



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ODBOR ZNALECTVÍ VE STROJÍRENSTVÍ, ANALÝZA DOPRAVNÍCH NEHOD A OCEŇOVÁNÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN MECHANICAL ENGINEERING, ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS AND
VEHICLE ASSESSMENT

MĚŘENÍ ZMĚNY VÝŠKOVÉ POLOHY TĚŽIŠTĚ U VOZIDEL SUV VLIVEM ZATÍŽENÍ

MEASURING OF CENTER OF GRAVITY CHANGE IN SUVs DUE TO WEIGHT CHANGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Antonín Caha

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Křížák

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Student:	Bc. Antonín Caha
Studijní program:	Expertní inženýrství v dopravě
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Michal Křížák
Akademický rok:	2021/22
Ústav/odbor:	Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel

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:

Měření změny výškové polohy těžiště u vozidel SUV vlivem zatížení

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce se bude zabývat analýzou změny výškové polohy těžiště u vozidel SUV vlivem změny zatížení. Úkolem bude na základě vlastních měření vyhodnotit vliv zatížení v kabině a na střeše vozidla na výšku jeho těžiště, zejména s ohledem na problematiku převrácení vozidel.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je důkladná rešerše současného stavu poznání dané problematiky. Dalším cílem práce bude realizace dostatečného počtu měření vozidel i různých zátěží u každého vozidla. Na základě vyhodnocení dat z těchto měření budou porovnány rozdíly ve výškové poloze těžiště a posouzen vliv těchto změn na převrácení vozidla při dopravní nehodě. Výsledky budou následně vhodným způsobem prezentovány.

Seznam literatury:

BRADÁČ, A. a kol.: Soudní inženýrství. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1997. ISBN 80-7204-4133-9.

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-239-0024-2.

RENSKI, Andrzej. Investigation of the influence of the center of gravity position on the course of vehicle rollover. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/279449206>

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.
vedoucí odboru

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práce se věnuje měření výškové polohy těžiště vozidel SUV a posouzení změny polohy těžiště závislé na počtu pasažérů a vlivu zatížení od střešního boxu. V úvodu je popsána motivace a nastíněn směr, jakým se celá práce bude odvíjet. V rešeršní části je popsán aktuální stav poznání dané problematiky a dále práce shrnuje metody měření polohy těžiště. Obsahuje rovněž podrobný popis dosažených výsledků získaných při praktickém měření. Kapitola diskuze výsledků řešení získané výsledky detailně komentuje. V závěru je celá práce shrnuta a doplněna o konečné závěry, které vyplývají z obsahu práce.

Abstract

The master's thesis deals with the measurement of the height position of the centre of gravity of SUVs. The thesis describes the change in the centre of gravity of the car, that was determined as a function of the number of passengers and the effect of the load from the roof box. This work in the research section describes the current state of knowledge of the subject. The other part of the work summarises the methods of measuring the centre of gravity position. The main part of the work contains a detailed description of the results obtained in practical measurements of gravity selected SUVs. Then the results are commented in detail and the conclusion summarized the information obtained from the content of the whole thesis.

Klíčová slova

Převrácení vozidel, těžiště vozidel, výšková poloha těžiště, SUV

Keywords

Vehicle rollover, vehicle center of gravity, the height of center of gravity, sport utility vehicle

Bibliografická citace

CAHA, Antonín. Měření změny výškové polohy těžiště u vozidel SUV vlivem zatížení [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-27]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/135625>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Michal Křížák.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Měření změny výškové polohy těžiště u vozidel SUV vlivem zatížení“ jsem vypracoval samostatně pod vedením Ing. Michala Křížáka a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s jejím vytvořením této jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 27. května 2022

.....

Bc. Antonín Caha

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Michalu Křížákovi za cenné rady a vedení této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat všem figurantům, kteří mi věnovali svůj volný čas a také majitelům měřených vozidel SUV za jejich vypůjčení. Poděkování patří také mé rodině a přátelům za podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

OBSAH.....	13
ÚVOD.....	17
1 SOUČASNÝ STAV / REŠERŠE.....	18
1.1 Vozidla SUV	18
1.2 Problematika převrácení vozidel SUV	19
1.2.1 Statistika převrácení SUV z NHTSA.....	20
1.2.2 Okolnosti, které ovlivňují převrácení vozidla	21
1.2.3 Okolnosti, které ovlivňují závažnost zranění při převrácení	21
1.2.4 Crash testy zaměřené na převrácení vozidel SUV	22
1.2.5 Systém ochrany proti převrácení (ROPS).....	22
1.2.6 Kontrola stability náklonu (RSC).....	23
1.2.7 Integrovaný systém pro zjišťování polohy výšky těžiště v aktuálním čase	24
1.3 Těžiště.....	25
1.4 Měření příčné a podélné polohy těžiště vozidla	25
1.4.1 Měření příčné polohy těžiště	26
1.4.2 Měření podélné polohy těžiště vozidla.....	27
1.5 Měření výškové polohy těžiště vozidla	28
1.5.1 Metoda vážení vozidla při naklápění na nápravu.....	29
1.5.2 Metoda vážení vozidla při naklápění na bok.....	30
1.5.3 Metoda pomocí zjištění úhlu překlopení	31
1.5.4 Metoda zavěšení celého vozidla	33
1.6 Stabilita vozidla.....	34
1.6.1 Statický stabilizační faktor (SSF)	35
1.6.2 Boční smyk vozidla	37
1.6.3 Převrácení vozidla	39
2 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ.....	41
2.1 Minimalizování chyb při měření.....	41
3 POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ.....	44
3.1 Postup měření	44
3.2 Použité prostředky k měření	45
3.2.1 Mobilní statická váha.....	45
3.2.2 Zvedáky Easy-lift 1500	46
3.2.3 Zátěž ve vozidle.....	46

4	VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	48
4.1	Výpočet těžiště vozidla Ford Puma	48
4.1.1	Vozidlo zatížené řidičem	49
4.1.2	Vozidlo zatížené dvěma figuranty.....	49
4.1.3	Vozidlo zatížené třemi figuranty	49
4.1.4	Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty.....	50
4.1.5	Vozidlo zatížené pěti figuranty	50
4.1.6	Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Ford Puma	50
4.2	Výpočet těžiště vozidla Škoda Yeti	52
4.2.1	Vozidlo zatížené řidičem	53
4.2.2	Vozidlo zatížené dvěma figuranty.....	53
4.2.3	Vozidlo zatížené třemi figuranty	53
4.2.4	Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty.....	54
4.2.5	Vozidlo zatížené pěti figuranty.....	54
4.2.6	Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Škoda Yeti.....	54
4.3	Výpočet těžiště vozidla Jeep Renegade	56
4.3.1	Vozidlo zatížené řidičem	57
4.3.2	Vozidlo zatížené dvěma figuranty.....	57
4.3.3	Vozidlo zatížené třemi figuranty	57
4.3.4	Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty.....	58
4.3.5	Vozidlo zatížené pěti figuranty.....	58
4.3.6	Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Jeep Renegade	58
4.4	Výpočet těžiště vozidla Dacia Duster.....	60
4.4.1	Vozidlo zatížené řidičem	61
4.4.2	Vozidlo zatížené dvěma figuranty.....	61
4.4.3	Vozidlo zatížené třemi figuranty	61
4.4.4	Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty.....	62
4.4.5	Vozidlo zatížené pěti figuranty.....	62
4.4.6	Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Dacia Duster	62
4.5	Výpočet těžiště vozidla Kia EV6	64
4.5.1	Vozidlo zatížené řidičem	65
4.5.2	Vozidlo zatížené dvěma figuranty.....	65
4.5.3	Vozidlo zatížené třemi figuranty	65
4.5.4	Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty.....	66
4.5.5	Vozidlo zatížené pěti figuranty.....	66

4.5.6	<i>Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Kia EV6</i>	66
4.6	Výpočet těžiště vozidla Ford Kuga	68
4.6.1	<i>Vozidlo zatížené řidičem</i>	69
4.6.2	<i>Vozidlo zatížené dvěma figuranty</i>	69
4.6.3	<i>Vozidlo zatížené třemi figuranty</i>	69
4.6.4	<i>Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty</i>	70
4.6.5	<i>Vozidlo zatížené pěti figuranty</i>	70
4.6.6	<i>Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Ford Kuga</i>	70
4.7	Výpočet těžiště vozidla Ford Ranger	72
4.7.1	<i>Vozidlo zatížené řidičem</i>	73
4.7.2	<i>Vozidlo zatížené dvěma figuranty</i>	73
4.7.3	<i>Vozidlo zatížené třemi figuranty</i>	73
4.7.4	<i>Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty</i>	74
4.7.5	<i>Vozidlo zatížené pěti figuranty</i>	74
4.7.6	<i>Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Ford Ranger</i>	74
4.8	Výpočet těžiště vozidla Nissan Patrol	76
4.8.1	<i>Vozidlo zatížené řidičem</i>	77
4.8.2	<i>Vozidlo zatížené dvěma figuranty</i>	77
4.8.3	<i>Vozidlo zatížené třemi figuranty</i>	77
4.8.4	<i>Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty</i>	78
4.8.5	<i>Vozidlo zatížené pěti figuranty</i>	78
4.8.6	<i>Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Nissan Patrol</i>	78
4.9	Výpočet těžiště vozidla Mitsubishi Outlander	80
4.9.1	<i>Vozidlo zatížené řidičem</i>	81
4.9.2	<i>Vozidlo zatížené dvěma figuranty</i>	81
4.9.3	<i>Vozidlo zatížené třemi figuranty</i>	81
4.9.4	<i>Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty</i>	82
4.9.5	<i>Vozidlo zatížené pěti figuranty</i>	82
4.9.6	<i>Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Mitsubishi Outlander</i>	82
4.9.7	<i>Výpočet statického stabilizačního faktoru (SSF)</i>	84
5	DISKUZE VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ	86
5.1	Porovnání výsledků v kategorii malá SUV	86
5.2	Porovnání výsledků v kategorii střední SUV	87
5.3	Porovnání výsledků v kategorii velká SUV	88
5.4	Vyhodnocení rizika převrácení dle zjištěné SSF	89

6 ZÁVĚR	90
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	92
SEZNAM TABULEK.....	95
SEZNAM GRAFŮ.....	98
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	102
SEZNAM ZKRATEK	103
SEZNAM PŘÍLOH.....	105

ÚVOD

Osobní automobil se, i přes krize, komplikace s dodávkou dílů a stoupajícími cenami pohonných hmot, nadále jako dopravní prostředek těší nebyvalé popularitě. Hustota provozu stále roste rovněž ani poptávka po nových vozech neklesá. Na základě údajů mezinárodní organizace výrobců motorových vozidel se velikost celosvětového vozového parku odhaduje zhruba na 1 miliardu osobních automobilů. V průběhu dalších let se s největší pravděpodobností bude toto číslo nadále zvyšovat. Je tedy pochopitelné, že dochází k vytváření nových přísnějších norem a vyšších požadavků na emise, bezpečnost, jízdní komfort, dynamiku, spotřebu paliva a další neméně důležité parametry.

Poloha těžiště vozidla je velice důležitá, ovlivňuje totiž do velké míry chování vozidla. Používá se nejen pro posouzení vozidla z hlediska jízdních vlastností a bezpečnosti, ale i pro analýzu nehod v simulačních programech PC crash a Virtual crash. Polohu těžiště v prostoru rozlišujeme příčnou, podélnou a výškovou, každá z nich má určitý vliv na chování vozidla. Podélná a příčná poloha určuje rozložení sil na jednotlivá kola. To rozhoduje o tom, zda vozidlo bude nedotáčivé nebo naopak přetáčivé při brzdění nebo při jízdě zatáčkou. Výšková poloha těžiště naopak ovlivňuje stabilitu vozidla v zatáčkách nebo při nestandardních výhybných manévrech. Je to jeden z hlavních parametrů, které ovlivňují převrácení vozidla.

Obsah diplomové práce se věnuje měření polohy těžiště vozidel SUV a posuzuje, jak velký vliv má na jeho polohu množství osob ve vozidle, případně zatížení od střešního boxu. Těžiště vozidla je velmi diskutované, především u automobilů typu SUV. Hlavním důvodem je to, že se jedná o nejrozšířenější typ vozů na světě a ve většině případů je těžiště posazeno relativně vysoko, a to vede ke zhoršení jízdních vlastností. Především v 80. letech minulého století, byla nehodovost vozidel typu SUV velmi vysoká velmi a velice často vedla k převrácení vozidla.

Diplomová práce si klade za cíl naměřit hodnoty a popsat, jak velkou změnu na polohu těžiště má zatížení vozidel SUV. Využitelnost těchto výsledků se nachází v odhalení nových poznatků, které by mohly být využity při zkoumání dopravních nehod nebo i pro inovaci návrhů a optimalizace podvozků.

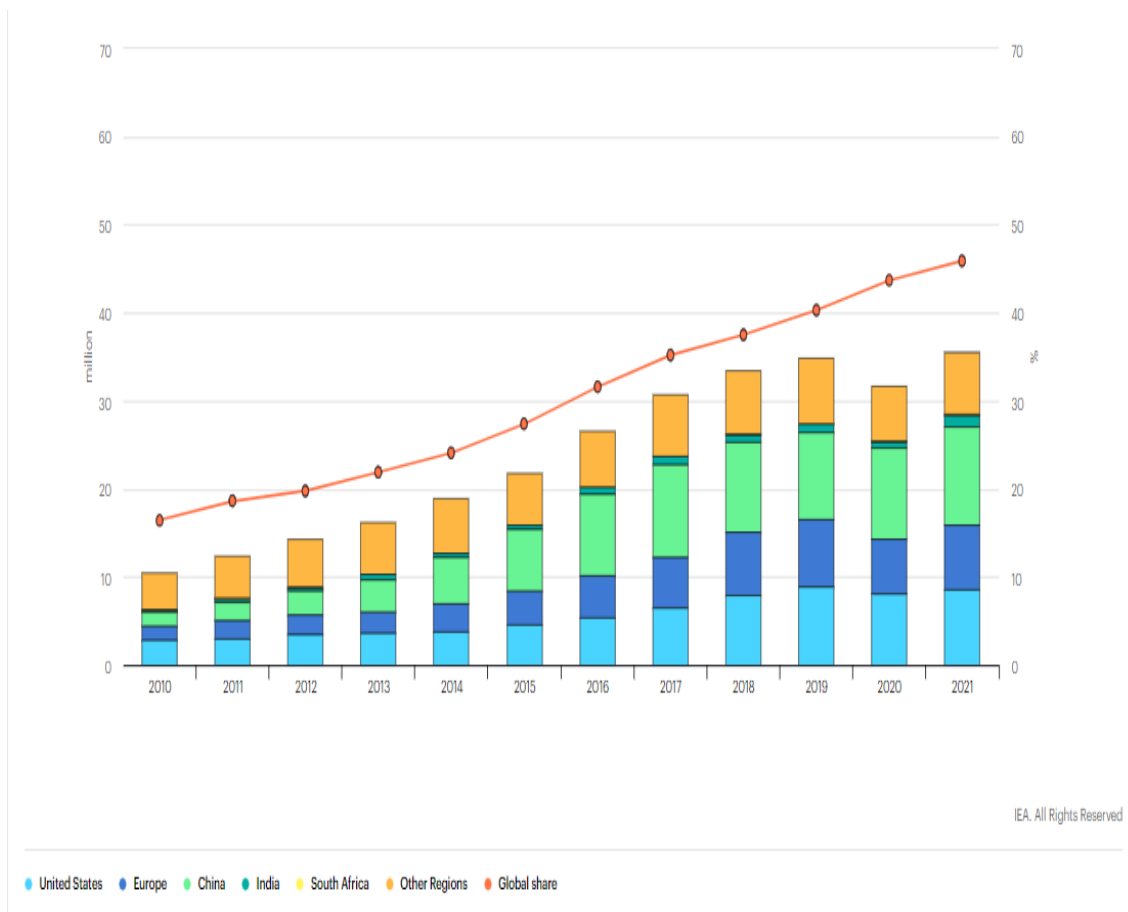
1 SOUČASNÝ STAV / REŠERŠE

1.1 VOZIDLA SUV

Vozidla typu SUV, jak už ze zkratky vyplývá jedná se o sportovně užitková vozidla. Jejich oblíbenost je patrná z obrázku 1. kde jsou zobrazena nasbíraná data v období let 2010-2021 kde se objevuje celosvětový nárůst prodeje tohoto typu. Z původních hodnot 50 milionů vozidel v letech 2010 počet vozidel SUV rozrostl za pouhých 11 let na necelých 320 milionů vozidel. Takové množství odpovídá zhruba vozovému parku Evropy. Další milník v historii vozidel SUV nastal v roce 2015 kde jeho prodejnost přesáhla typ sedan a SUV se tak stal nejprodávanějším typem vozu na světě. [20]

Svoji oblíbenost si získala díky svojí prostornosti pro posádku a větším úložným prostorem. To je stěžejní důvod, proč zákazník při nákupu nového vozu upřednostní vozidlo SUV před sedanem, zvláště pokud je nízký cenový rozdíl. Typický příklad je dvojice modelů sedanu Honda Accord a SUV Honda Passport kde si zhruba za stejnou cenu vybíráte dva rozdílné typy. V takovém případě si zákazník rozmyslí, zda není lepší si připlatit za komfort z hlediska prostoru kterým disponují vozidla SUV. Robustní konstrukce, vyšší hmotnost a mnohdy i vyšší výkon jsou důvody proč vozidla nejen, že působí bezpečněji ale zároveň se dají využít pro náročnější aplikace jako je tahání těžších přívěsů případně nákladů na korbě velkých SUV. [21]

Na druhou stranu je důležité poznamenat i záporné vlastnosti SUV, které bohužel právě díky typu konstrukce k vozu neodmyslitelně patří. Z důvodu větší čelní plochy vozidla stoupá jeho aerodynamický odpor, který se promítá do jeho výrazně vyšší spotřeby. Z důvodu rozměrnějších pneumatik dochází k vyšším valivým odporům. Na to navazují problémy s hnacím ústrojím, kde taktéž dochází k větším odporům a tím následně je nutné přizpůsobit mnohdy složitější vícestupňovou převodovku, aby byla udržena dobrá dynamika vozidla. S větší hmotností přicházejí i vyšší nároky na brzdovou soustavu a podvozek celkově, které jdou ruku v ruce s jejím opotřebením. Mezi další důležité nevýhody je také dříve zmiňované vysoko posazené těžiště vozidla, které způsobuje nestabilitu vozidla a tím silně zhoršuje jízdní vlastnosti. Ty se pak automobilky snaží dohánět různými elektronickými systémy typu ESP 4control a jiné. [2] [21]



Obr. 1 Registrace vozidel SUV v letech 2010-2021 [20]

1.2 PROBLEMATIKA PŘEVŘÁCENÍ VOZIDEL SUV

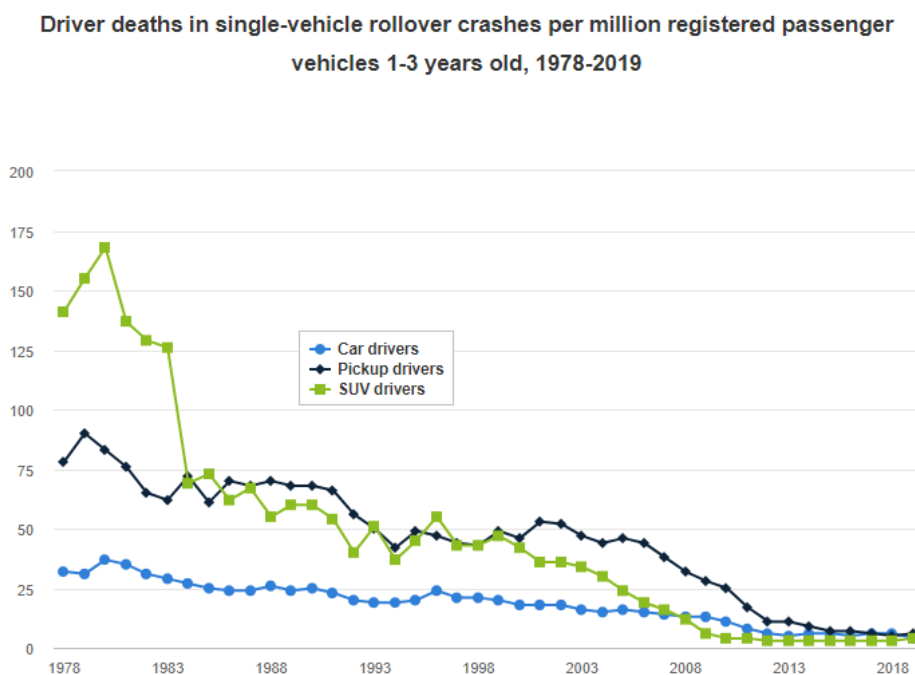
Převrácením vozidla nazýváme moment, kdy dojde k přetočení vozidla okolo podélné osy minimálně od 90 stupňů. Do převrácení vozidla se samozřejmě počítá, i pokud se následkem rotací vozidlo otočí zpět na kola. Nutno brát v úvahu i fakt, že převrátit se na vozovce nebo i mimo ni může kterékoliv vozidlo. Více náchylné k těmto typům nehod jsou spíše vyšší a užší vozidla, jako jsou sportovní užitková (běžně nazývaná SUV). Je to hlavně díky těžišti umístěném výše než má obvyklé osobní vozidlo. Vysoké těžiště zapříčiňuje větší nestabilitu a činí vozidlo náchylnějším k nehodám z převrácení než vozidla nižší. Hlavně je to v případech, pokud vozidlo opustí silnici nebo řidič prudce změni směr jízdy při nouzovém manévru. Podle studií je dokázáno, že ve srovnání s osobními vozy je u vozidel typu SUV mnohem pravděpodobnější, že dojde ke smrtelným nehodám v samotném vozidle zejména z důvodu zmiňovaného převrácení vozidla. Ovšem pokud porovnáme data nehodovosti SUV v případě střetu více vozidel, jsou naopak díky své větší hmotnosti bezpečnější. Je ovšem důležité rozdělit i samotné typy vozidel SUV, které podle velikosti dělíme do čtyř skupin. Každá z těchto skupin bude dosahovat různých hodnot výšky těžiště, a tím i jejich stabilita bude různá. [8], [22]

1.2.1 Statistika převrácení SUV z NHTSA

Údaje amerického Národního úřadu pro bezpečnost silničního provozu z roku 2019 ukazují, že u vozidel typu SUV je přibližně 36% pravděpodobnost převrácení, pokud se účastní nehody jedno vozidlo. Mnoho moderních SUV je vybaveno elektronickou kontrolou stability (ESC), ta snižuje pravděpodobnost převrácení až o 50,6 %, aby se zabránilo převrácení na rovném povrchu. Statistiky ale ukazují, že 95 % převrácení je způsobeno z důvodů nárazu do jiné překážky, jako je obrubník nebo mělký příkop, který působí jako iniciátor jeho převrácení. [6], [8]

Mezi nejnebezpečnější typy nehod, které se na silnici vyskytují, patří nehody, při kterých dojde k převrácení přes střechu. Nebezpečí se ukrývá ve zvýšeném riziku poranění hlavy a krční páteře. V roce 2019 nehody s převrácením přes střechu (tzv. roll-over nehody) tvořily pouze 3 % z celkového počtu nehod. Z tohoto malého počtu bylo 10 % usmrcených v malých osobních vozidlech a více než 32 % úmrtí bylo ve vozidlech SUV. Na základě těchto dat se jedná o druhý nejvážnější typ nehody. Na první příčce se mezi nejvážnější typy nehod řadí čelní střet vozidel. Pro zajímavost je na **Obr. 2** uveden graf, ve kterém je zobrazena četnost úmrtí při převrácení vozidla v závislosti na letech, ve kterých se nehoda stala, a na typu vozidla. [8], [22]

Nehodovost SUV z tuzemských komunikací nebylo možné pro doplnění statistik dohledat, neboť Policie České republiky nezaznamenává, o jaký konkrétní typ vozidla se v případě nehody jedná.



Obr. 2 Nehodovost vedoucí k přetočení vozidla bez účasti dalšího vozidla na 1 mil. vozidel [8]

1.2.2 Okolnosti, které ovlivňují převrácení vozidla

- Nehody zahrnující převrácení vozidla ovlivňuje několik faktorů. Může se jednat o druh vozidla, kde je nejdůležitější jeho výška, rozchod kol, konstrukce systému odpružení a další, ale také jiné faktory, jako je typ vozovky nebo chování řidiče vozidla.
- Druh vozidla – nejnáchylnější pro převrácení jsou vozidla typu pick-up, SUV nebo dodávky.
- Oblast nehodovosti – nejčastější výskyt nehod s převrácením na střechu nastává na silnicích II. a III. třídy. Je to způsobeno nepřizpůsobením rychlosti jízdy vůči tvaru vozovky. Častou příčinou jsou náhlé zatáčky. Dle statistik od NHTSA je až 75 % smrtelných nehod tohoto typu.
- Rychlost – z důvodu vysoké rychlosti je zhruba 40 % těchto nehod. Rychlost je jeden z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje převrácení vozidla při průjezdu zatáčkou.
- Alkohol – V ČR je povolená míra alkoholu v krvi 0,00 promile, ale například v blízkém sousedním Rakousku je tolerance až 0,50 promile alkoholu. Ovšem pokud je v některém státu povoleno určité množství, většinou je doplněno o další informace, kde je upřesněno, koho se tato hodnota týká a koho ne. Například u zmiňovaného Rakouska platí pro nezkušené řidiče s řidičským oprávněním mladším dvou let a pro řidiče MHD snížená hodnota 0,1 promile alkoholu. Každopádně je důležité mít na paměti, že na zpomalenou reakci a svalovou koordinaci řidiče za volantem má vliv i malé množství alkoholu v krvi. [9], [23]

1.2.3 Okolnosti, které ovlivňují závažnost zranění při převrácení

Výsledky ukázaly, že pravděpodobnost vážných a smrtelných zranění se zvyšuje u havárií při převrácení s částečným nebo úplným vymrštěním cestujícího bez použití bezpečnostních pásů, překročením povolené rychlosti, vyššími povolenými rychlostmi, zvlněným terénem, asfaltovým povrchem vozovky a venkovské silnice.

Smrtelné nehody s převrácením byly pravděpodobněji ve všední dny, což může souviset s vyšším objemem dopravy během pracovního týdne. Denní doba byla také spojena se závažností zranění při převrácení. Byla zjištěna větší pravděpodobnost smrtelných nehod při převrácení během večera. Tato zjištění může vysvětlit únava při řízení ve večerních hodinách a méně nočního provozu.

Vztah mezi rychlostí vozidla a nehodami při převrácení byl také významný, protože vyšší rychlosti jsou pravděpodobněji spojeny s vážnými zraněními. Překročení rychlosti, jak uvádějí orgány činné v trestním řízení, zahrnuje závodění, překračování povolené rychlosti a příliš rychlou

jízdu vzhledem k viditelnosti a stavu vozovky. Toto zjištění by mohlo vysvětlit větší počet čtvrtotáček po zahájení převrácení a pravděpodobně větší rychlost otáčení vozidla. V případě převrácení při vyšších rychlostních limitech se zvyšuje pravděpodobnost částečného nebo úplného vymrštění cestujícího.

Pravděpodobnost, že utrpí vážné zranění při nehodě při převrácení, byla u řidiče rozptýleného vnější událostí nebo předmětem téměř třikrát vyšší než u řidiče pozorného.

U SUV a pick-upů byla menší pravděpodobnost, že budou spojeny s vážnými a smrtelnými zraněními při převrácení. Přestože u lehkých nákladních vozidel, jako jsou pickupy a SUV, je větší pravděpodobnost převrácení, protože mají vyšší těžiště a jsou méně stabilní než osobní automobily, také chrání cestující při převrácení kvůli jejich větší hmotnosti a odolnosti proti nárazu. SUV snižují závažnost zranění při převrácení, protože ochrana, kterou nabízejí, zmírňuje jakékoli škodlivé účinky.

Objevily se nové poznatky o faktorech, které zvyšují intenzitu převrácení a závažnost zranění. Jak se očekávalo, u vozů SUV je větší pravděpodobnost, že se převrátí, a proto vážněji zraní své řidiče. SUV však také chrání své řidiče při kolizích kvůli jejich vyšší odolnosti proti nárazu. Ve skutečnosti, účinek nárazové odolnosti SUV v průměru převyšuje účinek převrácení. Důsledky těchto zjištění jsou diskutovány. [10], [11]

1.2.4 Crash testy zaměřené na převrácení vozidel SUV

Díky zjištěné statistice společností NHTSA se rozhodla automobilka General Motors zaměřit na nehody, při nichž se vozidlo převrátí na střechem. Pořádila si nové zařízení, které hledá možnosti pro snížení rizika poranění. Společnost zkoumá snímačem algoritmy pro aktivaci airbagů a různá opatření proti vymrštění posádky z vozidla.

Od roku 2009 tato společnost vybavila všechny pickupy a SUV okenními airbagy aktivovanými při převrácení vozu. Momentálně se tento bezpečnostní prvek nachází přibližně ve 43 % vozů automobilky General Motors.

Tato automobilka ve svém testovacím centru provádí 600 nárazových testů ročně. Z toho 150-200 se zaměřuje na převrácení vozidel. [12]

1.2.5 Systém ochrany proti převrácení (ROPS)

ROPS (Roll-Over Protection System) neboli systém proti převrácení vozidel byl vyvinut firmou Volvo zejména pro své SUV vozy. Jeho hlavní cíl je snížit nebezpečí převrácení vozidla a opatření maximální možné ochrany při této nehodě.

ROPS je složen ze dvou skupin. Z preventivně-stabilizačního systému (RSC) a z ochranného systému. Stabilizační systém Roll Stability Control (RSC) slouží k minimalizaci převrácení vozidla například při smyku vozidla nebo při nečekaném vyhybacím manévru. Snímač, který RSC používá, registruje změny úhlu bočního náklonu vozidla. Data z tohoto snímače se dále používají k výpočtu nebezpečí převrácení vozidla. Pokud systém vyhodnotí, že se blíží nebezpečí, spustí systém ESC. Ten sníží točivý moment motoru a začne brzdit jedno nebo více kol do doby, dokud se vozidlo nestane zpátky stabilní. Jestliže stejně k převrácení vozidla dojde, zasáhne ochranný systém, který aktivuje napínač bezpečnostních pásů a nafukovací záclony. [13]

1.2.6 Kontrola stability náklonu (RSC)

RSC (Roll Stability Control) je technologie, která se montuje do vozidel s vysokým těžištěm. Jedná se o rozšíření technologie ESC, která detekuje hrozící převrácení vozidla za pomoci gyroskopického snímače. Tento snímač monitoruje, kdy vozidlo dosáhlo kritického úhlu natočení na základě jeho těžiště a rychlosti jízdy. Když je detekován kritický úhel náklonu, systém zareaguje a sníží rychlost vozidla, v případě potřeby vyvolá komponenty systému ESC. Řada technických dokumentů poukazuje na potřebu zahrnout další hardware a vyvinout specifické algoritmy, které zabrání převrácení vozidla jako součást systému řízení stability proti převrácení, který funguje nad rámec funkcí ESC.

V současné době ještě není pořádný důkaz o tom, že by technologie RSC byla účinná pro vozidla SUV. Momentálně je zjištěno, že tato technologie se osvědčila pro nákladní vozidla a traktory. Tyto prostředky vybavené technologií RSC mají četnost nehod 1,55krát menší než nákladní vozidla a traktory bez ní.

Současná studie si klade za cíl odhadnout účinnost RSC při zabránění převrácení u osobních vozidel s vysokým těžištěm (SUV, dodávky a pick-upy) v pěti australských státech a na Novém Zélandu. Vzhledem k tomu, že RSC se vždy montuje ve spojení s ESC, byla analýza omezena na vozidla vybavená ESC, aby bylo možné odvodit další výhody týkající se snížení rizika převrácení. Výsledky studie se nachází v **Tab. 1**. [14]

Tab. 1 Počet nehod s převrácením vozidla a bez převrácení v letech 2008-2017 pro oblast zmíněnou výše [14]

Velikost SUV	Bez RSC		S RSC	
	S převrácením	Všechny nehody	S převrácením	Všechny nehody
SUV-malé	50	9 017	8	1 957
SUV-střední	166	32 961	73	10 482
SUV-velké	112	8 594	13	4 726
Celkem	328	50 572	94	17 165

1.2.7 Integrovaný systém pro zjišťování polohy výšky těžiště v aktuálním čase

Jedná se o systém ve vozidle, který je považován za pokročilý asistenční systém aktivní bezpečnosti vozidla. Slouží k odhadování výšky polohy těžiště v aktuálním čase. Má za úkol pomoci vozidlu monitorovat riziko převrácení v konkrétním čase a zlepšovat výkon bezpečnostních kontrolních systémů vozidla. Navrhovaný systém se skládá ze tří částí:

- linearizovaný rekurzivní algoritmus nejmenších čtverců (LRLS) pro podélný brzdový pohyb vozidla,
- modifikace zákona o bočním pohybu vozidla,
- sloučení.

Algoritmus LRLS provádí odhad hmotnosti vozidla a výšky těžiště během podélného brzdění. Využívá přitom zejména toho, že tuhost pneumatik je stejná jak na přední, tak na zadní nápravě. Lze jej použít na jakémkoliv povrchu vozovky.

Modifikovaný zákon o bočním pohybu vozidla je spojen se zjišťováním úhlu náklonu, který odhaduje výšku těžiště při bočním pohybu vozidla na základě analýzy Ljapunovské stability. Ljapunovská stabilita je stabilita, ve které se systém nemusí po vychýlení vrátit do rovnovážného stavu.

Na závěr je odvozen konečný odhad výšky těžiště vozidla pomocí sloučení předchozích dvou částí.

Algoritmus celkového odhadu je velice praktický díky tomu, že výšku těžiště lze získat při podélném i příčném pohybu vozidla. Velkou výhodou z praktického hlediska je také to, že nevznikají problémy při výpočtu se zatížením v aktuálním čase. Systém využívá pouze snadno

dostupné senzory, jako je úhel natočení volantu, rychlost vozidla, tlak hlavního válce, podélné a příčné zrychlení. Další doplňkový senzor je GPS, který zjišťuje rychlost vozidla ve všech směrech. Experimentální studie s různými jízdními zkouškami vyhodnocuje účinnost navrženého systému v reálném vozidle. Zatím tento systém ještě není montován do sériově vyráběných vozidel. [7]

1.3 TĚŽIŠTĚ

Těžiště je geometrická vlastnost libovolného hmotného tělesa umístěného v gravitačním poli, jímž prochází osa soustavy elementárních tíhových sil jednotlivých části tělesa při jeho libovolném natočení. Těžiště lze také klasifikovat jako hmotný střed, ve kterém se nachází působíště tíhové síly. Vliv na polohu těžiště má tvar a rozložení hmotnosti, respektive hustoty objektu. Těžiště nemusí být striktně umístěno v objemu tělesa. Vlivem různosti rozložení hmot lze docílit toho, že se bude nacházet v dutině tělesa nebo také úplně mimo něj. [5]

Poloha těžiště má velmi významný vliv na chování tělesa jako celku, ať už z hlediska dynamického chování či z pohledu trajektorie tělesa. Tento přístup umožňuje zjednodušit inženýrské přístupy pro řešení nehod nebo předpoklad chování těles při pohybu jako takovém. [5]

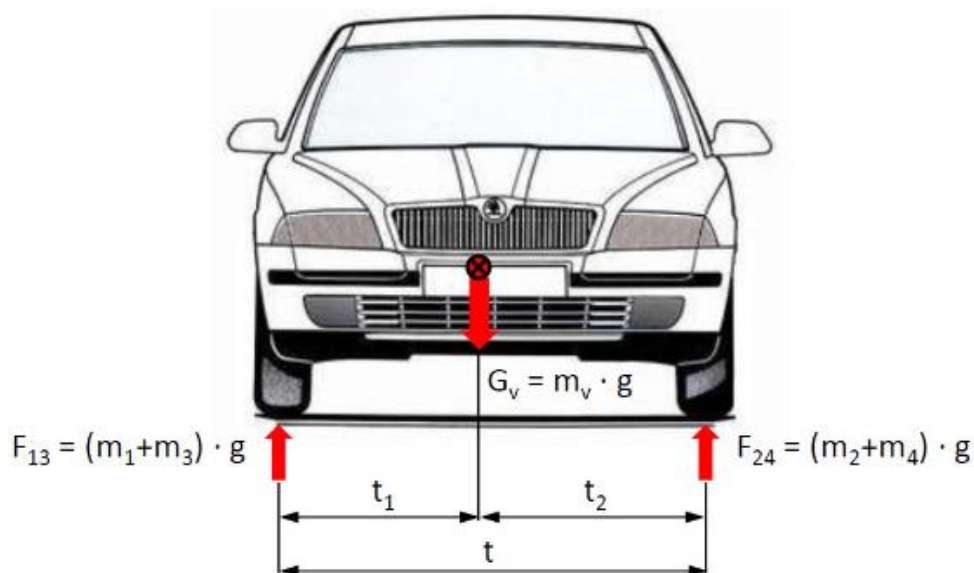
Automobilní odvětví se na těžiště vozidla zaměřuje zejména proto, že poloha těžiště prozrazuje mnohé o jízdních vlastnostech vozidla. Například se očekává, že vozidlo bude přetáčivé nebo nedotáčivé, jestli bude mít sklony se chovat zejména v prudkých zatáčkách klidně a stabilně. [5]

1.4 MĚŘENÍ PŘÍČNÉ A PODÉLNÉ POLOHY TĚŽIŠTĚ VOZIDLA

Jedná se o nepřímou metodu měření. Poloha těžiště se tedy získá výpočtem. Pro tento výpočet je nezbytné uvést vstupní parametry, které jsou v podobě velikosti zatížení jednotlivých kol a konstrukčních rozměrů vozidla, jako je rozvor a rozchod pneumatik. Pro toto měření je zásadní, aby se vozidlo nacházelo ve vodorovné poloze a mělo správné nahuštěné pneumatiky. Tím je zabráněno vlivu rozkladu sil působících na jednotlivá kola a přelitím provozních kapalin. Veškeré nedodržení podmínek vedení vede ke zkreslení výsledků, a tedy k chybnému měření. Konečný výpočet vychází z rovnic statické momentové rovnováhy. [2], [15]

1.4.1 Měření příčné polohy těžiště

Ze známých hodnot rozchodu kol a zatížení levé a pravé strany vozidla se poskládají momentové rovnice, které vychází z **Obr. 3**. Na jejich základě je možné vyjádřit výslednou polohu těžiště. [2]



Obr. 3 Měření příčné polohy vozidla [2]

Celková hmotnost vozidla:

$$m_v = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 \quad (1)$$

Momentová rovnice k pravé straně:

$$m_v \cdot g \cdot t_2 = (m_1 + m_3) \cdot g \cdot t \quad (2)$$

Momentová rovnice k levé straně:

$$m_v \cdot g \cdot t_1 = (m_2 + m_4) \cdot g \cdot t \quad (3)$$

Nyní se výsledné vzdálenosti těžiště vyjádří pomocí známých veličin.

$$t_1 = \frac{(m_2 + m_4) \cdot t}{m_v} \quad (4)$$

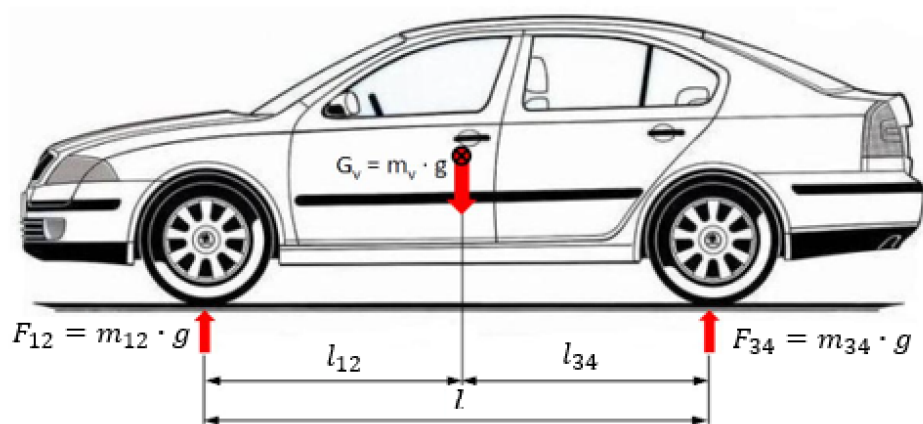
$$t_2 = \frac{(m_1 + m_3) \cdot t}{m_v} \quad (5)$$

Rovnice (1), (2), (3), (4), (5), dle [2], kde:

- m_v ... celková hmotnost vozidla [kg],
- g ... tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$],
- t ... rozchod kol [mm],
- t_1 ... poloha těžiště od pravého kola [mm],
- t_2 ... poloha těžiště od levého kola [mm],
- m_1 ... hmotnost připadající na pravé přední kolo [kg],
- m_2 ... hmotnost připadající na levé přední kolo [kg],
- m_3 ... hmotnost připadající na pravé zadní kolo [kg],
- m_4 ... hmotnost připadající na levé zadní kolo [kg].

1.4.2 Měření podélné polohy těžiště vozidla

Pro výpočet polohy těžiště v podélném směru se vyjádří statické momentové rovnice obdobně jako v předchozím výpočtu. Pro sestavení rovnic se vychází z **Obr. 4**.



Obr. 4 Měření podélné polohy těžiště vozidla [2]

Hmotnost přední nápravy:

$$m_{12} = m_1 + m_2 \tag{6}$$

Hmotnost zadní nápravy:

$$m_{34} = m_3 + m_4 \tag{7}$$

Momentová rovnice k přední části vozidla:

$$m_v \cdot g \cdot l_{12} = m_{34} \cdot g \cdot l \quad (8)$$

Momentová rovnice k zadní části vozidla:

$$m_v \cdot g \cdot l_{34} = m_{12} \cdot g \cdot l \quad (9)$$

V tomto postupu se dává do výpočtu porovnání zatížení pod přední a zadní nápravou.

Z těchto hodnot a velikosti rozvoru kol se vyjádří pomocí statických momentových rovnic podélná poloha těžiště. [2]

$$l_{12} = \frac{m_{34} \cdot l}{m_v} \quad (10)$$

$$l_{34} = \frac{m_{12} \cdot l}{m_v} \quad (11)$$

Rovnice (6), (7), (8), (9), (10), (11), dle [2], kde:

m_{12} ... hmotnost přední nápravy [kg],

m_{34} ... hmotnost zadní nápravy [kg],

l ... rozvor kol [mm],

l_{12} ... vzdálenost přední nápravy od polohy těžiště vozidla [mm],

l_{34} ... vzdálenost zadní nápravy od polohy těžiště vozidla [mm].

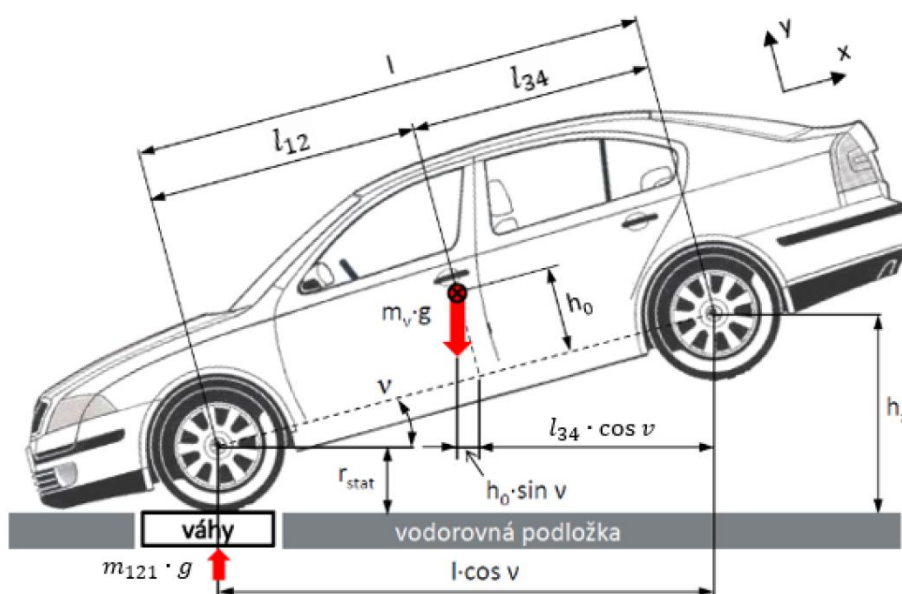
1.5 MĚŘENÍ VÝŠKOVÉ POLOHY TĚŽIŠTĚ VOZIDLA

Jedná se o náročnější část zjišťování polohy těžiště, než bylo u předešlého měření podélné či příčné polohy těžiště vozidla. O to více je potřeba právě výškové parametry správně identifikovat. Ovlivňují totiž hned několik provozních vlastností, jako je chování při akceleraci a deceleraci, stabilitu vozidla při jízdě v zatáčkách, kde je dále možné pomocí momentové rovnováhy vyjádřit i moment ztráty stability a překlopení vozidla. Pro získání hodnot výškové polohy těžiště v praxi se používá hned několik metod. Při všech měřeních se však musí brát ohled na volně posuvné hmoty a kapaliny ve vozidle. Dále je snaha co nejvíce minimalizovat posunutí karoserie vůči podvozku. [2], [15]

Většinou se pro fixaci polohy nahrazují tlumiče pevnými tyčemi. Pružiny je zapotřebí co nejvíce stáhnout nebo pomocí přípravku je zajistit v obvyklé poloze vozidla. V potaz je nutné brát i deformaci pneumatiky. Míru deformace lze analyzovat pomocí změření před začátkem měření a následně v průběhu každého měření. [2], [15]

1.5.1 Metoda vážení vozidla při naklápění na nápravu

Jedná se o nejpoužívanější metodu pro zjištění výškové polohy vozidla. Princip metody spočívá v přizvednutí jedné nápravy vozidla, zatímco pod koly druhé nápravy jsou umístěny váhy (viz **Obr. 5**). Při naklonění vozidla dochází k posunutí těžiště směrem k zatížené nápravě. Tím dojde ke zvýšení váhy na měřené nápravě. Dále ze znalosti rozvoru náprav, výšky přizvednutí zadní nápravy a difference na váze lze pomocí podmínky statické rovnováhy dopočítat výšku těžiště. [2], [15]



Obr. 5 Měření výškové polohy těžiště vozidla metodou naklápění na nápravu [2]

Rovnice statické rovnováhy momentů vztahená k zadní ose nápravy: [2]

$$m_{121} \cdot g \cdot l \cdot \cos v - m_v \cdot g \cdot (h_0 \cdot \sin v + l_{12} \cdot \cos v) = 0 \quad (12)$$

Zvýšení hmotnosti po zatížení na přední nápravu Δm_{12} :

$$\Delta m_{12} = m_{121} - m_{12} = \frac{m_v \cdot h_0}{l} \cdot \operatorname{tg} v \quad (13)$$

Kolmá výšková vzdálenost těžiště od roviny procházející středy předních a zadních pneumatik h_0 :

$$h_0 = \frac{\Delta m_{12}}{m_v} \cdot \frac{l}{\operatorname{tg} v} \quad (14)$$

V případě, že statické poloměry kol r_{stat} jsou na obou nápravách totožné, celková výška těžiště je tedy:

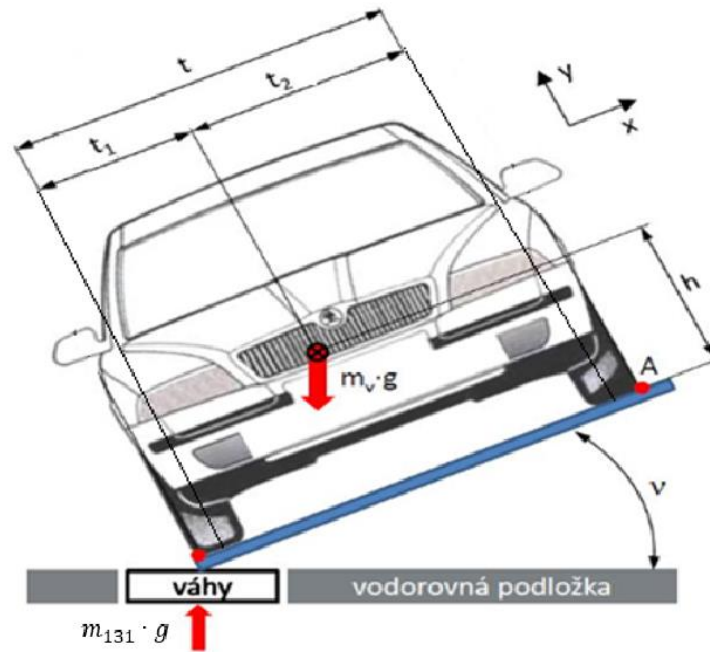
$$h = h_0 + r_{stat} \quad (15)$$

Rovnice (12), (13), (14), (15), dle [2], kde:

- ν ... úhel mezi vodorovnou a nakloněnou rovinou spojnice středů kol obou náprav [°],
 h_0 ... kolmá výšková vzdálenost těžiště od roviny procházející středy předních a zadních pneumatik [mm],
 Δm_{12} ... navýšená hmotnost po zatížení na přední nápravu [kg],
 h ... celková výška těžiště [mm],
 r_{stat} ... statický poloměr pneumatik [mm].

1.5.2 Metoda vážení vozidla při naklápění na bok

Základní princip měření touto metodou je obdobný jako v předchozí kapitole. Měřené vozidlo je umístěno na plošině (znázorněno na **Obr. 6**). Tato plošina je pomocí hydraulických válců variabilně naklápěna. Tím se jedna strana přetěžuje. Diference rozdílu zatížení jedné a druhé strany jako u předchozí metody je detekováno pomocí vah. Pro tuto metodu je ovšem nezbytné odečíst i těžiště plošiny a všech upínacích zařízení, která se naklánějí společně s vozidlem. Jejich účastí dochází k přesunu těžiště a zvýšení hodnot na vahách. Další hodnotu, kterou je potřeba změřit pro další postup výpočtu, je úhel naklonění vozidla. Tyto dvě veličiny a konstrukční parametry vozidla, jako jsou rozchod kol, příčná vzdálenost těžiště vozidla od osy pravého kola, jsou schopny pomocí vzorců vyplývajících z rovnice statické rovnováhy vyjádřit vzorce potřebné pro určení polohy těžiště. Stejně jako v předchozí metodě musíme vzít v potaz stlačení pružin tlumičů a deformaci pneumatik. Výhodná je tato metoda zejména pro vozidla s těžištěm umístěným ve velmi nízkých polohách. Toto je umožněno z důvodu umístění osy rotace, okolo které se vozidlo naklápí. Osa rotace tedy není spjata s výškovým bodem těžiště a při měření difference hmotnosti na vahách dosahuje vyšších hodnot a vyšší přesnosti pro nižší vozidla. Tato metoda se proto používá pro vozidla typu autokrosových speciálů, formule atp. [15]



Obr. 6 Metoda vážení vozidla při naklápění na bok [2]

Výšková poloha těžiště se vypočítá dle vzorce (16)

$$h = \frac{t \cdot (m_v \cdot \cos(v) - m_{131} \cdot t)}{m_v \cdot \sin(v)} \quad (16)$$

Rovnice (16), dle [1], kde:

h... výška těžiště vozidla [mm],

t... rozchod kol [mm],

m_v ... celková hmotnost vozidla [kg],

m_{131} ... hmotnost připadající na levou přední a levou zadní pneumatiku po naklopení [kg].

1.5.3 Metoda pomocí zjištění úhlu překlpení

Základní cíl při postupu tohoto měření polohy těžiště touto metodou je zjistit horizontální polohu těžiště. Tuto polohu lze získat pomocí metody obsažené v předešlé kapitole o měření příčné a podélné polohy těžiště. Důležitá je symetrie rozchodu kol na přední a zadní nápravě. V případě stejného rozchodu kol na přední a zadní nápravě je dostatečné znát příčnou polohu. Avšak pokud je rozchod na nápravách rozdílný, je nutné jej doplnit o polohu podélnou. Horizontální polohu těžiště je potřeba dostat do vertikály vztyčené přímo z osy naklápění vozidla. Cílem je zjistit úhel, při kterém se vozidlo dostane do rovnovážné polohy. V tom momentu je zřejmé, že se nachází ve správné poloze. Je tedy možné pomocí rovnic statické rovnováhy vyjádřit velikost výšky těžiště. [15]

Pro stejnou šířku náprav platí vztah:

$$h = t_1 \cdot \operatorname{tg}(90 - \nu) \quad (17)$$

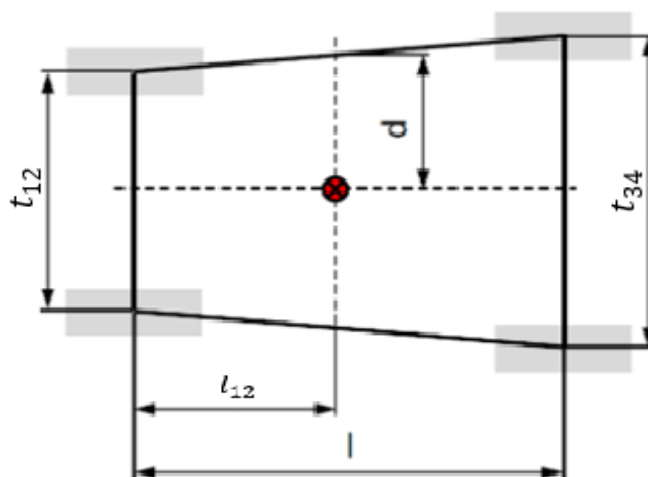
Rovnice (17), dle [15], kde:

h ... výška polohy těžiště vozidla [mm],

t_1 ... příčná vzdálenost mezi středem pneumatik na pravé části vozidla a těžištěm vozidla [mm].

Pokud máme rozdílnou šířku náprav:

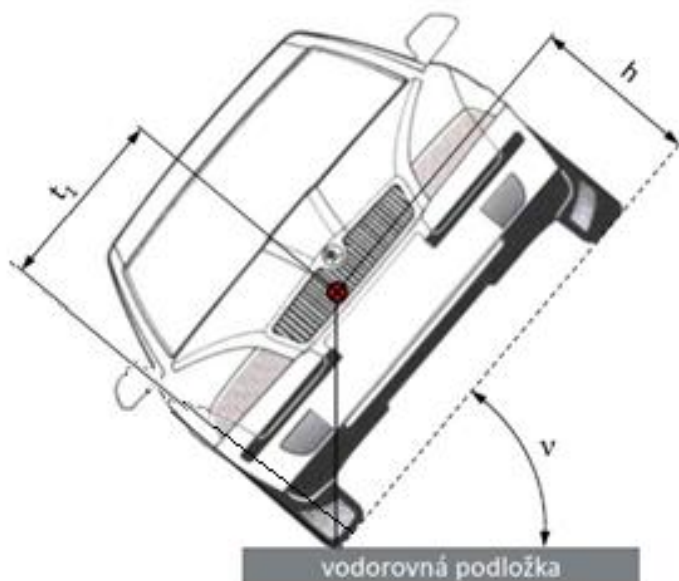
Vyádření vzdálenosti d v rovině, která prochází těžištěm vozidla a je kolmá na podélnou osu vozidla dle **Obr. 7**:



Obr. 7 Schéma vozidla s rozdílnými rozchody kol [16]

$$d = \frac{t_{12}}{2} \cdot \frac{l_{12} \cdot (t_{34} - t_{12})}{2 \cdot l} \quad (18)$$

$$h = d \cdot \operatorname{tg}(90 - \nu) \quad (19)$$



Obr. 8 Metoda zjištění úhlu překlpení [2]

Rovnice (18), (19), dle [16], kde:

$t_{2...}$ rozchod kol na přední nápravě [mm],

$t_{3...}$ rozchod kol na zadní nápravě [mm],

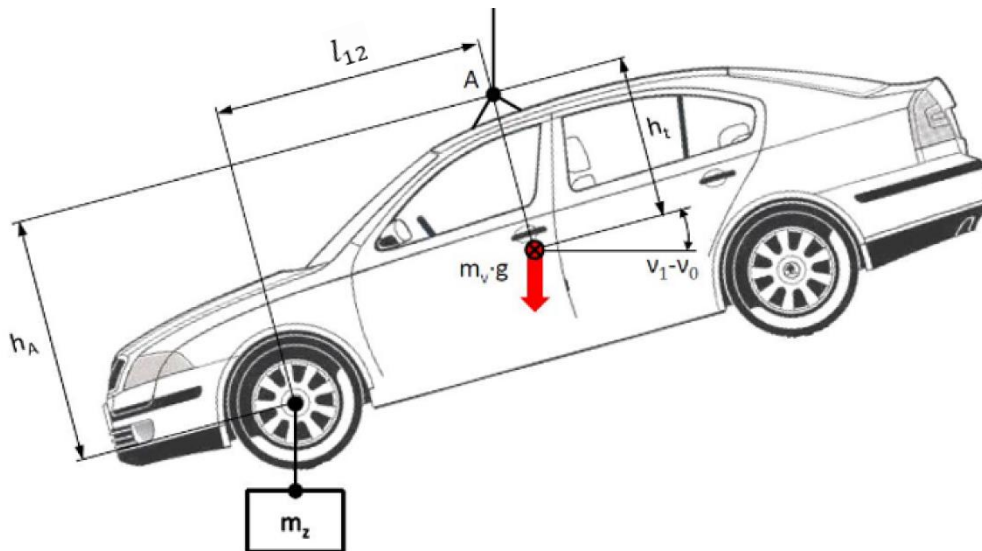
$d...$ příčná vzdálenost těžiště od rozdílu rozchodu mezi přední a zadní nápravou [mm],

$l_{2...}$ vzdálenost těžiště od přední nápravy [mm],

$l...$ rozvor kol [mm].

1.5.4 Metoda zavěšení celého vozidla

Základ této metody spočívá v úplné zvednutí vozidla nad úroveň podlahy. Pro zvednutí vozidla je nutné použít speciální přípravky v podobě upínacího oka připevněného na korbu případně na jinou část karoserie vozidla. Musí však být dodrženo, že způsob upnutí neovlivní polohu těžiště. Na **Obr. 9** je označen bod A. Jedná se o bod, okolo kterého se zavěšené vozidlo bude naklánět. V první fázi se zvedne samotné vozidlo a změří se výškové hodnoty kontrolních bodů. Poté se jedna z náprav zatíží závažím o známé hmotnosti. Následně se opět změří výškové hodnoty kontrolních bodů a pomocí naměřených hodnot a vzorců viz níže je dopočítáno umístění těžiště. Výhodou této metody je schopnost měřit polohu těžiště odpružené části karoserie po demontáži přední a zadní nápravy. Naopak hlavní nevýhoda této metody je nešetrnost k měřenému vozidlu při instalaci upínacího přípravku. [15]



Obr. 9 Metoda zavěšení celého vozidla [2]

Při určování výškové polohy těžiště vycházíme z rovnic statické rovnováhy pro momenty ke středu rotace bodu A.

$$m_z \cdot g \cdot [l_{12} \cdot \cos(v_1 - v_0) - h_A \cdot \sin(v_1 - v_0)] - m_v \cdot g \cdot h_t \cdot \sin(v_1 - v_0) = 0 \quad (20)$$

Po úpravě vzorce dostaneme velikost vzdálenosti těžiště od upínacího přípravku:

$$h_t = \frac{m_z}{m_v} \cdot [l_F \cdot \cot g(v_1 - v_0) - h_A] \quad (21)$$

Rovnice (20), (21), dle [15], kde:

m_z ... hmotnost přídavného závaží [kg],

l_{12} ... vzdálenost těžiště vozidla od přední nápravy [mm],

h_A ... kolmá vzdálenost mezi bodem A a rovinou středů přední a zadní nápravy vozidla [mm],

h_t ... vzdálenost mezi těžištěm vozidla a bodem A [mm].

1.6 STABILITA VOZIDLA

Jedna z nejdůležitějších konstrukčních požadavků na vozidlo je co nejideálnější nastavení podvozku, aby bylo dosaženo co nejlepší možné stability vozidla. Stabilita ztvárňuje způsobilost objektu udržet rovnovážnou, stálou polohu vozidla. Cílem je dosáhnout co nejvyšší rychlosti průjezdu zatáčkou za stálého kontaktu všech pneumatik s vozovkou. V okamžiku, kdy vozidlo mění

svůj stav ze stavu stabilního na nestabilní, dojde k překročení meze stability. Vozidlo začíná přicházet o kontakt s vozovkou a výsledkem je nežádoucí ztráta kontroly nad vozidlem.

Ke ztrátě stability dochází následkem nekontrolovatelného vychýlení vozidla od jeho předpokládané trajektorie. Ztráta stability je velkým nebezpečím, protože při ní dochází ke ztrátě říditelnosti a může způsobit vyjetí mimo pozemní komunikaci, převrácení nebo srážku s jiným vozidlem.

Směrová stabilita udržuje způsobilost vozidla držet směr jízdy obzvláště ve směru v podélné rovině. Vychýlení je následek působení setrvačných a odstředivých sil. Další důležité aspekty, které je nutné brát v potaz, jsou podmínky stavu vozovky při průjezdu zatáčkou doplněny o nerovnosti, vyjeté koleje, ale i nečistoty, popřípadě podélný i příčný sklon vozovky nebo kombinace všech podmínek. Mezi neméně důležité vlastnosti hranice samotné stability je samotná konstrukce vozidla, případně jeho stav. Tím je myšleno například nahuštění pneumatik, hloubka dezénu, přepravovaný náklad, přípojně zařízení, zatížení od střešního boxu aj.

Nutné poznamenat, že vznik nestandardní situace je veden zejména z pozice samotného řidiče v podobě nepřizpůsobení jízdy stavu vozovky, a proto je třeba i zahrnout vliv přehlednosti dopravní situace. [3], [4]

1.6.1 Statický stabilizační faktor (SSF)

Statický stabilizační faktor je způsob, jakým Národní úřad pro bezpečnost silničního provozu (NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration) zjišťuje pravděpodobnost převrácení vozidla. Jedná se o výpočet, který vychází z geometrických vlastností vozidla. [18]

Statický stabilizační faktor se stanoví ze vztahu, popis dat viz **Obr. 10**:

$$SSF = \frac{a}{2 \cdot h_t} \quad (22)$$

Rovnice (22), kde:

SSF... statický stabilizační faktor [-],

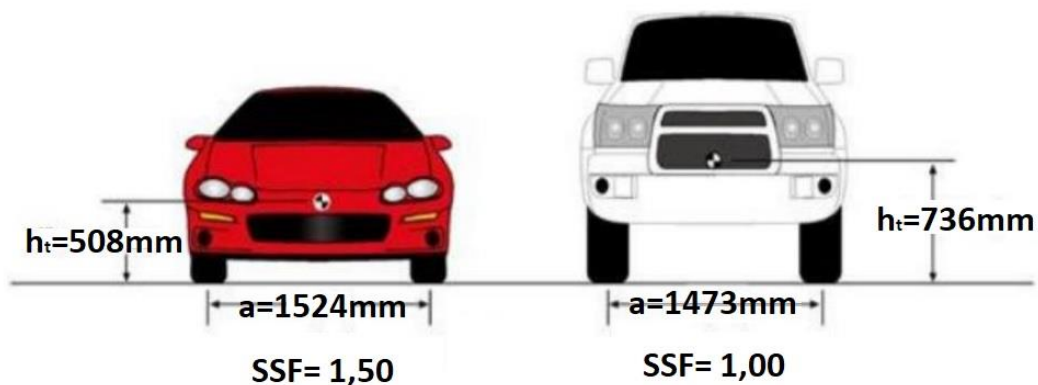
a... rozchod kol [mm],

h_t ... výšková poloha těžiště vozidla [mm].



Obr. 10 Znáornění rozměrů pro SSF [17]

Stabilita vozidla se určuje z výsledné hodnoty SSF. S rostoucím výsledkem SSF se stává vozidlo stabilnější. U menších osobních vozidel hodnoty kolísají od 1,30 do 1,50. U větších vozidel jako je SUV, pick-up nebo dodávky, tyto hodnoty kolísají v rozsahu od 0,80 do 1,30. Pro jasnější představu je porovnání výpočtu SSF menšího osobního vozidla a vozidla SUV znázorněno na **Obr. 11**.

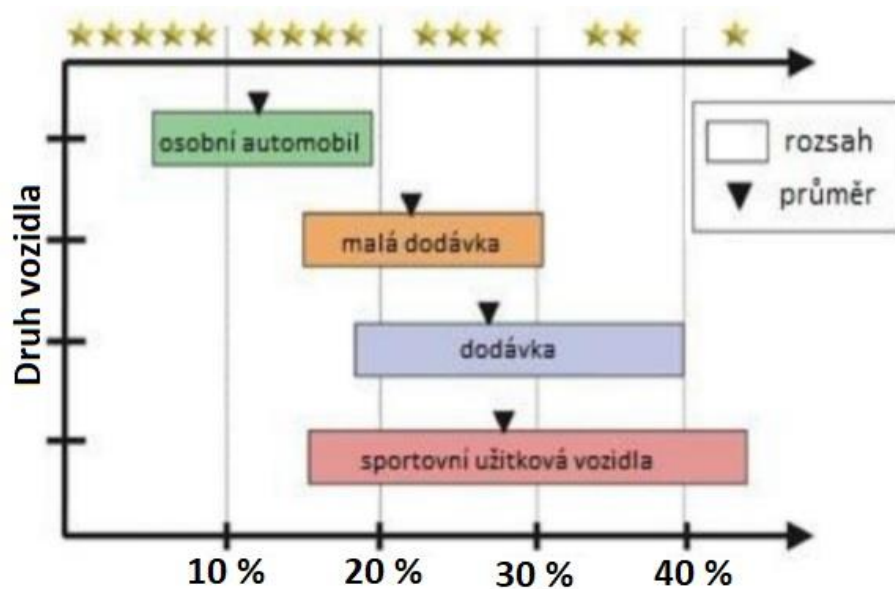


Obr. 11 Porovnání SSF pro rozdílný typ vozidel [17]

NHTSA pro lepší přehlednost označuje stabilitu vozidla a riziko převrácení pomocí hvězdiček. Rozdělení je znázorněno na **Obr. 12** a **Obr. 13**. Čím více hvězdiček je vozidlu přiděleno, tím menší je pravděpodobnost převrácení. [18], [19]

Hodnocení možnosti převrácení	Riziko převrácení	SSF
★★★★★	< 10 %	> 1,50
★★★★	10 % - 20 %	1,49 - 1,25
★★★	20 % - 30 %	1,13 - 1,24
★★	30 % - 40 %	1,04 - 1,12
★	> 40 %	< 1,03

Obr. 12 Riziko převrácení dle NHTSA [19]



Obr. 13 Grafické znázornění hodnocení převrácení [19]

1.6.2 Boční smyk vozidla

Boční smyk vozidla je způsobený velkým nárůstem vnějších sil působících na vůz. Jsou to například odstředivé síly nebo síla bočního větru. K bočnímu smyku na rovné silnici nedochází, je-li třecí síla Y působící v základní rovině větší než odstředivá síla F_Y , která působí na vozidlo. Požadavek pro bezpečnost proti bočnímu smyku tedy je:

$$\sum Y \geq F_Y \quad (23)$$

Při zatáčení je odstředivá síla:

$$F_Y = \frac{m \cdot v^2}{R} \quad (24)$$

Rovnice (23), (24), dle [x], kde:

Y... třecí síla [N],

F_y... odstředivá síla [N],

m... hmotnost vozidla [kg],

v... rychlost vozidla [m.s⁻¹],

R... poloměr zatáčky [m].

Následně třecí síla působící na vozidlo je:

$$Y = Z \cdot \mu = m \cdot g \cdot \mu \quad (25)$$

$$Z = m \cdot g \quad (26)$$

Vztah pro výpočet požadavku na bezpečnost:

$$m \cdot g \cdot \mu \geq \frac{m \cdot v^2}{R} \quad (27)$$

Na závěr se vypočítá maximální mezní rychlost pro průjezd zatáčkou, při které nedochází k bočnímu smyku vozidla:

$$v \leq \sqrt{R \cdot g \cdot \mu} \quad (28)$$

Rovnice (25), (26), (27), (28), dle (x), kde:

Z radiální síla působící mezi vozovkou a pneumatikou [N],

μ součinitel adheze [-].

1.6.3 Převrácení vozidla

Vozidlo, na které působí odstředivá síla F_Y v místě těžiště, je znázorněno na **Obr. 12** a **Obr. 13**. Pro řešení výpočtu je vozidlo bráno jako tuhá karoserie, což znamená, že se nebere v potaz elasticita odpružení a pneumatik. Pokud je moment převrácení menší nebo roven momentu hmotnosti vozidla, tak se nestane, aby se vozidlo převrátilo. (viz vztah **29**).

$$F_Y \cdot h \leq m \cdot g \cdot \frac{b}{2} \quad (29)$$

Při zatáčení:

$$\frac{m \cdot v^2}{R} \cdot h \leq m \cdot g \cdot \frac{b}{2} \quad (30)$$

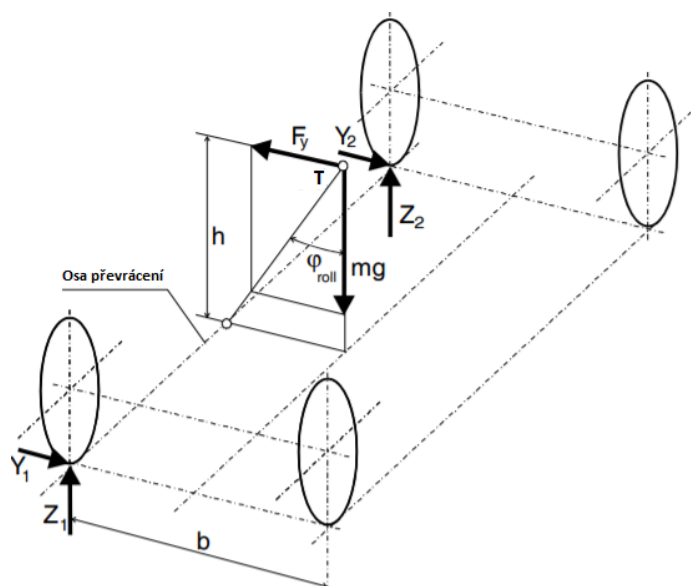
Rovnice (29), (30), dle [19], kde:

h... výška těžiště [mm],

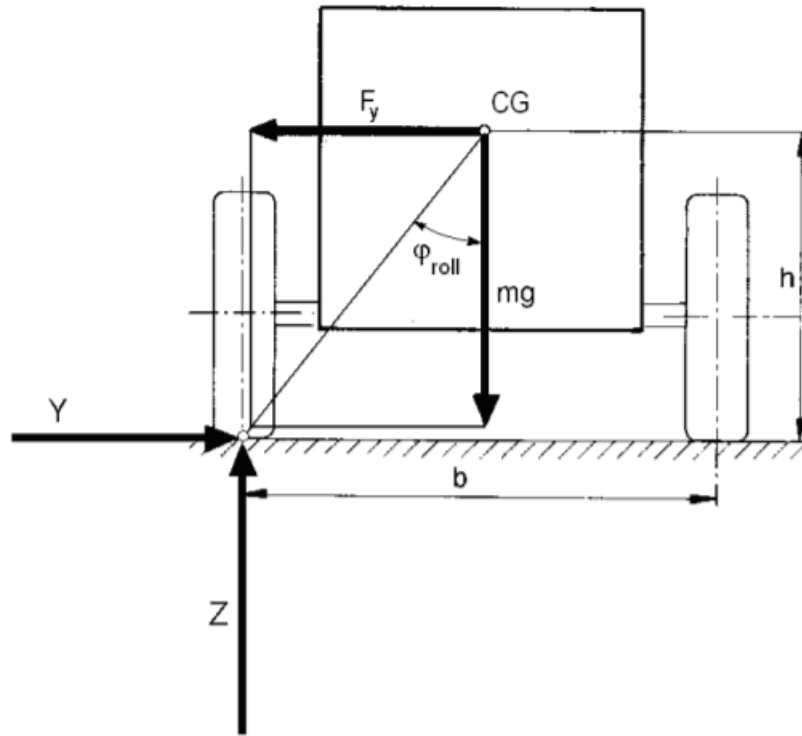
b... rozchod kol [mm],

g... tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$].

Bezpečnostní požadavek brání převrácení vozidla tedy je, aby vertikální síly působící na vnitřní stranu kol nebyly v součtu menší než rozchod kol. V případě převrácení se vozidlo otočí kolem osy převrácení (**Obr. 14**).



Obr. 14 Síly působící na vozidlo při zatáčení v mezních podmínkách převrácení [19]



Obr. 15 Síly působící na vozidlo v jeho průřezu [19]

Maximální rychlost, která nezpůsobí převrácení vozidla:

$$v \leq \sqrt{R \cdot g \cdot \frac{b}{2 \cdot h}} \quad (31)$$

Maximální rychlost vypočítaná pro boční smyk by měla být menší než maximální rychlost vypočtená pro převrácení. Běžně se udává, že boční smyk by měl být méně nebezpečný než převrácení.

$$\sqrt{R \cdot g \cdot \mu} \leq \sqrt{R \cdot g \cdot \frac{b}{2 \cdot h}} \quad (32)$$

Riziko převrácení závisí jak na výšce těžiště vůči rozchodu kol, tak na tření pneumatiky o vozovku (adhezi) viz vztah (33).

$$\mu \leq \frac{b}{2 \cdot h} \quad (33)$$

Rovnice (31), (32), (33), dle [19].

2 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ

Obecně se rozumí, že vozidla typu SUV působí díky své velké a mohutné konstrukci pro posádku jako bezpečná vozidla. To ale neplatí pro riziko převrácení. Hlavním problémem vozidel SUV je jejich vysoce položené těžiště, které se při zatěžování obvykle ještě zvyšuje. Tato diplomová práce se zabývá posunutím těžiště vozidla v závislosti na změně zatížení vozidla. Veškerá vozidla budou porovnána nejprve ve stavu zatíženém pouze posádkou a následně s nákladem umístěným na střeše vozidla ve střešním boxu. Zjištěné hodnoty mohou být přínosem pro znaleckou činnost v případě analyzování dopravních nehod tohoto druhu.

Při měření může docházet ke spoustě chyb. Důvodem může být nezafixování pružin na vozidle nebo pohyb figurantů uvnitř vozidla. Jedna z možností, jak chyby při měření minimalizovat je popsána v **kapitole 2.1**.

2.1 MINIMALIZOVÁNÍ CHYB PŘI MĚŘENÍ

Při měření může docházet k chybnému měření úhlu naklonění v . Další možností, jak zjistit úhel v , je početní metodou pomocí změření výšky středu pneumatik zadní nápravy h_z vůči zemi a rozvoru kol.

$$\tan(v) = \frac{\sin(v)}{\cos(v)} \quad (34)$$

$$\cos(v) = \sqrt{1 - \sin^2(v)} \quad (35)$$

$$\sin(v) = \frac{h_z}{l} \quad (36)$$

$$\tan(v) = \frac{\sin(v)}{\sqrt{1 - \sin^2(v)}} = \frac{h_z}{l} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{h_z^2}{l^2}}} = \frac{h_z}{\sqrt{l^2 - h_z^2}} \quad (37)$$

Odvozený vztah pro výpočet kolmé vzdálenosti výškové polohy těžiště od roviny procházející středy předních a zadních pneumatik:

$$h_0 = \frac{\Delta m_{F1}}{m_v} \cdot \frac{l}{h_z} \cdot \sqrt{l^2 \cdot h_z^2} \quad (38)$$

Výsledek rovnice (38) se následně dosadí do rovnice (15) a tím se zjistí výšková poloha těžiště vozidla od podlahy.

Z důvodu nezaaretování odpružení vozidla, pohybu osob při měření nebo odměřování jednotlivých vzdáleností může docházet k chybám. Aby se tyto chyby co nejvíce eliminovaly, tak se měření provádí vícekrát, vždy pod různým úhlem naklonění vozidla. Výsledné hodnoty Δm_f v závislosti na $\text{tg}(\nu)$ jsou vyneseny do grafu na **Obr. 16**. Body, které vznikly v grafu, se proloží přímkou. Následně se zjistí směrnice, která je dána úhlem β , díky které se určí kolmá vzdálenost těžiště vozidla od spojnice středů obou náprav. [2] Vzdálenost h_0 je dána:

$$\text{tg}\beta = \frac{\Delta m_f}{\text{tg}\nu} \quad (39)$$

$$h_0 = \frac{\Delta m_f}{m_v} \cdot \frac{l}{\text{tg}\nu} = \frac{l}{m_v} \cdot \text{tg}\beta \quad (40)$$

$$h = h_0 + r_{stat} \quad (41)$$

Rovnice (39), (40), (41) dle [2], kde:

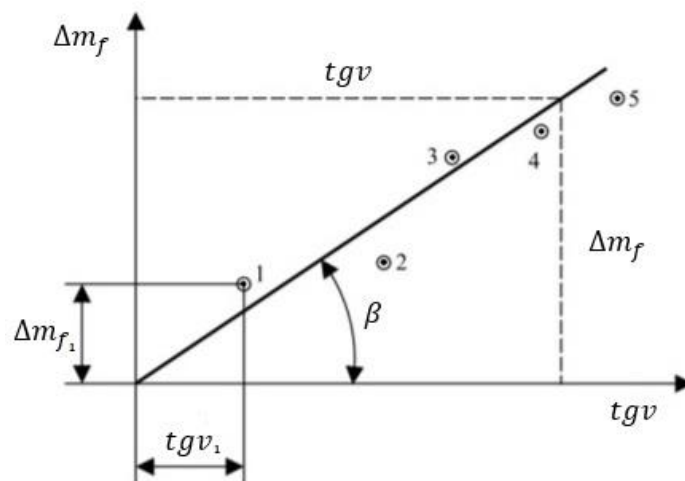
B... úhel proložené přímkou [°],

Δm_f ... navýšená hmotnost po zatížení na přední nápravu [kg],

h_0 ... kolmá vzdálenost mezi těžištěm a středem pneumatiky přední nápravy [mm],

r_{stat} ... statický poloměr pneumatiky [mm],

h ... výška těžiště vozidla [mm].



Obr. 16 Graf minimalizace chyb vlivem měření [2]

3 POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ

Praktickou část diplomové práce tvoří experimentální měření výškové polohy těžiště vozidel SUV. Pro toto měření byla zvolena metoda naklápění vozidla na nápravu. Podrobný popis této metody je rozebrán v **kapitole 1.4.1**. Metoda byla vybrána z důvodu možného vypůjčení komponentů k měření, jako jsou nápravové váhy a dva zvedáky sloužící k zvednutí zadní nápravy. Díky lehké manipulaci bylo možné potřebné vybavení k měření dovézt k majitelům vozů SUV a měřit na vodorovném povrchu v blízkosti jejich bydliště. Ze zjištěných hodnot se následně vypočítalo těžiště vozidla jak výškové, tak i podélné a příčné. K minimalizaci chyb z měření byla použita metoda popsaná v předchozí **kapitole 2.1**.

3.1 POSTUP MĚŘENÍ

Pro samostatné měření bylo nutné vozidlo nejprve připravit. Příprava spočívala v tom, že veškeré kapaliny ve vozidle byly naplněny alespoň na 90 % své kapacity. Pneumatiky byly dohuštěny na požadovanou hustotu a z vozidla se vyjmuly všechny předměty, které by se v průběhu zvednutí mohly přemístit. V tuto dobu se změřil ještě rozvor vozidla, rozchod přední nápravy, rozchod zadní nápravy a statický poloměr zadního kola. Následně se s vozidlem najelo na měřicí platformy, které byly umístěny na ploše s úplnou vodorovnou polohou a předem na daném místě zkalibrovány a vynulovány. Vozidlo při měření je nutné nechat odbrzděné a s vyřazeným rychlostním stupněm.

Nejprve se vozidlo změří ve vodorovné poloze postupně s přibývajícím osádkou. První je řidič, druhý spolujezdec, třetí obsadí místo za spolujezdcem, čtvrtý sedí vzadu uprostřed a pátý sedí za řidičem. V běžném životě je místo vzadu uprostřed obsazováno osádkou jako poslední. Není to ovšem podmínkou. V tomto případě obsazení místa uprostřed jako 4. v pořadí ulehčilo nadměrné vystupování a nastupování do vozidla. Při postupném nasedání osob se vždy změřila výška poklesu vozidla, s kterou se poté počítalo ve výpočtech.

Po změření hmotností ve vodorovné poloze se pomocí mechanických zvedáků (viz **kapitola 3.2.2**) zvedla zadní náprava o 350 mm. Aby zdvižená výška byla přesná a nedocházelo k mylnému zdvižení zapříčiněnému stlačováním pružin, tak byl zvolen bod na podběhu zadního kola, který leží na svislé rovině nad středem kola. K tomuto bodu byla vždy připočtena daná výška zdvihu. Jednalo se o zdvižení od 150 mm do 350 mm. V každé poloze byla hmotnost pření nápravy změřena pro zatížení 1-5 osobami. Tento postup byl poté proveden i pro zatížení vozidla se střešním boxem s určitou zátěží.

3.2 POUŽITÉ PROSTŘEDKY K MĚŘENÍ

K měření hmotnosti a následnému zjištění podélné, příčné a výškové polohy těžiště vozidla jsou zapotřebí nájezdové váhy, které jsou připojeny k měřicí ústředně. Pro zvednutí jedné z náprav byly využity zvedáky Easy-lift 1500. Oba tyto prostředky byly zapůjčeny z Ústavu soudního inženýrství. Dále pro zjištění rozvoru, rozchodu a statického poloměru kol byl použit svinovací metr. Pro kontrolu, jestli je prostředí v úplné vodorovné poloze byla využita dva metry dlouhá vodováha.

3.2.1 Mobilní statická váha

Mobilní statická váha se skládá ze čtyř měřicích platform a kufříku s indikátorem DFWKRP. Pro zobrazení je využit LCD displej, který zobrazuje aktuální hmotnost na platformách. Pomocí tlačítek lze mezi zátěžemi na jednotlivých platformách přepínat. Výsledek vážení je možné vytisknout na zabudované tiskárně. Celé měřicí zařízení lze napájet buď připojením k elektrickému proudu nebo za pomoci vestavěného akumulátoru, který dokáže zařízení napájet až 10 hodin. Celá sestava je zobrazena na **Obr. 17**.



Obr. 17 Nápravové váhy s indikátorem DFWKRP [vlastní]

3.2.2 Zvedáky Easy-lift 1500

Pro zjištění výškové polohy těžiště u vozidel je zapotřebí zvednutí přední nebo zadní nápravy. K tomu byly použity mechanické zvedáky s označením Easy-lift 1500 znázorněné na **Obr. 18**. Nosnost každého zvedáku je 1500 kg. K pohonu zvedáků byly použity ruční elektrické vrtačky.



Obr. 18 Nápravový zvedák Easy-lift [vlastní]

3.2.3 Zátěž ve vozidle

K zatížení uvnitř vozidla sloužilo dohromady 10 figurantů o různých hmotnostech. Ty se pohybovaly od 65 kg do 102 kg. V kufru vozidla bylo použito závaží o hmotnosti 20 kg, které v něm bylo umístěno po celou dobu měření.

K zatížení venkovní části, konkrétně střechy, sloužil střešní nosič, na kterém byl umístěn střešní box se závažím. Závaží ve střešním boxu bylo umístováno dle maximálnímu zatížení střechy, které bylo zjištěno z technického průkazu. Jednalo se o hmotnosti od 70 kg do 100 kg včetně nosiče ke střešnímu boxu. U elektromobilu Kia EV6 tento údaj nebyl udán, a proto bylo použito nejmenší udávané zatížení střechy vozidel tohoto typu.

Příčnický se střešním boxem byly přidělaný na hagusy připevněné ke střeše vozidla. V případě, že vozidlo hagusy nemělo, byly použity magnetické nosiče znázorněné na **Obr. 19**. Magnetické nosiče ovšem nelze použít k uchycení příčnicků a střešního boxu za jízdy. Sloužilo to pouze k měření v klidu. Způsob uchycení je pro představu znázorněn na **Obr. 20**, kde zle vidět i místo umístění střešního boxu na střeše vozidla.



Obr. 19 Pomocné magnetické nosiče pro přichycení střešního boxu na vozidlo bez hagusů [vlastní]



Obr. 20 Příklad uchycení střešního boxu na střeše vozidla [vlastní]

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ / DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Jedním z hlavních cílů diplomové práce je zjištění výškové polohy těžiště u vozidel SUV vlivem zatížení. V následujících kapitolách jsou uvedeny hodnoty výpočtu těžiště u vozidel zatížených uvnitř vozidla a následně vně vozidla, konkrétně na střeše střešním boxem s určitou zátěží. Tyto hodnoty jsou následně mezi sebou porovnány. Z důvodu různých velikostí vozidel byly dále rozděleny v **Tab. 2** do kategorií malé SUV, střední SUV a velké SUV.

K eliminaci chyb z měření při zjišťování výškové polohy těžiště slouží výpočet z **kapitoly 2.1**. Grafy k eliminaci chyb jednotlivých vozidel jsou znázorněny v **Příloze 2**.

Tab. 2 Rozdělení vozidel dle velikosti

Rozdělení vozidel dle velikosti		
Malé SUV	Střední SUV	Velké SUV
Ford Puma	Dacia Duster	Ford Ranger
Škoda Yeti	Kia EV6	Nissan Patrol
Jeep Renegade	Ford Kuga	Mitsubishi Outlander

4.1 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ VOZIDLA FORD PUMA

Tab. 3 Základní údaje o vozidle Ford Puma

Základní údaje o vozidle	
Rok výroby	2020
Objem motoru	1000 cm ³
Pohon vozidla	přední náprava
Rozvor	2590 mm
Rozchod přední nápravy	1555 mm
Rozchod zadní nápravy	1535 mm
Statický poloměr kola	325 mm
Maximální zatížení střechy	75 kg

Veškerá měření vozidla Ford Puma probíhala v autodílně s leštěným betonovým povrchem. Pro měření bylo použito dohromady 5 figurantů a v zavazadlovém prostoru bylo po celou dobu

měření závaží o hmotnosti 20 kg. Na místě řidiče seděla žena o hmotnosti 74 kg, místo spolujezdce obsadil muž o hmotnosti 84 kg, vzadu za spolujezdcem seděla žena o hmotnosti 65 kg, vzadu uprostřed seděl muž o hmotnosti 87 kg a za řidičem seděl muž s hmotností také 87 kg. Figuranti do vozidla nastupovali postupně v pořadí, jak je uvedeno výše. Stejný postup byl následně aplikován i při zatížení střechy pomocí střešního boxu se zátěží. Celkem byla střecha zatížena 77 kg. V **Příloze 1** v **tabulce 32** jsou uvedeny naměřené hmotnosti připadající na jednotlivá kola ve vodorovné pozici. Pro lepší přehlednost a porovnání jsou údaje z měření bez zatížení střechy a se zatíženou střechou vloženy ve sloupcích vedle sebe. Nezabarvený sloupec s označením m_a značí hodnoty naměřené bez zatížení střechy a zabarvený sloupec m_b značí hodnoty naměřené se zátěží na střeše.

4.1.1 Vozidlo zatížené řidičem

V **Příloze 1** v **tabulce 33** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 94 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 171 kg. Z naměřených hodnot se pomocí **rovnic (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení uvnitř vozidla je výška těžiště 546 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 600 mm od povrchu země.

4.1.2 Vozidlo zatížené dvěma figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 34** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 178 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 225 kg. Z naměřených hodnot se pomocí **rovnic (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení uvnitř vozidla je výška těžiště 573 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 622 mm od povrchu země.

4.1.3 Vozidlo zatížené třemi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 35** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 243 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř

i vně je 320 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení uvnitř vozidla je výška těžiště 603 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 650 mm od povrchu země.

4.1.4 Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 36** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 330 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 407 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení uvnitř vozidla je výška těžiště 605 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 649 mm od povrchu země.

4.1.5 Vozidlo zatížené pěti figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 37** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 417 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 494 kg. Z naměřených hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení uvnitř vozidla je výška těžiště 605 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 645 mm od povrchu země.

4.1.6 Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Ford Puma

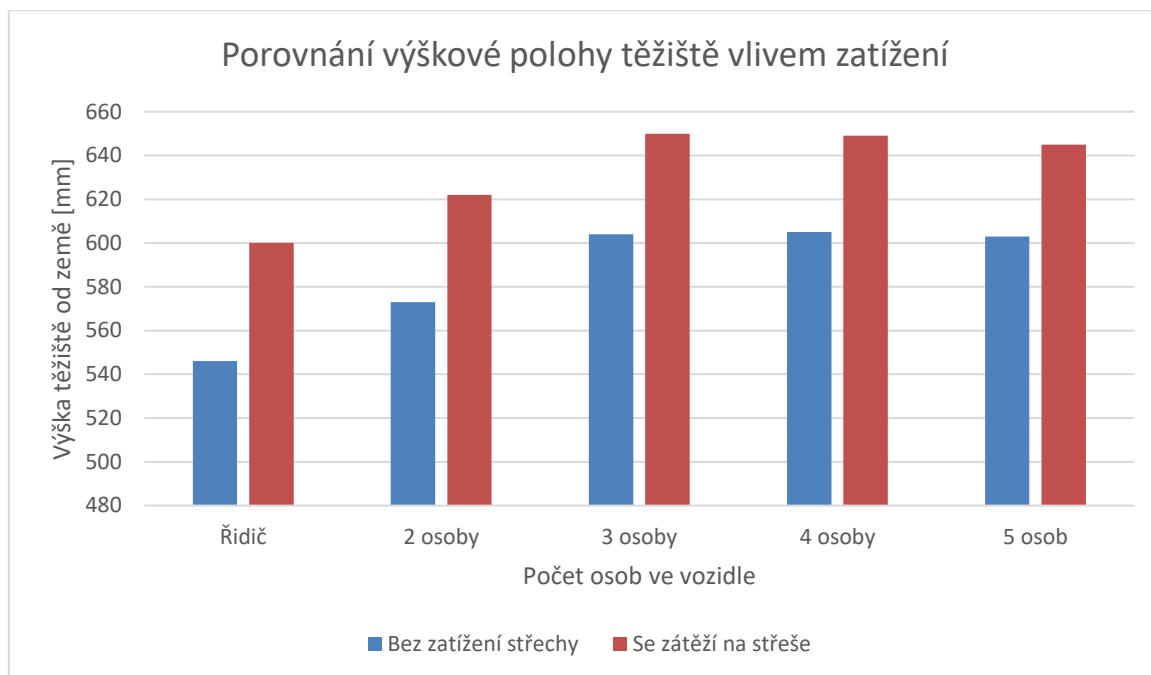
Naměřené hodnoty udávané v **Příloze 1, tabulky 32-37** jsou dosazeny pro výpočet podélné polohy těžiště do **rovnice 4** a pro výpočet příčné polohy těžiště do **rovnice 10**. Výšková poloha těžiště vozidla je získána po dosazení do **rovníc (39), (40), (41)**. Z výsledků je patrné, že díky zatížení střechy se zátěží 77 kg se poloha těžiště u tohoto typu SUV výrazně změnila. Největší rozdíl lze vidět při zatížení jednou osobou, kde při nezatížení střechy je výšková poloha těžiště vozidla 546 mm od povrchu země a při zátěží na střeše je výšková poloha těžiště vozidla 600 mm od povrchu země. Další výsledky a porovnání lze vidět v **tabulce 4** a v **tabulce 5**. Pro lepší přehlednost jsou dané výsledky znázorněny v **grafu 1**.

Tab. 4 Výsledné hodnoty těžiště Fordu Puma bez zatížení střechy

Bez zatížení střechy střešním boxem se zátěží					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1030	1040	1090	1140	1190
Poloha těžiště od zadní nápravy	1560	1550	1500	1450	1400
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	808	787	775	776	796
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	797	776	765	766	786
Výšková poloha těžiště od středu kol	222	248	280	281	278
Výšková poloha těžiště od země	546	573	604	605	603

Tab. 5 Výsledné hodnoty těžiště Fordu Puma se zatížením střechy

Se zatížením střechy střešním boxem se zátěží					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1070	1080	1120	1160	1210
Poloha těžiště od zadní nápravy	1520	1510	1470	1430	1380
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	817	789	773	775	804
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	807	779	763	765	793
Výšková poloha těžiště od středu kol	275	297	325	324	320
Výšková poloha těžiště od země	600	622	650	649	645



Graf 1 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Ford Puma

4.2 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ VOZIDLA ŠKODA YETI

Tab. 6 Základní údaje o vozidle Škoda Yeti

Základní údaje o vozidle	
Rok výroby	2013
Objem motoru	1200 cm ³
Pohon vozidla	přední náprava
Rozvor	2564 mm
Rozchod přední nápravy	1545 mm
Rozchod zadní nápravy	1540 mm
Statický poloměr kola	310 mm
Maximální zatížení střechy	100 kg

Veškeré měření vozidla Škoda Yeti proběhlo v autodílně s leštěným betonovým povrchem. Pro měření bylo použito dohromady 5 figurantů a v zavazadlovém prostoru bylo po celou dobu měření závaží o hmotnosti 20 kg. Na místě řidiče seděla žena o hmotnosti 80 kg, místo spolujezdcem obsadil muž o hmotnosti 87 kg, vzadu za spolujezdcem seděla žena o hmotnosti 73 kg, vzadu

uprostřed seděl muž o hmotnosti 89 kg a za řidičem seděl muž s hmotností 88 kg. Figuranti do vozidla nastupovali postupně v pořadí, jak je napsáno výše. Stejný postup byl následně aplikován i při zatížení střechy pomocí střešního boxu se zátěží. Celkem byla střecha zatížena 105 kg. V **Příloze 1** v **tabulce 38** jsou uvedeny naměřené hmotnosti připadající na jednotlivá kola. Pro lepší přehlednost a porovnání jsou údaje z měření bez zatížení střechy a se zatíženou střechou vloženy ve sloupcích vedle sebe. Nezabarvený sloupec s označením m_a značí hodnoty naměřené bez zatížení střechy a zabarvený sloupec m_b značí hodnoty naměřené se zátěží na střeše.

4.2.1 Vozidlo zatížené řidičem

V **Příloze 1** v **tabulce 39** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 100 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 105 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 205 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 603 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 682 mm od povrchu země.

4.2.2 Vozidlo zatížené dvěma figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 40** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 187 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 105 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 292 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 619 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 685 mm od povrchu země.

4.2.3 Vozidlo zatížené třemi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 41** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 260 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 105 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 365 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 617 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 685 mm od povrchu země.

4.2.4 Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 42** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 349 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 105 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 454 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 617 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 685 mm od povrchu země.

4.2.5 Vozidlo zatížené pěti figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 43** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 437 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 105 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 542 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 619 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 681 mm od povrchu země.

4.2.6 Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Škoda Yeti

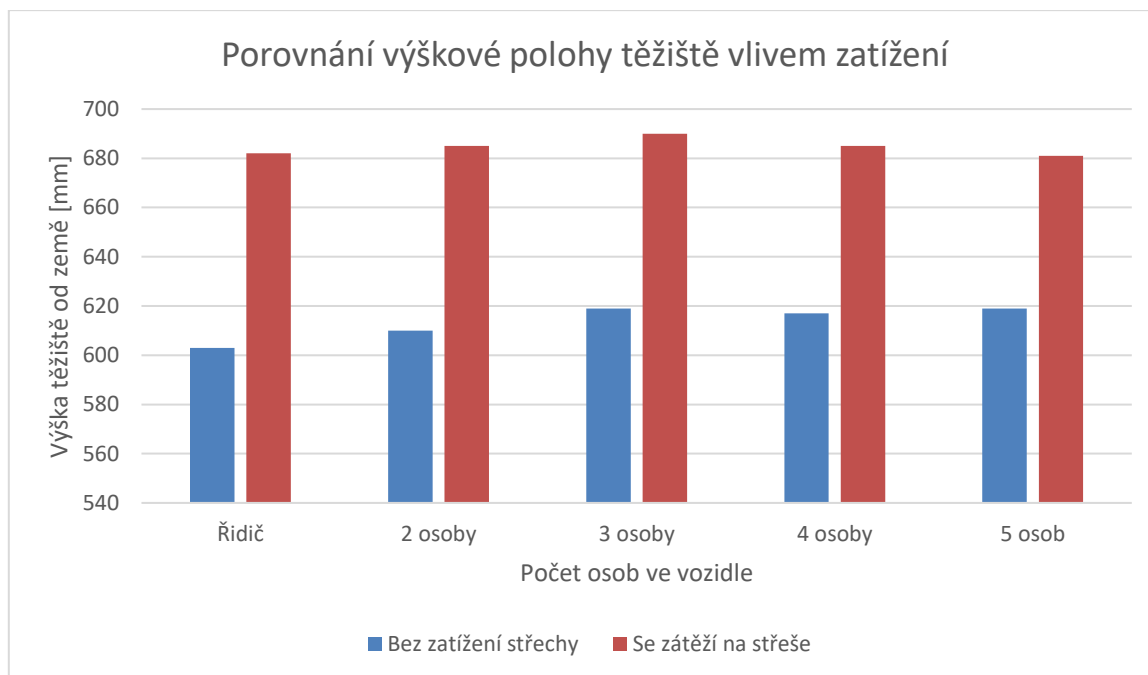
Naměřené hodnoty udávané v **Příloze 1, tabulky (38-43)** jsou dosazeny pro výpočet podélné polohy těžiště do **rovnice 4**, pro výpočet příčné polohy těžiště do **rovnice 10**. Výšková poloha těžiště vozidla je získána po dosazení do **rovníc (39), (40), (41)**. Z výsledků je zjištěno, že díky zatížení střechy se zátěží 105 kg se poloha těžiště u tohoto typu SUV výrazně změnila. Největší rozdíl lze vidět při zatížení jednou osobou, kde při nezatížení střechy je výšková poloha těžiště vozidla 603 mm od povrchu země a při zátěží na střeše je výšková poloha těžiště vozidla 689 mm od povrchu země. Další výsledky a porovnání lze vidět v **tabulce 7** a v **tabulce 8**. Pro lepší přehlednost jsou dané výsledky znázorněny v **grafu 2**.

Tab. 7 Výsledné hodnoty těžiště Škody Yeti bez zatížení střechy

Bez zatížení střechy střešním boxem se zátěží					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	112	112	116	121	125
Poloha těžiště od zadní nápravy	145	145	140	136	131
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	788	764	747	749	772
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	785	762	744	746	769
Výšková poloha těžiště od středu kol	293	300	309	307	309
Výšková poloha těžiště od země	603	610	619	617	619

Tab. 8 Výsledné hodnoty těžiště Škoda Yeti se zatížením střechy

14Se zatížením střechy střešním boxem se zátěží					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1190	1190	1230	1270	1300
Poloha těžiště od zadní nápravy	1370	1380	1340	1300	1260
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	770	748	730	732	757
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	767	746	727	729	754
Výšková poloha těžiště od středu kol	372	375	380	375	371
Výšková poloha těžiště od země	682	685	690	685	681



Graf 2 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Škoda Yeti

4.3 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ VOZIDLA JEEP RENEGADE

Tab. 9 Základní údaje o vozidle Jeep Renegade

Základní údaje o vozidle	
Rok výroby	2016
Objem motoru	1600 cm ³
Pohon vozidla	přední náprava
Rozvor	2570 mm
Rozchod přední nápravy	1545 mm
Rozchod zadní nápravy	1540 mm
Statický poloměr kola	330 mm
Maximální zatížení střechy	70 kg

Veškerá měření vozidla Jeep Renegade proběhla v autodílně s leštěným betonovým povrchem. Pro měření bylo použito dohromady 5 figurantů a v zavazadlovém prostoru bylo po celou dobu měření závaží o hmotnosti 20 kg. Na místě řidiče seděla žena o hmotnosti 80 kg, místo spolujezdce obsadil muž o hmotnosti 84 kg, vzadu za spolujezdcem seděla žena o hmotnosti 66 kg, vzadu uprostřed seděl muž o hmotnosti 87 kg a za řidičem seděl muž s hmotností 87 kg.

Figuranti do vozidla nastupovali postupně v pořadí, jak je napsáno výše. Stejný postup byl následně aplikován i při zatížení střechy pomocí střešního boxu se zátěží. Celkem byla střecha zatížena 70 kg. V **Příloze 1** v **tabulce 44** jsou uvedeny naměřené hmotnosti připadající na jednotlivá kola. Pro lepší přehlednost a porovnání jsou údaje z měření bez zatížení střechy a se zatíženou střechou vloženy ve sloupcích vedle sebe. Nezabarvený sloupec s označením m_a značí hodnoty naměřené bez zatížení střechy a zabarvený sloupec m_b značí hodnoty naměřené se zátěží na střeše.

4.3.1 Vozidlo zatížené řidičem

V **Příloze 1** v **tabulce 45** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 100 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 170 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 624 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 672 mm od povrchu země.

4.3.2 Vozidlo zatížené dvěma figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 46** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 184 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 254 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 631 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 678 mm od povrchu země.

4.3.3 Vozidlo zatížené třemi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 47** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 250 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 320 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 634 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 678 mm od povrchu země.

4.3.4 Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 48** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 337 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 407 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 630 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 672 mm od povrchu země.

4.3.5 Vozidlo zatížené pěti figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 49** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 424 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 494 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 627 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 671 mm od povrchu země.

4.3.6 Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Jeep Renegade

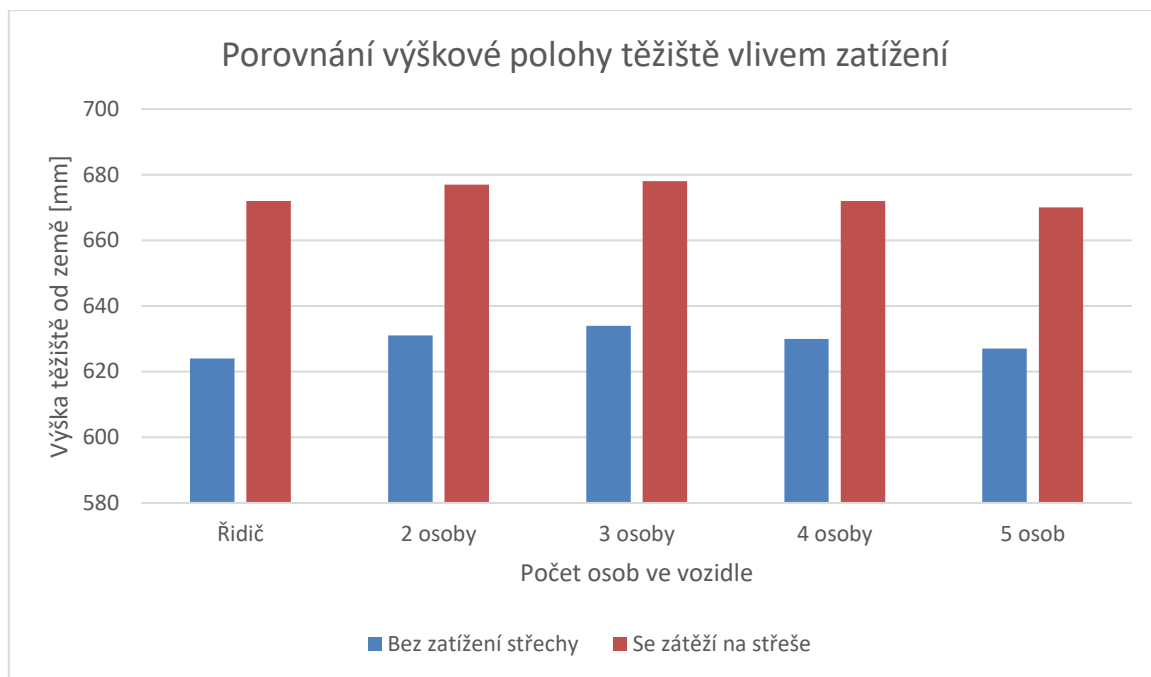
Naměřené hodnoty udávané v **Příloze 1, tabulky (44-49)** jsou dosazeny pro výpočet podélné polohy těžiště do **rovnice 4**, pro výpočet příčné polohy těžiště do **rovnice 10**. Výšková poloha těžiště vozidla je získána po dosazení do **rovníc (39), (40), (41)**. Z výsledků je zjištěno, že díky zatížení střechy se zátěží 70 kg se poloha těžiště u tohoto typu SUV zvýšila. Největší rozdíl lze vidět při zatížení jednou osobou, kde při nezatížení střechy je výšková poloha těžiště vozidla 624 mm od povrchu země a při zátěží na střeše je výšková polohy těžiště vozidla 672 mm od povrchu země. Další výsledky a porovnání lze vidět v **tabulce 10** a v **tabulce 11**. Pro lepší přehlednost jsou dané výsledky znázorněny v **grafu 3**.

Tab. 10 Výsledné hodnoty těžiště Jeep Renegade bez zatížení střechy

Bez zatížení střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1040	1040	1080	1130	1170
Poloha těžiště od zadní nápravy	1530	1530	1490	1440	1400
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	797	775	761	759	778
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	795	772	759	756	776
Výšková poloha těžiště od středu kol	294	301	304	300	297
Výšková poloha těžiště od země	624	631	634	630	627

Tab. 11 Výsledné hodnoty těžiště Jeep Renegade se zatížením střechy

Se zatížením střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1070	1070	1110	1160	1200
Poloha těžiště od zadní nápravy	1500	1500	1460	1410	1370
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	790	768	753	751	784
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	788	766	750	748	782
Výšková poloha těžiště od středu kol	342	347	384	342	340
Výšková poloha těžiště od země	672	677	678	672	670



Graf 3 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Jeep Renegade

4.4 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ VOZIDLA DACIA DUSTER

Tab. 12 Základní údaje o vozidle Dacia Duster

Základní údaje o vozidle	
Rok výroby	2018
Objem motoru	1600 cm ³
Pohon vozidla	přední náprava
Rozvor	2680 mm
Rozchod přední nápravy	1560 mm
Rozchod zadní nápravy	1600 mm
Statický poloměr kola	340 mm
Maximální zatížení střechy	75 kg

Veškeré měření vozidla Dacia Duster proběhlo v autodílně s leštěným betonovým povrchem. Pro měření bylo použito dohromady 5 figurantů a v zavazadlovém prostoru bylo po celou dobu měření závaží o hmotnosti 20 kg. Na místě řidiče seděla žena o hmotnosti 80 kg, místo spolujezdce obsadil muž o hmotnosti 87 kg, vzadu za spolujezdcem seděla žena o hmotnosti 73 kg, vzadu uprostřed seděl muž o hmotnosti 89 kg a za řidičem seděl muž s hmotností 88 kg. Figuranti

do vozidla nastupovali postupně v pořadí, jak je napsáno výše. Stejný postup byl následně aplikován i při zatížení střechy pomocí střešního boxu se zátěží. Celkem byla střecha zatížena 77 kg. V **Příloze 1** v **tabulce 50** jsou uvedeny naměřené hmotnosti připadající na jednotlivá kola. Pro lepší přehlednost a porovnání jsou údaje z měření bez zatížení střechy a se zatíženou střechou vloženy ve sloupcích vedle sebe. Nezabarvený sloupec s označením m_a značí hodnoty naměřené bez zatížení střechy a zabarvený sloupec m_b značí hodnoty naměřené se zátěží na střeše.

4.4.1 Vozidlo zatížené řidičem

V **Příloze 1** v **tabulce 51** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 100 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 177 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovnic (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 619 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 713 mm od povrchu země.

4.4.2 Vozidlo zatížené dvěma figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 52** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 187 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 264 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovnic (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 655 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 707 mm od povrchu země.

4.4.3 Vozidlo zatížené třemi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 53** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 260 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 337 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovnic (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 665 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 714 mm od povrchu země.

4.4.4 Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 54** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 349 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 426 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 701 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 745 mm od povrchu země.

4.4.5 Vozidlo zatížené pěti figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 55** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 437 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 77 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 514 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 696 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 739 mm od povrchu země.

4.4.6 Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Dacia Duster

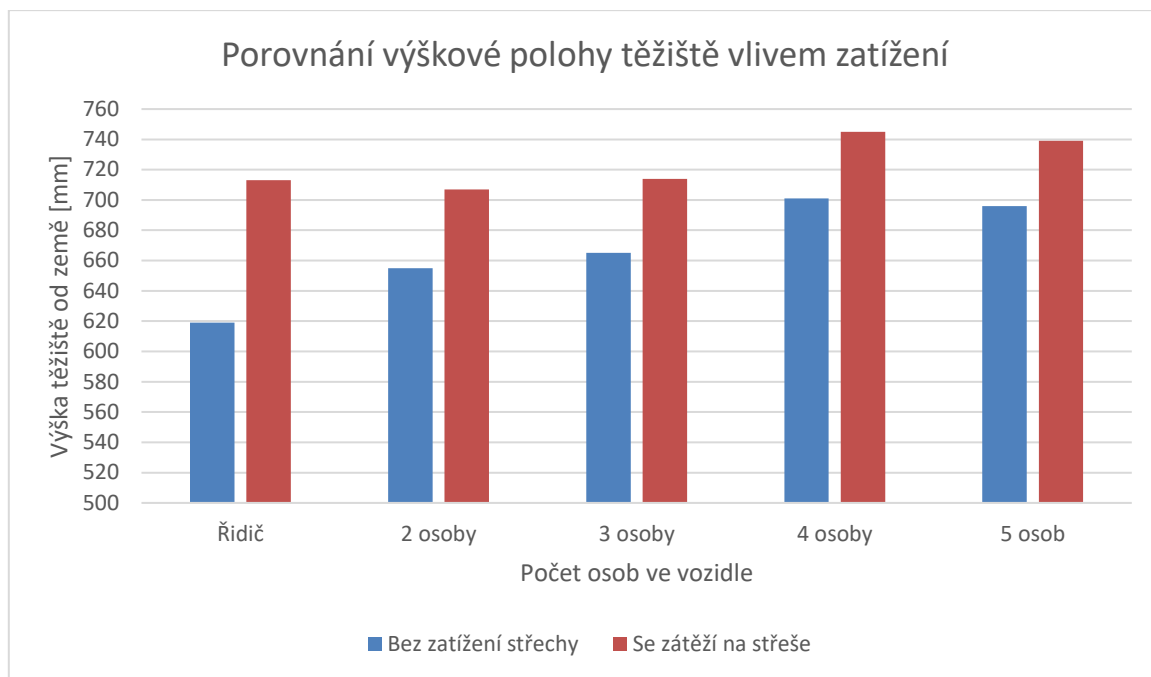
Naměřené hodnoty udávané v **Příloze 1, tabulky (50-55)** jsou dosazeny pro výpočet podélné polohy těžiště do **rovnice 4**, pro výpočet příčné polohy těžiště do **rovnice 10**. Výšková poloha těžiště vozidla je získána po dosazení do **rovníc (39), (40), (41)**. Z výsledků je zjištěno, že díky zatížení střechy se zátěží 77 kg se poloha těžiště u tohoto typu SUV zvýšila. Největší rozdíl lze vidět při zatížení jednou osobou, kde při nezatížení střechy je výšková poloha těžiště vozidla 619 mm od povrchu země a při zátěží na střeše je výšková polohy těžiště vozidla 713 mm od povrchu země. Další výsledky a porovnání lze vidět v **tabulce 13** a v **tabulce 14**. Pro lepší přehlednost jsou dané výsledky znázorněny v **grafu 4**.

Tab. 13 Výsledné hodnoty těžiště Dacia Duster bez zatížení střechy

Bez zatížení střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1190	1200	1250	1300	1350
Poloha těžiště od zadní nápravy	1670	1660	1610	1560	1510
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	808	774	752	755	780
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	811	784	760	765	790
Výšková poloha těžiště od středu kol	279	315	325	361	356
Výšková poloha těžiště od země	619	655	665	701	696

Tab. 14 Výsledné hodnoty těžiště Dacia Duster se zatížením střechy

Se zatížením střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1260	1260	1310	1360	1400
Poloha těžiště od zadní nápravy	1600	1600	1550	1500	1460
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	789	766	744	746	772
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	799	766	753	756	782
Výšková poloha těžiště od středu kol	367	367	374	405	399
Výšková poloha těžiště od země	713	707	714	745	739



Graf 4 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Dacia Duster

4.5 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ VOZIDLA KIA EV6

Tab. 15 Základní údaje o vozidle Kia EV6

Základní údaje o vozidle	
Rok výroby	2021
Pohon vozidla	4x4
Rozvor	2680 mm
Rozchod přední nápravy	1565 mm
Rozchod zadní nápravy	1565 mm
Statický poloměr kola	335 mm
Maximální zatížení střechy	70 kg

Veškerá měření vozidla Kia EV6 proběhla v autodílně s leštěným betonovým povrchem. Pro měření bylo použito dohromady 5 figurantů a v zavazadlovém prostoru bylo po celou dobu měření závaží o hmotnosti 20 kg. Na místě řidiče seděl muž o hmotnosti 102 kg, místo spolujezdce obsadila žena o hmotnosti 80 kg, vzadu za spolujezdcem seděla žena o hmotnosti 61 kg, vzadu uprostřed seděla žena o hmotnosti 72 kg a za řidičem seděl muž s hmotností 92 kg. Figuranti do vozidla nastupovali postupně v pořadí, jak je napsáno výše. Stejný postup byl následně aplikován i při

zatížení střechy pomocí střešního boxu se zátěží. Celkem byla střecha zatížena 70 kg. V **Příloze 1, tabulce 56** jsou uvedeny naměřené hmotnosti připadající na jednotlivá kola. Pro lepší přehlednost a porovnání jsou údaje z měření bez zatížení střechy a se zatíženou střechou vloženy ve sloupcích vedle sebe. Nezabarvený sloupec s označením m_a značí hodnoty naměřené bez zatížení střechy a zabarvený sloupec m_b značí hodnoty naměřené se zátěží na střeše.

4.5.1 Vozidlo zatížené řidičem

V **Příloze 1 v tabulce 57** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 122 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 192 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovnic (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 275 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 298 mm od povrchu země.

4.5.2 Vozidlo zatížené dvěma figuranty

V **Příloze 1 v tabulce 58** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 202 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 272 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovnic (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 268 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 306 mm od povrchu země.

4.5.3 Vozidlo zatížené třemi figuranty

V **Příloze 1 v tabulce 59** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 263 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 333 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovnic (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 290 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 324 mm od povrchu země.

4.5.4 Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 60** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 335 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 405 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 299 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 336 mm od povrchu země.

4.5.5 Vozidlo zatížené pěti figuranty

V **Příloze 1**, **tabulce 61** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 427 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 70 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 497 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 289 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 336 mm od povrchu země.

4.5.6 Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Kia EV6

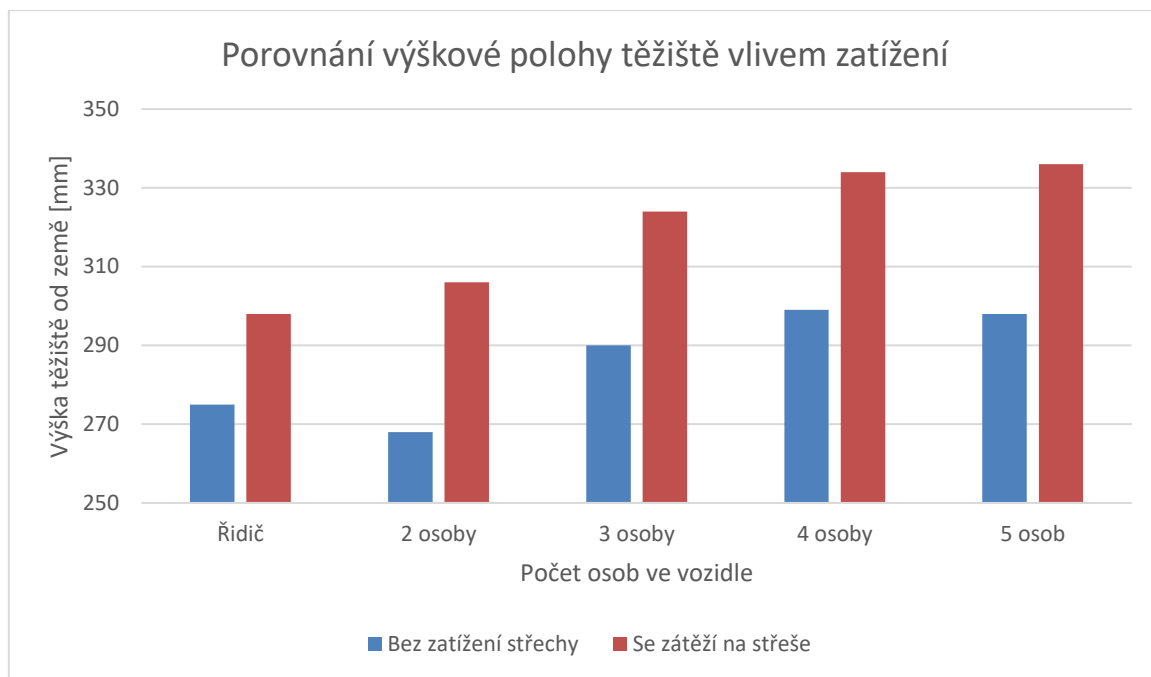
Naměřené hodnoty udávané v **Příloze 1**, **tabulky (56-61)** jsou dosazeny pro výpočet podélné polohy těžiště do **rovnice 4**, pro výpočet příčné polohy těžiště do **rovnice 10**. Výšková poloha těžiště vozidla je získána po dosazení do **rovníc (39), (40), (41)**. Z výsledků je zjištěno, že díky zatížení střechy se zátěží 70 kg se poloha těžiště u tohoto typu SUV zvýšila. Největší rozdíl lze vidět při zatížení dvěma osobami, kde při nezatížení střechy je výšková poloha těžiště vozidla 268 mm od povrchu země a při zátěží na střeše je výšková polohy těžiště vozidla 306 mm od povrchu země. Další výsledky a porovnání lze vidět v **tabulce 16** a v **tabulce 17**. Pro lepší přehlednost jsou dané výsledky znázorněny v **grafu 5**.

Tab. 16 Výsledné hodnoty těžiště Kia EV4 bez zatížení střechy

Bez zatížení střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1530	1530	1540	1570	1590
Poloha těžiště od zadní nápravy	1370	1370	1360	1330	1310
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	815	801	789	789	802
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	825	811	799	798	812
Výšková poloha těžiště od středu kol	-96	-103	-81	-73	-78
Výšková poloha těžiště od země	275	268	290	299	298

Tab. 17 Výsledné hodnoty těžiště Kia EV6 se zatížením střechy

Se zatížením střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1550	1540	1560	1580	1610
Poloha těžiště od zadní nápravy	1350	1360	1340	1320	1290
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	807	792	781	782	795
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	817	802	791	792	806
Výšková poloha těžiště od středu kol	-73	-65	-47	-37	-35
Výšková poloha těžiště od země	298	306	324	334	336



Graf 5 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Kia EV6

4.6 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ VOZIDLA FORD KUGA

Tab. 18 Základní údaje o vozidle Ford Kuga

Základní údaje o vozidle	
Rok výroby	2011
Objem motoru	2000 cm ³
Pohon vozidla	4x4
Rozvor	2680 mm
Rozchod přední nápravy	1565 mm
Rozchod zadní nápravy	1565 mm
Statický poloměr kola	335 mm
Maximální zatížení střechy	75 kg

Veškerá měření vozidla Ford Kuga proběhla v autodílně s leštěným betonovým povrchem. Pro měření bylo použito dohromady 5 figurantů a v zavazadlovém prostoru bylo po celou dobu měření závaží o hmotnosti 20 kg. Na místě řidiče seděla žena o hmotnosti 80 kg, místo spolujezdce obsadil muž o hmotnosti 84 kg, vzadu za spolujezdcem seděla žena o hmotnosti 66 kg, vzadu uprostřed seděl muž o hmotnosti 87 kg a za řidičem seděl muž s hmotností 87 kg. Figuranti do

vozidla nastupovali postupně v pořadí, jak je napsáno výše. Stejný postup byl následně aplikován i při zatížení střechy pomocí střešního boxu se zátěží. Celkem byla střecha zatížena 75 kg. V **Příloze 1** v **tabulce 62** jsou uvedeny naměřené hmotnosti připadající na jednotlivá kola. Pro lepší přehlednost a porovnání jsou údaje z měření bez zatížení střechy a se zatíženou střechou vloženy ve sloupcích vedle sebe. Nezabarvený sloupec s označením m_a značí hodnoty naměřené bez zatížení střechy a zabarvený sloupec m_b značí hodnoty naměřené se zátěží na střeše.

4.6.1 Vozidlo zatížené řidičem

V **Příloze 1** v **tabulce 63** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 100 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 75 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 175 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 680 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 721 mm od povrchu země.

4.6.2 Vozidlo zatížené dvěma figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 64** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 184 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 75 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 259 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 682 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 722 mm od povrchu země.

4.6.3 Vozidlo zatížené třemi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 65** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 250 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 75 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 325 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 685 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 728 mm od povrchu země.

4.6.4 Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 66** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 337 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 75 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 412 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 684 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 723 mm od povrchu země.

4.6.5 Vozidlo zatížené pěti figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 67** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 424 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 75 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 499 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 691 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 725 mm od povrchu země.

4.6.6 Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Ford Kuga

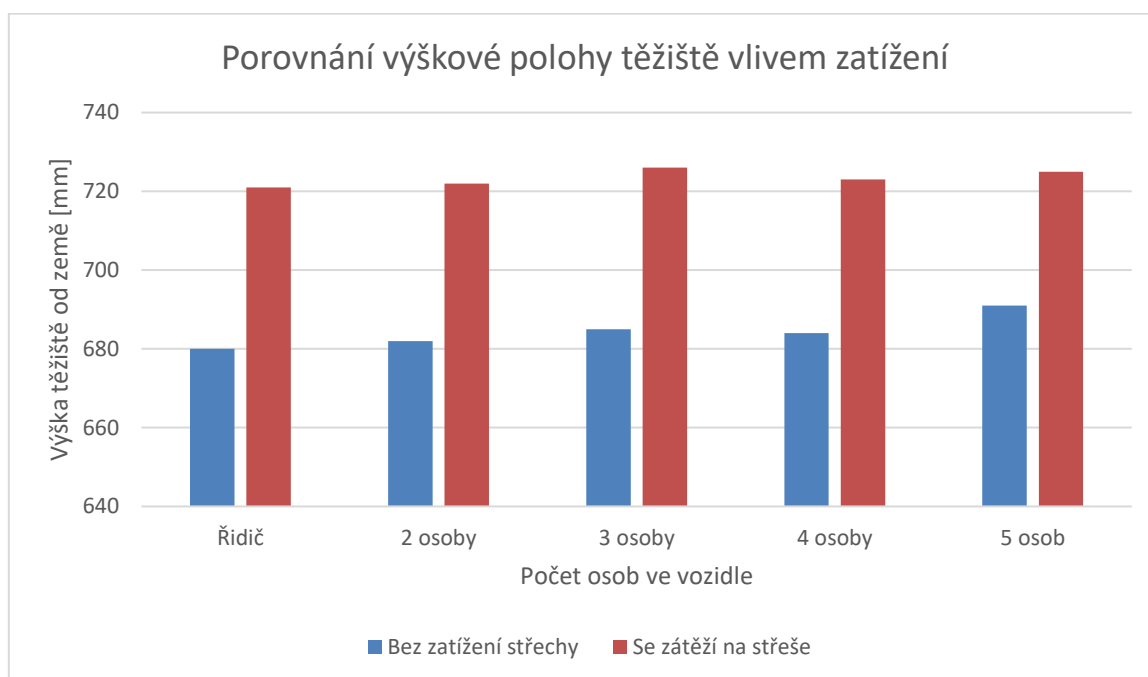
Naměřené hodnoty udávané v **Příloze 1, tabulky (62-67)** jsou dosazeny pro výpočet podélné polohy těžiště do **rovnice 4**, pro výpočet příčné polohy těžiště do **rovnice 10**. Výšková poloha těžiště vozidla je získána po dosazení do **rovníc (39), (40), (41)**. Z výsledků je zjištěno, že díky zatížení střechy se zátěží 75 kg se poloha těžiště u tohoto typu SUV zvýšila. Největší rozdíl lze vidět při zatížení třemi figuranty, kde při nezatížení střechy je výšková poloha těžiště vozidla 685 mm od povrchu země a při zátěží na střeše je výšková poloha těžiště vozidla 728 mm od povrchu země. Další výsledky a porovnání lze vidět v **tabulce 19** a v **tabulce 20**. Pro lepší přehlednost jsou dané výsledky znázorněny v **grafu 6**.

Tab. 19 Výsledné hodnoty těžiště Ford Kuga bez zatížení střechy

Bez zatížení střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1120	1130	1150	1200	1230
Poloha těžiště od zadní nápravy	1560	1550	1530	1480	1450
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	794	775	762	765	785
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	794	775	762	765	785
Výšková poloha těžiště od středu kol	345	347	350	349	356
Výšková poloha těžiště od země	680	682	685	684	691

Tab. 20 Výsledné hodnoty těžiště Ford Kuga se zatížením střechy

Se zatížením střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1140	1140	1180	1210	1250
Poloha těžiště od zadní nápravy	1540	1540	1500	1470	1430
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	790	772	759	764	781
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	790	772	759	764	781
Výšková poloha těžiště od středu kol	386	387	391	388	390
Výšková poloha těžiště od země	721	722	726	723	725



Graf 6 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Ford Kuga

4.7 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ VOZIDLA FORD RANGER

Tab. 21 Základní údaje o vozidle Ford Ranger

Základní údaje o vozidle	
Rok výroby	2016
Objem motoru	2200 cm ³
Pohon vozidla	4x4
Rozvor	3225 mm
Rozchod přední nápravy	1585 mm
Rozchod zadní nápravy	1590 mm
Statický poloměr kola	380 mm
Maximální zatížení střechy	80 kg

Veškerá měření vozidla Ford Ranger proběhla v autodílně s leštěným betonovým povrchem. Pro měření bylo použito dohromady 5 figurantů a v zavazadlovém prostoru bylo po celou dobu měření závaží o hmotnosti 20 kg. Na místě řidiče seděla žena o hmotnosti 80 kg, místo spolujezdce obsadil muž o hmotnosti 84 kg, vzadu za spolujezdcem seděla žena o hmotnosti 66 kg,

vzadu uprostřed seděl muž o hmotnosti 87 kg a za řidičem seděl muž s hmotností 87 kg. Figuranti do vozidla nastupovali postupně v pořadí, jak je napsáno výše. Stejný postup byl následně aplikován i při zatížení střechy pomocí střešního boxu se zátěží. Celkem byla střecha zatížena 75 kg. V **Příloze 1 v tabulce 68** jsou uvedeny naměřené hmotnosti připadající na jednotlivá kola. Pro lepší přehlednost a porovnání jsou údaje z měření bez zatížení střechy a se zatíženou střechou vloženy ve sloupcích vedle sebe. Nezabarvený sloupec s označením m_a značí hodnoty naměřené bez zatížení střechy a zabarvený sloupec m_b značí hodnoty naměřené se zátěží na střeše.

4.7.1 Vozidlo zatížené řidičem

V **Příloze 1 v tabulce 69** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 424 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 75 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 499 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 698 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 738 mm od povrchu země.

4.7.2 Vozidlo zatížené dvěma figuranty

V **Příloze 1 v tabulce 70** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 184 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 80 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 264 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 707 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 742 mm od povrchu země.

4.7.3 Vozidlo zatížené třemi figuranty

V **Příloze 1 v tabulce 71** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 250 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 80 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 330 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 710 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 744 mm od povrchu země.

4.7.4 Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 72** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 337 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 80 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 417 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 707 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 747 mm od povrchu země.

4.7.5 Vozidlo zatížené pěti figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 73** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 424 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 80 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 504 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 707 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 739 mm od povrchu země.

4.7.6 Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Ford Ranger

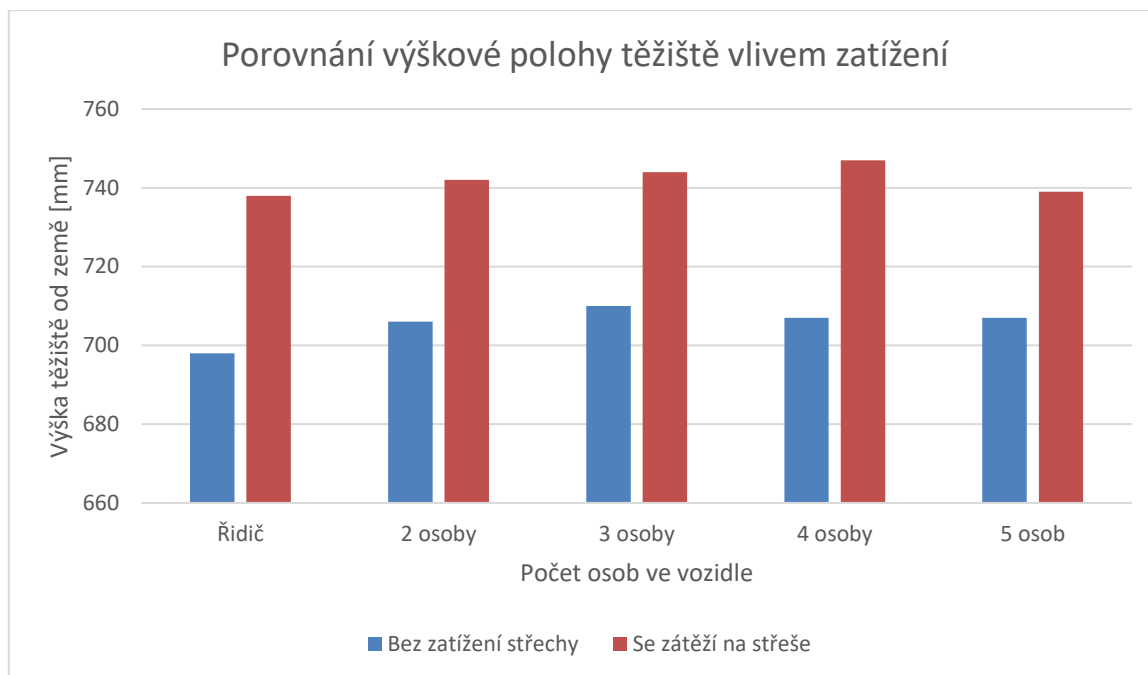
Naměřené hodnoty udávané v **Příloze 1, tabulky (68-73)** jsou dosazeny pro výpočet podélné polohy těžiště do **rovnice 4**, pro výpočet příčné polohy těžiště do **rovnice 10**. Výšková poloha těžiště vozidla je získána po dosazení do **rovníc (39), (40), (41)**. Z výsledků je patrné, že díky zatížení střechy se zátěží 80 kg se poloha těžiště u tohoto typu SUV zvýšila. Největší rozdíl lze vidět při zatížení pouze řidičem, kde při nezatížení střechy je výšková poloha těžiště vozidla 698 mm od povrchu země a při zátěží na střeše je výšková poloha těžiště vozidla 738 mm od povrchu země. Další výsledky a porovnání lze vidět v **tabulce 22** a v **tabulce 23**. Pro lepší přehlednost jsou dané výsledky znázorněny v **grafu 7**.

Tab. 22 Výsledné hodnoty těžiště Ford Ranger bez zatížení střechy

Bez zatížení střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1500	1500	1520	1530	1560
Poloha těžiště od zadní nápravy	1720	1730	1710	1690	1660
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	838	820	814	813	823
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	840	823	817	816	826
Výšková poloha těžiště od středu kol	318	326	330	327	327
Výšková poloha těžiště od země	698	706	710	707	707

Tab. 23 Výsledné hodnoty těžiště Ford Ranger se zatížením střechy

Se zatížením střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1530	1530	1540	1570	1590
Poloha těžiště od zadní nápravy	1690	1700	1680	1660	1640
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	830	815	801	802	817
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	832	817	804	805	820
Výšková poloha těžiště od středu kol	358	362	364	367	359
Výšková poloha těžiště od země	738	742	744	747	739



Graf 7 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Ford Ranger

4.8 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ VOZIDLA NISSAN PATROL

Tab. 24 Základní údaje o vozidle Nissan Patrol

Základní údaje o vozidle	
Rok výroby	2004
Objem motoru	3000cm ³
Pohon vozidla	4x4
Rozvor	3000 mm
Rozchod přední nápravy	1620 mm
Rozchod zadní nápravy	1640 mm
Statický poloměr kola	400 mm
Maximální zatížení střechy	100 kg

Veškeré měření vozidla Nissan Patrol proběhla v autodílně s leštěným betonovým povrchem. Pro měření bylo použito dohromady 5 figurantů a v zavazadlovém prostoru bylo po celou dobu měření závaží o hmotnosti 20 kg. Na místě řidiče seděla žena o hmotnosti 80 kg, místo spolujezdce obsadil muž o hmotnosti 84 kg, vzadu za spolujezdcem seděla žena o hmotnosti 66 kg, vzadu uprostřed seděl muž o hmotnosti 87 kg a za řidičem seděl muž s hmotností 87 kg. Figuranti

do vozidla nastupovali postupně v pořadí, jak je napsáno výše. Stejný postup byl následně aplikován i při zatížení střechy pomocí střešního boxu se zátěží. Celkem byla střecha zatížena 75 kg. V **Příloze 1** v **tabulce 74** jsou uvedeny naměřené hmotnosti připadající na jednotlivá kola. Pro lepší přehlednost a porovnání jsou údaje z měření bez zatížení střechy a se zatíženou střechou vloženy ve sloupcích vedle sebe. Nezabarvený sloupec s označením m_a značí hodnoty naměřené bez zatížení střechy a zabarvený sloupec m_b značí hodnoty naměřené se zátěží na střeše.

4.8.1 Vozidlo zatížené řidičem

V **Příloze 1** v **tabulce 75** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 100 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 100 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 200 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 705 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 746 mm od povrchu země.

4.8.2 Vozidlo zatížené dvěma figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 76** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 184 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 100 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 284 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 717 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 754 mm od povrchu země.

4.8.3 Vozidlo zatížené třemi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 77** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 250 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 100 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 350 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 736 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 774 mm od povrchu země.

4.8.4 Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 78** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 337 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 100 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 437 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 741 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 778 mm od povrchu země.

4.8.5 Vozidlo zatížené pěti figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 79** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 424 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 100 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 524 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 734 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 770 mm od povrchu země.

4.8.6 Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Nissan Patrol

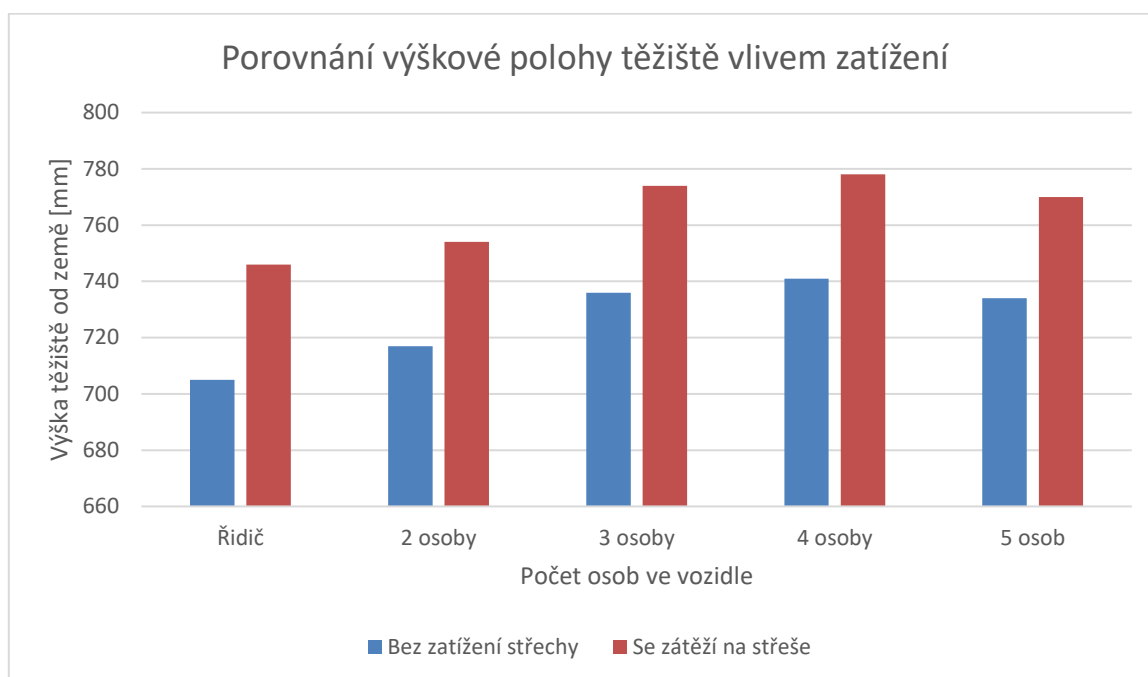
Naměřené hodnoty udávané v **Příloze 1, tabulky (74-79)** jsou dosazeny pro výpočet podélné polohy těžiště do **rovnice 4**, pro výpočet příčné polohy těžiště do **rovnice 10**. Výšková poloha těžiště vozidla je získána po dosazení do **rovníc (39), (40), (41)**. Z výsledků je zjištěno, že díky zatížení střechy se zátěží 80 kg se poloha těžiště u tohoto typu SUV zvýšila. Největší rozdíl lze vidět při zatížení pouze řidičem, kde při nezatížení střechy je výšková poloha těžiště vozidla 705 mm od povrchu země a při zátěží na střeše je výšková polohy těžiště vozidla 746 mm od povrchu země. Další výsledky a porovnání lze vidět v **tabulce 25** a v **tabulce 26**. Pro lepší přehlednost jsou dané výsledky znázorněny v **grafu 8**.

Tab. 25 Výsledné hodnoty těžiště Nissan Patrol bez zatížení střechy

Bez zatížení střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1480	1480	1500	1520	1540
Poloha těžiště od zadní nápravy	1520	1520	1500	1480	1460
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	820	807	797	799	814
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	831	817	807	808	824
Výšková poloha těžiště od středu kol	305	317	336	341	334
Výšková poloha těžiště od země	705	717	736	741	734

Tab. 26 Výsledné hodnoty těžiště Nissan Patrol se zatížením střechy

Se zatížením střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1520	1520	1540	1560	1580
Poloha těžiště od zadní nápravy	1480	1480	1460	1440	1420
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	810	797	786	787	804
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	820	807	796	797	814
Výšková poloha těžiště od středu kol	346	345	374	378	370
Výšková poloha těžiště od země	746	754	774	778	770



Graf 8 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Ford Ranger

4.9 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ VOZIDLA MITSUBISHI OUTLANDER

Tab. 27 Základní údaje o vozidle Mitsubishi Outlander

Základní údaje o vozidle	
Rok výroby	2013
Objem motoru	2000 cm ³
Pohon vozidla	4x4
Rozvor	2265 mm
Rozchod přední nápravy	1550 mm
Rozchod zadní nápravy	1545 mm
Statický poloměr kola	347 mm
Maximální zatížení střechy	80 kg

Veškeré měření vozidla Mitsubishi Outlander proběhla v autodílně s leštěným betonovým povrchem. Pro měření bylo použito dohromady 5 figurantů a v zavazadlovém prostoru bylo po celou dobu měření závaží o hmotnosti 20 kg. Na místě řidiče seděl muž o hmotnosti 102 kg, místo spolujezdce obsadila žena o hmotnosti 80 kg, vzadu za spolujezdcem seděla žena o hmotnosti

61 kg, vzadu uprostřed seděla žena o hmotnosti 72 kg a za řidičem seděl muž s hmotností 92 kg. Figuranti do vozidla nastupovali postupně v pořadí, jak je napsáno výše. Stejný postup byl následně aplikován i při zatížení střechy pomocí střešního boxu se zátěží. Celkem byla střecha zatížena 84 kg. V **Příloze 1** v **tabulce 80** jsou uvedeny naměřené hmotnosti připadající na jednotlivá kola. Pro lepší přehlednost a porovnání jsou údaje z měření bez zatížení střechy a se zatíženou střechou vloženy ve sloupcích vedle sebe. Nezabarvený sloupec s označením m_a značí hodnoty naměřené bez zatížení střechy a zabarvený sloupec m_b značí hodnoty naměřené se zátěží na střeše.

4.9.1 Vozidlo zatížené řidičem

V **Příloze 1** v **tabulce 81** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 122 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 84 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 206 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 527 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 570 mm od povrchu země.

4.9.2 Vozidlo zatížené dvěma figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 82** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 202 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 84 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 286 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 537 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 578 mm od povrchu země.

4.9.3 Vozidlo zatížené třemi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 83** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 263 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 84 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 347 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 535 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 574 mm od povrchu země.

4.9.4 Vozidlo zatížené čtyřmi figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 84** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 335 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 84 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 419 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 553 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 591 mm od povrchu země.

4.9.5 Vozidlo zatížené pěti figuranty

V **Příloze 1** v **tabulce 85** lze vidět v nezabarvených sloupcích s označením A naměřené hodnoty s celkovou zátěží uvnitř vozidla 427 kg. V zabarvených sloupcích s označením B jsou hodnoty naměřené se zatížením uvnitř vozidla stejným jako v nezabarveném sloupci a se zatížením střechy střešním boxem, jehož celková hmotnost se zátěží je 84 kg. Celkové zatížení vozidla uvnitř i vně je 511 kg. Ze zjištěných hodnot se pomocí **rovníc (39), (40), (41)** zjistila výšková poloha těžiště vozidla. Při zatížení pouze uvnitř vozidla je výška těžiště 564 mm od povrchu země a se zatížením střechy se poloha těžiště zvýšila na 600 mm od povrchu země.

4.9.6 Celkové vyhodnocení těžiště vozidla Mitsubishi Outlander

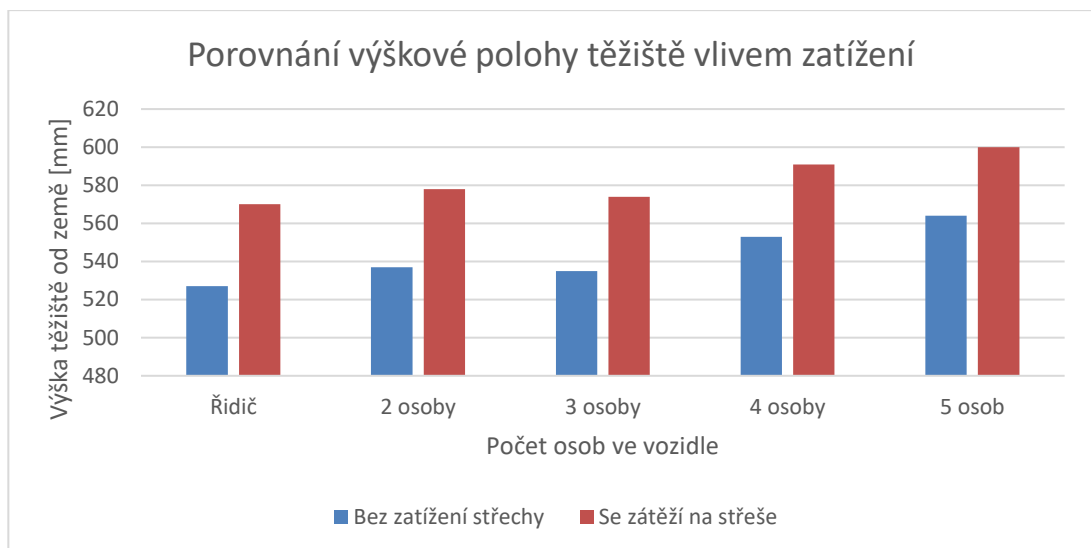
Naměřené hodnoty udávané v **Příloze 1, tabulky (80-85)** jsou dosazeny pro výpočet podélné polohy těžiště do **rovnice 4**, pro výpočet příčné polohy těžiště do **rovnice 10**. Výšková poloha těžiště vozidla je získána po dosazení do **rovníc (39), (40), (41)**. Z výsledků je zjištěno, že díky zatížení střechy se zátěží 80 kg se poloha těžiště u tohoto typu SUV zvýšila. Největší rozdíl lze vidět při zatížení pouze řidičem, kde při nezatížení střechy je výšková poloha těžiště vozidla 527 mm od povrchu země a při zátěží na střeše je výšková polohy těžiště vozidla 570 mm od povrchu země. Další výsledky a porovnání lze vidět v **tabulce 28** a v **tabulce 29**. Pro lepší přehlednost jsou dané výsledky znázorněny v **grafu 9**.

Tab. 28 Výsledné hodnoty těžiště Mitsubishi Outlander bez zatížení střechy

Bez zatížení střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1070	1070	1090	1110	1140
Poloha těžiště od zadní nápravy	1200	1200	1180	1150	1120
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	792	0,775	763	764	780
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	790	0,772	761	761	778
Výšková poloha těžiště od středu kol	180	190	188	206	217
Výšková poloha těžiště od země	527	537	535	553	564

Tab. 29 Výsledné hodnoty těžiště Mitsubishi Outlander se zatížením střechy

Se zatížením střechy střešním boxem se zátěží [mm]					
	Řidič	2 osoby	3 osoby	4 osoby	5 osob
Poloha těžiště od přední nápravy	1090	1090	1110	113	1160
Poloha těžiště od zadní nápravy	1180	1180	1160	113	1100
Příčná vzdálenost těžiště od PP kola	783	766	756	757	772
Příčná vzdálenost těžiště od PZ kola	780	764	753	755	769
Výšková poloha těžiště od středu kol	223	231	227	244	253
Výšková poloha těžiště od země	570	578	574	591	600



Graf 9 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Mitsubishi Outlander

4.9.7 Výpočet statického stabilizačního faktoru (SSF)

Na základě získaných hodnot těžiště vozidel a jejich rozchodu kol byl získán statický stabilizační faktor. Pomocí této bezrozměrné hodnoty bude možné mezi sebou porovnat jednotlivá vozidla z hlediska stability. Pro přehlednost jsou hodnoty SSF znázorněny v **tabulce 30** a **tabulce 31**.

Tab. 30 Hodnota SSF v závislosti na zatížení bez zátěže střechy

	Zatížení řidičem	Zatížení dvěma figuranty	Zatížení třemi figuranty	Zatížení čtyřmi figuranty	Zatížení pěti figuranty
Ford Puma	1,41	1,35	1,28	1,28	1,28
Škoda Yeti	1,28	1,26	1,25	1,25	1,25
Jeep Renegade	1,24	1,22	1,22	1,22	1,23
Dacia Duster	1,28	1,21	1,19	1,13	1,14
Kia EV6	3,96	3,04	2,81	2,73	2,73
Ford Kuga	1,15	1,15	1,14	1,14	1,13
Ford Ranger	1,14	1,12	1,12	1,12	1,12
Nissan Patrol	1,16	1,14	1,11	1,10	1,11
Mitsubishi Outlander	1,47	1,44	1,45	1,40	1,37

Tab. 31 Hodnoty SSF v závislosti na zatížení se zatížením střechy

	Zatížení řidičem	Zatížení dvěma figuranty	Zatížení třemi figuranty	Zatížení čtyřmi figuranty	Zatížení pěti figuranty
Ford Puma	1,29	1,24	1,19	1,19	1,20
Škoda Yeti	1,13	1,13	1,12	1,13	1,13
Jeep Renegade	1,15	1,14	1,14	1,15	1,15
Dacia Duster	1,11	1,12	1,11	1,06	1,07
Kia EV6	2,73	2,66	2,52	2,44	2,43
Ford Kuga	1,09	1,08	1,08	1,08	1,08
Ford Ranger	1,08	1,07	1,07	1,06	1,07
Nissan Patrol	1,09	1,08	1,05	1,05	1,06
Mitsubishi Outlander	1,36	1,34	1,35	1,31	1,29

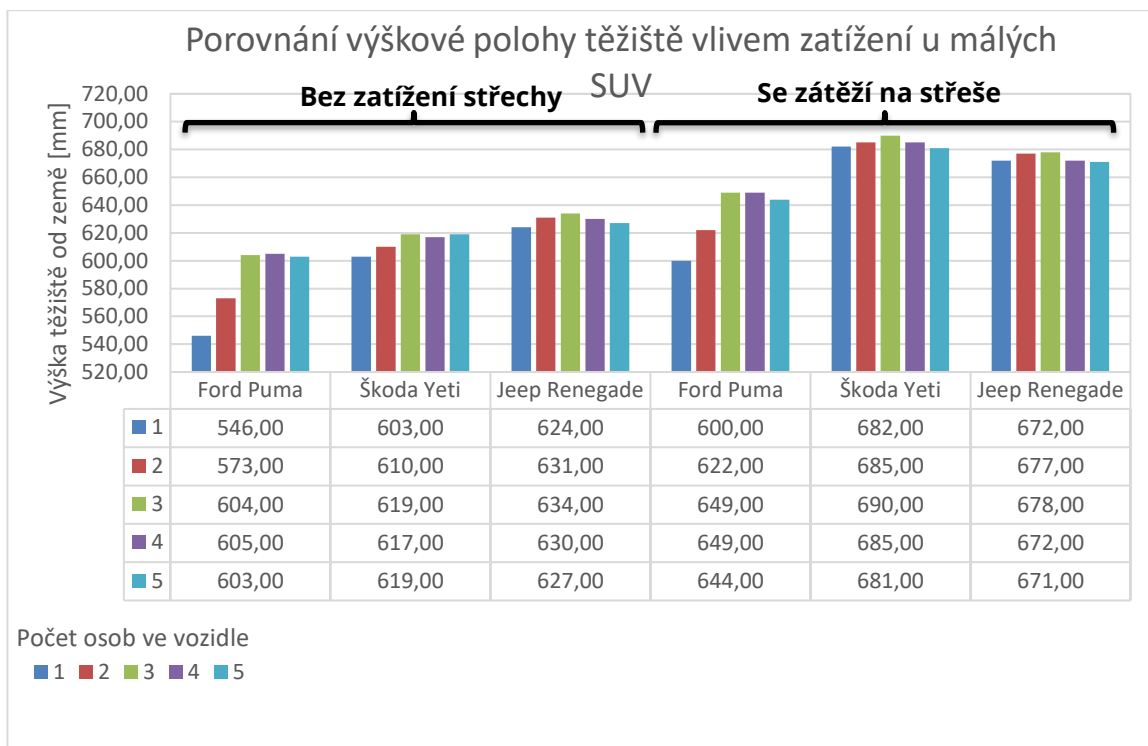
5 DISKUZE VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ

Měřená vozidla jsou velikostně velice rozdílná, a proto jsou rozdělena a následně porovnána podle velikostní kategorie na malá SUV, střední SUV a velká SUV.

Co se týká porovnání jednotlivých vozidel nejprve bez zatížení střechy a se zátěží na střeše, tak výškový rozdíl se pohybuje v rozmezí 22–93 mm. Nejlépe s nejmenším rozdílem změnou výšky polohy těžiště dopadl elektromobil Kia EV6 se zatížením jedné osoby. Rozdíl je zde pouze 22 mm. Naopak nejhůře, a tudíž s největším rozdílem výšky těžiště dopadlo vozidlo Dacia Duster se zatížením také jednou osobou. Rozdíl je zde 93 mm. Ostatní měřená vozidla mají výsledný rozdíl v poloze výšky těžiště následující: Ford Puma 40-48 mm, Škoda Yeti 61-78 mm, Jeep Renegade 42-48 mm, Dacia Duster 42-93 mm, Kia EV6 22-37 mm, Ford Kuga 33-40 mm, Ford Ranger 31-40 mm, Nissan Patrol 35-40 mm, Mitsubishi Outlander 36-42 mm.

5.1 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ V KATEGORII MALÁ SUV

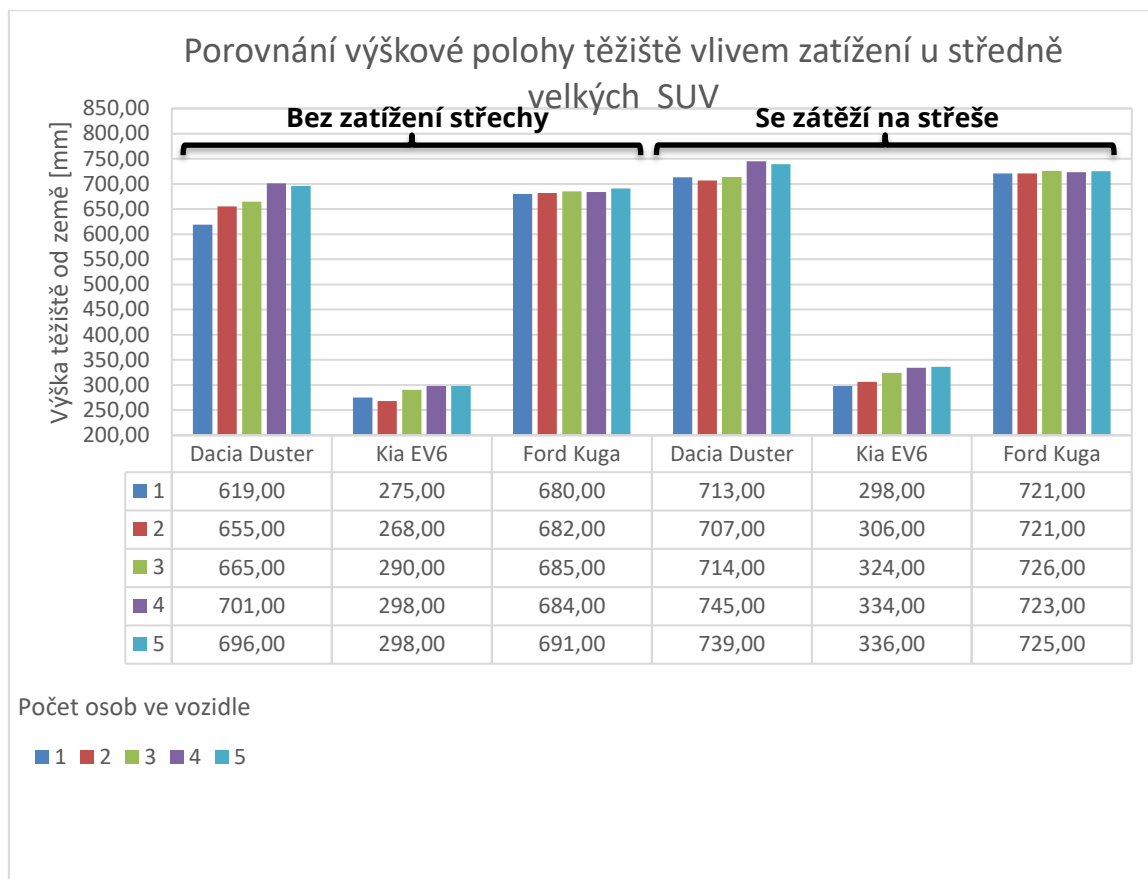
Do kategorie malá SUV jsou zařazena vozidla Ford Puma, Škoda Yeti a Jeep Renegade. Porovnání výsledků a změny výškové polohy těžiště jsou znázorněny v **grafu 10**, ke kterému je přidána i tabulka s konkrétními hodnotami. V této kategorii vozidel má nejnižší položené těžiště vozidlo Ford Puma se zatížením pouze řidičem. Výška těžiště tohoto vozu je 547 mm. Je to hlavně proto, že Ford Puma je ze všech měřených vozů nejnižší a nejlehčí. Naopak nejvýše položené těžiště má vozidlo Škoda Yeti zatížená třemi osobami a střešním boxem na střeše vozidla. Výška těžiště u tohoto vozidla je 690 mm. Výškový rozdíl mezi zatížením bez střešního boxu a se střešním boxem je nejvíce rozdílný u vozidla Škoda Yeti. Je to z důvodu, že toto vozidlo je v kategorii měřených vozidel mezi malými SUV nejvyšší, a hlavně bylo zatíženo na střeše 100 kg. To je až o 30 kg více než u vozů Ford Puma a Jeep Renegade. Vypočítané hodnoty těžiště z měření jsou znázorněny v **kapitolách 4.1, 4.2 a 4.3**.



Graf 10 Porovnání výškové polohy těžiště SUV vlivem zatížení u malých SUV

5.2 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ V KATEGORII STŘEDNÍ SUV

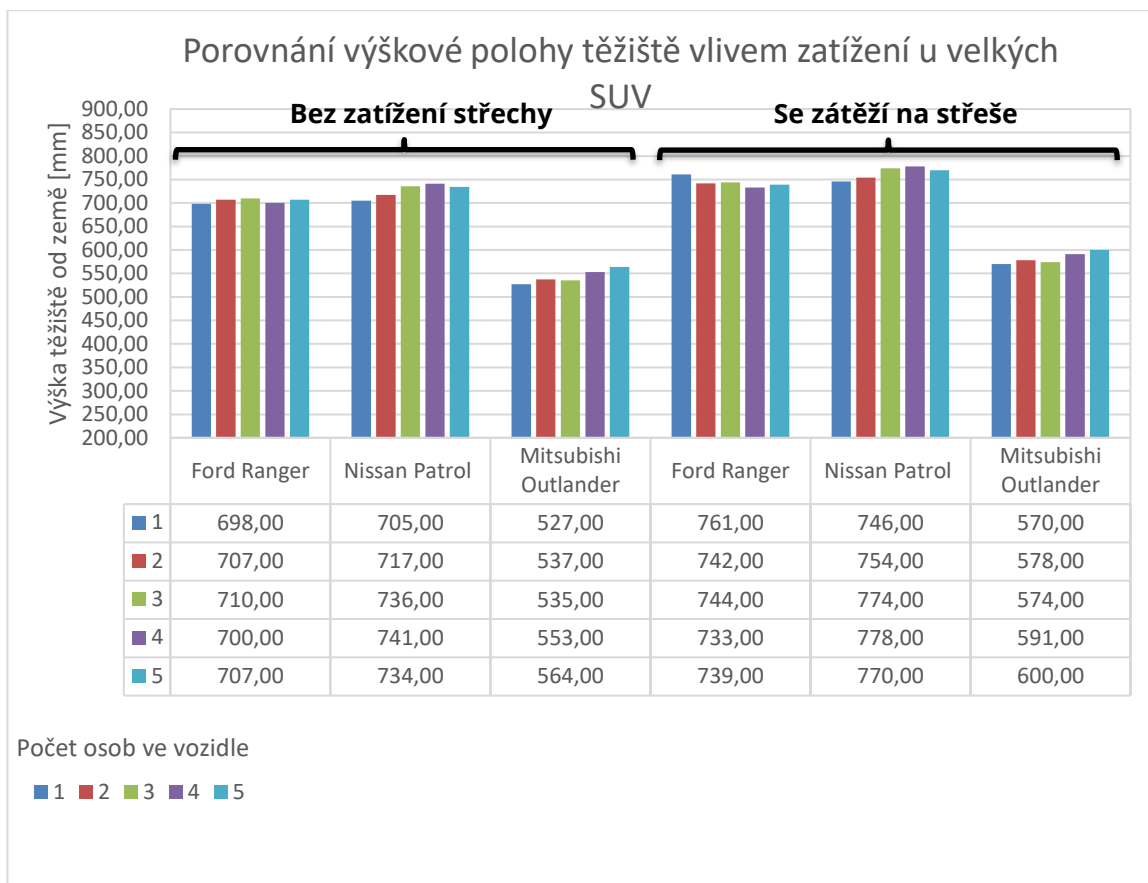
U středně velkých SUV, do kterých jsou zařazeny vozy Dacia Duster, elektromobil KIA EV 6 a Ford Kuga, se výška polohy těžiště rapidně liší. Zde je to ovšem ovlivněno tím, že mezi měřenými vozidly je elektromobil, který díky soustavě dobíjecích článků umístěných v podlaze má výškovou polohu těžiště velice nízko. Z **grafu 11** je tedy patrné, že elektromobil má ve všech ohledech těžiště postaveno nejnižší. Když se tedy opomene elektromobil a porovná se mezi sebou pouze vozidla Dacia Duster a Ford Kuga, tak nejnižší položené těžiště má Dacia Duster při zatížení řidičem, je to 619 mm. U stejného vozidla se zatížením pouze řidičem je i největší rozdíl výškové polohy těžiště mezi zatížením bez střešního boxu a se střešním boxem. Rozdíl zde je 94 mm. Konkrétní vypočítané hodnoty těžiště těchto tří vozidel jsou znázorněny v **kapitolách 4.4, 4.5 a 4.6**.



Graf 11 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u středně velkých SUV

5.3 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ V KATEGORII VELKÁ SUV

V kategorii velká SUV jsou zařazeny vozy Ford Ranger, Nissan Patrol a Mitsubishi Outlander hybrid. Nejnižše položené těžiště vozidla má plug-in hybridní vozidlo Mitsubishi Outlander při zatížení řidičem. Výška těžiště je zde 527 mm. Celkově při všech zatíženích má toto vozidlo položené těžiště vždy nejnižše. Je to nejspíš z důvodu, že kromě ostatních prvků karoserie má toto vozidlo v podlaze umístěnou soustavu dobíjecích článků, která polohu těžiště výrazně snižuje. Kromě plug-in hybridního vozidla má nejnižše položené těžiště vůz Ford Ranger se zatížením řidičem s hodnotou 698 mm. Naopak nejvýše položené těžiště má vozidlo Nissan Patrol se zatížením 4 osobami a zátěží střechy o hmotnosti 100 kg. Konkrétní hodnoty výškové polohy těžiště vlivem zatížení lze vidět v **grafu 12** s přidanou tabulkou hodnot nebo v **kapitolách 4.7, 4.8 a 4.9**



Graf 12 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u velkých SUV

5.4 VYHODNOCENÍ RIZIKA PŘEVŘÁCENÍ DLE ZJIŠTĚNÉ SSF

NHTSA rozlišuje rizika převrácení do pěti kategorií dle výsledku SSF. Popis těchto kategorií je znázorněn v **kapitole 2.6.1**. Do rizika převrácení do 10 % v případě měřených vozidel v této diplomové práci spadá pouze elektromobil Kia EV6, která dosahuje hodnot 2,43-3,04. V kategorii s rizikem převrácení do 20 % je vozidla Ford Puma dosahující výsledků bez zatížení střechy 1,28-1,41. U zatížení střechy do této kategorie lze řadit pouze se zatížením jednou osobou. Další vozidlo s rizikem převrácení do 20 % je plug-in hybridní Mitsubishi Outlander s hodnotami SSF 1,29-1,47. Nejhůře s rizikem převrácení 30 % - 40 % dopadly vozidla Škoda Yeti se zatížením třemi figuranty a zátěží střechy, Dacia Duster se zátěží střechy, Ford Ranger a Nissan Patrol. Poslední dvě zmiňovaná vozidla spadají do této kategorie s jakýmkoliv zatížením. Výsledné hodnoty SSF zbylých vozidle jsou v **kapitole 4.9.7, tabulce 30 a 31**.

6 ZÁVĚR

V diplomové práci byla představena problematika zabývající se umístěním těžiště vozidla SUV a jeho vliv na změnu v závislosti na zatížení od počtu osob a zátěže střešního boxu. Poloha těžiště je totiž velmi důležitým faktorem ovlivňujícím jízdní vlastnosti vozidla. Znalost přesné polohy těžiště je velmi důležitá vstupní hodnota pro programy na optimalizaci dynamických vlastností vozidel nebo rekapitulace dopravních nehod. Práce se věnuje vozidlům typu SUV nejen z důvodu velmi častého výskytu vozidel, ale i z důvodu obvykle vyšší polohy těžiště, než má běžný osobní automobil.

V úvodu práce je uvedena rozsáhlá rešerše obsahující základní teoretické znalosti, které jsou nutné pro vypracování praktické části a dosažení požadovaných cílů. První kapitola je věnována popisu vozidel kategorie SUV. Krátce je popsána konstrukce vozidel a jsou shrnuty výhody a nevýhody. Další kapitola se věnuje problematice převrácení vozidel SUV. Ta obsahuje několik statistik. Z velké části pochází zejména z USA. Data pro situaci na českých silnicích nebylo možné blíže specifikovat, neboť Policie České republiky ve svých statistikách neuvádí, o jaký typ vozu se při nehodě jedná. Dále je rozvedena diskuse na charakterizování pojmu samotného těžiště s popisem a doplněna o metody jeho měření.

Praktická část diplomové práce je zaměřena na měření, výpočet a následně na zjištění změny výškové polohy těžiště u vozidel SUV vlivem zatížení. Z důvodu výběru různých velikostí byla měřená vozidla rozdělena do tří skupin - na malé SUV, střední SUV a velké SUV. Konkrétní rozdělení vozidel je znázorněno v **tabulce 2**. V kategorii malé SUV má nejnižše položené těžiště s výškou 546 mm od povrchu země vozidlo Ford Puma zatížené pouze řidičem o hmotnosti 74 kg. Naopak nejvýše položené těžiště s výškou 690 mm od povrchu země má vozidlo Škoda Yeti zatížené třemi figuranty o celkové hmotnosti 240 kg a zátěží na střeše o hmotnosti 100 kg. V kategorii střední SUV suverénně nejlépe vyšel elektromobil Kia EV6 s polohou těžiště 268-336 mm nad povrchem země. Když se opomene elektromobil, tak další nejnižše položené těžiště s výškou 619 mm od povrchu země má vozidlo Dacia Duster zatížené pouze řidičem o hmotnosti 80 kg. Nejvýše položené těžiště s výškou 745 mm od povrchu země má v této kategorii stejné vozidlo Dacia Duster, ale zatížené čtyřmi figuranty o celkové hmotnosti 349 kg a se zatížením střechy 77 kg. V poslední kategorii, velké SUV, mělo nejnižše položené těžiště o výšce 527 mm nad povrchem země plug-in hybridní vozidlo Mitsubishi Outlander se zatížením jedné osoby o hmotnosti 102 kg. Naopak nejvýše položené těžiště o výšce 778 mm nad povrchem země má vozidlo Nissan Patrol se zatížením čtyřmi figuranty o celkové hmotnosti 317 kg a se zatížením střechy 100 kg.

Při porovnání vozidel, která jsou zatížena pouze figuranty, a vozidly, která jsou zatížena figuranty a zátěží na střeše vozidla, je patrné, že výška těžiště se výrazně zvýšila. U každého vozu ovšem individuálně. Celkově se výškový rozdíl těžiště měřených vozidel pohybuje v rozmezí 22-93 mm. Největší rozdíl lze vidět u vozidla Dacia Duster se zatížením jednou osobou, který činí 93 mm. Naopak nejmenší rozdíl s hodnotou 22 mm je u elektromobilu Kia EV6.

V případě zjišťování stability a zařazení vozidel do kategorií rizik převrácení, tak s nejmenším rizikem převrácení, a to do 10 %, spadá pouze elektromobil Kia EV6 dosahující hodnot 2,43-3,04. V případě vozidel pouze se spalovacím motorem je nejstabilnější vozidlo Ford Puma. Tento vůz s hodnotami SSF 1,28-1,41 spadá do kategorie s rizikem převrácení do 20 %. Nejhorší s rizikem převrácení 30 % - 40 % dopadla vozidla Škoda Yeti se zatížením třemi figuranty a zátěží střechy, Dacia Duster se zátěží 1-5 figuranty a zatížením střechy, Ford Ranger a Nissan Patrol. Poslední dvě zmiňovaná vozidla spadají do této kategorie s jakýmkoliv zatížením. Výsledné hodnoty SSF zbylých vozidel jsou znázorněny v **kapitole 4.9.7, tabulce 30 a 31**.

Naměřené a následně vypočítané hodnoty výškové polohy těžiště mohou být přínosem pro soudní znaleství při řešení dopravních nehod. Zejména jdou využít v softwarovém programu například PC crash a Virtuál crash. Jízdní a nárazové zkoušky, které se doposud dělají, bývají převážně pouze s figurínou řidiče. Při plném zatížení vozidla a s maximální možnou zátěží na střeše hodnoty těžiště vozidla nikde udávané nejsou.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] GRAJA, Milan. Zkoušení vozidel, podklady k přednášce, *Hmotnostní parametry silničních vozidel*, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravních prostředků, oddělení silničních vozidel, 2009.
- [2] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: Vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0.
- [3] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel: jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, řiditelnost, ovladatelnost, stabilita*. Brno: Vlk, 2000. ISBN 80-238-5273-6.
- [4] KARNOPP, Dean. *Vehicle stability*. New York: Marcel Dekker, 2004. ISBN 08-247-5711-4.
- [5] FLORIAN, Zdeněk, Karel PELLANT a Miroslav SUCHÁNEK. *Technická mechanika I – statika*. Brno, 2004. Skripta. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [6] RIEXINGER, Luke, Rini SHERONY a Hampton GABLER. *Has Electronic Stability Control Reduced Rollover Crashes?* In: SAE Technical Paper [online]. 2019-04-02 [cit. 2022-01-20]. ISSN 2688-3627. Dostupné z: doi:10.4271/2019-01-1022
- [7] PARK, Giseo a Seibum B. CHOI. *An Integrated Observer for Real-Time Estimation of Vehicle Center of Gravity Height*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems [online]. 2021, **22**(9), 5660-5671 [cit. 2022-01-20]. ISSN 1524-9050. Dostupné z: doi:10.1109/TITS.2020.2988508
- [8] *Fatality Facts 2020: Passenger vehicle occupants* [online]. The Insurance Institute for Highway Safety, Insurance Institute for Highway Safety Highway Loss Data Institute [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: <https://www.iihs.org/topics/fatality-statistics/detail/passenger-vehicle-occupants>
- [9] NOVÁKOVÁ, Michaela. *Alkohol za volant nepatří*. Policie České republiky [online]. 2020, 2. září 2020 [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/alkohol-za-volant-nepatri-40486.aspx>
- [10] KHAN, Ihsan Ullah a Kimberly VACHAL. Factors affecting injury severity of single-vehicle rollover crashes in the United States. *Traffic Injury Prevention* [online]. 2020, 21(1), 66-71 [cit. 2022-02-26]. ISSN 1538-9588. Dostupné z: doi:10.1080/15389588.2019.1696962

- [11] KHATTAK, Asad J. a Marta ROCHA. Are SUVs “Supremely Unsafe Vehicles”? Analysis of Rollovers and Injuries with Sport Utility Vehicles. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* [online]. 2003, **1840**(1), 167-177 [cit. 2022-01-20]. ISSN 0361-1981. Dostupné z: doi:10.3141/1840-19
- [12] BESIP. *Nejen EuroNCAP testuje*. [online]. [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://besip.cz/Tematicke-stranky/Cestujeme-autem/Zajimavosti/Nejen-EuroNCAP-testuje>
- [13] Systém ochrany proti převrácení vozidla (ROPS). In: *Volvo: Car Corporation* [online]. 23. 7. 2018 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/cz/support/manuals/v60-cross-country/2016w46/bezpecnost/bezpecnost/system-ochrany-proti-prevraceni-vozidla-rops?id=aa2cbd25f78f1a47c0a801e801469109-om-cz-v423-2017-16w46>
- [14] KEALL, Michael D. a Stuart NEWSTEAD. Evaluation of the effectiveness of vehicle roll stability control (RSC) for high center of gravity light passenger vehicles in Australasia. *Traffic Injury Prevention* [online]. 2021, **22**(6), 489-494 [cit. 2022-01-20]. ISSN 1538-9588. Dostupné z: doi:10.1080/15389588.2021.1937614
- [15] FEDRA, Tomáš. *Měření výškové polohy těžiště vozidla*. Brno, 2010, 97 s. Dostupné také z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/14468/final-thesis.pdf?sequence=6>. Diplomová práce. VUT-FSI.
- [16] HAKEWILL, James. *Measuring center-of-gravity height on a Formula Car*. James Hakewill [online]. June 2007 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <http://www.jameshakewill.com/cg-height.pdf>
- [17] ELTON, Bob. The Counterintuitive Truth About Roof Crush Standards. In: *The Truth About Cars* [online]. 17 June 2006 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://www.thetruthaboutcars.com/2006/06/the-counterintuitive-truth-about-roof-crush-standards/>
- [18] SCOTTI, Tony. Vehicle Static Stability Factor. *International Security Driver Association* [online]. 1 November 2018 [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: <https://isdacenter.org/vehicle-static-stability-factor/>
- [19] REŃSKI, Andrzej. *Investigation of the Influence of the Centre of Gravity Position on the Course of Vehicle Rollover* [online]. In: 24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), 2015-6-8

[cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://www-esv.nhtsa.dot.gov/Proceedings/24/files/24ESV-000153.PDF>

- [20] COZZI, Laura. *Global SUV sales set another record in 2021, setting back efforts to reduce emissions*. International Energy Agency [online]. 21 December 2021 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://www.iea.org/commentaries/global-suv-sales-set-another-record-in-2021-setting-back-efforts-to-reduce-emissions>
- [21] The Pros & Cons of Owning an SUV. *Supa Quick* [online]. 29 May 2020 [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: <https://www.supaquick.com/blog/pros-and-cons-of-owning-an-suv>
- [22] MONFORT, Samuel S. a Joseph M. NOLAN. Trends in aggressivity and driver risk for cars, SUVs, and pickups: Vehicle incompatibility from 1989 to 2016. *Traffic Injury Prevention* [online]. 2019, **20**(1), 92-96 [cit. 2022-02-26]. ISSN 1538-9588. Dostupné z: doi:10.1080/15389588.2019.1632442
- [23] Drinking and driving. *Austria's digital government agency* [online]. 10 January 2022 [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: https://www.oesterreich.gv.at/en/themen/dokumente_und_recht/fuehrerschein/7/Seite.042000.html

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Počet nehod s převrácením vozidla a bez převrácení v letech 2008-2017 pro oblast zmíněnou výše [14].....	24
Tab. 2 Rozdělení vozidel dle velikosti	48
Tab. 3 Základní údaje o vozidle Ford Puma	48
Tab. 4 Výsledné hodnoty těžiště Fordu Puma bez zatížení střechy.....	51
Tab. 5 Výsledné hodnoty těžiště Fordu Puma se zatížením střechy	51
Tab. 6 Základní údaje o vozidle Škoda Yeti	52
Tab. 7 Výsledné hodnoty těžiště Škody Yeti bez zatížení střechy	55
Tab. 8 Výsledné hodnoty těžiště Škoda Yeti se zatížením střechy.....	55
Tab. 9 Základní údaje o vozidle Jeep Renegade	56
Tab. 10 Výsledné hodnoty těžiště Jeep Renegade bez zatížení střechy	59
Tab. 11 Výsledné hodnoty těžiště Jeep Renegade se zatížením střechy	59
Tab. 12 Základní údaje o vozidle Dacia Duster.....	60
Tab. 13 Výsledné hodnoty těžiště Dacia Duster bez zatížení střechy	63
Tab. 14 Výsledné hodnoty těžiště Dacia Duster se zatížením střechy	63
Tab. 15 Základní údaje o vozidle Kia EV6	64
Tab. 16 Výsledné hodnoty těžiště Kia EV4 bez zatížení střechy	67
Tab. 17 Výsledné hodnoty těžiště Kia EV6 se zatížením střechy	67
Tab. 18 Základní údaje o vozidle Ford Kuga	68
Tab. 19 Výsledné hodnoty těžiště Ford Kuga bez zatížení střechy	71
Tab. 20 Výsledné hodnoty těžiště Ford Kuga se zatížením střechy	71
Tab. 21 Základní údaje o vozidle Ford Ranger.....	72
Tab. 22 Výsledné hodnoty těžiště Ford Ranger bez zatížení střechy	75
Tab. 23 Výsledné hodnoty těžiště Ford Ranger se zatížením střechy	75
Tab. 24 Základní údaje o vozidle Nissan Patrol.....	76
Tab. 25 Výsledné hodnoty těžiště Nissan Patrol bez zatížení střechy.....	79
Tab. 26 Výsledné hodnoty těžiště Nissan Patrol se zatížením střechy	79
Tab. 27 Základní údaje o vozidle Mitsubishi Outlander	80
Tab. 28 Výsledné hodnoty těžiště Mitsubishi Outlander bez zatížení střechy	83
Tab. 29 Výsledné hodnoty těžiště Mitsubishi Outlander se zatížením střechy.....	83
Tab. 30 Hodnota SSF v závislosti na zatížení bez zátěže střechy	84
Tab. 31 Hodnoty SSF v závislosti na zatížení se zatížením střechy	85
Tab. 32 Hmotnost vozidla Ford Puma ve vodorovné poloze	106
Tab. 33 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené řidičem	106

Tab. 34	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené dvěma figuranty	107
Tab. 35	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené třemi figuranty	107
Tab. 36	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené čtyřmi figuranty	108
Tab. 37	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené pěti figuranty	108
Tab. 38	Hmotnost vozidla Škoda Yeti ve vodorovné poloze	108
Tab. 39	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížené řidičem.....	109
Tab. 40	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížené dvěma figuranty	109
Tab. 41	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížené třemi figuranty	109
Tab. 42	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížené čtyřmi figuranty	110
Tab. 43	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížené pěti figuranty	110
Tab. 44	Hmotnost vozidla Jeep Renegade ve vodorovné poloze	110
Tab. 45	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené řidičem...	111
Tab. 46	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené dvěma figuranty	111
Tab. 47	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené třemi figuranty.	111
Tab. 48	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené čtyřmi figuranty	112
Tab. 49	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené pěti figuranty ...	112
Tab. 50	Hmotnost vozidla Dacia Duster ve vodorovné poloze	112
Tab. 51	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené řidičem	113
Tab. 52	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené dvěma figuranty .	113
Tab. 53	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené třemi figuranty ...	113
Tab. 54	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené čtyřmi figuranty ..	114
Tab. 55	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené pěti figuranty	114
Tab. 56	Hmotnost vozidla Kia EV6 ve vodorovné poloze	114
Tab. 57	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené řidičem	115
Tab. 58	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené dvěma figuranty	115
Tab. 59	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené třemi figuranty	115
Tab. 60	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené čtyřmi figuranty.....	116
Tab. 61	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené pěti figuranty	116
Tab. 62	Hmotnost vozidla Ford Kuga ve vodorovné poloze.....	116
Tab. 63	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené řidičem	117
Tab. 64	Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené dvěma figuranty	117

<i>Tab. 65 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené třemi figuranty</i>	117
<i>Tab. 66 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené čtyřmi figuranty</i>	118
<i>Tab. 67 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené pěti figuranty.....</i>	118
<i>Tab. 68 Hmotnost vozidla Ford Ranger ve vodorovné poloze</i>	118
<i>Tab. 69 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené řidičem</i>	119
<i>Tab. 70 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené dvěma figuranty ..</i>	119
<i>Tab. 71 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené třemi figuranty.....</i>	119
<i>Tab. 72 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené čtyřmi figuranty ...</i>	120
<i>Tab. 73 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené pěti figuranty</i>	120
<i>Tab. 74 Hmotnost vozidla Nissan Patrol ve vodorovné poloze</i>	120
<i>Tab. 75 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené řidičem</i>	121
<i>Tab. 76 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené dvěma figuranty</i>	121
<i>Tab. 77 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené třemi figuranty...</i>	121
<i>Tab. 78 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené čtyřmi figuranty .</i>	122
<i>Tab. 79 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené pěti figuranty</i>	122
<i>Tab. 80 Hmotnost vozidla Mitsubishi Outlander ve vodorovné poloze.....</i>	122
<i>Tab. 81 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené řidičem</i>	123
<i>Tab. 82 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené dvěma figuranty</i>	123
<i>Tab. 83 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené třemi figuranty</i>	123
<i>Tab. 84 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené čtyřmi figuranty</i>	124
<i>Tab. 85 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené pěti figuranty</i>	124

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Ford Puma	52
Graf 2 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Škoda Yeti	56
Graf 3 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Jeep Renegade	60
Graf 4 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Dacia Duster	64
Graf 5 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Kia EV6.....	68
Graf 6 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Ford Kuga.....	72
Graf 7 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Ford Ranger	76
Graf 8 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Ford Ranger	80
Graf 9 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u vozidla Mitsubishi Outlander	84
Graf 10 Porovnání výškové polohy těžiště SUV vlivem zatížení u malých SUV	87
Graf 11 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u středně velkých SUV	88
Graf 12 Porovnání výškové polohy těžiště vlivem zatížení u velkých SUV.....	89
Graf 13 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené řidičem	125
Graf 14 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené dvěma figuranty	125
Graf 15 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené třemi figuranty.	126
Graf 16 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené čtyřmi figuranty	126
Graf 17 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené pěti figuranty....	126
Graf 18 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla	127
Graf 19 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	127
Graf 20 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	127
Graf 21 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	128
Graf 22 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	128
Graf 23 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené řidičem	128
Graf 24 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené dvěma figuranty	129
Graf 25 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené třemi figuranty..	129
Graf 26 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené čtyřmi figuranty	129
Graf 27 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené pěti figuranty.....	130
Graf 28 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla	130

Graf 29 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla	130
Graf 30 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla	131
Graf 31 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla	131
Graf 32 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla	131
Graf 33 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené řidičem	132
Graf 34 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené dvěma figuranty	132
Graf 35 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené třemi figuranty	132
Graf 36 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené čtyřmi figuranty	133
Graf 37 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené pěti figuranty	133
Graf 38 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla	133
Graf 39 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla	134
Graf 40 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla	134
Graf 41 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla	134
Graf 42 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla	135
Graf 43 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené dvěma figuranty	135
Graf 44 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené řidičem	135
Graf 45 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené třemi figuranty	136
Graf 46 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené čtyřmi figuranty	136
Graf 47 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené pěti figuranty	136
Graf 48 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla	137
Graf 49 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla	137
Graf 50 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla	137

Graf 51 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	138
Graf 52 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	138
Graf 53 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené řidičem	138
Graf 54 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené dvěma figuranty	139
Graf 55 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené třemi figuranty	139
Graf 56 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené čtyřmi figuranty	139
Graf 57 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené pěti figuranty.....	140
Graf 58 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla.....	140
Graf 59 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	140
Graf 60 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	141
Graf 61 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	141
Graf 62 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	141
Graf 63 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené řidičem	142
Graf 64 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené dvěma figuranty	142
Graf 65 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené třemi figuranty ..	142
Graf 66 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené čtyřmi figuranty.	143
Graf 67 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené pěti figuranty	143
Graf 68 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla	143
Graf 69 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	144
Graf 70 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	144
Graf 71 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	144
Graf 72 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	145
Graf 73 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené řidičem.....	145
Graf 74 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené dvěma figuranty	145
Graf 75 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené třemi figuranty	146

Graf 76 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené čtyřmi figuranty	146
Graf 77 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené pěti figuranty .	146
Graf 78 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla	147
Graf 79 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla	147
Graf 80 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla	147
Graf 81 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla	148
Graf 82 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla	148
Graf 83 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené řidičem	148
Graf 84 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené dvěma figuranty	149
Graf 85 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené třemi figuranty	149
Graf 86 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené čtyřmi figuranty	149
Graf 87 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené pěti figuranty	150
Graf 88 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla	150
Graf 89 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla	150
Graf 91 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla	151
Graf 93 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla	151
Graf 95 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla	151
Graf 96 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené řidičem	152
Graf 97 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené dvěma figuranty	152
Graf 98 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené třemi figuranty	152
Graf 99 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené čtyřmi figuranty	153
Graf 100 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené pěti figuranty	153

Graf 101 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla	153
Graf 102 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	154
Graf 105 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla.....	155

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Registrace vozidel SUV v letech 2010-2021 [20].....	19
Obr. 2 Nehodovost vedoucí k přetočení vozidla bez účasti dalšího vozidla na 1 mil. vozidel [8] ...	20
Obr. 3 Měření příčné polohy vozidla [2].....	26
Obr. 4 Měření podélné polohy těžiště vozidla [2].....	27
Obr. 5 Měření výškové polohy těžiště vozidla metodou naklápění na nápravu [2]	29
Obr. 6 Metoda vážení vozidla při naklápění na bok [2]	31
Obr. 7 Schéma vozidla s rozdílnými rozchody kol [16]	32
Obr. 8 Metoda zjištění úhlu překlopení [2].....	33
Obr. 9 Metoda zavěšení celého vozidla [2].....	34
Obr. 10 Znázornění rozměrů pro SSF [17].....	36
Obr. 11 Porovnání SSF pro rozdílný typ vozidel [17].....	36
Obr. 12 Riziko převrácení dle NHTSA [19].....	37
Obr. 13 Grafické znázornění hodnocení převrácení [19].....	37
Obr. 14 Síly působící na vozidlo při zatáčení v mezních podmínkách převrácení [19].....	39
Obr. 15 Síly působící na vozidlo v jeho průřezu [19]	40
Obr. 16 Graf minimalizace chyb vlivem měření [2]	43
Obr. 17 Nápravové váhy s indikátorem DFWKRP [vlastní]	45
Obr. 18 Nápravový zvedák Easy-lift [vlastní]	46
Obr. 19 Pomocné magnetické nosiče pro přichycení střešního boxu na vozidlo bez hagusů [vlastní]	47
Obr. 20 Příklad uchycení střešního boxu na střeše vozidla [vlastní].....	47

SEZNAM ZKRATEK

a...	[mm]	rozchod kol
A...		pro měření bez zatížení střechy
B...		pro měření se zátěží na střeše
b...	[mm]	rozchod kol
d...		příčná vzdálenost těžiště od rozdílu rozchodu mezi přední a zadní nápravou
F _y ...	[N]	odstředivá síla
F ₁₃ ...	[N]	Síly od zatížení pravé strany
F ₂₄ ...	[N]	Síly od zatížení levé strany
g...	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení
h...	[mm]	výška těžiště vozidla
h ₀ ...	[mm]	kolmá vzdálenost mezi těžištěm a středem pneumatiky přední nápravy
h ₁ ...	[mm]	poloha zadní nápravy od úrovně terénu při měření
h _A ...	[mm]	kolmá vzdálenost mezi bodem A a rovinou středů přední a zadní nápravy
h _t ...	[mm]	výšková poloha těžiště vozidla
h _t ...	[mm]	Vzdálenost mezi těžištěm vozidla a bodem A
l...	[mm]	rozvor kol
l ₁₂ ...	[mm]	vzdálenost přední nápravy od polohy těžiště vozidla
l ₃₄ ...	[mm]	vzdálenost zadní nápravy od polohy těžiště vozidla
m...	[kg]	hmotnost vozidla
m ₁₂ ...	[kg]	hmotnost přední nápravy
m ₃₄ ...	[kg]	hmotnost zadní nápravy
m ₁₂₁ ...	[kg]	hmotnost zatěžující přední nápravu při zdvihu
m ₁₃₁ ...	[kg]	hmotnost zatěžující přední nápravu při zdvihu

$m_{1...}$	[kg]	hmotnost zatěžující pravé přední kolo
$m_{2...}$	[kg]	hmotnost připadající na levé přední kolo
$m_{3...}$	[kg]	hmotnost připadající na pravé zadní kolo
$m_{4...}$	[kg]	hmotnost zatěžující levé zadní kolo
$m_{a...}$	[kg]	zatížení bez zatížení střechy
$m_{b...}$	[kg]	zatížení se zátěží na střeše
$m_{c...}$	[kg]	celková hmotnost vozidla se zatížením
$m_{131...}$	[kg]	hmotnost na levou přední a levou zadní pneumatiku po naklopení
$m_{242...}$	[kg]	hmotnost na levou přední a levou zadní pneumatiku před naklopením
$m_{v...}$	[kg]	celková hmotnost vozidla
$m_{z...}$	[kg]	hmotnost přídatného závaží
$R...$	[m]	poloměr zatáčky
$r_{stat...}$	[mm]	statický poloměr pneumatik
$t...$	[mm]	rozchod kol
$t_1...$	[mm]	příčná vzdálenost mezi středem pneumatik na pravé části vozidla a těžištěm
$t_2...$	[mm]	příčná vzdálenost mezi středem pneumatik na levé části vozidla a těžištěm
$t_{12...}$	[mm]	rozchod kol na přední nápravě
$t_{34...}$	[mm]	rozchod kol na zadní nápravě
$\tan \nu...$		tangens úhlu naklopení na přední nápravu
$v...$	[m.s ⁻¹]	rychlost vozidla
$Y...$	[N]	třecí síla
$Z...$	[N]	radiální síla působící mezi vozovkou a pneumatikou

$B...$	[°]	úhel proložené přímkou
$\Delta m_{121}...$	[kg]	přírůstek hmotnosti přední nápravy po zdvihu vůči m_{12}
$v...$	[°]	úhel mezi vodorovnou a nakloněnou rovinou spojnice středů kol
$\mu...$	[-]	součinitel adheze

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Tabulky s naměřenými hmotnostmi vozidel

Příloha č. 2: Grafy určené k eliminaci bych z měření

PŘÍLOHA 1 TABULKY S NAMĚŘENÝMI HMOTNOSTMI VOZIDEL

Tab. 32 Hmotnost vozidla Ford Puma ve vodorovné poloze

	Řidič [kg]		2 osoby [kg]		3 osoby [kg]		4 osoby [kg]		5 osob [kg]	
	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b
m_1 (LP)	397,0	414,0	410,0	422,5	409,0	420,0	418,0	429,5	435,5	454,0
m_2 (PP)	414,0	419,5	445,5	457,0	457,5	472,5	467,0	483,5	465,0	476,0
m_3 (LZ)	301,5	333,0	312,5	341,5	335,0	360,5	371,0	396,5	419,0	448,0
m_4 (PZ)	231,0	254,5	259,5	284,0	291,0	317,0	324,0	347,5	348,0	366,0
m_{12}	811,5	833,5	855,5	879,5	866,5	892,5	885,0	913,0	900,5	930,0
m_c	1344,0	1421,0	1428,0	1505,0	1493,0	1570,0	1580,0	1457,0	1668,0	1744,0

Kde:

- $m_{a...}$ zatížení bez zatížení střechy [kg],
- $m_{b...}$ zatížení se zátěží na střeše [kg],
- $m_1...$ hmotnost zatěžující levé přední kolo [kg],
- $m_2...$ hmotnost zatěžující pravé přední kolo [kg],
- $m_3...$ hmotnost zatěžující levé zadní kolo [kg],
- $m_4...$ hmotnost zatěžující pravé zadní kolo [kg],
- $m_{12}...$ hmotnost přední nápravy [kg],
- $m_c...$ celková hmotnost vozidla se zatížením [kg].

Tab. 33 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené řidičem

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
742	735	832,0	857,5	21,0	24,0	0,299	0,296
692	685	830,5	853,5	19,0	20,0	0,277	0,274
642	635	828,0	850,0	17,0	17,0	0,256	0,253
592	585	826,0	846,5	15,0	13,0	2,235	0,232
542	535	822,0	845,0	11,0	12,0	0,214	0,211

Kde:

$h_{1...}$ poloha zadní nápravy od úrovně terénu při měření [mm],

A... pro měření bez zatížení střechy,

B... pro měření se zátěží na střeše,

$m_{121...}$ hmotnost zatěžující přední nápravu při zdvihu [kg],

$\Delta m_{121...}$ přírůstek hmotnosti přední nápravy po zdvihu vůči m_{12} [kg],

$\tan \nu$... tangens úhlu naklopení na přední nápravu.

Tab. 34 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené dvěma figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
730	725	879,0	906,0	23,5	26,5	0,294	0,292
680	675	875,5	902,0	20,0	22,5	0,272	0,270
630	625	874,0	897,5	18,5	18,0	0,251	0,249
580	575	870,5	893,5	15,0	14,0	0,230	0,228
530	525	867,0	892,0	11,5	12,5	0,209	0,207

Tab. 35 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené třemi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
720	715	893,0	921,0	26,5	28,5	0,289	0,287
670	665	891,0	917,0	24,5	24,5	0,268	0,266
620	615	887,0	911,5	20,5	19,0	0,247	0,244
570	565	883,0	908,5	16,5	16,0	0,226	0,224
520	515	880,0	904,5	13,5	12,0	0,205	0,203

Tab. 36 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené čtyřmi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
705	695	914,5	941,5	29,5	28,5	0,283	0,279
655	645	907,0	936,5	22,0	23,5	0,261	0,257
605	595	906,0	932,0	21,0	19,0	0,240	0,236
555	545	904,0	927,0	19,0	14,0	0,219	0,215
505	495	898,0	924,5	13,0	11,5	0,199	0,195

Tab. 37 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Puma zatížené pěti figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
695	685	933,0	959,5	32,5	29,5	0,279	0,274
645	635	925,5	955,0	25,0	25,0	0,257	0,253
595	585	923,0	949,0	22,5	19,0	0,236	0,232
545	535	923,0	945,0	22,5	15,0	0,215	0,211
495	485	915,5	942,0	15,0	12,0	0,195	0,191

Tab. 38 Hmotnost vozidla Škoda Yeti ve vodorovné poloze

	Řidič [kg]		2 osoby [kg]		3 osoby [kg]		4 osoby [kg]		5 osob [kg]	
	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b
m_1 (LP)	403,5	399,5	418,0	411,5	417,0	407,5	426,5	419,0	446,5	442,0
m_2 (PP)	382,0	401,5	416,5	439,0	432,5	457,5	441,5	465,5	439,5	459,5
m_3 (LZ)	306,5	347,0	314,0	356,5	333,5	376	369,5	409,5	418,0	457,5
m_4 (PZ)	300,0	349,5	330,5	377,5	369,0	416,5	404,0	453,5	425,5	476,0
m_{12}	785,5	801,0	834,5	850,5	849,5	865,0	868,0	884,5	886,0	901,5
m_c	1392,0	1498,0	1479,0	1585,0	1552,0	1658,0	1642,0	1747	1730	1835

Tab. 39 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížené řidičem

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
810	785	809,0	833	24,0	32	0,333	0,322
760	735	806,0	828,5	21,0	28	0,310	0,299
710	685	802,0	825	17,0	24	0,288	0,277
660	635	798,0	819	13,0	18	0,266	0,256
610	585	795,5	814	10,0	13	0,245	0,234

Tab. 40 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížené dvěma figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
805	780	861,0	884,5	26,5	34,0	0,331	0,319
755	730	858,5	880,0	24,0	29,5	0,308	0,297
705	680	853,0	875,5	18,5	25,0	0,286	0,275
655	670	848,5	869,5	14,0	19,0	0,264	0,253
605	580	847,0	864,5	12,5	14,0	0,243	0,232

Tab. 41 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížené třemi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
800	775	878,5	900,0	29,0	35	0,328	0,317
750	725	874,5	896,5	25,0	31,5	0,306	0,295
700	675	869,0	890,5	19,5	25,5	0,284	0,273
650	625	864,5	884,0	15,0	19,0	0,262	0,251
600	575	863,0	879,5	13,5	14,5	0,241	0,230

Tab. 42 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížená čtyřmi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
790	765	899,0	920,5	31,0	36,0	0,324	0,313
740	715	894,0	916,5	26,0	32,0	0,301	0,290
490	665	888,5	911,5	20,5	27,0	0,279	0,269
640	615	885,0	905,0	17,0	20,5	0,258	0,247
590	565	882,0	898,5	14,0	14,0	0,236	0,226

Tab. 43 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Škoda Yeti zatížená pěti figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
785	760	919,0	940,0	33,0	38,5	0,322	0,310
735	710	914,5	937,0	28,5	35,5	0,299	0,288
685	660	908,0	930,0	22,0	28,5	0,277	0,266
635	661	905,0	923,5	19,0	22,0	0,256	0,245
585	560	901,0	918,0	15,0	16,5	0,234	0,224

Tab. 44 Hmotnost vozidla Jeep Renegade ve vodorovné poloze

	Řidič [kg]		2 osoby [kg]		3 osoby [kg]		4 osoby [kg]		5 osob [kg]	
	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b
m_1 (LP)	481,0	483,5	492,0	496,5	489,0	492,0	496,0	501,0	519,0	526,5
m_2 (PP)	436,0	452,0	473,0	488,0	490,0	507,0	500,0	514,5	493,0	506,0
m_3 (LZ)	313,0	339,5	322,0	345,5	343,0	365,0	376,0	396,0	419,5	454,5
m_4 (PZ)	308,0	333,0	335,0	362,0	366,0	394,0	403,0	433,0	430,0	444,0
m_{12}	917,0	935,5	965,0	984,5	979,0	999,0	996,0	1015,5	1012,0	1032,5
m_c	1538,0	1608,0	1622,0	1692,0	1688,0	1758,0	1775,0	1845,0	1862,0	1931,0

Tab. 45 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené řidičem

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
760	745	945,0	964,0	28,0	29,0	0,310	0,303
710	695	942,0	959,0	25,0	24,0	0,287	0,281
660	645	938,0	953,5	21,0	18,0	0,266	0,259
610	595	934,0	949,0	17,0	14,0	0,244	0,238
560	545	930,0	946,5	13,0	11,0	0,223	0,217

Tab. 46 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené dvěma figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
755	740	995,5	1015,5	30,5	31,0	0,307	0,301
705	490	991,0	1010,0	26,0	25,5	0,285	0,279
655	640	987,5	1004,0	22,5	19,5	0,264	0,257
605	590	983,0	1000,0	18,0	15,5	0,242	0,236
555	540	989,0	996,0	14,0	11,5	0,221	0,215

Tab. 47 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené třemi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
750	735	1010,5	1031,5	31,5	32,5	0,305	0,298
700	685	1007,0	1026,0	28,0	27,0	0,283	0,277
650	635	1002,5	1021,0	23,5	22,0	0,261	0,255
600	585	998,0	1015,0	19,0	16,0	0,240	0,234
550	535	993,5	1011,5	14,5	12,5	0,219	0,213

Tab. 48 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené čtyřmi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
745	730	1029,5	1050,0	33,5	34,5	0,303	0,296
695	680	1025,0	1044,0	29,0	28,5	0,281	0,274
645	630	1020,0	1038,5	24,0	23,0	0,259	0,253
595	580	1016,5	1033,5	20,5	18,0	0,238	0,232
545	530	1011,5	1029,0	15,5	13,5	0,217	0,211

Tab. 49 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Jeep Renegade zatížené pěti figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
755	745	1047,0	1069,5	35,0	37,0	0,307	0,303
705	695	1044,0	1063,0	32,0	30,5	0,285	0,281
655	645	1038,0	1057,0	26,0	24,5	0,264	0,259
605	595	1033,5	1052,0	21,5	19,5	0,242	0,238
555	545	1029,0	1047,5	17,0	15,0	0,211	0,217

Tab. 50 Hmotnost vozidla Dacia Duster ve vodorovné poloze

	Řidič [kg]		2 osoby [kg]		3 osoby [kg]		4 osoby [kg]		5 osob [kg]	
	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b
m_1 (LP)	402,0	401,0	413,0	412,5	408,5	407,5	419,5	417,0	443,5	445,5
m_2 (PP)	363,0	376,0	400,5	412,0	421,0	433,5	431,5	444,5	425,5	435,0
m_3 (LZ)	271,5	301,5	282,0	312,5	301,5	331,5	337,0	367,5	382,0	410,0
m_4 (PZ)	275,5	310,5	303,5	339,0	341,0	376,5	373,5	409,5	398,5	436,0
m_{12}	765,0	777,0	815,5	824,5	829,5	841,0	851,0	861,5	869,0	880,5
m_c	1312,0	1389,0	1399,0	1476,0	1472,0	1549,0	1562,0	1639,0	1650,0	1727,0

Tab. 51 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené řidičem

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
785	765	785,0	806,5	20,0	30,0	0,285	0,278
735	715	781,5	804,5	17,0	27,0	0,266	0,258
685	665	780,5	801,0	16,0	24,0	0,247	0,239
635	615	778,0	796,5	13,0	20,0	0,288	0,220
585	565	774,5	793,0	10,0	16,0	0,209	0,202

Tab. 52 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené dvěma figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
780	755	834,5	856,0	21,0	31,5	0,283	0,274
730	705	833,0	851,5	19,5	27,0	0,264	0,254
680	655	830,0	849,5	16,5	25,0	0,245	0,235
630	605	826,5	845,5	13,0	21,0	0,226	0,216
580	555	823,0	841,0	9,5	16,5	0,207	0,198

Tab. 53 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené třemi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
0,775	750	853,0	874,0	23,5	33,0	0,282	0,272
0,725	700	851,0	870,0	21,5	29,0	0,262	0,252
0,675	650	848,0	868,0	18,5	27,0	0,243	0,233
0,625	600	844,0	863,5	14,5	22,5	0,224	0,215
0,575	550	840,5	858,0	11,0	17,0	0,205	0,196

Tab. 54 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené čtyřmi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
765	740	877,0	896,0	26,0	34,5	0,278	0,268
715	690	874,0	892,5	23,0	31,0	0,258	0,249
665	640	868,0	889,5	17,0	28,0	0,239	0,230
615	590	864,5	884,5	13,5	23,0	0,220	0,211
565	540	863,0	878,0	12,0	16,5	0,202	0,192

Tab. 55 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Dacia Duster zatížené pěti figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
760	735	898,0	917,5	29,0	37,0	0,276	0,266
710	685	895,0	914,5	26,0	34,0	0,256	0,247
660	635	890,0	910,0	21,0	29,5	0,237	0,228
610	585	886,0	904,0	17,0	23,5	0,218	0,209
560	535	883,0	900,0	14,0	19,5	0,200	0,190

Tab. 56 Hmotnost vozidla Kia EV6 ve vodorovné poloze

	Řidič [kg]		2 osoby [kg]		3 osoby [kg]		4 osoby [kg]		5 osob [kg]	
	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b
m_1 (LP)	532,0	534,5	542,0	544,5	539,0	543,5	545,5	550,5	565,5	570,0
m_2 (PP)	526,0	544,5	558,5	575,0	575,0	589,0	582,0	597,0	581,0	596,5
m_3 (LZ)	596,5	618,0	606,5	626,0	622,0	640,0	650,0	668,5	696,5	716,5
m_4 (PZ)	587,0	615,0	614,5	646,0	646,5	680,0	676,5	708,0	703,5	733,5
m_{12}	1058,0	1079,0	1100,5	119,5	1114,0	1132,5	1127,5	1147,5	1146,5	1166,5
m_c	2242,0	2312,0	2322,0	2392,0	2383,0	2453,0	2454,0	2524,0	2547,0	2617,0

Tab. 57 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené řidičem

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
763	758	1059,0	1086,0	1,0	7,0	0,273	0,271
713	708	1060,5	1087,0	2,0	8,0	0,254	0,252
663	658	1061,5	1089,0	3,0	10,0	0,235	0,233
613	608	1063,5	1090,0	5,0	11,0	0,216	0,214
563	558	1064,5	1090,0	6,0	11,0	0,198	0,196

Tab. 58 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené dvěma figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
758	753	1100,5	1127,0	0,0	7,5	0,271	0,269
708	703	1103,0	1128,5	2,5	9,0	0,252	0,250
658	653	1104,5	1130,0	4,0	10,5	0,233	0,231
608	603	1105,5	1130,5	5,0	11,0	0,214	0,213
558	553	1107,0	1131,0	6,5	11,5	0,196	0,194

Tab. 59 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené třemi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
753	748	1114,0	1141,5	0,0	9,0	0,269	0,267
703	698	1116,0	1142,0	2,0	9,5	0,250	0,248
653	648	1117,0	1143,0	3,0	10,5	0,231	0,229
603	598	1118,5	1143,5	4,5	11,0	0,213	0,211
553	548	1119,0	1144,5	5,0	12,0	0,194	0,192

Tab. 60 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené čtyřmi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
748	743	1131,0	1157,0	3,5	9,5	0,267	0,265
698	693	1133,0	1158,0	5,5	10,5	0,248	0,246
648	643	1134,0	1158,5	6,5	11,0	0,229	0,227
598	593	1134,5	1159,0	7,0	11,5	0,211	0,209
548	543	1136,0	1159,5	8,5	12,0	0,192	0,191

Tab. 61 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Kia EV6 zatížené pěti figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
738	733	1151,0	1176,5	4,5	10,0	0,263	0,261
688	683	1153,0	1177,5	6,5	11,0	0,244	0,242
638	633	1154,0	1178,0	7,5	11,5	0,226	0,224
588	583	1155,0	1178,5	8,5	12,0	0,207	0,205
538	533	1156,0	1179,0	9,5	12,5	0,189	0,187

Tab. 62 Hmotnost vozidla Ford Kuga ve vodorovné poloze

	Řidič [kg]		2 osoby [kg]		3 osoby [kg]		4 osoby [kg]		5 osob [kg]	
	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b
m_1 (LP)	489,5	504,0	499,5	515,0	498,5	511,0	507,5	521,0	531,5	543,0
m_2 (PP)	527,5	542,0	563,0	578,0	581,5	596,0	590,0	607,0	585,0	603,0
m_3 (LZ)	397,5	416,5	408,0	426,5	425,5	446,5	463,0	485,0	508,0	529,0
m_4 (PZ)	333,0	360,0	361,0	387,0	392,0	419,0	423,5	446,0	445,5	471,0
m_{12}	1017,0	1046,0	1062,5	1093,0	1080,0	1107,0	1097,5	1128,0	1116,5	1146,0
m_c	1148,0	1823,0	1832,0	1907,0	1898,0	1973,0	1984,0	2059,0	2070,0	2146,0

Tab. 63 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené řidičem

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
783	770	1055,0	1081,0	38,0	35,0	0,305	0,300
733	720	1051,5	1073,0	35,0	27,0	0,284	0,279
683	670	1047,0	1068,0	30,0	22,0	0,264	0,258
633	620	1041,0	1063,0	24,0	17,0	0,243	0,238
583	570	1037,0	1059,0	20,0	13,0	0,223	0,218

Tab. 64 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené dvěma figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
775	765	1103,0	1129,5	40,5	36,5	0,302	0,298
725	715	1100,0	1123,0	37,5	30,0	0,281	0,277
675	665	1095,0	1117,0	32,5	24,0	0,260	0,256
625	615	1089,0	1110,5	26,5	17,5	0,240	0,236
575	565	1084,0	1107,5	21,5	14,5	0,220	0,216

Tab. 65 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené třemi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
765	760	1122,0	1145,0	42,0	38,0	0,298	0,296
715	710	1119,0	1139,5	39,0	32,5	0,277	0,275
665	660	1114,0	1132,0	34,0	25,0	0,256	0,254
615	610	1108,0	1125,5	28,0	18,5	0,236	0,234
565	560	1102,0	1122,5	22,0	15,5	0,216	0,214

Tab. 66 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené čtyřmi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
757	750	1143,0	1167,5	45,5	39,5	0,294	0,291
707	700	1137,0	1162,0	39,5	34,0	0,273	0,271
657	650	1133,0	1154,5	35,5	26,5	0,253	0,250
607	600	1128,0	1148,0	30,5	20,0	0,233	0,230
557	550	1121,0	1144,0	23,5	16,0	0,212	0,210

Tab. 67 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Kuga zatížené pěti figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
755	750	1164,5	1188,0	48,0	42,0	0,294	0,291
705	700	1159,5	1182,0	43,0	36,0	0,273	0,271
655	650	1155,0	1174,0	38,5	28,0	0,252	0,250
605	600	1149,0	1168,0	32,5	22,0	0,232	0,230
555	550	1141,5	1163,0	25,0	17,0	0,212	0,210

Tab. 68 Hmotnost vozidla Ford Ranger ve vodorovné poloze

	Řidič [kg]		2 osoby [kg]		3 osoby [kg]		4 osoby [kg]		5 osob [kg]	
	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b
m_1 (LP)	668,0	670,5	675,0	677,5	677,0	672,5	689,5	683,5	714,0	712,5
m_2 (PP)	594,5	613,5	636,0	655,0	657,0	680,5	676,0	694,0	674,0	692,5
m_3 (LZ)	583,0	610,0	594,0	623,0	616,0	640,0	646,0	674,0	683,0	716,0
m_4 (PZ)	520,0	550,5	545,0	573,0	566,0	601,0	590,5	629,0	618,0	647,0
m_{12}	1262,0	1284,0	1311,0	1332,5	1334,0	1353,0	1365,5	1377,5	1388,0	1405,0
m_c	2366,0	2445,0	2366,0	2529,0	2516,0	2594,0	2602,0	2681,0	2689,0	2768,0

Tab. 69 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené řidičem

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
920	910	1288,0	1319	26,0	35,0	0,298	0,294
870	860	1282,0	1314,5	20,0	31,0	0,280	0,277
820	810	1278,5	1309,0	16,0	25,0	0,263	0,259
770	760	1276,0	1305,0	14,0	21,0	0,246	0,242
720	710	1271,0	1300,5	9,0	17,0	0,229	0,226

Tab. 70 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené dvěma figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
910	905	1338,5	1370,5	27,5	38,0	0,294	0,292
860	855	1332,5	1364,5	21,5	32,0	0,277	0,275
810	805	1329,5	1358,5	18,5	26,0	0,259	0,258
760	755	1325,0	1354,0	14,0	21,5	0,242	0,241
710	705	1321,0	1351,5	10,0	19,0	0,226	0,224

Tab. 71 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené třemi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
900	900	1363,0	1392,5	29,0	39,5	0,291	0,291
850	850	1356,5	1386,0	22,5	33,0	0,273	0,273
800	800	1354,0	1380,0	20,0	27,0	0,256	0,256
750	750	1348,5	1375,0	14,5	22,0	0,239	0,239
700	700	1345,0	1373,0	11,0	20,0	0,222	0,222

Tab. 72 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené čtyřmi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
895	895	1395,5	1418,0	30,0	40,5	0,289	0,289
845	845	1389,5	1413,0	24,0	35,5	0,272	0,272
795	795	1387,0	1405,5	21,5	28,0	0,254	0,254
745	745	1380,5	1401,0	15,0	23,5	0,237	0,237
695	695	1378,0	1399,0	12,5	21,5	0,221	0,221

Tab. 73 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Ford Ranger zatížené pěti figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
890	890	1419,5	1447,0	31,5	42,0	0,287	0,287
840	940	1414,0	1442,0	26,0	37,0	0,270	0,270
790	790	1411,5	1435,0	23,5	30,0	0,253	0,253
740	740	1404,5	1429,5	16,5	24,5	0,236	0,236
690	690	1401,0	1427,0	13,0	22,0	0,219	0,219

Tab. 74 Hmotnost vozidla Nissan Patrol ve vodorovné poloze

	Řidič [kg]		2 osoby [kg]		3 osoby [kg]		4 osoby [kg]		5 osob [kg]	
	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b
m_1 (LP)	659,5	657,5	669,5	662,0	666,0	654,0	677,5	664,5	706,0	694,0
m_2 (PP)	477,5	696,5	715,0	736,0	735,0	758,0	744,0	768,5	734,0	757,0
m_3 (LZ)	679,5	715,5	690,0	731,0	710,0	751,5	743,5	785,0	786,5	831,0
m_4 (PZ)	626,0	673,5	654,0	700,0	683,0	731,0	716,0	763,5	742,5	787,5
m_{12}	1337,0	1354,0	1384,5	1398,0	1401,0	1412,0	1421,5	1433,0	1440,0	1451,0
m_c	2643,0	2743,0	2729,0	2829,0	2794,0	2895,0	2881,0	2982,0	2969,0	3070,0

Tab. 75 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené řidičem

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
950	950	1375,5	1402,0	39,0	48,0	0,334	0,334
900	900	1373,0	1396,5	36,0	43,0	0,314	0,311
850	850	1367,0	1391,5	30,0	38,0	0,295	0,292
800	800	1362,0	1384,0	25,0	30,0	0,277	0,273
750	750	1355,5	1377,0	19,0	23,0	0,258	0,255

Tab. 76 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené dvěma figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
945	935	1426,5	1447,5	42,0	49,5	0,332	0,328
895	885	1419,0	1442,0	34,5	44,0	0,313	0,309
845	835	1416,0	1437,5	31,5	39,5	0,294	0,290
795	785	1407,5	1430,0	23,0	32,0	0,275	0,271
745	735	1405,0	1422,0	20,5	24,0	0,256	0,253

Tab. 77 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené třemi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
940	930	1445,0	1465,5	44,0	53,5	0,330	0,326
890	880	1438,0	1459,0	37,0	47,0	0,311	0,307
840	830	1433,5	1453,0	32,5	41,0	0,292	0,288
790	780	1425,0	1446,0	24,0	34,0	0,273	0,269
740	730	1422,0	1438,0	21,0	26,0	0,255	0,251

Tab. 78 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené čtyřmi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
930	925	1467,0	1489,5	45,5	56,5	0,326	0,324
880	875	1460,5	1482,0	39,0	49,0	0,307	0,305
830	825	1452,0	1475,5	30,5	42,5	0,288	0,286
780	775	1447,0	1467,5	25,5	34,5	0,269	0,267
730	725	1443,0	1461,5	21,5	28,5	0,251	0,249

Tab. 79 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Nissan Patrol zatížené pěti figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
920	920	1486,5	1509,5	46,5	58,5	0,322	0,322
870	870	1480,0	1500,0	40,0	49,0	0,303	0,303
820	820	1471,0	1495,0	31,0	44,0	0,284	0,284
770	770	1467,0	1488,0	27,0	37,0	0,266	0,266
720	720	1462,0	1480,0	22,0	29,0	0,247	0,247

Tab. 80 Hmotnost vozidla Mitsubishi Outlander ve vodorovné poloze

	Řidič [kg]		2 osoby [kg]		3 osoby [kg]		4 osoby [kg]		5 osob [kg]	
	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b	m_a	m_b
m_1 (LP)	531,0	539,0	542,5	547,5	542,5	542,5	549,0	550,0	567,0	568,5
m_2 (PP)	517,0	533,5	546,5	569,0	559,5	584,5	566,0	589,5	564,0	578,0
m_3 (LZ)	481,0	503,5	487,5	5130	502,0	533,0	532,5	563,0	584,0	612,5
m_4 (PZ)	450,0	486,5	483,5	514,5	516,5	545,0	545,5	575,0	570,5	602,0
m_{12}	1048,0	1072,5	1089,0	1116,5	1102,0	1127,0	1115,0	1139,5	1131,0	1155,5
m_c	1979,0	2063,0	2060,0	2144,0	2121,0	2205,0	2193,0	2278,0	2286,0	2370,0

Tab. 81 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené řidičem

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
773	768	1078,5	1111,5	31,0	39,0	0,363	0,360
723	718	1074,0	1106,0	26,0	34,0	0,337	0,334
673	668	1071,0	1102,5	23,0	30,0	0,311	0,309
623	618	1067,0	1096,5	19,0	24,0	0,286	0,284
573	568	1062,0	1090,5	14,0	18,0	0,261	0,259

Tab. 82 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené dvěma figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
768	763	1122,0	1158,0	33,0	41,5	0,360	0,358
718	713	1117,5	1153,0	28,5	36,5	0,334	0,332
668	663	1112,0	1147,0	23,0	30,5	0,309	0,306
618	613	1109,5	1141,5	20,5	25,0	0,284	0,281
568	563	1104,0	1136,0	15,0	19,5	0,259	0,257

Tab. 83 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené třemi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
763	758	1136,5	1169,5	34,5	42,5	0,358	0,355
713	708	1131,0	1165,0	29,0	38,0	0,332	0,329
663	658	1126,0	1158,5	24,0	31,5	0,306	0,304
613	608	1123,5	1153,0	21,5	26,0	0,281	0,279
563	558	1118,0	1147,5	16,0	20,5	0,257	0,254

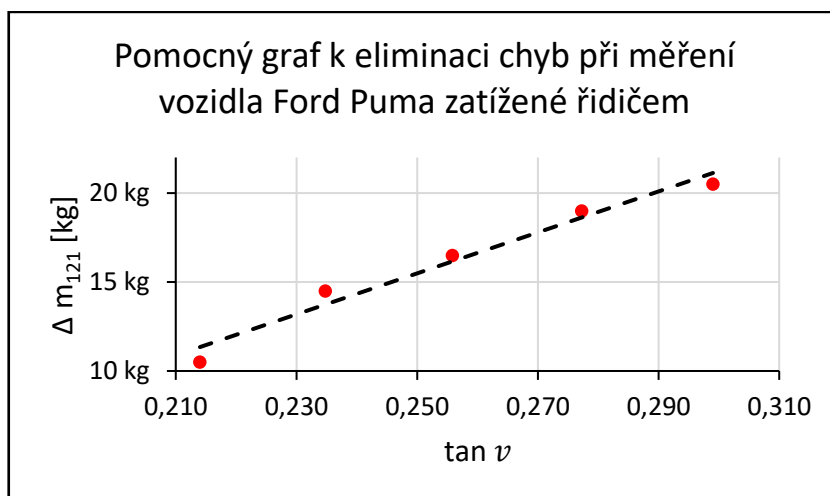
Tab. 84 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené čtyřmi figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
758	753	1151,0	1185,0	36,0	45,5	0,355	0,353
708	703	1145,0	1179,5	30,0	40,0	0,329	0,326
658	653	1140,0	1172,5	25,0	33,0	0,304	0,301
608	603	1134,5	1166,5	19,5	27,0	0,279	0,276
558	553	1131,0	1160,5	16,0	21,0	0,254	0,252

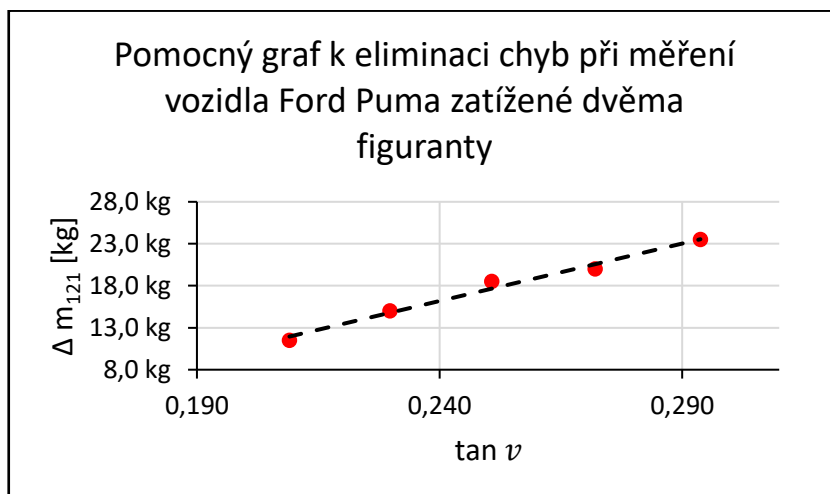
Tab. 85 Hodnoty potřebné pro výpočet výšky těžiště vozidla Mitsubishi Outlander zatížené pěti figuranty

Výška h_1 [mm]		m_{121} [kg]		Δm_{121} [kg]		$\tan \nu$	
A	B	A	B	A	B	A	B
748	743	1169,0	1202,5	38,0	47,0	0,350	0,347
698	693	1165,0	1197,0	34,0	41,5	0,324	0,321
648	643	1157,0	1189,5	26,0	34,0	0,299	0,296
598	593	1152,0	1183,5	21,0	28,0	0,274	0,271
548	543	1148,0	1176,0	17,0	20,5	0,249	0,247

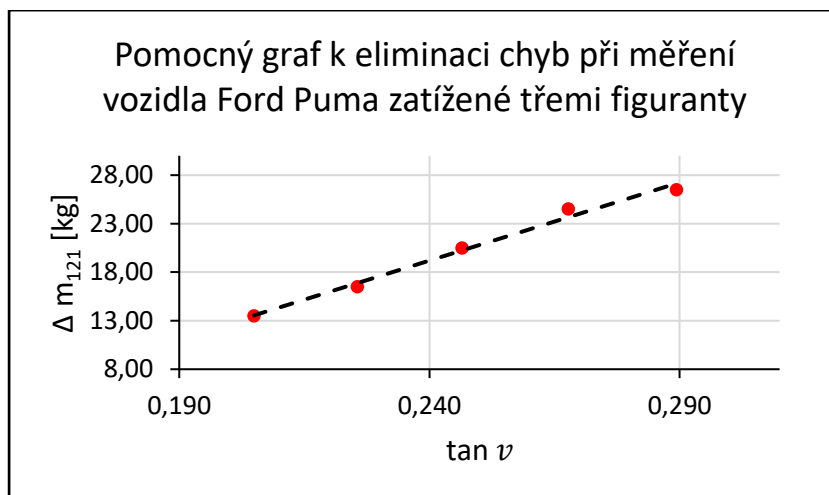
PŘÍLOHA 2 GRAFY URČENÉ K ELIMINACI BYCH Z MĚŘENÍ



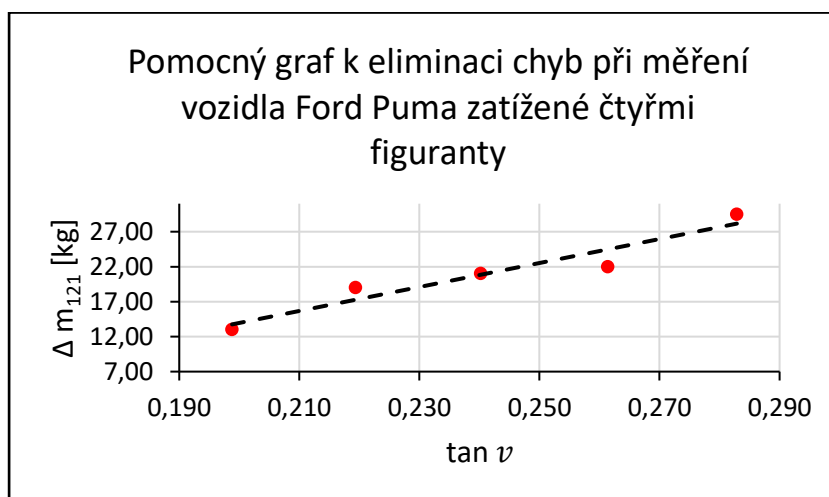
Graf 13 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatíženého řidičem



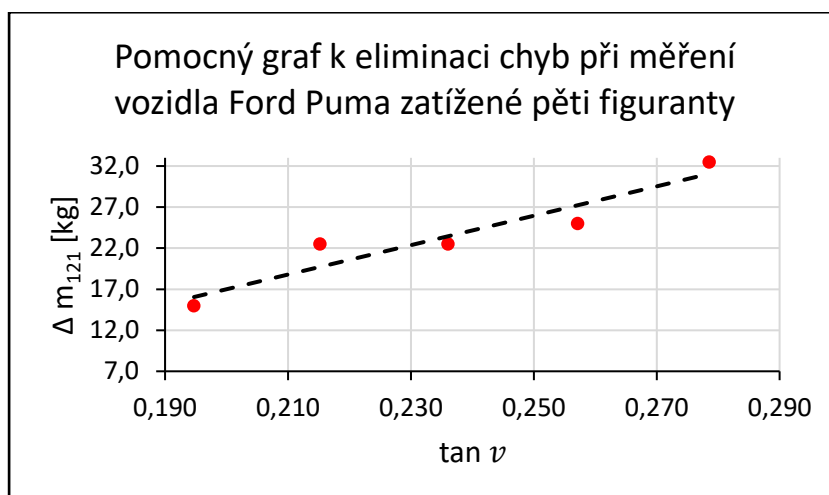
Graf 14 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatíženého dvěma figuranty



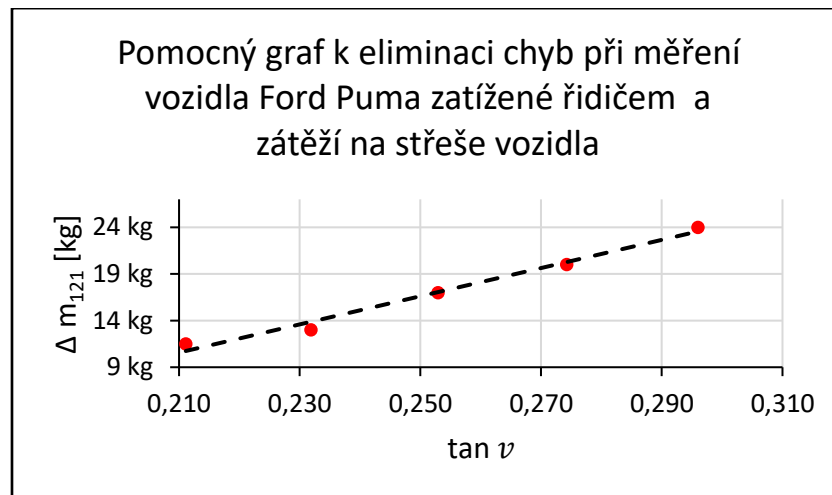
Graf 15 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené třemi figuranty



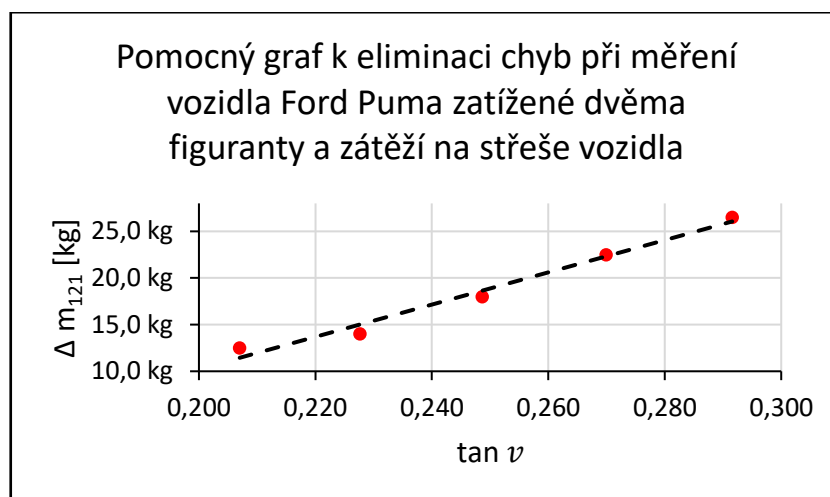
Graf 16 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené čtyřmi figuranty



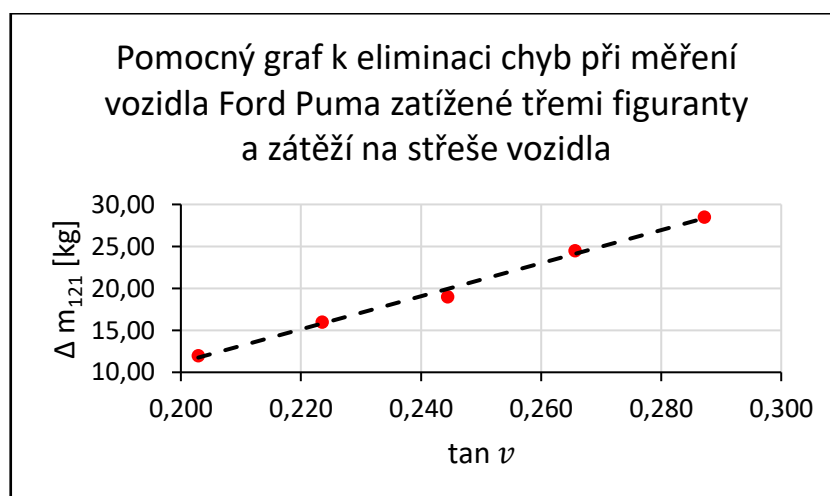
Graf 17 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatížené pěti figuranty



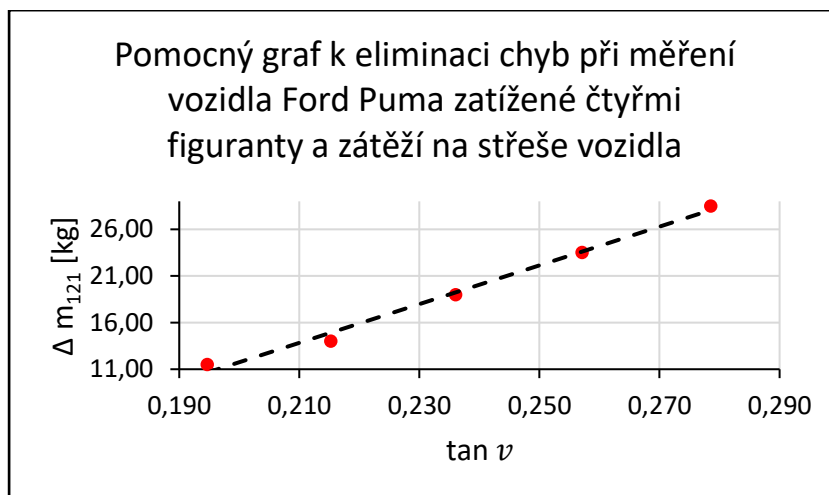
Graf 18 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatíženého řidičem a zátěží na střeše vozidla



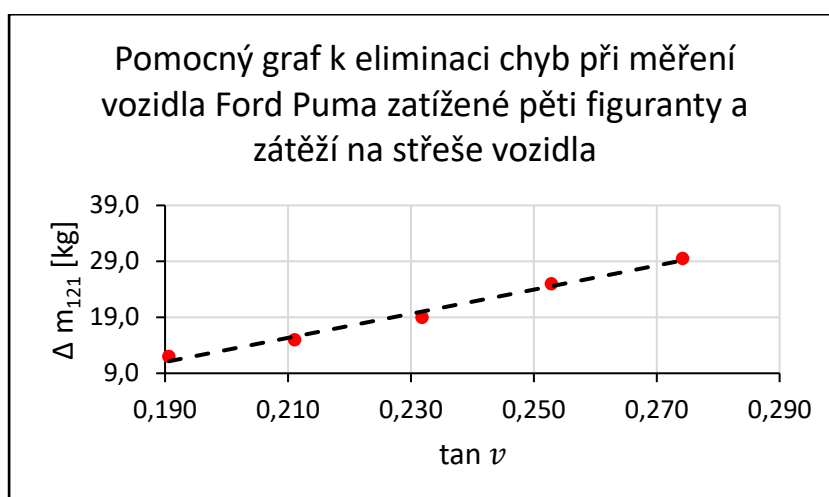
Graf 19 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatíženého dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla



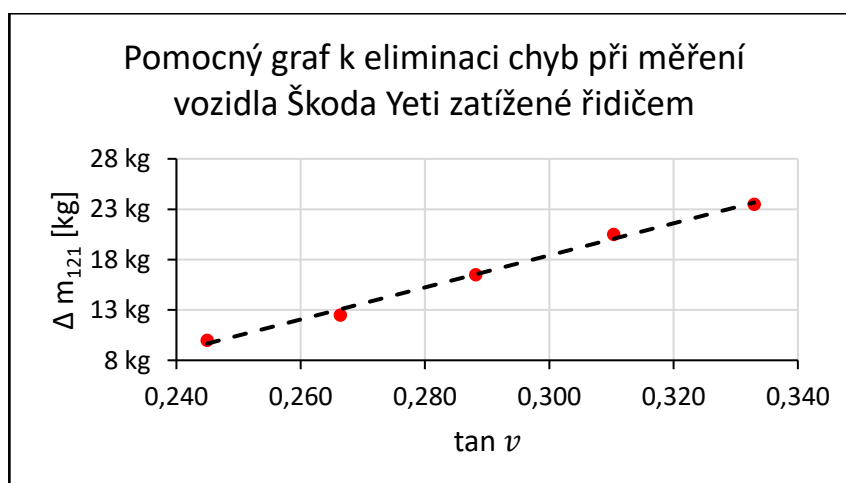
Graf 20 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatíženého třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla



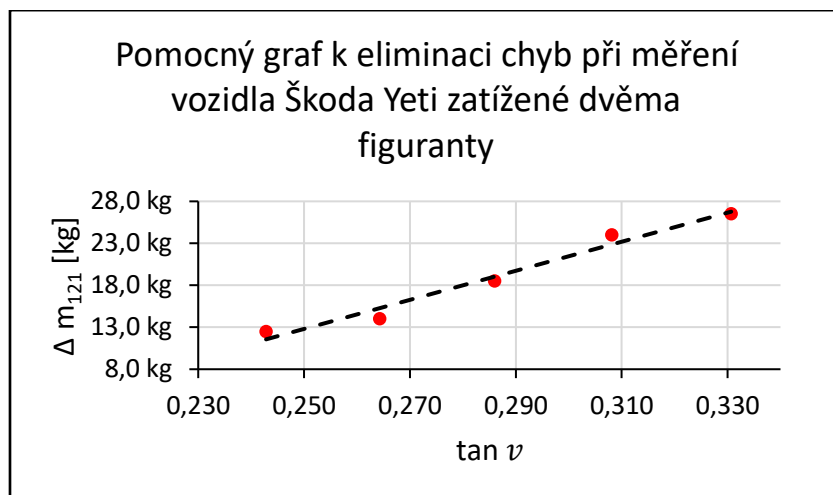
Graf 21 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatíženého čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla



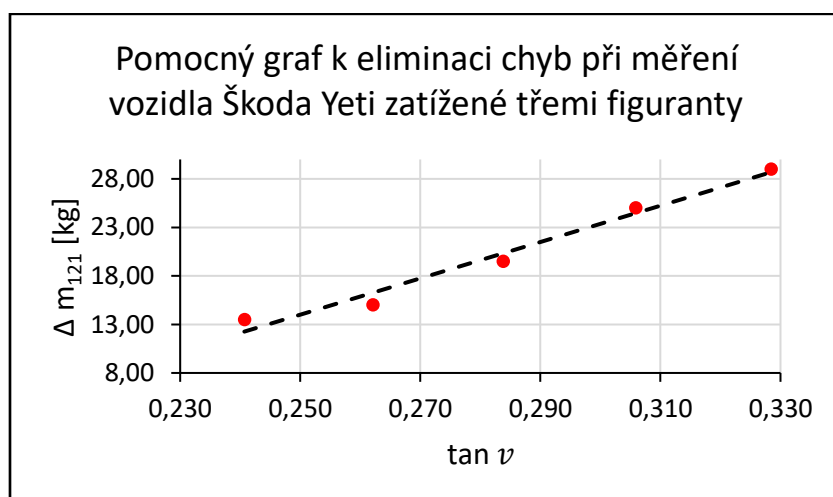
Graf 22 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Puma zatíženého pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla



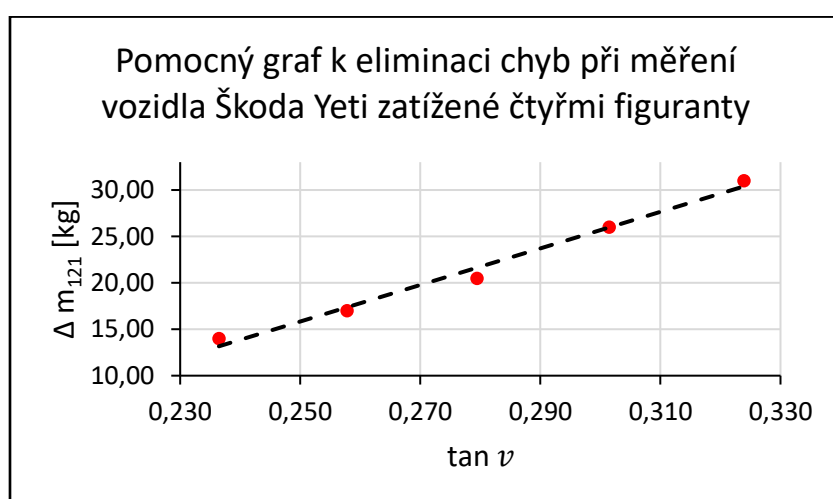
Graf 23 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatíženého řidičem



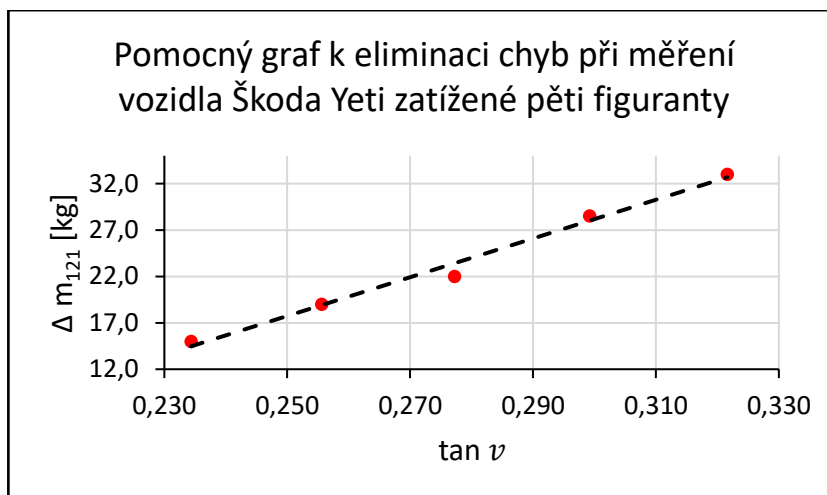
Graf 24 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené dvěma figuranty



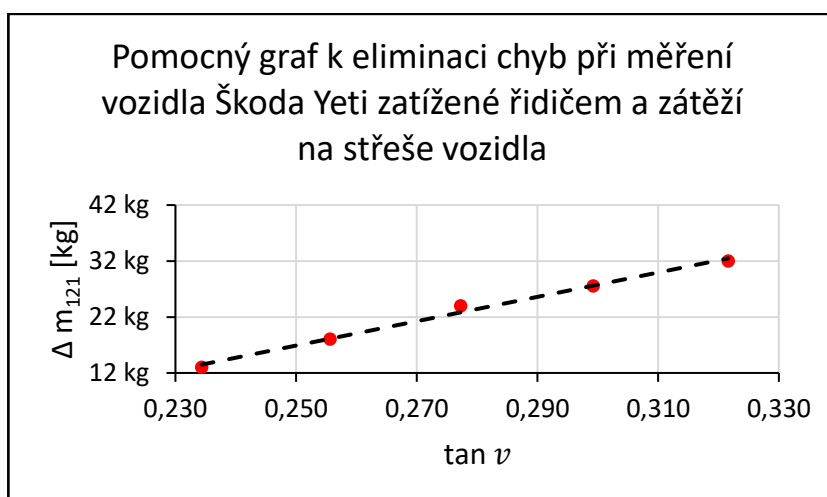
Graf 25 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené třemi figuranty



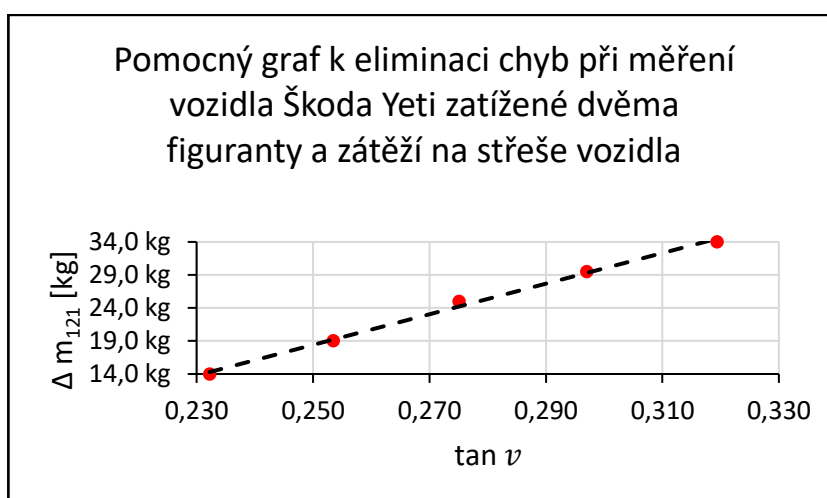
Graf 26 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené čtyřmi figuranty



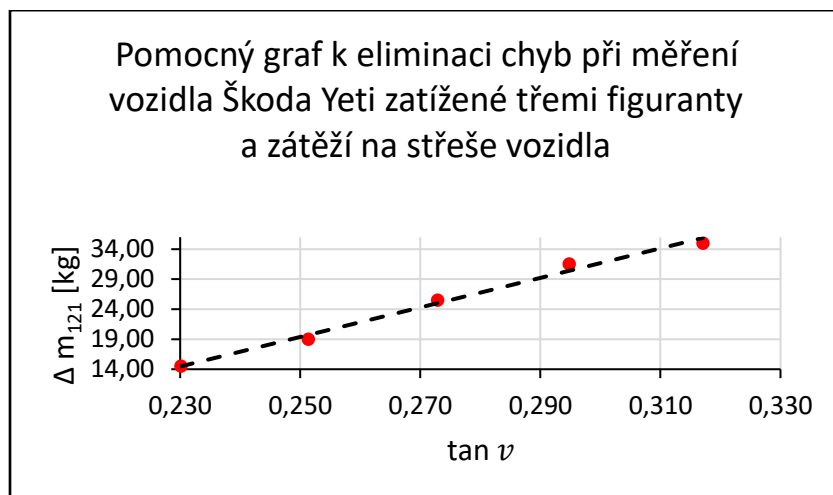
Graf 27 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené pěti figuranty



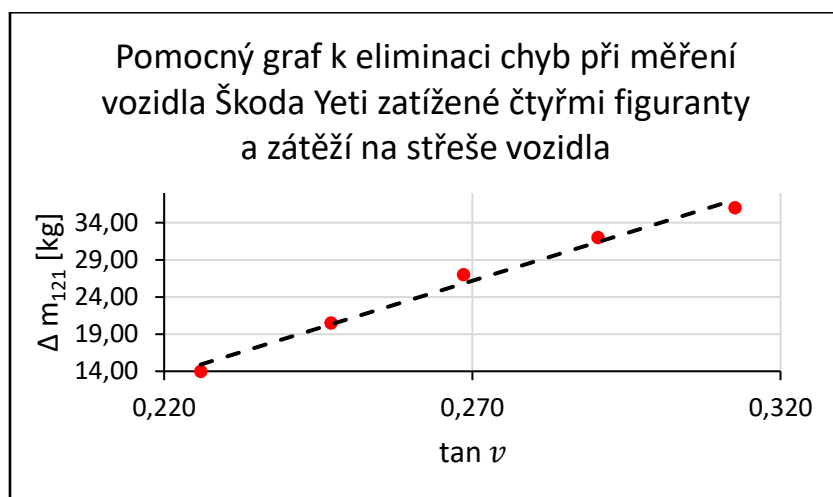
Graf 28 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla



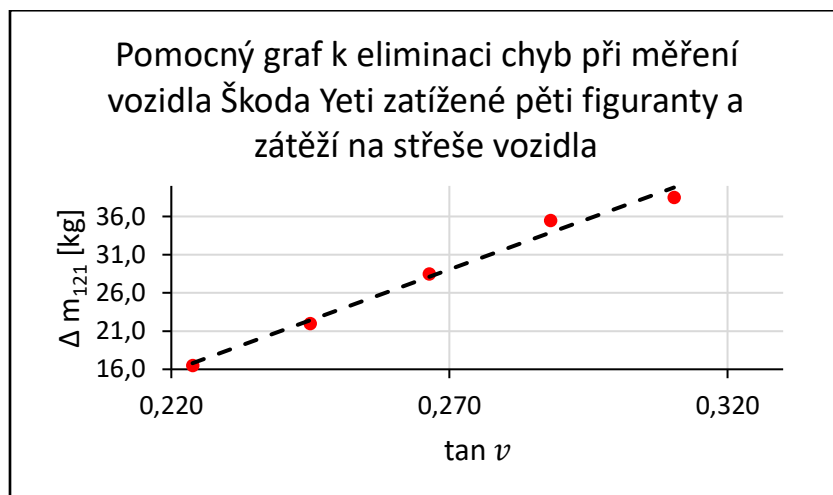
Graf 29 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla



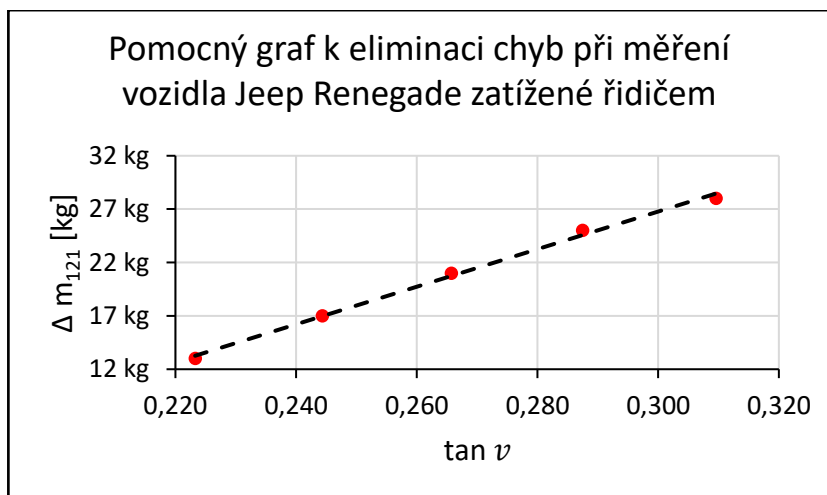
Graf 30 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla



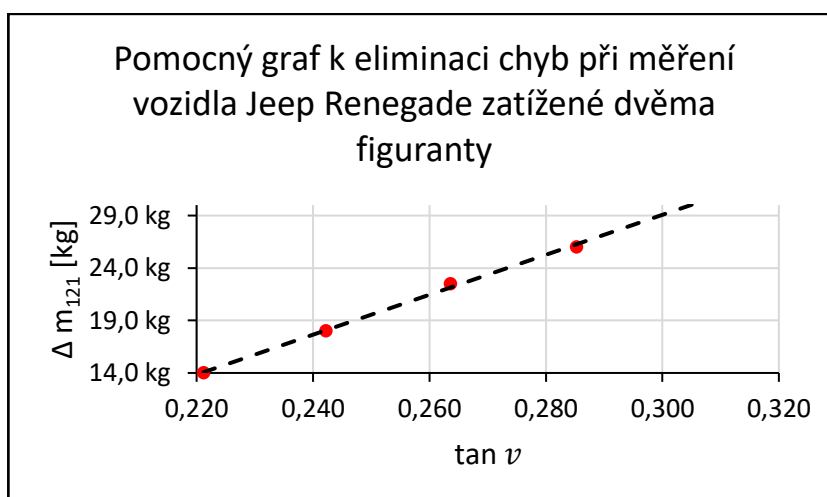
Graf 31 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla



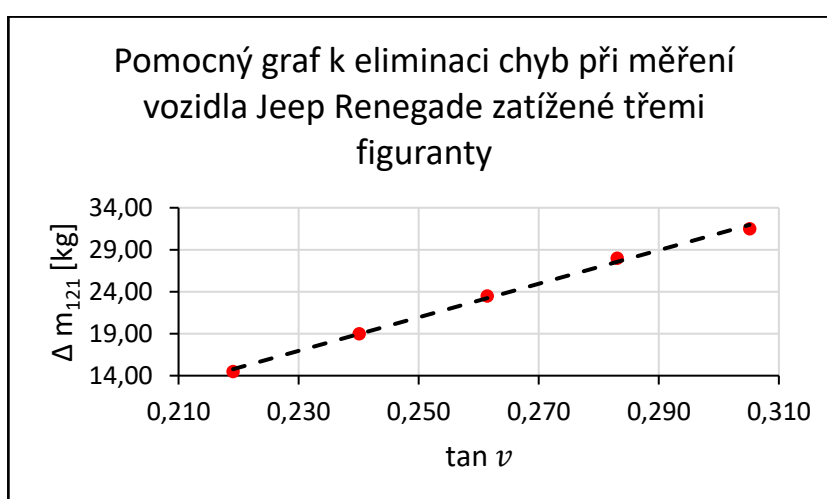
Graf 32 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Škoda Yeti zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla



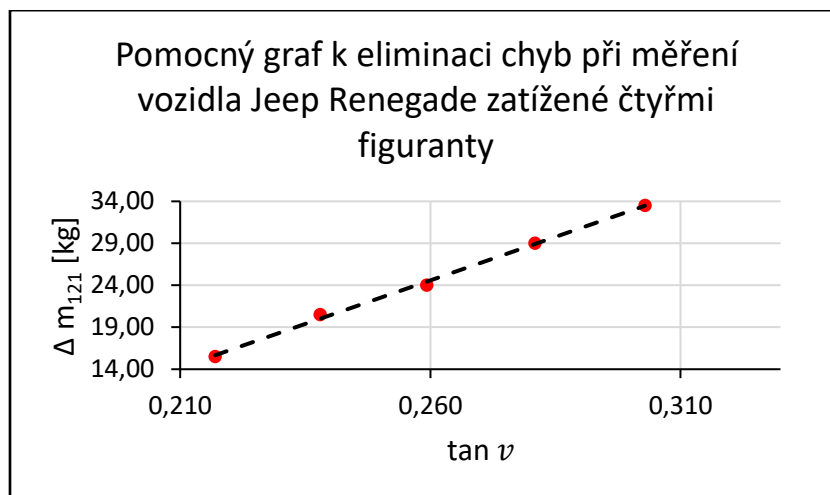
Graf 33 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené řidičem



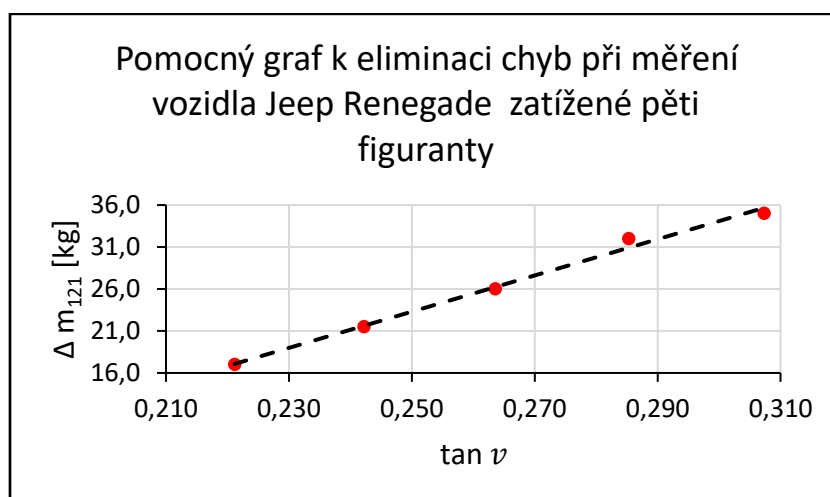
Graf 34 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené dvěma figuranty



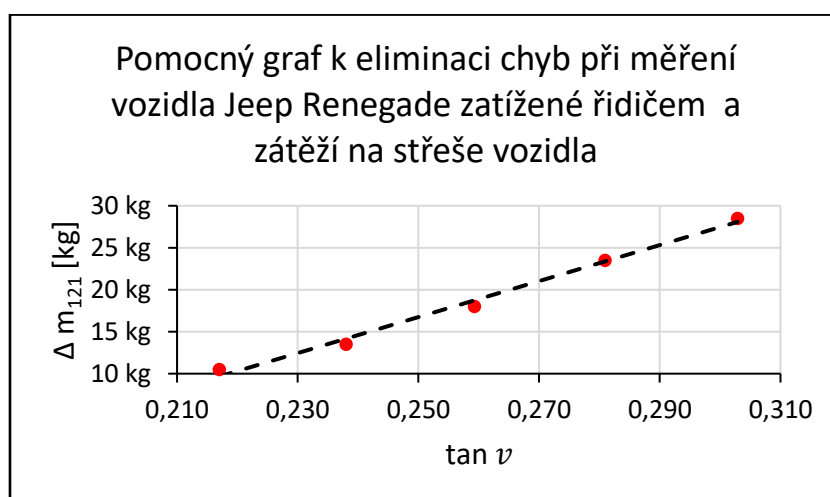
Graf 35 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené třemi figuranty



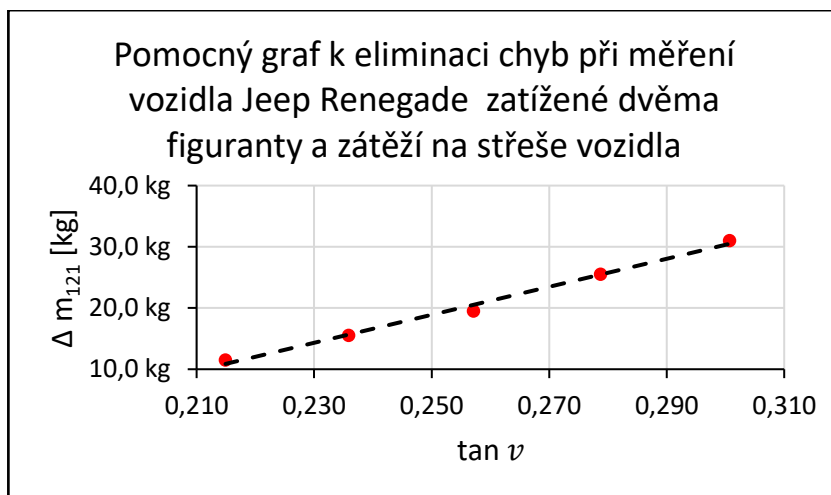
Graf 36 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatíženého čtyřmi figuranty



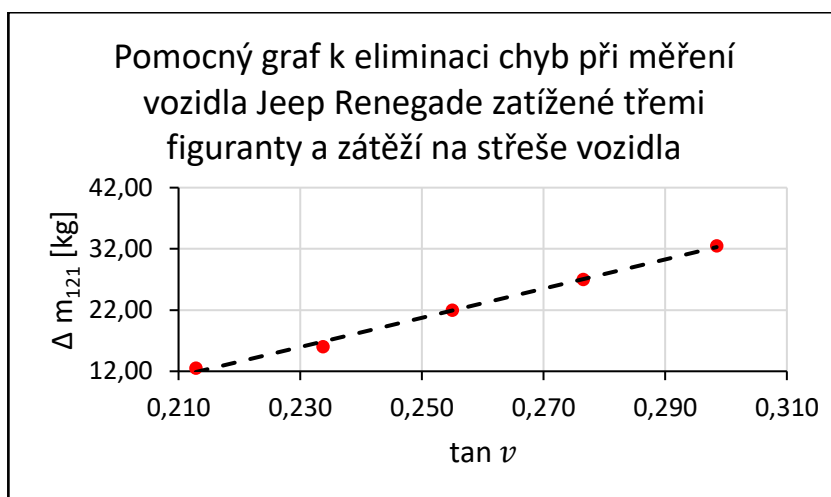
Graf 37 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatíženého pěti figuranty



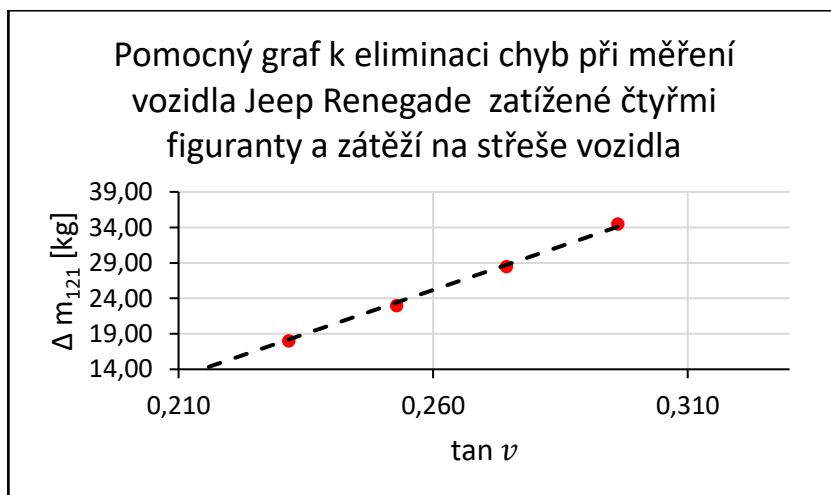
Graf 38 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatíženého řidičem a zátěží na střeše vozidla



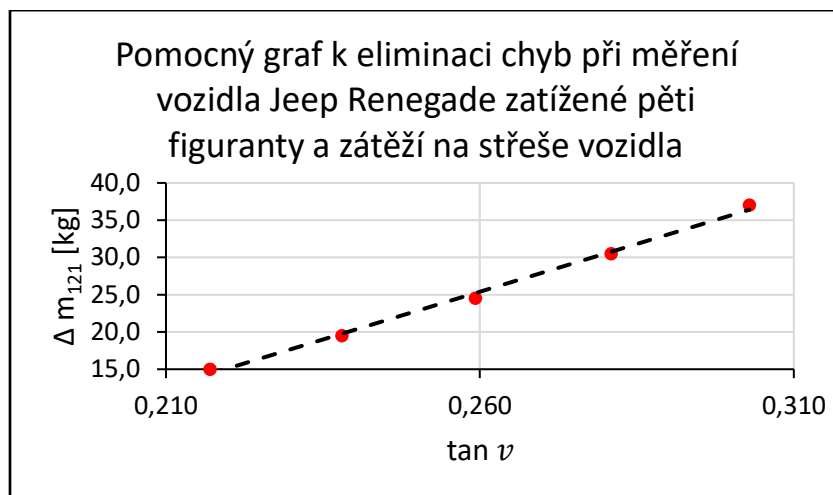
Graf 39 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla



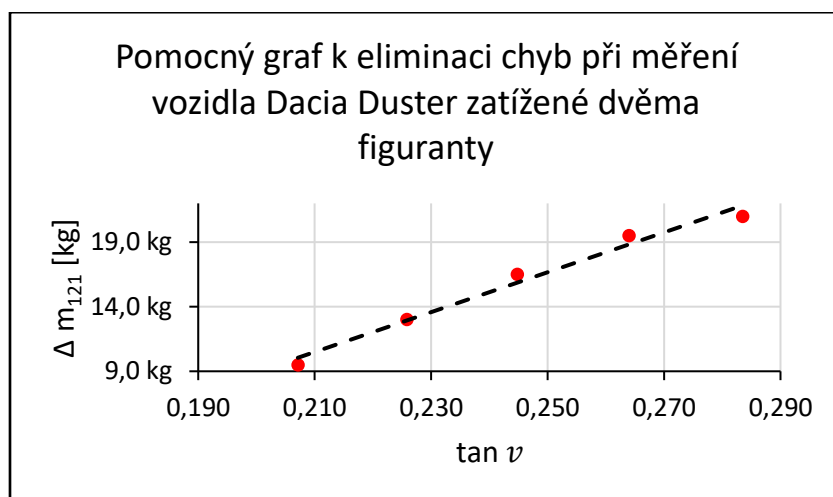
Graf 40 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla



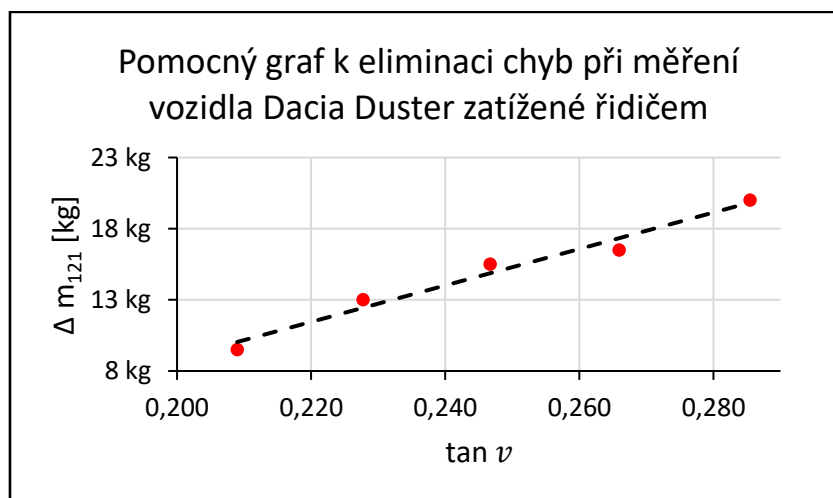
Graf 41 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla



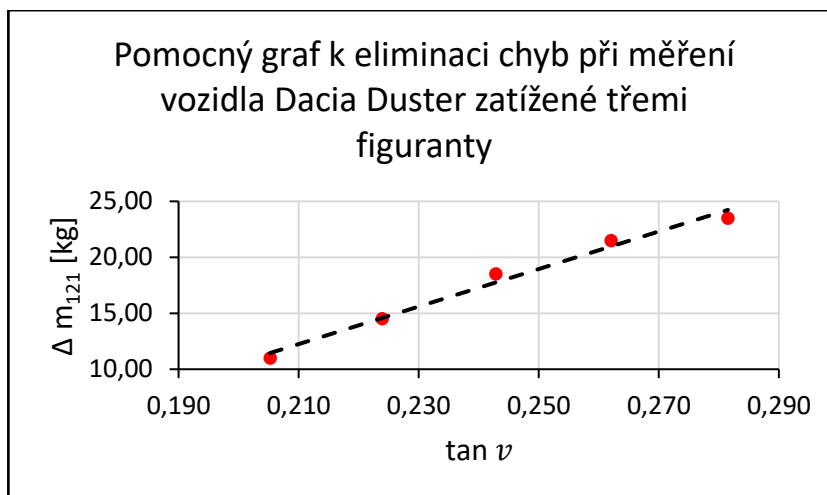
Graf 42 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Jeep Renegade zatíženého pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla



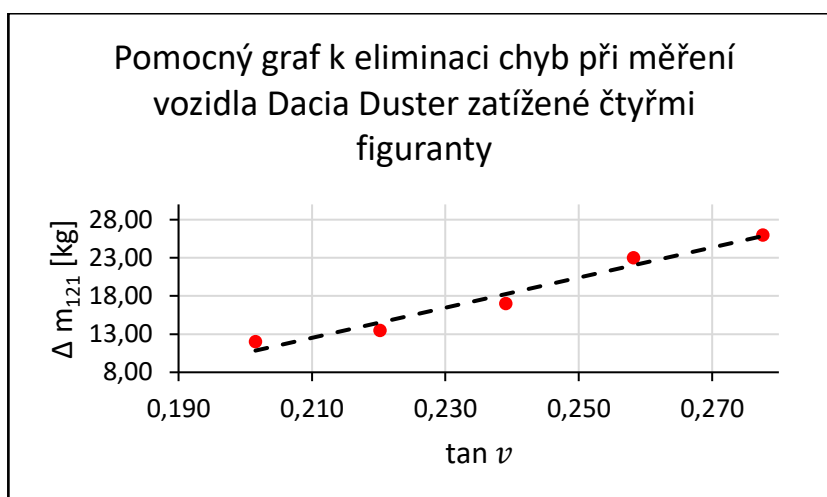
Graf 43 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatíženého dvěma figuranty



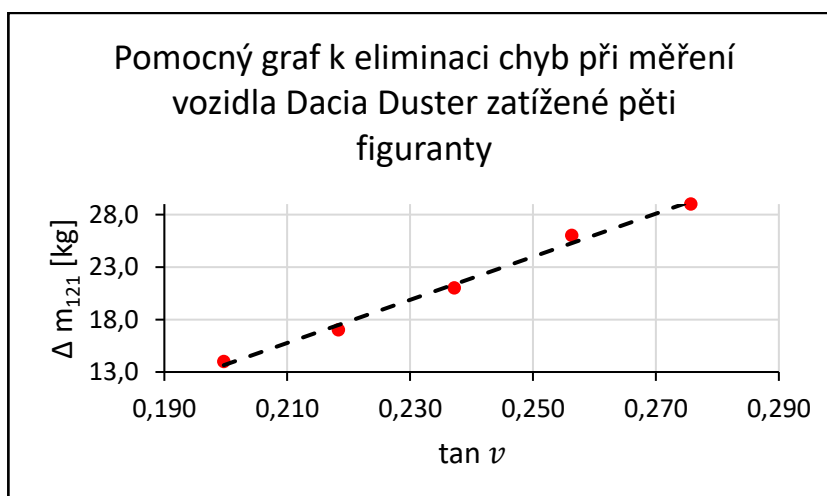
Graf 44 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatíženého řidičem



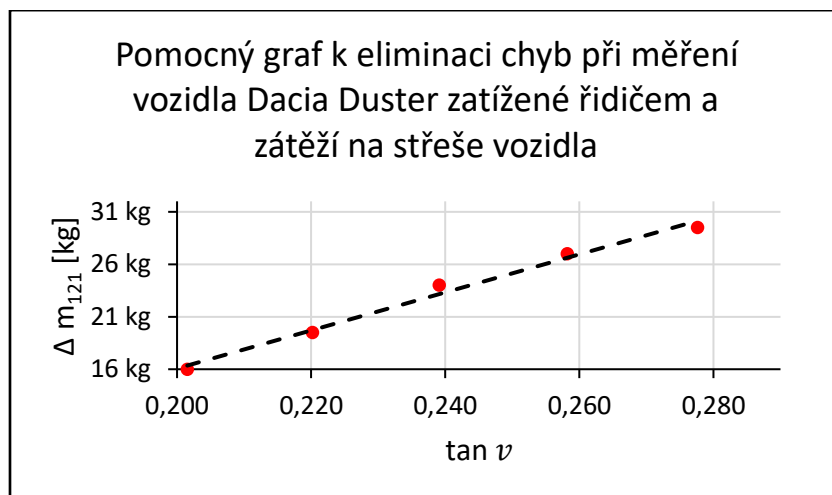
Graf 45 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené třemi figuranty



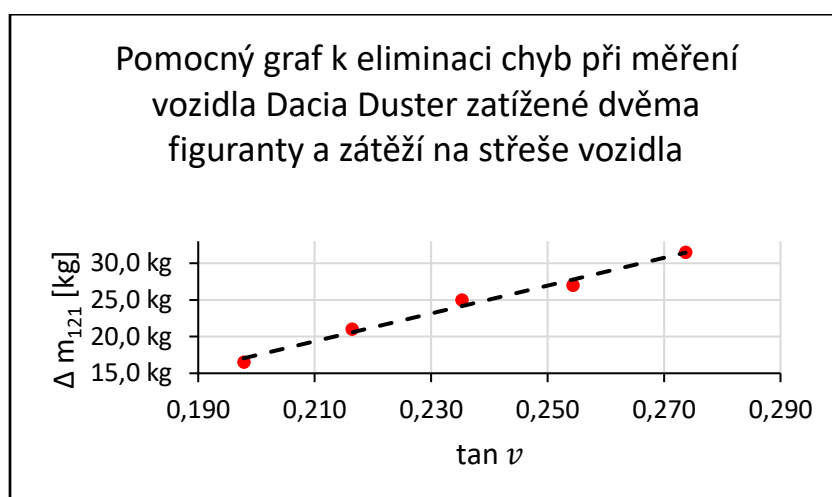
Graf 46 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené čtyřmi figuranty



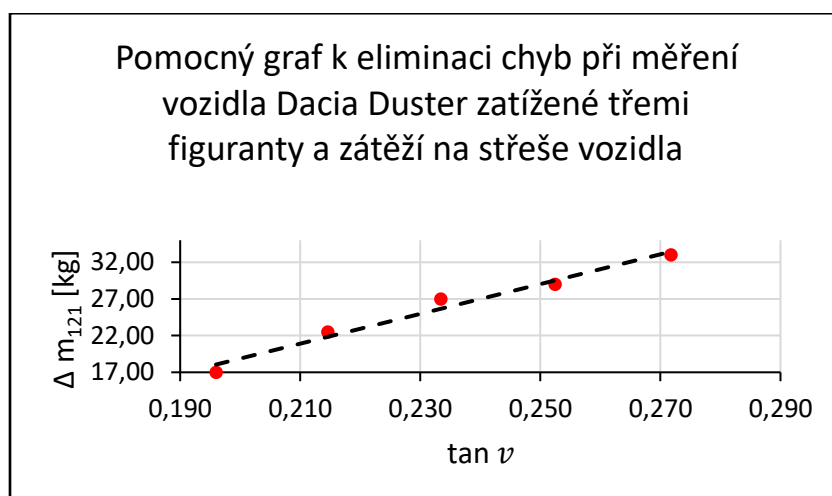
Graf 47 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené pěti figuranty



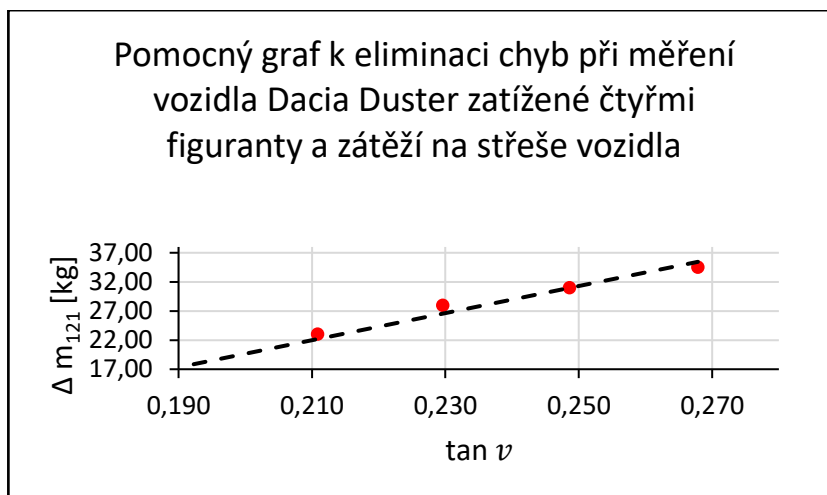
Graf 48 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla



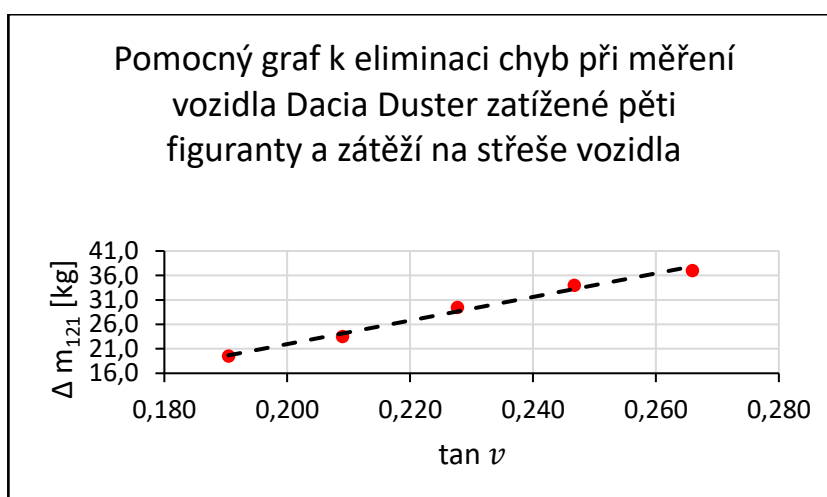
Graf 49 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla



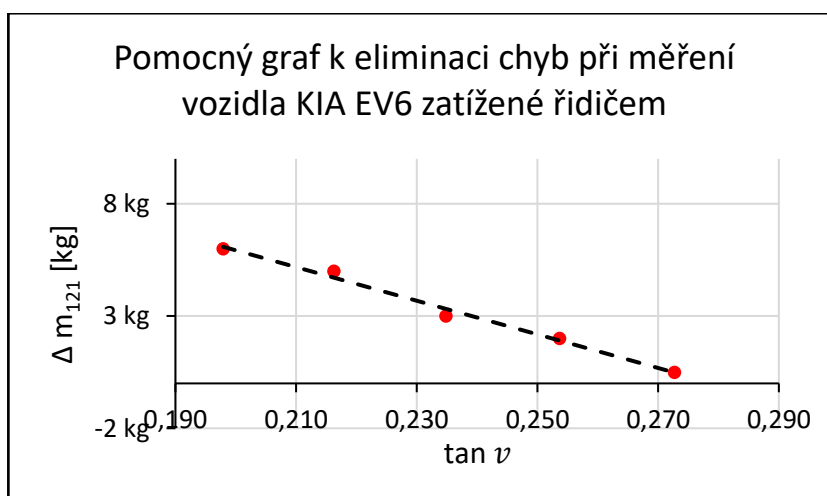
Graf 50 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla



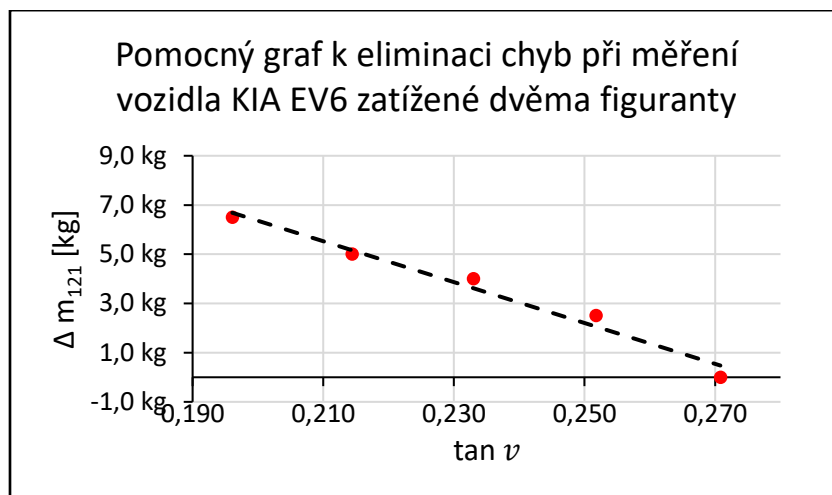
Graf 51 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla



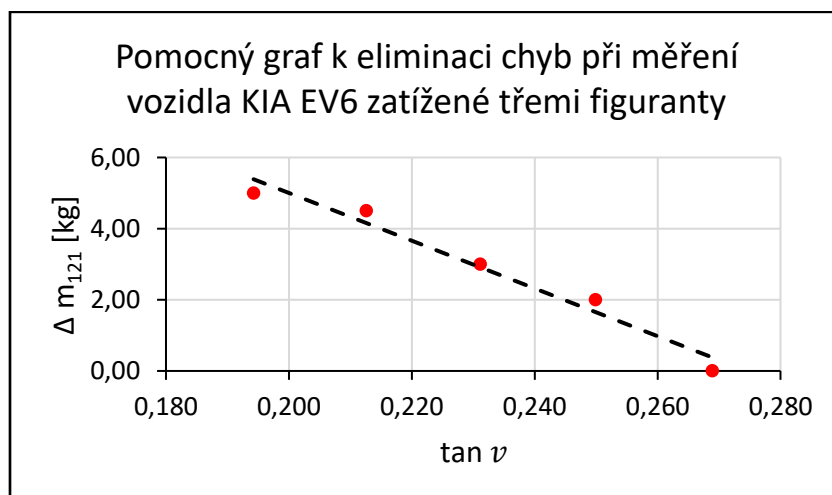
Graf 52 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Dacia Duster zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla



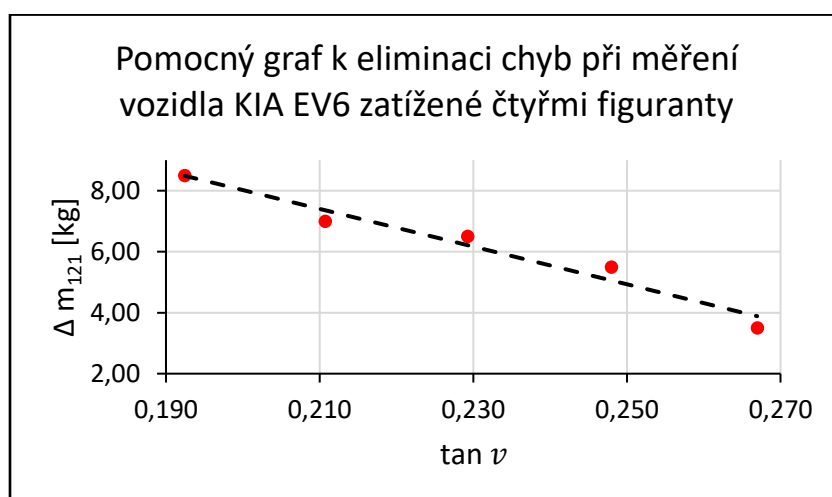
Graf 53 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené řidičem



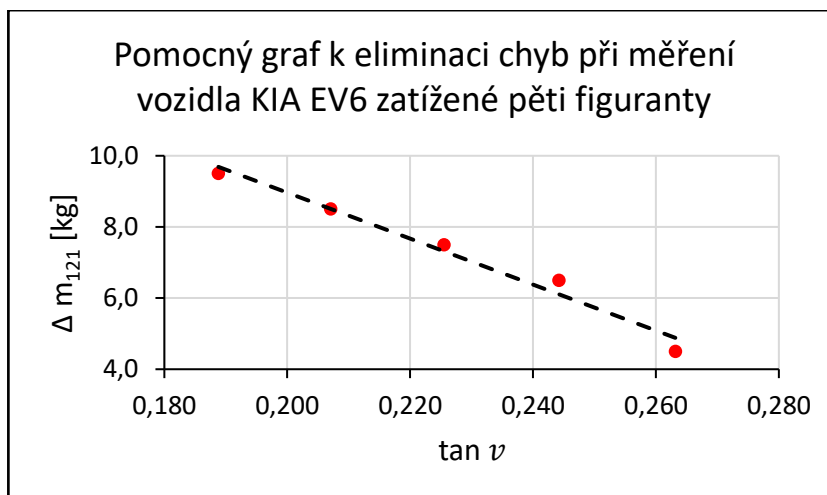
Graf 54 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené dvěma figuranty



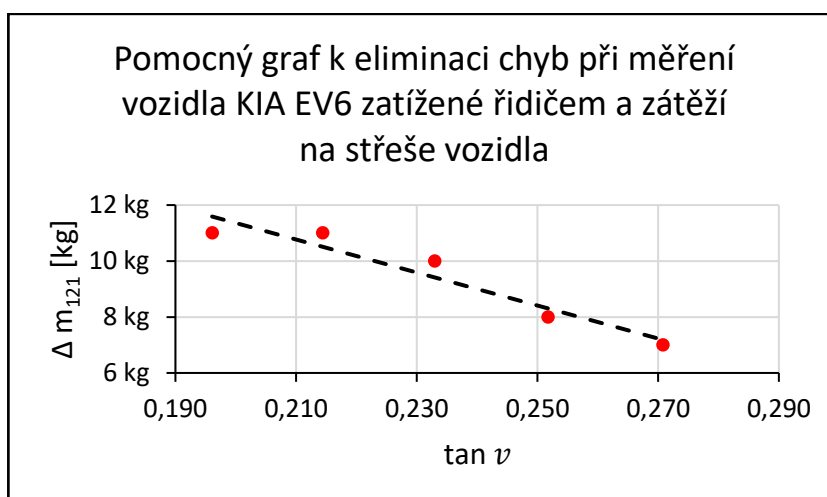
Graf 55 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené třemi figuranty



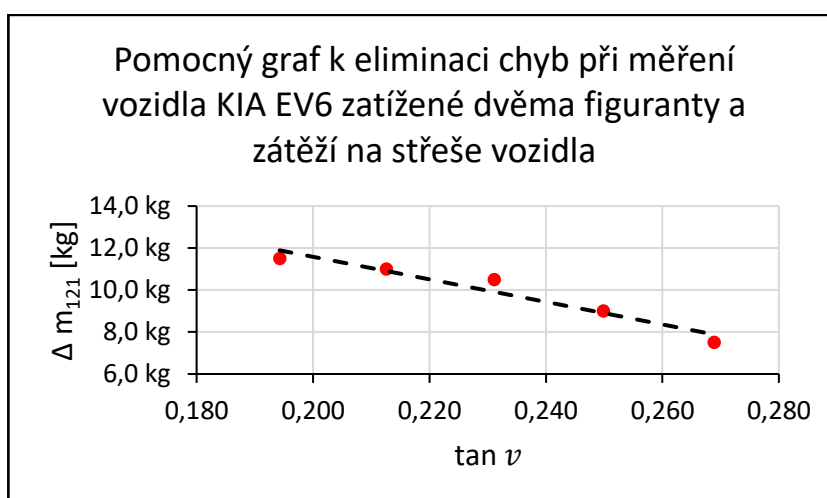
Graf 56 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené čtyřmi figuranty



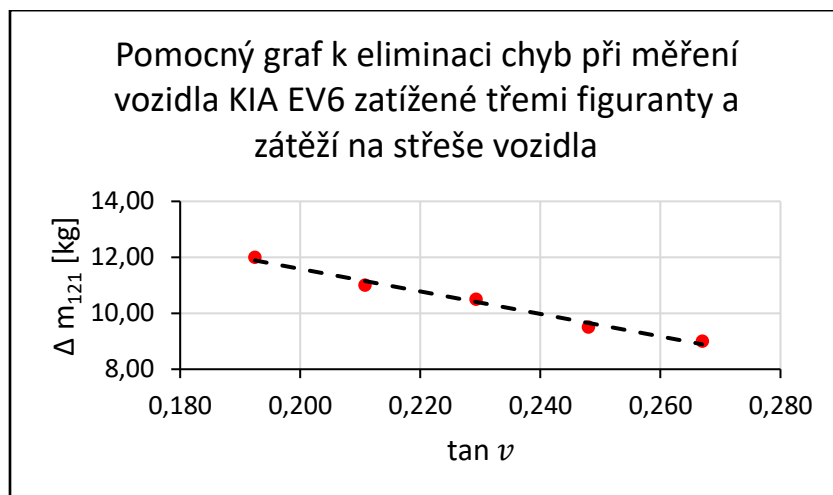
Graf 57 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené pěti figuranty



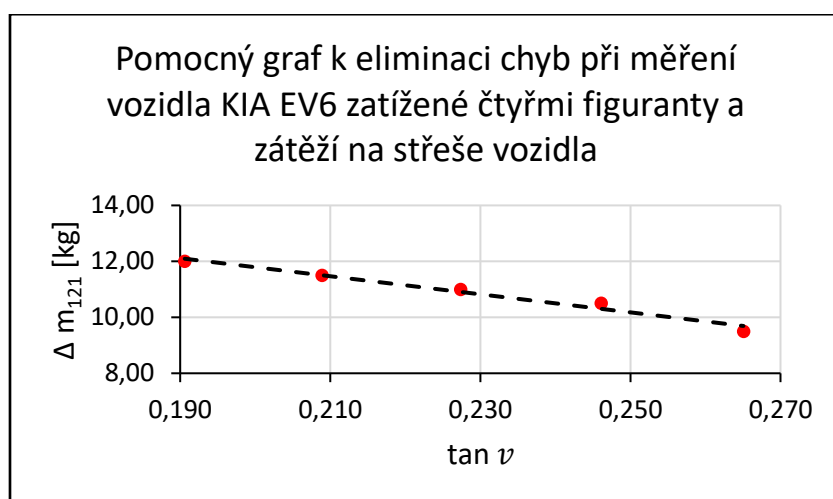
Graf 58 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla



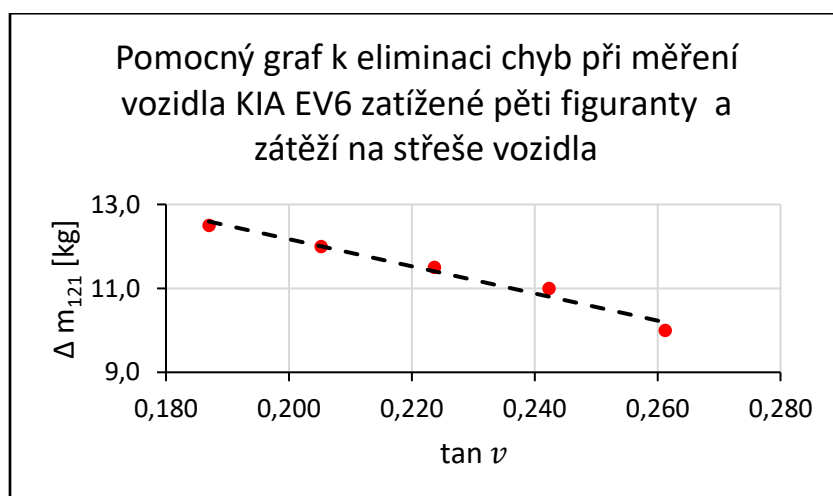
Graf 59 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla



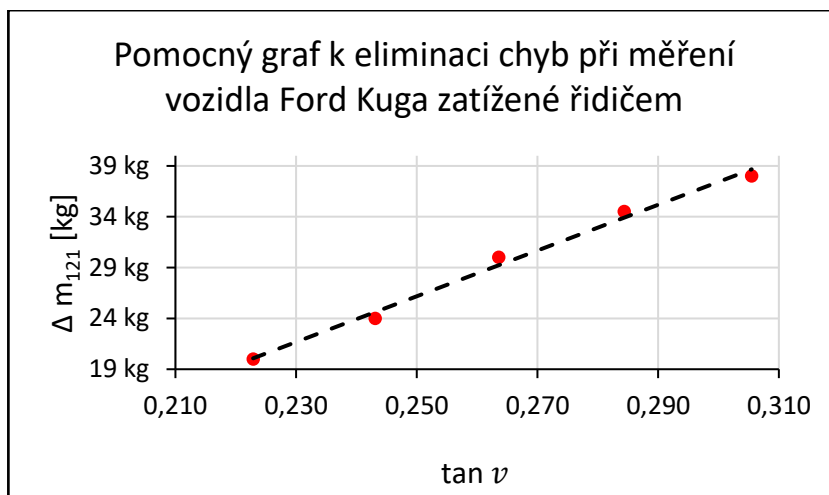
Graf 60 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla



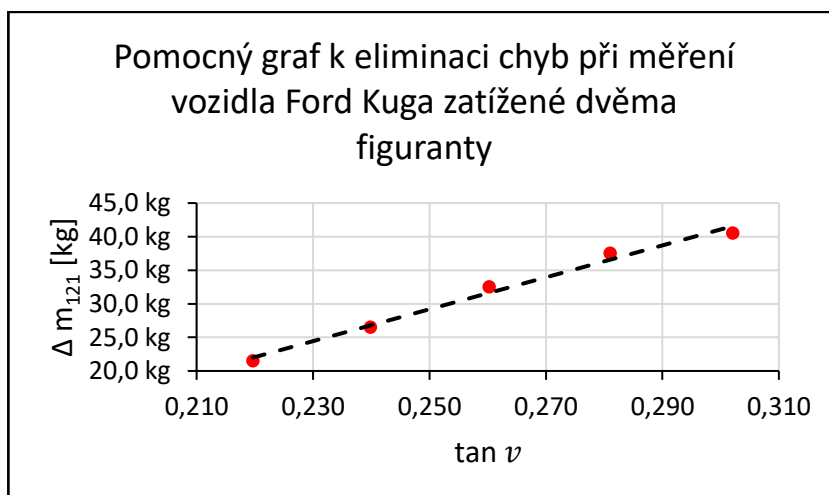
Graf 61 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla



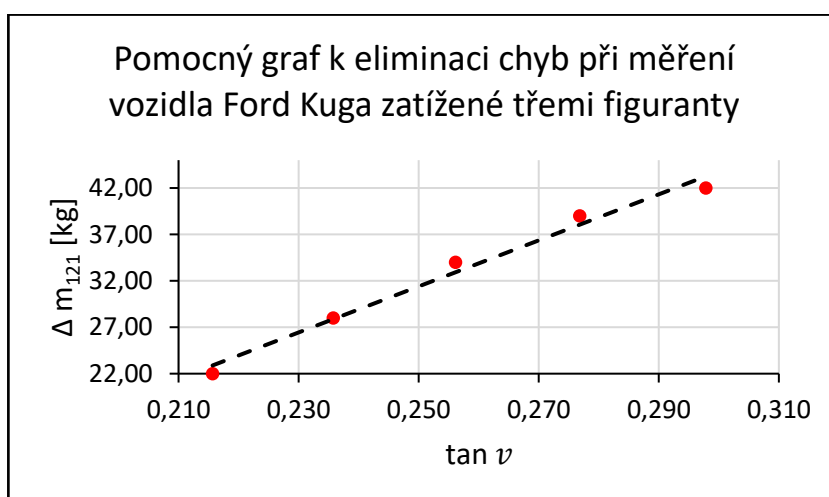
Graf 62 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla KIA EV6 zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla



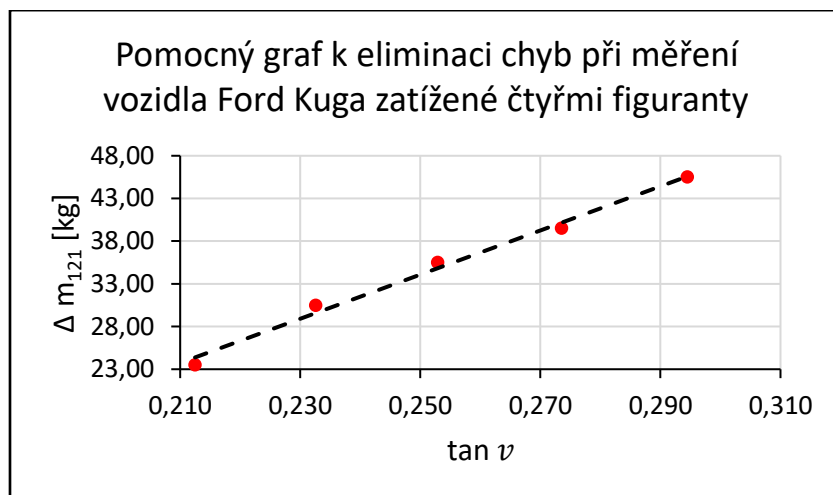
Graf 63 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého řidičem



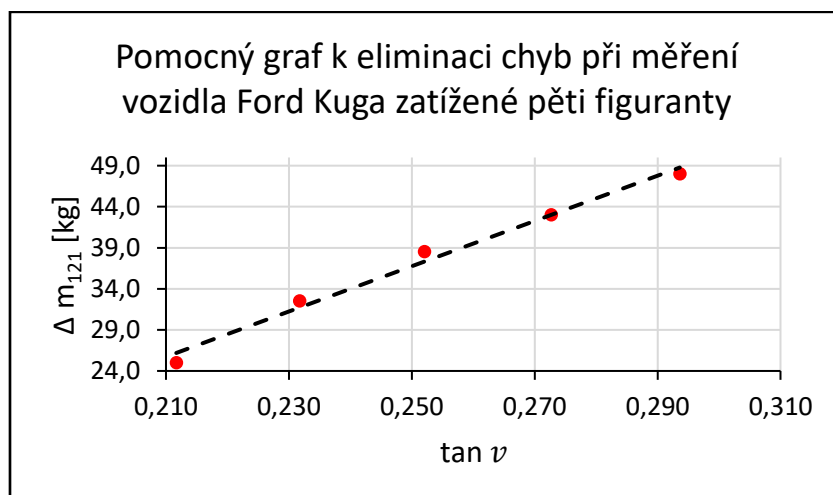
Graf 64 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého dvěma figuranty



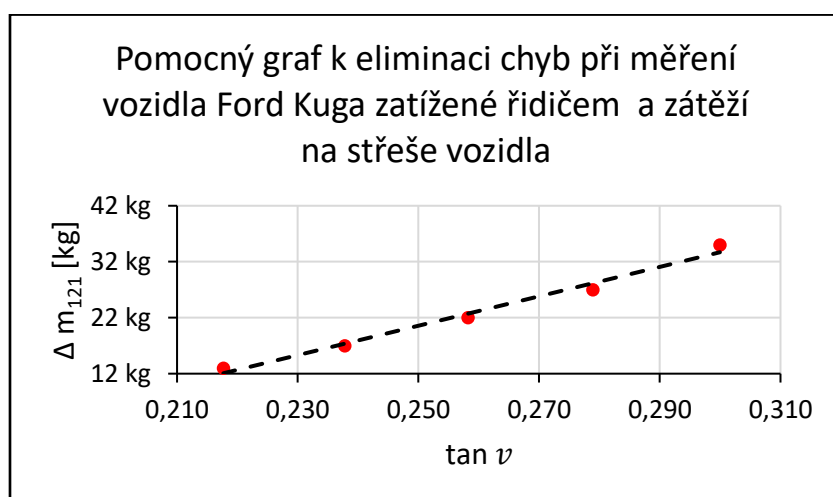
Graf 65 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého třemi figuranty



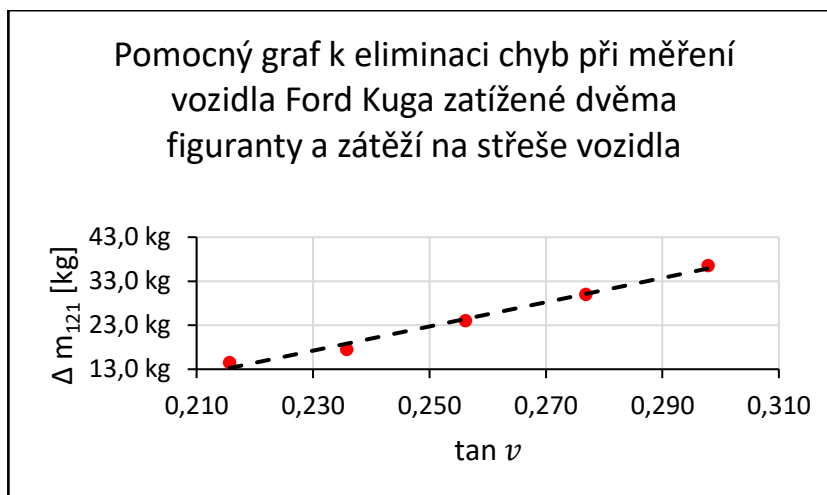
Graf 66 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého čtyřmi figuranty



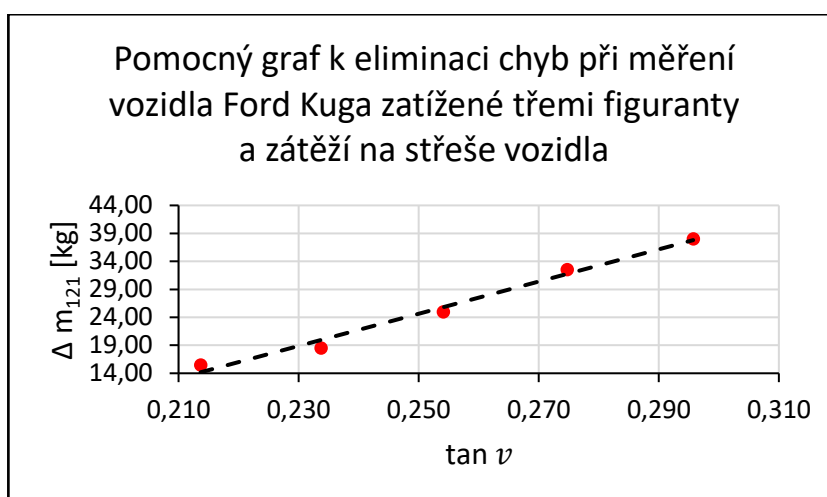
Graf 67 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého pěti figuranty



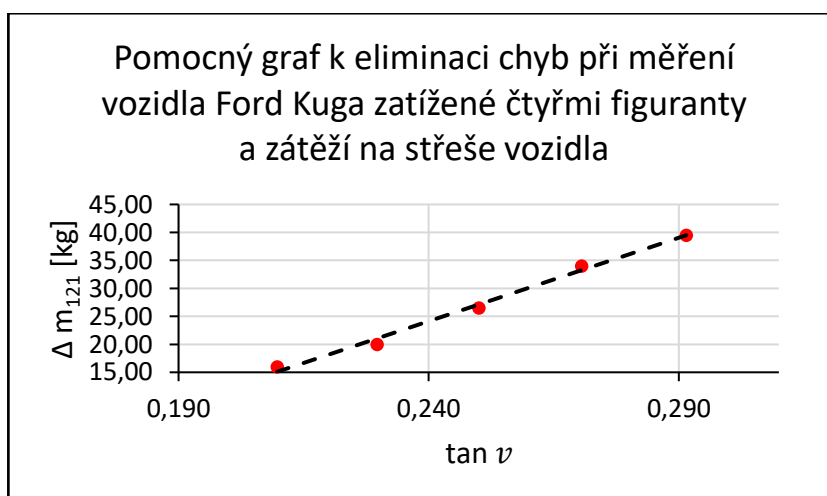
Graf 68 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého řidičem a zátěží na střeše vozidla



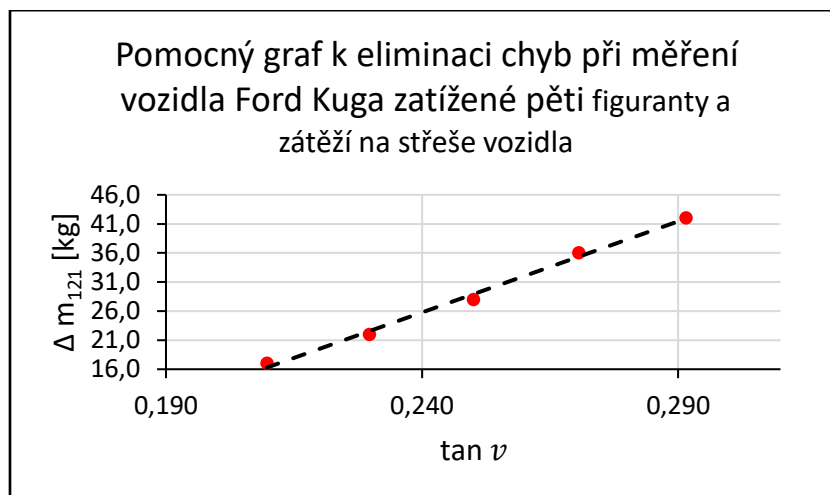
Graf 69 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla



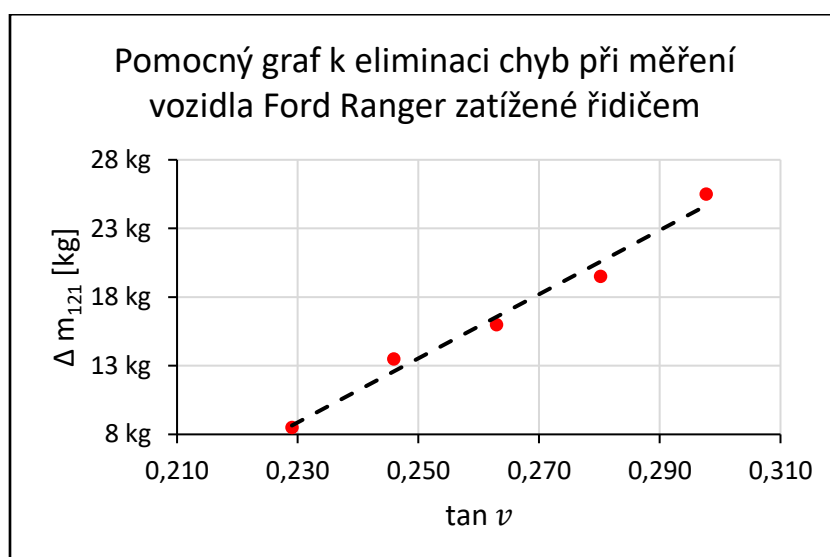
Graf 70 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla



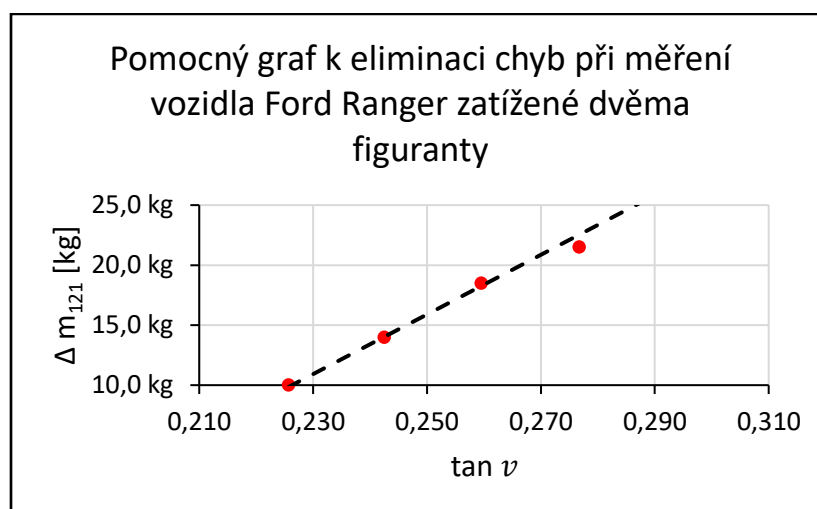
Graf 71 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla



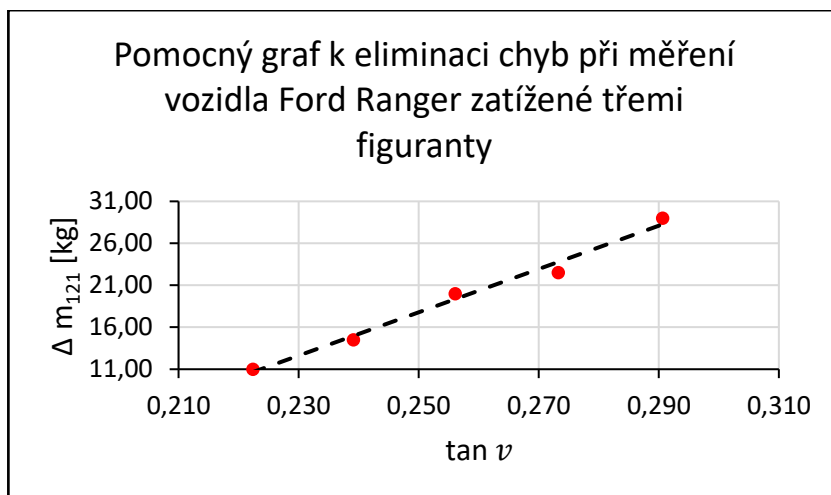
Graf 72 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Kuga zatíženého pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla



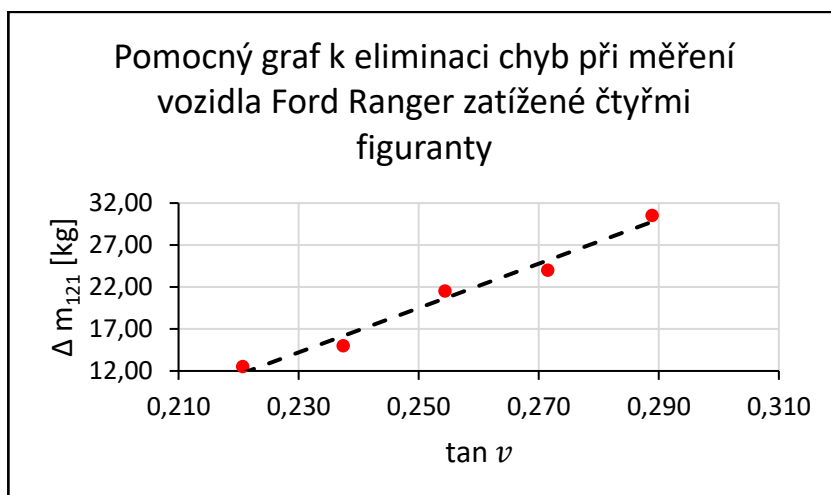
Graf 73 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatíženého řidičem



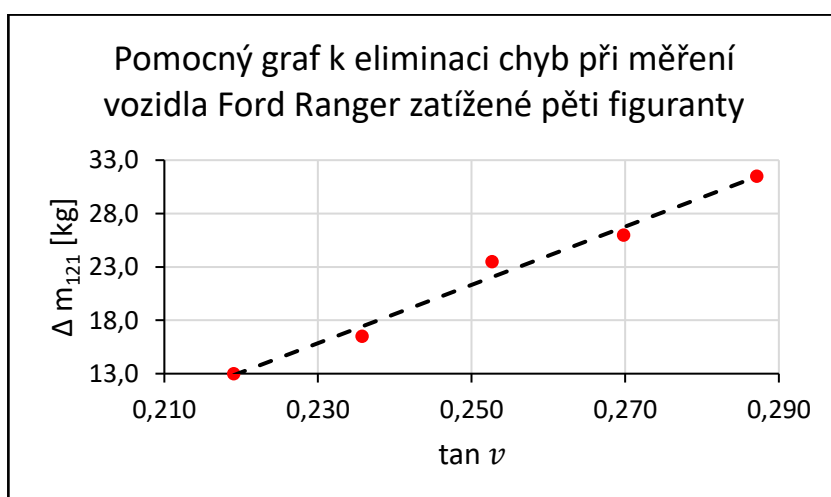
Graf 74 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatíženého dvěma figuranty



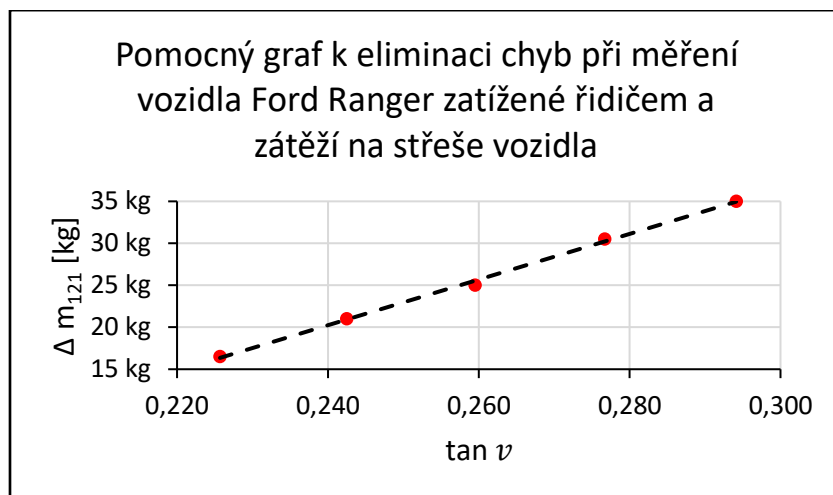
Graf 75 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené třemi figuranty



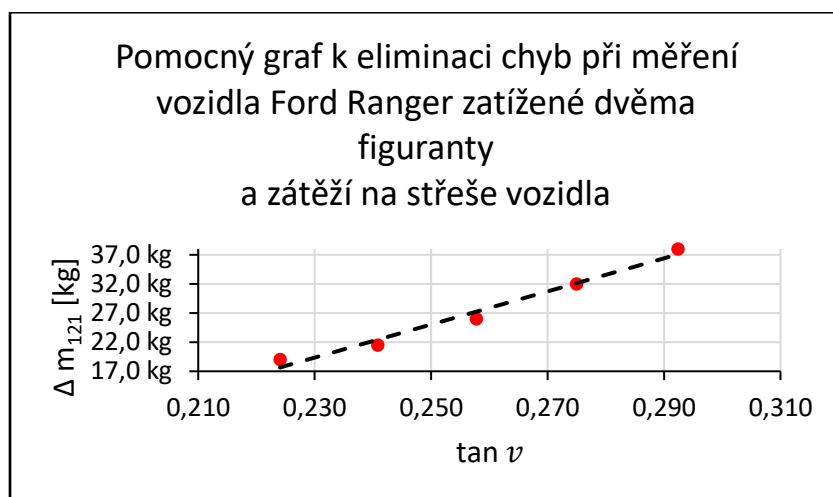
Graf 76 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené čtyřmi figuranty



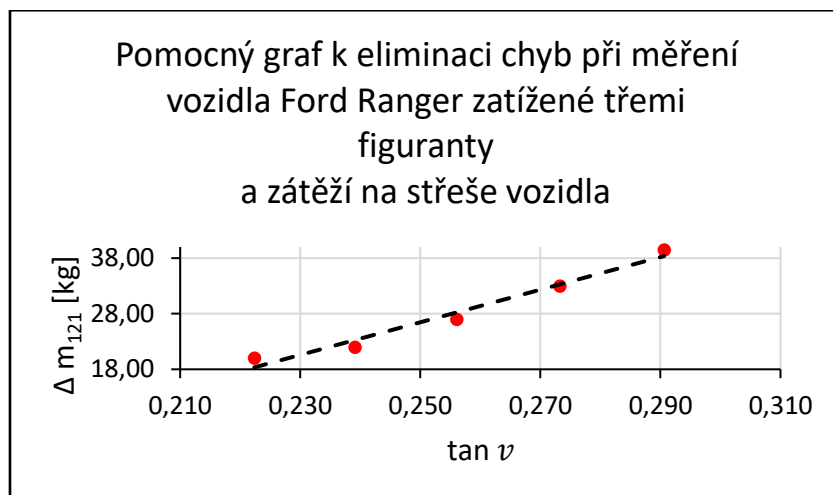
Graf 77 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené pěti figuranty



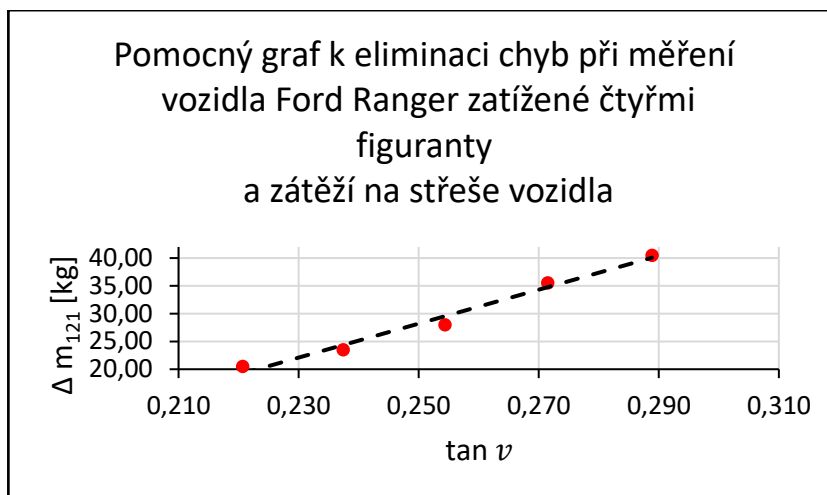
Graf 78 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatíženého řidičem a zátěží na střeše vozidla



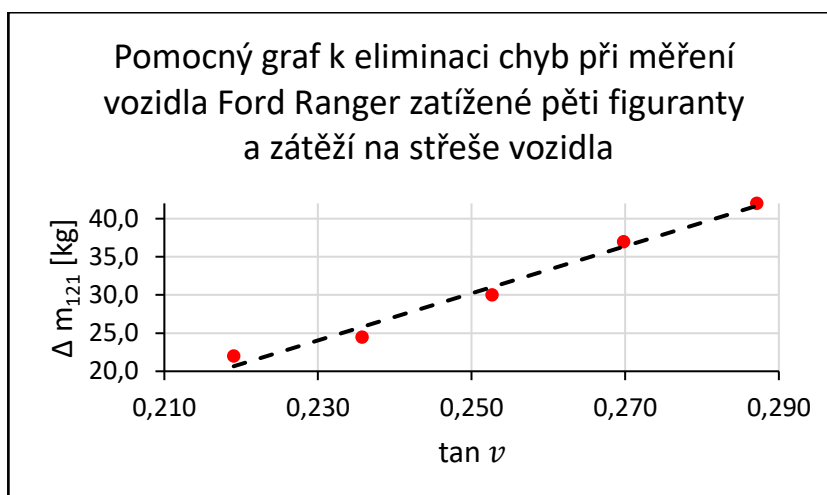
Graf 79 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatíženého dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla



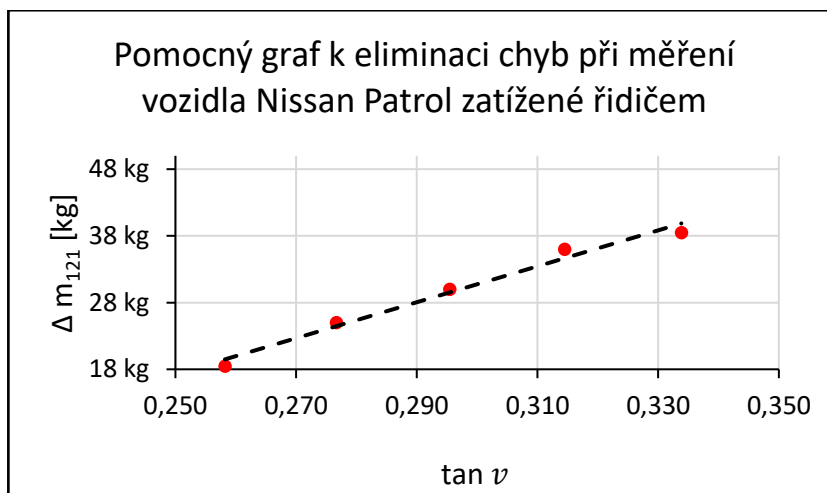
Graf 80 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatíženého třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla



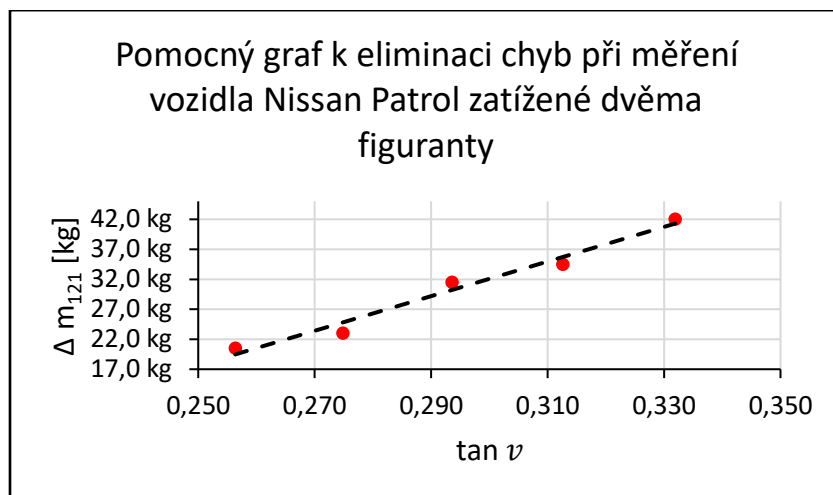
Graf 81 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla



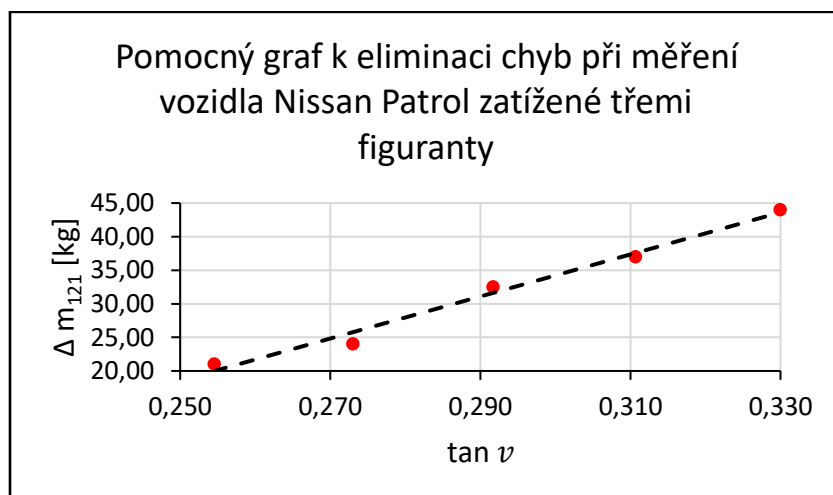
Graf 82 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Ford Ranger zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla



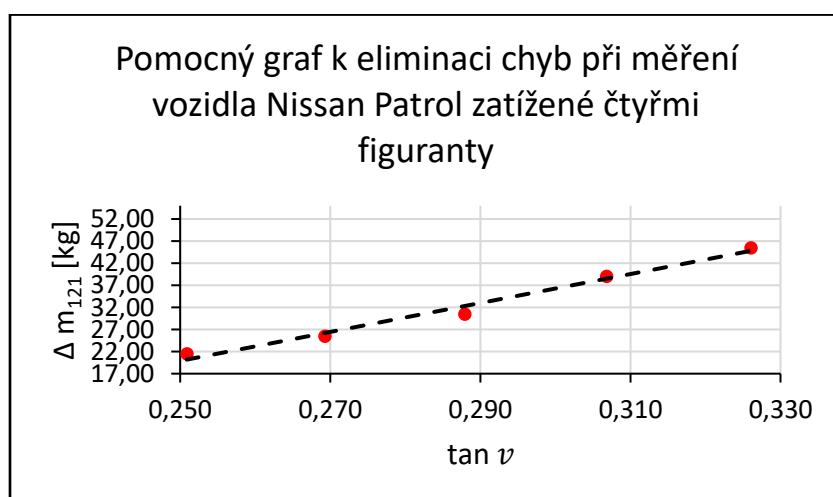
Graf 83 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené řidičem



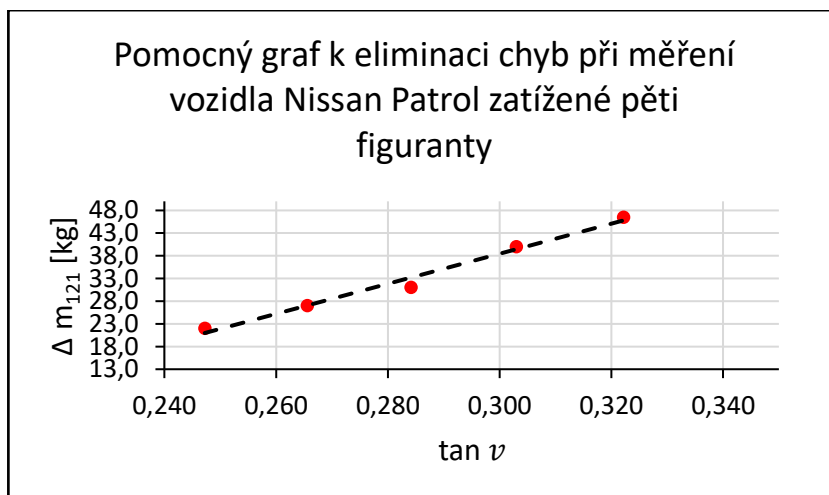
Graf 84 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené dvěma figuranty



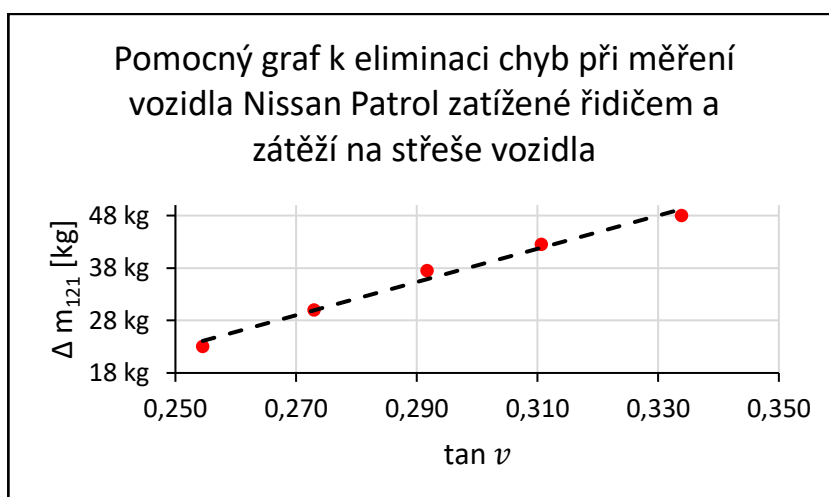
Graf 85 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené třemi figuranty



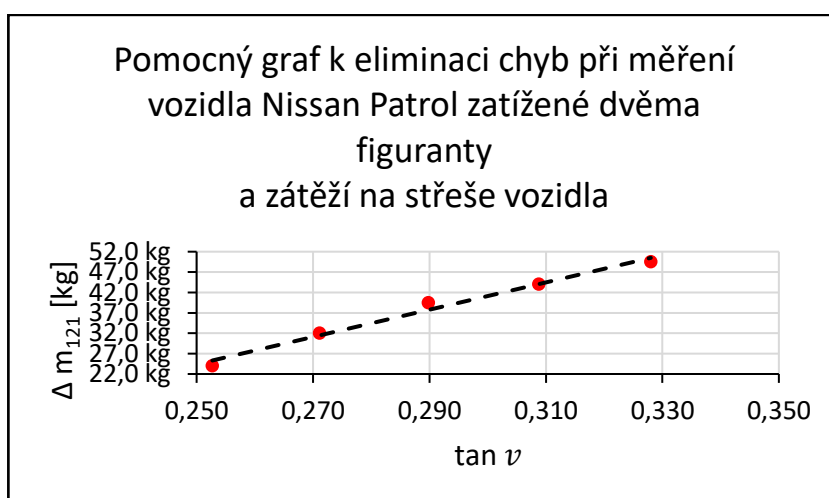
Graf 86 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené čtyřmi figuranty



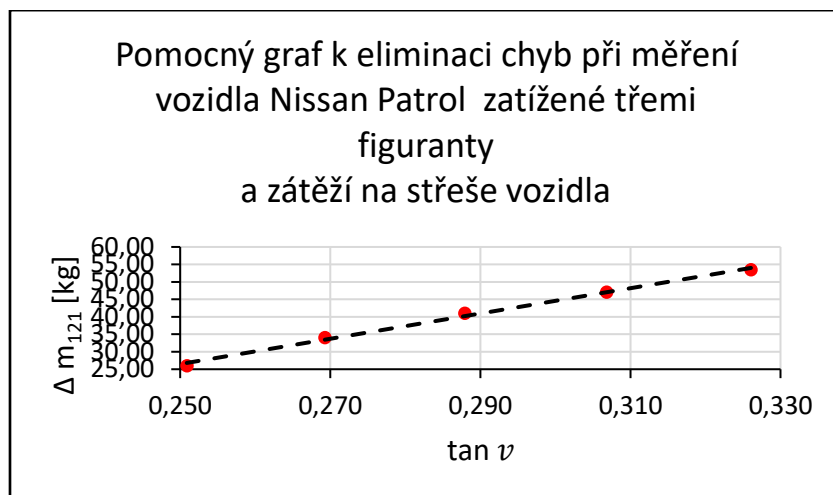
Graf 87 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené pěti figuranty



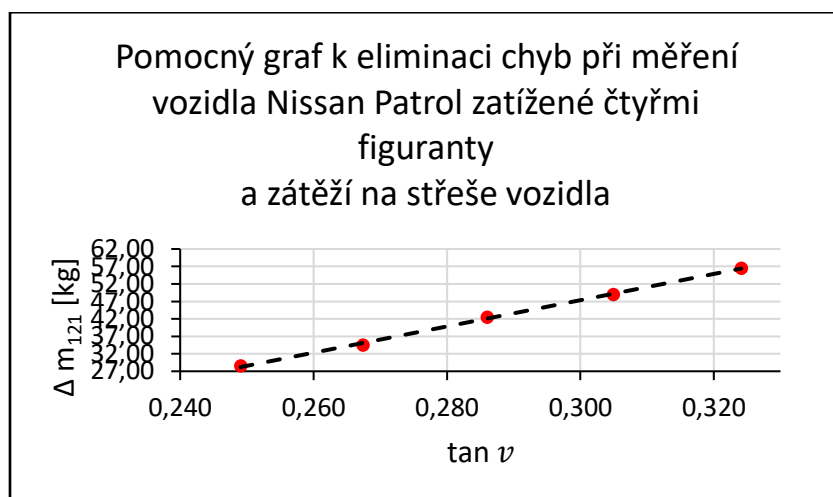
Graf 88 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla



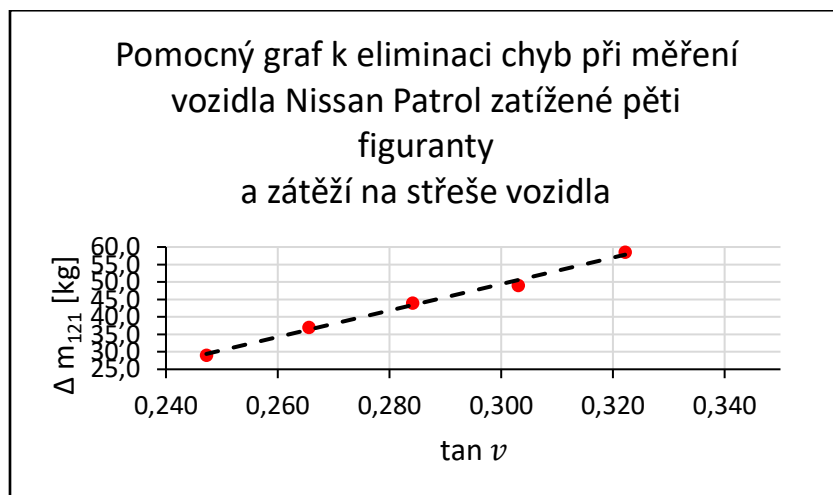
Graf 89 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla 90



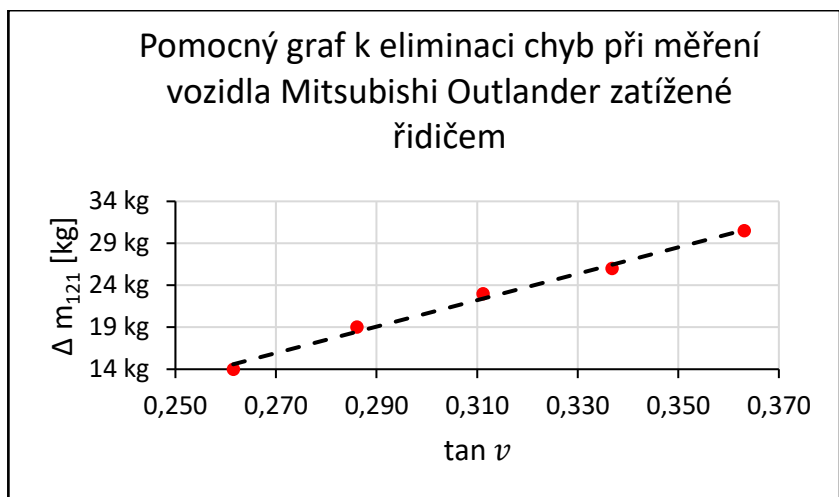
Graf 91 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla 92



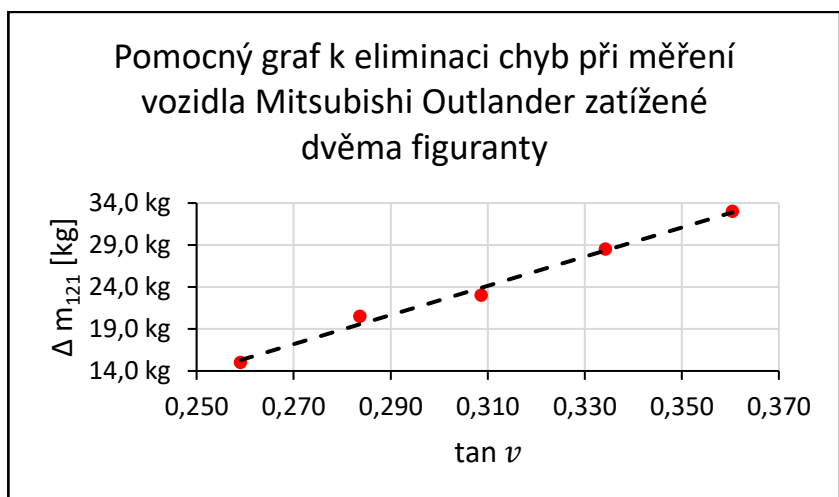
Graf 93 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla 94



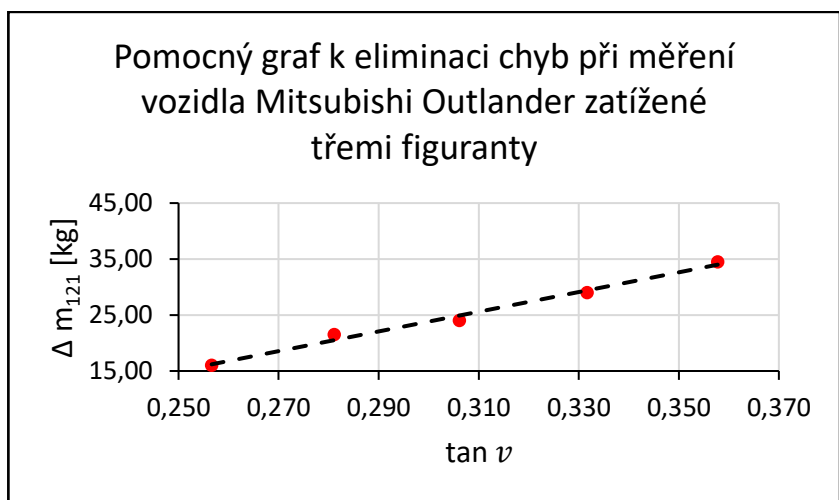
Graf 95 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Nissan Patrol zatížené pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla



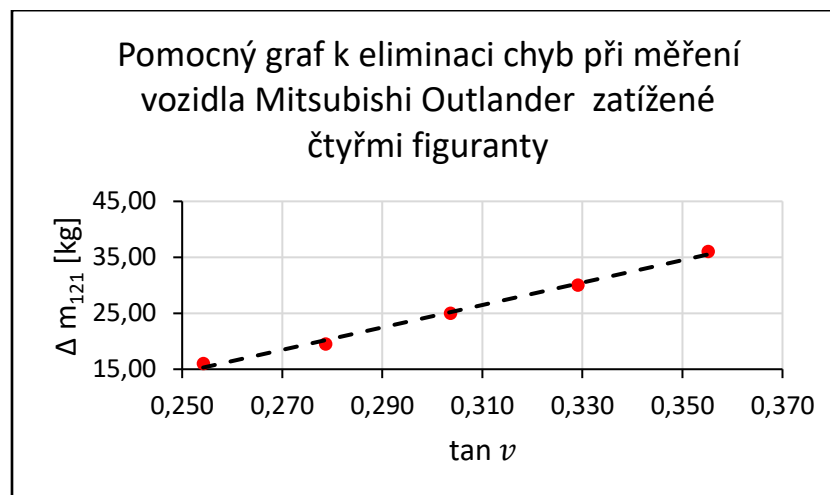
Graf 96 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené řidičem



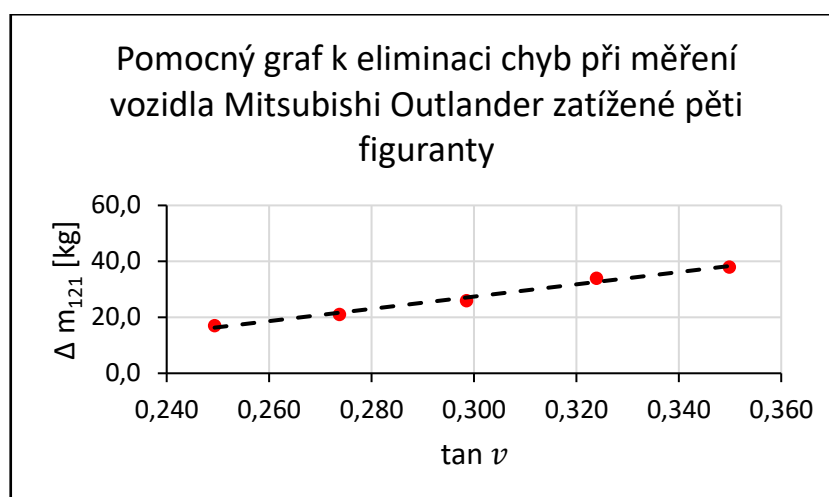
Graf 97 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené dvěma figuranty



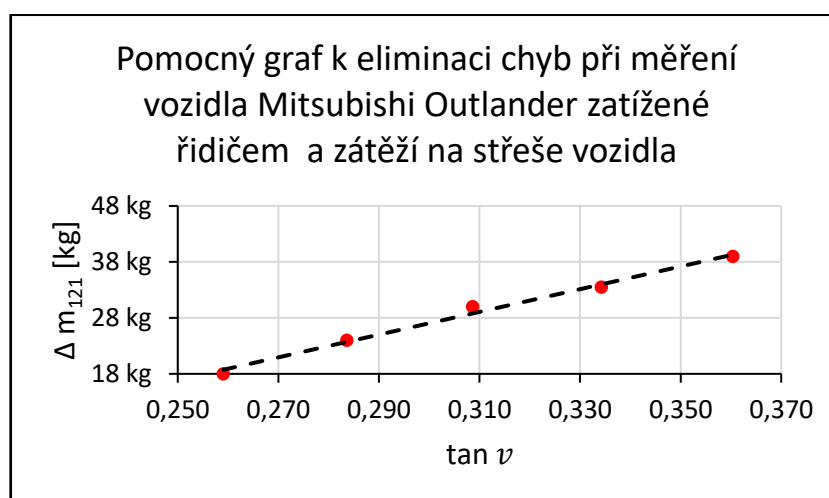
Graf 98 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené třemi figuranty



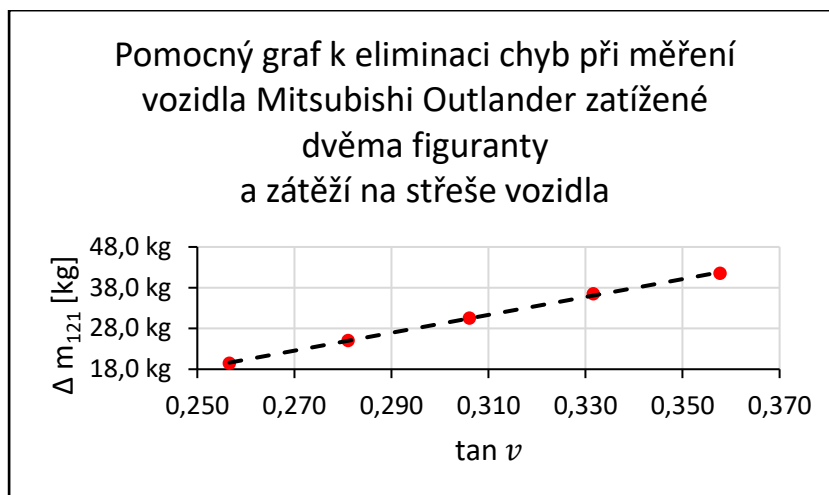
Graf 99 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené čtyřmi figuranty



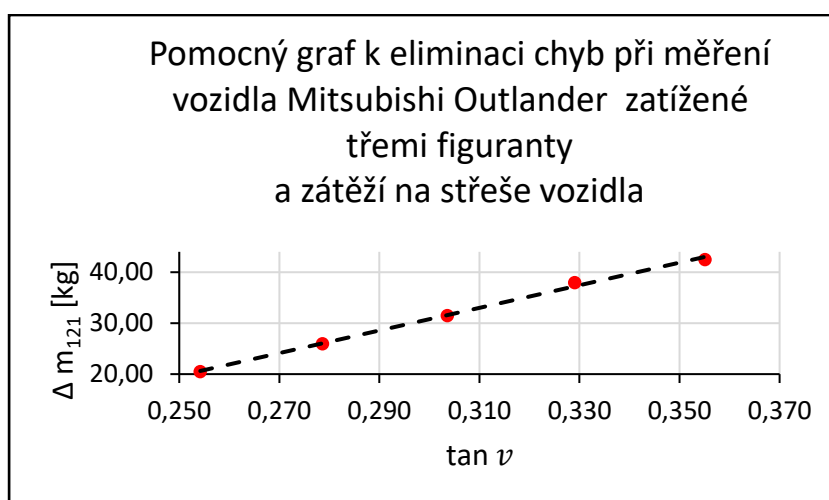
Graf 100 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené pěti figuranty



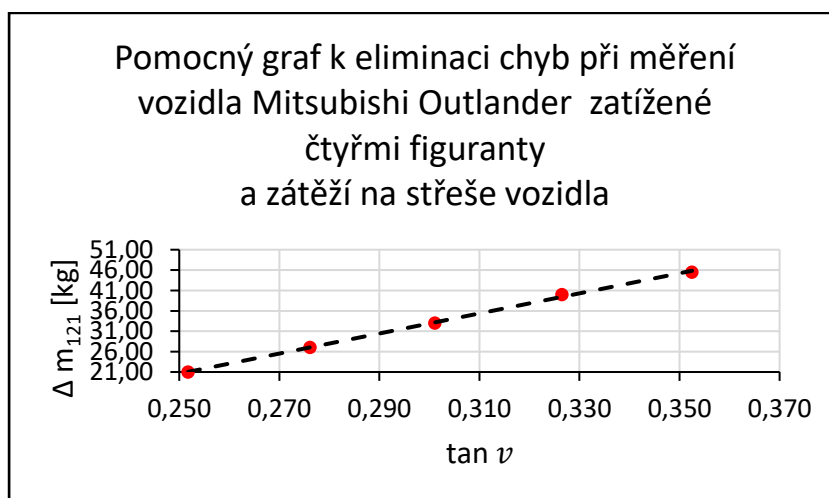
Graf 101 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené řidičem a zátěží na střeše vozidla



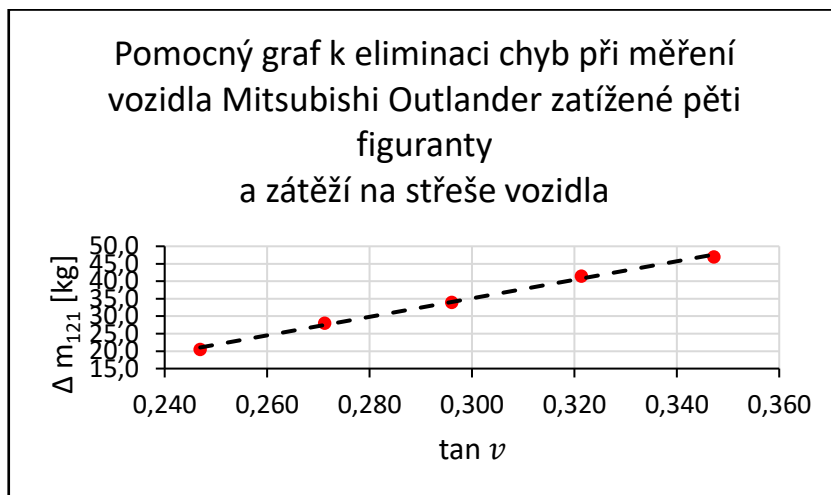
Graf 102 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené dvěma figuranty a zátěží na střeše vozidla



Graf Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené třemi figuranty a zátěží na střeše vozidla103



Graf104 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatížené čtyřmi figuranty a zátěží na střeše vozidla



Graf 104 Pomocný graf k eliminaci chyb při měření vozidla Mitsubishi Outlander zatíženého pěti figuranty a zátěží na střeše vozidla