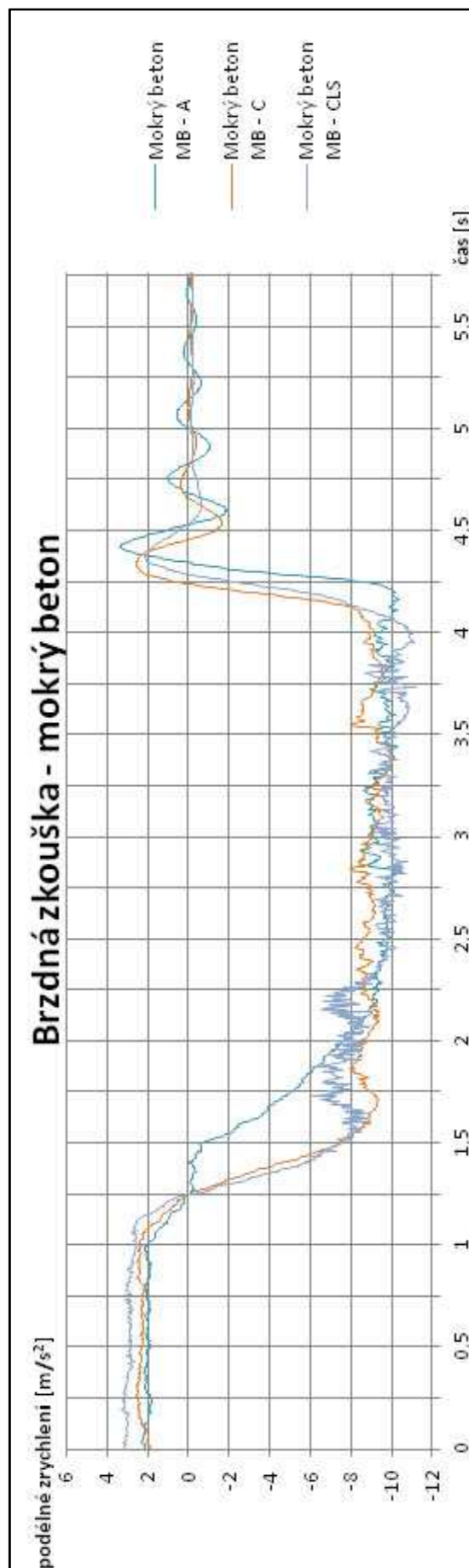


Graf 1: Průběh podélného zrychlení při brzděné zkoušce na mokrém betonu vozidlem Mercedes C

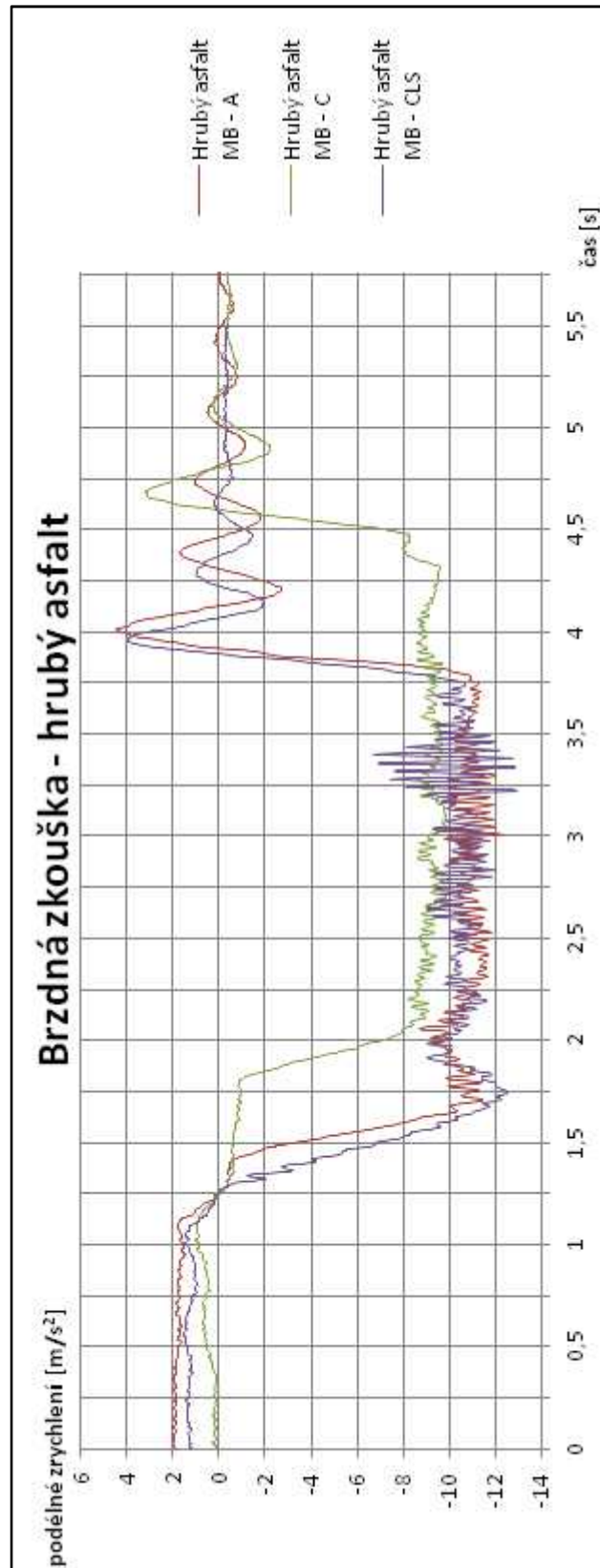
Z grafu vyplývá, že vozidlo zastavilo z rychlosti 80 km/h za 3 s při maximálním podélném zpomalení 10 m/s^2 . Oválná oblast vyznačuje průběh brzdění s účinkem ABS.



Graf 2: Brzdná zkouška – suchý beton



Graf 3: Brzdná zkouška – mokrý beton



Graf 4: Brzdná zkouška – hrubý asfalt

V grafech číslo 2, 3 a 4 je vidět porovnání brzdných zkoušek jednotlivých vozidel rozdělených podle typu povrchu. V důsledku užití systému ABS u všech vozidel jsou naměřené hodnoty z uživatelského hlediska porovnatelné. Doba brzdění dosahuje v průměru 3,25 s.

Vyhodnocení

Průměrné maximální zpomalení vozidel v závislosti na adhezních podmínkách je shrnuto v tabulce č. 4:

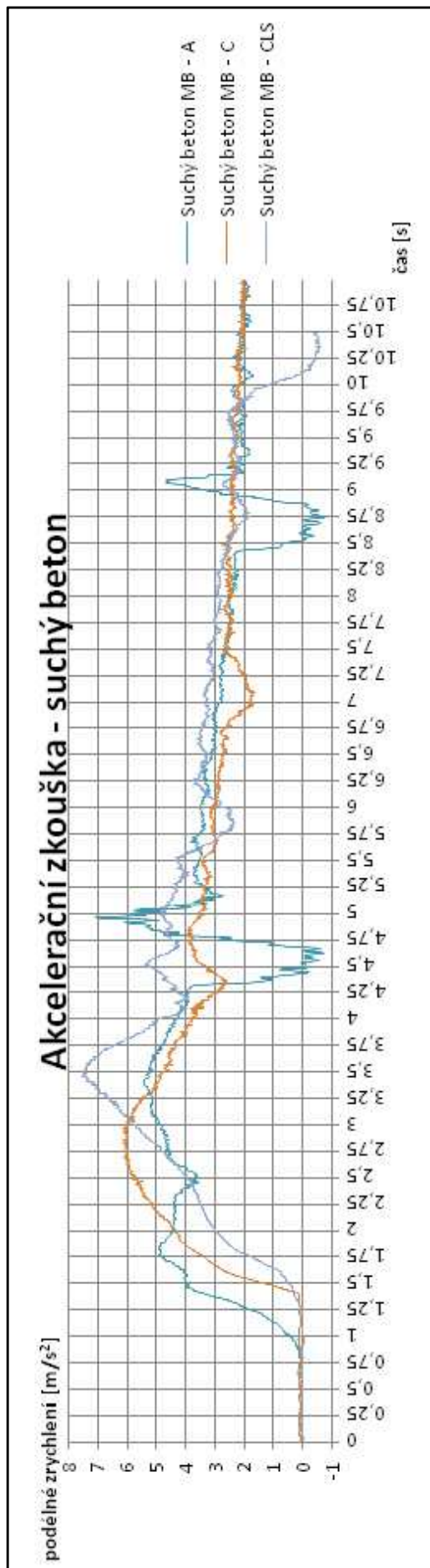
Tabulka 4: Maximální podélné zpomalení

	Brzdná zkouška		
	suchý beton	mokrá beton	hrubý asfalt
Mercedes třídy A - přední pohon	10,73	10,57	12,17
Mercedes třídy C - zadní pohon	9,87	9,90	10,00
Mercedes třídy CLS - pohon 4x4	11,12	10,92	12,17

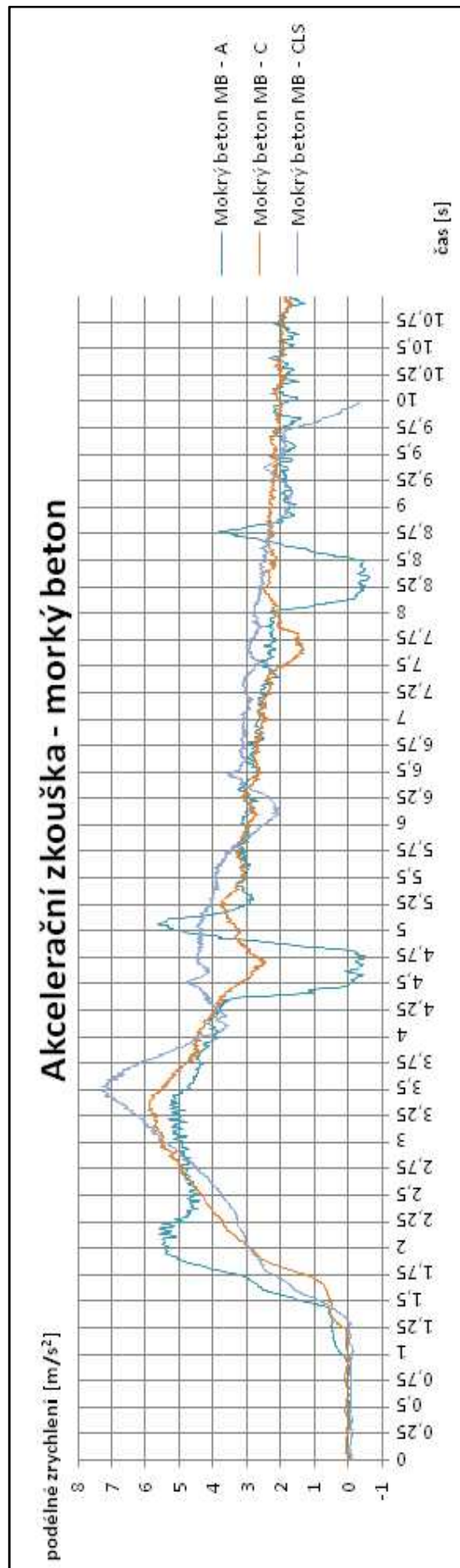
S přihlédnutím k hmotnosti vozidel dosahuje nejlepších brzdných vlastností vozidlo s pohonem 4x4 na všech površích. Ovšem vozidla s pohonem 4x4 i s předním pohonem mají největší rozdíl mezi brzděním na mokré a suchém povrchu. U vozidla se zadním pohonem jsou tyto rozdíly minimální.

7.2 AKCELERAČNÍ ZKOUŠKY

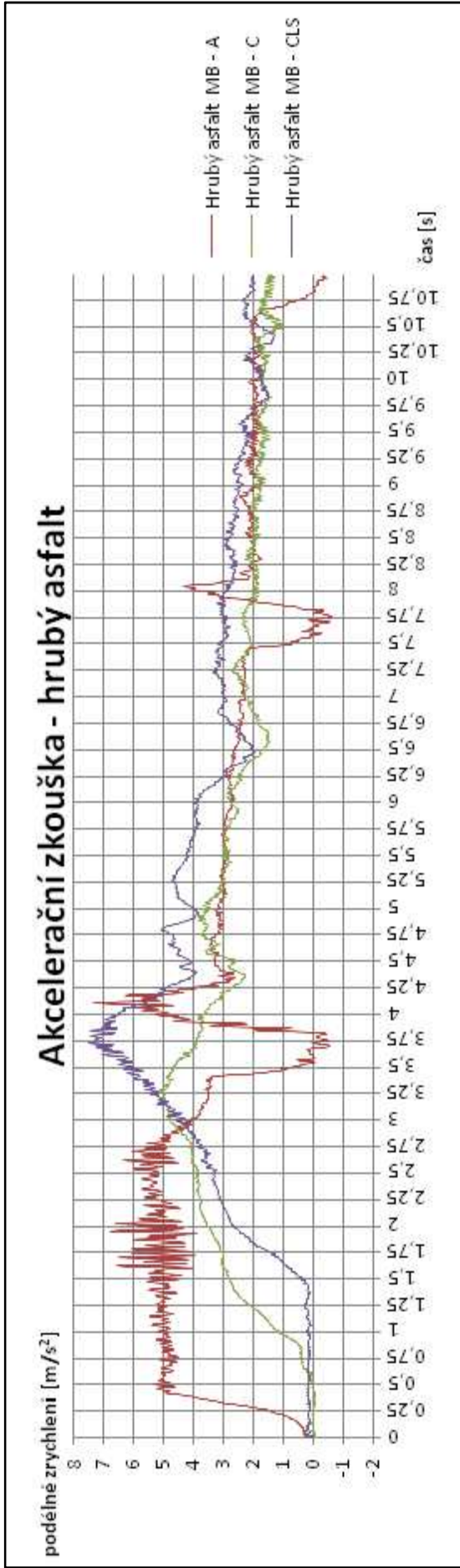
Akcelerační zkoušky byly prováděny do zrychlení 0 – 100 km/h. Výsledkem akcelerační zkoušky je maximální dosažitelné zrychlení vozidla a doba, za jakou dosáhne určené rychlosti.



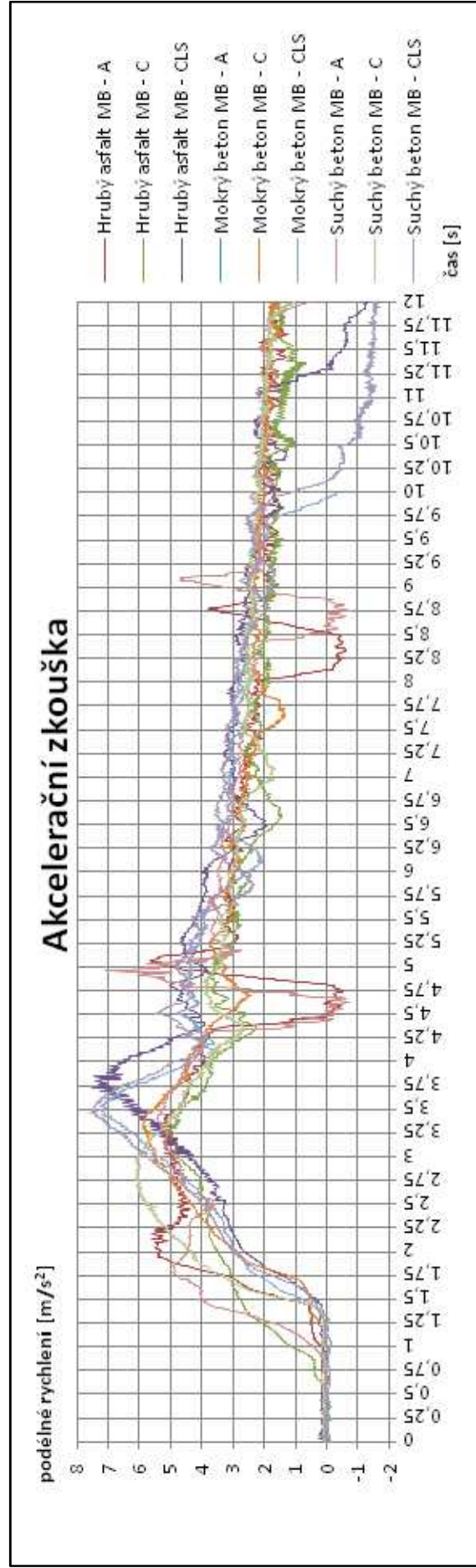
Graf 5: Akcelerační zkouška – suchý beton



Graf 6: Akcelerační zkouška – mokrý beton



Graf 7: Akcelerační zkouška – hrubý asfalt



Graf 8: Akcelerační zkouška – všechny povrchy

Na předchozích grafech lze pozorovat výsledky měření akcelerační zkoušky v závislosti na druhu pohonu a adhezních podmínkách. Nejvyššího zrychlení dosahuje vozidlo třídy CLS, tedy pohon 4x4. V grafu vozidla třídy C na hrubém asfaltu můžeme pozorovat velice nízké zrychlení dosahujícího maximální hodnoty $4,78 \text{ m/s}^2$. Takto nízké hodnoty je dosaženo vlivem nižšího výkonu. Na následujícím grafu je možné akcelerační zkoušku porovnat pro jednotlivá vozidla na různém povrchu.

Graf č.8 zobrazuje hodnoty maximálního zrychlení všech vozidel na všech površích.

Vyhodnocení

Hodnoty maximálního zrychlení vozidel jsou shrnuty v následující tabulce:

Tabulka 5: Průměrné hodnoty maximálního podélného zrychlení

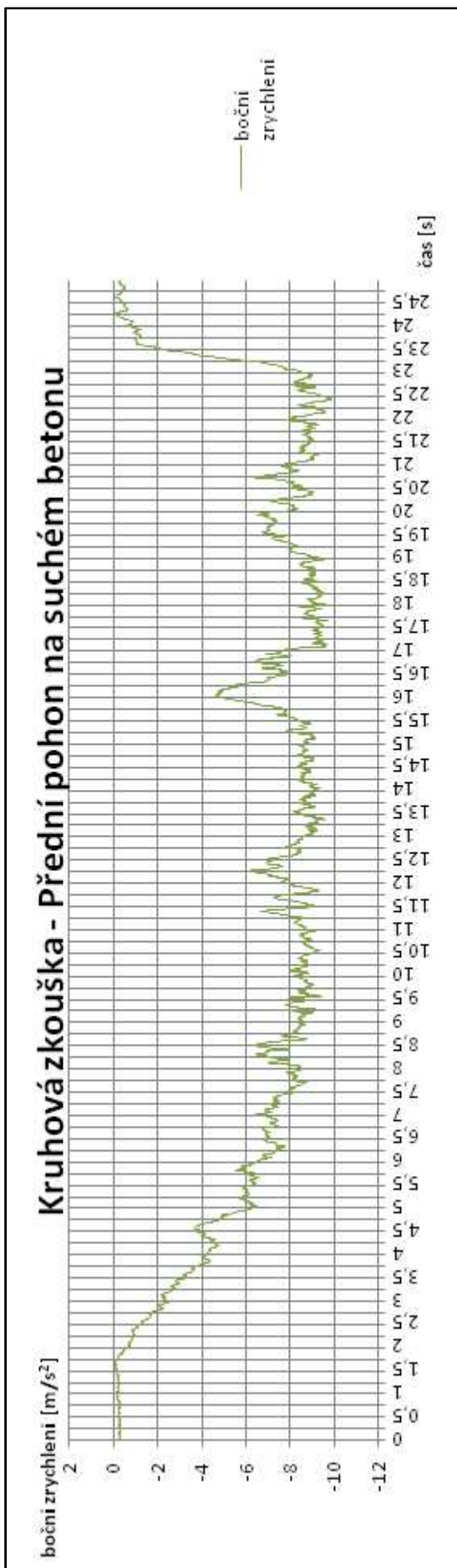
	Akcelerační zkouška		
	suchý beton	mokrá beton	hrubý asfalt
Mercedes třídy A - přední pohon	6,63	6,39	7,20
Mercedes třídy C - zadní pohon	6,11	5,85	5,05
Mercedes třídy CLS - pohon 4x4	7,53	7,25	7,25

Na hrubém asfaltu jsou akcelerační schopnosti vozidla s pohonem 4x4 a předním pohonem srovnatelné. U pohonu 4x4 můžeme u akcelerace zanedbat i vliv adhezních podmínek, stejně tak u vozidla se zadním pohonem, které ovšem dosáhlo nejnižších hodnot. U vozidla s předním pohonem vzniká rozdíl ve zrychlení na mokřém betonu a suchém asfaltu ve výši 1 m/s^2 .

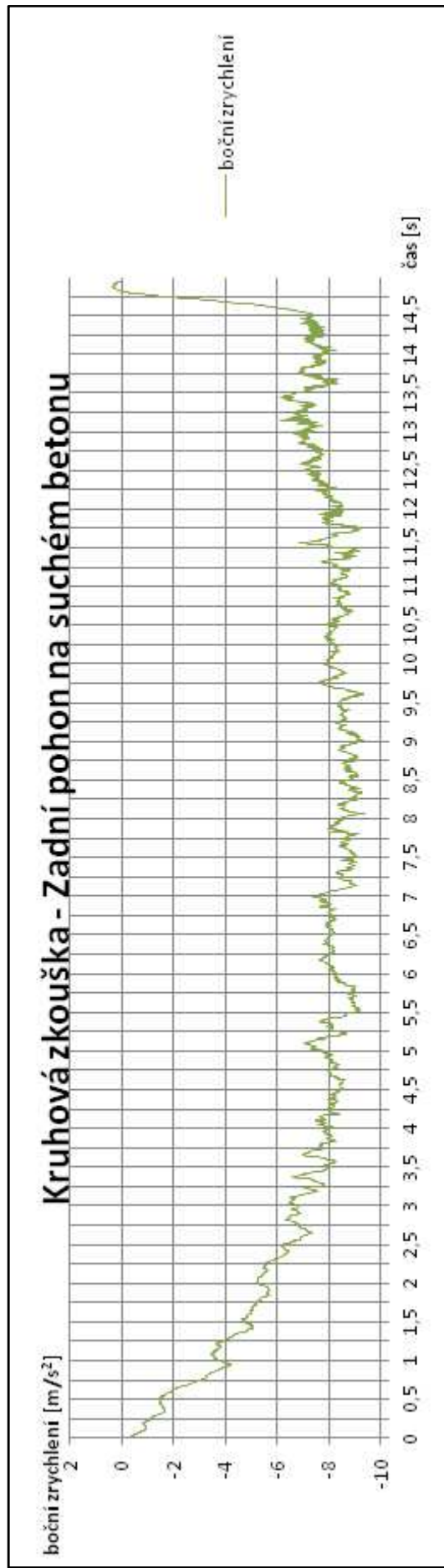
7.3 USTÁLENÉ ZATÁČENÍ

Na plochách byla pomocí plastových kuželů vyznačena kruhová dráha se středním poloměrem 13 m, mezní rychlosti pro jednotlivé povrchy byly vypočteny v hodnotách:

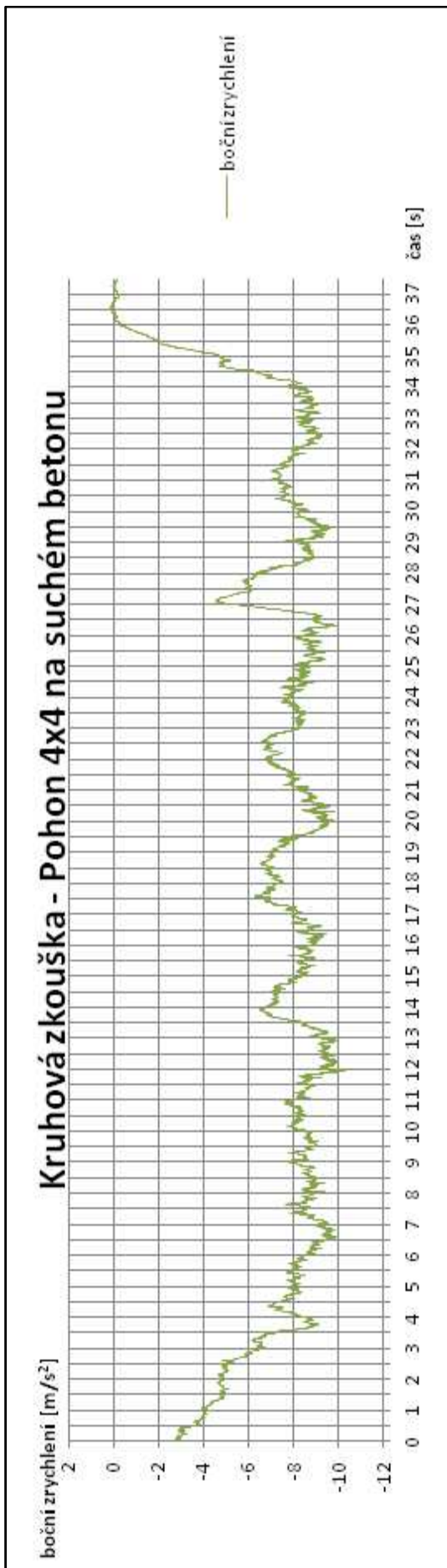
$$v_{\text{mez-sucho}} = 37 \text{ km/h}, v_{\text{mez-mokro}} = 33 \text{ km/h} \text{ a } v_{\text{mez-asfalt}} = 34 \text{ km/h}.$$



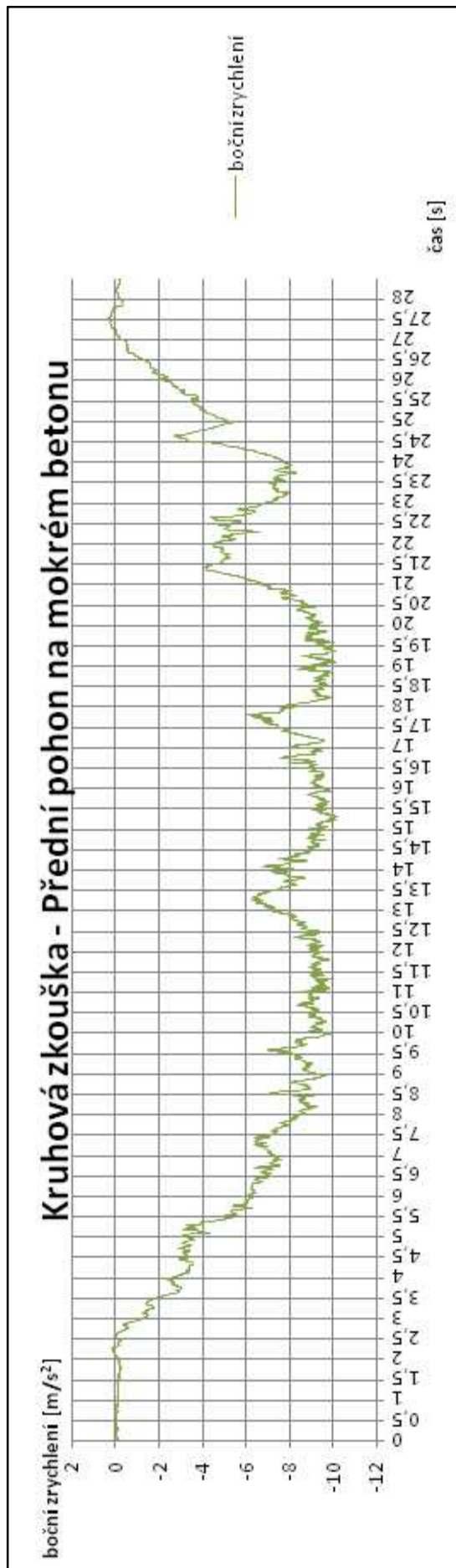
Graf 9: Kruhová zkouška – Přední pohon na suchém betonu



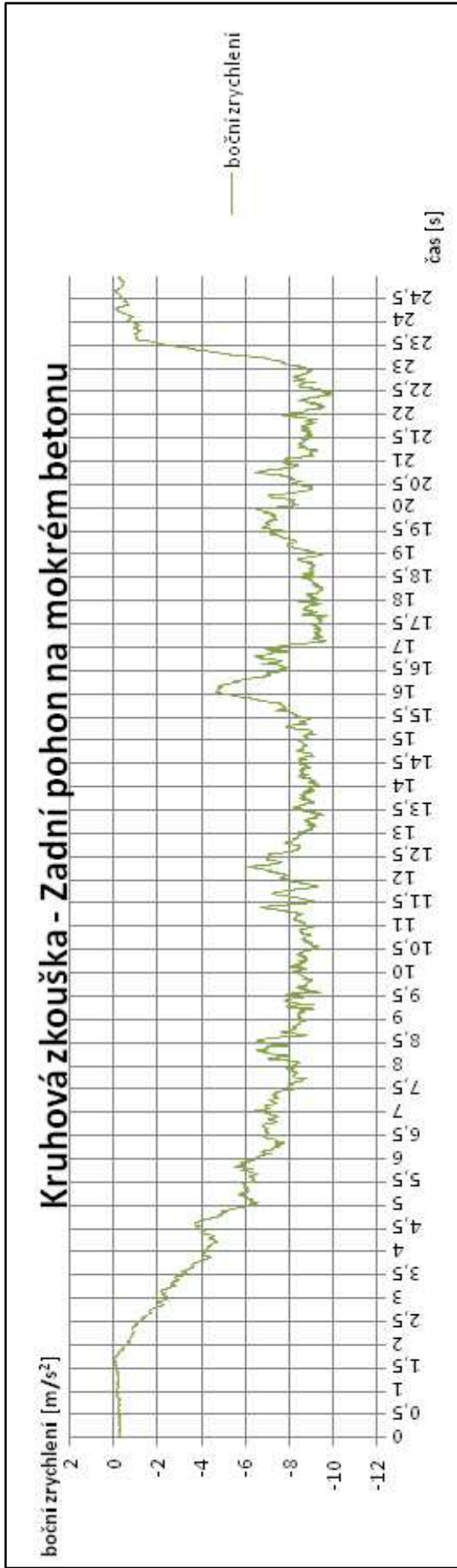
Graf 10: Kruhová zkouška – Zadní pohon na suchém betonu



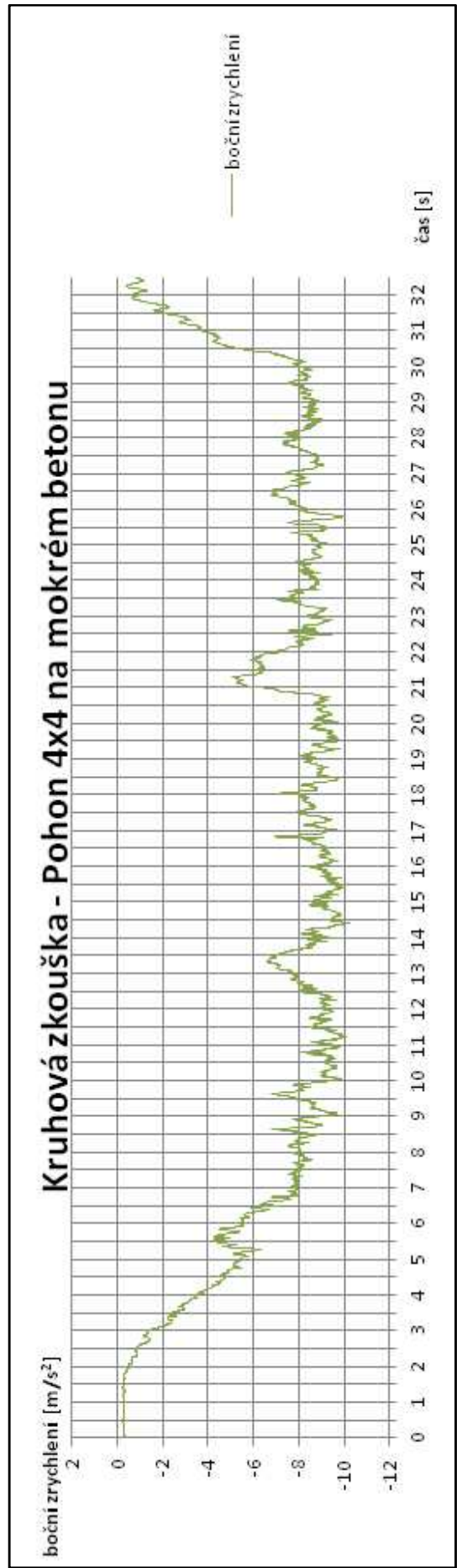
Graf 11: Kruhová zkouška – Pohon 4x4 na suchém betonu



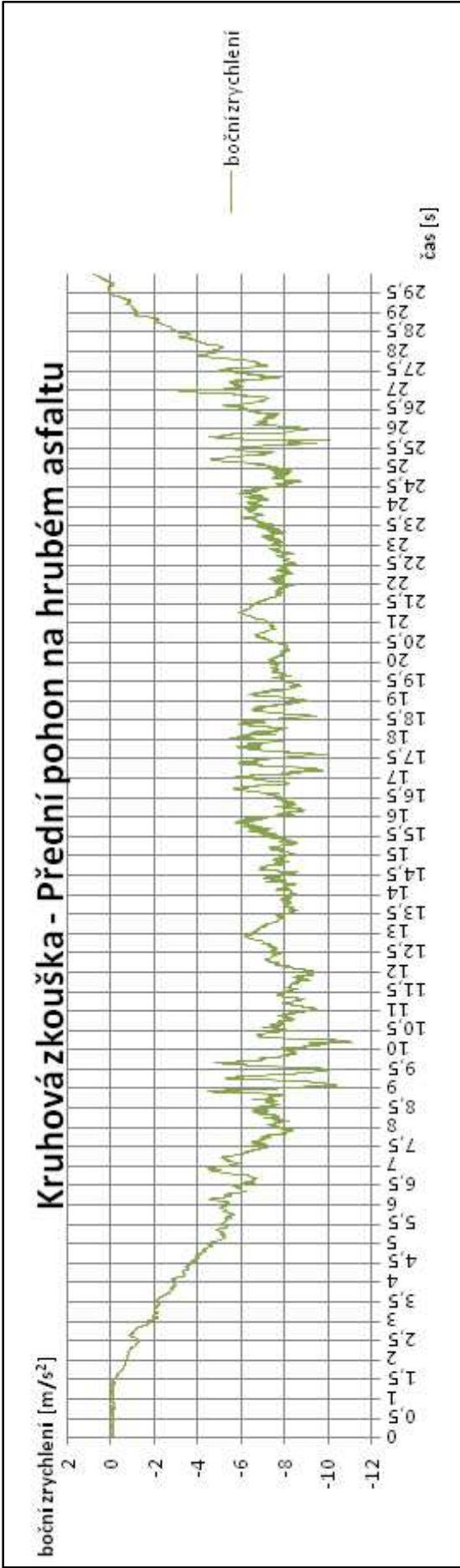
Graf 12: Kruhová zkouška – Přední pohon na mokrém betonu



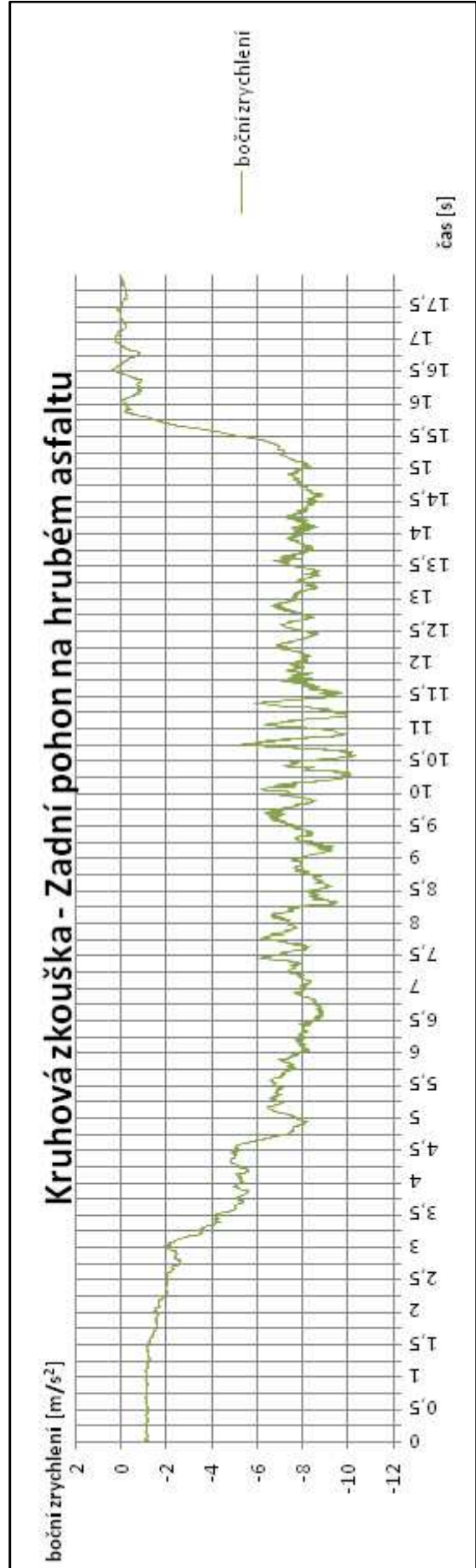
Graf 13: Kruhová zkouška – Zadní pohon na mokrém betonu



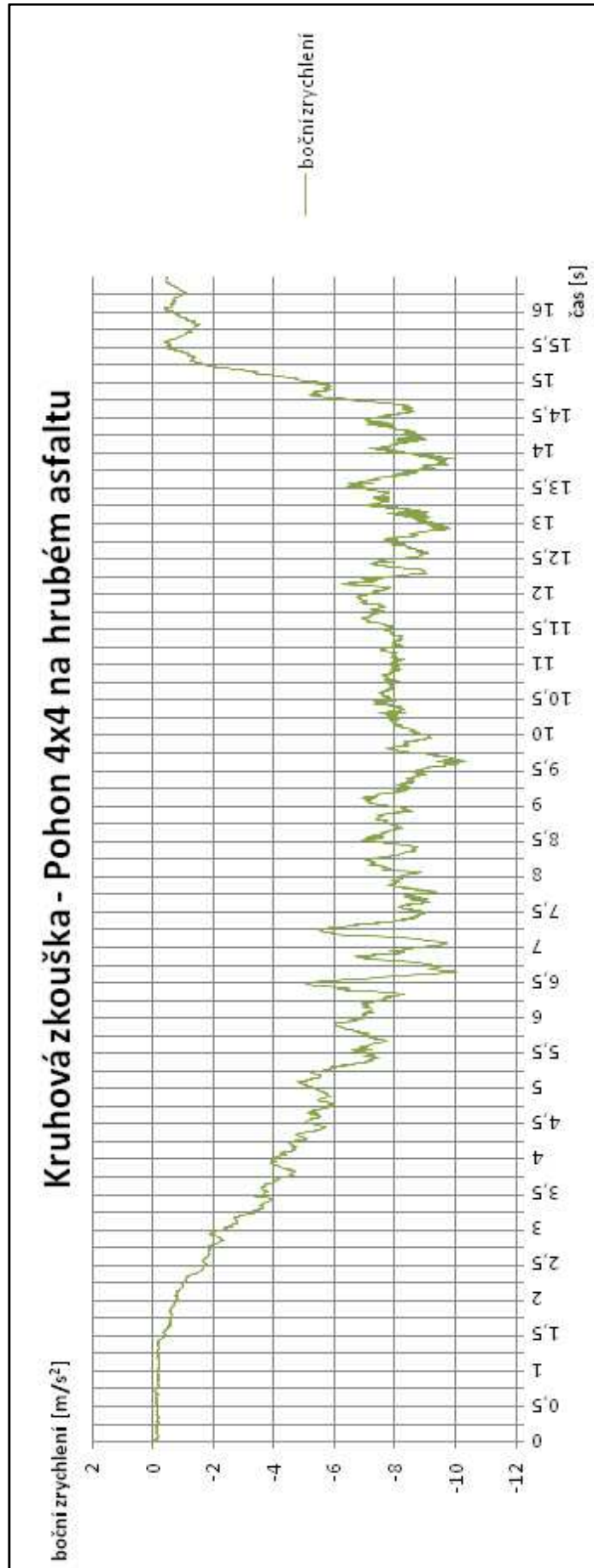
Graf 14: Kruhová zkouška – Pohon 4x4 na mokrém betonu



Graf 15: Kruhová zkouška – Přední pohon na hrubém asfaltu



Graf 16: Kruhová zkouška – Zadní pohon na hrubém asfaltu



Graf 17: Kruhová zkouška – Pohon 4x4 na hrubém asfaltu

Vyhodnocení

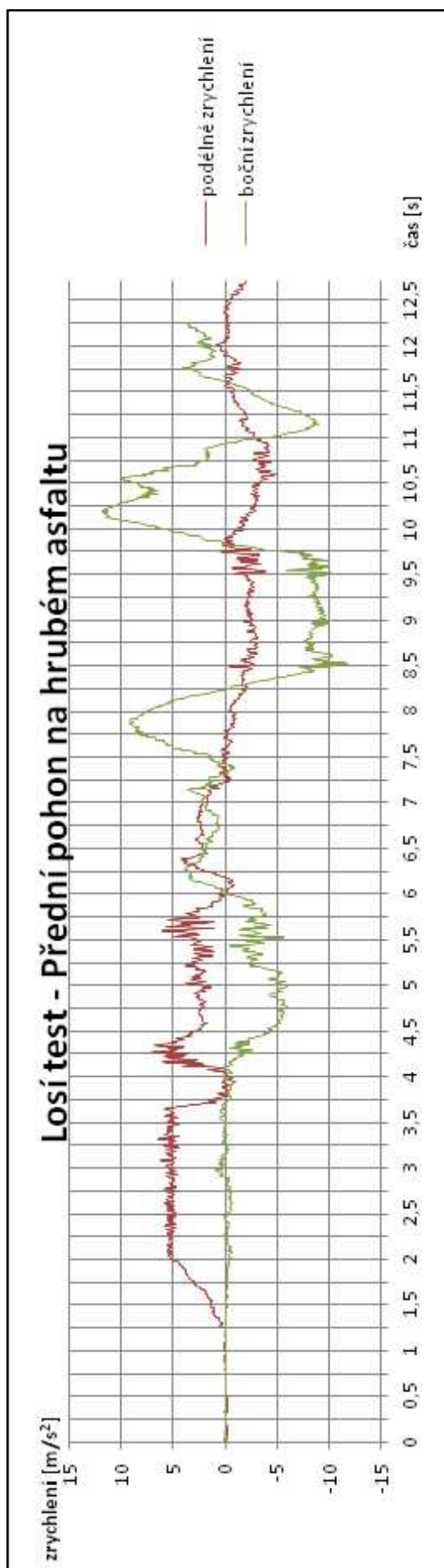
Tabulka 6: Maximální boční zrychlení při kruhové zkoušce

	Kruhová zkouška		
	suchý beton	mokrý beton	hrubý asfalt
Mercedes třídy A - přední pohon	-10,05	-10,38	-10,99
Mercedes třídy C - zadní pohon	-9,59	-9,76	-10,90
Mercedes třídy CLS - pohon 4x4	-10,32	-10,31	-11,05

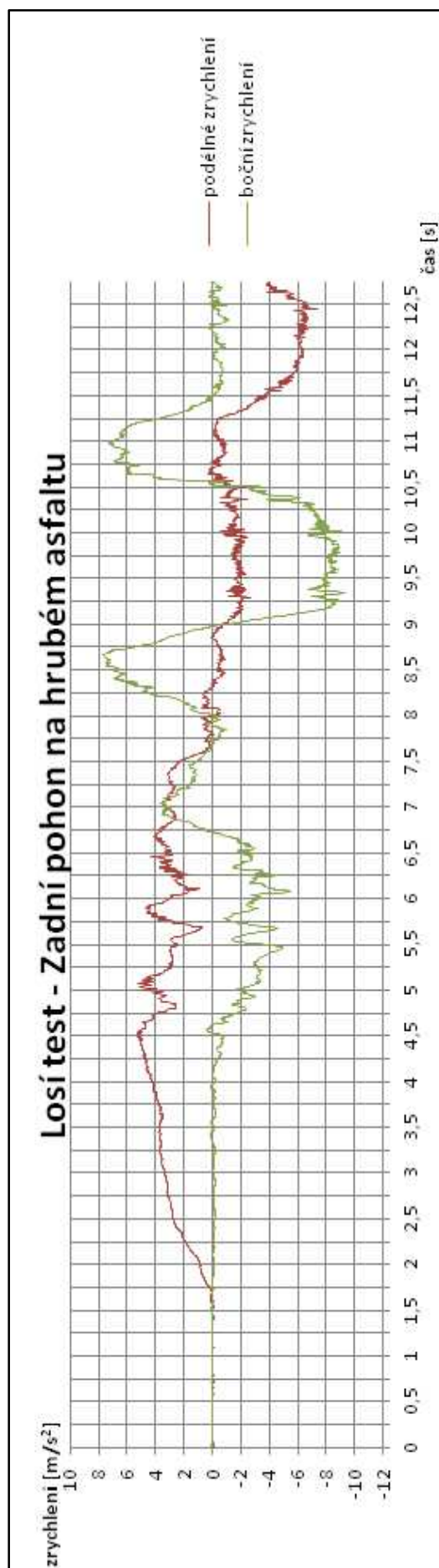
Při provádění kruhové zkoušky jízdní dynamiky vozidla je rozhodující mezní rychlost mezi jízdou bez smyku a ve smyku. Na všech površích projel kruhovou dráhu v nejvyšší rychlosti bez smyku automobil s pohonem 4x4, a to i přes svoji velkou hmotnost. Z pohledu řidiče byl na suchém asfaltu nejjistější automobil se zadním pohonem.

7.4 LOSÍ TEST

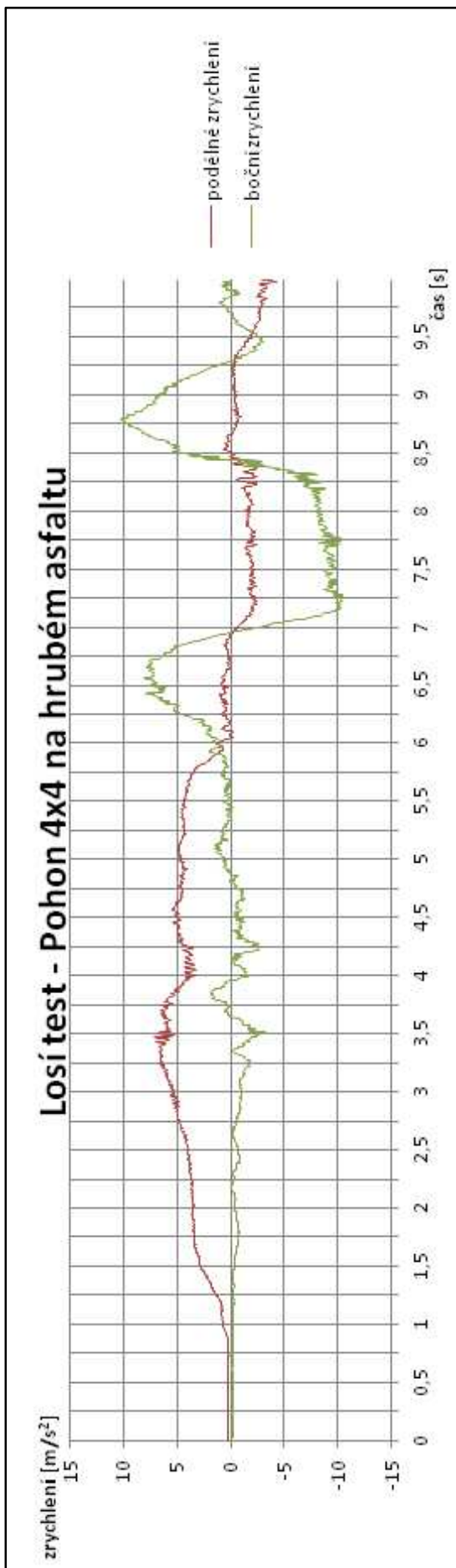
Takzvaný losí test, který má simulovat vyhýbací manévr, byl prováděn na vyznačené dráze dle Sdružení německého automobilového průmyslu. Celková délka dráhy byla 61 m.



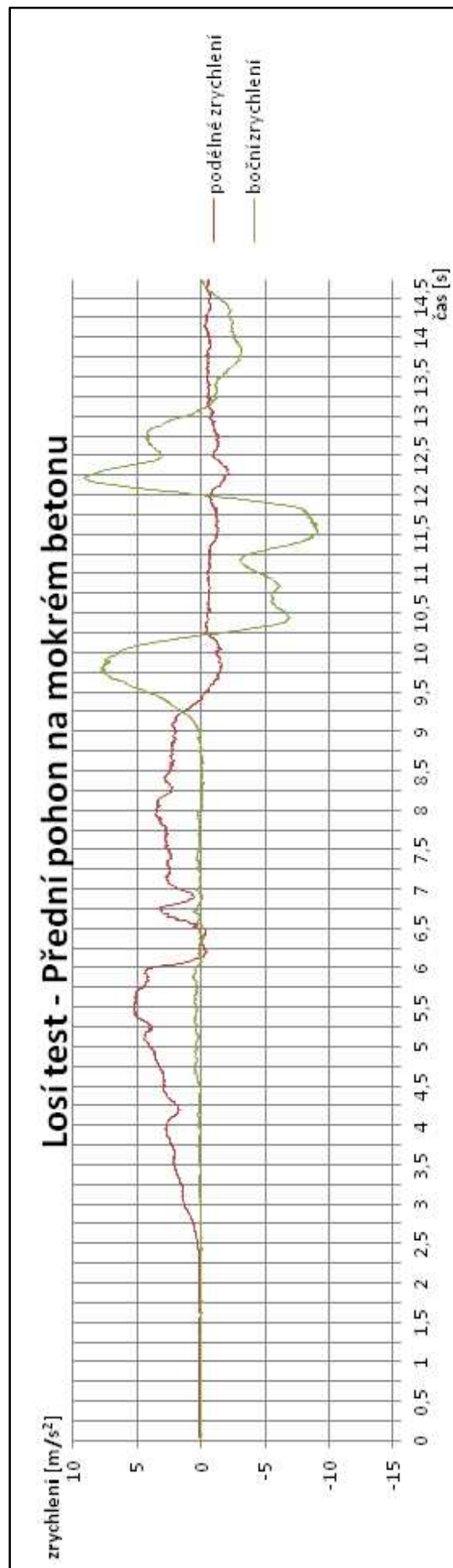
Graf 18: Losí test – Přední pohon na hrubém asfaltu



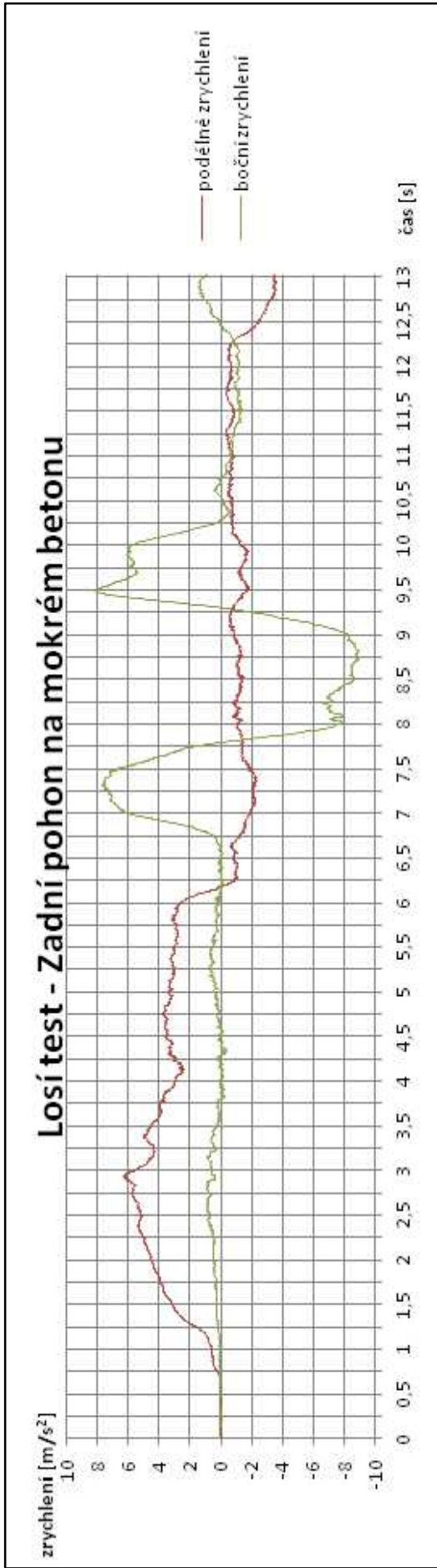
Graf 19: Losí test – Zadní pohon na hrubém asfaltu



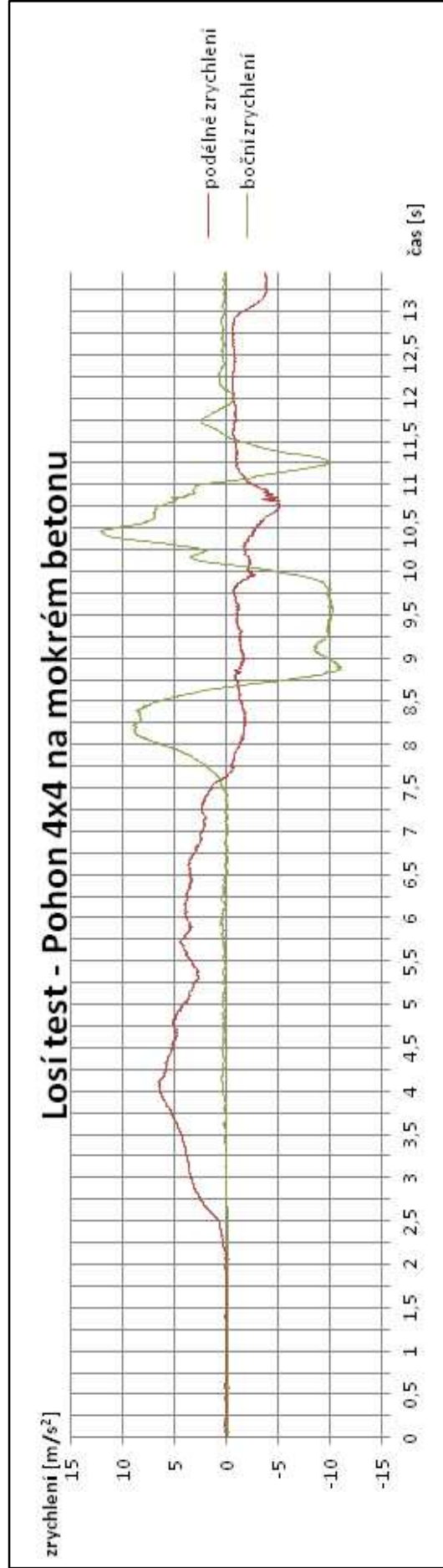
Graf 20: Losí test – Pohon 4x4 na hrubém asfaltu



Graf 21: Losí test – Přední pohon na mokrém betonu

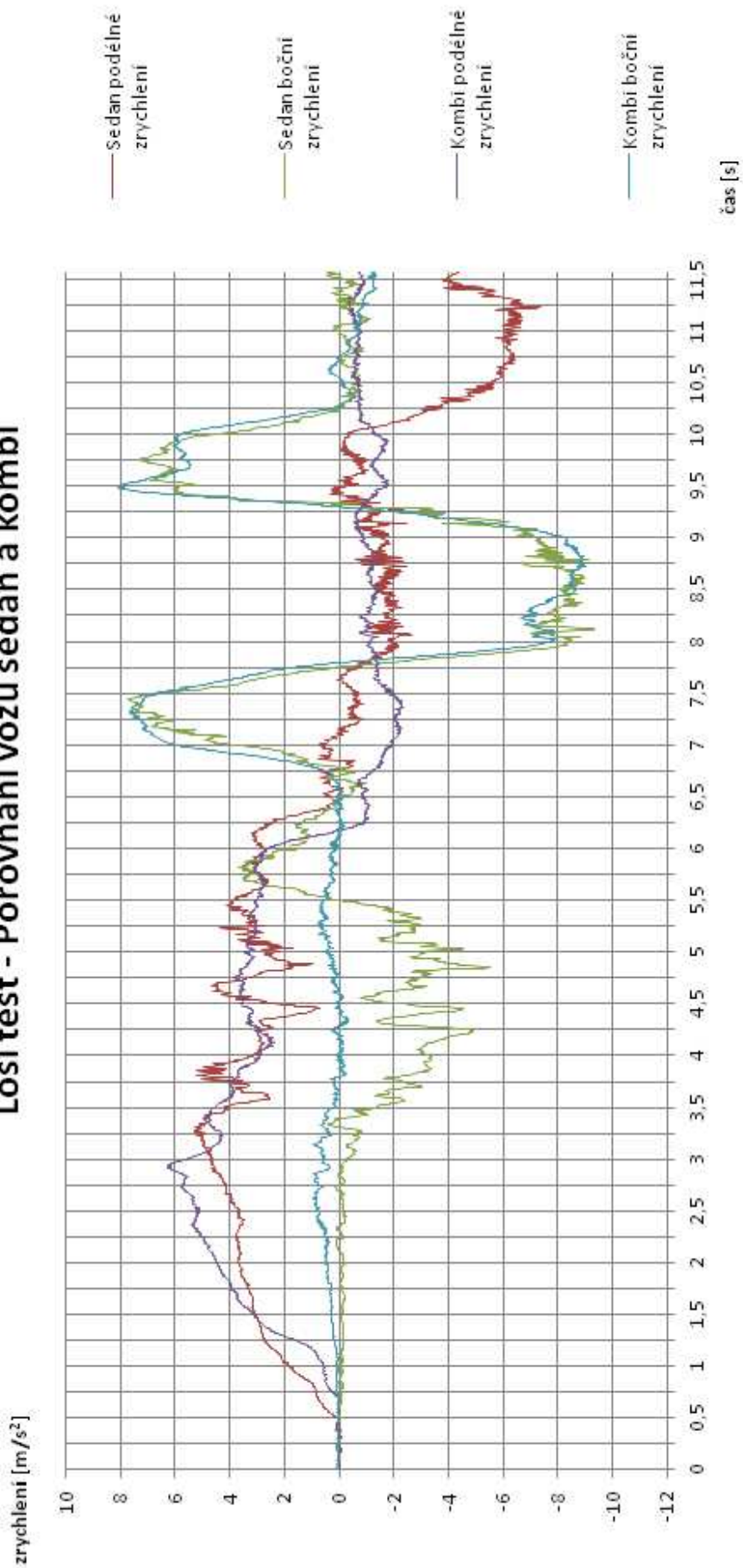


Graf 22: Losí test – Zadní pohon na mokrém betonu



Graf 23: Losí test – Pohon 4x4 na mokrém betonu

Losí test - Porovnání vozů sedan a kombi



Graf 24: Losí test – porovnání vozů sedan a kombi

Vyhodnocení

Tabulka 7: Naměřené hodnoty z losího testu

		Losí test	
		mokrý beton	hrubý asfalt
Mercedes třídy A - přední pohon	podélné zrychlení min	-3,83	-5,49
	podélné zrychlení max	4,82	5,51
	boční zrychlení min	-10,28	-9,98
	boční zrychlení max	10,14	10,32
Mercedes třídy C - zadní pohon	podélné zrychlení min	-5,40	-6,09
	podélné zrychlení max	5,40	4,89
	boční zrychlení min	-8,70	-9,17
	boční zrychlení max	7,95	8,12
Mercedes třídy CLS - pohon 4x4	podélné zrychlení min	-4,80	-5,40
	podélné zrychlení max	6,14	7,00
	boční zrychlení min	-9,02	-11,05
	boční zrychlení max	7,83	8,97

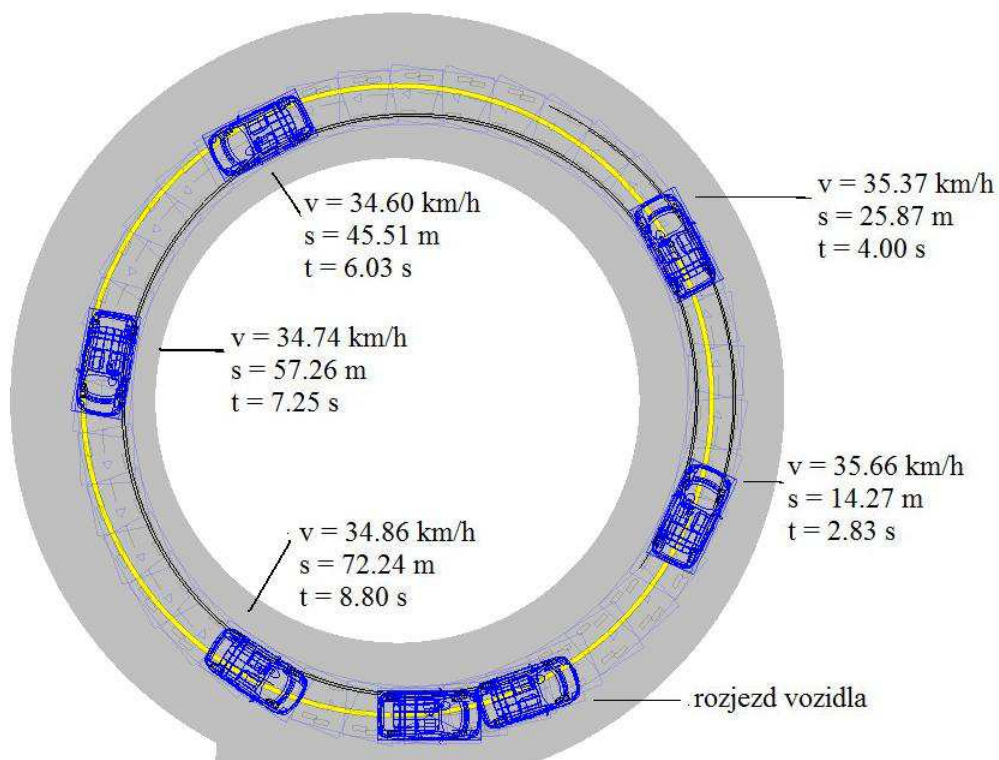
V předchozí tabulce jsou zachycena data z experimentálního měření jízdní zkoušky losí test. U této jízdní zkoušky je rozhodujícím faktorem rychlost, jakou dokáže automobil projet vyznačenou dráhu bez vybočení. Vozidlo s předním pohonem projelo tuto dráhu bez chyb v rychlosti 65 km/h. Vozidla se zadním pohonem a s pohonem 4x4 pak rychlostí přesahující 70 km/h.

8 SIMULACE JÍZDNÍCH ZKOUŠEK V PROGRAMU VIRTUAL CRASH

Provedené jízdní zkoušky byly nasimulovány v programu Virtual Crash za podmínek odpovídajících reálným měřením z letiště Tuřany a Masarykova okruhu. Technická data vozidel podle tabulky č. 2, adhezní podmínky zvoleny podle tabulky č. 3, zkušební dráhy podle metodiky měření. Je uvažován maximální úhel směrové úchylny 5°, maximální úhel řízení 30° a maximální rychlost zatáčení 60°/s.

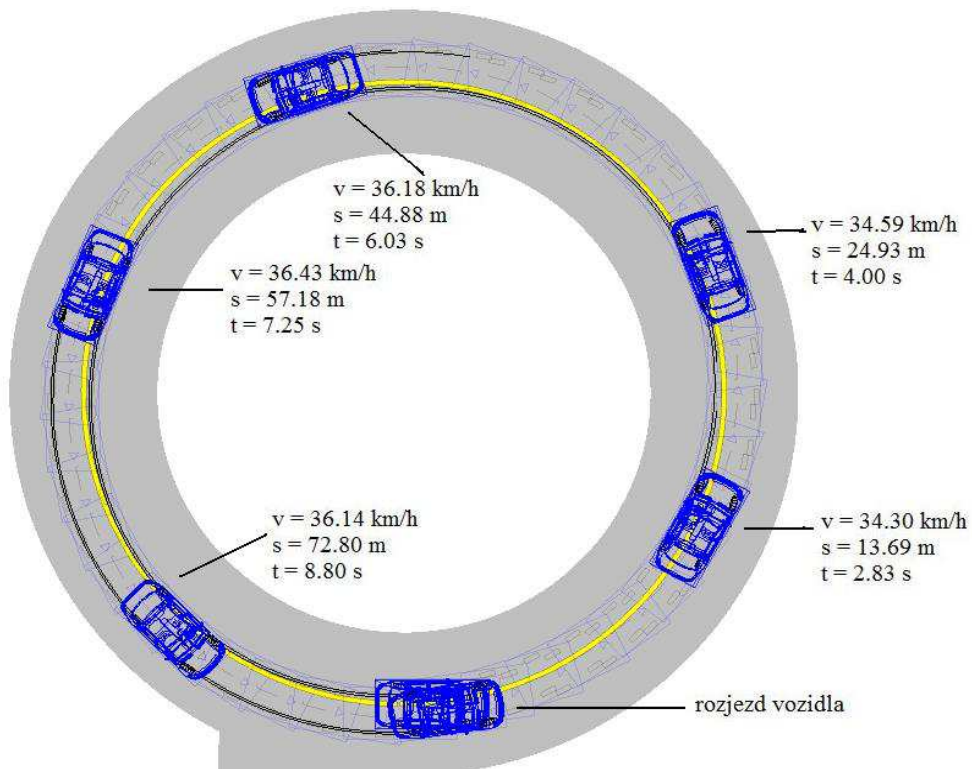
Simulace kruhové zkoušky na suchém betonu

Přední pohon – maximální rychlost dle provedených zkoušek 36 km/h.



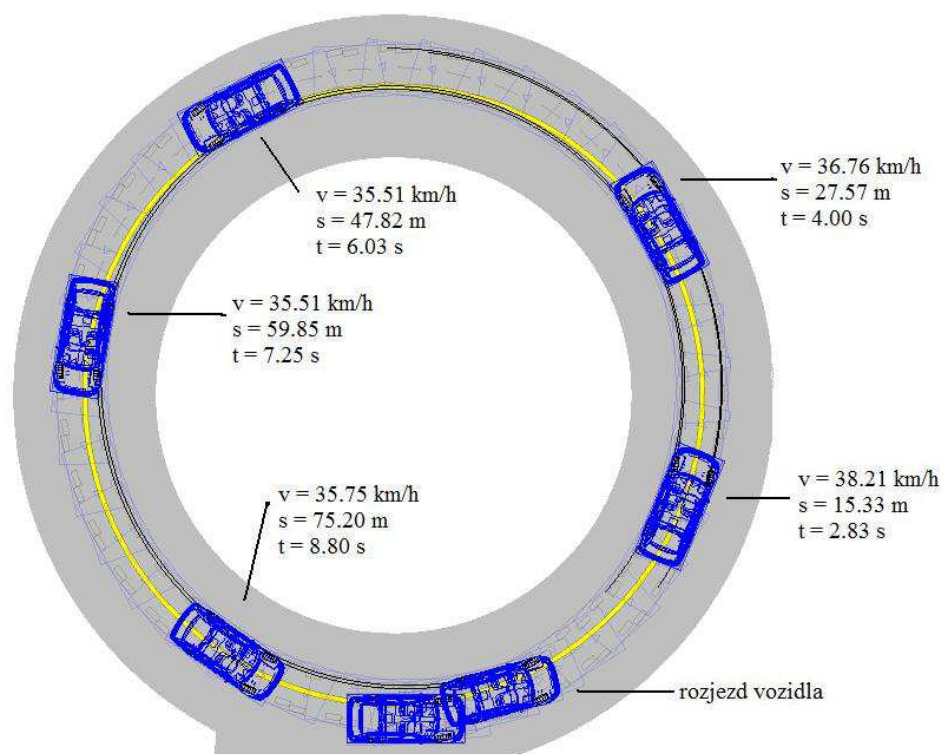
Obrázek 41: Simulace kruhové zkoušky - přední pohon na suchém betonu

Zadní pohon – maximální rychlost dle provedených zkoušek 37 km/h.



Obrázek 42: Simulace kruhové zkoušky - zadní pohon na suchém betonu

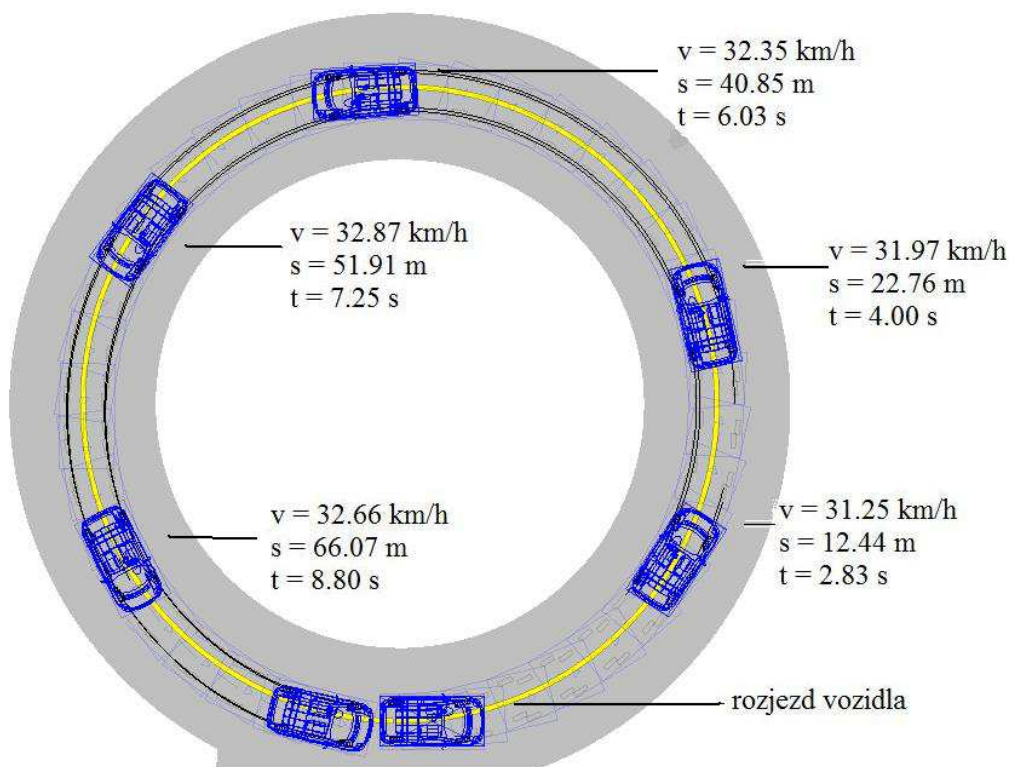
Pohon 4x4 – maximální rychlost 38 km/h.



Obrázek 43: Simulace kruhové zkoušky - pohon 4x4 na suchém betonu

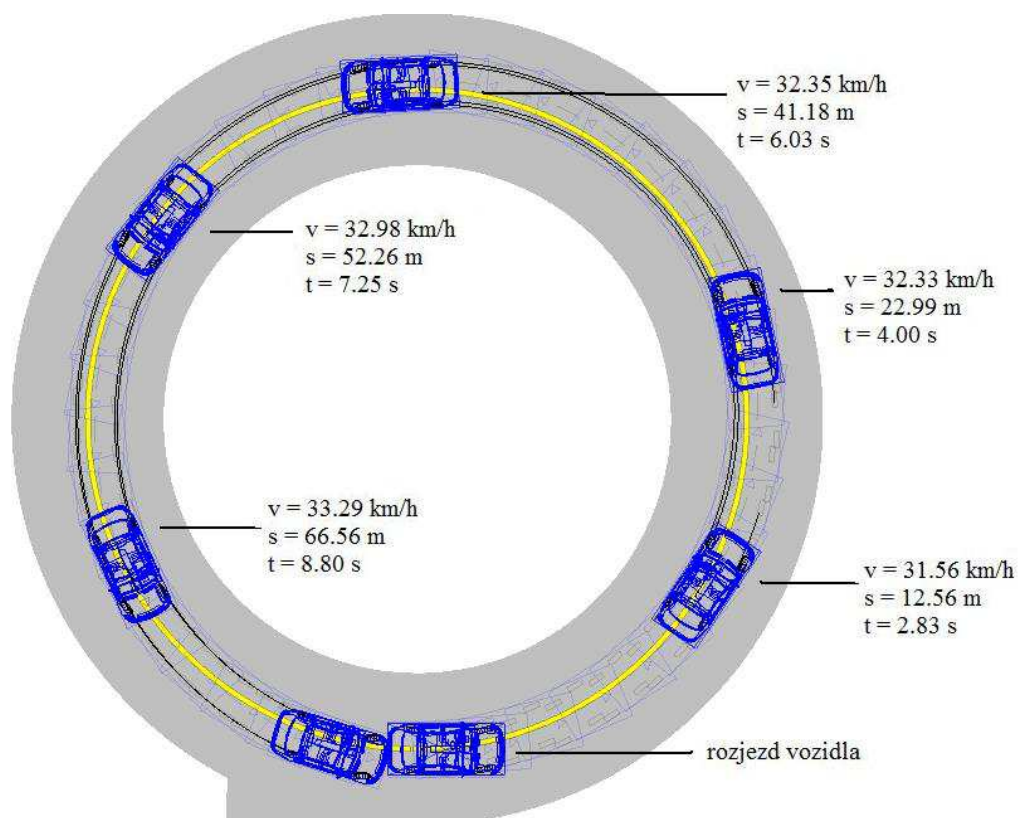
Simulace kruhové zkoušky na mokřém betonu

Přední pohon – maximální rychlost dle provedených zkoušek 33 km/h.



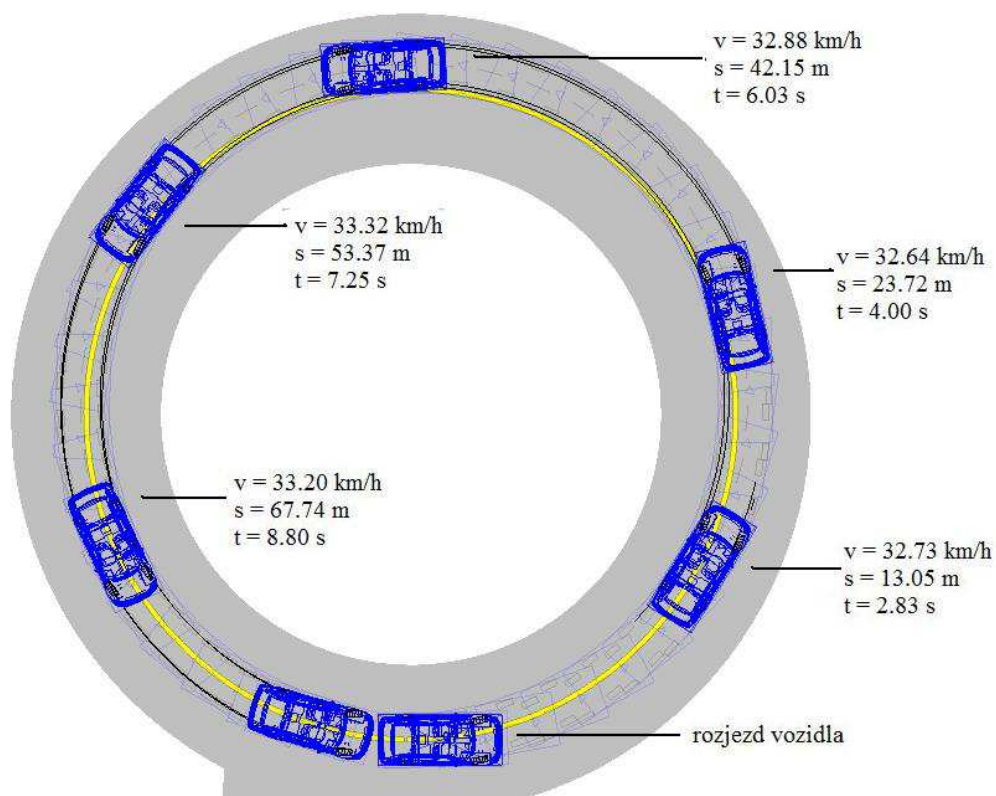
Obrázek 44: Simulace kruhové zkoušky - přední pohon na mokřém betonu

Zadní pohon – maximální rychlost dle provedených zkoušek 33 km/h



Obrázek 45: Simulace kruhové zkoušky - zadní pohon na mokřém betonu

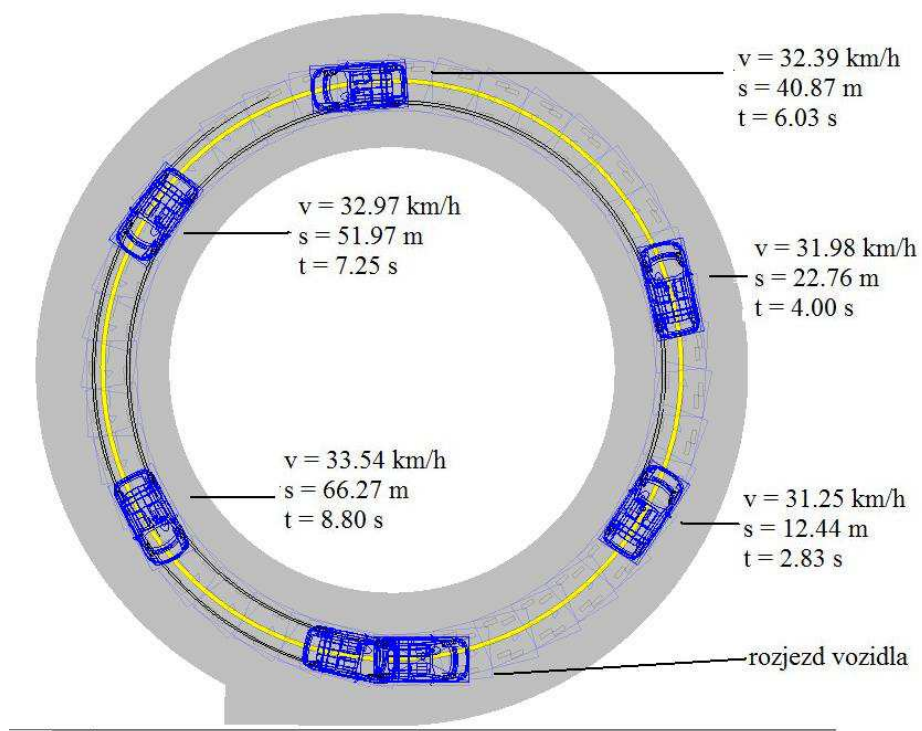
Pohon 4x4 – maximální rychlost dle provedených zkoušek 33 km/h



Obrázek 46: Simulace kruhové zkoušky - pohon 4x4 na mokřém betonu

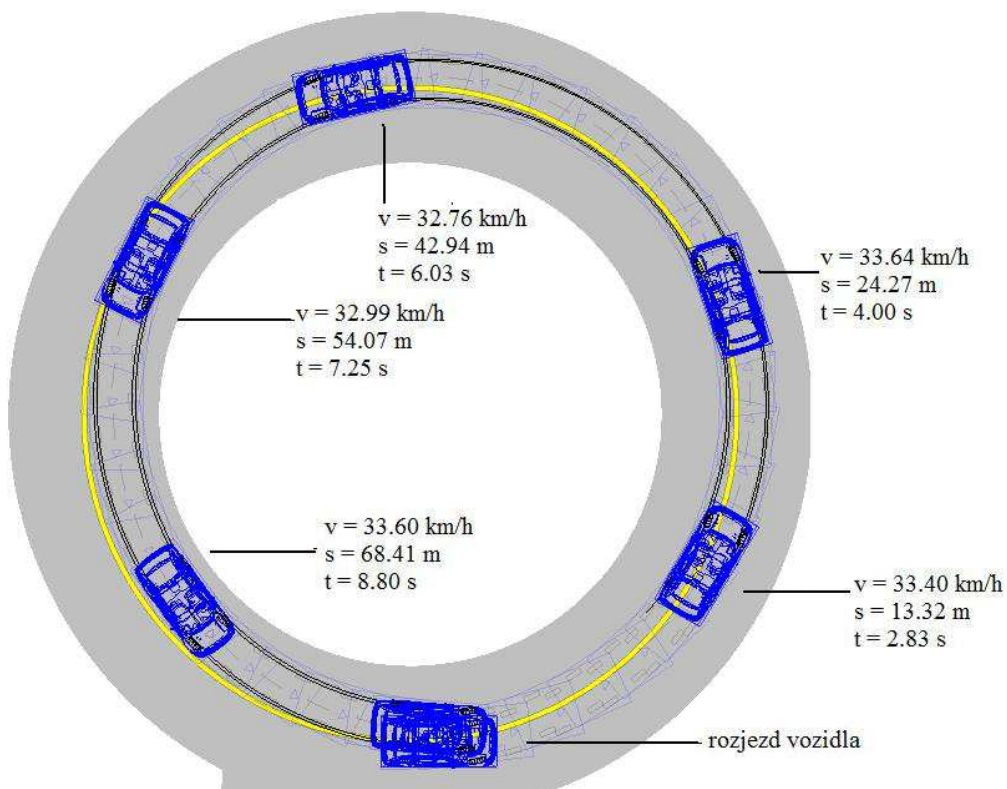
Simulace kruhové zkoušky na hrubém asfaltu

Přední pohon – maximální rychlost dle provedených zkoušek 34 km/h.



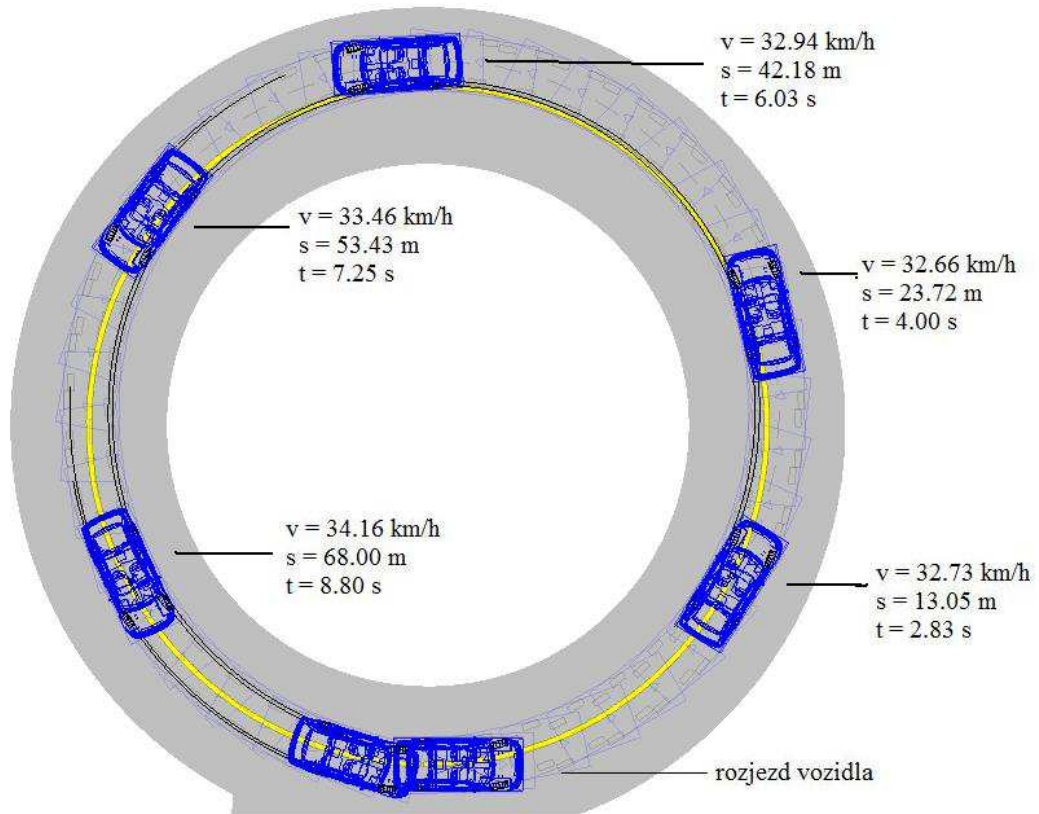
Obrázek 47: Simulace kruhové zkoušky - přední pohon na hrubém asfaltu

Zadní pohon – maximální rychlost dle provedených zkoušek 34 km/h.



Obrázek 48: Simulace kruhové zkoušky – zadní pohon na hrubém asfaltu

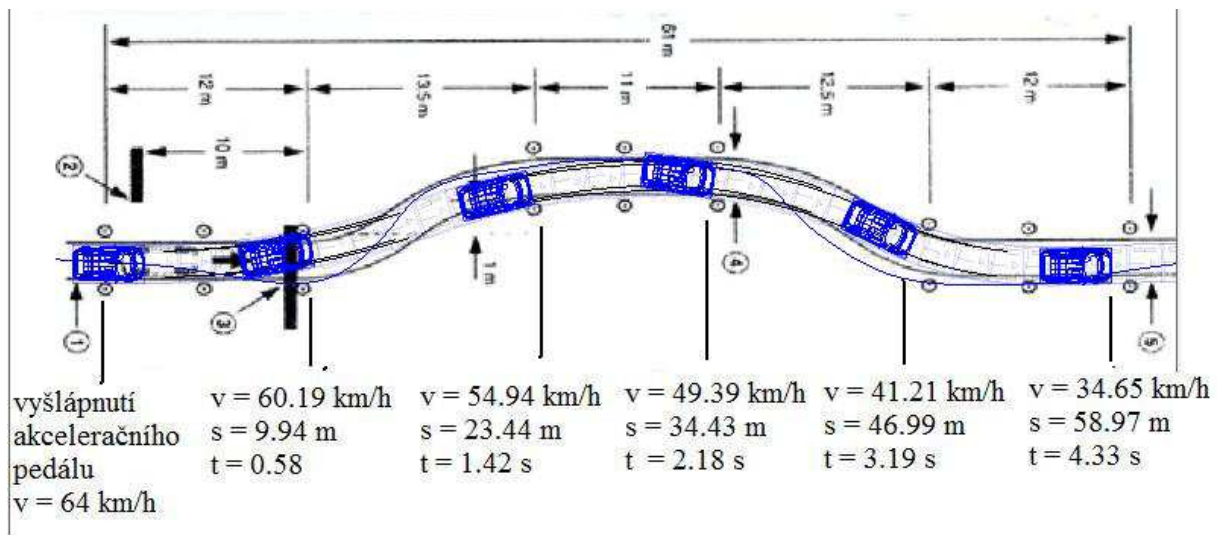
Pohon 4x4 – maximální rychlost dle provedených zkoušek 34 km/h



Obrázek 49: Simulace kruhové zkoušky - pohon 4x4 na hrubém asfaltu

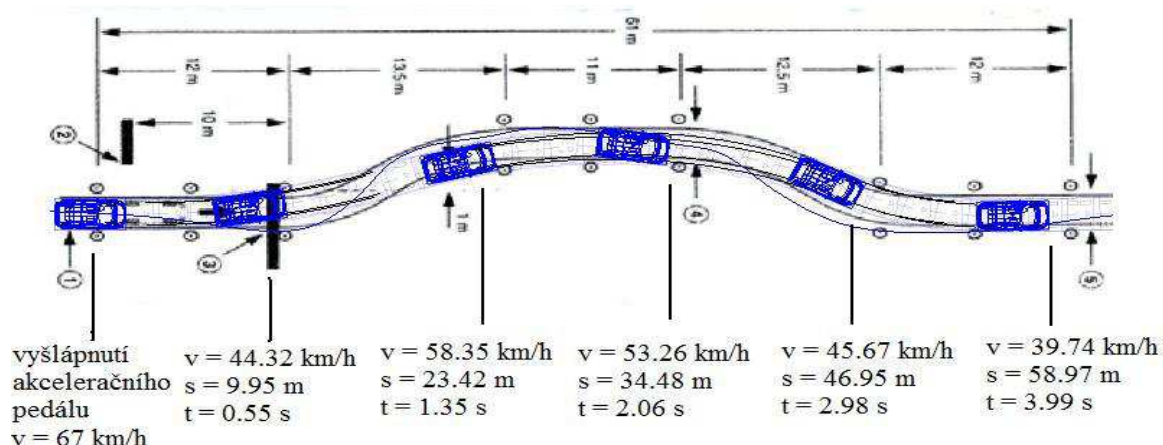
Simulace losího testu na mokřém betonu

Přední pohon – výchozí rychlost 64 km/h.



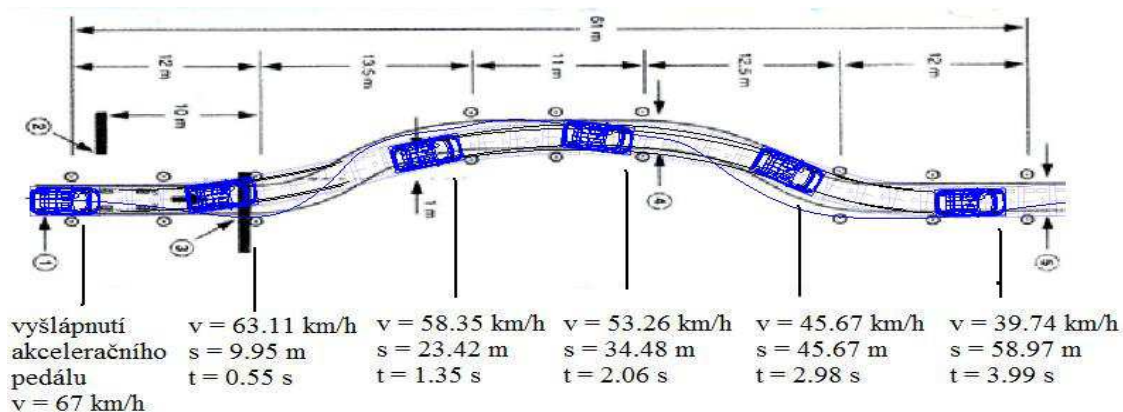
Obrázek 50: Simulace lího testu - přední pohon na mokřém betonu

Zadní pohon – výchozí rychlost 67 km/h.



Obrázek 51: Simulace losího testu - zadní pohon na mokrém betonu

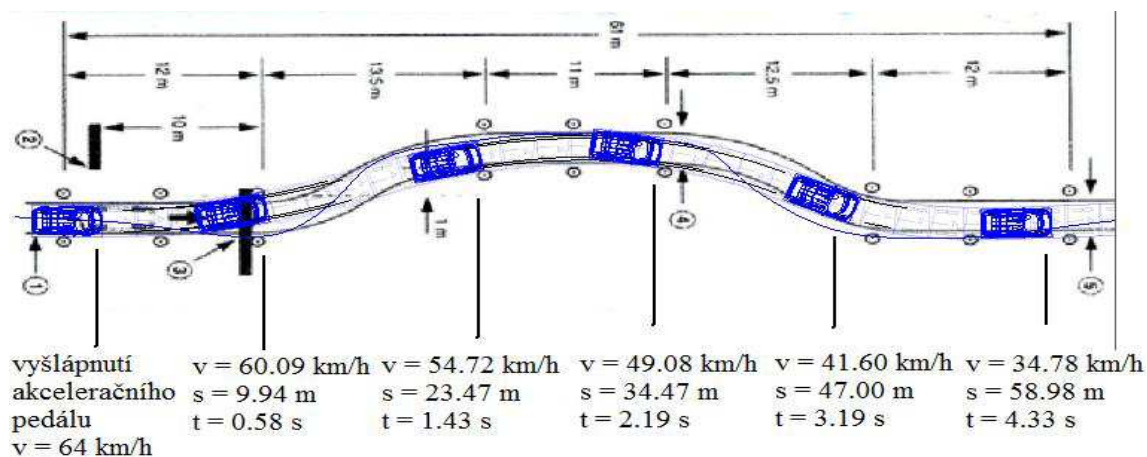
Pohon 4x4 – výchozí rychlost 67 km/h.



Obrázek 52: Simulace losího testu – pohon 4x4 na mokrém betonu

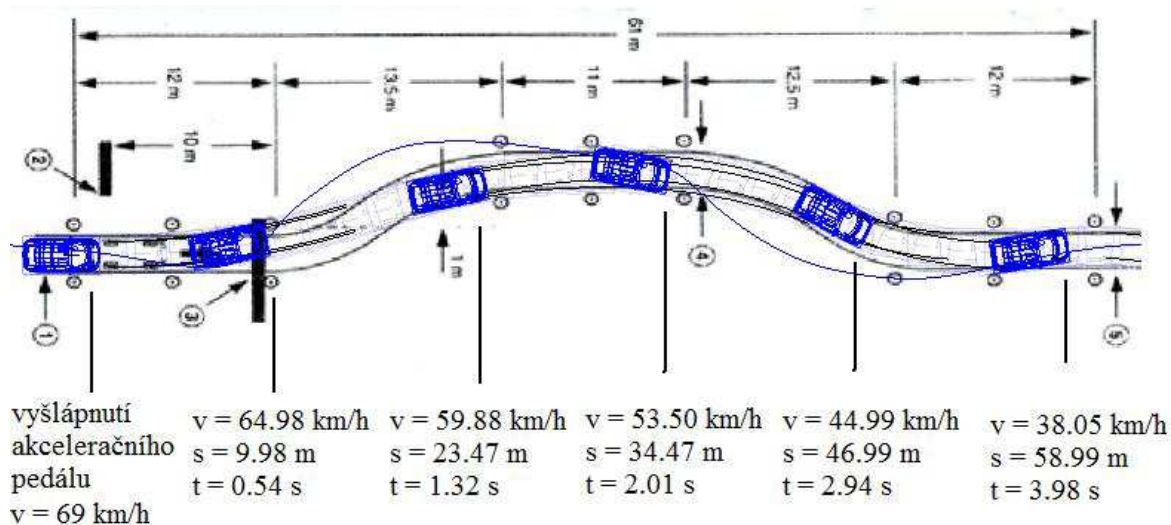
Simulace losího testu na hrubém asfaltu

Přední pohon – výchozí rychlost 64 km/h.



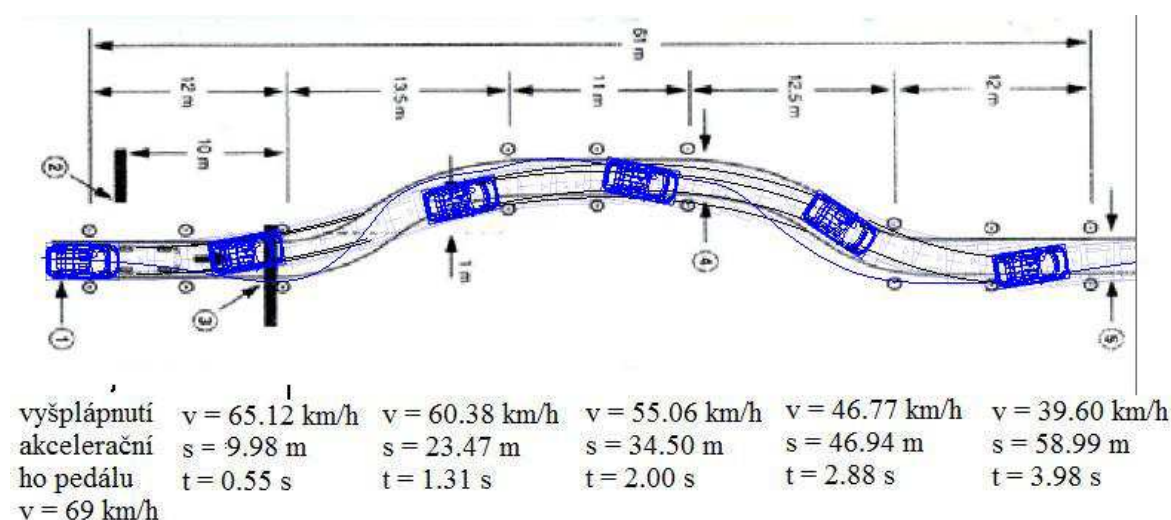
Obrázek 53: Simulace losího testu - přední pohon na hrubém asfaltu

Zadní pohon – výchozí rychlost 69 km/h.



Obrázek 54: Simulace losího testu - zadní pohon na hrubém asfaltu

Pohon 4x4 – výchozí rychlost 69 km/h.



Obrázek 55: Simulace losího testu – pohon 4x4 na hrubém asfaltu

Srovnání reálných testů a simulací

Jsou-li při provádění simulací zadány správné vstupní hodnoty v přiměřeném rozmezí, jsou simulace odpovídající reálným situacím. Provedení simulace je vhodné i při plánování jízdních zkoušek ve vyšších rychlostech, či za nebezpečných podmínek, protože výsledky simulace se blíží reálným výsledkům. Je tak možné předejít nehodě ještě předtím, než se automobil dostane do reálných podmínek. Dále z porovnání vyplývá, že simulace je vhodné využívat při rekonstrukci dopravních nehod, pokud jsou zadány správné vstupní hodnoty v přiměřeném rozmezí.

9 ZÁVĚR

Tato diplomová práce řeší často pokládanou otázku: „Která koncepce pohonu osobních automobilů je z pohledu jízdních vlastností nejvíce stabilní při běžném provozu?“ Pod pojmem „běžný provoz“ rozumíme, že je zohledněna i adheze, chování řidiče a další okolní vlivy při dynamické jízdě. Na úvod rozebírá práce možné koncepce vozidel včetně jejich výhod a nevýhod podle prof. Ing. Františka Vlka, DrSc. Navazující kapitoly objasňují okolnosti ovlivňující dynamiku vozidel, asistenční systémy, jež mají pomáhat řidiči pouze v kritických situacích, a možnosti zjišťování jízdních vlastností vozidel.

Pro možnost využití této práce při analýze silničních dopravních nehod byly zvoleny reálné testy a následně jejich modelování v simulačním programu Virtual Crash 2.2. V podkapitolách je rozebrána navrhovaná metodika provádění jízdních zkoušek, měřících přístrojů a dalšího vybavení.

Provedené experimentální jízdní zkoušky jsou analyzovány v sedmé kapitole této práce. V příloze č. 1 jsou uvedena data ze všech provedených měření, data zkoumaných automobilů a další podmínky měření.

Vyhodnocením naměřených dat bylo zjištěno zanedbatelné rozmezí hodnot mezi jednotlivými koncepcemi. Výsledky brzdné zkoušky ukazují, že druh koncepce nemá na délku brzdné dráhy ani čas nutný pro úplné zastavení vliv, jsou ovlivněny pouze hmotností vozidla, stavem brzdné soustavy a adhezními podmínkami. Akcelerace vozidla je opět ovlivněna hmotností automobilu, adhezními podmínkami a výkonem motoru. Protože nebylo možné provést jízdní zkoušky s vozidly o stejné hmotnosti a výkonu, není možné jednoznačně rozhodnout, zda má koncepce pohonu vozidla významný vliv na akceleraci.

Mezi zkoušky simulující reálné provozní podmínky patří ustálené zatáčení či losí test. Provedením těchto jízdních manévřů byl potvrzen předpoklad, že na suchém povrchu se budou vozidla chovat stabilněji než na mokřém povrchu. Z výsledků měření vyplývá o něco vyšší kvalita jízdních vlastností vozidla s pohonem 4x4 oproti ostatním dvěma koncepcím. Z pohledu spolujezdce bylo ustálené zatáčení nejpohodlnější ve vozidle se zadním pohonem na suchém povrchu, stejně tak ohodnoceno i řidičem vozidla. Naopak v losím testu vykazoval nejlepší vlastnosti a tedy i komfort při jízdě pro řidiče a spolujezdce pohon 4x4.

Porovnáním provedených reálných testů a jejich simulací nebyl zjištěn zásadní vliv koncepce automobilu na předehodový pohyb vozidla. Simulace odpovídají reálným testům za předpokladu, že jsou zadány správné vstupní hodnoty v přiměřeném rozmezí.

ZDROJE

- [1] VLK, F. *Koncepce motorových vozidel: koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. 367 s. ISBN 80-238-5276-0.
- [2] VLK, F. *Dynamika motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003. 432 s. ISBN 80-239-0024-2.
- [3] KUSYN, P. *Pneumatiky a dynamika vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 39 s.
- [4] AUTOCENTRUM RK. *Dezén pneumatik*. [online] 2013 [cit. 13-05-19]. Dostupné z: <<http://www.autocentrumrk.cz/dezen-pneumatik-info/>>
- [5] VLK, F. *Automobilová technická příručka*. 1. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2003. 791 s. ISBN 80-238-9681-4
- [6] VÉMOLA, A. *Diagnostika automobilů I*. 1. vyd. Brno: Littera, 2006. 127 s. ISBN 80-85763-31-1 (brož.).
- [7] VÉMOLA, A. *Automobily: Podvozky I*. 1. vyd. Brno: Littera, 2006. 127 s. ISBN 978-80-87143-18-6.
- [8] VLK, F. *Automobilová elektronika 1: asistenční a informační systémy*. 1. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2006. 269 s. ISBN 80-239-6462-3
- [9] VLK, F. *Automobilová elektronika 2: systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. vyd. 1. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006. 308 s. ISBN 80-239-7062-3
- [10] BRADÁČ, A. a kol. *Soudní inženýrství*. 1. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 1997. 719 str. ISBN 80-7204-057-X
- [11] VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství vlk, 2001. 576 s. ISBN 80-238-6573-0
- [12] JAN, Z.; ŽDÁNSKÝ, B.; ČUPERA, J. *Automobily I.: Podvozky* 2. vyd. Brno: Nakladatelství Avid s.r.o., 2009. 228 s. ISBN 978-80-87143-03-2
- [13] BOBATKINS.CZ. *Panasonic LUMIX DCM-FZ28*. [online] 2013 [cit. 13-05-19]. Dostupné z: < http://www.bobatkings.com/photography/digital/panasonic_lumix_dmc-fz28.html>.

- [14] SAJDL, J. *Kammova kružnice přilnavosti*. [online] 2013 [cit. 13-05-19]. Dostupné z: <<http://cs.autolexicon.net/articles/kammova-kruznice-prilnavosti/>>.
- [15] Katalogy Mercedes Benz
- [16] Vlastní galerie autora
- [17] INVENTURE.HU. *Products*. [online] 2013 [cit. 13-04-19]. Dostupný z: <<http://www.inventure.hu/products>>.
- [18] AARON.CZ. *Kamera do auta Connect IT HD CI-203*. [online] 2013 [cit. 13-04-19]. Dostupný z: <<http://www.aaron.cz/produkty/connect-it-hd-kamera-do-auta-ci-203>>.
- [19] KLEDUS, R. *Modelování pohybu vozidla při analýze silničních nehod*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2005. 77 s. Školitel disertační práce: Prof. Ing. František Vlk, DrSc.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	.....	zrychlení / zpomalení,
ABS	.....	protiblokovací systém brzd,
ASR	.....	protiskluzový systém,
ESP	.....	elektronický stabilizační systém,
F	.....	síla,
g	.....	gravitační zrychlení,
G	.....	tíha vozidla,
J	.....	součinitel valivého odporu,
K	.....	faktor stability,
L	.....	délka vozidla,
m	.....	hmotnost,
MB – A	.....	Mercedes-Benz třídy A,
MB – C	.....	Mercedes-Benz třídy C,
MB – CLS	.....	Mercedes-Benz třídy CLS,
M_k, M_a	.....	hnací moment,
M_v	.....	moment volantů,
O_f	.....	valivý odpor,
O_s	.....	odpor stoupání,
O_z	.....	odpor zrychlení,
P_k	.....	hnací výkon,
r_d	.....	dynamický poloměr kola,
R_v	.....	rozvor vozidla,
s	.....	dráha,
S_x	.....	čelní plocha vozidla,
t	.....	čas,
v	.....	rychlost,
v_{mez}	.....	mezdní rychlost v oblouku,
VW	.....	Volkswagen,
Y_k	.....	boční vodící síla kola,
Z_{ki}	.....	radiální zatížení kola,
μ	.....	součinitel adheze,
ω	.....	úhlová rychlost,
φ	.....	směr,
$\Delta\varphi$	.....	úhel natočení.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Uspořádání hnacího ústrojí u osobních automobilů: a - standardní pohon, b - zadní pohon, c - motor mezi nápravami, d - pohon transaxle, e, f - přední pohon, g - pohon všech kol.

Obrázek 2: Pohon předních kol (Škoda Fabia)

Obrázek 3: Pohon "transaxle" (Volvo 340/360)

Obrázek 4: Klasická koncepce (BMW 5. řady)

Obrázek 5: Pohon zadních kol s motorem vzadu

Obrázek 6: Permanentní pohon všech kol s automatickým uzávěrem pohonu (1a - Audi quattro, 2b - BMW 325 iX), zapínatelný pohon všech kol (2a - dříve používané manuální ovládání, 2b - elektronické ovládání u vozu Mercedes-Benz 4-matic)

Obrázek 7: Části pláště pneumatiky

Obrázek 8: Hloubka dezénu pneumatiky

Obrázek 9: Sbíhavost

Obrázek 10: Odklon kola

Obrázek 11: Příklon rejdové osy

Obrázek 12: Záklon rejdové osy

Obrázek 13: Tíhová síla a radiální reakce

Obrázek 14: Adhezní elipsa

Obrázek 15: Kammova kružnice přilnavosti

Obrázek 16: Závislost hnací síly F_K a hnacího výkonu P_K na rychlosti

Obrázek 17: Ideální charakteristiky hnacího motoru

Obrázek 18: Skluzová charakteristika pneumatiky

Obrázek 19: Ideální hnací charakteristiky omezené přilnavostí a maximálním přenositelným výkonem a rychlostí pro hnací výkon vozidla

Obrázek 20: Průběh brzdění

Obrázek 21: Brzdné síly působící na vozidlo

Obrázek 22: Blokované schéma řízení automobilu

Obrázek 23: Vznik boční síly

Obrázek 24: Vratný moment

Obrázek 25: Boční vzdušná síla N , vzdušný stáčivý moment M_z a výsledná náporová rychlost v_r vzhledem k bodu 0

Obrázek 26: Charakteristika otáčivosti

Obrázek 27: Boční síly a změny radiálních reakcí vznikající účinkem odstředivé síly

Obrázek 28: Objektivní metody zkoušení ovladatelnosti

Obrázek 29: Kritéria objektivní ovladatelnosti osobních automobilů

Obrázek 30: Změna hnací síly při zatáčení

Obrázek 31: Základní blokové schéma regulace jízdní dynamiky

Obrázek 32: Mercedes třídy A - přední pohon

Obrázek 33: Mercedes třídy C kombi - zadní pohon

Obrázek 34: Mercedes třídy CLS - pohon 4x4

Obrázek 35: Vzorek povrchu Letiště Tuřany

Obrázek 36: Vzorek povrchu Masarykův okruh

Obrázek 37: XL Meter a jeho umístění ve vozidle při měření

Obrázek 38: Connect IT HD [18] a Panasonic Lumix FZ28

Obrázek 39: Dráha pro losí test podle mezinárodní normy ISO/WD 3888-2 (Sdružení německého automobilového průmyslu)

Obrázek 40: Umístění přístrojů ve vozidle

Obrázek 41: Simulace kruhové zkoušky - přední pohon na suchém betonu

Obrázek 42: Simulace kruhové zkoušky - zadní pohon na suchém betonu

Obrázek 43: Simulace kruhové zkoušky - pohon 4x4 na suchém betonu

Obrázek 44: Simulace kruhové zkoušky - přední pohon na mokřém betonu

Obrázek 45: Simulace kruhové zkoušky - zadní pohon na mokřém betonu

Obrázek 46: Simulace kruhové zkoušky - pohon 4x4 na mokřém betonu

Obrázek 47: Simulace kruhové zkoušky - přední pohon na hrubém asfaltu

Obrázek 48: Simulace kruhové zkoušky – zadní pohon na hrubém asfaltu

Obrázek 49: Simulace kruhové zkoušky - pohon 4x4 na hrubém asfaltu

Obrázek 50: Simulace lího testu - přední pohon na mokřém betonu

Obrázek 51: Simulace losího testu - zadní pohon na mokřém betonu

Obrázek 52: Simulace losího testu – pohon 4x4 na mokřém betonu

Obrázek 53: Simulace losího testu - přední pohon na hrubém asfaltu

Obrázek 54: Simulace losího testu - zadní pohon na hrubém asfaltu

Obrázek 55: Simulace losího testu – pohon 4x4 na hrubém asfaltu

SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Seznam tabulek

Tabulka 1: Elektronické systémy jízdní stability [12]

Tabulka 2: Parametry měřených vozidel [15]

Tabulka 3: Zjištěné hodnoty součinitele adheze

Tabulka 4: Maximální podélné zpomalení

Tabulka 5: Průměrné hodnoty maximálního podélného zrychlení

Tabulka 6: Maximální boční zrychlení při kruhové zkoušce

Tabulka 7: Naměřené hodnoty z losího testu

Seznam grafů

Graf 1: Průběh podélného zrychlení při brzděné zkoušce na mokřém betonu vozidlem Mercedes C

Graf 3: Brzdná zkouška - mokřý beton

Graf 2: Brzdná zkouška - suchý beton

Graf 4: Brzdná zkouška – hrubý asfalt

Graf 5: Akcelerační zkouška - suchý beton

Graf 6: Akcelerační zkouška - mokřý beton

Graf 7: Akcelerační zkouška - hrubý asfalt

Graf 8: Porovnání akceleračních zkoušek

Graf 9: Kruhová zkouška - Přední pohon na suchém betonu

Graf 10: Kruhová zkouška - Zadní pohon na suchém betonu

Graf 11: Kruhová zkouška - Pohon 4x4 na suchém betonu

Graf 12: Kruhová zkouška - Přední pohon na mokřém betonu

Graf 13: Kruhová zkouška - Zadní pohon na mokřém betonu

Graf 14: Kruhová zkouška - Pohon 4x4 na mokřém betonu

Graf 15: Kruhová zkouška - Přední pohon na hrubém asfaltu

Graf 16: Kruhová zkouška - Zadní pohon na hrubém asfaltu

Graf 17: Kruhová zkouška - Pohon 4x4 na hrubém asfaltu

Graf 18: Losí test - Přední pohon na hrubém asfaltu

Graf 19: Losí test - Zadní pohon na hrubém asfaltu

Graf 20: Losí test - Pohon 4x4 na hrubém asfaltu

Graf 21: Losí test - Přední pohon na mokrém betonu

Graf 22: Losí test - Zadní pohon na mokrém betonu

Graf 23: Losí test - Pohon 4x4 na mokrém betonu

Graf 24: Losí test - porovnání vozů sedan a kombi

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Protokol o měření, tabulka naměřených průměrných hodnot

Příloha 2: Technické parametry vozidel

Příloha 3: Parametry výpočtu simulace

PROTOKOL O MĚŘENÍ

Datum	28. 3. 2013
Místo měření	Letiště Tuřany, Brno
Klimatické podmínky	2,5°C, mírný vítr
Název měření	Jízdní zkoušky pro porovnání jízdních vlastností
Účastníci	Barbora Kalábová, Lucie Ševčíková, Pavel Bachorec, Šimon Franc
Identifikace vozidel	
Přední pohon	Mercedes A hatchback
Zadní pohon	Mercedes C sedan
Pohon 4x4	Mercedes CLS kombi
Měřená veličina	Měřicí přístroj
Podélné zrychlení	XL metr
Příčné zrychlení	XL metr
Videozáznam	HD kamera Cannon EOS 550D, Connect IT HD CI-203
Obsluha zařízení	
Vozidla	Pavel Bachorec
Videozáznam	Lucie Ševčíková, Šimon Franc
XL Meter	Barbora Kalábová
Kamera auto	Barbora Kalábová
Fotoaparát	Šimon Franc
Notebook	Barbora Kalábová

PROTOKOL O MĚŘENÍ

Datum	16. 4. 2013
Místo měření	Masarykův okruh, Brno
Klimatické podmínky	25°C, bezvětří
Název měření	Jízdní zkoušky pro porovnání jízdních vlastností
Účastníci	Barbora Kalábová, Lucie Ševčíková, Pavel Bachorec, Tereza Rybková
Identifikace vozidel	
Přední pohon	Mercedes A hatchback
Zadní pohon	Mercedes C sedan
Pohon 4x4	Mercedes CLS kombi
Měřená veličina	Měřicí přístroj
Podélné zrychlení	XL metr
Příčné zrychlení	XL metr
Videozáznam	HD kamera Canon EOS 500D, Panasonic Lumix FZ28
Obsluha zařízení	
Vozidla	Pavel Bachorec
Videozáznam	Lucie Ševčíková
XL Meter	Barbora Kalábová
Kamera auto	Barbora Kalábová
Fotoaparát	Tereza Rybková
Notebook	Barbora Kalábová

Tabulka naměřených průměrných hodnot

Metoda	Třída	Test	Brzděná zkouška			Akraerová zkouška			Los test			Látání a zatavení		
			suchý beton	mokrý beton	hrubý asfalt	suchý beton	mokrý beton	hrubý asfalt	mokrý beton	suchý beton	hrubý asfalt	suchý beton	mokrý beton	hrubý asfalt
Metoda příd. 2 třída A	B 0,5	podélné zrychlení min	-10,73	-10,57	-12,17	-4,05	-3,73	-4,44	-3,63	-5,46	-4,50	-3,73	-4,69	
		podélné zrychlení max	9,83	4,53	4,34	6,66	5,39	7,20	4,82	5,51	4,11	3,15	2,52	
		boční zrychlení min	-2,42	-2,40	-2,55	-2,66	-2,81	-2,63	-10,28	-5,96	-10,05	-10,38	-10,59	
		boční zrychlení max	0,80	0,76	1,72	4,77	4,73	4,92	10,14	10,32	1,83	0,31	1,51	
Metoda zadní poltun třída C	M 0,5	podélné zrychlení min	-9,87	-9,90	-10,00	-6,46	-5,35	-5,17	-5,40	-6,06	-5,13	-5,12	-4,28	
		podélné zrychlení max	4,75	4,44	3,36	6,11	5,85	5,05	5,40	6,35	3,73	3,97	3,29	
		boční zrychlení min	-2,02	-1,49	-0,66	-4,06	-3,05	-3,61	-8,70	-5,17	-9,59	-9,76	-10,50	
		boční zrychlení max	1,03	0,37	1,33	2,94	3,09	0,96	7,55	6,12	0,49	0,14	-0,07	
Metoda třída C 0,5	M 0,5	podélné zrychlení min	-11,12	-10,92	-12,17	-2,66	-4,93	-4,24	-4,80	-5,40	-4,92	-4,00	-4,66	
		podélné zrychlení max	7,37	7,24	4,06	7,55	7,25	7,25	6,14	7,00	2,08	3,45	2,87	
		boční zrychlení min	-1,83	-2,29	-2,35	-1,24	-1,13	-2,10	-9,02	-11,05	-10,32	-10,31	-11,05	
		boční zrychlení max	0,83	0,75	1,77	3,24	1,62	5,16	7,63	6,97	0,07	-0,02	0,56	

Technické parametry vozidel

Vozidlo	třída A OA, kat. MI	třída C OA, kat. MI	třída C OA, kat. MI	třída C OA, kat. MI	třída C OA, kat. MI	třída C OA, kat. MI
Druh vozidla	2012	2011	2011	2011	2011	2012
Rok výroby	pohon předních kol hatchback	pohon zadních kol sedan	pohon zadních kol sedan	pohon zadních kol kombi	pohon zadních kol kombi	pohon 4x4 Shooting Brake
Koncepte						
Karoserie						
Motor	palivo BA95	NM	NM	NM	NM	NM
	obsah (cm3) 1595	2143	2143	2143	2143	2987
	výkon (kW/k.ot.) 90/122/5000	125/170/3000	4200	4600	4600	195 / 3820
	největší točivý moment (Nm/ot.) 200/1250 - 4000	400/1400 - 2300				620/1600 - 2400
	kompresní poměr 10.3:1	16.2:1	16.2:1	16.2:1	16.2:1	15.5:1
	přenos síly 6. st., manuální	7. st., automatická	7. st., automatická	7. st., automatická	7. st., automatická	7. st., automatická
Jízdní výkony	maximální rychlost (km/h) 202	231	231	231	207	250
	zrychlení 0 - 100 km/h (s) 9,2	8,1	8,1	8,1	9,5	6,4
Hmotnosti	připustná celková hmotnost (kg) 1935	2205	2205	2205	2185	2495
	provozní hmotnost s řídicím [kg] 1370	1665	1665	1645	1645	1970
Rozměry	délka (mm) 4252	4591	4591	4500	4500	4950
	šířka (mm) 2022	2008	2008	2008	2008	2075
	výška (mm) 1433	1447	1447	1459	1459	1416
	rozvor (mm) 2659	2760	2760	2760	2760	2874
	přední převis (mm) 906	775	775	775	775	901
	zadní převis (mm) 687	1056	1056	1071	1071	1181
	minimální průměr zatáčení (m) 11	10,84	10,84	10,84	10,84	11,27
	rozchod vpředu / vzadu (mm) 1553 / 1552	1549 / 1552	1549 / 1552	1541 / 1544	1541 / 1544	1596 / 1626
Pneumatiky	výrobce Continental Conti sport	Michelin Primacy	Michelin Primacy	Michelin Primacy	Michelin Primacy	Yokohama Advant sport
	rozměr 105/65 R 15	205/55 R 16	205/55 R 16	205/55 R 16	205/55 R 16	245/45 R 17
	tlak předních pneu 210	220	220	220	220	240
	tlak zadních pneu 200	240	240	240	240	250

Parametry výpočtu simulace v programu Virtual Crash 2.2 – licence Student
Technické údaje – Mercedes-Benz A 180

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A; řidič			
délka [m]	4.292		
šířka [m]	2.022		
výška [m]	1.433		
výška těžiště [m]	0.600		
poh. hmotnost [kg]	1440.000 (1440.000)		
moment setr. - X,Y,Z [kgm ²]	635.050 (635.050)	2116.834 (2116.834)	2116.834 (2116.834)
součinitel tření - podložka	0.500		
restituce - podložka	0.050		
počet náprav	2		
převis přední [m]	0.906		
těžiště - přední náprava [m]	1.310		
rozvor 1 - 2 [m]	2.699		
rozchod - náprava 1 [m]	1.553		
rozchod - náprava 2 [m]	1.552		
max. úhel směr. odch. - náprava 1 vlevo/vpravo [deg]	5.000	5.000	
max. úhel směr. odch. - náprava 2 vlevo/vpravo [deg]	5.000	5.000	
pružnost - náprava 1 vlevo/vpravo [N/m]	24233.135	24233.135	
pružnost - náprava 2 vlevo/vpravo [N/m]	22854.865	22854.865	
tlumení - náprava 1 vlevo/vpravo [Ns/m]	2726.228	2726.228	
tlumení - náprava 2 vlevo/vpravo [Ns/m]	2571.172	2571.172	
zatižení v kabině vpředu [kg]	0.000		
zatižení v kabině vzadu [kg]	0.000		
zatižení v kufru [kg]	0.000		
zatižení střechy [kg]	0.000		
ABS	Ano		
adheze	0.650 / 0.650 / 0.810		

Technické údaje – Mercedes-Benz A 220 CDI sedan

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič			
délka [m]	4.495		
šířka [m]	2.075		
výška [m]	1.416		
výška těžiště [m]	0.400		
poh. hmotnost [kg]	2040.000 (2040.000)		
moment setr. - X,Y,Z [kgm ²]	1003.297 (1003.297)	3344.323 (3344.323)	3344.323 (3344.323)
součinitel tření - podložka	0.500		
restituce - podložka	0.050		
počet náprav	2		
převis přední [m]	0.901		
těžiště - přední náprava [m]	1.490		
rozvor 1 - 2 [m]	2.874		
rozchod - náprava 1 [m]	1.596		
rozchod - náprava 2 [m]	1.626		
max. úhel směr. odch. - náprava 1 vlevo/vpravo [deg]	5.000	5.000	
max. úhel směr. odch. - náprava 2 vlevo/vpravo [deg]	5.000	5.000	
pružnost - náprava 1 vlevo/vpravo [N/m]	32123.825	32123.825	
pružnost - náprava 2 vlevo/vpravo [N/m]	34584.175	34584.175	
tlumení - náprava 1 vlevo/vpravo [Ns/m]	3613.930	3613.930	
tlumení - náprava 2 vlevo/vpravo [Ns/m]	3890.720	3890.720	
zatižení v kabině vpředu [kg]	0.000		
zatižení v kabině vzadu [kg]	0.000		
zatižení v kufru [kg]	0.000		
zatižení střechy [kg]	0.000		
ABS	Ano		
adheze	0.650 / 0.810		

Technické údaje – Mercedes-Benz C 200 CDI kombi

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz C, řidič:			
délka [m]	4.606		
šířka [m]	2.022		
výška [m]	1.459		
výška těžiště [m]	0.500		
poh. hmotnost [kg]	1710.000 (1710.000)		
moment setr. - X,Y,Z [kgm ²]	827.584 (827.584)	2758.613 (2758.613)	2758.613 (2758.613)
součinitel tření - podložka	0.500		
restituce - podložka	0.050		
počet náprav	2		
převis přední [m]	0.775		
těžiště - přední náprava [m]	1.410		
rozvor 1 - 2 [m]	2.780		
rozchod - náprava 1 [m]	1.541		
rozchod - náprava 2 [m]	1.544		
max. úhel směr. odch. - náprava 1 vlevo/vpravo [deg]	5.000	5.000	
max. úhel směr. odch. - náprava 2 vlevo/vpravo [deg]	5.000	5.000	
pružnost - náprava 1 vlevo/vpravo [N/m]	27350.707	27350.707	
pružnost - náprava 2 vlevo/vpravo [N/m]	28566.293	28566.293	
tlumení - náprava 1 vlevo/vpravo [Ns/m]	3076.954	3076.954	
tlumení - náprava 2 vlevo/vpravo [Ns/m]	3213.708	3213.708	
zatížení v kabině vpředu [kg]	0.000		
zatížení v kabině vzadu [kg]	0.000		
zatížení v kufru [kg]	0.000		
zatížení střechy [kg]	0.000		
ABS	Ano		
adheze	0.690		

Technické údaje – Mercedes-Benz CLS 350 CDI Shooting Brake

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS, řidič:			
délka [m]	4.495		
šířka [m]	2.075		
výška [m]	1.416		
výška těžiště [m]	0.400		
poh. hmotnost [kg]	2040.000 (2040.000)		
moment setr. - X,Y,Z [kgm ²]	1003.297 (1003.297)	3344.323 (3344.323)	3344.323 (3344.323)
součinitel tření - podložka	0.500		
restituce - podložka	0.050		
počet náprav	2		
převis přední [m]	0.901		
těžiště - přední náprava [m]	1.490		
rozvor 1 - 2 [m]	2.874		
rozchod - náprava 1 [m]	1.596		
rozchod - náprava 2 [m]	1.626		
max. úhel směr. odch. - náprava 1 vlevo/vpravo [deg]	5.000	5.000	
max. úhel směr. odch. - náprava 2 vlevo/vpravo [deg]	5.000	5.000	
pružnost - náprava 1 vlevo/vpravo [N/m]	32123.825	32123.825	
pružnost - náprava 2 vlevo/vpravo [N/m]	34584.175	34584.175	
tlumení - náprava 1 vlevo/vpravo [Ns/m]	3613.930	3613.930	
tlumení - náprava 2 vlevo/vpravo [Ns/m]	3890.720	3890.720	
zatížení v kabině vpředu [kg]	0.000		
zatížení v kabině vzadu [kg]	0.000		
zatížení v kufru [kg]	0.000		
zatížení střechy [kg]	0.000		
ABS	Ano		
adheze	0.650 / 0.690 / 0.810		

Kruhová zkouška - Mercedes-Benz A 180 – suchý beton

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A, řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	0.000			34.935		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	7.540	-0.578	-180.487
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680	0.000		-158.207	0.000	
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.300	0.008	0.100	0.754
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	49.786	9.410	0.600	45.667	8.442	0.611

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A, řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 0.000	-	-	zrychlení	0.000	0.000	3.700	12.000	0.000	45.878	45.878	29.089	29.089
2.825 14.266 35.664	2.825	(14.266)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
4.000 25.867 35.372	1.175	(11.601)	zrychlení	0.000	0.000	0.400	12.000	0.000	4.960	4.960	3.145	3.145
6.025 45.508 34.604	2.025	(19.641)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
7.245 57.259 34.739	1.220	(11.751)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
8.795 72.245 34.804	1.550	(14.986)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
10.000 83.927 34.935	-	-	-	-	-	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931

Kruhová zkouška - Mercedes-Benz A 180 – mokrý beton

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A, řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	0.000			31.670		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	6.387	-0.489	166.852
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680	0.000		165.739	-0.009	
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.300	0.008	0.081	0.722
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	49.786	9.410	0.600	54.316	9.300	0.603

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A, řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 0.000	-	-	zrychlení	0.000	0.000	3.200	12.000	0.000	39.679	39.679	25.158	25.158
2.825 12.437 31.254	2.825	(12.437)	zrychlení	0.000	0.000	0.492	12.000	0.000	6.126	6.126	3.834	3.834
4.000 22.756 31.971	1.175	(10.319)	zrychlení	0.000	0.000	0.400	12.000	0.000	4.960	4.960	3.145	3.145
6.025 40.853 32.349	2.025	(18.097)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
7.245 51.913 32.869	1.220	(11.060)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
8.795 66.066 32.663	1.550	(14.153)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
10.000 76.849 31.670	-	-	-	-	-	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931

Kruhová zkouška - Mercedes-Benz A 180 – hrubý asfalt

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	0.000			33.688		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	6.841	-0.517	168.465
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680			170.047		
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.300	0.006	0.087	0.726
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	49.786	9.410	0.600	52.900	9.194	0.609

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 0.000	-	-	zrychlení	0.000	0.000	3.200	12.000	0.000	39.679	39.679	25.158	25.158
2.825 12.437 31.250	2.825	(12.437)	zrychlení	0.000	0.000	0.492	12.000	0.000	6.126	6.126	3.834	3.834
4.000 22.757 31.984	1.175	(10.321)	zrychlení	0.000	0.000	0.400	12.000	0.000	4.960	4.960	3.145	3.145
6.025 40.869 32.388	2.025	(18.112)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
7.245 51.949 32.974	1.220	(11.079)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
8.795 66.274 33.538	1.550	(14.326)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
10.000 77.538 33.688	-	-	-	-	-	0.500	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931

Kruhová zkouška - Mercedes-Benz C 220 CDI sedan – suchý beton

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz C; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	0.000			35.976		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	6.403	-0.497	-171.422
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680			-169.618		
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.300	0.006	0.085	0.760
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	49.786	9.410	0.500	49.125	9.595	0.510

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz C; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 0.000	-	-	zrychlení	0.000	0.000	3.500	12.000	0.000	42.299	42.299	29.362	29.362
2.825 13.690 34.298	2.825	(13.690)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.043	6.043	4.195	4.195
4.000 24.934 34.592	1.175	(11.243)	zrychlení	0.000	0.000	0.700	12.000	0.000	8.460	8.460	5.872	5.872
6.025 44.875 36.184	2.025	(19.942)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	11.000	0.000	6.043	6.043	4.195	4.195
7.245 57.183 36.431	1.220	(12.307)	zrychlení	0.000	0.000	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
8.795 72.801 36.138	1.550	(15.619)	zrychlení	0.000	0.000	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
10.000 84.869 35.976	-	-	-	-	-	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931

Kruhová zkouška - Mercedes-Benz C 220 CDI sedan – mokrý beton

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz C; řidič:				startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]				0.000			32.749		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]				0.000	0.000	-179.680	5.243	-0.398	163.255
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]				-179.680 0.000			162.653	-0.012	
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]				0.000	0.000	0.300	0.005	0.085	0.710
poloha těžiště - X,Y,Z [m]				49.796	9.410	0.500	54.304	9.331	0.504

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz C; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]		
čas [s]	dráha [m]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]			a [m/s^2]	vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 0.000		-	-	zrychlení	0.000	0.000	3.200	12.000	0.000	38.674	38.674	26.845	26.845
2.825 12.564 31.560		2.825	(12.564)	zrychlení	0.000	0.000	0.500	12.000	0.000	6.043	6.043	4.195	4.195
4.000 22.994 32.330		1.175	(10.430)	zrychlení	0.000	0.000	0.400	13.000	0.000	4.834	4.834	3.356	3.356
6.025 41.183 32.347		2.025	(18.190)	zrychlení	0.000	0.000	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
7.246 52.258 32.979		1.220	(11.074)	zrychlení	0.000	0.000	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
8.796 66.557 33.288		1.550	(14.299)	zrychlení	0.000	0.000	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
10.000 77.629 32.749		-	-	-	-	-	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931

Kruhová zkouška - Mercedes-Benz C 200 CDI kombi – hrubý asfalt

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz C; řidič:				startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]				0.000			33.977		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]				0.000	0.000	-179.680	5.680	-0.427	175.807
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]				-179.680 0.000			177.880	-0.004	
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]				0.000	0.000	0.300	0.005	0.071	0.716
poloha těžiště - X,Y,Z [m]				49.796	9.410	0.500	50.126	8.866	0.509

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz C; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]		
čas [s]	dráha [m]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]			a [m/s^2]	vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 0.000		-	-	zrychlení	0.000	0.000	3.400	12.000	0.000	41.091	41.091	28.523	28.523
2.825 13.316 33.398		2.825	(13.316)	zrychlení	0.000	0.000	0.486	12.000	0.000	6.126	6.126	3.834	3.834
4.000 24.296 33.639		1.175	(10.951)	zrychlení	0.000	0.000	0.395	12.000	0.000	4.960	4.960	3.145	3.145
6.025 42.943 32.759		2.025	(18.677)	zrychlení	0.000	0.000	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
7.246 54.073 32.986		1.220	(11.130)	zrychlení	0.000	0.000	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
8.796 68.411 33.604		1.550	(14.338)	zrychlení	0.000	0.000	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
10.000 79.725 33.977		-	-	-	-	-	0.494	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931

Kruhová zkouška - Mercedes-Benz CLS 350 CDI – suchý beton

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	0.000			35.884		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	4.381	-0.326	-164.363
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680			-162.372		
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.300	0.005	0.056	0.731
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	50.429	10.007	0.400	46.429	8.775	0.408

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 0.000	-	-	zrychlení	0.000	0.000	3.900	12.500	0.000	46.516	46.516	34.431	34.431
2.825 15.325 38.214	2.825	(15.325)	zrychlení	0.000	0.000	0.300	12.000	0.000	3.501	3.501	2.649	2.649
4.000 27.570 36.760	1.175	(12.245)	zrychlení	0.000	0.000	0.394	12.500	0.000	4.960	4.960	3.145	3.145
6.025 47.820 35.508	2.025	(20.250)	zrychlení	0.000	0.000	0.493	12.500	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
7.245 59.854 35.510	1.220	(12.033)	zrychlení	0.000	0.000	0.493	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
8.795 75.198 35.748	1.550	(15.344)	zrychlení	0.000	0.000	0.493	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
10.000 87.187 35.884	-	-	-	-	-	0.493	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931

Kruhová zkouška - Mercedes-Benz CLS 350 CDI – mokřý beton

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	0.000			32.239		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	3.757	-0.285	164.512
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680			163.104		
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.300	0.003	0.047	0.718
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	49.788	9.410	0.400	54.904	8.737	0.403

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 0.000	-	-	zrychlení	0.000	0.000	3.300	12.500	0.000	38.513	38.513	29.134	29.134
2.825 13.051 32.735	2.825	(13.051)	zrychlení	0.000	0.000	0.300	12.000	0.000	3.501	3.501	2.649	2.649
4.000 23.720 32.636	1.175	(10.669)	zrychlení	0.000	0.000	0.394	12.500	0.000	4.960	4.960	3.145	3.145
6.025 42.149 32.876	2.025	(18.429)	zrychlení	0.000	0.000	0.493	12.500	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
7.245 53.375 33.321	1.220	(11.228)	zrychlení	0.000	0.000	0.493	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
8.795 67.739 33.196	1.550	(14.364)	zrychlení	0.000	0.000	0.493	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
10.000 78.708 32.239	-	-	-	-	-	0.493	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931

Kruhová zkouška - Mercedes-Benz CLS 350 CDI – hrubý asfalt

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	0.000			34.561		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	4.036	-0.294	163.297
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680			165.444		
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.300	0.004	0.049	0.702
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	49.786	9.410	0.400	53.739	9.169	0.407

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 0.000	-	-	zrychlení	0.000	0.000	3.300	12.500	0.000	38.513	38.513	29.134	29.134
2.825 13.051 32.727	2.825	(13.051)	zrychlení	0.000	0.000	0.300	12.000	0.000	3.501	3.501	2.649	2.649
4.000 23.723 32.659	1.175	(10.672)	zrychlení	0.000	0.000	0.394	12.500	0.000	4.960	4.960	3.145	3.145
6.025 42.176 32.940	2.025	(18.453)	zrychlení	0.000	0.000	0.493	12.500	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
7.245 53.432 33.464	1.220	(11.256)	zrychlení	0.000	0.000	0.493	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
8.795 67.998 34.157	1.550	(14.566)	zrychlení	0.000	0.000	0.493	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931
10.000 79.502 34.561	-	-	-	-	-	0.493	12.000	0.000	6.200	6.200	3.931	3.931

Losí test - Mercedes-Benz A 180 – mokry beton

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	64.000			23.453		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	-4.826	0.467	153.479
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680			147.505		
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	-0.005	0.049	-0.688
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	53.839	9.005	0.600	-17.363	10.254	0.597

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 64.000	-	-	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
0.579 10.001 60.171	(0.579)	10.000	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
1.424 23.501 54.913	(0.846)	13.500	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
2.180 34.501 49.345	(0.756)	11.000	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
3.186 47.005 41.207	(1.006)	12.500	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
4.329 59.006 34.627	(1.143)	12.000	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
6.000 72.761 23.453	-	-	-	-	-	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400

Losí test - Mercedes-Benz A 180 – hrubý asfalt

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	64.000			23.368		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	-5.178	0.441	151.537
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680	0.000		145.077	0.049	
úhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	-0.010	0.056	-0.742
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	53.639	9.005	0.600	-17.347	10.385	0.598

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz A; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 64.000	-	-	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
0.579 10.001 60.068	(0.579)	10.000	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
1.427 23.503 54.708	(0.848)	13.500	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
2.187 34.505 49.060	(0.760)	11.000	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
3.191 47.009 41.662	(1.003)	12.500	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
4.329 59.011 34.762	(1.138)	12.000	brzdění	0.000	0.000	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
6.000 72.797 23.368	-	-	-	-	-	1.450	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400

Losí test - Mercedes-Benz C 220 CDI sedan – mokrý beton

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	67.000			26.368		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	-0.701	0.125	143.340
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680	0.000		142.985	-0.005	
úhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	0.258	0.011	0.006
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	54.452	8.917	0.400	-20.958	12.491	0.400

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 67.000	-	-	brzdění	0.000	0.000	1.700	0.000	0.000	19.840	19.840	15.008	15.008
0.553 10.001 63.066	(0.553)	10.000	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
1.355 23.501 58.317	(0.802)	13.500	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
2.062 34.504 53.243	(0.707)	11.000	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
2.979 47.005 45.660	(0.917)	12.500	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
3.993 59.006 39.719	(1.014)	12.000	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
6.000 77.560 26.368	-	-	-	-	-	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400

Losí test - Mercedes-Benz C 200 CDI kombi – hrubý asfalt

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz C; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	69.000			23.513		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	3.861	0.387	146.649
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680	0.000		150.297	-0.105	
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	0.168	0.035	0.538
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	54.488	8.875	0.500	-19.157	13.149	0.497

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz C; řidič:							řízení 1	řízení 2	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]	[deg]	[deg]	vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 69.000	-	-	brzdění	0.000	0.000	1.500	0.000	0.000	18.128	18.128	12.584	12.584
0.536 10.002 64.972	(0.536)	10.000	brzdění	0.000	0.000	1.434	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
1.317 23.504 69.870	(0.781)	13.500	brzdění	0.000	0.000	1.434	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
2.013 34.507 63.473	(0.695)	11.000	brzdění	0.000	0.000	1.434	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
2.936 47.011 44.978	(0.924)	12.500	brzdění	0.000	0.000	1.434	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
3.977 69.013 38.040	(1.041)	12.000	brzdění	0.000	0.000	1.434	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
6.000 76.222 23.513	-	-	-	-	-	1.434	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400

Losí test - Mercedes-Benz CLS 350 CDI – mokřý beton

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	67.000			26.368		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	-0.701	0.125	143.340
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680	0.000		142.985	-0.005	
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	0.258	0.011	0.006
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	54.452	8.917	0.400	-20.958	12.491	0.400

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:							řízení 1	řízení 2	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]	[deg]	[deg]	vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 67.000	-	-	brzdění	0.000	0.000	1.700	0.000	0.000	19.840	19.840	15.008	15.008
0.553 10.001 63.086	(0.553)	10.000	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
1.355 23.501 58.317	(0.802)	13.500	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
2.062 34.504 53.243	(0.707)	11.000	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
2.979 47.005 45.650	(0.917)	12.500	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
3.993 69.006 39.719	(1.014)	12.000	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
6.000 77.560 26.368	-	-	-	-	-	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400

Losí test - Mercedes-Benz CLS 350 CDI – hrubý asfalt

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:	startovací údaje			konečné údaje		
rychlost (v) [km/h]	69.000			25.102		
úhel natočení - X,Y,Z [deg]	0.000	0.000	-179.680	0.920	0.208	142.791
směr rychlosti (vni,vnz) [deg]	-179.680		0.000	144.171		-0.095
uhlová rychlost - X,Y,Z (omega) [rad/s]	0.000	0.000	0.000	0.246	0.019	0.255
poloha těžiště - X,Y,Z [m]	54.462	8.917	0.400	-21.215	12.933	0.399

Sekvence

vozidlo/překážka: 1 - Mercedes Benz CLS; řidič:							řízení 1 [deg]	řízení 2 [deg]	brzdění 1 [%]		brzdění 2 [%]	
čas [s] dráha [m] rychlost [km/h]	dt [s]	ds [m]	typ	náběh brzd [s]	čas zatáčení [s]	a [m/s^2]			vlevo	vpravo	vlevo	vpravo
0.000 0.000 69.000	-	-	brzdění	0.000	0.000	1.700	0.000	0.000	19.840	19.840	15.008	15.008
0.536 10.002 65.113	(0.536)	10.000	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
1.312 23.504 60.367	(0.776)	13.500	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
1.995 34.508 55.051	(0.683)	11.000	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
2.885 47.008 46.725	(0.889)	12.500	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
3.887 59.011 39.586	(1.002)	12.000	brzdění	0.000	0.000	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400
6.000 78.030 25.102	-	-	-	-	-	1.429	0.000	0.000	17.979	17.979	11.400	11.400