

AUTOMOBILIO STABDYMO DINAMINIŲ SAVYBIŲ POKYČIAI KEIČIANT PADANGŲ SLĖGĮ IR KROVINIO PASKIRSTYMĄ PRIEKABOJE

Arnas UZDILA, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas arnas.uzdila@vdu.lt

Algirdas JANULEVIČIUS, Vytauto didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas algirdas.janulevicius@vdu.lt

Santrauka

Ekspерименто rezultatai parodė, kad krovinio išdėstymo ir padangų slėgio svyravimai gali labai paveikti transporto priemonės valdymą ir stabilumą, ypač staigiai stabdant. Kai krovinys dedamas asimetriškai, judanti transporto priemonė patiria netolygų išilginį ir skersinį lėtėjimo pagreitį, dėl kurio gali atsirasti nestabilumas ir prarasta transporto junginio kontrolė. Sumažinus padangų slėgį gali sumažėti išilginis lėtėjimas ir padidėti skersinis pagreitis. Šios išvados pabrėžia tinkamo krovinio išdėstymo ir padangų priežiūros svarbą saugiam ir stabiliam transporto priemonės naudojimui. Toliau tyrimais galėtų būti ištirti kiti veiksniai, tokie kaip transporto priemonės greičio ir kelio sąlygų poveikis transporto priemonės stabilumui ir valdymui.

Reikšminiai žodžiai: lengvasis automobilis, priekaba, stabdymas, greitis, pagreitis, padangos, slėgis.

Išvadas

Kelių eismo saugumas kelia didelį susirūpinimą viso pasaulio vairuotojams, o tai ypač aktualu tiems, kurie tempia priekabą. Transporto priemonės, kurios velka priekabas, dažnai veža sunkesnius krovinis, o tai gali turėti didelę įtaką transporto priemonės stabdymui. Vienas iš veiksnių, galinčių turėti įtakos stabdymo veiksmingumui, yra padangų slėgis. Tinkamo oro slėgio padangose palaikymas būtinas saugiam vairavimui (Varghese, 2013).

Lietuvoje kasmet įvyksta daug eismo įvykių, kai kurie jų baigiasi sužalojimais ar mirtimi. Lietuvos policijos departamento duomenimis, per pastaruosius penkerius metus eismo įvykių skaičius Lietuvoje nuolat mažėja. 2017 m. buvo pranešta apie 3052 eismo įvykius, o 2020 m. sumažėjo iki 2872 (Lietuvos kelių policija, 2020). Tačiau nepaisant mažėjimo tendencijos, žuvusiųjų ir sužeistųjų skaičius eismo įvykiuose vis dar yra didelis. 2020 m. kelių eismo įvykiuose iš viso žuvo 175 žmonės, sužeista 3271 žmogus. Tai reikšmingas sumažėjimas, palyginti su 2017 m., kai žuvo 191 žmogus, o 3558 buvo sužeisti (Oficialiosios statistikos portalas).

Viena iš pagrindinių eismo įvykių priežasčių yra vairuotojo klaidos, tokios kaip greičio viršijimas, vairavimas apsvaigus nuo alkoholio ar narkotikų (Alford ir kt., 2020), vairavimas išsiblaškius. Transporto priemonės ir padangų būklė taip pat turi didelę reikšmę kelių eismo saugumui. Iš tiesų, remiantis Lietuvos valstybinės kelių transporto inspekcijos pranešimu, 2020 metais 19 % patikrintų transporto priemonių turėjo padangų defektus. Šie defektai apėmė nepakankamą padangų protektoriaus gylį, pažeistas padangas ir netinkamą padangų slėgį.

Stabdymo efektyvumas yra labai svarbus siekiant išvengti nelaimingų atsitikimų ir užtikrinti vairuotojų bei keleivių saugumą, tačiau nėra pakankamai tyrimų, kuriuose būtų konkrečiai atkreiptas dėmesys į padangų slėgio įtaką stabdymo veiksmingumui, ypač transporto priemonių, kurios velka priekabas.

Norint užtikrinti gerą padangų veikimą, sukibimą ir priežiūrą labai svarbu, kad padangose būtų tinkamas oro slėgis. Remiantis tyrimais, trys iš keturių automobilių turi bent vieną nepakankamai pripūstą padangą, o pagrindinės žemo slėgio priežastys yra natūralus slėgio nuotėkis, temperatūrų skirtumai ir keliuose esantys pavojai, tokie kaip duobės ar šiukšlės.

Be saugos problemų, padangų slėgis taip pat turi įtakos automobilio ekonominiam eksploatavimui (Varghese, 2013). Tinkamo padangų slėgio palaikymas gali sumažinti degalų sąnaudas ir pailginti padangų tarnavimo laiką. Stabdžių konstrukcija ir padangų sukibimas su kelio danga yra pagrindiniai veiksniai, lemiantys stabdymo kelią (Tang ir kt., 2017). Stabdymo efektyvumui įtakos turi padangos protektoriaus tipas, ypač stabdant ant sausos kelio dangos.

Apibendrinant galima pasakyti, kad tinkamo padangų slėgio palaikymas yra būtinas saugiam vairavimui, o tai ypač svarbu transporto priemonėms, kurios velka priekabas. Padangų slėgio įtaka stabdymo efektyvumui yra kritinė, kurią reikia toliau tirti, ypač transporto priemonėms, kurios velka priekabas. Suprasdami padangų slėgio poveikį stabdymo veiksmingumui, galima pagerinti kelių saugumą ir sumažinti nelaimingų atsitikimų kelyje skaičių.

Tyrimo tikslas – nustatyti, kokią įtaką turi oro slėgis priekabos padangose bei krovinio netolygus paskirstymas priekaboje automobilio lėtėjimo pagreičiui išilgine ir skersine kryptimis, stabdant jį didžiausia stabdymo jėga, kuomet velkama priekaba.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimai atlikti automobiliu *Audi A6* 2001m., kuris tempė 250 kg priekabą, o krovinio masė buvo 440 kg. Kroviniui imituoti buvo panaudoti maišai su smėliu, kurie buvo atskirai pasverti ir sužymėti, kad būtų galima tiksliai paskirstyti krovinio svorį. Prieš bandymus automobilis buvo techniškai paruoštas – pakeisti stabdžių diskai, trinkelės ir stabdžių skystis. Naujai atlikta techninė apžiūra tam, kad būtų patikrintas ir patvirtintas stabdžių sistemos tolygus veikimas.

Tyrimas atliktas 2022 metų lapkričio mėnesį. Bandymai buvo atlikti ant drėgnos, lygios kelio dangos. Oro temperatūra bandymo metu kito nuo +6 iki +4 laipsnių. Tyrimo metu buvo eksperimentuojama su skirtingais padangų slėgiais. Slėgio pokyčiai surašyti lentelėje.

1 lentelė. Skirtingi apkrovos ir padangų oro slėgio scenarijai

Table 1. Different load distribution and tire air pressure scenarios

Bandymas Nr.	Krovinio paskirstymas	Padangų oro slėgis (bar)
1	Centre	2.2
2	Centre	1.6
3	Centre	0.8
4	Kairėje	2.2
5	Kairėje	1.6
6	Kairėje	0.8
7	Dešinėje	2.2
8	Dešinėje	1.6
9	Dešinėje	0.8

Išilginiam ir skersiniam stabdomo automobilio lėtėjimo pagreičiui matuoti buvo naudojamas prietaisas AccDriver 211. Šio prietaiso matavimo intervalas yra $\pm 2g$ ($\pm 20 \text{ m/s}^2$), o matavimo tikslumas $0,04 \text{ m/s}^2$. Prietaise įmontuoti akselerometrai bandymo metu fiksavo tiesinio ir šoninio pagrečių duomenis. Duomenys buvo įrašomi į atminties kortelę saugojimui ir tolesniam panaudojimui. Naudojant programinę įrangą buvo išvedami tiesinio bei šoninio pagrečių grafikai bei užfiksuotos reikšmės.

Bandymo metu buvo tolygiai įsibėgėjama iki 50 km/h ir stabdoma, kol automobilis visiškai sustos. Stabdžio pamina visa jėga nuspaudžiama žemyn, kol automobilyje aktyvuojama ABS sistema. Bandymai buvo kartojami 2 kartus, tame pačiame kelyje važiuojant į abi puses. Slėgis automobilio padangose mažinamas nuo gamintojo rekomenduojamų 2,2 bar, iki 1,6 bar ir galiausiai iki minimalių 0,8bar. Slėgis priekabos padangose buvo nekeičiamas. Krovinio svoris priekaboje paskirstytas prieš kiekvieną bandymą iš naujo.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Gauti rezultatai, kai automobilio ir priekabos junginys buvo stabdomas didžiausia stabdymo jėga, pateikti 1 paveiksle. Šiame grafike parodyta, kaip junginį veikia šoninis pagreitis, kai slėgis visose automobilio padangose yra vienodas – 2,2 bar, tačiau keičiamas krovinio paskirstymas priekaboje. Bandymo metu gauti rezultatai pateikti 2 lentelėje.

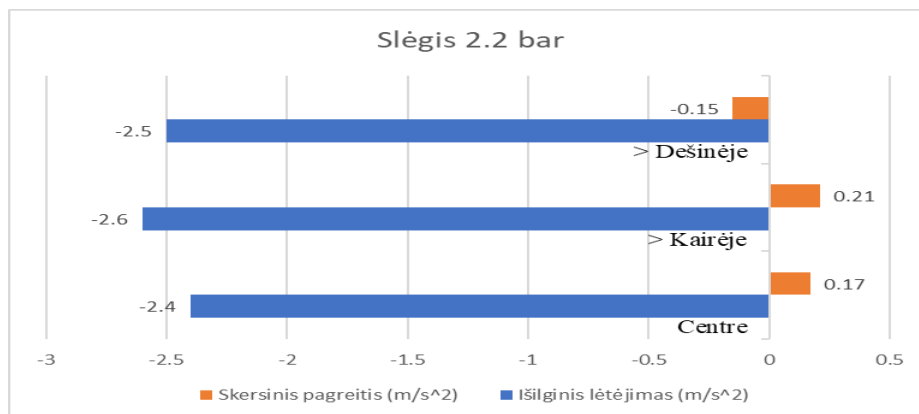
2 lentelė. Bandymo metu gauti rezultatai

Table 2. Findings from the experiment

Krovinio paskirstymas Load distribution	Padangų slėgis (bar) Tire pressure (bar)	Išilginis pagreitis (m/s^2) Longitudinal acceleration (m/s^2)	Skersinis pagreitis (m/s^2) Transverse acceleration (m/s^2)
Centre	2.2	-2.4	0.17
> Kairėje	2.2	-2.6	0.21
> Dešinėje	2.2	-2.5	-0.15
Centre	1.6	-1.9	0.15
> Kairėje	1.6	-2.1	0.18
> Dešinėje	1.6	-2	-0.13
Centre	0.8	-1.3	0.1
> Kairėje	0.8	-1.4	0.13
> Dešinėje	0.8	-1.3	-0.1

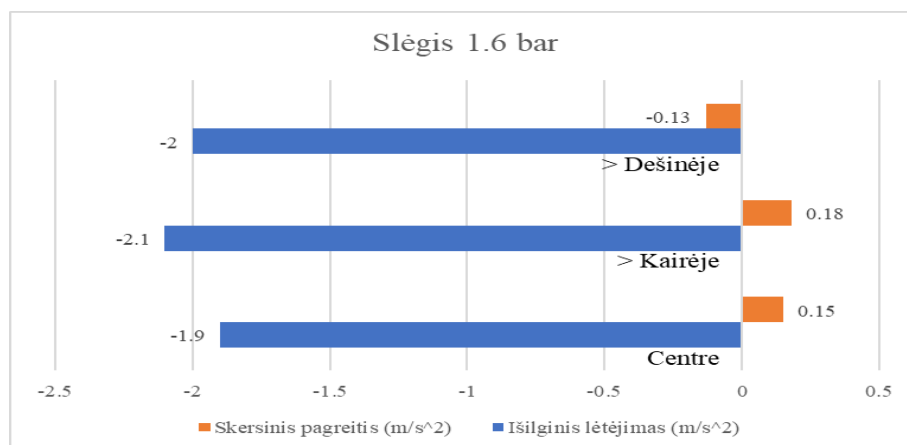
Iš grafiko ir gautų rezultatų matyti, kad skersinis pagreitis stabdymo metu padidėja $0,36 \text{ m/s}^2$, o išilginis pagreitis kinta $0,2 \text{ m/s}^2$ priklausomai nuo krovinio padėties.

2paveiksle pateiktas junginio skersinis ir išilginis pagreitis, esant 1,6 bar padangų slėgiui



1 pav. Junginio lėtėjimo pagreičio išilgine ir skersine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga, priklausomybė nuo padangų, kurių oro slėgis 2,2 bar. , Eilutės atspindi, kaip buvo pakrautas krovinys ir kokie gauti testo rezultatai

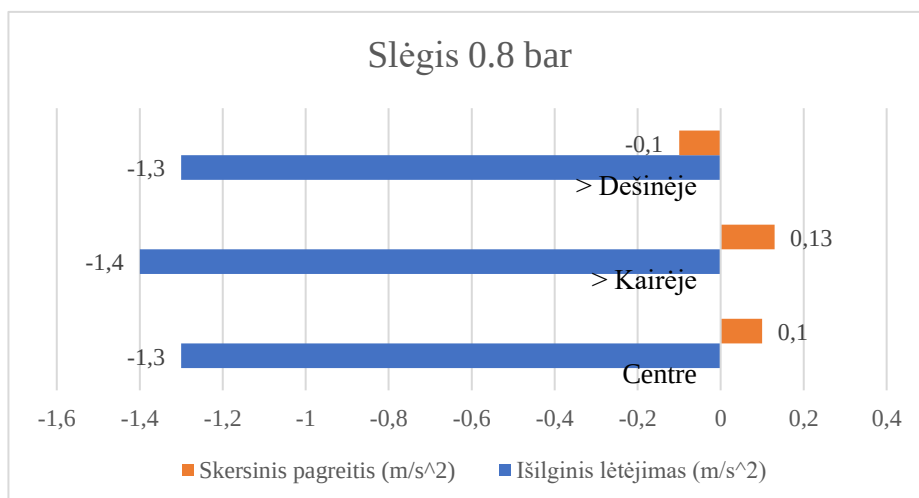
Fig 1. The study examined the relationship between tire air pressure at 2.2 bar and deceleration and acceleration in longitudinal and transverse directions when braking with maximum force. The test results also reflect the effect of cargo loading on the tire performance



2 pav. Junginio lėtėjimo pagreičio išilgine ir skersine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga, priklausomybė nuo padangų, kurių oro slėgis 1,6 bar. Eilutės atspindi, kaip buvo pakrautas krovinys ir kokie gauti testo rezultatai

Fig 2. The study examined the relationship between tire air pressure at 1.6 bar and deceleration and acceleration in longitudinal and transverse directions when braking with maximum force. The test results also reflect the effect of cargo loading on the tire performance

3 paveiksle pateiktas junginio skersinis ir išilginis pagreitis, esant 0,8 bar padangų slėgiui. .



3 pav. Junginio lėtėjimo pagreičio išilgine ir skersine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga, priklausomybė nuo padangų, kurių oro slėgis 0,8 bar. Eilutės atspindi, kaip buvo pakrautas krovinys ir kokie gauti testo rezultatai

Fig 3. The study examined the relationship between tire air pressure at 0.8 bar and deceleration and acceleration in longitudinal and transverse directions when braking with maximum force. The test results also reflect the effect of cargo loading on the tire performance

Kai svoris buvo priekabos centre, automobilio išilginis lėtėjimas buvo gana stabilus ir nedidelis skersinis pagreitis. Tačiau svorį perkeltiant į kairę arba dešinę, skersinis pagreitis didėja, todėl automobilis gali nuslysti nuo kelio arba prarasti kontrolę. Sumažėjęs padangų slėgis taip pat padidina skersinį pagreitį, o tai rodo, kad tinkamo oro slėgio padangose išlaikymas yra labai svarbus saugiam transporto priemonės ir priekabos valdymui ir stabilumui. Junginio lėtėjimo pagreitis išilgine kryptimi, stabdant didžiausia stabdymo jėga, kito nuo $-1,3 \text{ m/s}^2$ iki $-2,6 \text{ m/s}^2$, o skersine kryptimi – nuo $-0,15 \text{ m/s}^2$ iki $0,21 \text{ m/s}^2$.

Išvados

Rezultatai parodė, kad krovinio išdėstymas ir padangų slėgio svyravimai gali labai paveikti transporto priemonės stabilumą stabdant. Kai krovinys dedamas asimetriškai, transporto priemonė patiria netolygų skersinį lėtėjimo pagreitį, dėl kurio gali atsirasti nestabilumas, prastėja kontrolė. Be to, sumažinus padangų slėgį gali sumažėti išilginis lėtėjimas ir padidėti skersinis pagreitis, o tai dar labiau padidina problemą. Rezultatai įrodė, kad norint saugiai naudotis transporto priemone ir kad ji būtų stabili, reikia tinkamai išdėstyti krovinį ir prižiūrėti padangas. Tolesni tyrimai galėtų atskleisti kitų veiksnių, tokių kaip transporto priemonės greičio ir kelio sąlygų, poveikį transporto priemonės stabilumui ir valdymui.

Literatūra

1. Varghese, A. 2013. Influence of Tyre Inflation Pressure on Fuel Consumption, Vehicle Handling and Ride Quality. [Žiūrėta 2023 02 25]. Prieiga per internetą: <https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/d5925c72-eee6-41f7-92ae-f5e9e5408e97/content>
2. Lietuvos kelių policija. 2020 m. Eismo įvykių suvestinė. Kelių eismo įvykiai, kuriuose nukentėjo žmonės. Prieiga per internetą: https://lkpt.policija.lrv.lt/uploads/lkpt.policija/documents/files/statistika/2020/202012_apzvalga.pdf. [Žiūrėta 2023-02-25]
3. Oficialiosios statistikos portalas. Kelių eismo įvykiai, kuriuose nukentėjo žmonės. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S5R035#/> [Žiūrėta 2023-02-25]
4. Alford, C.; Broom, C.; Carver, H.; Johnson, S.J.; Lands, S.; Reece, R.; Verster, J.C. 2020. The Impact of Alcohol Hangover on Simulated Driving Performance during a 'Commute to Work'—Zero and Residual Alcohol Effects Compared. *Journal of Clinical Medicine*, Vol. 9, 1435. <https://doi.org/10.3390/jcm9051435>.
5. Tang, T.; Anupam, K.; Kasbergen, C.; Scarpas, A. 2017. Study of Influence of Operating Parameters on Braking Distance. *Transportation Research Record*, Vol. 2641(1), p. 139–148. <https://doi.org/10.3141/2641-16>

EFFECTS OF TIRE PRESSURE AND LOAD DISTRIBUTION ON DYNAMIC CHARACTERISTICS OF CAR AND TRAILER CONNECTION: EXPERIMENTAL STUDY

Summary

The results of the experiment suggest that variations in load placement and tire pressure can significantly affect the handling and stability of a vehicle, particularly during emergency braking. When the load is placed asymmetrically, the vehicle experiences uneven longitudinal and transverse deceleration acceleration, which can lead to instability and loss of control. Moreover, reducing tire pressure can decrease longitudinal deceleration and increase transverse acceleration, further exacerbating the problem. These findings highlight the importance of proper load placement and tire maintenance for safe and stable vehicle operation. Further research could explore the effects of other factors, such as vehicle speed and road conditions, on vehicle stability and handling.

Keywords: vehicle, trailer, braking, speed, acceleration, tires, pressure