



# 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

## VLIV NASTAVENÍ GEOMETRIE VOZIDLA NA OPOTŘEBENÍ BĚHOUNU PNEUMATIKY

INFLUENCE OF VEHICLE GEOMETRY ON TIRE DURABILITY

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Bc. Kateřina Fuchsová**

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D.**

**BRNO 2021**

### Zadání diplomové práce

Studentka:	<b>Bc. Kateřina Fuchsová</b>
Studijní program:	Expertní inženýrství v dopravě
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	<b>Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2021/22
Ústav:	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 v

### Vliv nastavení geometrie vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Vlivem nesprávného nastavení geometrie vozidla dochází k nerovnoměrnému opotřebení pneumatik. Úkolem diplomantky bude tento vliv zmapovat a vyhodnotit. Za tímto účelem budou provedeny série jízdních testů, při kterých budou sesbírána potřebná data.

#### **Cíle diplomové práce:**

1. Navržení metodiky měření.
2. Provedení série testů + vyhodnocení získaných dat.
3. Zjištění vlivu.
4. Návrh případných úprav metodiky měření pro další využití.

#### **Seznam doporučené literatury:**

BRADÁČ, Albert. Soudní inženýrství. Dot. 1. vyd. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-7204-133-9

JANÍČEK, Přemysl. Systémová metodologie: brána do řešení problémů. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-887-8

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 zabývá vlivem nastavení geometrie vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky. Byla provedena série testů na nákladních vozidlech s různým nastavením geometrie náprav. V průběhu pěti měsíců byla sesbírána data ohledně opotřebení běhounů pneumatik. Na závěr byla provedena analýza těchto dat a uskutečněn návrh úpravy metodiky pro další využití.

**Abstract**

This document focuses on the influence of vehicle geometry setting on the tire tread wear. A series of tests using trucks with varied geometry settings has been carried out. The data of tire tread wear was collected during a five month period. An analysis was then conducted and a proposition of adjusting the methodology for further usage has been made.

**Klíčová slova**

Geometrie vozidla, pneumatika, opotřebení, nákladní vozidlo

**Keywords**

Vehicle geometry, tire, wear, truck

### **Bibliografická citace**

FUCHSOVÁ, Kateřina. *Vliv nastavení geometrie vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127916>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Martin Bilík.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Vliv nastavení geometrie vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědoma 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 8. 10. 2021

.....

Bc. Kateřina Fuchsová

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce panu Ing. et Ing. Bc. Martinu Bilíkovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky, odborné vedení a trpělivou pomoc při sepsání této diplomové práce.

Rovněž bych chtěla poděkovat panu Aleši Langerovi ze společnosti Continental Barum s.r.o. za klíčové konzultace. Velké poděkování patří také Ing. Petru Zemanovi, Ph.D. ze společnosti JAPO – transport s.r.o. za poskytnutý fleet vozidel, společnosti AD Technik, s.r.o. a společnosti Continental Barum s.r.o. za poskytnuté zkušební pneumatiky. Ráda bych také poděkovala řidičům nákladních vozidel ze společnosti JAPO – transport s.r.o.

A v neposlední řadě bych také ráda poděkovala Mgr. Tomáši Fuchsovi, MUDr. Martinu Marečkovi a M. A. Nikol Peterské za jejich pomoc.

Děkuji Vám.

# OBSAH

OBSAH .....	8
1 ÚVOD .....	10
2 REŠERŠE .....	11
2.1 Pneumatiky .....	11
2.1.1 Historie pneumatik.....	11
2.1.2 Konstrukční části pneumatik .....	12
2.1.3 Rozdělení pneumatik.....	16
2.1.4 Dělení pneumatik pro nákladní vozidla .....	19
2.1.5 Značení pneumatik .....	20
2.1.6 Opotřebení pneumatik.....	22
2.1.7 Faktory ovlivňující životnost nákladních pneumatik .....	25
2.1.8 Vliv konstrukce vozidla a jeho stavu na životnost pneumatiky .....	26
2.2 Geometrie náprav vozidla.....	26
2.2.1 Odklon kola .....	27
2.2.2 Příklon rejdového čepu.....	27
2.2.3 Poloměr rejdu .....	28
2.2.4 Záklon rejdové osy .....	28
2.2.5 Závlek.....	29
2.2.6 Sbíhavost .....	29
2.3 Zařízení na měření geometrie .....	30
2.3.1 Mechanické přístroje.....	30
2.3.2 Optické přístroje.....	31
2.3.3 Elektronické přístroje .....	32
2.4 Seřízení geometrie u nákladních vozidel .....	34
2.4.1 Ideální hodnoty seřízení geometrie náprav vozidla.....	35
2.5 Konstrukce podvozku.....	36
2.5.1 Nápravy vozidel.....	36
2.5.2 Odpružení.....	40
2.5.3 Tlumiče.....	41
2.6 Dílčí shrnutí rešerše.....	42
3 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ.....	43
4 PLÁNOVÁNÍ EXPERIMENTU .....	45
4.1 Řidiči vozidel.....	45
4.2 Nastavení geometrie.....	45
4.3 Předpoklad .....	52
4.4 Způsob měření opotřebení pneumatiky .....	52



5	ANALÝZA VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ .....	56
5.1	Nákladní vozidlo 1 (1BA xxxx).....	56
5.2	Nákladní vozidlo 2 (1BF xxxx).....	58
5.3	Nákladní vozidlo 3 (1BX xxxx).....	59
5.4	Vyhodnocení získaných dat.....	61
5.5	Návrh úprav metodiky měření pro další využití.....	65
6	ZÁVĚR .....	66
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	68
	SEZNAM TABULEK .....	70
	SEZNAM GRAFŮ.....	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	70
	SEZNAM ZKRATEK .....	72
	SEZNAM PŘÍLOH .....	72
	PŘÍLOHA Č. 1.....	73
	PŘÍLOHA Č. 2.....	74
	PŘÍLOHA Č. 3.....	75

# 1 ÚVOD

K napsání diplomové práce na téma Vliv nastavení geometrie vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky mě vedlo zjištění, že zjištěné výsledky by mohly být použity jako podklady při dopravních nehodách způsobených vlivem nastavení geometrie náprav vozidla. Motivací pro zadání této práce byla smrtelná nehoda způsobená nákladním vozidlem, kterému se v důsledku najetí na díru ve vozovce měla výrazným způsobem změnit geometrie náprav. Tomuto nákladnímu vozidlu se po zhruba *1 550 km* prorazila levá přední pneumatika a následně přejelo do protisměru, kde došlo ke střetu s protijedoucím osobním vozidlem, jehož řidič střet nepřežil.

Za účelem realizace diplomové práce bylo nutné nejprve zajistit vhodný vozový park, tj. aby vozidla jezdila v podobném režimu, na podobných trasách apod., aby výsledky nebyly zkreslené. Vozový park poskytla společnost JAPO – transport s.r.o., kde byla vybrána 3 vozidla značky DAF. Vlastní měření opotřebení pneumatik bylo realizováno ve spolupráci se společností – Continental Barum s.r.o., která pro tyto účely věnovala zkušební pneumatiky pro jednotlivé vozidla. Měření a nastavování geometrie vozidel bylo provedeno ve spolupráci se společností AD Technik, s.r.o., kdy u 1 vozidla byla geometrie nápravy nastavena správně a u 2 vozidel byla nastavena větší a ještě větší sbíhavost. Nastavení sbíhavosti proběhlo z důvodu vyšší bezpečnosti jak na řidiče, tak na okolí vozidla, než je tomu u rozbíhavosti. Následně byl v pravidelných intervalech monitorován stav běhounů pneumatik a tachometrů vozidel. Na základě provedené analýzy dat, pak byl zjištěn vliv nastavení geometrie náprav na rychlost opotřebení pneumatik a v neposlední řadě byl také uskutečněn návrh úpravy metodiky pro další měření.

## 2 REŠERŠE

V této kapitole je obsažen souhrn poznatků získaných rešerší. Kapitola je rozdělena do 5 částí. První část se zabývá pneumatikou, historií pneumatiky, jejími konstrukčními prvky, rozdělením pneumatik, jejich značením, opotřebením a vadami. Druhá kapitola je věnována geometrii náprav. Třetí kapitola se zabývá zařízeními na nastavení geometrie náprav vozidla, jednotlivými typy a jejich fungováním. Čtvrtá kapitola se zabývá seřízením geometrie u nákladních vozidel. Pátá kapitola popisuje konstrukci podvozku, a to speciálně náprav, odpružení a tlumičů.

Podobnou problematiku přede mnou již řešil Petr Kunzl ze společnosti AD Technik. Jeho článek se zabýval geometrií podvozku nákladních vozidel a autobusů. Lze jej najít pod názvem „Tohle přece dávno víte...“ v časopisu TruckExpert v listopadovém čísle z roku 2020. Dále se tímto tématem zabýval pan Aleš Langer ze společnosti Continental Barum s.r.o. v prezentaci „Faktory ovlivňující životnost nákladních pneumatik“ ze dne 1. 1. 2014. Dále jsem čerpala z knihy „Pneumatiky“ od autora Jiřího Marcína, která se zabývá výrobou, použitím a údržbou pneumatik. Vlivem pneumatik na bezpečnost jízdy se zabývá stejnojmenná kniha od Miroslava Fischera. Využila jsem i zdroje internetové, a to zejména internetové stránky: pneumatiky.cz, mpneu.cz a kral-pneu.cz. Ze všech těchto zdrojů jsem čerpala data za účelem vytvoření rešerše. Problematice opotřebením pneumatik u osobních vozidel se také věnoval ve své bakalářské práci Ing. Ladislav Jurnečka ve školním roce 2011/2012.

První podkapitola se zabývá pneumatikami. Pneumatiky mají totiž zásadní vliv na jízdní vlastnosti i bezpečnost a spojují vozidlo s vozovkou.

### 2.1 PNEUMATIKY

Pneumatika je důležitým prvkem vozidla a má velký vliv jak na jízdní vlastnosti, tak na bezpečnost. Pneumatika je souhrnný název pro plášť, duši a ochrannou vložku nainstalovanou na ráfek kola. Plášť u bezdušové pneumatiky či duše u dušové pneumatiky jsou naplněny tlakovým médiem. [1]

Pneumatika je jediným spojovacím prvkem mezi vozidlem a vozovkou. Zajišťuje přenos hnací síly vozidla na vozovku a podílí se také na odpružení vozidla. Pneumatikám se věnuje velká pozornost, jak při výběru konstrukce, tak i při výběru směsí, aby vyhovovala požadavkům na životnost i bezpečnost jízdy. Pneumatika také ovlivňuje komfort jízdy jednak již zmíněnou funkcí při odpružení vozidla a také svou hlučností. [2]

#### 2.1.1 Historie pneumatik

Počátky vývoje pneumatiky sahají téměř 200 let zpátky. V té době byly za pneumatiky považovány pásky po okrajích kol. V roce 1845 získal první patent na vynález pneumatiky Skot Robert William Thomson, který jako první vytvořil pneumatiku s duší. V té době ale jeho vynález nebyl využit. [3]

V roce 1888 přišel s obdobným nápadem John Boyd Dunlop nejdříve na cyklistickém kole a poté došlo k rozvoji ve všech ostatních průmyslových odvětvích. V roce 1891 přispěli k rozvoji pneumatik bratři André a Eduard Michelin, kteří pneumatiku přišroubovali k ráfku. S technickou revolucí následoval výrazný rozvoj technologických postupů a materiálů, které jsou do dnes v gumárenském průmyslu neustále zdokonalovány. [3]

V České republice byl průkopníkem pneumatik Tomáš Baťa. Jeho společnost začala vyrábět a prodávat pneumatiky v roce 1943. V roce 1945 se jeho firma s firmou Matador a Rubena slučují a vzniká tak Barum. Dnes je společnost Barum součástí koncernu Continental pod názvem Continental Barum s.r.o.

## 2.1.2 Konstrukční části pneumatik

### *Dezén*

Pro vozidla se v zásadě využívají dva typy dezénových vzorů. První je určen pro provoz na vozovkách, dnes již prakticky pouze s tvrdým povrchem, v období jarním až podzimním a druhý typ je určen pro provoz v zimním období (od 1. listopadu do 31. března). [4]

Drážky v kontaktním povrchu pneumatiky mají pilovitý tvar s ostrými hranami, které prořezávají vodní emulzi na mokré vozovce. K dobré adhezi pneumatiky s vozovkou přispívají rovněž četné lamely tzv. zářezy. U pneumatik pro zimní provoz je funkční design určen požadavkem vytvořit na sněhové pokrývce řadu opěrných článků. Při porovnání s letním vzorem je zimní vzor drážky dezénu hlubší s velkým počtem zmíněných lamel. [4]

### *Běhoun*



Obr. č. 1: Běhoun [5]

Běhoun je vrstva pryže na vnějším obvodu pláště opatřená dezénem. Účelem běhounu je přímý kontakt s vozovkou, tedy přenos hnací síly, zlepšování záběrového momentu a maximální adheze k vozovce. Běhoun chrání kostru a nárazník pneumatiky před mechanickým poškozením a stará se o co nejdelší životnost pneumatiky. Tloušťka běhounu má zásadní vliv na tepelný stav pneumatiky a z tohoto důvodu by měl být co nejtenčí. Na druhou stranu je však tloušťka běhounu určována především

hloubkou drážky desénu, která má podstatný vliv na životnost pneumatiky. Tloušťka běhounu je v praxi volena tak, že dezén s drážkou tvoří asi 60 % a hmota pod běhounem pak 40 %. Tento poměr ale neplatí u pneumatik pro nákladní vozidla. Pneumatiky pro nákladní vozidla jsou konstruovány odlišně kvůli možnosti prořezávání drážek vzorku a tím prodloužení životnosti pneumatiky. Prořezávání pneumatik u osobních vozidel je ale zakázáno. [1]

Z hlediska složení je základem běhounové směsi kaučuk a další důležitou přísadou jsou saze, které zlepšují pevnost a odolnost běhounové pryže. Neposlední podstatnou složkou jsou také změkčovadla, která umožňují dobré zpracování směsi při výrobě pláště pneumatik. [1]

### *Nárazník*



*Obr. č. 2: Nárazník [5]*

Nárazník zlepšuje přechod mezi běhounem a kostrou pláště. Jeho funkcí je stabilizace běhounu v obvodu a zvyšování odolnosti pláště proti průrazu. Konstrukce nárazníku má vliv na valivý odpor pneumatiky. Pneumatiky nákladních vozidla se obvykle skládají ze tří až čtyř vrstev. U osobních vozidel najdeme zpravidla vrstvy dvě. Nárazník je vyroben z pogumovaných ocelových kordů, textilních vláken nebo z kombinace obojího. Výběr materiálu závisí na řadě okolností, z nichž nejdůležitější je druh pneumatiky a provozní podmínky. [1]

### *Kostra*



*Obr. č. 3: Kostra [5]*

Kostra je základní část pláště složená z vložek tvořených kordovými vlákny. Její stavba a složení určují základní vlastnosti pláště. Kordová vlákna, která tvoří velmi důležitou částí kostry, jsou v průběhu výroby pneumatik pogumována. Hlavním úkolem kostry je zabezpečit přenos tažného momentu a současně nedovolit změnu tvaru pneumatiky. První pneumatiky měly kostru vyrobenou z juty, později plátěnou, následně byla tvořena bavlněnými vlákny a další vývoj přinesl umělé hedvábí. V dnešní době je kostra tvořena především ocelovými dráty, skleněnými vlákny a dalšími druhy plně syntetických vláken. Podle konstrukce kostry se dají pneumatiky rozdělit na dva základní druhy: diagonální a radiální. [1]



Obr. č. 4: Pogumované ocelové kordy [vlastní]



Obr. č. 5: Detail pogumovaných ocelových kordů [vlastní]

#### **Vnitřní gumová vrstva**



Obr. č. 6: Vnitřní gumová vrstva [5]

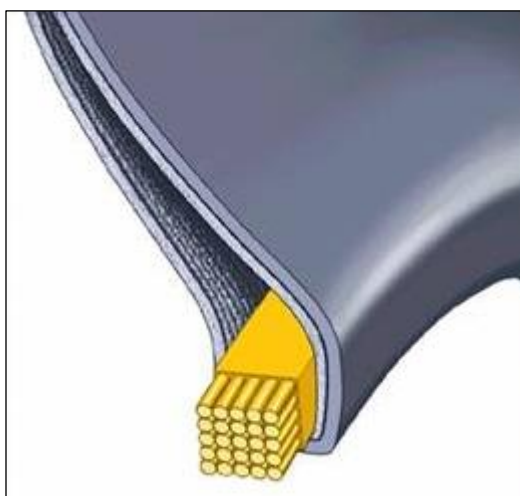
Vnitřní gumová vrstva zabraňuje úniku vzduchu z vnitřku pláště. V bezdušových pneumatikách plní roli duše. Pro výrobu se používá butylový kaučuk. [1]

## Patka



Obr. č. 7: Patka [5]

Patka pláště je zesílená část pláště dosedající na ráfek disků kol. Vytváří se ohnutím kordových vložek kolem patních lan. Vlivem tlaku vzduchu v pneumatice je patka pláště přitlačována na ráfky. Patka má za úkol přenášet všechny boční síly vznikající mezi ráfkem a pláštěm. Počet lan v patce je dán typem pneumatiky. Pláště pneumatik pro osobní vozidla mají v patce jedno lano. U pláštů pneumatik pro nákladní vozidla se v patce používají lanka dvě, čímž se kostra více zpevní a patka ztuží. Patní lanko je vyrobeno z pogumovaného svazku vysokopevnostních ocelových drátů. [1]



Obr. č. 8: Patní lanko [5]

Jádro patky je vyrobeno ze syntetického kaučuku. V pneumatice má za úkol zajišťovat postupný přechod z oblasti patky, která se vyznačuje vysokou tuhostí do přechodu k elastické oblasti bočnic pneumatiky. Jádro patky obsahuje přídatné textilní nebo ocelové kordové výztuže, které mají za úkol zvýšit ohybovou tuhost patky v nadpatkové části pláště. Díky tomu je zmírněno vydouvaní pláště v oblasti dosedacích ploch ráfku. Dále je touto konstrukcí zabráněno možnému sesmýknutí pneumatik z disku kola. [1]

## **Bočnice**



*Obr. č. 9: Bočnice [5]*

Bočnice pláště chrání boční část kostry pláště pneumatiky před mechanickým poškozením a atmosférickými vlivy. Vyrábí se z pásků kaučukové směsi, která se na kostru systematicky pokládá po obou stranách běhounu. Používaná kaučuková směs musí být odolná proti vzniku a růstu trhlin a být pevná v tahu. Stárnutí je u bočnice způsobeno vlivem kyslíku obsaženého ve vzduchu resp. ozónu a vlivem okolní atmosféry. Jednou z cest, jak stárnutí zabránit, je využití přísad, které vážou vzdušný kyslík například antioxidanty či antiozonanty. [1]

Na bočnici rovněž najdeme vyznačeny všechny potřebné údaje identifikující daný druh pláště.

### **2.1.3 Rozdělení pneumatik**

Dle konstrukce kostry se dají pneumatiky rozdělit na dva základní druhy: diagonální a radiální.

#### ***Diagonální pneumatiky***

U diagonální pneumatiky se jedná vývojově o starší typ pneumatik. Kordové vrstvy tvořící kostru pneumatiky jsou položeny šikmo od jednoho patního lanka k druhému ve střídavém směru. Jednotlivé nitě svírají s obvodovou kružnicí  $30^\circ - 40^\circ$ . Tento úhel má velký význam na dynamické síly působící na pneumatiku. Nevýhodou je, že při zvyšujících se rychlostech (až  $210 \text{ km/h}$ ) se úhel nití zmenšoval a docházelo k prodlužování vláken a následnému ztracení odolnosti pneumatiky. Další nevýhodou diagonálních pneumatik je vyšší namáhání nití v důsledku zatížení, což má za následek snížení životnosti pneumatiky v důsledku tepelného namáhání. [2]

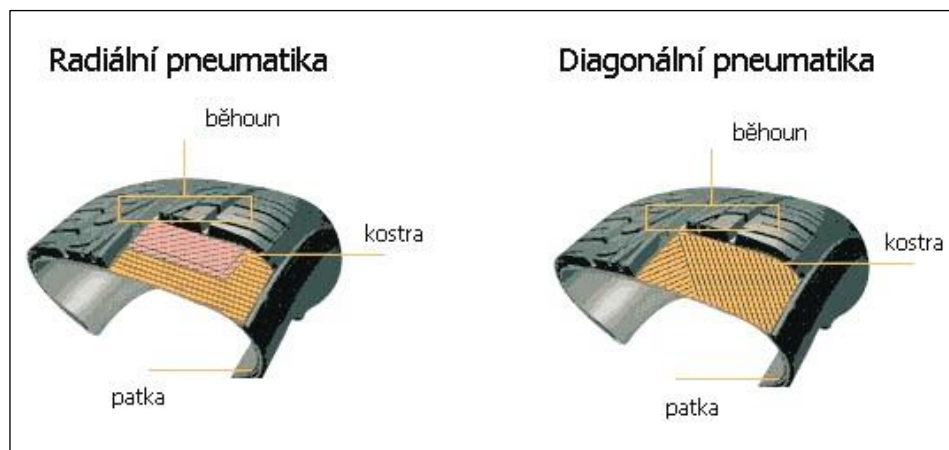
Diagonální pneumatiky mají při malém zatížení kulatý tvar, ale při velkém zatížení je střed pneumatiky od vozovky oddalován a styk s vozovkou zprostředkovávají především okraje běhounu. Kvůli těmto nevýhodným vlastnostem byly vyvinuty pneumatiky radiální. [2]

#### ***Radiální pneumatiky***

U radiálních pneumatik jsou kordové nitě vnitřních vrstev kostry kladeny v kolmém směru vůči obvodové kružnici. Naopak kordové nitě vnějších vrstev jsou kladeny ve směru otáčení pneumatiky.



Tato konstrukce pozitivně ovlivňuje jízdní vlastnosti. Radiální pneumatiky lépe zachycují boční síly, takže při bočním zatížení zůstává větší styk s vozovkou. Další výhodou je že radiální pneumatiky mají díky nárazníku větší obvodovou tuhost pláště a tím lepší adhezi, pomalejší opotřebování, menší valivý odpor a větší odolnost proti průrazu. Dnes jsou jak osobní vozidla tak vozidla nákladní vybavena výhradně radiálními pneumatikami, výjimku tvoří pláště používané v zemědělství, kde se využívá diagonálních pneumatik. V tomto případě je bezpečnost jízdy díky malým rychlostem zemědělských strojů téměř neovlivněna. [2]



Obr. č. 10: Radiální a diagonální pneumatika [6]

Pneumatiky se dělí podle využitého dezénu na pneumatiky se směrovým dezénem, pneumatiky se symetrickým dezénem a pneumatiky s asymetrickým dezénem.

#### **Směrový dezén**

Pneumatiky se směrovým dezénem jsou vždy označeny šipkou na bočnici, ta předepisuje směr otáčení při jízdě. Tyto pneumatiky se využívají pro vozidla střední nebo nižší třídy nebo pro sportovní vozidla. Jejich silnou stránkou je schopnost rychlého odvodu vody při jízdě na mokré vozovce. Směrový dezén je nejvíce využíván u zimních pneumatik. Nevýhodou směrového dezénu je nižší kilometrový nájezd a vyšší hlučnost. [8]

#### **Symetrický dezén**

Pneumatiky se symetrickým dezénem nemají označení o směru rotace nebo označení vnější / vnitřní strany. V minulosti se používal symetrický dezén nejčastěji. Dnes se ale více používá dezén asymetrický. Tento dezén je vhodný pro vozy nižší střední třídy nebo vozy SUV. Mezi výhody symetrického dezénu se uvádí vyvážené vlastnosti na suché i mokré vozovce. [8]

#### **Asymetrický dezén**

Tento dezén využívá kombinaci symetrického a směrového dezénu. Je vhodný jak pro vozy vyšší, tak nižší třídy. Díky svým vlastnostem se využívá též pro sportovní vozidla. Dezén pneumatiky je rozdělen na dvě části, vnitřní a vnější. Funkcí vnitřní strany je odvádět vodu a přenášet brzdné a záběrové síly. Vnější strana, která je na více zpevněné vnější hraně, naopak zajišťuje co nejlepší stabilitu

a vedení vozidla při průjezdu obloukem. Pneumatika nemá naznačený směr rotace, ale pouze stranu, jakou se má nasadit. [8]



Obr. č. 11: Asymetrický, symetrický a směrový dezén pneumatiky [9]

Dále lze pneumatiky rozdělit podle sezónního využití na letní, zimní a celoroční pneumatiky.

#### ***Letní pneumatiky***

Nejdůležitější vlastností letních pneumatik je zvýšená odolnost proti aquaplaningu na mokré vozovce. Směs letních pneumatik je přizpůsobena vyšším teplotám. Díky tomu pneumatika neměkne a nedeformuje se na rozpáleném asfaltu. Letní pneumatiky jsou méně hlučné a komfortnější při jízdě na suché vozovce. Letní pneumatika je velmi tvrdá a díky tomu je velmi odolná. Většina letních pneumatik je konstruována pro vyšší kilometrový nájezd než zimní pneumatiky díky použité směsi a konstrukci dezénu. Letní pneumatika má méně výrazné drážkování a menší prořezání dezénových bloků. Pneumatika má proto lepší styčnou plochu, což zlepšuje stabilitu a ovládání na suchém asfaltu. Letní pneumatiky jsou neúčinnější při teplotách nad  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [10] [11]

#### ***Zimní pneumatiky***

Zimní pneumatiky mají díky menší tvrdosti zajistit lepší adhezi na sněhem nebo ledem pokryté vozovce. Specifickým prvkem zimní pneumatiky je řešení profilu běhounu s lamelovými drážkami uvnitř tuhých bloků pro dosažení lepšího záběru. Směs zimní pneumatiky je přizpůsobena chladným teplotám a v mrazu netvrdne. Zimní pneumatika má výrazný vzorek a husté prořezání dezénových bloků, které zajišťují záběr na sněhu. Zimní pneumatiky jsou neúčinnější při teplotách pod  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [10] [11]

Rozdíl brzdné dráhy u zimních a letních pneumatik v zimních měsících je při  $50\text{ km/h}$  přibližně  $8\text{ m}$  ve prospěch zimních. U vyšších rychlostí je rozdíl výraznější. Délka brzdné dráhy ale podstatně záleží i na kvalitě použitých pneumatik. [10] [11]

#### ***Celoroční pneumatiky***

Jedná se o kombinaci letních a zimních pneumatik. Celoroční pneumatiky jsou tedy kompromis a hlavní využití mají v oblastech s mírnou zimou a létem. Celoroční pneumatiky nedosahují takových

výsledků jako účelně konstruované letní a zimní pneumatiky. Hlavní výhodou je úspora času a peněz za sezónní přezouvání a skladování druhé sady pneumatik. [10] [11]



Obr. č. 12: Letní, zimní a celoroční pneumatiky [11]

### **Hloubka dezénu**

Hloubka dezénu je důležitým činitelem ovlivňující bezpečnost provozu. V České republice je minimální požadovaná hloubka dezénu stanovena zákonem č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a vyhláškou č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů. Pro vozidla do 3,5 t je minimální povolená hloubka dezénové drážky 1,6 mm u letních pneumatik a 4 mm u zimních a celoročních pneumatik. Zákon ukládá užití zimních pneumatik v období od 1. listopadu do 31. března, pokud je na silnici souvislá vrstva sněhu, led nebo námraza. Je zodpovědností řidiče vozidla zvážit, kdy lze vzhledem k povětrnostním podmínkám předpokládat, že se na pozemní komunikaci během jízdy může vyskytovat souvislá vrstva sněhu, led nebo námraza. [12]

## **2.1.4 Dělení pneumatik pro nákladní vozidla**

U nákladních vozidel stejně jako u osobních vozidel jsou nejrozšířenější pneumatiky radiální. Při výběru je důležité zohlednit typ nákladního vozidla, zdali jde o kamion, přívěs, tahač, bagr nebo autobus a zvolit příslušný typ pneumatik. Nákladní vozy se mezi sebou výrazně liší svým účelem a každý bude vyžadovat jiné vlastnosti pneumatik. Pneumatiky jsou tedy vyvinuty s ohledem na potřeby jednotlivých aplikací. Charakteristická je pro ně kromě dlouhé životnosti také odolnost proti průrazům a opotřebení. [33]

Nákladní pneumatiky se obvykle dělí na tři skupiny, a to na pneumatiky vodící, záběrové a návěsové. Vodící pneumatika je pneumatika nepoháněná, která tedy nepřenáší výkon na podložku, ale je určena k vedení stroje – zatáčení. Záběrová pneumatika pohání kolo, tedy přenáší trakční sílu na podložku. Návěsová pneumatika se využívá na návěsu či přívěsu, jejím cílem je vyvážené rozdělení

zatížení. U předních vodících kol jsou výraznější drážky podélné, u zadních záběrových kol jsou výraznější naopak drážky příčné, které napomáhají hnacím a brzdným silám. [33] [34]

Pneumatiky pro nákladní vozidla se také rozdělují podle typu komunikace, po které nákladní vozidla nejčastěji jezdí. Jde například o nákladní dálniční pneumatiky, které jsou určeny pro nákladní vozy a vozidla pohybující se po dálnicích a rychlostních silnicích. Dále nákladní regionální pneumatiky, které se doporučují díky dobrým adhezním vlastnostem využívat na cestách s častým brzděním. Dalším typem jsou nákladní staveništní pneumatiky, které jsou určeny na krátké vzdálenosti po nezpevněných cestách. Nákladní terénní pneumatiky jsou určeny pro pohyb v náročném terénu se zvýšenou odolností pneumatiky a městské nákladní pneumatiky se využívají pro specifický pohyb v městském a příměstském provozu. [33]

Dle zákona musí být u nákladních vozů umístěny zimní pneumatiky pouze na hnacích nápravách, na návěsu mohou být pneumatiky letní. Zimní pneumatiky pro nákladní vozy mají zvýšenou přilnavost a zlepšené brzdné podmínky na zasněženém či mokřém povrchu. [33]

## 2.1.5 Značení pneumatik

Bočnice pneumatik slouží k umístění identifikátorů pneumatiky. Tyto informace jsou důležité při výběru vhodné pneumatiky pro vozidlo. Tovární značení pneumatik se řídí předpisem Evropské hospodářské komise *EHK R-30*. Pneumatika je tedy označena těmito hlavními parametry. [13]



Obr. č. 13: Značení pneumatiky [vlastní]

- šířka pneumatiky v milimetrech (315)
- profilové číslo pneumatiky, poměr výšky k šířce v % (60)
- označení konstrukce (R = radiální, D = diagonální)

- průměr ráfku v palcích (22,5)
- hmotnostní index pneumatiky ( $152 = 3\ 550\ \text{kg}/148 = 3\ 150\ \text{kg}$ )
  - u pneumatik pro nákladní vozidla jsou zde dvě čísla, druhé číslo je pro dvojmontáž kol
  - dvojmontáž kol má snížený hmotnostní index z důvodu rozdílných hloubek dezénu a tlaků
- rychlostní index pneumatiky (L = maximální rychlost 120 km/h)
- doplňkové hodnoty

#### **Doplňkové hodnoty**

- DOT – datum výroby, první dvojčíslí označuje týden a druhé rok výroby
- C – pro lehká nákladní vozidla, dodávky
- TT Tube Type – dušová pneumatika
- TL Tube Less – bezdušová pneumatika
- RF, XL Reinforced – zesílená bočnice pneumatiky
- EMT, ROF – pro vozy s indikátorem tlaku v pneumatikách
- LRR Low Rolling Resistance – snížený valivý odpor

Specifickým typem pneumatiky jsou dojezdové pneumatiky, tzv. RunFlat, kde se využívá samonosné technologie pneumatiky. Princip spočívá v zesílených bočnicích, které jsou schopny i při poklesu tlaku krátkodobého provozu omezenou rychlostí, ve většině případů 80 km/h. Bohužel RunFlatové pneumatiky si každý výrobce značí vlastní zkratkou. [13]

- SSR Continental – self supporting runflat
- RFT Bridgestone – run flat tyre
- DSST Dunlop – Dunlop self supporting technology
- ZP Michelin – zero pressure ROF Goodyear – run on flat
- RFT Pirelli – run flat tyre
- RFT Firestone – run flat tyre
- Yokohama Run Flat

#### **Podle určení**

- M + S Mud and Snow – bláto a sníh, označení pro zimní pneumatiky
- M/T Mud Terrain – do těžkého blátivého terénu
- A/T All Terrain pneu – pro všechny povrchy
- AW All Weather – celoroční pneu do každého počasí

- AS All Season – celoroční pneu, všechny sezóny
- H/T Highway Terrain – pro jízdu na silnicích

## 2.1.6 Opotřebenění pneumatik

Stav opotřebenění pneumatik úzce souvisí s jejich životností a hloubkou dezénu. Opotřebenění pneumatiky závisí na podmínkách provozu, tlaku v pneumatikách a v neposlední řadě na správném seřízení geometrie náprav vozidla. [14]

Pneumatika je vyrobena z různých materiálů, jejichž vlastnosti se můžou časem měnit. Na tyto vlastnosti má vliv jak skladování, tak i činitele působící během provozu. Životnost pneumatik lze rozdělit na celkovou a provozní. Celková životnost se počítá od data výroby, které lze zjistit z DOT vyraženého na pneumatice. Uvádí se, že celková maximální životnost pneumatiky je *10 let*. Provozní životnost se bere od data uvedení pneumatiky do provozu a neměla by přesahovat dobu *6 let*. Poté už pneumatika ztrácí své vlastnosti. [14]

Během pohybu pneumatik dochází k nepřetržitému tření s vozovkou, které se časem projeví na opotřebenění vzorku běhounu. Tření, které během tohoto procesu vzniká, je potřebné pro přenos sil na vozovku. A jde jak o síly podélné, které vznikají při zrychlení a brždění, tak o síly boční, které vznikají při zatáčení. [15]

Opotřebenění pneumatik lze rozdělit do několika typů.

### *Jednostranné opotřebenění*

Jednostranné opotřebenění je jedno z nejběžnějších opotřebenění. Dochází k němu v případě nesprávného seřízení sbíhavosti, kdy pneumatiky nerotují paralelně. Špatné nastavení sbíhavosti lze vyvodit z faktu, že na blocích běhounu je patrné roztřepení a na hraně dezénu pak sedření. K jednostrannému opotřebenění dochází také vlivem nerovnosti vozovky, což přispívá k opotřebenění vnějších stran pneumatik. Dalším důvodem může být úmyslné nastavení vyšší sbíhavosti od výrobce vozidla za účelem zlepšení jízdních vlastností vozidla a tím následně dochází k většímu opotřebenění pneumatik. [15]



*Obr. č. 14: Jednostranné opotřebenění [15]*

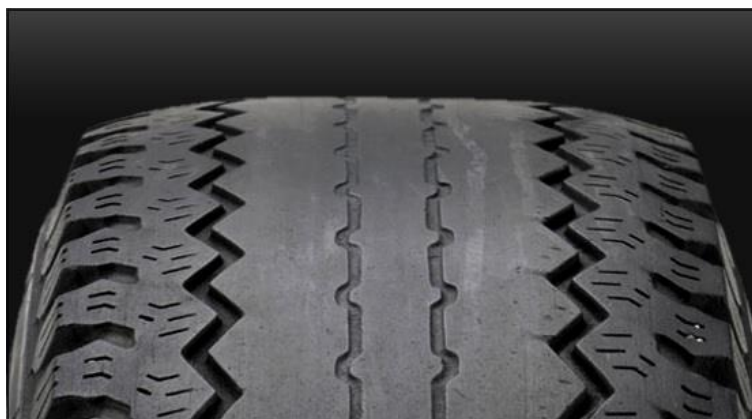




*Obr. č. 15: Jednostranné opotřebení [vlastní]*

### ***Středové opotřebení***

Toto opotřebení je charakteristické pro vozidla s vyšším výkonem jezdící dlouhé vzdálenosti při vysokých rychlostech. Vlivem velké odstředivé síly se středová část vypoukne vnějším směrem a pohonná síla se pak na vozovku přenáší hlavně ve středové části. Dalším důvodem přispívajícím ke středovému opotřebení je příliš vysoký tlak v pneumatice tzv. přehuštění. Přehuštěním se střední část běhounové plochy vyduje a tím se zmenší plocha, která je ve styku s vozovkou. Následný vzrůst zatížení této plochy má za důsledek větší odírání plochy. V některých případech dochází i k poškození kordů a ke znehodnocení pneumatiky. [1] [15]



*Obr. č. 16: Středové opotřebení [15]*

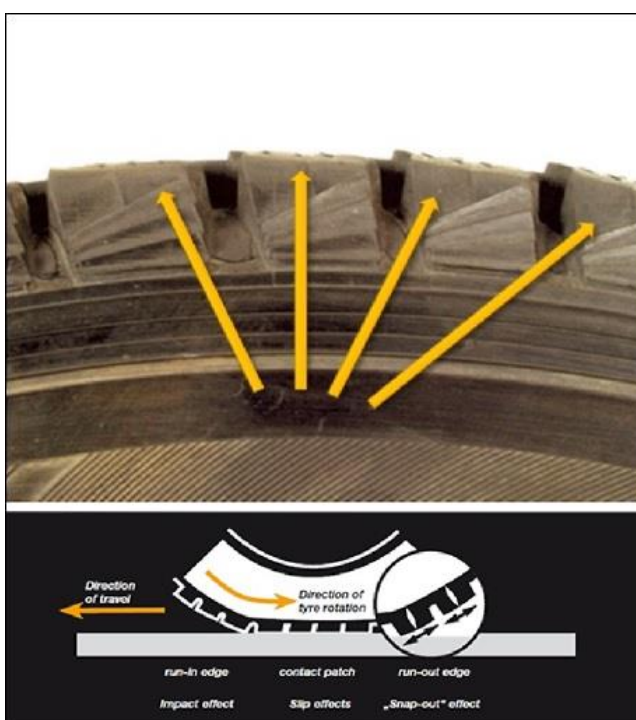
### ***Diagonální opotřebení běhounu***

Diagonální opotřebení běhounu se objevuje pod úhlem  $45^\circ$  k obvodu pláště a zpravidla se objevuje jen na jednom místě na nehnané nápravě. V praxi nejvíce postihuje pneumatiku na levé zadní pozici. Náchylnost pneumatiky opět zvyšují případné vysoké hodnoty nastavené sbíhavosti. Pneumatika s velkou sbíhavostí se odvaluje pod úhlem, a to i v případě, že vozidlo jede rovně. Diagonální opotřebení

se také často vyskytuje v místech, kde se stýkají různé konstrukční části pneumatiky a k výraznému zhoršení napomáhá jízda na podhuštěných pneumatikách. [15]

### ***Pilovité opotřebení běhounu***

Pilovité opotřebení běhounu neboli stupňovité poznáme dle hluku během jízdy, kdy jeho zdrojem jsou drážky a lamely, jež slouží k zajištění adheze na mokré vozovce. Při odvalování pneumatiky se jednotlivé bloky dezénu deformují při kontaktu s vozovkou a následně se při opuštění vozovky vrací zpět do původní velikosti s tím, že dochází k většímu oděru v místech konců bloků dezénu. Tento typ opotřebení se vyskytuje častěji na nehnané nápravě. K výraznému zhoršení napomáhají špatné provozní podmínky, jako je nesprávné huštění pneumatik, špatné nastavení tlumičů či příliš vysoké hodnoty sbíhavosti kol. [15]



*Obr. č. 17: Středové opotřebení [35]*

### ***Opotřebení způsobené blokováním kola***

Opotřebení způsobené blokováním kola je způsobené jízdou se zablokovanými koly, kdy pneumatika dře o povrch vozovky, jinak řečeno „driftuje“ nebo „gumuje“. Při smýkání dochází k vzniku třecího tepla, které snižuje odolnost materiálu proti oděru. K omezenému krátkodobému zablokování kol dochází i u vozidel vybavených systémem ABS (antiblokační systém kol při brzdění). Opotřebení způsobené blokováním kola závisí i na typu vozovky, hmotnosti vozidla a rychlosti, kterou se dané vozidlo pohybuje. [15]

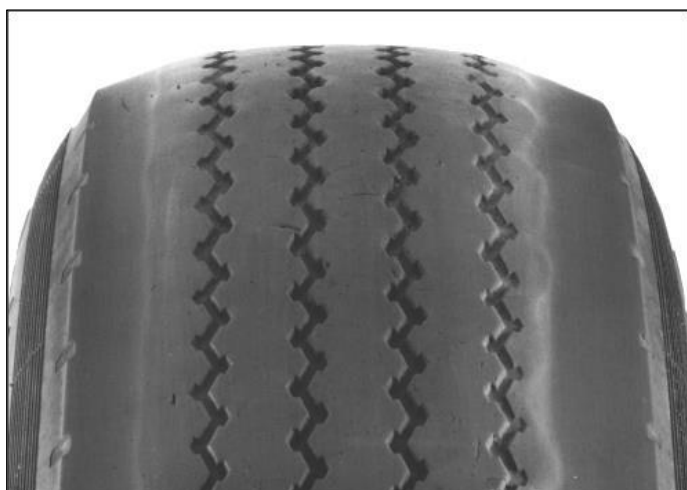


## 2.1.7 Faktory ovlivňující životnost nákladních pneumatik

Mezi faktory ovlivňující životnost nákladních pneumatik se stejně jako u pneumatik pro osobní vozidla řadí tlak v pneumatikách, geometrie náprav vozidla, výkon vozidla, povrch vozovky, okolní teploty či jízdní styl. Mezi faktory specifické pro nákladní pneumatiky patří například konfigurace vozidla a rozložení hmotnosti nákladu. [36]

U nákladních vozidel pohybujících se na dlouhých trasách je složité zvolit určitý typ pneumatiky dle okolní teploty. Pokud například vozidlo projíždí sněhovou pokrývkou ve Skandinávii, následuje mokrá vozovka ve střední Evropě a cílová destinace je na jihu ve slunné Itálii, dochází v těchto případech k častým změnám teplotních podmínek a povrchů vozovky. Tlak v pneumatice se mění o  $0,1$  atmosféry při změně teploty o  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Při zvýšení teploty tlak v pneumatice stoupá, při snižování tlak klesá. Zvýšení okolní teploty z  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  na  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  vede k vyššímu tlaku v pneumatikách o  $0,15\text{ atm}$ , tato změna tlaku vede ke zvýšenému opotřebení pneumatik až o  $20\%$ . [35] [36]

Oboustranné opotřebení pneumatiky v ramenní oblasti u nákladních pneumatik může vzniknout nejen jízdou v zatáčce na podhuštěných pneumatikách jako je tomu u pneumatik pro osobní vozidla, ale i vysoko umístěným těžištěm nákladu. [36]



Obr. č. 18: Abnormální oboustranné opotřebení v ramenní oblasti [36]



Obr. č. 19: Opotřebení v ramenní oblasti [vlastní]

Středové opotřebení pneumatiky je následkem přehuštění pneumatiky, u nákladních pneumatik ale může značit i velký podíl jízd bez nákladu nebo jen s částečným zatížením, kdy huštění pneumatiky neodpovídá aktuálnímu zatížení osy. [36]

Specifikem některých nákladních pneumatik je označení „Regroovable“, tedy že mohou být prořezány. Pokud hloubka původního vzorku klesne na tři milimetry a pneumatika není nijak poškozená, může být pneumatika prořezána. Prořezání pneumatik dokáže prodloužit jejich životnost o  $15\text{--}30\%$ . U osobních vozidel a motocyklů je prořezávání zakázáno zákonem, takto prořezávat lze jenom pneumatiky pro nákladní vozidla nebo autobusy. [35]

## 2.1.8 Vliv konstrukce vozidla a jeho stavu na životnost pneumatiky

Na opotřebení pneumatik má vliv také způsob náhonu a umístění motoru. U vozů s předním náhonem se přední pneumatiky opotřebovávají rychleji než pneumatiky zadní. Kola totiž musí vyvinout větší obvodové síly a při umístění motoru vpředu a nezátíženém nákladním prostoru je na přední pneumatiku větší zatížení než na zadní pneumatiku. Řešením jsou vozidla s motorem vpředu a se zadním náhonem, při této konstrukci je rozložení hmotnosti a opotřebení pneumatik rovnoměrnější. V případě plného vytížení zavazadlového prostoru se u vozidel této konstrukce odírají více zadní pneumatiky. [1]

Závady na vozidle mají značný vliv na životnost pneumatik, protože poruchy v jednotlivých funkcích vozidla způsobují nesprávné ojetí pneumatiky. Pozornost je třeba věnovat především tlumičům a jejich stavu, seřízení kol a stavu brzdového systému. [1]

### *Stav tlumičů a jejich vliv na životnost pneumatiky*

Dobrá stav a funkce tlumičů zvyšují komfort jízdy a zdokonalují odpérování vozidla, na kterém se podílejí svou pružností také pneumatiky. Avšak při omezení funkcí pružin či tlumičů může dojít k poškození pneumatiky. V důsledku špatné funkce tlumičů dochází k rychlému a nepravidelnému ojetí pneumatik a ke snížení jejich životnosti. [1]

### *Sbíhavost kol a její vliv na životnost pneumatiky*

Správná sbíhavost kol zaručuje, že kola jsou při jízdě v pohybové ose a nerozsbíhají se. Dojde-li k poruše ve sbíhavosti kol je pneumatika při odvalování současně smýkána, čímž se urychluje oděr běhounu a zkracuje životnost pneumatiky. Tato závada se především u nákladních vozidel vyskytuje velmi často, protože k poruše sbíhavosti kol může snadno dojít během provozu vozidla (najetí na kámen nebo jiné terénní nerovnosti). Nesprávná sbíhavost předních kol se projevuje ploškami na běhounové ploše. [1] Vliv nesprávné sbíhavosti na rychlost opotřebení pneumatik, tj. jejich životnost, je na základě provedených měření popsán v dalších kapitolách této diplomové práce.

### *Stav brzdového systému a jeho vliv na životnost pneumatiky*

Plynulé brzdění je předpokladem pro bezpečnou a pohodlnou jízdu. Při poruše brzdového systému dochází k nerovnoměrnému brzdění. Tato závada se projeví tím, že dojde k nepravidelnému vydření běhounové plochy až na kostru pláště. Závada brzdového systému nejen ohrožuje bezpečnost jízdy, ale také výrazně zkracuje životnost pneumatiky. [1]

## 2.2 GEOMETRIE NÁPRAV VOZIDLA

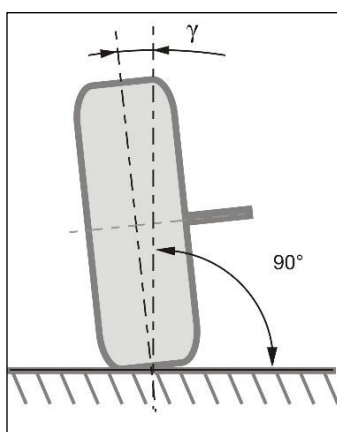
Geometrie nápravy ovlivňuje postavení kol k silnici. Seřízení potřebujeme, abychom se vyhnuli komplikacím s ovládáním vozidla, rychlým opotřebením pneumatik nebo k uspořené paliva.

Aby se kola motorového vozidla správně odvalovala a řízení bylo přesné a stabilní, mají řízená kola a rejdové osy určité geometrické odchylky od svislé roviny. Tyto odchylky jsou označovány jako

geometrie zavěšení kol. Nesprávné nastavení vede ke zhoršeným jízdním vlastnostem a rychlejšímu opotřebení pneumatik. Mezi měřitelné prvky geometrie nápravy vozidla se řadí odklon kola  $\gamma$ , příklon rejdového čepu  $\sigma$ , poloměr rejdu  $r$ , záklon rejdové osy  $\tau$ , závlek  $n_k$  a sbíhavost  $\delta_0$ . [2]

## 2.2.1 Odklon kola

Odklon kola je úhel, který je definovaný jako odklonění střední roviny kola od podélné svislé roviny vozidla. Odklon kola  $\gamma$  je vyjádřen ve stupních. Jestliže je horní část kola nakloněna směrem dovnitř, ke středu vozidla, je tento odklon záporný. Pokud je vrch pneumatiky nakloněn vně od středu vozidla, jedná se o kladný odklon vozidla. [2], [16]

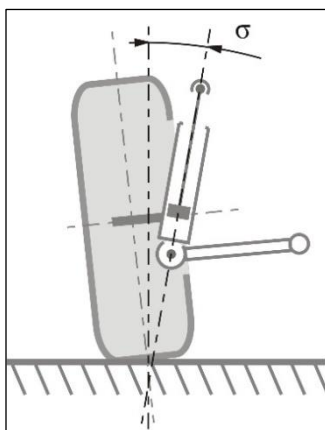


Obr. č. 20: Úhel odklonu kola [17]

U předních kol osobního vozidel je vhodný malý kladný odklon ( $+5'$  až  $+10'$ ), aby se pneumatiky odvalovaly po mírně klenuté vozovce kolmo a vznikalo stejné opotřebení. V případě žádného až malého záporného odklonu u předních kol ( $0'$  až  $-1'$ ) dochází naproti tomu k lepšímu bočnímu vedení pneumatik v zatáčkách. Nevýhodou záporného odklonu je vyšší opotřebení vnitřní hrany pneumatiky, která je při jízdě po rovině více zatížena. [2]

## 2.2.2 Příklon rejdového čepu

Příklon rejdového čepu  $\sigma$  je průmět úhlu sevřeného rejdovou osou a svislicí do roviny rovnoběžné s příčnou rovinou vozidla. U nápravy typu McPherson je rejdová osa tvořená spodním kulovým čepem a horním opěrným ložiskem. Příčný sklon rejdového čepu zajišťuje navracení kola do polohy pro přímou jízdu. Příklon rejdového čepu (kola do V) má vliv na opotřebení pneumatik z vnější strany a způsobuje poskakování vozu. Naopak odklon rejdového čepu (kola do A) způsobuje opotřebení na vnitřní straně pneumatiky a náchyllost vozu na boční vítr. Příklon rejdového čepu lze nastavit. [2] [17]

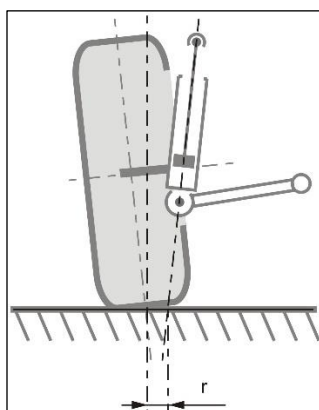


Obr. č. 21: Příklon rejdového čepu [17]

### 2.2.3 Poloměr rejdu

Poloměr rejdu  $r$  je vzdálenost od středu styku pneumatiky k průsečíku rejdové osy s rovinou vozovky. Promítá se do roviny rovnoběžné s příčnou rovinou vozidla. Kladné hodnoty poloměru rejdu zvyšují citlivost přední nápravy na podélné síly. V případě rozdílných brzdných sil nebo rozdílných brzdných odporů mezi pravým a levým kolem musí řidič vyrovnávat směr jízdy, což může mít vliv na opotřebení pneumatiky. [17]

Záporný poloměr rejdu byl poprvé použit u osobního vozidla Audi 80 s nápravou McPherson. Záporný poloměr rejdu má stabilizující účinek na řízení a řidič tím pádem nemusí měnit natočení předních kol, i když je například brždění nesouměrné. Dnes mají téměř všechna vozidla s nápravou McPherson a předním pohonem záporný poloměr rejdu. [16] [18]

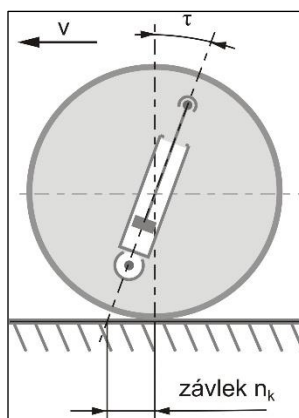


Obr. č. 22: Poloměr rejdu [17]

### 2.2.4 Záklon rejdové osy

Záklon rejdové osy  $\tau$  je průmět úhlu mezi svislící kola a rejdovou osou do roviny rovnoběžné s podélnou rovinou. Záklon je kladný v případě, že je rejdová osa nakloněná směrem vzad tzv. záklon. Pokud je osa nakloněná směrem vpřed jedná se o záporný záklon tzv. předklon. Záklon rejdového čepu ovlivňuje řízení a má vliv na stabilizační účinek. Záklon dále pomáhá navracet kola do přímého směru.

Nesprávný úhel záklonu zhoršuje stabilitu vozu při jízdě v přímém směru a řidič tedy musí vyvinout zvýšené úsilí na volant během řízení. Záklon rejdového čepu lze nastavit, nastavuje se však hlavně u závodních vozidel. [17]



Obr. č. 23: Záklon rejdové osy [17]

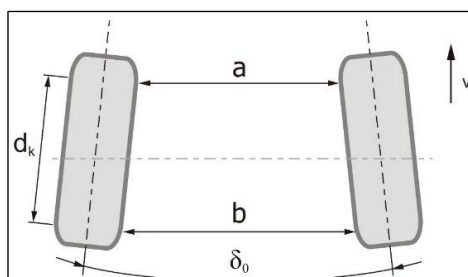
## 2.2.5 Závlek

Závlek  $n_k$  souvisí se záklonem rejdové osy. Je definován jako vzdálenost mezi středem styku pneumatiky a průsečíkem rejdové osy s rovinou vozovky. Závlek je kladný v případě, když průsečík rejdové osy s rovinou vozovky leží před středem styku pneumatiky. V případě záporného závleku leží průsečík za středem. [17]

Pokud je závlek kladný, kolo je vlečeno a tím dochází k „zarovnání“ kola do přímého směru. Naopak záporný závlek způsobuje tendenci „vybočování“ z přímého směru. Tento princip lze dobře pozorovat při chování kolečka nákupního vozíku. Závlek lze nastavit a má tedy vliv na stabilizaci a přilnavost pneumatik v zatáčkách. [19]

## 2.2.6 Sbíhavost

Úhel sbíhavosti  $\delta_0$  je průmět úhlu mezi podélnou osou vozidla a střední rovinou kola od roviny vozovky. Pokud je přední část kola přikloněna k podélné ose, je kolo sbíhavé. Jestliže je ale přední část kola odkloněna od podélné osy, je rozbíhavé. Při měření sbíhavosti se zjišťuje vzdálenost mezi vnitřními okraji ráfků levého a pravého kola. V případě sbíhavosti předních kol se kola snaží natáčet do přímého směru. Sbíhavost bývá  $0 \text{ mm}/1 \text{ m}$  až  $3 \text{ mm}/1 \text{ m}$  u osobních vozidel a  $3 \text{ mm}/1 \text{ m}$  až  $8 \text{ mm}/1 \text{ m}$  u nákladních vozidel. Nastavená sbíhavost má vliv na opotřebení běhounů pneumatiky. Pokud je nastavena sbíhavost, opotřebovávají se více vnější ramena pneumatiky. Pokud je geometrie náprav rozbíhavá, opotřebovávají se naopak více vnitřní ramena. [2] [17]



Obr. č. 24: Úhel sbíhavosti [17]

Porovnání vlivu různého nastavení sbíhavosti (správné a vyšší sbíhavosti, než doporučené) kol přední nápravy u nákladního vozidla na životnost pneumatik je provedeno v dalších kapitolách této diplomové práce.

## 2.3 ZAŘÍZENÍ NA MĚŘENÍ GEOMETRIE

Pro optimální jízdní vlastnosti a správný provoz vozidla je podstatné správné nastavení geometrie nápravy vozidla. Pro měření geometrie nápravy je nutné vozidlo postavit na vodorovnou plochu a zatížit dle předpisu výrobce. Dále je potřebné ověřit přiměřenost vůlí zavěšení kol a řízení např. klouby řídicích tyčí, závěsných ramen a ložisek kol. Dále zkontrolovat technický stav podvozku jako je pérování, tlumiče či vyváženost kol. Následně je třeba změřit opotřebení pneumatik, jejich huštění a opotřebování ráfků, změřit boční a radiální házivost. Přední kola by měla být postavena na otočné podložce a zadní kola na posuvné podložce za účelem minimalizace deformací pneumatik. [20]

Po ustanovení vozidla na plošinu je nutné vozidlo propérovat a zabrzdit parkovací brzdou. Úhly kol musí být seřízeny přesně podle specifikací výrobce vozidla. [20]

Ke kontrole parametrů geometrie nápravy vozidla je možné rozdělit používané přístroje na základě principu, a to na mechanické, optické a elektronické. Pokud jde o použití měřících přístrojů pro různé kategorie vozidel jako osobní vozidla, nákladní vozidla či autobusy, liší se přístroje pouze ve své velikosti a nikoliv v principech měření. [20]

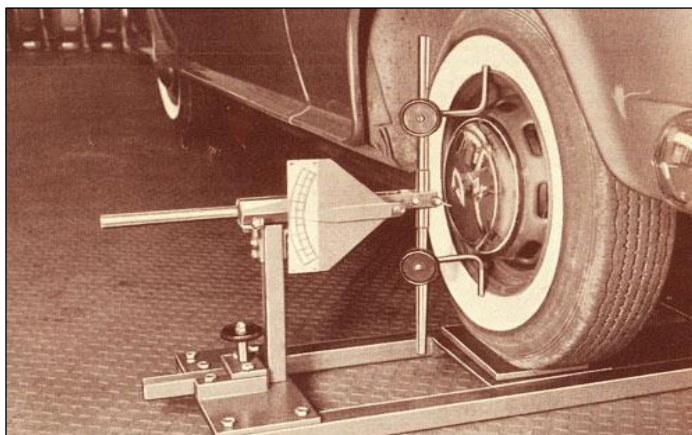
### 2.3.1 Mechanické přístroje

Vzhledem k potřebě přesnosti v dnešní době jsou již mechanické přístroje příliš zastaralé a nevyužívají se. Jejich použití je ale rychlé a snadné. Typickým mechanickým přístrojem je KOCH NC-27, což je dvojice přenosných úhloměřů otočných jak do vodorovné, tak do svislé roviny. Tímto přístrojem se dá změřit sbíhavost, odklon kol a diferenční úhly. [16] [21]

Výhodou těchto přístrojů je snadná přemístitelnost, malá hmotnost a s tím související možnost pracovat s nimi v podstatě kdekoli. [16] [21]

Nevýhodami jsou nemožnost vyloučení radiální házivosti kola, nemožnost zabezpečení výchozí orientace polohy kola, nemožnost kontrolovat vzájemné postavení náprav, chybné vyhodnocení při

kontrolu záklonu rejdového čepu a samotné snímání úhlové hodnoty pomocí dotyku s pneumatikou nebo diskem kola. [16] [21]



*Obr. č. 25: Mechanické měření geometrie KOCH NC-27 [22]*

### **2.3.2 Optické přístroje**

Jedná se o nepřímou metodu měření geometrie náprav vozidla. Optické přístroje lze rozdělit na přístroje s přímou a nepřímou projekcí. Přístroje s přímou projekcí mají na kolech umístěny speciální držáky se zdrojem světla. Toto vyzařované světlo dopadá na projekční plochy, které mohou být připevněné buď k měřenému vozidlu, nebo mimo toto vozidlo. Na projekčních plochách se nacházejí stupnice, díky kterým zjistíme jednotlivé hodnoty parametrů. V případě optických měřidel s nepřímou projekcí se připevní na kola přístroje s odrazovými zrcadly. Od těchto zrcadel se odráží světelné paprsky z projektorů, které v tomto případě stojí vedle kol. Provedení správného a přesného měření je podmíněno přesným umístěním projektorů i zrcadel. [16] [21]

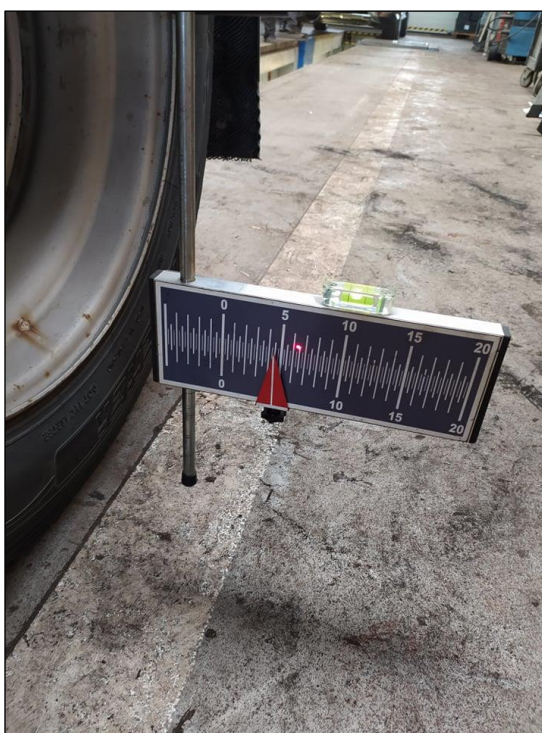
Měřit je možné sbíhavost, úhel odklonu kol a příklon i záklon rejdové osy. Nejlevnějšími přístroji pro měření geometrie náprav jsou tzv. laserové přístroje. V základním provedení jde o kombinaci laserové projekce a vychylovací soustavy. [16] [21]

Výhodou optických přístrojů je nízká cena. Mezi nevýhody patří nutnost protokol vyplnit ručně, časová náročnost a problematické „manuální“ odečítání hodnot během seřizování. [16]





*Obr. č. 26: Optické měřidlo KOCH-ACHSMESSANLAGEN HD-30 EasyTouch – zdroj světla [vlastní]*



*Obr. č. 27: Optické měřidlo KOCH-ACHSMESSANLAGEN HD-30 EasyTouch – projekční plocha upevněná na zadní nápravě [vlastní]*

### **2.3.3 Elektronické přístroje**

Elektronické přístroje pro měření geometrie náprav vozidla jsou inovací přístrojů optických a jedná se tedy také o nepřímé měření geometrie náprav. Ke kolům vozidla jsou připevněny terče upínacím zařízením. U proměřování náprav se pomocí elektronické cesty pořizují hodnoty terčů na kolech vozidla a zpracovávají se pomocí proměřovacího programu. Pořizování měřených hodnot se provádí snímači, které jsou na tzv. totemech. Nejčastěji se používají CCD kamery. Snímače dále předávají signály



do počítače. Ten zpracovává získaná data na digitální hodnoty, které se zobrazí na monitoru často v podobě blokového diagramu a následně mohou být vytisknuty. Měřené hodnoty bývají udávány s přesností  $\pm 5$  až  $10$  úhlových minut. [20]



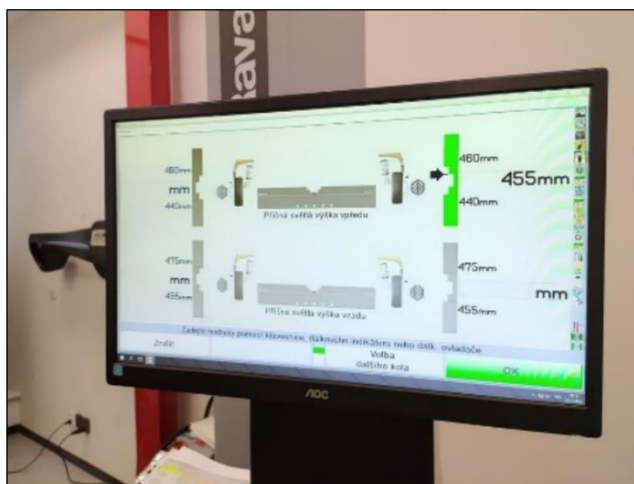
Obr. č. 28: Terč na kole HawkEye Elite Alignment Machine [vlastní]



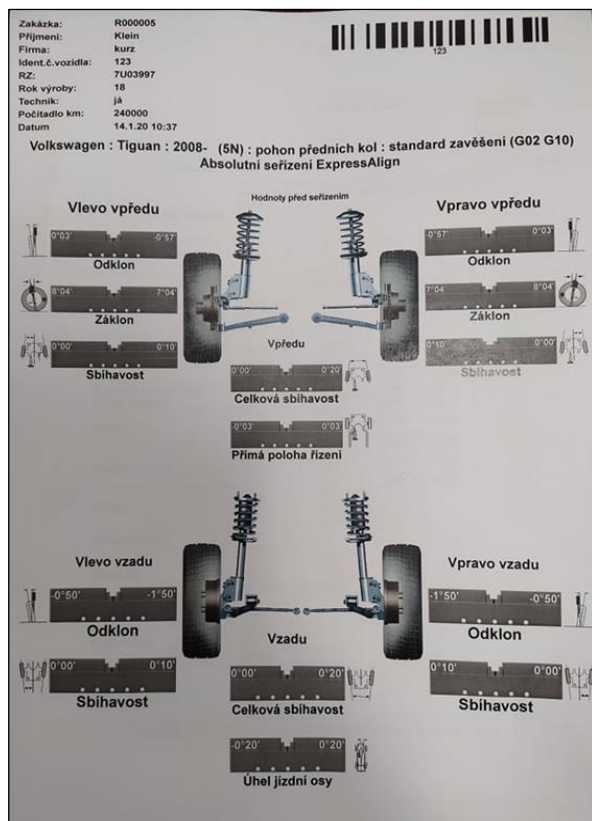
Obr. č. 29: Totem se snímačem hodnot HawkEye Elite Alignment Machine [vlastní]

Celý systém provádí úkony automaticky. Jediným požadavkem na obsluhu je umístění terčů pomocí upínacího zařízení na kola a poté natáčení volantu dle instrukcí. Po nastavení se provede kontrolní měření a vytiskne se protokol o výsledku. Správné hodnoty jsou v barvě zelené a hodnoty mimo toleranci v barvě červené. [20]

Mezi výhody patří rychlost a jednoduchost měření, automatické vytvoření protokolu, snadné sledování hodnot během seřizování. Mezi nevýhody patří vyšší cena a prostorová náročnost. [20]



Obr. č. 30: Měření jednotlivých hodnot kol [vlastní]



Obr. č. 31: Výsledný grafický protokol [vlastní]

		LP	PP	LZ	PZ	
Tlak pneu (za studena)						
Hloubka vzorku pneu		4,5mm	4,6mm	1,6mm	1,6mm	
		Před seřiz.		Cílová data	Aktuální	
Odklon	vlevo	-1°02'	-1°20'	+/-0°30'	-0°52'	
	vpravo	-1°30'	0°00'	+/-0°30'	-1°35'	
	příčn.	0°28'	0°00'	+/-0°30'	0°43' *	
Zadní náprava	Přesah kola		0°00'		-0°10'	
	Sbihavost	vlevo	-0°05' *	+/-0°05'	-0°09' *	
	vpravo	0°13' *			0°15' *	
Sbihavost		celková	0°09'	+/-0°10'	0°05'	
Geometrická jízdní osa			0°00'	+/-0°12'	-0°09'	
Přední náprava	Přesah nápravy		0°00'	+/-0°12'	-0°09'	
	Odklon	vlevo	-0°21'	-0°16'	+/-0°30'	-0°20'
	vpravo	-0°25'			-0°27'	
Záklon	příčn.	0°04'	0°00'	+/-0°30'	0°07'	
	vlevo	7°14'	7°07'	+/-0°30'	7°14'	
	vpravo	7°05'			7°05'	
Přiklon	příčn.	0°09'	0°00'	+/-0°30'	0°09'	
	vlevo	13°45'			13°43'	
	vpravo	13°42'			13°43'	
Diferenční úhel	příčn.	0°03'	0°00'		0°00'	
	vlevo		-1°21'	+/-0°20'		
	vpravo					
Sbihavost	vlevo	0°05'	0°05'	+/-0°05'	-0°09' *	
	vpravo	0°04'			0°16' *	
	celková	0°09'	0°10'	+/-0°10'	0°07'	
Přesah kola			0°00'		0°00'	
Maximální rejdový úhel	levý rejd	vlevo		-37°04' +37°04' -0°00'		
	vpravo			+37°04' -0°00'		
	právní rejd	vlevo		+37°04' -0°00'		
Rozdíl rozvoru					-0°11'	
Rozdíl rozchodu					-0°27'	
Boční přesah	vlevo				-0°04'	
	vpravo				-0°23'	

Obr. č. 32: Výsledný textový protokol [vlastní]

U elektronických měřidel dále existuje bezdotykové měření, kdy odpadá instalace terčů pomocí upínacího zařízení. Nejčastěji se využívá přímé snímání disku kola pomocí CCD kamer. [21]

V rámci série testů v diplomové práci bylo využito optického přístroje KOCH-ACHSMESSANLAGEN HD-30 EasyTouch.

## 2.4 SEŘÍZENÍ GEOMETRIE U NÁKLADNÍCH VOZIDEL

Hlavním důvodem pro optimální seřízení geometrie náprav u nákladních vozidel je snížení nákladů na pohonná paliva. Dle statistik evropských výrobců nákladních vozidel jezdí více než dvě třetiny souprav po evropských dálnicích s nevyhovující geometrií. Typická úspora celkové spotřeby paliva po seřízení geometrie náprav je u nákladních vozidel 4 až 5 %. Správným seřízením geometrie náprav se životnost pneumatik navýší o 20 až 30 % oproti běžnému průměru. [37]

V případě nákladních vozidel neexistuje univerzální databanka předepsaných hodnot. Někteří výrobci přístrojů pro nastavení geometrií nabízejí základní databanky, ty bohužel ale nedosahují takového pokrytí vozového parku jako je tomu u vozidel osobních. Hlavním důvodem je velká variabilita podvozků a uspořádání náprav nákladních vozidel. U těchto vozidel se v rámci jedné řady snadno dosáhne desítek různých variant. Proto je jediným zaručeným zdrojem dat ohledně nastavení geometrie náprav výrobce daného vozidla. [37]

Základní parametry geometrie podvozku jsou totožné jak u osobních, tak u nákladních vozidel. U nákladních vozidel ale mají jednotlivé parametry odlišnou důležitost a rovněž jiné důsledky. Důvodem je fakt, že podvozek má často větší počet různě uspořádaných náprav a že nákladní vozidla využívají zpravidla tuhé nápravy. Na důležitosti u nich nabývá kontrola souměrnosti náprav vůči sobě navzájem a vůči rámu vozidla. [37]

Jízdní osa je definována vždy zadní nápravou měřeného vozidla a v ideálním případě se shoduje s geometrickou osou vozidla. Bohužel velká část nákladních vozidel má minimálně tři nápravy, přičemž jízdní osu ovlivňuje každá náprava kromě té přední, řízené. U dvounápravového vozidla, pokud nebude odchylka zásadní, nebude jízda se špatnou souosostí představovat žádné extrémní navýšení provozních nákladů nebo zhoršení jízdních vlastností. Avšak u vícenápravového podvozku bude každá další náprava definovat jinou jízdní osu. To způsobuje výrazně vyšší valivé odpory a opotřebení pneumatik. Jízdní vlastnosti soupravy se začnou měnit s celkovým zatížením vozidla, rozložením nákladu, sklonem vozovky nebo i bočním větrem. V takovém případě povede vždy ta náprava, která v daný okamžik ponese největší zatížení. Vozidlo se stane nepředvídatelným, což má zásadní vliv na jeho bezpečnost. [37]

#### **2.4.1 Ideální hodnoty seřízení geometrie náprav vozidla**

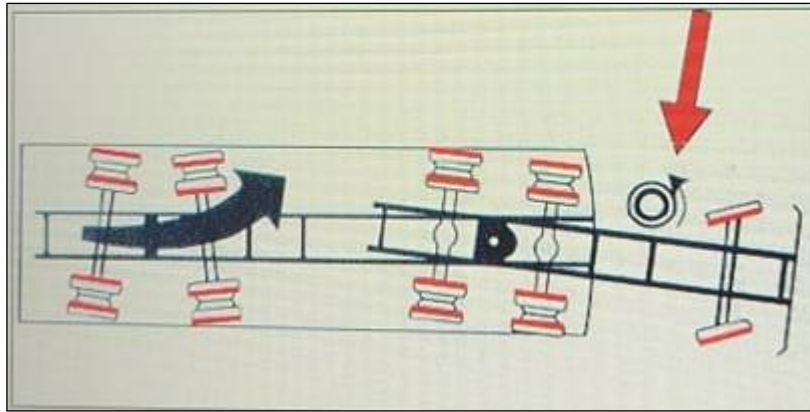
V závislosti na konstrukci nápravy probíhá docílení souměrnosti formou seřízení korekcí sbíhavosti nebo u náprav, které seřízení neumožňují, přesazením nápravy. Náprava se přesazuje za pomoci distančních podložek, s jejichž pomocí se přesazuje celá náprava vůči rámu. [37]

Pokud nemáme hodnoty předepsané výrobcem, pak u hnacích náprav nastavujeme mírnou rozbíhavost (*asi 1 mm/1 m*) a u náprav bez pohonu pak mírnou sbíhavost (*1 mm/1 m*). Vždy ale platí, že celková souměrnost je důležitější než hodnota sbíhavosti. Úhel jízdní osy by neměl přesahovat  $0,04^\circ$ . U osobních vozidel se jako hraniční hodnota udává  $0,16^\circ$ . To ukazuje, o jak důležitý parametr u nákladních vozidel jde. [37]

U osobních vozidel se seřizuje sbíhavost přední nápravy vůči středové poloze volantu. U nákladních vozidel se seřizuje vůči středové poloze řízení, která je definována značkou přímo na převodce řízení. Na přední nápravě se nastavuje sbíhavost na (*1–2 mm/1 m*). Někteří výrobci předepisují tzv. dělenou sbíhavost. Pro levou stranu je to nulová hodnota a pravá strana přebírá hodnotu celkové sbíhavosti. Tohoto nastavení se využívá za účelem eliminace sjíždění vozidla ze silnice. [37]

Výjimku tvoří podvozky se speciální konstrukcí náprav a podvozky s několika říditelnými nápravami. V tomto případě je přímo nezbytné hodnoty, jak se má další náprava(vy) během měření chovat, zjistit přímo u výrobce vozidla. [37]

Dále je při nastavení geometrie náprav nákladních vozidel nutná kontrola souosnosti náprav jak tahače, tak návěsu či přívěsu. Jednotlivé osy by měly být paralelní, aby nedocházelo k bočnímu prokluzu či tendenci soupravy zatáčet v kruhu. Směr by musel být v tomto případě korigován za pomoci volantu. [36]



Obr. č. 33: Dvě osy návěsu nejsou umístěny paralelně, volant musí korigovat směr [36]

Dle firmy AD Technik se na hnacích kolech u nákladních vozidel nastavuje geometrie náprav na  $0^\circ$  nebo mírně rozbíhává, kdežto na nápravách u kol hnaných se nastavuje geometrie na  $0^\circ$  nebo mírně sbíhavá. Dále se u lehkých a středních nákladních vozidel nastavuje lehká sbíhavost a u těžkých vozidel a návěsových souprav spíše lehká rozbíhavost pro lepší záběr. Mezi zajímavosti patří například seřízení geometrie náprav městských autobusů, kdy se levé kolo seřizuje na  $0^\circ$  a pravé kolo na sbíhavost proto, že tyto autobusy většinu jízdy stráví ve městech, kde je velký příčný sklon vozovky z bezpečnostního důvodu odtoku vody z povrchu komunikace.

## 2.5 KONSTRUKCE PODVOZKU

Podvozek se nachází na spodní části vozidla a zabezpečuje přímé spojení s povrchem vozovky. Podvozek lze rozdělit na několik skupin. První ze skupiny jsou kola s pneumatikami, které nesou hmotnost vozidla a jako první plní funkci odpružení. [23]

Další podstatnou součástí podvozku jsou nápravy vozidla, které jsou spojovacím článkem mezi rámem či karosérií a kolem. Další částí podvozku je odpružení kola. To má za úkol tlumit otřesy a rázy a tím zvyšovat bezpečnost a komfort jízdy. [23]

### 2.5.1 Nápravy vozidel

Nápravy vozidla jsou spojovacím článkem mezi rámem či karosérií a kolem. Nápravy by měly být lehké, pevné a měly by umožňovat kolu co nejpřesnější vertikální pohyb, a to bez posuvu kolem horizontální a podélné osy. Základní dělení náprav je na nápravy tuhé, výkyvné a na nápravy De-Dion, které jsou vývojovým mezičlánkem. [23]

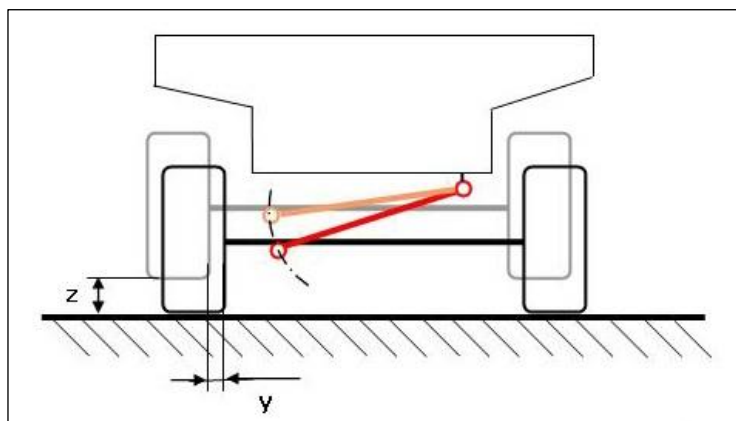
#### *Tuhé nápravy*

Tuhá náprava pevně spojuje náboje kol na nápravě. Díky tomuto spojení nedochází při propružení ke změně rozchodu kol. Tuhá náprava má však horší jízdní vlastnosti a představuje značně velkou neodpruženou hmotu vůči karoserii. Tato náprava potřebuje větší místo k propružení, což zvyšuje její těžkost. Mezi její výhody patří jednoduchost, cenová dostupnost, téměř žádné nároky na údržbu a

zároveň lépe snáší extrémní zatížení. Díky těmto výhodám se tuhé nápravy používají i dnes především však u náprav zadních lehkých užitných a terénních vozidel. V případě užití tuhé nápravy pro přední nápravu hrozí horší jízdní vlastnosti i snížení bezpečnosti. [24]

- Panhardská tyč

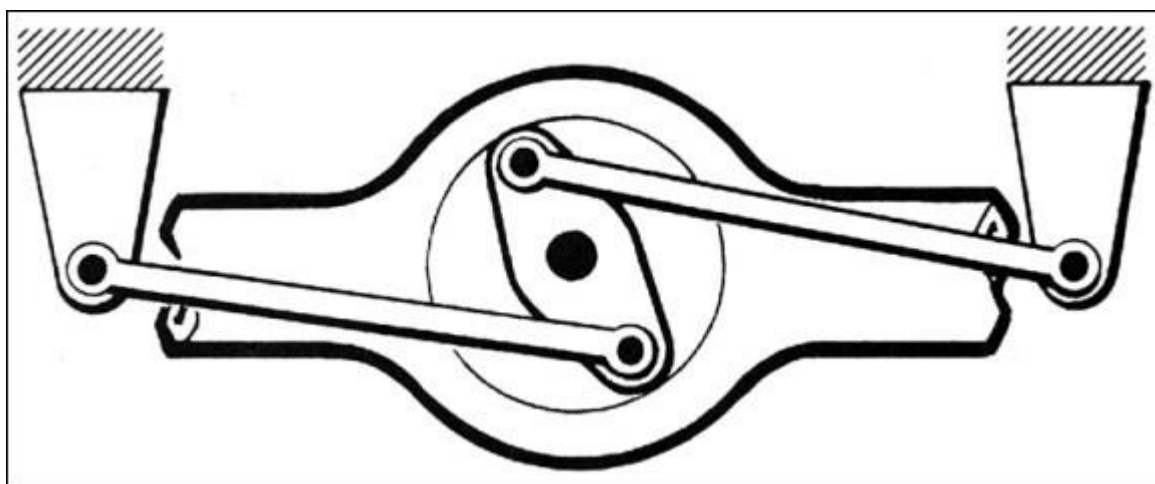
Pevná ocelová tyč, která je opatřena na svých koncích silentbloky, kdy jeden silentblok je uchycen na mostu nápravy a druhý na karoserii vozidla. Z čehož plyne nežádoucí posun nápravy při propružení do stran a následné kmitání vůči karoserii. [25], [26]



Obr. č. 34: Panhardská tyč [26]

- Wattův přímovod

Wattův přímovod se skládá ze dvou diagonálních ramen, kdy je jeden konec ramene přichycen přes silentblok ke karoserii a druhý k otočnému segmentu na tuhé nápravě. Tato konstrukce zabezpečuje neustálé spojení kola s vozovkou. [2] [26]



Obr. č. 35: Wattův přímovod [26]

### Výkyvné nápravy

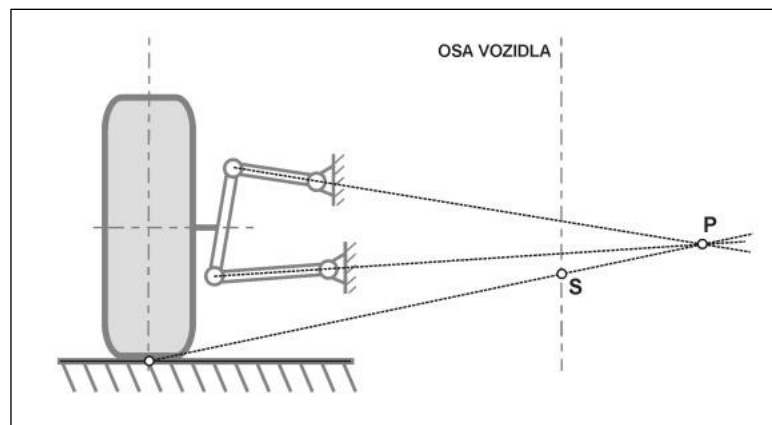
Výkyvné nápravy jsou koncepčně řešeny odlišně oproti tuhým nápravám. Levé i pravé kolo je samostatně uchyceno ke karoserii. Díky tomuto uchycení nedochází k vzájemnému ovlivňování kol



při jízdě po nerovném povrchu. Zavěšení je realizováno pomocí několika ramen, které jsou při optimálním nastavení ideální pro kinematiku kola. Výkyvné nápravy se vyznačují menší hmotností, vyšší jízdni stabilitou a komfortem. [16]

- Lichoběžníková náprava

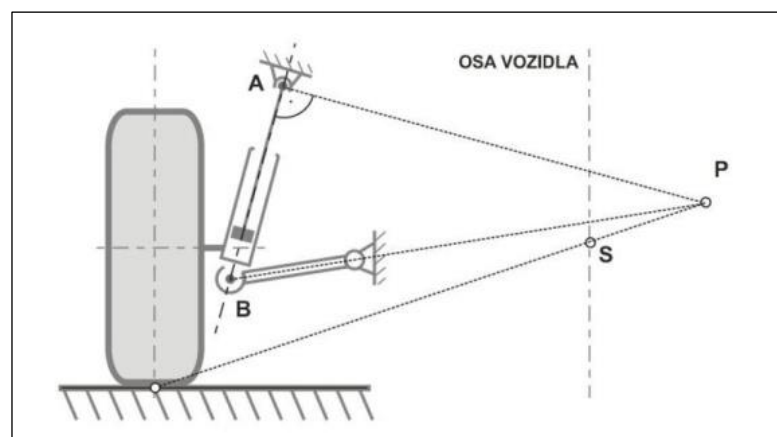
U lichoběžníkové nápravy je zavěšení provedeno pomocí dvou nestejně dlouhých příčných ramen. Dolní rameno je delší než horní rameno. Jeden vrchol je pomocí silentbloků přichycen ke kolu a druhé dva vrcholy ke karoserii nebo rámu. Lichoběžníková náprava je vhodná jako řídicí, ale může být také použita jako hnací. Její výhodou je velmi nízká stavba v porovnání například s nápravou McPherson nebo nápravou tuhou. [25]



Obr. č. 36: Lichoběžníková náprava [17]

- Náprava McPherson

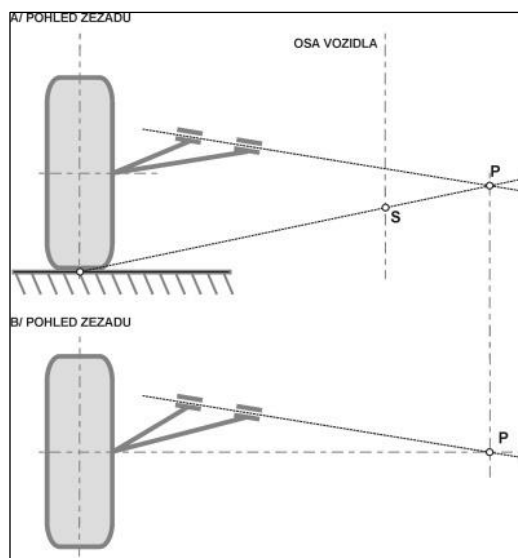
Náprava McPherson je odvozena z lichoběžníkové nápravy, horní rameno je ale nahrazeno posuvným vedením. U této nápravy je kolo ukotveno ve spodní části k výkyvnému trojúhelníkovému rameni, které je přichyceno pomocí silentbloků ke karoserii. V horní části kola je tlumičová vzpěra, kdy její horní část je přichycena v elastickém pouzdře ke karoserii. Výhodou tohoto provedení je kombinace tří funkcí, a to jak odpružení, tlumení tak i natačení kol v jednom celku. V současné době je náprava McPherson nejpoužívanější typ zavěšení u osobních vozidel. [27]



Obr. č. 37: Náprava McPherson [17]

- Kyvadlová úhlová náprava

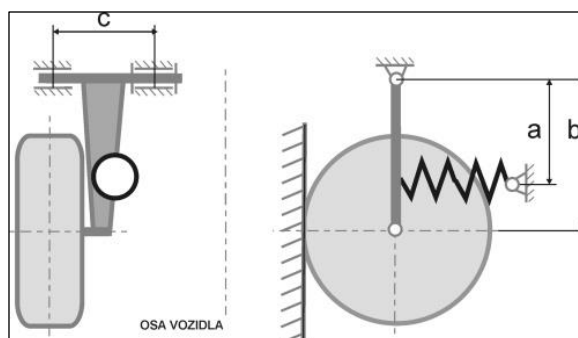
Kolo je uchyceno za vrchol ramene připomínající písmeno „V“. Další konce ramene jsou upevněny za pomoci silentbloků k nápravnici či karosérii. Tato náprava se využívá zásadně jako náprava zadní hnací nebo hnaná. Jako nápravu řídicí ji nelze použít. Kyvadlová náprava má společný základ s klikovou nápravou. Kyvadlová náprava má šikmou osu kývání, a proto se používá někdy označení šikmo vlečená nebo šikmý závěs. [28]



Obr. č. 38: Kyvadlová úhlová náprava [17]

- Kliková náprava

Kliková náprava je složena z jednoho nebo dvou podélných ramen rovnoběžných s podélnou osou vozidla, která jsou vzájemně spojena „U“ profilem. Konce podélných ramen jsou na jedné straně spojeny pomocí silentbloků ke karosérii a na druhé straně jsou pevně spojeny s koly. Výhodou této nápravy je jednoduchost a prostorová nenáročnost. Tento typ nápravy se používá jako zadní hnaná náprava, je ji ale možné využít i jako zadní hnací nápravu. [25]

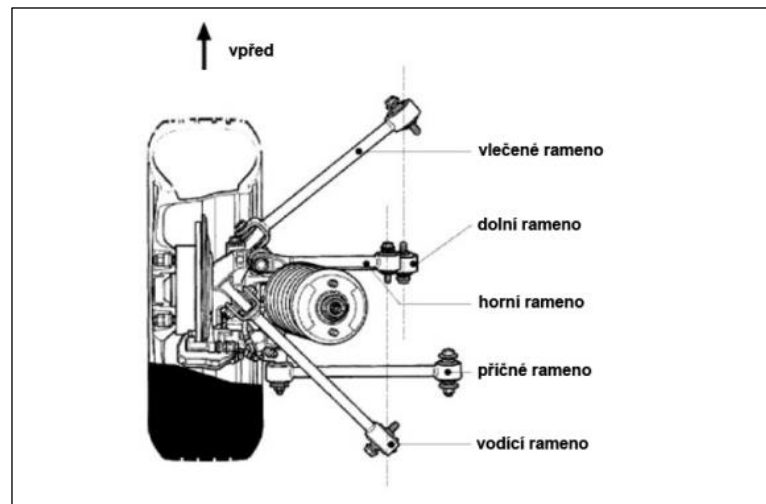


Obr. č. 39: Kliková náprava [17]

- Víceprvková náprava

U víceprvkové nápravy je každé kolo zavěšeno na více ramenech. Může být zavěšeno až na pěti ramenech. Díky vzájemné nezávislosti všech ramen zavěšení může být dosaženo optimálního

kinetického pohybu kola. Víceprvková náprava je vhodná jako přední i jako zadní a v obou případech může být hnaná i hnací. Mezi hlavní nevýhody víceprvkové nápravy patří prostorová složitost, jelikož je tato náprava složena z několika ramen a také vysoká výrobní cena. V současné době tato náprava nejlépe splňuje potřeby přesného vedení kola a je považována za nejlepší konstrukční řešení vedení kola. [16]



Obr. č. 40: Přední pětiprvková náprava [17]

## 2.5.2 Odpružení

Nejdůležitějším úkolem odpružení je snižování vibrací a kmitů působících přes kola vozidla, k nápravám a až ke karoserii. Odpružení zabezpečuje ideální styk s vozovkou a chrání funkční části vozidla, čímž prodlužuje jejich životnost. Na správné funkci odpružení je závislý správný přenos hnacích a brzdných sil. [25]

Pérování bývá umístěno mezi nápravami a rámem vozidla. K odpružení je možné použít například vinuté pružiny, listové pružiny, torzní tyče, pryžové bloky, vzduchové odpružení nebo hydropneumatické odpružení. [25]

### *Vinuté pružiny*

Vinuté pružiny se používají u osobních vozidel a u menších nákladních vozidel. Pružina je navinuta z drátu kruhového průřezu. Tvrdost odpružení závisí na počtu pružících závitů, stoupání a průměru pružiny. Ke zvýšení tuhosti lze dojít pomocí nestejněmého stoupání závitu, proměnným průměrem nebo pružinou s pryžovým blokem. Výhodou je malá hmotnost, jednoduché uložení a malá náročnost údržby. [29]

### *Listové pružiny*

Nejčastěji se používají u nákladních vozidel, ale lze je najít i na zadních nápravách některých osobních vozidel. Listová pružina je svazek obdélníkových plátů z pružinové oceli, které jsou na sebe poskládány a uchyceny třmeny a sponkami. Jeden konec bývá uchycen otočně a druhý suvně. Vrchní



plát bývá nejdelší a ostatní se postupně zkracují. Tuhost listové pružiny je ovlivněna délkou vrchního listu a počtem a rozměry dalších listů. [25]

#### *Torzní tyče*

Torzní tyče mají většinou kruhový průřez s větším průměrem na koncích. Jeden konec bývá uchycen pevně a druhý otočně. Torzní tyče nejsou vhodné pro vedení nápravy a nemají téměř žádné samotlumící účinky. Konstrukce je jednoduchá na výrobu a nepotřebuje téměř žádnou údržbu. [30] [31]

#### *Pryžové bloky*

Pryž se u vozů využívá jako přidavný pružící prvek. Vlastnosti pryžových pružin zhoršuje teplota, počasí i chemikálie. Jejich výhodou je velká životnost, nízká cena, téměř žádná údržba a vysoké vlastní tlumení. Jejich absorpce hluku se využívá například při uložení motorů a jejich hnacích prvků. [16]

#### *Vzduchové odpružení*

V případě vzduchového odpružení se k odpružení využívá vzduch, který je uzavřený v ocelovém válci. V ocelovém válci se nachází píst těsněný membránou. Tyto pružiny se využívají hlavně u nákladních vozidel, autobusů, přívěsů a návěsů. Konstrukce vzduchového odpružení je složitá. U vozů užitkových se využívají vzduchové systémy s otevřeným vzduchovým okruhem. V tomto případě odchází vzduch do atmosféry. [16] [32]

#### *Hydropneumatické odpružení*

Hydropneumatické odpružení se skládá z válce pružiny a zásobníku. Zásobník je rozdělen membránou a v jedné části bývá stlačený dusík a v druhé hydraulická kapalina. Válec přenáší síly z náprav prostřednictvím hydraulické kapaliny na stlačený plyn, který tvoří pružící látku. V tomto případě pružina nahrazuje funkci tlumiče. Existují dvě provedení hydropneumatického odpružení a to jednodílné, kde válec i zásobník stlačeného vzduchu jsou jedna část a dvoudílné provedení, kde je válec a zásobník spojen tlakovým potrubím. Nevýhodou tohoto odpružení jsou velké ztráty způsobené třením a složitá konstrukce. [16] [30]

### **2.5.3 Tlumiče**

Odpružení používané ve vozidlech mají velmi nízký, či dokonce žádný tlumící efekt. Vzhledem k této charakteristice, by karoserie po přejezdu nerovnosti „nekonečně“ dlouhou dobu kmitala a z tohoto důvodu existují tlumiče. [30]

Tlumiče jsou válce s pístem a olejovou náplní. Píst obsahuje samočinné škrťící ventily, které umožňují kontrolované přetékání olejové náplně mezi prostory. Regulaci tlumícího účinku ovlivňuje počet a rozměr škrťících ventilů. [30]

Existují dva základní typy tlumičů a to kapalinový, kde pracovní látkou je olej a prostor nad pracovní látkou je přístupný atmosférickému vzduchu a plynokapalinový, kde pracovní látkou je také olej, ale prostor nad pracovní látkou je vyplněn dusíkem. Díky využití dusíku se zabraňuje možnosti zpěnění oleje v důsledku trvalého přetlaku v tlumiči a následnému vzniku vzduchových bublin. [30] [31]

Na vozidle jsou tlumiče instalovány mezi kolo a karosérii. K uchycení tlumičů se využívají kovopryžová lůžka, která slouží k eliminaci přenosu vibrací. Z pravidla bývá válec tlumiče uložen na mostu nápravy či ramenu zavěšení a pístnice je uchycena ke karosérii či rámu vozidla. Někdy bývá tlumič funkční částí zavěšení kola například u nápravy McPherson. [30]

## 2.6 DÍLČÍ SHRNUÍ REŠERŠE

Na životnost pneumatiky má hlavní vliv nepřetržitě tření mezi pneumatikou a vozovkou, které se časem projeví jako opotřebení vzorku běhounu. Tato opotřebení lze rozdělit do několika typů jako např. jednostranné, středové, diagonální a mnoho dalších druhů opotřebení.

Opotřebení běhounu závisí především na podmínkách provozu, tlaku v pneumatikách a správném seřízení geometrie náprav vozidla. Další vliv na životnost pneumatik mají i způsob náhonu vozidla, umístění motoru, stav tlumičů, stav odpružení, umístění nákladu či stav brzdového systému.

Pro optimální jízdní vlastnosti a provoz vozidla je kromě správného nahuštění pneumatik tedy podstatné správné nastavení jeho geometrie náprav. Pro měření geometrie náprav vozidla se využívají přístroje, které se dělí na základě principu měření na mechanické, optické a elektronické.

Obecně existuje dilema mezi nastavením geometrie kol (jejich sbíhavostí) a mírou opotřebení pneumatik. Sbíhavost je podstatná pro dobré jízdní vlastnosti vozidla, a tudíž i bezpečnost provozu. Naopak při nulové sbíhavosti jsou sice jízdní vlastnosti horší, ale pneumatiky se méně opotřebovávají. Přitom i dobrý stav běhounů pneumatik je zásadní pro jízdní vlastnosti a bezpečnost, a proto musí být oba tyto aspekty dobře vyváženy jak při prvotní konstrukci vozidla, tak následně při jeho pravidelné údržbě.

### 3 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ

Diplomová práce se zabývá problémem rychlosti opotřebení běhounů pneumatik nákladních vozidel při různém nastavení geometrie nápravy vozidla.

Dílním cílem této práce byl vlastní návrh metodiky měření a realizace série testů. Měření opotřebení běhounu obou předních pneumatik jsem prováděla pomocí hloubkoměru Fieldmann a výsledky měření jsem zapisovala do předem připravené tabulky. Za účelem zvýšení přesnosti měření jsem opotřebení pneumatiky měřila na 16 místech vždy cca po jednom měsíci. Podrobný popis postupu je uveden dále v části 4.4 Způsob měření opotřebení pneumatiky.

Měření se provádělo na 3 vozidlech značky DAF XF 460 za účelem zjištění vlivu nastavení přední geometrie nápravy na opotřebení běhounu pneumatiky. Následně bylo cílem ze získaných dat určit, jaký vliv mělo různé nastavení geometrie náprav vozidla na opotřebení pneumatiky a o jaký způsob opotřebení se jednalo. Výhodou při využití nákladních vozidel je jejich vysoký průměrný kilometrový nájezd oproti například osobním vozidlům.

Údaje získané měřením jsem spolu se zjištěnou hodnotou kilometrového nájezdu zanášela do mnou definované excelové tabulky, kde jsem ze 16 hodnot naměřených na jedné pneumatice počítala pro každou pneumatiku čtyři aritmetické průměry popisující opotřebení následujících čtyř segmentů běhounu:

1. Vnitřní segment (nejblíže středu vozidla)
2. Střed blíž (středový segment běhounu přilehlý k vnitřnímu segmentu)
3. Střed dál (středový segment běhounu přilehlý k vnějšímu segmentu)
4. Vnější segment (nejdále od středu vozidla)

Z historické série aritmetických průměrů jsem poté vytvořila grafy popisující průběh opotřebení pneumatik v závislosti na počtu ujetých kilometrů (nájezdu). Dále jsem využila i minimální a maximální hodnoty získané v průběhu měření. Pro určení maximálního možného nájezdu pneumatik při daném nastavení sbíhavosti jsem využila maxima z naměřených hodnot na jednotlivých segmentech, abych tímto postupem správně odhadla nájezdy, kdy nejvíce opotřebovaný segment dosáhne úrovně minimální nutné hloubky zbytkového dezénu (hloubky drážky 1,6 mm). Provedla jsem vzájemné porovnání průběhu opotřebení mezi sledovanými vozidly a dopočetla formou lineární extrapolace maximální možné nájezdy vozidel a zobrazila je formou grafů. Rovněž jsem u jednotlivých vozidel stanovila míru nerovnoměrnosti opotřebení pneumatiky jako poměr maximálních a minimálních hodnot opotřebení segmentů naměřených na jedné dané pneumatice a porovнала tuto míru mezi měřenými vozidly.

Dalším mým cílem bylo rovněž porovnat hodnoty maximálního nájezdu mnou spočtené extrapolací z naměřených dat s názory odborníků z praxe. Proto jsem v rámci rozhovorů získala jejich expertní odhady maximálních možných nájezdů pro plánované varianty v nastavení sbíhavosti.

Predikovaná životnost se dle výrobce, společnosti Continental Barum s.r.o., pohybuje kolem *200 000 km*. Dle informací od Ing. Petra Zemana, Ph.D. z technického oddělení společnosti JAPO – transport s.r.o. měli dle statistických měření na pneumatikách u vozidel DAF XF 460 průměrnou životnost pneumatiky *160–180 tisíc km* za předpokladu, že řidič pneumatiku mechanicky nepoškodil. Za sníženou průměrnou životnost pneumatik u společnosti může dle Ing. Petra Zemana, Ph.D. jízda přes Itálii, kde vozidla jezdí často po regionálních cestách.

Společnost JAPO – transport s.r.o. provádí tzv. sběrku, kdy převáží z Itálie zakázky od balíků po náklady do *24 tun*. Jedná se o cca *5 až 6* nákladek v jednom italském regionu a následně cestu zpět do České republiky. Týdně se jedná o dvě jízdy mezi Českou republikou a Itálií. Nákladní vozidla se na víkend vracejí na základnu buď do Popůvek u Brna, nebo do Říčán u Prahy a mají za měsíc pravidelný nájezd nad *10 000 km*.

## 4 PLÁNOVÁNÍ EXPERIMENTU

Základní podmínkou při tomto experimentu byla nutnost zkoumat a porovnávat vozidla, která mají podobný či téměř identický kilometrový nájezd, druh cesty a hmotnost převáženého nákladu. Samozřejmostí byl také požadavek na shodný výkon vozidla, druh kabiny, typ návěsu a brzdový systém. Pokud by se měřená vozidla v těchto parametrech výrazně lišila, mohlo by dojít ke zkreslení výsledků měření.

Dalším faktem je, že na opotřebení pneumatik má podstatný vliv i styl jízdy řidiče, a tedy je nutná znalost řidičů jednotlivých vozidel. Z tohoto důvodu byli řidiči spolu s vozidly vybráni panem Ing. Petrem Zemanem, Ph.D. z technického oddělení společnosti JAPO – transport s.r.o. Jednou z podmínek byla již určitá historie těchto vozidel, kdy se nemělo jednat o vozidla zcela nová. Dále se muselo jednat o vozidla, která nebylo nutné například v rámci leasingu vrátit v následujících dvou letech, aby mohlo měření plynule pokračovat na stále stejném nákladním vozidle.

Hlavním bodem problému bylo samotné nastavení geometrie náprav vozidel, kdy ani odborníci nedokázali přesně určit, jak velkou měrou by se mělo experimentálně manipulovat s nastavením geometrie náprav, aby byl patrný vliv na opotřebení pneumatiky. Dle odborníků ze společnosti AD Technik, zabývající se nastavováním geometrie, by měla být nastavena maximální sblíhavost  $36' (7 \text{ mm}/1 \text{ m})$ , tak aby ještě řidič nepociťoval negativní vlivy.

Pro účel tohoto testování bylo jedno nastavení geometrie náprav vozidla ideální, druhé nastavení mělo zvyšovat rychlost opotřebení pneumatik nákladního vozidla o 50 % a třetí mělo zvyšovat rychlost opotřebení pneumatik o 70 %.

### 4.1 ŘIDIČI VOZIDEL

Řidič A řídil nákladní vozidlo s SPZ 1BA xxxx, v době měření měl 47 let a 25 let pracoval jako řidič nákladních vozidel. Řidič B měl na starosti nákladní vozidlo s SPZ 1BF xxxx a jeho věk v době měření byl 50 let, s nákladními vozidly jezdil již 16 let. Řidič C bylo v době měření 49 let a jezdil s nákladním vozidlem s SPZ 1BX xxxx. U společnosti JAPO – transport s.r.o jezdil v té době již 15. rokem, před tím byl zaměstnán jako řidič u Armády České republiky.

### 4.2 NASTAVENÍ GEOMETRIE

Nákladním vozidlům typu DAF XF 460 byly nasazeny nové pneumatiky 315/60 R 22,5 Barum BF 200 R. Jedná se o pneumatiky univerzální, vhodné jak na dálnice, tak regionální cesty. Pneumatiky by měly, dle vyjádření Aleše Langer, vedoucího technického zákaznického servisu společnosti Continental Barum s.r.o., vydržet i přes 200 000 km, takže dle předpokládaného nájezdu okolo dvou let.

Vozidlu s SPZ 1BX xxxx byly nasazeny nové pneumatiky dne 9. 4. 2021. Vozidlu s SPZ 1BF xxxx byly nasazeny pneumatiky dne 10. 4. 2021 a vozidlu s poznávací značkou 1BA xxxx byly nasazeny nové pneumatiky dne 30. 4. 2021.

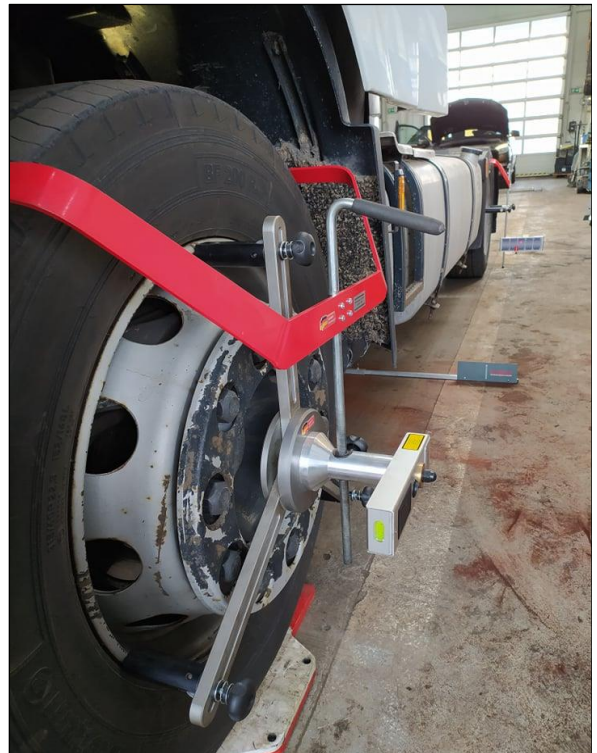
Vozidlům DAF byla nastavena vstupní geometrie náprav na zařízení KOCH-ACHSMESSANLAGEN HD-30 EasyTouch. Datum nastavení odpovídá vždy dni, kdy proběhlo první měření.

Při procesu nastavování přední geometrie náprav vozidel probíhaly pouze změny na nastavení sbíhavosti, nikoliv na odklonech kol. Na vozidle s SPZ 1BA xxxx byla nastavena sbíhavost  $36' - 39'$  ( $7 - 7,5 \text{ mm}/1 \text{ m}$ ). Zadní pneumatiky nákladního vozidla byly dohuštěny na  $8,1 \text{ bar}$  a přední pneumatiky na  $9,1 \text{ bar}$ . Přední kola vozidla DAF XF 460 byla postavena na otočné podložce, která ležela před vozidlem (**obr. č. 41**). Vozidlo bylo následně zabrzděno parkovací brzdou.

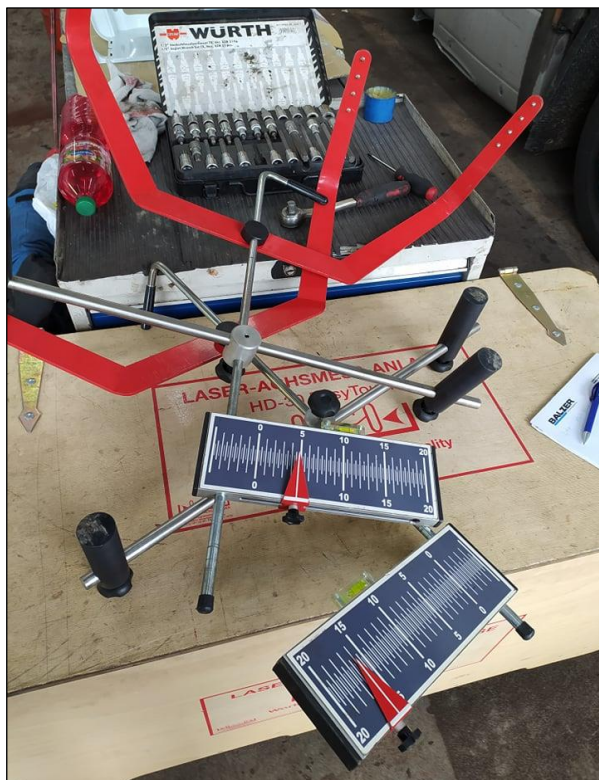
Na přední kola nákladního vozidla byly namontovány speciální držáky se zdrojem světla (**obr. č. 42**). Toto světlo dopadalo na připevněné projekční plochy (**obr. č. 43 a č. 44**). Na těchto projekčních plochách se nacházely stupnice, díky kterým jsme zjistili jednotlivé hodnoty parametrů.



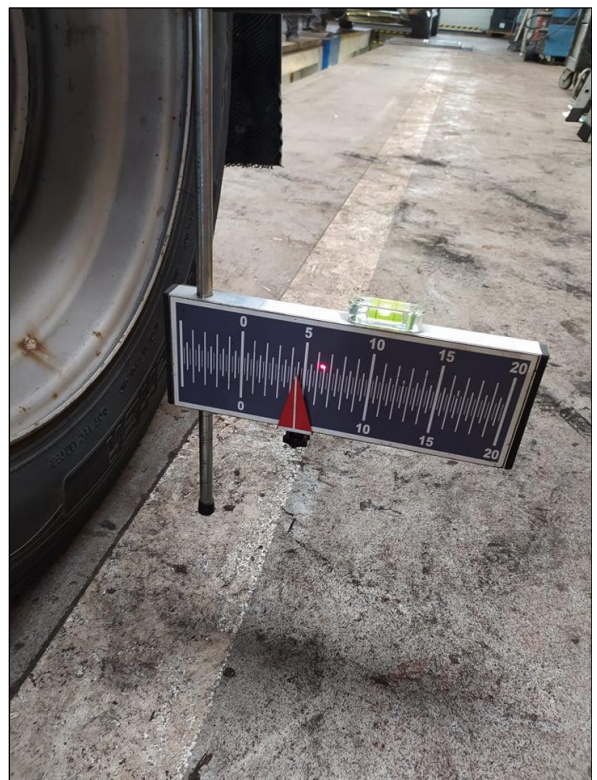
Obr. č. 41: Otočná podložka [vlastní]



Obr. č. 42: Držák se zdrojem světla [vlastní]



Obr. č. 43: Projekční plocha se stupnicí [vlastní]



Obr. č. 44: Stupnice s hodnotou [vlastní]

Dále bylo nutné uvolnit spojovací tyč řízení. Její součástí je i tzv. stavěcí šroub, díky tomu je možné jeho dotahováním nebo povolováním zvětšovat, resp. zmenšovat délku a tímto způsobem můžeme nastavovat sbíhavost nebo rozbíhavost přední nápravy.





*Obr. č. 45: Spojovací tyč řízení [vlastní]*

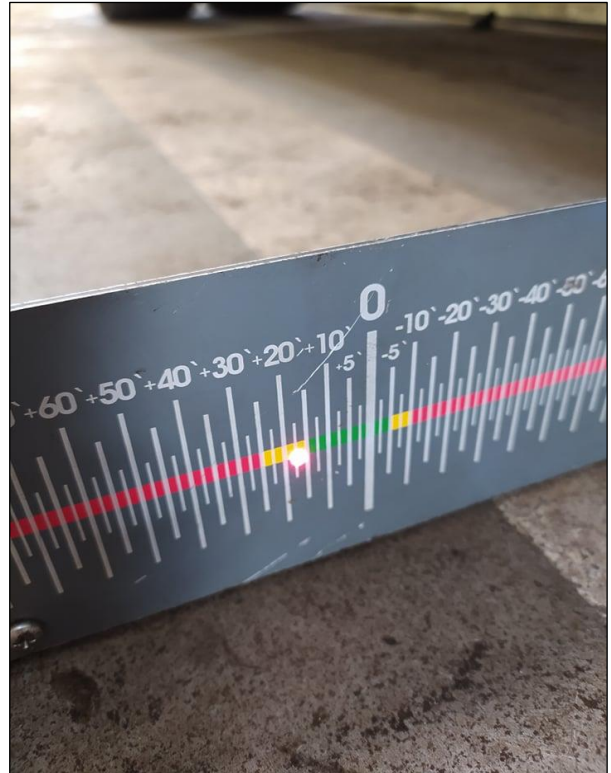
Dalším úkolem bylo zjistit odchylku kol. V návodě HD-30 EasyTouch jsme našli tabulku nadefinovaných vzdáleností, podle kterých jsme umístili měřidlo do určité vzdálenosti a poté díky tomu zjistili odchylku kol. Měřidlo na obrázku byla tyč, na které byla z obou stran měřka. Měřidlo se na jedné straně nastavilo tak, aby paprsek vycházel z přístroje na nastavování geometrie náprav uchyceného na předním kole a ukazoval na jedné straně měřky číslo 0 (**obr. č. 46**). Na druhé straně měřky na opačné straně vozidla poté laserový paprsek z druhého předního kola ukazoval odchylku (**obr. č. 47**).

V tomto okamžiku měření měřka ukazovala odchylku 16' až 19', což znamená dle **obr. č. 48** nastavení 3,0 až 3,5 mm/1 m sbíhavost (velikost ráfku v palcích je 22,5). Naším cílem v tomto případě (1BA xxxx) bylo nastavit sbíhavost na vyšší hodnoty 36'–39' (7 až 7,5 mm/1 m).





Obr. č. 46: Měřka s číslem 0 [vlastní]



Obr. č. 47: Odchylnka předních kol [vlastní]

Spur in mm	Reifengröße					
	19.5"	20"	22"	22.5"	24"	24.5"
0.5	0°3'	0°3'	0°3'	0°3'	0°2'	°2'
1.0	0°6'	0°6'	0°5'	0°5'	0°5'	0°5'
1.5	0°9'	0°9'	0°8'	0°8'	0°7'	0°7'
2.0	0°12'	0°12'	0°11'	0°11'	0°10'	0°10'
2.5	0°16'	0°16'	0°13'	0°13'	0°12'	0°12'
3.0	0°19'	0°19'	0°16'	0°16'	0°15'	0°15'
3.5	0°22'	0°22'	0°19'	0°19'	0°17'	0°17'
4.0	0°26'	0°25'	0°21'	0°21'	0°20'	0°20'
4.5	0°29'	0°28'	0°24'	0°24'	0°22'	0°22'
5.0	0°32'	0°31'	0°27'	0°26'	0°24'	0°23'
5.5	0°35'	0°34'	0°29'	0°28'	0°27'	0°26'
6.0	0°39'	0°38'	0°32'	0°31'	0°29'	0°28'
6.5	0°42'	0°41'	0°34'	0°33'	0°32'	0°31'
7.0	0°45'	0°44'	0°37'	0°36'	0°34'	0°33'
7.5	0°48'	0°47'	0°40'	0°39'	0°37'	0°36'
8.0	0°51'	0°50'	0°42'	0°41'	0°39'	0°38'
8.5	0°55'	0°53'	0°45'	0°44'	0°41'	0°40'
9.0	0°58'	0°56'	0°48'	0°47'	0°44'	0°43'
9.5	1°1'	0°59'	0°50'	0°49'	0°46'	0°45'
10.0	1°4'	1°2'	0°53'	0°49'	0°46'	0°45'
10.5	1°7'	1°5'	0°56'	0°55'	0°51'	0°50'
11.0	1°10'	1°8'	0°58'	0°57'	0°54'	0°53'
11.5	1°13'	1°11'	1°1'	1°0'	0°56'	0°55'
12.0	1°17'	1°15'	1°3'	1°2'	0°59'	0°58'

Obr. č. 48: Převodní tabulka [návod HD-30 EasyTouch]

V závěrečném kroku bylo nutné správně nastavit převodku řízení, která je přístupná pouze přes čelní masku nákladního vozidla. Převodka řízení slouží k převádění otáčivého pohybu volantu na posuvný pohyb spojovacích tyčí a jejím základním parametrem je nastavení jejího převodu. Jde o poměr úhlu natočení řízených kol a úhlu natočení volantu. Obvykle se jedná o tisícíhran, který se vyjme, volant se následně nastaví do požadovaného úhlu a tisícíhran se vloží zpátky. V některých případech jsou označeny rysky a pak není třeba otáčet volantem, ale pouze se proti sobě pootočí jednotlivé tyče a nastaví se rysky proti sobě.



*Obr. č. 49: Nastavování převodky řízení [vlastní]*

Druhé vozidlo bylo nastavováno s odstupem dvou měsíců od doby nastavení prvního vozidla. Jelikož bylo jedním z cílů zjistit vliv nastavení geometrie náprav na ovládání vozidla, bylo vzato v potaz i subjektivní hodnocení výsledku řidičem prvního vozidla, kterým byl řidič A. Řidič A byl s nastavenou sbíhavostí přední geometrie náprav  $36' - 39'$  ( $7 - 7,5 \text{ mm/1 m}$ ) spokojený a dle jeho názoru se vozidlo ovládalo lépe než v minulosti. Díky tomuto poznatku se pan Langer ze společnosti Continental Barum s.r.o. rozhodl na druhém vozidle sbíhavost ještě zvýšit a nastavit ji skoro na dvojnásobek. Druhému vozidlu s SPZ 1BF xxxx byla tedy nastavena sbíhavost  $1^\circ 5'$  ( $13 \text{ mm/1 m}$ ).



*Obr. č. 50: Vozidlo s nastavenou sbíhavitostí 13 mm/1 m [vlastní]*



*Obr. č. 51: Vozidlo se správně nastavenou geometrií, sbíhavitost 1–2 mm/1 m [vlastní]*

Třetímu vozidlu (1BX xxxx) byla přední geometrie náprav nastavena správně dle hodnot předepsaných výrobcem a to na  $5' - 11'$  (1–2 mm/1 m).

Zde jsou základní technické údaje vozidla DAF XF 460. Na **obrázku č. 52** je sken Osvědčení o registraci vozidla část II., vozidlo s SPZ 1BF xxxx. Všechny tři měřená nákladní vozidla mají stejný technický popis vozidla.



TECHNICKÝ POPIS VOZIDLA		ZMĚNA
ZTP č.:	/42/-200-03 ES č.:	@4*2007/46*0001*
1 Druh vozidla:	NAKLADNÍ AUTOMOBIL	
2	BC TAHAC NÁVĚSŮ	
J. Kategorie vozidla (zkratka):	N3	
D.1 Tovární značka:	DAF	
D.2 Typ:	H4EN3	Varianta: TE195CD6ZE Verze: EDF190GLR
D.3 Obchodní označení:	XF 460 FT	
E. Identifikační číslo vozidla (VIN):	XLRTEH4300G085974	
3 Vyrobcе vozidla:	DAF N.V., EINDHOVEN, HOLANDSKO	
4 Vyrobcе:	DAF N.V., EINDHOVEN, HOLANDSKO	
5 Typ:	MX-13 340 H1	P3 Palivo: NM
P2 Max. výkon (kW) / P4 ot. [min <sup>-1</sup> ]:	340/1 700	P1 Zdvih. objem [cm <sup>3</sup> ]: 12 902
V9 Předpis EHK OSN č.:		Směrnice EHS/ES č. 627/2014A
V.6 Korigovaný součinitel absorpce [m <sup>2</sup> ]:		V.7 CO <sub>2</sub> [g.km <sup>-1</sup> ]:
6 Vyrobcе:		
7 Druh (typ):		
8 Vyrobní číslo (nástavby, kabiny):		
R Barva:	BÍLÁ M8870	
S Počet míst - celkem:	2	S.1 - k sezení: 2 S.2 - k stání: 0 S.3 - k sedění: 2
10 Maximální zatížení střechy [kg]:	11 Objem cesterny [m <sup>3</sup> ]:	
12 Celková [mm] - délka:	6 040	13 Šířka: 2 550 14 - výška: 4 000
M Rozvor [mm]:	3 800	
15 Rozměry ložné plochy [mm] - délka:	16 - šířka:	
G Provozní hmotnost [kg]:	8 362	
F.1 Největší technicky přípustná / F.2 povolená hmotnost [kg]:	19 000/18 000	
N: Největší technicky přípustná/povolená hmotnost na nápravu [kg]: N.1; N.2; N.3; N.4	7 500/7 500; 11 500/11 500	
17 Největší svazé statické zatížení spojovacího zařízení (závěs/hočnice) [kg]:		
O.1 Největší technicky přípustná/povolená hmotnost přípojného vozidla [kg]:	- brzdného:	
O.2	- nebrzděného:	
18 Největší technicky přípustná / F.3 povolená hmotnost jízdní soupravy [kg]:	44 000/44 000	
19 Spojovací zařízení - druh a typ:	TRIDA G50-X	
L Počet náprav - z toho poháněných:	2-1 ZADNÍ	
Kola a pneumatiky na nápravě (1-2-3-4-...) - rozměry/montáž (zdvoučíslo = [2]):	22.5 X 9.00; 315/60 R 22.5 154/150 L	
20 1.	22.5 X 9.00; 295/60 R 22,5 150/147 K [2]	
21 2.		
22 3.		
23 4.		
T Nejvyšší rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]:	90 S OMEZOVÁČEM	
24 Brzdy (ANO/NE) - provozní:	ABS: ANO	parkovací: ANO odlehčovací: ANO
U Vnější tluk vozidla [dB (A)] - U.1- stojícího / U.2 ot.[min <sup>-1</sup> ]:	89/1 275	U.3 - za jízdy: 80
25 Spotřeba paliva - metodika:	26 - při rychlosti [km.h <sup>-1</sup> ]:	
27 [l.100 km <sup>-1</sup> ]:		
Q Poměr výkon/hmotnost [kW.kg <sup>-1</sup> ]:	28 Retardér: NE	
29 Řazení převodovky (MAN/AUT):	AUT	
30. Hydropohon:		
Další údaje viz část DALŠÍ ZÁZNAMY.		

Obr. č. 52: Technické parametry [Osvědčení o registraci vozidla část II., vozidlo s SPZ 1BF xxxx]

### 4.3 PŘEDPOKLAD

Dle konzultací s odborníky v oboru byly očekávány následující měření vlivu nastavení geometrie náprav vozidla na změnu opotřebenění pneumatik.

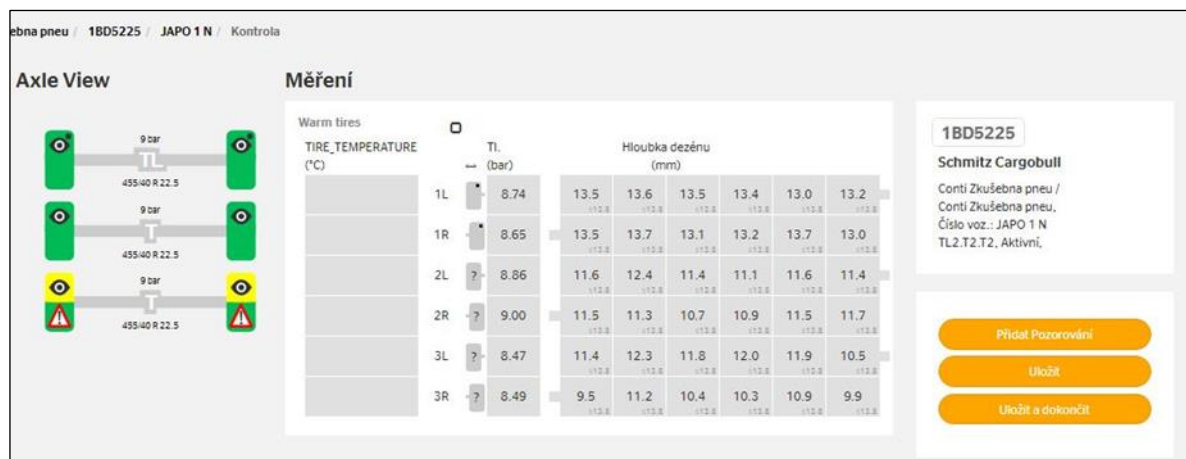
- 100% životnost u správného nastavení 5´-11´ (1-2 mm/1 m), nájezd cca 170 000 km
- 50% životnost u lehké sbíhavosti 36´-39´ (7-7,5 mm/1 m), nájezd cca 85 000 km
- 30% životnost pneu u nejvyšší sbíhavosti 1°5´ (13 mm/1 m), nájezd cca 51 000 km

### 4.4 ZPŮSOB MĚŘENÍ OPOTŘEBENĚNÍ PNEUMATIKY

Měření opotřebenění běhounu pneumatiky jsem zaznamenávala pomocí hloubkoměru Fieldmann do připravené tabulky. Měřila jsem opotřebenění pneumatiky na 16 místech v přibližně měsíčních intervalech. Rozdíly v jednotlivých intervalech měření jsou způsobeny nepravidelnými časy odstavení vozidel v Popůvkách u Brna. Souběžně s mým měřením probíhalo měření společnosti Continental Barum s.r.o. Jejich měření probíhalo v delších intervalech po cca 50 000-70 000 km.

Tab. č. 1: Parametry využívaného hloubkoměru [Fieldmann]

Rozsah	0–25 mm/0–1"
Přesnost	0.01mm/.0005"
Baterie	AG 13–1.5v (LR44)



Obr. č. 53: Měření hloubky dezénu pneumatiky aplikací společnosti Continental [Aleš Langer]

Při měření opotřebení pneumatik je nutno brát v potaz značku TWI (Tread wear indicator) tzv. indikátor opotřebení běhounu. Tento systém je navržen za účelem rychlého posouzení aktuální hloubky dezénu bez jakýchkoliv měřících přístrojů. V dezénu pneumatiky jsou umístěny tzv. můstky, které jsou na bočnici označeny trojúhelníkem. Tyto můstky jsou umístěny v drážkách, ale cca 1,6 mm nad dnem drážky dané pneumatiky. Pokud by došlo k změření opotřebení v tomto místě, dané hodnoty opotřebení by byly vyšší z důvodu nižší hloubky drážky v daném místě.



Obr. č. 54: Měření opotřebení pneumatiky [vlastní]



Obr. č. 55: Naměřená hodnota [vlastní]

Mezi instalací pneumatik a seřizemím přední geometrie náprav byla u jednotlivých vozidel prodleva okolo 1–2 měsíců. Z toho důvodu při prvním měření hodnot hloubek drážek nebyly jejich hodnoty stejné jako hodnoty pro nové pneumatiky. Nové pneumatiky měly z výroby hloubku drážek 13 mm.



Obr. č. 56: Body měření opotřebení pneumatiky [vlastní]

Drážky pneumatiky byly rozděleny na vnitřní část, střední část blíže ke středu vozidla, střední část dál od středu vozidla a vnější část. Vnitřní část pneumatiky byla vždy část blíže ke středu vozidla. Naměřené hodnoty z každé části byly následně zprůměrovány do výsledné hodnoty. Zde je ukázka prvního měření vozidla 1BA xxxx u vnitřní části pneumatik.

*Tab. č. 2: Měření vnitřních částí pneumatik [vlastní]*

<b>Pneumatika</b>	<b>1. bod</b>	<b>2. bod</b>	<b>3. bod</b>	<b>4. bod</b>
PP – pravá přední pneumatika	12,43 mm	12,22 mm	12,23 mm	12,45 mm
LP – levá přední pneumatika	11,68 mm	11,68 mm	11,28 mm	12 mm

Zde je výsledná tabulka prvního měření pro vnitřní část pneumatik po zprůměrování výsledků.

*Tab. č. 3: Výsledné hodnoty měření vnitřních částí pneumatik [vlastní]*

<b>Pneumatika</b>	<b>Vnitřní část pneumatik po Ø</b>
Pravá přední	12,33 mm
Levá přední	11,66 mm

Podrobné tabulky s výsledky jednotlivých měření každého z vozidel jsou uvedeny v **přílohách 1 až 3**. Přílohy obsahují datum měření, aktuální kilometrový nájezd nákladního vozidla a hodnoty opotřebení pneumatik.

## 5 ANALÝZA VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

### 5.1 NÁKLADNÍ VOZIDLO 1 (1BA XXXX)

Nákladnímu vozidlu č. 1 byla nastavena sbíhavost  $36' - 39'$  ( $7 - 7,5 \text{ mm}/1 \text{ m}$ ). V měřeném období najelo  $36\,262 \text{ km}$ . V **tabulce č. 4** je zaznamenáno kumulované opotřebení pravé přední a levé přední pneumatiky. Opotřebení je rozděleno do čtyř sloupců podle jednotlivých podélných drážek na pneumatice. Drážka s názvem vnitřní byla drážka nejbližší ke středu vozidla.

Na pravé přední pneumatice bylo největší opotřebení na vnějším rameni, a to  $5,96 \text{ mm}$ . Druhé největší opotřebení bylo na vnitřním rameni –  $5,12 \text{ mm}$ . Pokud bychom se zabývali středními drážkami, vidíme, že náchylnější k opotřebení byla část vzdálenější od středu vozidla (opotřebení  $5,09 \text{ mm}$ ), pravděpodobně právě z důvodu nastavené sbíhavosti, kdy třecí síla působila nejvíce na vnější rameno a poté na přilehlé střední části („střed dál“).

U levé přední pneumatiky se stejně jako u pravé pneumatiky opotřebovala nejvíce ramena pneumatiky. Největší opotřebení bylo na vnějším ramenu pneumatiky, a to  $5,87 \text{ mm}$ . Na vnitřní drážce pneumatiky, která byla blíže ke středu vozidla, jsem naměřila opotřebení  $3,06 \text{ mm}$  v průběhu čtyřměsíčního měření. Pokud bychom se podívali na střední drážky pneumatiky, je více opotřebovaná střední drážka dál od středu vozidla ( $2,73 \text{ mm}$ ) než střední drážka blíž ke středu vozidla ( $2,19 \text{ mm}$ ).

Tab. č. 4: Kumulované opotřebení pneumatik – Nákladní vozidlo 1 [vlastní]

Tachometr	Nájezd	PP				LP			
		Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
766 041	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
776 173	10 132	1,47	0,79	1,31	0,77	0,55	0,35	0,98	1,62
786 827	20 786	3,41	3,25	3,46	3,27	1,72	1,50	1,95	3,70
799 720	33 679	4,38	4,24	4,79	5,33	2,39	1,84	2,61	5,78
802 303	36 262	5,12	4,81	5,09	5,96	3,06	2,19	2,73	5,87

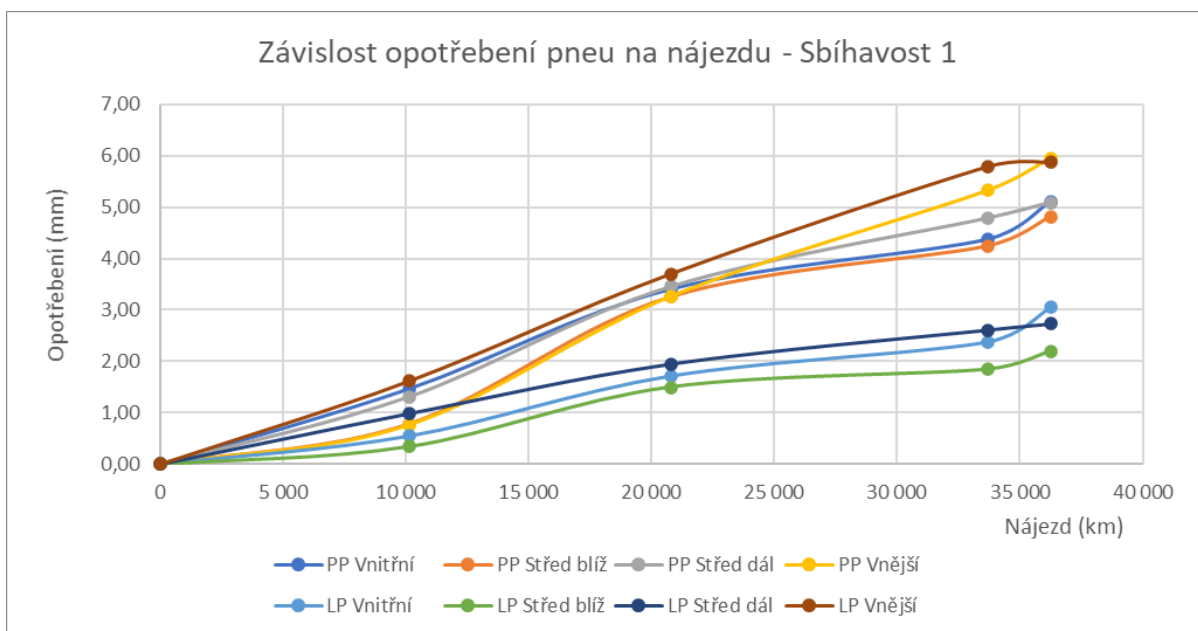
Obecně lze z výsledků konstatovat, že oblasti ramen obou pneumatik se opotřebovávají nejvíce. S největší pravděpodobností to souviselo s dvěma faktory:

- První z nich souvisí s nastavením sbíhavosti, kdy při jízdě docházelo k většímu tření vnějšího okraje pneumatik o to více, čím větší úhel svíraly podélné osy kol.
- Druhý faktor souvisí se skutečností, že u nákladních vozidel díky jejich vysokému těžišti dochází vlivem odstředivých sil vznikajících při zatáčení ve směrových obloucích ke zvýšenému přenosu těchto sil právě na okraje pneumatik. V případě levotočivého oblouku působila odstředivá síla nejvíce na vnější hranu pravé pneumatiky a také na vnitřní hranu levé, v případě pravotočivého oblouku byla nejvíce zatížena vnější část levého kola a vnitřní část pravého.



Oběma uvedenými důvody lze vysvětlit i to, že opotřebení na vnitřních drážkách (střed) nebylo symetrické a je zvýšené na vnější straně („střed dál“), protože při náklonech i při tření docházelo ke zvýšenému tlaku právě na vnější polovinu pneumatiky („střed dál“).

Pravá přední pneumatika se dle **grafu č. 1** opotřebovávala více než levá přední pneumatika. Tuto skutečnost přičítám tomu, že v zemích, v kterých nákladní vozidla jezdila, je pravostranný provoz. Silnice jsou konstrukčně řešeny tak, že nákladní vozidla statisticky častěji zatáčejí doprava viz např. většina nájezdů a výjezdů z dálnic a rychlostních komunikací. Dále by mohlo jít o dlouhodobý vliv příčného sklonu vozovky, v jehož důsledku dochází k trvale vyššímu hmotnostnímu zatížení pravého kola. Z grafu je dále patrné, že se v průběhu období jednotlivé pneumatiky rozdílně opotřebovují, avšak vnější drážka levé přední pneumatiky se opotřebovávala v podobném rozsahu, jako bylo opotřebení pravé přední pneumatiky. To je opět vysvětlitelné faktory uvedenými výše. Jako měřítko nerovnoměrnosti opotřebení během jízdy jsem zvolila podíl hodnoty maximálního a minimálního opotřebení naměřeného na běhounu dané pneumatiky, který v tomto případě dosahuje až 270 % u levé pneumatiky, pravá vykazuje rovnoměrnější opotřebení s podílem cca 120 %.



Graf č. 1: Závislost opotřebení pneumatik na nájezdu – Sbíhavost 1 [vlastní]

Na **obrázcích číslo 57 a 58** je patrný vliv opotřebení pouhým okem. U předních vodících kol byly výraznější drážky podélné. Tyto drážky mají vliv na držení směru a směrovou stabilitu vozidla. Podélné drážky tedy zůstaly zachovány i v době, kdy už drážky příčné na vodících kolech zcela zanikly.



Obr. č. 57: Pneumatiky nákladního vozidla 1 ze dne 26. 5. 2021 [vlastní]



Obr. č. 58: Pneumatiky nákladního vozidla 1 ze dne 6. 8. 2021 [vlastní]

## 5.2 NÁKLADNÍ VOZIDLO 2 (1BF XXXX)

Vozidlu č. 2 byla nastavena sbíhavost  $1^{\circ}5'$  ( $13 \text{ mm}/1 \text{ m}$ ). V průběhu čtyř měření nájezd vozidla narostl o  $34\,555 \text{ km}$ . I zde bylo patrné zvýšené opotřebení vnějších ramen pneumatiky. U pravé přední pneumatiky bylo opotřebení na vnějším rameni  $3,63 \text{ mm}$ . Na drážce na vnitřním rameni bylo opotřebení  $3,47 \text{ mm}$ . Střední drážka blíže ke středu vozidla byla opotřebená o  $3,31 \text{ mm}$  a střední drážka dál od středu vozidla byla opotřebena o  $3,10 \text{ mm}$ .

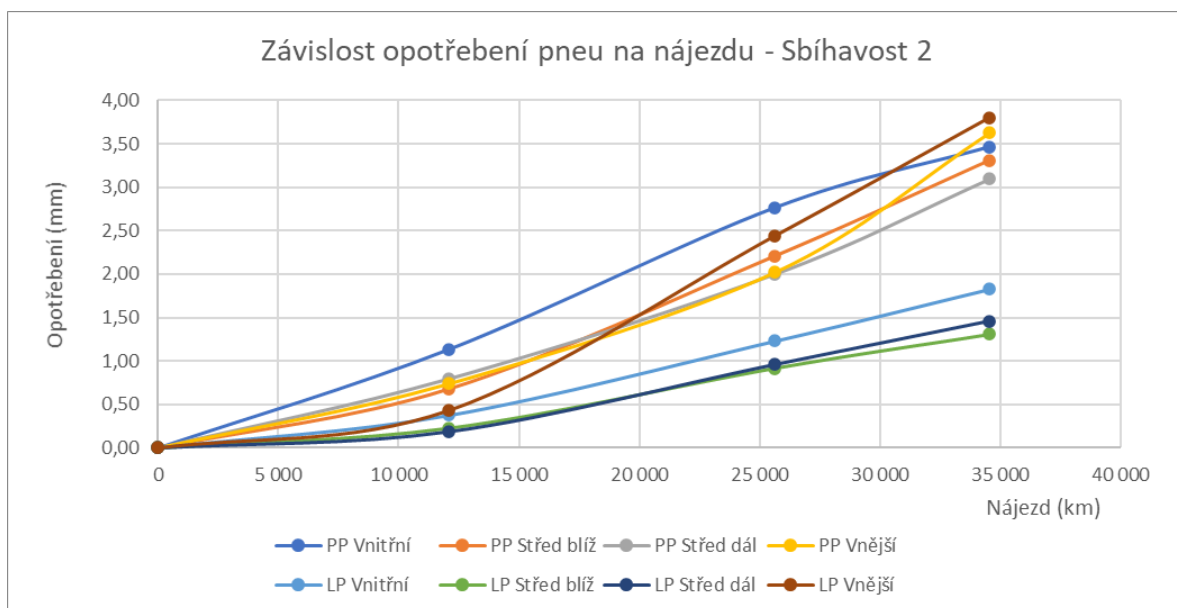
U levé přední pneumatiky bylo opět nejvíce opotřebováno vnější rameno, a to o  $3,80 \text{ mm}$ . Vnitřní rameno pneumatiky bylo opotřebováno o  $1,83 \text{ mm}$ . Na střední drážce nákladního vozidla dál od středu vozidla bylo naměřeno opotřebení  $1,46 \text{ mm}$ , střední drážka blíže ke středu vozidla vykazovala změnu o  $1,31 \text{ mm}$ .

Výsledky měření u tohoto vozidla neodpovídají očekávání v tom smyslu, že větší sbíhavost by měla vést k vyššímu opotřebení pneumatik. V porovnání s vozidlem č. 1 s požadovanou hodnotou sbíhavosti  $36' - 39'$  ( $7 \text{ mm}/1 \text{ m}$ ) jsme zde sledovali nižší, a to cca 60% opotřebení.

Usuzuji, že v tomto případě, kdy bylo požadováno nastavení velmi nestandardních parametrů sbíhavosti, mohlo dojít z technických případně lidských důvodů k odlišnému než požadovanému seřízení přední geometrie náprav vozidla, protože reálná měření ukazují na opotřebení odpovídající nastavení mezi nákladním vozidlem č. 1 a č. 3, a to na úrovni cca  $19' - 21'$  (cca  $3 - 4 \text{ mm}/1 \text{ m}$ ). Toto bylo stanoveno dle úrovně naměřeného opotřebení. Z hlediska míry nerovnoměrnosti opotřebení běhounu dosahoval podíl hodnoty maximálního a minimálního opotřebení až 290 % u levé pneumatiky, pravá pneumatika vykazovala rovnoměrnější opotřebení s podílem cca 120 %.

Tab. č. 5: Kumulované opotřebení pneumatik – Nákladní vozidlo 2 [vlastní]

Tachometr	Nájezd	PP				LP			
		Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
660 272	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
672 361	12 089	1,14	0,68	0,80	0,74	0,37	0,23	0,19	0,43
685 915	25 643	2,77	2,21	2,01	2,03	1,23	0,92	0,96	2,44
694 827	34 555	3,47	3,31	3,10	3,63	1,83	1,31	1,46	3,80



Graf č. 2: Závislost opotřebení pneumatik na nájezdu – Sbíhavost 2 [vlastní]

V případě tohoto vozidla jsme opět pozorovali největší opotřebení vnější části pneumatiky a poté obdobné pořadí opotřebení v jednotlivých bodech pláště. Důvody a vysvětlení popsané u nákladního vozidla č. 1 platí i v tomto případě.

### 5.3 NÁKLADNÍ VOZIDLO 3 (1BX XXXX)

Vozidlu č. 3 byla nastavena sbíhavost 5´-11´ (1-2 mm/1 m), tedy standardní výrobcem udávaná hodnota. Vozidlo s SPZ 1BX xxxx za dobu měření ujelo 35 036 km. Na pravé přední pneumatice bylo nejvyšší opotřebení na vnějším ramenu pneumatiky, a to 2,65 mm. Na vnitřním ramenu pravé přední pneumatiky bylo celkové opotřebení za dané období 2,17 mm. V případě středních drážek byla více opotřebená drážka dále od středu vozidla o 0,16 mm.

U levé přední pneumatiky byla také nejvíce opotřebována ramena pneumatiky. Na vnější straně pneumatiky, která byla dále od středu vozidla, jsem naměřila opotřebení 2,47 mm. Na vnitřním rameni pneumatiky bylo opotřebení na levé přední pneumatice 2,24 mm. V případě středních drážek byla více opotřebována drážka dále od středu vozidla, a to o 0,05 mm.

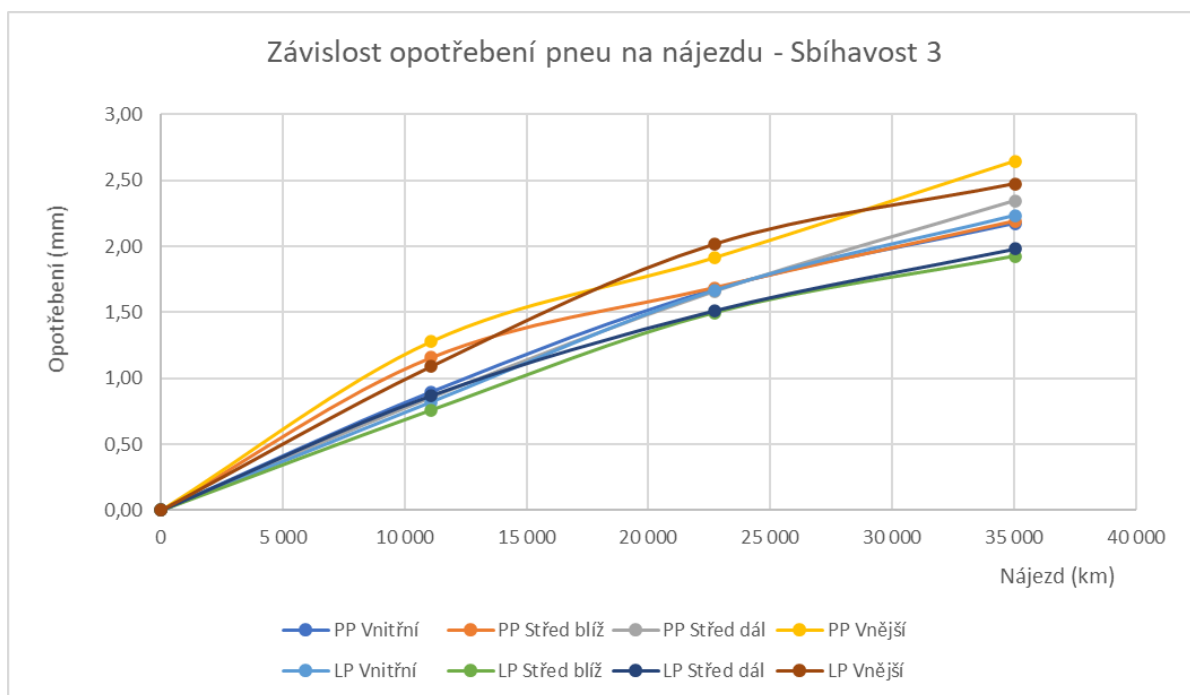
Tab. č. 6: Kumulované opotřebenění pneumatik – Nákladní vozidlo 3 [vlastní]

Tachometr	Nájezd	PP				LP			
		Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
667 253	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
678 342	11 089	0,90	1,16	0,86	1,28	0,82	0,76	0,87	1,09
689 961	22 708	1,67	1,69	1,66	1,92	1,67	1,50	1,51	2,02
702 289	35 036	2,17	2,19	2,35	2,65	2,24	1,93	1,98	2,47

Při porovnání výsledků mezi oběma koly je z **grafu č. 3** patrné větší opotřebenění pravé přední pneumatiky ve srovnání s levou přední pneumatikou.

I v případě vozidla č. 3 můžeme konstatovat, že dominantně byla opotřebena obě vnější ramena, a to opět z důvodu vysokého těžiště vozidla, poté byla zasažena vnitřní ramena ze stejného důvodu. Důvodem, proč byla vnější ramena opotřebována více než vnitřní, byl opět vliv zvýšeného tření, které se projevilo v důsledku nastavené mírné sbíhavosti. Větší opotřebenění pravé pneumatiky opět vzniklo důsledkem konstrukčního řešení silnic a příčného sklonu vozovky a s tím spojeného většího zatížení pravé pneumatiky v důsledku nerovnoměrného hmotnostního zatížení. V případě vozidla 3 šlo o správně nastavenou geometrii (v souladu s doporučením výrobce), a tak se během pneumatiky neopotřebovával takovou rychlostí jako v předchozích dvou případech.

**Graf č. 3** ukazuje opotřebenění pneumatik v případě ideálního (výrobce doporučeného) nastavení sbíhavosti. Obecně lze pozorovat mnohem nižší úroveň opotřebenění ve srovnání s předchozími vozidly. Navíc je i rozptyl koncových hodnot v grafu nejmenší ze všech tří vozidel a podíl hodnoty maximálního a minimálního opotřebenění dosahuje cca 120–130 % pro obě kola. Tak lze konstatovat, že toto nastavení je ideální z pohledu rovnoměrnosti opotřebování během pneumatiky.



Graf č. 3: Závislost opotřebenění pneumatik na nájezdu – Sbíhavost 3 [vlastní]

## 5.4 VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT

Z hlediska určení délky životnosti pneumatiky bylo třeba sledovat místo pneumatiky s nejvyšším opotřebením. Dle metodiky ke kontrole a hodnocení dezénových drážek běhounu pneumatiky vozidel č. 3/2012/STK/5.2 Ministerstva dopravy České republiky je minimální požadovaná hloubka dezénu letních pneumatik  $1,6\text{ mm}$ , a to v libovolné části běhounu. Toto ustanovení platí jak pro osobní, tak pro nákladní vozidla. Proto jsme pro tento účel využili maximální hodnoty opotřebenění ze čtyř částí běhounu měřených na každé pneumatice.

Předpokládaná životnost pneumatik u vozidla 1 měla být dle odborníků  $50\%$  tedy  $85\ 000\text{ km}$ . Dle naměřených hodnot u vozidla vycházelo maximální opotřebenění pravé přední pneumatiky na  $1,64\text{ mm}/10\ 000\text{ km}$  a levé přední pneumatiky na  $1,62\text{ mm}/10\ 000\text{ km}$ . Z těchto hodnot a ze znalosti výrobní hloubky dezénu ( $13\text{ mm}$ ) a z minimální nutné hloubky dezénu ( $1,6\text{ mm}$ ), kdy maximální možné opotřebenění se tedy rovnalo  $11,4\text{ mm}$  jakožto rozdíl obou hodnot, jsme spočetli životnost pneumatik. U pravé přední pneumatiky životnost rovnala  $69\ 389\text{ km}$  a u levé přední pneumatiky  $70\ 394\text{ km}$ . Životnost pneumatik se tedy blížila předpokládané životnosti.

Tab. č. 7: Vyhodnocení opotřebenění a maximálního nájezdu – Nákladní vozidlo 1 [vlastní]

Nákladní vozidlo 1 (1BA xxxx)	PP		LP	
	Průměr	Maximum	Průměr	Maximum
Opotřebenění za měřené období (mm)	5,24	5,96	3,46	5,87
Opotřebenění na 10 000 km (mm)	1,45	1,64	0,96	1,62
Maximální nájezd (km)	78 825	69 389	119 368	70 394

Předpokládaná životnost pneumatik u vozidla 2 byla dle odborníků  $30\%$  tedy  $51\ 000\text{ km}$ . Z naměřených hodnot jsme získali maximální opotřebenění na  $10\ 000\text{ km}$ . Na pravé přední pneumatice se jednalo o  $1,05\text{ mm}$  a na levé přední pneumatice je  $1,10\text{ mm}$ . Maximální nájezd vozidla 2 se na pravé přední pneumatice rovnal  $108\ 542\text{ km}$  a na levé přední pneumatice  $103\ 624\text{ km}$ . Změřené výsledky neodpovídaly proporčně výsledkům získaným měřeními u ostatních dvou vozidel a ani výše zmíněným předpokladům odborníků.

Vzhledem k neočekávaným výsledkům měření jsem kontaktovala řidiče B a požádala ho, aby popsal, jaký pociťuje rozdíl v ovládní vozidla oproti stavu před nastavením nové geometrie nápravy. Řidič B se vyjádřil, že ovládní vozidla mu připadalo stále stejné jako v minulosti, žádný velký rozdíl v řízení necítil. Názor řidiče B tedy podporuje moji domněnku o nesprávně nastavené geometrii nápravy.

Tab. č. 8: Vyhodnocení opotřebení a maximálního nájezdu – Nákladní vozidlo 2 [vlastní]

Nákladní vozidlo 2 (1BF xxxx)	PP		LP	
	Průměr	Maximum	Průměr	Maximum
Opotřebení za měřené období (mm)	3,38	3,63	2,10	3,80
Opotřebení na 10 000 km (mm)	0,98	1,05	0,61	1,10
Maximální nájezd (km)	116 689	108 542	187 718	103 624

U vozidla 3 byla předpokládána životnost pneumatik dle odborníků 100 % tedy 170 000 km. Maximální nájezd pro pravou přední pneumatiku při opotřebení 0,76 mm/10 000 km byl 150 863 km. U levé přední pneumatiky jde o maximální nájezd 161 541 km při opotřebení 0,71 mm/10 000 km. Předpokládaná životnost se tedy u třetího vozidla také potvrdila.

Tab. č. 9: Vyhodnocení opotřebení a maximálního nájezdu – Nákladní vozidlo 3 [vlastní]

Nákladní vozidlo 3 (1BX xxxx)	PP		LP	
	Průměr	Maximum	Průměr	Maximum
Opotřebení za měřené období (mm)	2,34	2,65	2,15	2,47
Opotřebení na 10 000 km (mm)	0,67	0,76	0,61	0,71
Maximální nájezd (km)	170 688	150 863	185 503	161 541

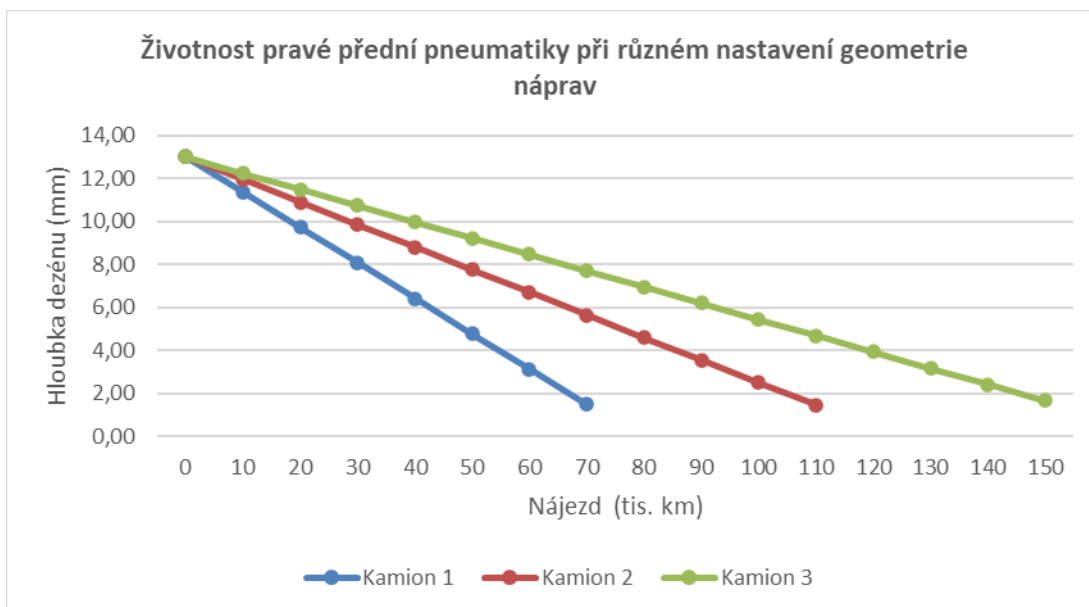
Hodnoty u prvního a třetího vozidla jsou mírně pod životností předpokládanou ze strany odborníků za předpokladu, že řidič pneumatiku mechanicky nepoškodil. Jsem toho názoru, že hlavním důvodem snížené životnosti bude reálná praxe při měření hloubky dezénu, která nebude postavena na precizním měření v 16 bodech běhounu jako v případě tohoto měření a možná jistá míra tolerance motivovaná ekonomickými důvody, kdy pneumatiky budou používány i nad rámec minimálního vzorku.

Dále předkládám porovnání jednotlivých vozidel mezi sebou z hlediska vývoje opotřebení v závislosti na nájezdu. Z údajů uvedených v následujících dvou tabulkách a grafech můžeme konstatovat, že provedená měření prokázala podstatný vliv sbíhavosti na opotřebení pneumatik. Maximální nájezd pneumatik na vozidle se sbíhavostí 7 mm/1 m dosahoval cca 45 % hodnoty maximálního nájezdu vozidla se standardním nastavením doporučeným výrobcem 1–2 mm/1 m.

**V tabulce č. 10 a grafu č. 4** je uveden profil celkové životnosti pravé přední pneumatiky všech měřených vozidel.

Tab. č. 10: Životnost pravé přední pneumatiky při různém nastavení geometrie náprav [vlastní]

Nájezd v tis. km	Nákladní vozidlo 1	Nákladní vozidlo 2	Nákladní vozidlo 3
0	13,00	13,00	13,00
10	11,36	11,95	12,24
20	9,71	10,90	11,49
30	8,07	9,85	10,73
40	6,43	8,80	9,98
50	4,79	7,75	9,22
60	3,14	6,70	8,47
70	1,50	5,65	7,71
80		4,60	6,95
90		3,55	6,20
100		2,50	5,44
110		1,45	4,69
120			3,93
130			3,18
140			2,42
150			1,67

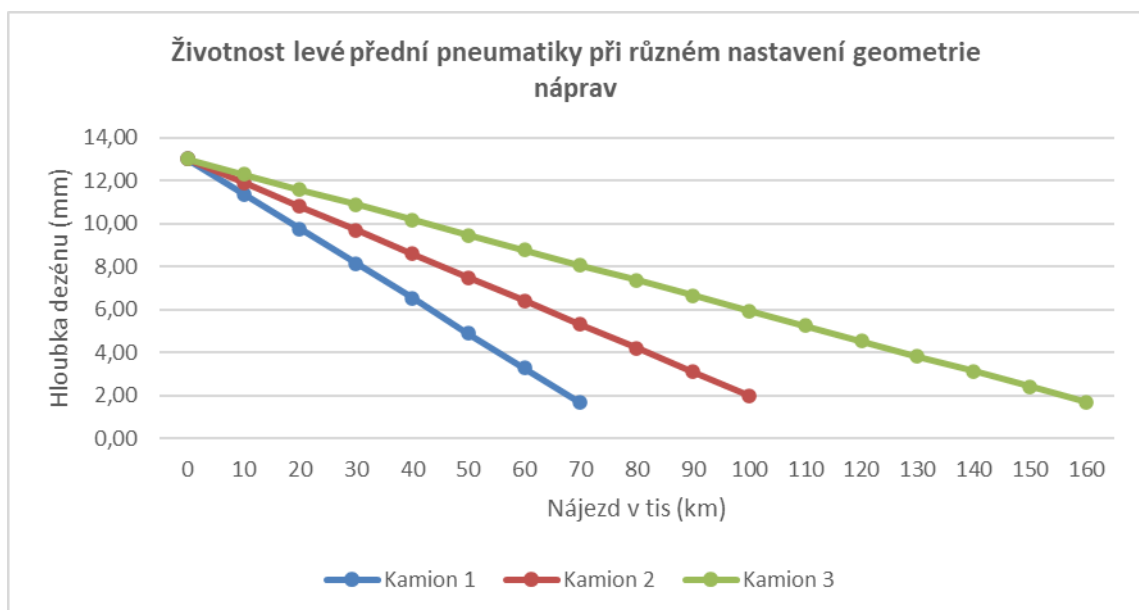


Graf č. 4: Graf životnosti pravé přední pneumatiky při různém nastavení geometrie náprav [vlastní]

**Z tabulky č. 11 a grafu č. 5** je patrná celková životnost levé přední pneumatiky všech měřených vozidel.

Tab. č. 11: Životnost levé přední pneumatiky při různém nastavení geometrie náprav [vlastní]

Nájezd v tis. km	Nákladní vozidlo 1	Nákladní vozidlo 2	Nákladní vozidlo 3
0	13,00	13,00	13,00
10	11,38	11,90	12,29
20	9,76	10,80	11,59
30	8,14	9,70	10,88
40	6,52	8,60	10,18
50	4,90	7,50	9,47
60	3,28	6,40	8,77
70	1,66	5,30	8,06
80		4,20	7,35
90		3,10	6,65
100		2,00	5,94
110			5,24
120			4,53
130			3,83
140			3,12
150			2,41
160			1,71



Graf č. 5: Graf životnosti levé přední pneumatiky při různém nastavení geometrie [vlastní]



## 5.5 NÁVRH ÚPRAV METODIKY MĚŘENÍ PRO DALŠÍ VYUŽITÍ

Z hlediska statistického měření byl daný počet vozidel nedostatečným reprezentativním vzorkem, a proto jsem použila jednodušší srovnávací postupy, jako jsou průměry, maxima a lineární extrapolace. Větší počet zahrnutých vozidel by zvýšil průkaznost výsledků, protože by snížil vliv rozdílů v technických vlastnostech vozidel i vliv chování řidičů. Pro vyloučení vlivu řidiče na způsob opotřebení bych navrhovala tento postup: skupina nákladních vozidel s řidiči by po dobu životnosti pneumatiky jezdila s jednotnou sbíhavostí, po výměně pneumatik za nové kusy by stejná skupina řidičů a vozidel jezdila s jinou jednotnou sbíhavostí. V tomto případě by jistě bylo zajímavé sledovat i jednotlivé odchylky vozidel na stejně nastavené geometrii.

Při průběžném měření jsem narazila na problém s podhuštěnými pneumatikami. Přední pneumatiky by měly být nahuštěny na *9 bar*, některé však měly pouze *8,5 bar*. Maximální zatížení na přední nápravu je u vozidla DAF XF 460 *7,2 tuny*. Pokud je jedna pneumatika podhuštěna o *0,5 bar*, sníží se dle pana Langera nosnost soupravy z *25 tun* o *400–500 kg*. Podhuštění pneumatik má vliv na oboustranné opotřebení v ramenní oblasti. Pokud byly tedy pneumatiky podhuštěny, je zde možnost vlivu na dané hodnoty měření.

Z důvodu možných chyb při úvodním nastavení, případně změnám nastavení při provozu nákladního vozidla, by bylo vhodné provést několik měření nastavené geometrie v průběhu experimentu.

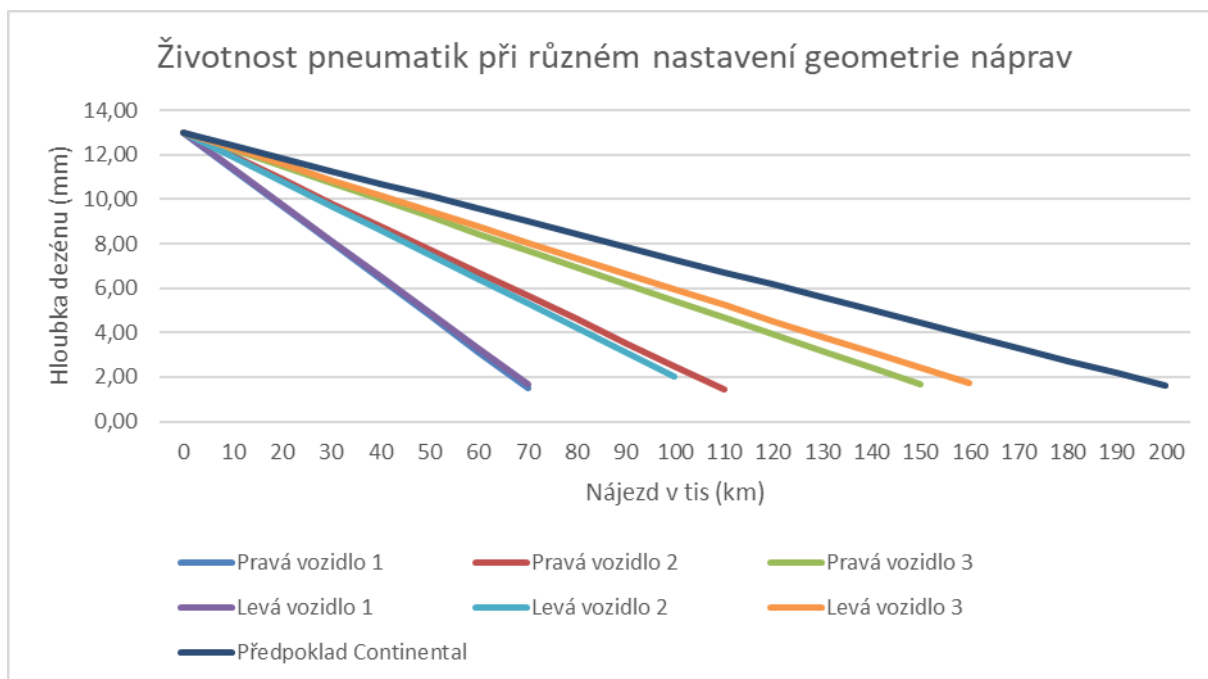
Dle názorů odborníků by se nastavení geometrie nápravy na opotřebení běhounu pneumatiky mělo výrazněji projevit až při vyšší kilometráži (cca. *50 000 km*). Z mých výsledků ovšem vyplývá, že vliv na opotřebení běhounu je patrný již při nižších kilometrových nájezdech.

## 6 ZÁVĚR

Tato práce pojednávala o vlivu nastavení geometrie nápravy vozidla, konkrétně sbíhavosti kol, na opotřebení běhounu pneumatiky. V úvodních kapitolách byl proveden rozbor jak samotné konstrukce pneumatiky, tak geometrie náprav a konstrukce podvozku. Dále se práce zabývala potřebným vybavením a přístroji, které je nutné využít při nastavování geometrie náprav vozidla.

Měření se provádělo na 3 vozidlech značky DAF XF 460 v průběhu pěti měsíců. Celkem vozidla najela přes 105 000 km. Výsledkem analýzy naměřených hodnot u prvního a třetího nákladního vozidla bylo potvrzení vlivu nastavení přední geometrie nápravy vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky. Při nastavené větší sbíhavosti kol byl patrný silný vliv na ramenní části pneumatiky, které se opotřebovávaly daleko více než střední část běhounu pneumatiky, čímž narůstala míra nerovnoměrnosti opotřebení, která vede k podstatnému zkrácení maximálního nájezdu. Je zřejmé, že z ekonomického hlediska je tato cesta nevýhodná a že jejím jediným identifikovatelným pozitivem je pocit lepší ovladatelnosti vozidla formulovaný řidičem prvního nákladního vozidla.

V **grafu č. 6** je patrná životnost jednotlivých pneumatik při různém nastavení geometrie náprav u všech vozidel. Ideální nastavení geometrie náprav  $5' - 11'$  ( $1-2 \text{ mm}/1 \text{ m}$ ) vidíme v grafu u nákladního vozidla č. 3. Nákladnímu vozidlu č. 2 byla nastavena sbíhavost  $1^\circ 5'$  ( $13 \text{ mm}/1 \text{ m}$ ). Nákladnímu vozidlu č. 1 byla nastavena sbíhavost  $36' - 39'$  ( $7-7,5 \text{ mm}/1 \text{ m}$ ). V grafu je zaznamenána i předpokládaná životnost pneumatik společností Continental Barum s.r.o. Společnost JAPO – transport s.r.o. měla dle statistických měření na pneumatikách u vozidel průměrnou životnost pneumatiky 160–180 tisíc km.



Graf č. 6: Životnost pneumatik při různém nastavení geometrie náprav [vlastní]

Z hlediska zlepšení navržené metodiky zjišťování vlivu nastavení geometrie nápravy vozidla na opotřebení pneumatiky bych doporučila zvýšit počet zkoumaných vozidel z důvodu rozsáhlejšího datového vzorku a následně větší věrohodnosti výstupů. Ke zlepšení kvality dat by mohla pomoci i průběžná kontrola vozidel, a to jak na úrovni provozní při měření hodnoty tlaku v pneumatikách, tak na úrovni dílenské při kontrole nastavené geometrie náprav vozidel.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MARCÍN, Jiří. *Pneumatiky – výroba, použití, údržba*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství technické literatury, 1976, 272 s. ISBN není uvedeno.
- [2] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: VLK, 2003, 392 s. ISBN 80-239-0026-9.
- [3] VOLNÝ, Oldřich a Pavel SPANDRZYK. *Historie kola* [online]. 2010 [cit. 2020-11-01]. Dostupné z: <http://net-auto.cz/moodle/mod/resource/view.php?id=131>
- [4] FISCHER, Miroslav. *Vliv pneumatik na bezpečnost jízdy*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury ve Středisku interních publikací, 1978, 64 s. ISBN není uvedeno.
- [5] SAJDL, Jan. *Konstrukce pneumatiky*. Autolexicon.net [online]. [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/konstrukce-pneumatiky/>
- [6] E-agropneu.cz. *Rozdíl mezi diagonální a radiální pneumatikou*. E-agropneu.cz [online]. [cit. 2020-11-04]. Dostupné z: <https://www.e-agropneu.cz/poradna/typy-pneumatik/diagonalni-radialni.htm>
- [7] Bawel.cz. *Duše Atlas 300-15 TR177A*. Bawel.cz [online]. [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <https://www.bawel.cz/duse-atlas-300-15-tr177a-zahnuty-ventil>
- [8] Mpneu.cz. *Druhy dezénů a segmenty pneumatik*. Mpneu.cz [online]. [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <https://www.mpneu.cz/typypneumatik/>
- [9] Nejdrazsipneu.cz. *Výběr správné pneumatiky*. Nejdrazsipneu.cz [online]. [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <https://www.nejdraszipneu.cz/cze/pneuradce/>
- [10] Pneumatiky.cz. *Povinnost zimních pneumatik 2020/2021*. Pneumatiky.cz [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: [https://www.pneumatiky.cz/povinnost-zimnich-pneumatik-t4?gclid=Cj0KCQiAhZT9BRDmARIsAN2E-J1aYDI-C38Kf9Zlj5zT54-N1zYM6j3SPGdnbh76paalcQtk5MwyR8aApHUEALw\\_wcB](https://www.pneumatiky.cz/povinnost-zimnich-pneumatik-t4?gclid=Cj0KCQiAhZT9BRDmARIsAN2E-J1aYDI-C38Kf9Zlj5zT54-N1zYM6j3SPGdnbh76paalcQtk5MwyR8aApHUEALw_wcB)
- [11] Pneumatiky.cz. *Jaký je rozdíl mezi letní, zimní a celoroční pneumatikou?* Pneumatiky.cz [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/jaky-je-rozdil-mezi-letni-zimni-a-celoročni-pneumatikou-t4>
- [12] Zakonyprolidi.cz. *Zákon č. 361/2000Sb. Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů*. Zakonyprolidi.cz [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>
- [13] Kral-pneu.cz. *Co znamenají rozměry pneu a disků*. Kral-pneu.cz [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <http://www.kral-pneu.cz/co-znamenaji-rozmary-pneu-a-disku.html>
- [14] VALSKÝ, Tomáš. *Stáří a životnost pneumatik*. Pneumatiky.cz [online]. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/info/povinna-kontrola-tlaku-v-pneumatikach-tpms.html>
- [15] *Příručka Continental Poškození pneumatik a jejich příčiny*, Continental AG Büttnerstraße, 25D-30165 Hannover.
- [16] VLK, František. *Diagnostika motorových vozidel*. Brno: prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2006, ISBN 80-239-7064-X.
- [17] Autolexicon [online]. [cit. 2020-11-06]. Autolexicon. Dostupné z: [www.autolexicon.net](http://www.autolexicon.net) | ... s námi uvidíte pod kapotu
- [18] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2001, 575 s., ISBN: 80-238-6573-0.
- [19] CONSTANT, Charlie. *Suspension design: definitions and effects on vehicle behavior: Caster angle and mechanical trail*. In: *Car Engineer* [online]. [cit. 2021-01-08]. Dostupné z: <http://www.car-engineer.com/suspension-design-definitions-and-effects-on-vehicle-behavior/>

- [20] Gscheidle, Rolf a kol. Příručka pro automechanika. 3. vyd. Praha: Europa-Sobotáles cz. s.r.o., 2007, 685 s. ISBN 978-80-86706-17-7.
- [21] ČUPERA, Jiří a Pavel ŠTĚRBA. Automobily. 7, Diagnostika motorových vozidel I. Brno: Avid, 2007, 195 s. ISBN 978-80-903671-9-7 brož.
- [22] Koch-Achsmessanlagen. In: Koch-achsmessanlagen [online]. [cit. 2021-01-08]. Dostupné z: <https://www.kochachsmessanlagen.de/en/about/history.html>
- [23] HOREJŠ Karel a Vladimír MOTEJL. Příručka pro řidiče a opraváře automobilů. 4. vyd. Brno: Littera, 2008, 358 s. ISBN 978-80-85763-42-3.
- [24] SAJDL, Jan. Tuhá náprava. Autolexicon.net [online]. [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/tuha-naprava>
- [25] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. Automobily – Podvozky. 3. vyd. Brno: Avid, 2004, 211 s. EAN 9788087143360
- [26] mustangevolutin.cz. Co je to Wattův přímovod a k čemu slouží? Mustangevolution.cz [online]. [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://www.mustangevolution.cz/co-je-to-wattuv-primovod-a-k-cemu-slouzi/>
- [27] Vancl, K. Automobily. [online] 2011. [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: [http://projekt.iss-slany.cz/wp-content/uploads/2011/10/AUTOMOBILY\\_KV-bar\\_tisk1.pdf](http://projekt.iss-slany.cz/wp-content/uploads/2011/10/AUTOMOBILY_KV-bar_tisk1.pdf)
- [28] SAJDL, Jan. Kyvadlová náprava. Autolexicon.net [online]. [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/kyvadlova-uhlova-naprava/>
- [29] AUTOPERA. Vinuté pružiny [online]. [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://www.autopera.cz/vinute-pruziny/>
- [30] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. Automobily – Podvozky. 4. vyd. Brno: Avid, spol. s.r.o., 2012, 245 s. EAN 978-80-87143-24-8.
- [31] BRAUN, Pavel a Miroslav VALA. Vojenská kolová vozidla, díl III. – Konstrukce vozidel. Učebnice U-1221/3. Vojenská akademie Brno, 2000.
- [32] GILLESPIE, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992. ISBN 1-56091-199-9.
- [33] Pneu-klub. Pneumatiky pro nákladní automobily – specifika. Pneuclub.cz [online]. [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://www.pneuclub.cz/1996/pneumatiky-pro-nakladni-automobily-specifika/>
- [34] E-agropneu.cz. Typy pneumatik. E-agropneu.cz [online]. [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://www.e-agropneu.cz/poradna/typy-pneumatik/>
- [35] Příručka Continental Truck, bus and coach tyres. Basics to optimize your tyre performance. Continental AG Büttnerstraße, 68BE8.gb 2010.02 Hannover.
- [36] LANGER, Aleš. Presentace Continental – Faktory ovlivňující životnost nákladních pneumatik. Continental AG, Otrokovice 01. 01. 2014.
- [37] KUNZL, Petr. AD Technik – Technika a diagnostika podvozku: Tohle přece dávno víte... (3). AutoEXPERT. TruckEXPERT. Autopress, s.r.o., 11. 2020. str. 44-48.

## SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1: Parametry využívaného hloubkoměru [Fieldmann] .....	53
Tab. č. 2: Měření vnitřních částí pneumatik [vlastní] .....	55
Tab. č. 3: Výsledné hodnoty měření vnitřních částí pneumatik [vlastní] .....	55
Tab. č. 4: Kumulované opotřebení pneumatik – Nákladní vozidlo 1 [vlastní].....	56
Tab. č. 5: Kumulované opotřebení pneumatik – Nákladní vozidlo 2 [vlastní].....	59
Tab. č. 6: Kumulované opotřebení pneumatik – Nákladní vozidlo 3 [vlastní].....	60
Tab. č. 7: Vyhodnocení opotřebení a maximálního nájezdu – Nákladní vozidlo 1 [vlastní] .....	61
Tab. č. 8: Vyhodnocení opotřebení a maximálního nájezdu – Nákladní vozidlo 2 [vlastní] .....	62
Tab. č. 9: Vyhodnocení opotřebení a maximálního nájezdu – Nákladní vozidlo 3 [vlastní] .....	62
Tab. č. 10: Životnost pravé přední pneumatiky při různém nastavení geometrie náprav [vlastní].....	63
Tab. č. 11: Životnost levé přední pneumatiky při různém nastavení geometrie náprav [vlastní] .....	64

## SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Závislost opotřebení pneumatik na nájezdu – Sbíhavost 1 [vlastní].....	57
Graf č. 2: Závislost opotřebení pneumatik na nájezdu – Sbíhavost 2 [vlastní].....	59
Graf č. 3: Závislost opotřebení pneumatik na nájezdu – Sbíhavost 3 [vlastní].....	60
Graf č. 4: Graf životnosti pravé přední pneumatiky při různém nastavení geometrie náprav [vlastní] .....	63
Graf č. 5: Graf životnosti levé přední pneumatiky při různém nastavení geometrie [vlastní] .....	64
Graf č. 6: Životnost pneumatik při různém nastavení geometrie náprav [vlastní] .....	66

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: Běhoun [5] .....	12
Obr. č. 2: Nárazník [5] .....	13
Obr. č. 3: Kostra [5].....	13
Obr. č. 4: Pogumované ocelové kordy [vlastní].....	14
Obr. č. 5: Detail pogumovaných ocelových kordů [vlastní] .....	14
Obr. č. 6: Vnitřní gumová vrstva [5].....	14
Obr. č. 7: Patka [5].....	15
Obr. č. 8: Patní lanko [5] .....	15
Obr. č. 9: Bočnice [5].....	16
Obr. č. 10: Radiální a diagonální pneumatika [6] .....	17
Obr. č. 11: Asymetrický, symetrický a směrový dezén pneumatiky [9].....	18

Obr. č. 12: Letní, zimní a celoroční pneumatiky [11] .....	19
Obr. č. 13: Značení pneumatiky [vlastní] .....	20
Obr. č. 14: Jednostranné opotřebení [15] .....	22
Obr. č. 15: Jednostranné opotřebení [vlastní].....	23
Obr. č. 16: Středové opotřebení [15] .....	23
Obr. č. 17: Středové opotřebení [35] .....	24
Obr. č. 18: Abnormální oboustranné opotřebení v ramenní oblasti [36] .....	25
Obr. č. 19: Opotřebení v ramenní oblasti [vlastní].....	25
Obr. č. 20: Úhel odklonu kola [17] .....	27
Obr. č. 21: Příklon rejdového čepu [17].....	28
Obr. č. 22: Poloměr rejdu [17] .....	28
Obr. č. 23: Záklon rejdové osy [17] .....	29
Obr. č. 24: Úhel sbíhavosti [17].....	30
Obr. č. 25: Mechanické měření geometrie KOCH NC-27 [22].....	31
Obr. č. 26: Optické měřidlo KOCH-ACHSMESSANLAGEN HD-30 EasyTouch – zdroj světla [vlastní].....	32
Obr. č. 27: Optické měřidlo KOCH-ACHSMESSANLAGEN HD-30 EasyTouch – projekční plocha upevněná na zadní nápravě [vlastní].....	32
Obr. č. 28: Terč na kole HawkEye Elite Alignment Machine [vlastní] .....	33
Obr. č. 29: Totem se snímačem hodnot HawkEye Elite Alignment Machine [vlastní].....	33
Obr. č. 30: Měření jednotlivých hodnot kol [vlastní] .....	33
Obr. č. 31: Výsledný grafický protokol [vlastní] .....	34
Obr. č. 32: Výsledný textový protokol [vlastní] .....	34
Obr. č. 33: Dvě osy návěsu nejsou umístěny paralelně, volant musí korigovat směr [36].....	36
Obr. č. 34: Panhardská tyč [26].....	37
Obr. č. 35: Wattův přímovod [26].....	37
Obr. č. 36: Lichoběžníková náprava [17] .....	38
Obr. č. 37: Náprava McPherson [17] .....	38
Obr. č. 38: Kyvadlová úhlová náprava [17] .....	39
Obr. č. 39: Kliková náprava [17].....	39
Obr. č. 40: Přední pětiprvková náprava [17] .....	40
Obr. č. 41: Otočná podložka [vlastní] .....	47
Obr. č. 42: Držák se zdrojem světla [vlastní].....	47
Obr. č. 43: Projekční plocha se stupnicí [vlastní].....	47
Obr. č. 44: Stupnice s hodnotou [vlastní].....	47
Obr. č. 45: Spojovací tyč řízení [vlastní] .....	48
Obr. č. 46: Měrka s číslem 0 [vlastní] .....	49
Obr. č. 47: Odchylka předních kol [vlastní] .....	49
Obr. č. 48: Převodní tabulka [návod HD-30 EasyTouch] .....	49
Obr. č. 49: Nastavování převodky řízení [vlastní] .....	50

Obr. č. 50: Vozidlo s nastavenou sbíhavostí 13 mm/1 m [vlastní] .....	51
Obr. č. 51: Vozidlo se správně nastavenou geometrií, sbíhavost 1–2 mm/1 m [vlastní] .....	51
Obr. č. 52: Technické parametry [Osvědčení o registraci vozidla část II., vozidlo s SPZ 1BF xxxx] .....	52
Obr. č. 53: Měření hloubky dezénu pneumatiky aplikací společnosti Continental [Aleš Langer] .....	53
Obr. č. 54: Měření opotřebení pneumatiky [vlastní].....	54
Obr. č. 55: Naměřená hodnota [vlastní] .....	54
Obr. č. 56: Body měření opotřebení pneumatiky [vlastní] .....	54
Obr. č. 57: Pneumatiky nákladního vozidla 1 ze dne 26. 5. 2021 [vlastní].....	58
Obr. č. 58: Pneumatiky nákladního vozidla 1 ze dne 6. 8. 2021 [vlastní].....	58

## SEZNAM ZKRATEK

ABS..... Antilockiersystem, protiblokovací systém

CCD .... Charge-coupled device, elektronická součástka používaná pro snímání obrazové informace

DOT .... datum výroby u pneumatik

GPS..... Global positioning system, globální družicový polohový systém

SPZ ..... státní poznávací značka

SUV..... sport utility vehicle, sportovně užitkové vozidlo

TWI .... Tread wear indicator, indikátor opotřebení běhounu

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Opotřebení pneumatik u nákladního vozidla s SPZ 1BA xxxx

Příloha č. 2: Opotřebení pneumatik u nákladního vozidla s SPZ 1BF xxxx

Příloha č. 3: Opotřebení pneumatik u nákladního vozidla s SPZ 1BX xxxx



# PŘÍLOHA Č. 1

Vozidlo 1 SPZ: 1BA xxxx  
Měření č. 1 06.05.2021

Řidič A 7 - 7,5 mm/ 1m  
Nájezd: 766 041 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST blíž ke středu vozidla				STŘEDNÍ ČÁST dál od středu vozidla				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	12,43	12,22	12,23	12,45	12,5	11,86	10,99	12,8	12,27	12,14	12,21	12,31	12,22	11,42	10,22	10,49
LP	11,68	11,68	11,28	12	11,78	12,15	12,05	12,56	12,65	11,19	12,57	12,59	11,64	12,05	12,24	12,27

Výsledná tabulka prvního měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	12,3325	12,0375	12,2325	11,0875
LP	11,66	12,135	12,25	12,05

Měření č. 2 26.05.2021 Nájezd: 776 173 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST blíž ke středu				STŘEDNÍ ČÁST dál od středu vozidla				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	11,12	10,82	10,8	10,72	11,05	11	11,02	11,94	11,03	11,12	10,8	10,73	10,24	10,35	10,25	10,44
LP	11,3	11,01	10,95	11,17	11,94	11,69	11,67	11,86	11,31	11,49	10,92	11,34	10,42	10,49	10,38	10,45

Výsledná tabulka druhého měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	10,865	11,2525	10,92	10,32
LP	11,1075	11,79	11,265	10,435

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	1,4675	0,785	1,3125	0,7675
LP	0,5525	0,345	0,985	1,615

Měření č. 3 25.06.2021 Nájezd: 786 827 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST blíž ke středu				STŘEDNÍ ČÁST dál od středu vozidla				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	8,97	8,89	8,69	9,16	9,03	8,9	9,07	8,14	8,77	8,89	8,96	8,49	7,96	7,69	7,92	7,72
LP	9,96	9,94	9,99	9,86	10,89	10,75	10,44	10,47	10,23	10,34	10,4	10,23	8,34	8,29	8,24	8,54

Výsledná tabulka třetího měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	8,9275	8,785	8,7775	7,8225
LP	9,9375	10,6375	10,3	8,3525

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	1,9375	2,4675	2,1425	2,4975
LP	1,17	1,1525	0,965	2,0825

Měření č. 4 30.07.2021 Nájezd: 799 720 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST blíž ke středu				STŘEDNÍ ČÁST dál od středu vozidla				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	7,83	7,95	8,09	7,96	7,79	7,6	7,68	8,12	7,32	7,4	7,79	7,27	5,95	5,59	5,57	5,94
LP	9,34	9,41	9,19	9,16	10,42	10,2	10,41	10,14	9,56	9,85	9,55	9,59	6,33	6,14	6,32	6,29

Výsledná tabulka čtvrtého měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	7,9575	7,7975	7,445	5,7625
LP	9,275	10,2925	9,6375	6,27

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	0,97	0,9875	1,3325	2,06
LP	0,6625	0,345	0,6625	2,0825

Měření č. 5 27.08.2021 Nájezd: 802 303 km (Vozidlo tři týdny mimo provoz z důvodu dovolené řidiče)

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST blíž ke středu vozidla				STŘEDNÍ ČÁST dál od středu vozidla				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	7,19	7,14	7,04	7,5	7,08	7,28	7,29	7,25	7,54	6,96	6,99	7,07	4,91	5,12	5,21	5,28
LP	8,59	8,69	8,37	8,77	10,09	9,95	9,76	9,97	9,42	9,22	9,67	9,76	6,29	6,12	6,11	6,19

Výsledná tabulka pátého měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	7,2175	7,225	7,14	5,13
LP	8,605	9,9425	9,5175	6,1775

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	0,74	0,5725	0,305	0,6325
LP	0,67	0,35	0,12	0,0925

# PŘÍLOHA Č. 2

Vozidlo 2 SPZ: 1Bf xxxx  
Měření č. 1 03.07.2021

Řidič B  
Nájezd: 660 272 km

13 mm/ 1 m

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST BLÍŽ KE STŘEDU VOZIDLA				STŘEDNÍ ČÁST DÁL OD STŘEDU VOZIDLA				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	10,83	10,9	10,88	10,54	11,56	11,68	11,62	11,68	11,7	11,75	11,7	11,89	10,39	10,43	10,41	10,48
LP	10,5	10,45	10,26	10,19	11,24	11,45	11,52	11,41	11,33	11,22	11,57	11,14	10,16	10,19	10,29	10,07

Výsledná tabulka prvního měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	10,7875	11,635	11,76	10,4275
LP	10,35	11,405	11,315	10,1775

Měření č. 2 25.07.2021 Nájezd: 672 361 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST BLÍŽ KE STŘEDU VOZIDLA				STŘEDNÍ ČÁST DÁL OD STŘEDU VOZIDLA				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	9,97	9,55	9,8	9,29	11,16	10,94	10,8	10,92	11	10,96	10,98	10,91	9,65	9,78	9,65	9,67
LP	9,99	9,92	9,97	10,02	11,21	11,08	11,2	11,22	11,14	11,11	11,09	11,17	9,68	9,93	9,92	9,45

Výsledná tabulka prvního měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	9,6525	10,955	10,9625	9,6875
LP	9,975	11,1775	11,1275	9,745

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	1,135	0,68	0,7975	0,74
LP	0,375	0,2275	0,1875	0,4325

Měření č. 3 27.08.2021 Nájezd: 685 915 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST BLÍŽ KE STŘEDU VOZIDLA				STŘEDNÍ ČÁST DÁL OD STŘEDU VOZIDLA				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	8,26	7,82	7,9	8,1	9,41	9,32	9,55	9,42	9,79	9,57	9,78	9,88	8,42	8,64	8,33	8,22
LP	8,78	8,85	8,98	9,87	10,95	10,74	10,08	10,18	10,46	10,2	10,35	10,41	7,62	7,86	7,63	7,83

Výsledná tabulka prvního měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	8,02	9,43	9,76	8,40
LP	9,12	10,49	10,36	7,74

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	1,63	1,53	1,21	1,29
LP	0,86	0,69	0,77	2,01

Měření č. 4 24.09.2021 Nájezd: 694 827 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST BLÍŽ KE STŘEDU VOZIDLA				STŘEDNÍ ČÁST DÁL OD STŘEDU VOZIDLA				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	7,68	7,02	7,35	7,23	8,43	8,12	8,60	8,15	8,83	8,37	8,83	8,62	6,94	6,92	6,88	6,45
LP	8,30	8,16	8,53	9,10	10,67	10,28	9,83	9,61	10,08	9,60	10,00	9,74	6,38	6,40	6,42	6,30

Výsledná tabulka prvního měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	7,321	8,326	8,66125	6,79825
LP	8,52325	10,09825	9,856	6,376

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	0,70	1,10	1,09375	1,60425
LP	0,59675	0,38925	0,499	1,359

# PŘÍLOHA Č. 3

Vozidlo 3 SPZ: 1BX xxxx  
Měření č. 1 11.06.2021

Řidič C  
Nájezd: 664 253 km

1-2 mm / 1m

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST BLÍŽ KE STŘEDU VOZIDLA				Střední část dál od středu				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	10,88	11,11	11,03	11,23	12,45	11,83	12,07	12,16	12,47	12,55	12,63	12,57	11,45	11,12	11,37	11,61
LP	10,86	11,14	10,64	11,17	11,78	11,54	11,65	11,9	11,88	11,49	11,78	11,84	10,54	11,09	10,91	11,08

Výsledná tabulka prvního měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	11,0625	12,1275	12,555	11,3875
LP	10,9525	11,7175	11,7475	10,905

Měření č. 2 02.07.2021

Nájezd: 678 896 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST BLÍŽ KE STŘEDU VOZIDLA				Střední část dál od středu				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	9,83	10,33	10,23	10,27	10,93	10,96	11,05	10,94	11,47	11,76	11,84	11,72	9,98	10,24	10,38	9,83
LP	10,18	9,98	10,21	10,15	11,21	10,7	10,57	11,35	10,94	10,79	10,86	10,92	9,63	9,94	10,13	9,56

Výsledná tabulka prvního měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	10,165	10,97	11,6975	10,1075
LP	10,13	10,9575	10,8775	9,815

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	0,8975	1,1575	0,8575	1,28
LP	0,8225	0,76	0,87	1,09

Měření č. 3 06.08.2021

Nájezd: 689 961 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST BLÍŽ KE STŘEDU VOZIDLA				Střední část dál od středu				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	9,35	9,29	9,44	9,48	10,45	10,36	10,41	10,54	11,07	10,73	10,88	10,9	9,39	9,46	9,61	9,43
LP	9,47	9,4	9,09	9,18	10,2	10,3	10,17	10,21	10,23	10,25	10,22	10,24	8,91	8,87	8,82	8,96

Výsledná tabulka prvního měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	9,39	10,44	10,895	9,4725
LP	9,285	10,22	10,235	8,89

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	0,775	0,53	0,8025	0,635
LP	0,845	0,7375	0,6425	0,925

Měření č. 4 17.09.2021

Nájezd: 702 289 km

	VNITŘNÍ ČÁST PNEU				STŘEDNÍ ČÁST BLÍŽ KE STŘEDU VOZIDLA				Střední část dál od středu				VNĚJŠÍ ČÁST PNEU			
	1. bod	2. bod	3. bod	4. bod	5. bod	6. bod	7. bod	8. bod	9. bod	10. bod	11. bod	12. bod	13. bod	14. bod	15. bod	16. bod
PP	8,99	8,89	8,8	8,88	10,05	10,08	9,33	10,28	10,05	10,3	10,37	10,11	8,97	8,73	8,53	8,73
LP	8,94	8,63	8,58	8,72	9,89	9,77	9,76	9,75	9,84	9,8	9,74	9,69	8,74	8,37	8,2	8,42

Výsledná tabulka prvního měření po  $\emptyset$

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	8,89	9,935	10,2075	8,74
LP	8,7175	9,7925	9,7675	8,4325

Rozdíl oproti předešlému měření:

Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější
PP	0,5	0,505	0,6875	0,7325
LP	0,5675	0,4275	0,4675	0,4575