

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Pavel Horáček

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Databáze souřadnic těžiště osobních vozidel včetně posádky

Pavel Horáček

Bakalářská práce

2015

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel Horáček**
Osobní číslo: **D12341**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**
Název tématu: **Databáze souřadnic těžiště osobních vozidel včetně posádky**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod
Metodika zjišťování těžiště vozidla vážením
Experimentální měření
Závěr

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

BC. VERNER, Michal., Základ databáze parametrů vozidla. Univerzita Pardubice, 2014.

Doc. Ing. M. Vala Csc., Ing. M. Tesař Csc., Silniční vozidla Mechanika silničních vozidel, druhé upravené vydání. Pardubice, 2005

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Pokorný, Ph.D.

Výukové a výzkumné centrum v dopravě

Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **29. května 2015**



doc. Ing. Ivo Drahotský, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2015

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

Tato bakalářská práce byla realizována s využitím technologií Výukového a výzkumného centra v dopravě.

V Pardubicích dne 24.5.2015

Pavel Horáček

PODĚKOVÁNÍ

Nejvíce chci poděkovat vedoucímu práce Ing. Janu Pokornému, Ph.D. za věnovaný čas a úsilí při měření a konzultacích. Dále chci poděkovat Ing. Mikulášovi Krupičkovi, bez něho by nemohla vzniknout upravená verze programu databáze. Další dík patří dobrovolníkům, kteří mi půjčili vozidlo k měření. Také děkuji všem ochotným studentům a pedagogům Dopravní fakulty Jana Pernera, kteří se zúčastnili měření, dělali zátěž a pomáhaly. V neposlední řadě bych rád poděkoval Dopravní fakultě Jana Pernera za poskytnuté vybavení a prostory pro měření dané bakalářské práce.

Děkuji všem zmíněným, protože bez nich by práce nemohla vzniknout.

ANOTACE

Práce je zaměřena na rozšiřování databáze parametrů vozidla o souřadnice těžiště včetně posádky. V první části je několik základních výpočtů, se kterými souvisí těžiště. Dále je zpracována metoda měření. Druhá část popisuje měření a ve třetí části se provádí zhodnocení dat z provedených měření.

KLÍČOVÁ SLOVA

Těžiště, metoda, měření, data

TITLE

The database coordinates center of gravity cars with crew

ANNOTATION

This work is focused on extension of the database of vehicle parameters about coordinate of centre of gravity of a car with a crew. Several fundamental calculations connected to the centre of gravity are introduced in the first part. In the next chapter is described methodology of the measurement. The second part describes measurement and in the third one is done evaluation of data obtained from measurement.

KEYWORDS

Center of gravity, method, measurement, data

OBSAH

Obsah	7
Seznam ilustrací	9
Vysvětlivky	11
Úvod	12
1. Těžiště	13
1.1 Základní výpočty pro zjištění polohy těžiště	13
1.1.1 Podélná poloha těžiště	13
1.1.2 Příčná poloha těžiště vozidla	14
1.1.3 Výšková poloha těžiště	15
1.2 Vliv polohy těžiště na vozidlo	16
1.2.1 Stabilita na příčném svahu	16
1.2.2 Stabilita v zatáčce	17
1.2.3 Rozložení váhy na nápravách	19
1.2.4 Vliv polohy těžiště na říditelnost	19
2. Metoda a měření	20
2.1 Metoda	20
2.2 Popis a postup měření	20
2.2.1 Popis	20
2.2.2 Postup měření	21
2.3 Použité měřicí přístroje	23
2.4 Chyby měření	25
3. Databáze	27
3.1 Seznámení s programem	27
4. Vyhodnocení dat	29
4.1 Vliv posádky a karoserie na polohu těžiště	30
4.1.1 Vzdálenost těžiště od přední nápravy	30
4.1.2 Výšková poloha těžiště	32
4.1.3 Výchylka od podélné osy vozidla	33

Závěr.....	34
Použitá literatura.....	35
Přílohy	36
Příloha 1 <i>Obrázky</i>	36
Příloha 2 <i>Graf a tabulky</i>	39
Příloha 3 <i>Protokol o měření</i>	42

SEZNAM ILUSTRACÍ

- Obrázek 1: Rozložení sil pro výpočet podélné polohy těžiště[1]
Obrázek 2: Rozložení sil pro výpočet příčné polohy těžiště [1]
Obrázek 3: Rozložení sil na stojícím vozidle ve svahu [1]
Obrázek 4: Rozložení sil na příčném svahu
Obrázek 5: Rozložení sil při průjezdu zatáčkou
Obrázek 6: Ukázka zapojení kabelů do ústředny
Obrázek 7: Tlačítko spouštění a nulování měřicí ústředny
Obrázek 8: Tlačítko pro tisk záznamu
Obrázek 9: Záznam z měřicí ústředny vah
Obrázek 10: Přenosná vážící platforma
Obrázek 11: Měřicí ústředna (vážní jednotka)
Obrázek 12: Úvodní obrazovka
Obrázek 13: Uživatelské rozhraní pro vyhledávání vozidel
Obrázek 14: Formulář s daty vozidel
Obrázek 15: Vzdálenost od přední nápravy a výška těžiště od středů kol
Obrázek 16: Další rozměry pro určení polohy těžiště
Obrázek 17: Renault Megáne Grandtour - kombi
Obrázek 18: Renault Megáne Classic – sedan
Obrázek 19: Renault Megáne – hatchback
Obrázek 20: Renault Megáne Scenic – MPV
Obrázek 21: Příprava pro vodorovné měření
Obrázek 22: Měření vozidla při naklopení
Obrázek 23: Nájezdové platformy a vážní jednotka

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Hodnoty těžiště v závislosti na nepřesnosti vážení [1]

Tabulka 2: Závislost výškové polohy těžiště na vzdálenosti plochy kola od vozovky [1]

Tabulka 3: Závislost úhlu α na výšce nosné konstrukce a rozvoru

Tabulka 4: Přírůstky vzdálenosti l_p v závislosti na zatížení posádkou

Tabulka 5: Hodnoty posunutí těžiště v závislosti na nepřesnosti měření [1]

Tabulka 6: Vliv posádky a karoserie na vzdálenost od přední nápravy (l_p)

Tabulka 7: Vliv posádky a karoserie na výškovou polohu těžiště od středů kol (h_{t0})

Tabulka 8: Vliv posádky a karoserie na výchylku od podélné osy vozidla (Δx)

SEZNAM GRAFŮ:

Graf 1: Závislost výšky těžiště na chybě měření [1]

Graf 2: Závislost výškové polohy těžiště na vzdálenosti plochy kola od vozovky [1]

Graf 3: Vliv posádky a karoserie na vzdálenost od přední nápravy (l_p)

Graf 4: Přírůstky l_p v závislosti na zatížení posádkou

Graf 5: Vliv posádky a karoserie na výškovou polohu těžiště od středů kol (h_{t0})

Graf 6: Vliv posádky a karoserie na výchylku od podélné osy vozidla (Δx), třetí osoba za spolujezdcem

Graf 7: Vliv posádky a karoserie na výchylku od podélné osy vozidla (Δx), třetí osoba za řidičem

VYSVĚTLIVKY

T – těžiště

L - rozvor náprav

B - rozchod kol

$G = m \cdot g$ – síla vyvozená hmotností vozidla

m – hmotnost vozidla

g – gravitační zrychlení země = $9,81373 \text{ m/s}^2$

l_p - vzdálenost těžiště od přední nápravy

l_z - vzdálenost těžiště od zadní nápravy

t_l – vzdálenost těžiště od středové osy levého kola

t_p – vzdálenost těžiště od středové osy pravého kola

h_t – výšková poloha těžiště od vozovky

h_{t0} – výšková poloha těžiště od spojnice středů kol

Δx – výchylka těžiště od podélné osy vozidla

α – uhel sklonu svahu při stabilitě na příčném svahu

φ – součinitel tření

v – rychlost vozidla

ÚVOD

Znát polohu těžiště je výhodné, protože ovlivňuje bezpečnost a jízdní vlastnosti vozidla, proto bylo hlavním cílem této bakalářské práce pokračovat a rozšiřovat databázi parametrů vozidla spojených s výškovou polohou těžiště vozidla. Databáze se rozšířila nejenom o několik typů vozidel, ale hlavně o možnost zjištění polohy těžiště včetně posádky vozidla. Jedná se o měření s 5, 4, 3 a 2 osob ve vozidle.

Celá práce je rozdělena do několika hlavních částí. V první části se budu zabývat základním zjišťováním polohy těžiště a také vlivu těžiště na vozidlo. Dále se budu věnovat použité metodě (metoda vážením a naklápěním vozidla na zadní nápravu) zjišťování těžiště vozidla, popisu a postupu celého měření. Ve třetí části seznámím s programem databáze, do kterého budou zapsána všechna získaná a vypočítaná data. Následně představím úpravy, které byly potřeba oproti původní verzi provést.

Nakonec provedu grafické zhodnocení získaných dat u čtyř stejných typů vozidel (Renault Megáne), ale různých karoserií. Vyhodnocovat budu vliv zatížení posádkou a vliv karoserie na vzdálenost těžiště od přední nápravy, na výškovou polohu těžiště a na výchylku od podélné osy vozidla.

1. TĚŽIŠTĚ

Těžiště je bod, do kterého je při statické úloze soustředěna veškerá hmota. Potom je možné operovat pouze s jednou silou, tj. vlastní tíhou vozidla, která působí právě v těžišti. Jeho poloha se přímo ovlivňuje jízdní vlastnosti vozidla a patří mezi hlavní parametry, který se podílí na analýze dynamického chování vozidla.

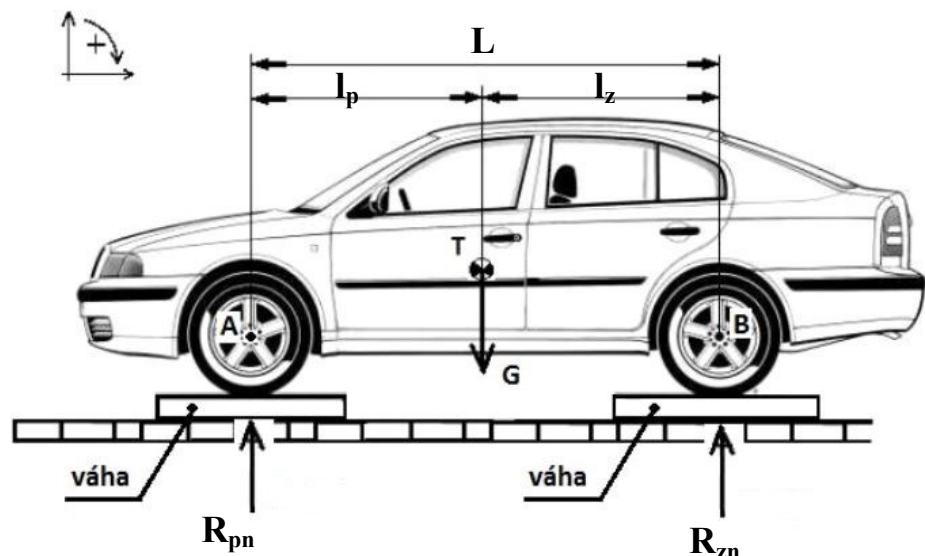
Skládá se ze 3 základních parametrů:

- a) podélná poloha těžiště,
- b) příčná poloha těžiště,
- c) výšková poloha těžiště.

1.1 Základní výpočty pro zjištění polohy těžiště [1,2]

1.1.1 Podélná poloha těžiště

Podélnou polohu těžiště lze určit z momentových rovnic k bodu A (přední náprava, rovnice 3) a B (zadní náprava, rovnice 4). Z těchto rovnic je možné získávat vzdálenost těžiště od přední, respektive zadní nápravy. Rozložení sil pro výpočet je naznačeno na obrázku 1.



Obrázek 1: Rozložení sil pro výpočet podélné polohy těžiště[1]

Radiální reakce na přední nápravě R_{pn} a zadní nápravě R_{zn} se zjišťují součtem radiálních sil na jednotlivých kolech nápravy (pravé přední R_{pp} , levé přední R_{lp} , pravé zadní R_{pz} , levé zadní R_{lz}):

$$R_{pn} = R_{pp} + R_{lp} \quad (1)$$

$$R_{zn} = R_{pz} + R_{lz} \quad (2)$$

Momentové rovnice:

$$\sum M_A = 0; \quad G * l_p - R_{zn} * L = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_B = 0; \quad -G * l_z + R_{pn} * L = 0 \quad (4)$$

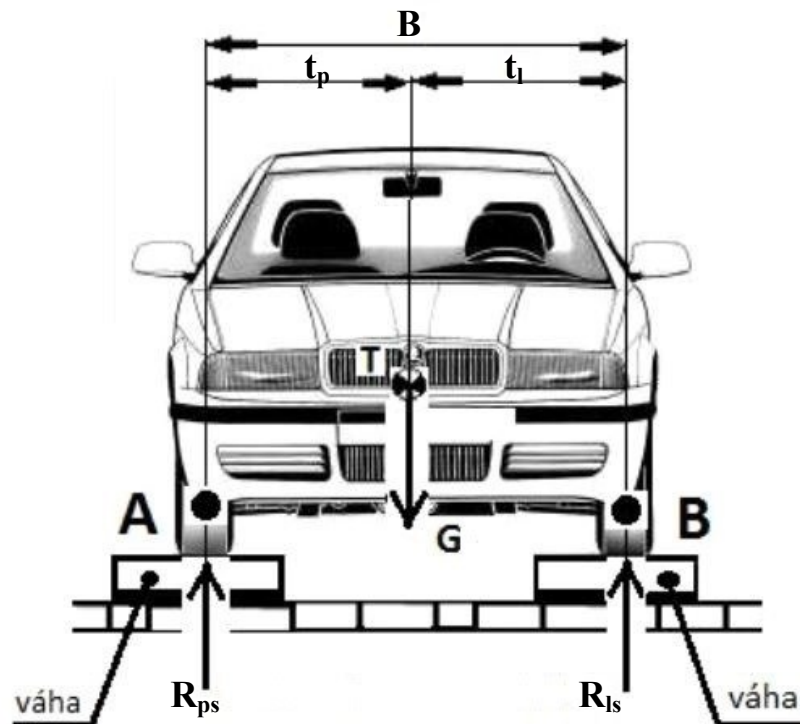
Poté lze z momentových rovnic (3,4) vyjádřit podélné polohy těžiště:

$$l_p = \frac{R_{zn} * L}{G} \quad (5)$$

$$l_z = \frac{R_{pn} * L}{G} \quad (6)$$

1.1.2 Příčná poloha těžiště vozidla

Postup při výpočtu příčné polohy těžiště je v podstatě stejný jako u zjišťování podélné polohy. Opět se musí vytvořit momentové rovnice k bodům A (9) a B (10). Rozložení sil a příslušné vzdálenosti jsou vidět na obrázku 2.



Obrázek 2: Rozložení sil pro výpočet příčné polohy těžiště [1]

Radiální reakce od kol na pravé straně R_{ps} a levé straně R_{ls} do bodu A a B se tentokrát vypočítají součtem radiálních reakcí kol na levé (R_{lp}, R_{lz}) a pravé (R_{pp}, R_{pz}) straně:

$$R_{ps} = R_{pp} + R_{pz} \quad (7)$$

$$R_{ls} = R_{pz} + R_{lz} \quad (8)$$

Momentové rovnice:

$$\sum M_A = 0; \quad G * t_p - R_{ls} * B = 0 \quad (9)$$

$$\sum M_B = 0; \quad -G * t_l + R_{ps} * B = 0 \quad (10)$$

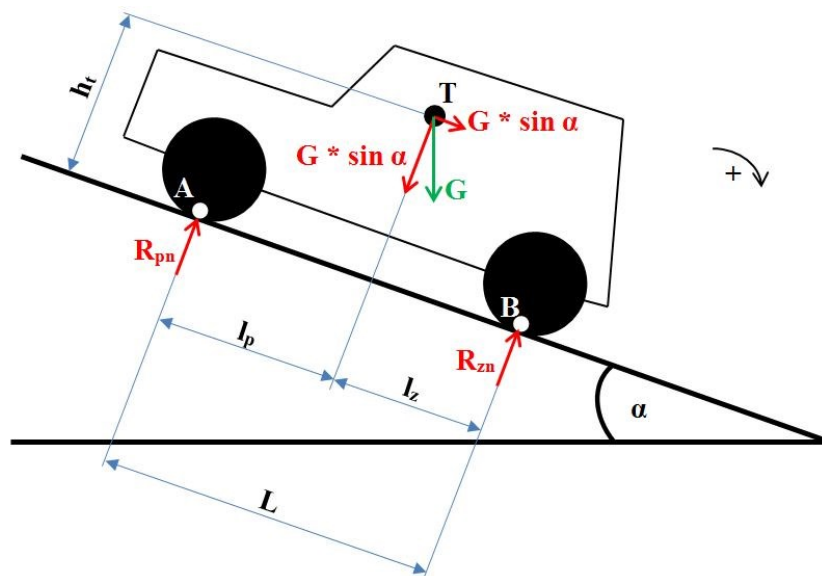
Rovnice pro zjištění podélné polohy těžiště (11,12) vychází z momentových rovnic 9,10:

$$t_l = \frac{R_{ps} * B}{G} \quad (11)$$

$$t_p = \frac{R_{ls} * B}{G} \quad (12)$$

1.1.3 Výšková poloha těžiště

Základní parametr, jako výšková poloha těžiště, je spjatý s mnoha modelovými výpočty, některé z nich jsou rozebrány v kapitole 1.2. Zjednodušeně lze získat výšková poloha těžiště pomocí momentové rovnice např. k bodu A, ovšem je potřeba znát radiální reakce na kolech respektive nápravách (přední R_{pn} , zadní R_{zn}) a úhel (α), o který musí být vozidlo nakloněno (obrázek 3).



Obrázek 3: Rozložení sil na stojícím vozidle ve svahu

Nejprve se sestaví momentová rovnice k bodu A. Z této rovnice se vypočítává výška těžiště h_t :

$$\sum M_A = 0; \quad G * \sin \alpha * h_t + G * \cos \alpha * l_p - R_{zn} * L = 0 \quad (13)$$

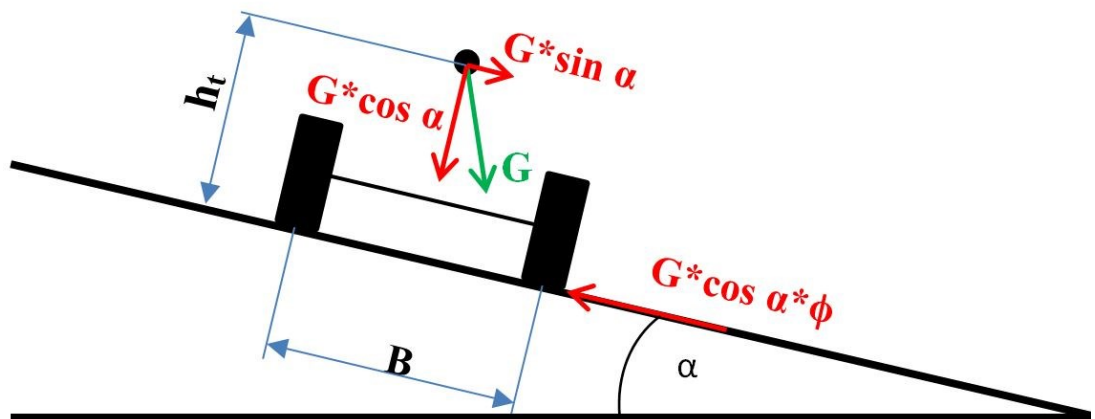
$$h_t = \frac{G * \cos \alpha * l_p - R_{zn} * L}{G * \sin \alpha} \quad (14)$$

1.2 Vliv polohy těžiště na vozidlo

V této kapitole je zpracováno několik modelových úloh, do kterých vstupuje poloha těžiště. Více takových úloh lze najít v literatuře s odkazem [1], [2], [3].

1.2.1 Stabilita na příčném svahu [2]

Řešením příčné stability vozidla jsou případy příčného smyku nebo převrácení vozidla. Při jízdě vozidla na příčném svahu lze jeho tíhu rozložit do dvou složek. Jedna je rovnoběžná a druhá kolmá k vozovce. Rozložení sil při jízdě na svahu je vidět na obrázku 4.



Obrázek 4: Rozložení sil na příčném svahu

Z obrázku je vidět, že vlivem rovnoběžné složky (vzhledem ke svahu) tíhy vozidla lze vozidlo převrátit. Ve skutečnosti mohou nastat dvě různé situace:

a) Vozidlo dostane boční smyk

Nastává, když příčná složka tíhy je větší, než adhezní síla. Proto musí být tato složka menší a lze psát:

$$G \cdot \sin \alpha \leq G \cdot \varphi \cdot \cos \beta \quad (15)$$

$$\tan \alpha \leq \varphi \quad (16)$$

b) Vozidlo se převrátí

Nastane v případě, bude-li klopný moment od složky $G \cdot \sin \alpha$ větší, než moment stabilizační, tvořený složkou $G \cdot \cos \alpha$. Platí tedy:

$$G \cdot \sin \alpha \cdot h_t \leq G \cdot \cos \alpha \cdot \frac{B}{2} \quad (17)$$

$$\tan \alpha \leq \frac{B}{2 \cdot h_t} \quad (18)$$

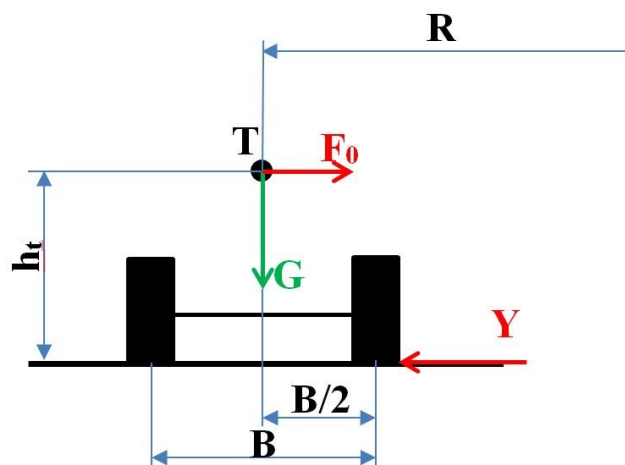
Z hlediska bezpečnosti provozu je důležité, aby vozidlo dostalo nejprve smyk. Potom lze výškovou polohu těžiště vypočítat: $h_t \leq \frac{B}{2 * \varphi}$ (20).

1.2.2 Stabilita v zatáčce [1,4]

Jedná se opět o stabilitu příčnou. Při projíždění vozidla zatáčkou působí na vozidlo odstředivá síla F_0 :

$$F_0 = \frac{m * v^2}{R} \quad (21)$$

Tato síla působí na rameni h_t a tím vytváří klopný moment v těžišti vozidla. Rozložení sil při jízdě vozidla v zatáčce je vidět na obrázku 5.



Obrázek 5: Rozložení sil při průjezdu zatáčkou

Opět mohou nastat dvě možnosti:

a) Vozidlo dostane smyk

V tomto případě působí proti odstředivé síle boční reakce Y . Ta je dána součinitelem adheze φ a boční silou Z_k , kterou vyvíjejí kola.

$$Y = Z_k * \varphi \quad (22)$$

Aby se vozidlo dostalo do smyku, musí platit následující podmínka:

$$F_0 = Y \quad (23)$$

$$\frac{m * v^2}{R} \leq Z_k * \varphi \quad (24)$$

Z nerovnice 24 můžeme zjistit maximální rychlost (25), kterou vozidlo může jet v zatáčce o poloměru R při daném součiniteli adheze φ .

$$v_{smyk} \leq \sqrt{g * \varphi * R} \quad (25)$$

b) Vozidlo se převrátí

Síla F_0 vytváří s ramenem h_t klopný moment M_{kl} (26), ten působí v těžišti a snaží se vozidlo převrátit. Proti tomuto momentu však působí moment stabilizační M_{st} (27), který je složen z tíhové síly vozidla a poloviny rozchodu kol.

$$M_{kl} = \frac{m \cdot v^2}{R} * h_t \quad (26)$$

$$M_{st} = G * \frac{B}{2} \quad (27)$$

Podmínka, aby nedošlo k převrácení:

$$M_{kl} \leq M_{st} \quad (28)$$

$$\frac{m \cdot v^2}{R} * h_t \leq G * \frac{B}{2} \quad (29)$$

Z této podmínky se zjistí rychlost (30), kterou vozidlo může jet zatáčkou, než dojde k převrácení (součinitelé adheze jsou takové, že nedojde ke smyku).

$$v_{klop} \leq \sqrt{\frac{g * B * R}{2 * h_t}} \quad (30)$$

Z hlediska bezpečnosti je požadováno, aby vozidlo nejprve dostalo smyk. Proto dáváme obě rychlosti do nerovnosti (31 a 32). Pokud z nerovnice 32 získáme výšku těžiště, dostáváme tzv. podmínku bezpečnosti, která je stejná jako rovnice 20 v kapitole 1.2.1.

$$v_{smyk} < v_{klop} \quad (31)$$

$$\sqrt{g * \varphi * R} < \sqrt{\frac{g * B * R}{2 * h_t}} \quad (32)$$

1.2.3 Rozložení váhy na nápravách [4]

Poloha těžiště má vliv na rozložení váhy vozidla mezi jednotlivé nápravy. Jedná se o vzdálenost těžiště od přední respektive od zadní nápravy. Pomocí jedné z těchto poloh jsme schopni vypočítat hodnotu zatížení přední, respektive zadní nápravy. Rozložení sil je stejné jako na obrázku 1 v kapitole 1.1.1. Pro výpočet zatížení přední nápravy (R_{pn}) a zadní nápravy (R_{zn}) lze využít rovnice 3,4 z kapitoly 1.1.1. :

$$R_{zn} = \frac{G \cdot l_p}{L} \quad (33)$$

$$R_{pn} = \frac{G \cdot l_z}{L} \quad (34)$$

Je potřeba znát alespoň jednu radiální reakci R_{pn} , R_{zn} (zatížení nápravy), lze druhé zatížení vypočítat pomocí statické rovnice rovnováhy (35):

$$\sum F_y = 0 ; -G + R_{zn} + R_{pn} = 0 \quad (35)$$

Potom:

$$R_{pn} = G - R_{zn} = G - \frac{G \cdot l_p}{L} \quad (36)$$

$$R_{zn} = G - R_{pn} = G - \frac{G \cdot l_z}{L} \quad (37)$$

1.2.4 Vliv polohy těžiště na řiditelnost [2,3]

Rozdělení hmotnosti vozidla na nápravy (výpočet v předchozí kapitole 1.1.3) také výrazně ovlivňuje řiditelnost motorových vozidel. Vhodnou volbou polohy těžiště (l_p, l_z, h_t) lze získat požadované jízdní vlastnosti (vozidlo přetáčivé, nedotáčivé, jeho stoupavost či podmínka řiditelnosti). Např. se při jízdě vozidla do kopce odlehčuje přední náprava. Čím dále (od přední nápravy) a výše bude těžiště, tím dříve vozidlo ztratí řiditelnost v důsledku velkého odlehčení přední nápravy (ztratí kontakt s vozovkou).

Vozidlo by tedy mělo mít těžiště blíže k přední nápravě. V praxi ovšem nemají vozidla s více zatíženou zadní nápravou rozdílnou řiditelnost. Konstrukčními prostředky, jako např. změnou huštění pneumatik, volbou tuhosti řízení nebo samořízením, může být dosaženo stejné řiditelnosti i pro vozidla s různou polohou těžiště.

2. METODA A MĚŘENÍ

2.1 Metoda [1]

Jedná se o zjištění polohy těžiště vozidla vážením pomocí čtyř vah, které je přesnější oproti metodě výpočtové. Princip spočívá ve vážení vozidla na nájezdových vahách. Takto lze zjistit hmotnost, ze které se počítají radiální reakce na všech kolech. Velikost těchto reakcí je závislá na vzdálenosti od těžiště a proto je možnost zjistit jeho polohu.

Více o této metodě i jiných metodách lze najít v diplomové práci Ing. Michala Vernerera. [1]

2.2 Popis a postup měření

2.2.1 Popis [1]

Pro zjištění podélné, příčné a výškové polohy těžiště bylo využito metody vážení vozidla ve vodorovné poloze a v poloze, kdy je vozidlo naklopeno na zadní nápravu. Při naklopení se využilo nosných konstrukcí pro nájezdové váhy, které vytvořil Ing. Michal Verner. Dále bylo pro měření využito čtyř nájezdových vah, kterými disponuje Dopravní fakulta Jana Pernera a dvousloupového elektro-mechanického zvedáku.

K dosažení co nejlepších výsledků je nutné před měřením splnit tyto hlavní parametry:

- Vozidlo se váží v pohotovostním i provozním režimu. V provozním režimu měříme s řidičem, spolujezdcem a další posádkou (max. 5 osob ve vozidle). Při průměrné hmotnosti osoby 80 kg.
- Pneumatiky jsou bez poškození a nahuštěny na správný tlak (předepsaný výrobcem).
- Váhy musí ležet v jedné rovině (při vodorovném vážení pod všemi koly, při nakloněném stavu vždy pod koly nápravy).
- Podvozek nesmí obsahovat úpravy, které se výrazně liší od parametrů udaných výrobcem.

2.2.2 Postup měření

Jako první se zapíše informace o vozidle (značka, model, karoserie, rok výroby, ...). Následně se změří rozměry vozidla (rozvor, rozchody, statický poloměr kola, ...) kromě statických poloměrů kol při náklonu. Ty se měří až po naklonění vozidla.

Připraví se váhy, které je potřeba zapojit do měřicí ústředny. Ta má u konektorů čísla kanálů, do kterých lze zašroubováním připojit kabely s příslušným číslem. Pro nejlepší zadávání do protokolu z měření a programu na výpočet těžiště je vhodné zapojit kabely následujícím způsobem:

- a) Kabel (kanál) číslo 1 zapojit pod pravé zadní kolo.
- b) Kabel (kanál) číslo 2 zapojit pod pravé přední kolo.
- c) Kabel (kanál) číslo 3 zapojit pod levé zadní kolo.
- d) Kabel (kanál) číslo 4 zapojit pod levé přední kolo.



Obrázek 6: Ukázka zapojení kabelů do ústředny

Než se s vozidlem najede na váhy, musí se váhy zapnout a vynulovat. Po zapnutí tlačítkem na obrázku 7 se automaticky provede vynulování vah.



Obrázek 7: Tlačítko spouštění a nulování měřicí ústředny

Pokud automatické vynulování neproběhne, opět je třeba zmáčknout tlačítko na obrázku 7 a váhy se vynulují. Poté lze s vozidlem najet na váhy. Před samotným měřením je potřeba odbrzdit ruční brzdu a případně vyřadit rychlostní stupeň. V další části se čeká, až se hmotnost na obrazovce měřicí ústředny ustálí na určité hodnotě a následně se vytiskne záznam o hmotnosti (stisknutím tlačítka na obrázku 8).



Obrázek 8: Tlačítko pro tisk záznamu

Na tomto záznamu je vidět hmotnost na jednotlivých kolech (čísla kol jsou závislá na zapojení), celková hmotnost, datum a čas měření (ukázka na obrázku 9).

```

WHEEL 1      258 kg
WHEEL 2      336 kg
WHEEL 3      236 kg
WHEEL 4      332 kg

GROSS        1168 kg
TARE          0 kg
NET          1168 kg
09/12/14  12:34:58

```

Obrázek 9: Záznam z měřicí ústředny vah

Když je vozidlo změřeno prázdné, nastoupí posádka. Nejprve 5 osob, které postupně vystupují. Při třech členech posádky si osoba na zadních sedadlech přeseďá. Jednou sedí za spolujezdcem, podruhé za řidičem. Měření ve vodorovné poloze tímto končí a začne měření v nakloněné poloze.

Před samotným nakloněním vozidla je nutné zabrzdit ruční brzdou a zajistit zadní kola klínem. Po zabrzdění se připraví zvedák pod vyztužené, nosné body karoserie a vozidlo se přizvedne. Váhy je potřeba vytáhnout zpod kol a připravit na nosné konstrukce. Vozidlo se pomalu zvedá a kontroluje se vývoj naklonění. Váhy na nosných konstrukcích se přistrčí pod kola a vozidlo opatrně spuštěno, dokud se zvedák zcela neuvolní. Když je vozidlo v nakloněné poloze na nosných konstrukcích, musí se uvolnit klíny od zadních kol a odbrzdit ruční brzda. Dále je pro výpočet potřeba změřit statický poloměr kol na jednotlivých nápravách a opět zabrzdit ruční brzdou.

Vážení celého vozidla probíhá stejně jako při vážení ve vodorovném stavu, ale je potřeba dbát na důležité věci:

- Při nastupování posádky je důležité, aby byla ruční brzda zabrzděna a funkční!
- Při vážení musí být ruční brzda odbrzděna a posádka se nesmí hýbat!

Výsledný záznam (Obrázek 9), který je na termo-citlivém papíru se musí přepsat do měřicího protokolu, případně tento záznam oskenovat pro pozdější zpracování a eliminaci chyb z prepisování do protokolu. Protokol o měření je umístěn v příloze 1 a v příloze 2 lze najít obrázky z měření (obrázek 21 a 22).

2.3 Použité měřicí přístroje

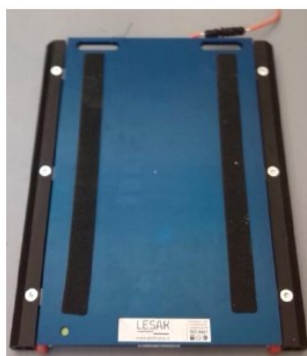
K měření hmotnosti na jednotlivých kolech se využily nájezdové váhy a měřicí ústředna, která je k dispozici na Dopravní fakultě Jana Pernera ve Výukovém a výzkumném centru v dopravě. Pro vzdálenosti (rozvor, rozchody, atd.) a statické poloměry kol jsem využil vysouvací metr a jednoduchý přípravek k lepšímu odhadnutí středu kola.

a) Platformy [5]

Vážicí platformy (obrázek 10) jsou vyrobeny v Itálii a mají označení DINWWSE12T. Váhy jsou tvořeny robustní hliníkovou konstrukcí, která je osazena šesti tenzometrickými snímači síly (hmotnosti). To zabezpečuje správné rozložení hmotnosti, i když kola vozidla nejsou přesně ve středu platformy. Platformy jsou ze spodní strany opatřeny pryží pro dobrou přilnavost na každém povrchu a konektory pro připojení kabelů sloužících k propojení s vážní jednotkou.

Technické údaje platformy:

Váživost jedné platformy:	max. 6 000 kg, min. 40 kg
Dílek – přesnost:	2 kg
Rozměry jedné platformy š x v x d (mm):	700x58x561
Rozměry vážní plochy š x d (mm):	700x450
Délka kabelu:	10 m
Provedení vážní plochy:	slitina Al
Provedení konstrukce:	slitina Al
Krytí:	IP-68
Prostředí:	suché, prašné, vlhké, mokré
Provozní teplota:	-10 °C až +40 °C
Umístění:	na podlahu
Hmotnost jedné platformy:	26 kg



Obrázek 10: Přenosná vážicí platforma

b) Měřicí ústředna (vážní jednotka) [5]

Měřicí ústředna nese označení DFWKRP (obrázek 11). Výhodou této ústředny je vestavěná tiskárna, zabudovaný režim i pro obchodní vážení a lze k ní paralelně připojit až 8 platforem. Pro zobrazení používá LCD display a pomocí tlačítek si lze navolit, jaké platformy se budou zobrazovat (vyplývá ze zapojení).

Technická data vážící jednotky:

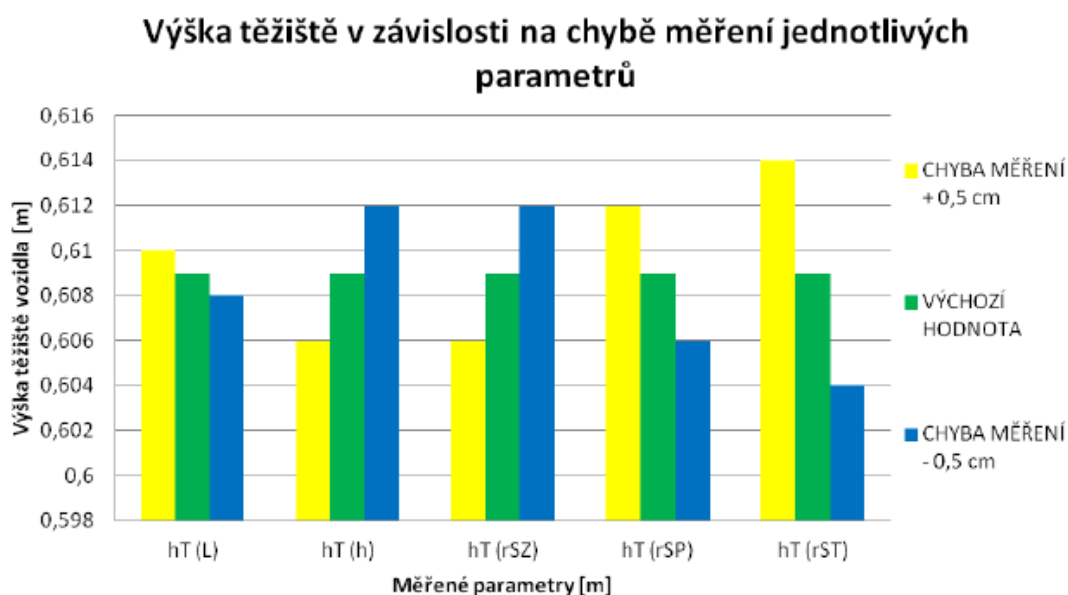
Funkce váhy:	vážení, sumační režim
Provedení kufru:	plast
Krytí:	IP-54
Prostředí:	suché, prašné
Napájení:	AC 230V/12V DC
Alternativní napájení:	AKU 6V vestavěný, délka provozu až 10 hodin
Display:	LCD – 25 mm
Komunikace:	RS232
Příkon:	5 W
Rozměr kufru š x v x d:	460 x 170 x 325
Hmotnost:	5 kg



Obrázek 11: Měřicí ústředna (vážní jednotka)

2.4 Chyby měření [1]

Výsledky jsou ovlivňovány nepřesností měření jednotlivých parametrů, ale také nepřesností vah. Ta ovlivňuje výškovou polohu těžiště. Maximální nepřesnost při měření jednotlivých parametrů je zvolena 0,5 cm. Na grafu 1 je uvedena závislost výšky těžiště na chybě měření jednotlivých parametrů (L – rozvor, h – výška nosné konstrukce, r_{sz} – statický poloměr kol zadní nápravy při náklonu, r_{sp} – statický poloměr kol přední nápravy při náklonu, r_{st} – statický poloměr kol ve vodorovné poloze). Na ose y je vynesena změna výšky těžiště a na ose x jsou jednotlivé parametry, u kterých byla výchozí hodnota změněna o 0,5 cm.



Graf 1: Závislost výšky těžiště na chybě měření [1]

Graf 1 ukazuje, že vliv nepřesnosti měření je u rozvoru malý (1mm). U výšky nosné konstrukce a statických poloměrů při náklonu (zadní nápravy r_{sz} , přední nápravy r_{sp}) už je chyba větší, ale největší chyba se vyskytuje při měření statického poloměru kol (až 5mm). To je dáno tím, že statický poloměr kol se přímo přičítá k výšce těžiště vozidla, takže hodnota chyby bude stejně velká jako nepřesnost měření.

Další chybu způsobí nepřesnost vah (tabulka 1). Váhy mají rozptyl 2 kg a s narůstajícím zatížením se jejich nepřesnost nezhoršuje, ale čím je větší hmotnost, tím se vliv nepřesnosti na výsledek zmenšuje [1].

Chyba měření (rozptyl vah)	± 1 kg	± 2 kg
Posunutí výškové polohy těžiště (h_t)	± 9 mm	± 18 mm

Tabulka 1: Hodnoty posunutí výškové polohy těžiště v závislosti na nepřesnosti vah [1]

Vliv na přesnost výškové polohy těžiště má také úhel naklonění vozidla (α), ten by měl být co největší. To zajišťují nosné konstrukce a také rozvor kol (L), protože uhel naklonění je závislý právě na rozvoru (tabulka 2). V měření se z důvodů bezpečnosti používala výška nosné konstrukce $h = 0,60$ m (vychází z [1]).

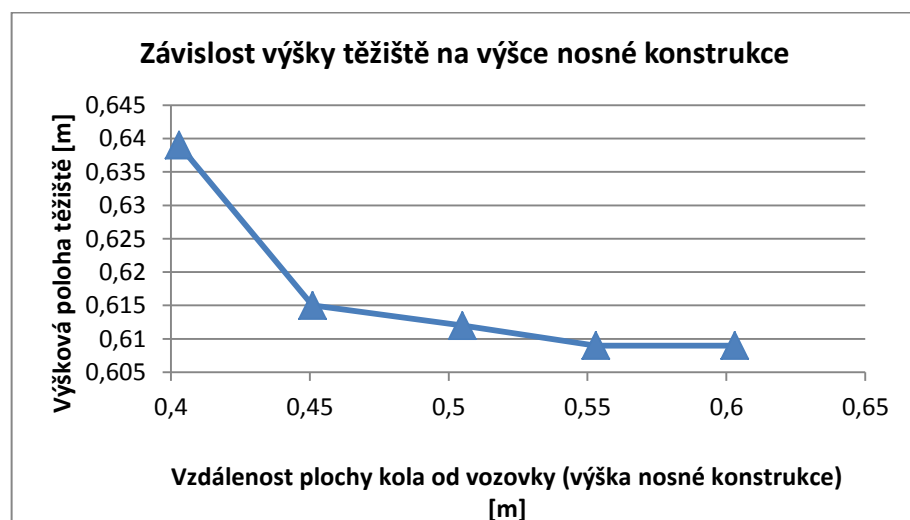
Automobil	Rozvor L [m]	h [m]	Úhel α [°]
Ford Fiesta - 1997	2,45	0,602	13,805
Škoda Felicia - 1999	2,45	0,602	13,805
VW Polo - 2008	2,47	0,602	13,697
Nissan Almera-1999	2,53	0,602	13,384
Peugeot 607 Sedan	2,81	0,602	12,092
Škoda Rapid Liftback	2,6	0,602	13,036
Škoda Fabia II-2010	2,47	0,602	13,697
Renault Megáne všechny typy	2,58	0,602	13,134

Tabulka 2: Závislost úhlu α na výšce nosné konstrukce a rozvoru

V tabulce 3 a na grafu 3 můžeme vidět závislost výšky těžiště (h_T) na výšce nosné konstrukce (h). Je vidět, že při nejmenší výšce konstrukce (0,4 m) je oproti přesnějšímu měření při výšce 0,6 m rozdíl 30 mm. Obecně se hodnota chyby zmenšuje s výškou nosné konstrukce, proto je nejlepší využít největší možnou výšku.

h_T [m]	0,603	0,553	0,505	0,451	0,403
h [m]	0,609	0,609	0,612	0,615	0,639

Tabulka 3: Závislost výškové polohy těžiště na vzdálenosti plochy kola od vozovky [1]

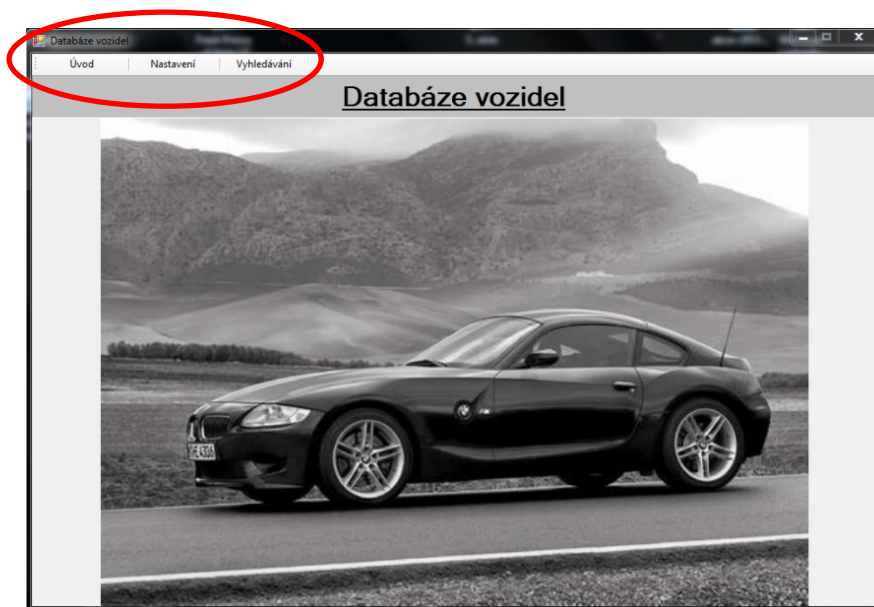


Graf 3: Závislost výškové polohy těžiště na vzdálenosti plochy kola od vozovky [1]

3. DATABÁZE [1]

Původní databázi vytvořil ve své diplomové práci [1] Ing. Michal Verner, přičemž byla vytvořena v prostředí Microsoft Visual Studio. V mém případě jsem potřeboval celý program rozšířit o možnost zadávání a načítání dat pro zatížení větší posádkou než řidičem. V následující kapitole seznámím uživatele s vyhledáváním v databázi vozidel. Více informací o databázi a ukládáním dat lze nalézt v diplomové práci [1].

3.1 Seznámení s programem



Obrázek 12: Úvodní obrazovka

Na úvodní obrazovce (obrázek 12) je v levém horním rohu (vyznačeno červeným oválem) vidět několik základních tlačítek:

- a) Úvod: Při kliknutí na toto tlačítko se program databáze vrátí zpět na úvodní stránku (obrázek 12).
- b) Nastavení: Toto tlačítko uživatele navede na vkládání vozidel a dat do databáze programu.
- c) Vyhledávání: Pro běžného uživatele nejdůležitější tlačítko. Po jeho zmačknutí se zobrazí obrazovka s filtry určenými k vyhledávání vozidel v databázi (obrázek 13).

Název auta	KW	Rok výroby	Karoserie
Renault Megáne 1.6 16V - Benzín	79	1999	Sedan
Renault Megáne 1.6 16V - Benzín	79	2000	Kombi
Renault Megáne 1.6 16V - Benzín	79	2002	Hatchback
Renault Megáne Scenic 1.6 16V - Be...	79	2003	MPV

Obrázek 13: Uživatelské rozhraní pro vyhledávání vozidel

Na horním obrázku 13 je vidět obrazovka pro vyhledávání vozidel. Po zadání značky automobilu program umožní zvolit model vozidla a následně i motor. Jakmile se zadají všechny dané filtry a vozidlo je v databázi, objeví se hledané vozidlo ve spodní tabulce (na obrázku 13 vyznačeno). Následným dvojklikem na vozidlo, se ukáže formulář včetně dat o vozidlu (obrázek 14).

Detail vozidla

Značka: Renault
 Model: Megáne
 Motor: 1.6 16V - Benzín
 Karoserie: Sedan
 Rok výroby: 1999
 KW: 79

Rozvor náprav: L=2,58 m
 Rozchod přední nápravy: B2 = 1,447 m
 Rozchod zadní nápravy: B1 = 1,42 m
 Pneu použité při měření: 185/60 R15
 Statický poloměr kol: r0 = 0,0285 m
 Stav paliva: p = -23 l
 tažné zařízení

Poloha těžiště vozidla: **Řidič a spolujezdec**
 bez posádky
 2 osoby - vzadu za spolujezdcem
 3 osoby - vzadu za řidičem
 4 osoby - za řidičem a spol. jezdcem
 5 osob - před spol. jezdcem

Podélná poloha těžiště vozidla: $x_{Tz} = 1,047$ m
 Vzdálenost těžiště od přední nápravy: $x_{Tz} = 1,047$ m
 Vzdálenost od osy Y (osa Y znázorněna na obrázku): $y_{Tz} = 0,015117$ m

Příčná poloha těžiště vozidla:
 Vzdálenost od osy X (osa X znázorněna na obrázku): $y_{Tz} = 0,243$ m

Výšková poloha těžiště vozidla:
 K ose procházející středy nábojů kol přední a zadní nápravy: $h_{Tz} = 0,277$ m

Obrázek 14: Formulář s daty vozidel

Formulář obsahuje několik obrázků (značka vozidla, typ vozidla a obrázek s rozměry), ale hlavně data o zvoleném vozidle. Ve spodní části se zvolí žádané zatížení (vyznačeno na obrázku 14) a objeví se hodnoty určující polohu těžiště.

4. VYHODNOCENÍ DAT

Pro vyhodnocení vlivu posádky či karoserie jsem použil data od vozidel Renault:

- a) Renault Megáne Grandtour - Kombi (Příloha 2, obrázek 17)
- b) Renault Megáne Classic - Sedan (Příloha 2, obrázek 18)
- c) Renault Megáne - Hatchback (Příloha 2, obrázek 19)
- d) Renault Megáne Scenic - MPV (Příloha 2, obrázek 20)

Tato vozidla jsem zvolil záměrně, protože:

- 1) Všechna jsou postavena na stejném základu. Kombi, sedan, hatchback mají podle rozměrových parametrů stejný rozchod, rozvor a mají předepsané stejné pneumatiky. MPV se od třech předchozích liší jen v rozchodu zadní nápravy. Je větší kvůli zvětšení prostoru pro posádku a kufru.
Při měření jsem sice nedosáhl 100% stejných rozměrů, ale většinou se pohybujeme v rozmezí chyby 0,5 cm.
- 2) Mají stejný zážehový spalovací motor o objemu 1,6l s označením 16V o výkonu 79 kW. Z toho lze předpokládat stejná hmotnost agregátu.
- 3) Typy karoserií zvolených vozidel v podstatě pokryjí nejčastěji používané karoserie.
- 4) Kombi a sedan měli stejné rozměry pneumatik (180/60 R15). Pneumatiky u hatchbacku a MPV měli opět stejné pneumatiky (175/65 R15).

V následujících dvou podkapitolách je zhodnocení vlivu posádky a karoserie na polohu těžiště. Zvolil jsem zhodnocení vzdálenosti těžiště od přední nápravy, vychýlení od podélné osy vozidla (od osy x doprava nebo doleva) a výšku těžiště h_{t0} (rozměry na obrázcích 15 a obrázku 16 v příloze 2).

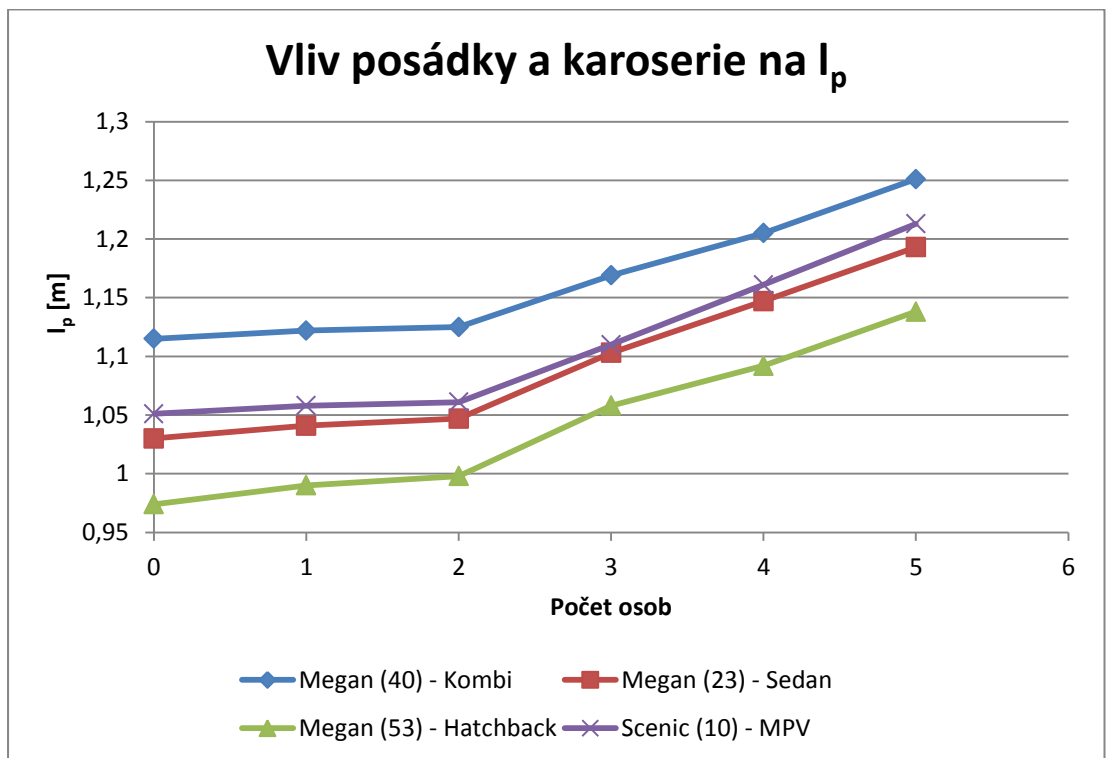
Pozn.: Při měření 3 osob se měřilo s osobou za spolujezdcem i za řidičem z toho vyplývají dvě hodnoty, ale v grafech (graf 3,4,5) je uvedena jen jedna hodnota a to ta, kdy 3 osoba seděla za spolujezdcem, z důvodů lepšího zobrazení na grafech.

Pozn.: U všech těchto typů vozidel a karoserií je v grafech uvedeno množství paliva v nádrži.

4.1 Vliv posádky a karoserie na polohu těžiště

4.1.1 Vzdálenost těžiště od přední nápravy

Vzdálenost od přední nápravy l_p může ovlivnit například stoupavost vozidla (podmínka říditelnosti) či přetáčivost, nedotáčivost apod.. Porovnání výše uvedených vozidel lze vidět na grafu 3 (tabulka 4, příloha 3).

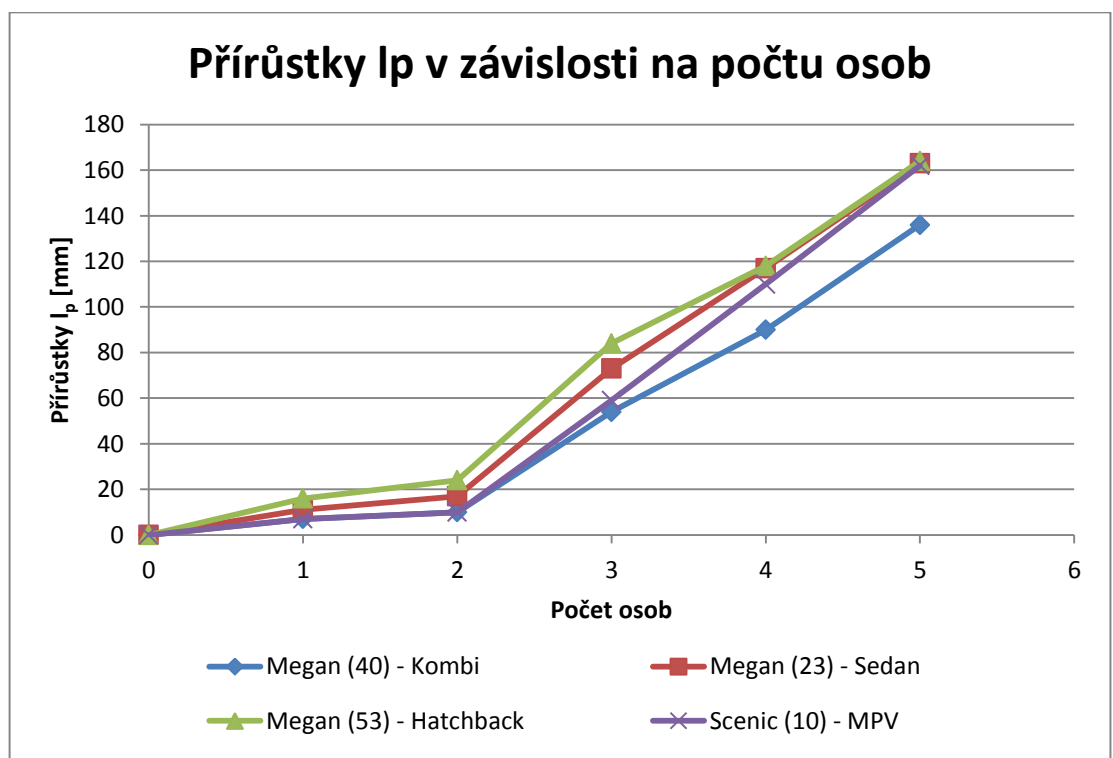


Graf 3: Vliv posádky a karoserie na vzdálenost od přední nápravy (l_p)

Z grafu 3 je zřejmé, že kombi má těžiště nejdále od přední nápravy. To odpovídá tvaru a rozložení hmoty této karoserie. Např. oproti MPV je karoserie kombi rozměrově delší (zadní převis asi o 266 mm), z toho vyplývá o něco více váhy na zadní nápravě. U hatchbacku lze nalézt těžiště nejbližší přední nápravě. Opět je to způsobeno rozměry (nejkratší zadní převis). Obrázky vozidel pro porovnání jsou v příloze 2 (obrázek 17,18,19,20).

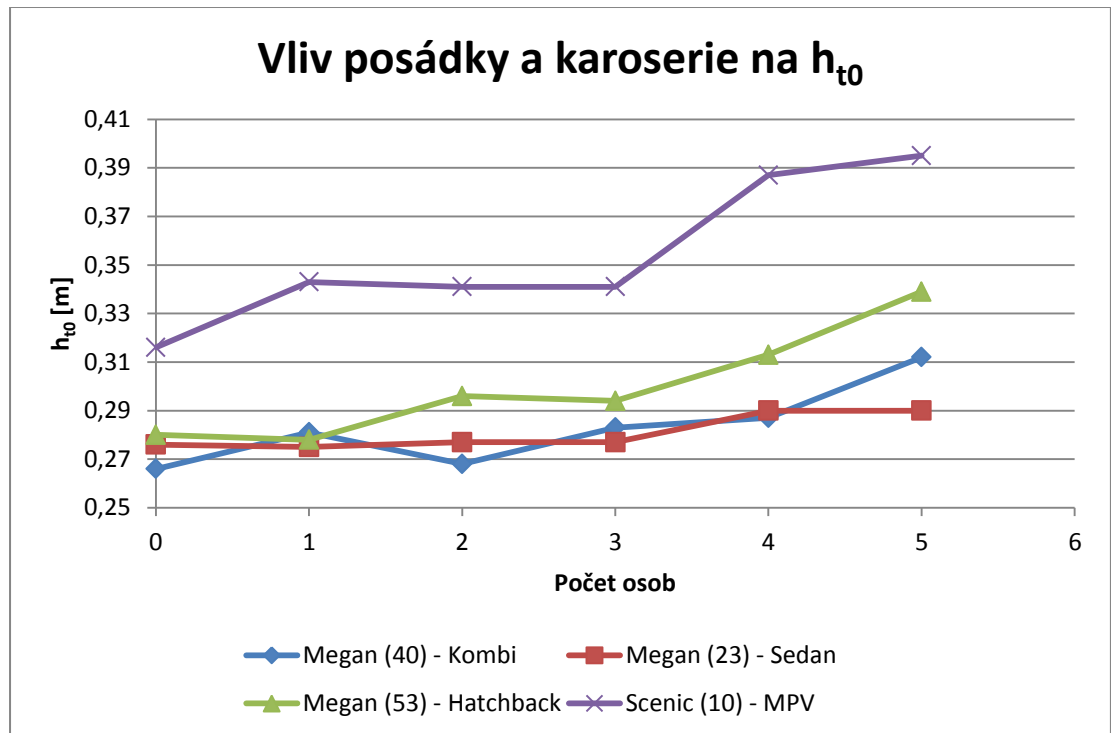
U vlivu posádky na vzdálenost l_p , můžu obecně říci, že při zatížení vozidla řidičem a spolujezdcem se vzdálenost nemění ve velkém rozmezí. Znatelněji se změní až při zatížení 3, 4, 5 osobami, jak je vidět v tabulce 4 a grafu 4 na následující straně.

	Megan (40) - Kombi					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
přírůstky l_p [mm]	136	90	54	10	7	0
	Megan (23) - Sedan					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
přírůstky l_p [mm]	163	117	73	17	11	0
	Megan (53) - Hatchback					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
přírůstky l_p [mm]	164	118	84	24	16	0
	Scenic (10) - MPV					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
přírůstky l_p [mm]	162	110	59	10	7	0

Tabulka 4: Přírůstky vzdálenosti l_p v závislosti na zatížení posádkouGraf 4: Přírůstky l_p v závislosti na zatížení posádkou

4.1.2 Výšková poloha těžiště

Pro vyhodnocení výškové polohy těžiště jsem zvolil výškovou polohu těžiště od středů kol. K této hodnotě se nepřičítá statický poloměr kola a tak částečně eliminuji různé rozměry použitých pneumatik.



Graf 5: Vliv posádky a karoserie na výškovou polohu těžiště od středů kol (h_{t0})

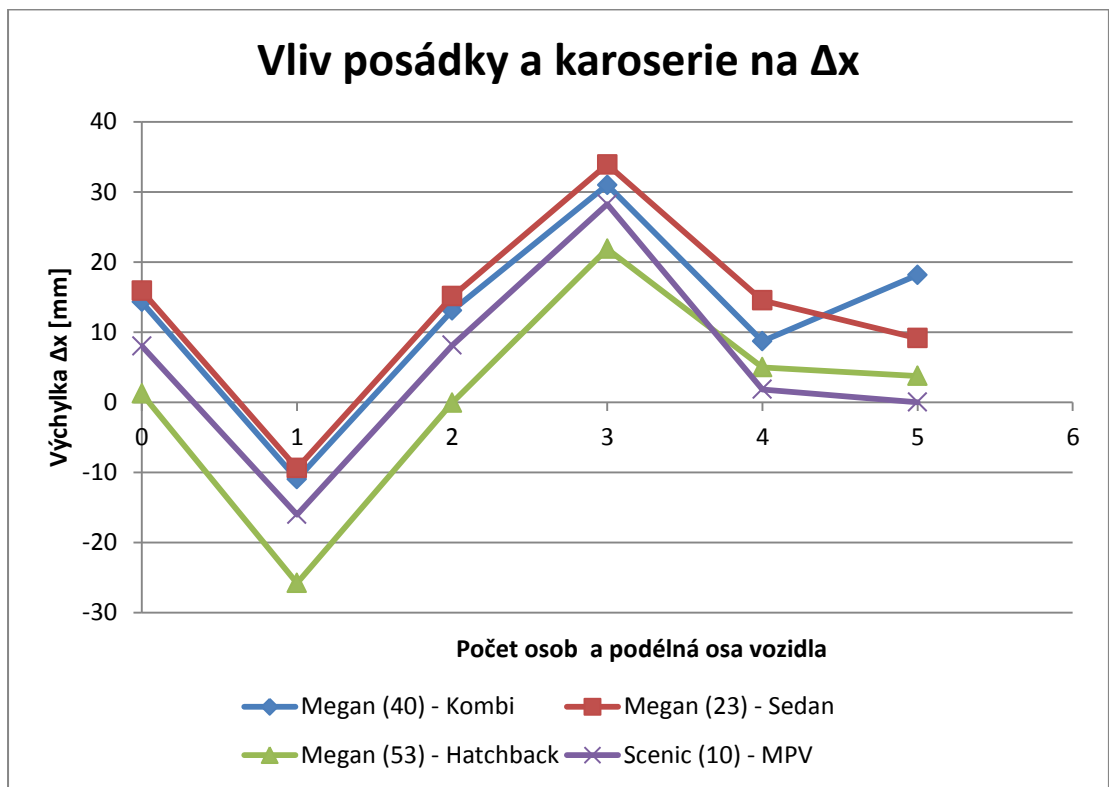
Graf 4 (tabulka 5, příloha 3) ukazuje, že výška těžiště h_{t0} , tím pádem i poloha těžiště h_t od země, se nejvíce zvyšuje u vozidla s karoserií MPV, kde je to způsobeno velikostí a tvarem karoserie a také vyššími sedáky. Hatchback má oproti kombi a sedanu vyšší polohu těžiště. Jelikož se zvyšuje až se zatížením více osobami a zatížením pravé strany, může to být způsobeno největším množstvím paliva v nádrži (ta je umístěna právě na pravé straně). *Pozn.: Výška těžiště s 3 osobou za řidičem je u hatchbacku stejná.*

Výška těžiště u typu sedan a kombi se liší jen velmi málo. Pokud je kombi prázdný, tak má nejmenší výšku těžiště. Může to být způsobeno větší hmotností karoserie kombi, protože v prázdném stavu je veškerá hmotnost uložena relativně nízko. Při zatížení posádkou se vyrovnává s výškou těžiště sedanu.

Obecně se výška těžiště zvyšuje až se zatížením více jak 3 osobami. Nejspíše je to způsobeno tím, že 3 osoby mají svou hmotnost stále nízko. Z měření vyplývá, že nejlepší polohu těžiště co do výšky má karoserie typu sedan.

4.1.3 Výchylka od podélné osy vozidla

Při navrhování vozidla je potřeba dbát na rozložení hmotnosti tak, aby výchylka byla co nejmenší a těžiště se blížilo právě podélné ose vozidla. Tento rozměr je na obrázku 17 uveden jako Δx . Podle vychýlení doprava nebo doleva od podélné osy rotace ovlivňuje zatížení příslušné strany. X-ová osa v grafu 5 zobrazuje nejenom počet osob, ale taky naznačuje podélnou osu vozidla.



Graf 6: Vliv posádky a karoserie na výchylku od podélné osy vozidla (Δx), třetí osoba za spolujezdcem

Graf 5 (tabulka 6, příloha3) ukazuje, jaký vliv má na výchylku posádka. Při zatížení jednou osobou je na tom nejlépe sedan s kombi a opět vidíme, že kombi a sedan mají velmi podobný průběh a rozložení hmotnosti při zatížení. Je to dáno tím, že tyto dvě vozidla mají úplně totožný podvozek a liší se jen tvarem zavazadelníku respektive zadní částí karoserie. Jinak obě karoserie jsou stejně dlouhé, vysoké a široké.

Hatchback má při zatížení jednou osobou největší výchylku, ale naopak při větším zatížení je na tom lépe než kombi a sedan. Nejlepší rozložení je při zatížení dvěma osobami.

MPV vítězí při zatížení čtyř nebo pěti členů posádky.

Obecně lze říci, že největší výchylka je při zatížení třemi osobami. V tomto případě sedí osoba za spolujezdcem, tzn. na pravé straně. Graf 6, kde je uvedeno zatížení třetí osobou za místem řidiče lze nalézt v příloze 3.

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla věnována zjišťování polohy těžiště měření včetně posádky. Polohu těžiště je vhodné znát, protože těžiště má vliv na bezpečnost vozidla, ale také na jeho vlastnosti jako je průjezd vozidla zatáčkou, stoupavost, říditelnost, jízda na bočním svahu, atd.. K zjištění polohy těžiště byla využita již vytvořená metoda vážením a naklápěním vozidla na zadní nápravu.

Přínosem celé bakalářské práce je měření a vyhodnocení polohy těžiště včetně posádky. Změřeno bylo celkem 13 osobních vozidel. Díky tomu se rozšířila databáze na 18 vozidel.

Měření probíhalo ve výukovém centru v dopravě v Doubravicích společně s dobrovolníky z řad studentů i pedagogů. Získaná data z měření jsem počítal přes vytvořený program a zapisoval do rozšířeného programu databáze. Při zapisování vstupních dat do programů byl kladen důraz na přesnost a data byly několikrát překontrolovány.

Díky možnosti změřit vozidla stejného typu (stejný model Megáne vyráběný od roku 1999 do roku 2003 včetně stejného motoru 1.6 16V 79 kW) od stejného výrobce (Renault), ale jiné karoserie (kombi, sedan, hatchback, MPV) jsem mohl vytvořit závislost polohy těžiště na a typu karoserie a díky měření včetně posádky byla vytvořena a zhodnocena i závislost polohy těžiště na zatížení 2, 3, 4 a 5 osobami.

Veškeré protokoly o měření, data a CD s upravenou databází jsou uloženy u vedoucího práce.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] VERNER, Michal. 2014. *Základ databáze parametrů vozidla*. Pardubice. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, DFJP.

[2] VALA, Miroslav a Miroslav TESAŘ. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003, 229 s. ISBN 80-7194-503-x.

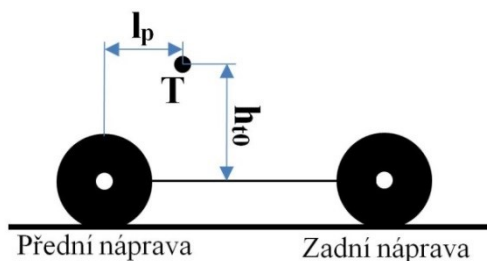
[3] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003, 432 s. ISBN 80-239-0024-2.

[4] TESAŘ, Miroslav. *Mechanika pohybu silničních vozidel: Učební texty (zápisky)*. Univerzita Pardubice.

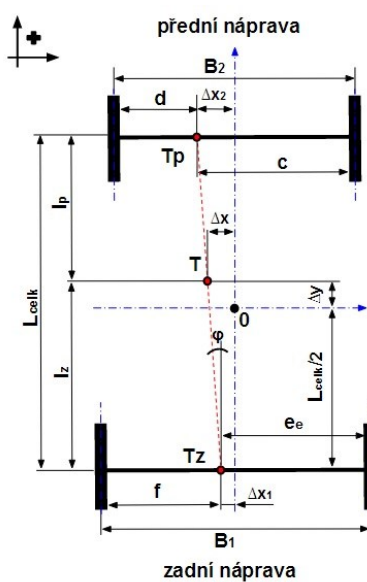
[5] *LESAK: Vážicí zařízení, pokladní systémy* [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://www.profi vahy.cz/profi-vahy/eshop/0/3/5/1360-Vaha-napravova-automobilova-WWSE-do-12T>

PŘÍLOHY

Příloha 1 Obrázky



Obrázek 15: Vzdálenost od přední nápravy a výška těžiště od středů kol



Obrázek 16: Další rozměry pro určení polohy těžiště



Obrázek 17: Renault Megane Grandtour - kombi



Obrázek 18: Renault Megáne Classic – sedan



Obrázek 19: Renault Megáne – hatchback



Obrázek 20: Renault Megáne Scenic – MPV



Obrázek 21: Příprava pro vodorovné měření



Obrázek 22: Měření vozidla při naklopení



Obrázek 23: Nájezdové platformy a vážní jednotka

Příloha 2 *Graf a tabulky*

Hodnoty těžiště v závislosti na nepřesnosti měření															
		L		B1		B2		h		rsz		rsp		rst	
Chyba měření		± 1 cm	± 0,5 cm	± 1 cm	± 0,5 cm	± 1 cm	± 0,5 cm	± 1 cm	± 0,5 cm	± 1 cm	± 0,5 cm	± 1 cm	± 0,5 cm	± 1 cm	± 0,5 cm
Posunutí	hT	± 3 mm	± 1 mm	0	0	0	0	± 6 mm	± 3 mm	± 6 mm	± 3 mm	± 6 mm	± 3 mm	± 10 mm	± 5 mm
	lz	± 6 mm	± 3 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	lp	± 4 mm	± 2 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	c	0	0	± 4 mm	± 3 mm	± 1 mm	± 1 mm	0	0	0	0	0	0	0	0
	d	0	0	± 4 mm	± 3 mm	± 10 mm	± 5 mm	0	0	0	0	0	0	0	0
	e	0	0	± 1 mm	± 1 mm	± 1 mm	± 3 mm	0	0	0	0	0	0	0	0
	f	0	0	± 10 mm	± 6 mm	± 6 mm	± 3 mm	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabulka 5: Hodnoty posunutí těžiště v závislosti na nepřesnosti měření [1]

	Megan (40) - Kombi					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
l_p [m]	1,251	1,205	1,169	1,125	1,122	1,115
	Megan (23) - Sedan					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
l_p [m]	1,193	1,147	1,103	1,047	1,041	1,03
	Megan (53) - Hatchback					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
l_p [m]	1,138	1,092	1,058	0,998	0,99	0,974
	Scenic (10) - MPV					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
l_p [m]	1,213	1,161	1,11	1,061	1,058	1,051

Tabulka 6: Vliv posádky a karoserie na vzdálenost od přední nápravy (l_p)

	Megan (40) - Kombi					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
h_{t0} [m]	0,312	0,287	0,283	0,268	0,281	0,266
	Megan (23) - Sedan					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
h_{t0} [m]	0,29	0,29	0,277	0,277	0,275	0,276
	Megan (53) - Hatchback					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
h_{t0} [m]	0,339	0,313	0,294	0,296	0,278	0,28
	Scenic (10) - MPV					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
h_{t0} [m]	0,395	0,387	0,341	0,341	0,343	0,316

Tabulka 7: Vliv posádky a karoserie na výškovou polohu těžiště od středů kol (h_{t0})

	Megan (40) - Kombi					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
Δx [mm]	18,166	8,713	30,972	13,087	-10,964	14,294
	Megan (23) - Sedan					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
Δx [mm]	9,134	14,534	33,893	15,117	-9,378	15,903
	Megan (53) - Hatchback					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
Δx [mm]	3,755	4,979	21,873	-0,052	-25,778	1,25
	Scenic (10) - MPV					
Počet osob	5	4	3	2	1	0
Δx [mm]	0,022	1,835	28,253	8,129	-16,005	8,03

Tabulka 8: Vliv posádky a karoserie na výchylku od podélné osy vozidla (Δx)

Vysvětlivky k tabulkám 4,6,7,8:

0 - prázdné vozidlo

1 - s řidičem

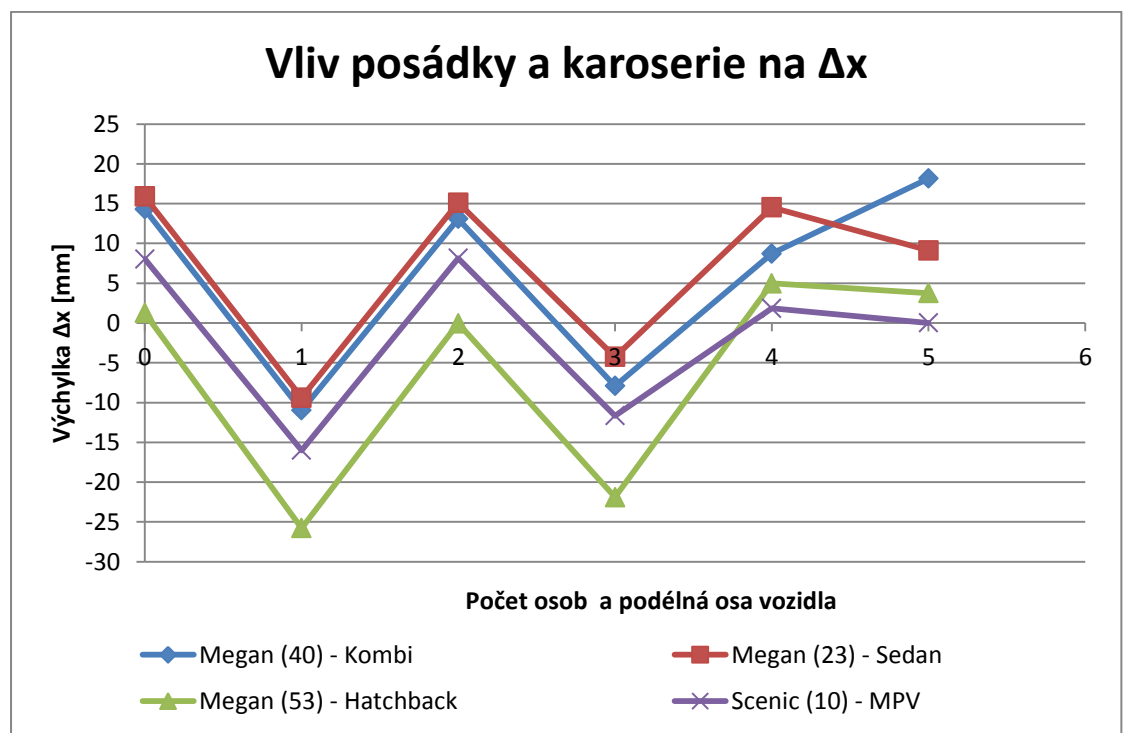
2 - řidič a spolujezdec

3 - osoba vzadu sedí za spolujezdcem

4 - osoby vzadu za řidičem a spolujezdcem

5 - maximální obsazení vozidla (max. 5 osob)

V hranaté závorce odhad množství paliva v nádrži.

Graf 7: Vliv posádky a karoserie na výchylku od podélné osy vozidla (Δx), třetí osoba za řidičem

Příloha 3 Protokol o měření

DFJP

Záznam o měření těžiště

DP-SV

Měřené vozidlo:		
Značka:	Model:	Karos.:
Rok výroby:	Motor:	kW:
Rozměry pneumatik:	Stav paliva:	
Poznámky:		

Karos. - karoserie

Rozměry vozidla	
Rozvor:	
Rozchod přední nápravy:	
Rozchod zadní nápravy:	
Výška nosné konstrukce:	
Statický poloměr:	
Statický poloměr kol zadní nápravy při náklonu:	
Statický poloměr kol přední nápravy při náklonu:	

Hmotnosti na jednotlivých kolech							
Vodorovně				Ve směru jízdy			
	Prázdné	S řidičem	5 osob	4 osoby	3osoby- vzadu v levo	3osoby - vzadu v pravo	2osoby
PZ							
PP							
LZ							
LP							
Při náklonu				Ve směru jízdy			
	Prázdné	S řidičem	5 osob	4 osoby	3osoby- vzadu v levo	3osoby - vzadu v pravo	2osoby
PZ							
PP							
LZ							
LP							

LP - levé přední kolo; PP - pravé přední kolo; LZ - levé zadní kolo; PZ - pravé zadní kolo

Vypracoval:.....**Dne:**..... **Podpis:**.....