

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

**Porovnání pneumatik určených pro
hybridní/elektrické automobily
s konvenčními pneumatikami**

Bakalářská práce

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Vojtěch Landfeld
Osobní číslo:	D20257
Studijní program:	B3709 Dopravní technologie a spoje
Studijní obor:	Dopravní prostředky: Silniční vozidla
Téma práce:	Porovnání pneumatik určených pro hybridní/elektrické automobily s konvenčními pneumatikami
Zadávací katedra:	Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je porovnat pneumatiky určené pro hybridní/elektrické automobily s běžnými pneumatikami pro vozidla se spalovacím motorem. Se zaměřením na pneumatiky pro elektromobily zmapujte současný stav dostupnosti těchto pneumatik. Najděte a popište rozdíly oproti konvenčním pneumatikám, možnosti jejich zaměnitelnosti, použitelnost konvenčních disků, zda lze pozorovat nějaký trend ve vývoji apod. Zahrňte i legislativní pohled, např. zda je/není u elektromobilů nařízeno použití specifické varianty pneumatik, či ze strany výrobců automobilu, příp. pojišťoven. Na základě provedené analýzy vtipujte vhodné zástupce obou variant pneumatik a dle možností realizujte experimentální měření na statickém adhezoru pneumatik. V závěru zhodnoťte analyzované informace doplněné měřením a formulujte doporučení pro použití/nepoužití specifických pneumatik u hybridních/elektrických automobilů.

Zpracujte:

1. Základní informace o konvenčních pneumatikách pro silniční automobily se spalovacím motorem (části, konstrukční varianty, značení, materiály, tuhost apod.).
2. Analýzu současného stavu dostupnosti pneumatik určených specificky pro hybridní/elektrické automobily.
3. Identifikujte a blíže posuďte odlišnosti pneumatik pro elektromobily oproti konvenčním pneumatikám.
4. V praktické části vhodně zvolte zástupce obou koncepcí a s využitím statického adhezoru pneumatik porovnejte jejich deformační charakteristiky.
5. Zhodnocení provedené analýzy a dosažených výsledků měření.

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**
Rozsah grafických prací: **podle pokynů vedoucího práce**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] VLK, F.: *Podvozky motorových vozidel*. 3. Vydání Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., 2006. vii, 464 s. ISBN 80-239-6464-X.
[2] VALA, M., TESARŮ, M.: *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-503-x.
[3] Firemní materiály výrobců pneumatik pro elektromobily.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ondřej Voltr, Ph.D.**
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **9. února 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2024**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Jakub Vágner, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Práci s názvem Porovnání pneumatik určených pro hybridní/elektrické automobily s konvenčními pneumatikami jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

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

V Pardubicích dne

Vojtěch Landfeld v.r.

Poděkování

Rád bych upřímně poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Ondřeji Voltrovi, Ph.D., za jeho odborné vedení, cenné rady, trpělivost a vstřícný přístup během psaní této práce.

Také jmenovitě děkuji Ing. Jakubu Vágnerovi, Ph.D. a panu Miloslavu Ilovskému, za laskavé zapůjčení vozidel a pneumatik za účelem měření, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Děkuji firmám Pneuservis Jiří Pišl a K.A.L.T. Pneu a.s. Pardubice za okamžité a vstřícné poskytnutí svých služeb při přípravě měřených pneumatik.

Na závěr bych chtěl poděkovat hlavně své rodině, která mi poskytovala neutuchající podporu a povzbuzení v průběhu celého studia, ale také přátelům, se kterými jsem strávil spoustu času mezi univerzitními zdmi i mimo ně.

Děkuji.

Anotace

Tato práce se zabývá významem použití specifických pneumatik pro elektrická/hybridní vozidla, jejich specifikací a porovnáním s pneumatikami pro vozidla s konvenčním pohonem. Úvodem je stručně popsána historie pneumatik, jejich konstrukce, materiály a namáhání, které na ně působí. V další části je zahrnuta analýza současného stavu na trhu s EV pneumatikami pro elektromobily/hybridy v ČR, který je následovaný přehledem největších odlišností oproti konvenční variantě. Uvedená analýza je doplněna porovnávacím měřením vybrané EV pneumatiky s konvenční alternativou prostřednictvím deformačních charakteristik těchto pneumatik.

Klíčová slova

Elektromobil, EV pneumatiky, pneumatiky, EV, statický adhezor, radiální tuhost, radiální deformace pneumatiky

Title

Comparing tyres for hybrid/electric cars with conventional tyres

Abstract

This bachelor thesis deals with the importance of using specific tyres for electric/hybrid vehicles, their specification and comparison with tyres for vehicles with conventional drive. The introduction briefly describes the history of tyres, their construction, materials and stresses that act on them. The next part includes an analysis of the current state of the market for EV tyres for electric cars/hybrids in the Czech Republic, which is followed by an overview of the biggest differences compared to the conventional variant. The above analysis is supplemented by a comparative measurement of the selected EV tyre with a conventional alternative through the deformation characteristics of these tyres.

Keywords

Electric car, EV tyres, tyres, EV, static adhesor, radial stiffness, radial tyre deformation

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
Seznam symbolů a zkratk	12
Úvod	13
1. Základní informace o konvenčních pneumatikách pro silniční automobily se spalovacím motorem, (části, konstrukční varianty, značení, materiály, tuhost apod.)	14
1.1. Fyzikální vlastnosti pneumatik	14
1.1.1. Nesení zátěže	14
1.1.2. Tlumení	14
1.1.3. Vedení směru	14
1.1.4. Přenos výkonu	14
1.1.5. Valivý pohyb	14
1.1.6. Životnost	15
1.1.7. Bezpečnost	16
1.2. Části pneumatiky	17
1.2.1. Běhoun	17
1.2.2. Bočnice	17
1.2.3. Nárazník	18
1.2.4. Kostra	18
1.2.5. Patka pláště / Patní lanko	18
1.2.6. Drážky na pneumatice	18
1.3. Konstrukční varianty pneumatik	19
1.3.1. Diagonální pneumatiky	19
1.3.2. Radiální pneumatiky	19
1.4. Značení pneumatik	20
1.4.1. Kódové značení na pneumatice	20
1.4.2. Evropský štítek pneumatiky – EPREL	22
1.5. Výrobní materiály pneumatik	23
1.5.1. Historie	23
1.5.2. Dnešní podoba výrobních materiálů pneumatik	23
1.6. Deformační vlastnosti pneumatik (tuhost pneumatik)	24
1.6.1. Radiální tuhost pneumatiky	25

1.6.2.	Torzní (obvodová/tangenciální) tuhost pneumatiky.....	26
1.6.3.	Boční tuhost pneumatiky.....	27
2.	Analýza současného stavu dostupnosti pneumatik určených specificky pro hybridní/elektrické automobily	28
2.1.	Současný stav dostupnosti EV pneumatik pro ČR – přehled výrobců a modelových rodin.....	28
2.2.	Další výrobci pneumatik s odlišným přístupem k řešení EV pneu (zaměřeno pouze letní pneumatiky)	29
2.3.	Dostupnost.....	30
2.4.	Legislativa	31
3.	Přehled a rozbor odlišností EV pneumatik a konvenčních pneumatik	32
3.1.	Hmotnost	32
3.1.1.	Porovnání indexů nosnosti pneumatik pro EV a konvenční	33
3.2.	Hlučnost	34
3.2.1.	Hankook – Sound Absorber Technology.....	34
3.2.2.	Michelin – MICHELIN® Acoustic.....	34
3.2.3.	PIRELLI NOISE CANCELLING SYSTEM™ (PNCS)	35
3.2.4.	Porovnání vnější hlučnosti pneumatiky pro EV a konvenční	35
3.3.	Vyšší přenášený výkon	36
3.4.	Faktory ovlivňující dojezd a výdrž pneumatik.....	37
3.4.1.	Třída palivové účinnosti.....	37
3.4.2.	Valivý odpor	37
3.4.3.	Aerodynamický odpor.....	38
3.5.	Cena.....	40
3.6.	Značení pneumatik	41
4.	Měření radiálních deformačních charakteristik konvenční pneumatiky a EV pneumatiky.....	42
4.1.	Přehled použitého přístrojového vybavení.....	42
4.1.1.	Statický adhezor	42
4.1.2.	Nájezdová váha	43
4.1.3.	Digitální výškoměr (tzv. nádrh).....	45
4.2.	Výběr vozidel a pneumatik pro měření	45
4.2.1.	Posuzované automobily.....	45
4.2.2.	Popis vybraných pneumatik	47
4.3.	Vlastní měření	48

4.3.1.	Měření konvenční pneumatiky – Barum Polaris 5.....	49
4.3.2.	Měření EV pneumatiky - Nokian WR A4.....	51
5.	Zhodnocení provedené analýzy a dosažených výsledků měření	53
5.1.	Zhodnocení provedené analýzy EV a konvenčních pneumatik	53
5.1.1.	Shrnutí rozdílů EV oproti konvenčním pneumatikám	53
5.2.	Výsledky měření	54
5.2.1.	Porovnání měření radiální deformace konvenční a EV pneumatiky.....	54
5.2.2.	Porovnání standardního měření radiální deformace EV pneumatiky s měřením pro vyšší zatížení.....	55
6.	Závěr	57
	Seznam použité literatury.....	58
	Seznam příloh.....	63

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Trhání a puchření pneumatiky. [1].....	15
Obrázek 2 - Nerovnoměrné sjetí pneumatiky v závislosti na závadách. [2]	16
Obrázek 3 - Části pneumatiky. [4].....	17
Obrázek 4 - Druhy konstrukce pneumatik. [6].....	19
Obrázek 5 - Kód na pneumatice. (archiv autora)	20
Obrázek 6 - DOT kód data výroby pneumatiky. [8].....	21
Obrázek 7 - Evropský štítek pneumatiky – EPREL. [9]	22
Obrázek 8 - Návrh pneumatiky - B.W. Thompsonem (nákres). [10].....	23
Obrázek 9 - Návrh pneumatiky B. W. Thompsonem (reálný pohled). [11]	23
Obrázek 10 - Druhy zatížení pneumatiky. [14]	24
Obrázek 11 - Hysterezní smyčky radiální pružnosti pneumatiky. [15].....	25
Obrázek 12 - Znázornění radiálního zatížení a deformace na pneumatice. (archiv autora).....	26
Obrázek 13 - Torzní deformace pneumatik. [15]	27
Obrázek 14 - Boční deformace pneumatiky. [15]	27
Obrázek 15 - Procentuální rozdělení prodeje vozidel s různými typy pohonů, vč. predikce. [26]	30
Obrázek 16 - MICHELIN® Acoustic Technology – pěnový pás uvnitř pneumatiky.[34].....	34
Obrázek 17 - Přídavný aramidový pás od firmy Hankook – na obr. vyznačen modře. [36]....	36
Obrázek 18 - Elektromobil Tesla Model S Plaid. [37]	37
Obrázek 19 - Hybridní vozidlo Škoda Octavia 4 vRS iV. [39]	37
Obrázek 20 - Aerodynamické kryty kol / proudění vzduchu za použití krytů. [42].....	39
Obrázek 21 - Pneumatika Bridgestone pro automobil BMW i3. [43].....	39
Obrázek 22 - Univerzitní statický adhezor SA-1. [46].....	43
Obrázek 23 - Sada nájezdové váhy DINI ARGEO. [49].....	44
Obrázek 24 - Digitální nádrh (výškoměr) MITUTOYO HDS-30C. [50]	45
Obrázek 25 - Vozidlo Hyundai Kona (ilustrační obrázek). [51]	46
Obrázek 26 - Vozidlo Hyundai Kona Electric (ilustrační obrázek). [52].....	46
Obrázek 27 - Rozložení hmotnosti na jednotlivá vozidlová kola.	47
Obrázek 28 - Konvenční pneumatika použitá k měření. (archiv autora)	49
Obrázek 29 - EV pneumatika použitá k měření. (archiv autora).....	49
Obrázek 30 - Měření radiální deformace konvenční pneumatiky.	50
Obrázek 31 - Měření radiální deformace EV pneumatiky.	51
Obrázek 32 - Měření radiální deformace při zvýšeném zatížení EV pneumatiky.....	52
Obrázek 33 - Porovnání měření radiálních deformací EV a konvenční pneumatiky (KV).	54
Obrázek 34 - Porovnání standardního měření s měřením při zvýšeném zatížení.	55

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Tabulka s porovnáním indexů nosnosti pneumatik; (modrá – pneumatika pro EV, zelená – konvenční pneumatika). [17], [18], [21], [30], [31], [32]	33
Tabulka 2 - Tabulka s porovnáním hlučnosti pneumatik; (modrá – pneumatika pro EV, zelená – konvenční pneumatika). [17], [18], [21], [30], [31], [32]	35
Tabulka 3 - Ukázka výkonu některých elektromobilů a hybridních vozidel. [37], [38], [39], [40].....	36
Tabulka 4 - Tabulka s porovnáním tříd palivové účinnosti pneumatik; (modrá – pneumatika pro EV, zelená – konvenční pneumatika). [17], [18], [21], [30], [31], [32]	38
Tabulka 5 - Tabulka s porovnáním průměrných cen pneumatik (výběr z přehledové tabulky – Příloha 1); (modrá – pneumatika pro EV, zelená – konvenční pneumatika).....	40
Tabulka 6 - Tabulka porovnání základních parametrů obou vozidel. [53], [54]	46
Tabulka 7 - Tabulka rozložení hmotnosti na jednotlivá vozidlová kola.....	47
Tabulka 8 - Vlastnosti měřených pneumatik. [55], [56].....	48

Seznam symbolů a zkratk

c_p – tuhost pneumatiky ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$)

G_k – zatížení vozidlového kola (N)

Δr – radiální deformace pneumatiky (mm)

ČR – Česká republika

DOT – specifický název kódu označující datum výroby pneumatiky

EV – elektrické vozidlo (electric vehicle)

EV-ready – označení pro pneumatiky kompatibilní s technologií pro elektromobily a hybridní vozidla

KV – konvenční vozidlo

OE – original equipment – součást poskytovaná přímo výrobcem

Úvod

Pneumatika je jedinou částí vozidla, která se nachází v přímém styku s vozovkou. Jedná se tedy o jeden z klíčových konstrukčních prvků vozidla z hlediska jízdních vlastností a bezpečnosti provozu. Z tohoto důvodu jsou pneumatiky děleny na různé typy dle použití (druh vozidla, sezonní podmínky, kvalita, aj.) a jsou na ně kladeny velké nároky.

Z důvodu v poslední letech poměrně rychlého rozvoje, téměř až „boomu“, elektromobility je jistě aktuální otázkou nutnost použití specializovaných pneumatik pro elektromobily a hybridní vozidla, nebo naopak alternativní použitelnost mnohem rozšířenějších konvenčních pneumatik (při dodržení stejného označení). Na první vnější pohled na pneumatiky pro elektromobily/hybridy by se tato situace mohla zdát jednoduchá – pneumatika vypadá stále stejně. Navíc je možné nalézt konvenční pneumatiky odpovídajícího rozměru a shodných parametrů z pohledu značení. Svoji roli může hrát i finanční stránka věci, kde speciální pneumatiky pro elektromobily a hybridy jsou cenově nákladnější. Při bližším pohledu se však situace zkomplikuje, a to při vzetí do úvahy charakteristických vlastností elektromobilů/hybridů – např. vysoká váha vozidel, snaha o co nejnižší valivý a aerodynamický odpor, téměř okamžitý přenos plného kroutícího momentu díky pohonu elektromotory apod. Výsledné rozhodnutí tedy tak jednoduché a jednoznačné není.

Práce samotná pojednává o hlavních rysech a částech konvenčních pneumatik, výrobních materiálech a používaném identifikačním značení. Popisuje současnou situaci na území ČR v oblasti dostupnosti pneumatik vyhrazených čistě pro elektromobily a hybridní vozidla. Představuje rozdíly mezi těmito pneumatikami a jejich konvenčními alternativami, včetně alespoň stručného náhledu do legislativního a prodejního odvětví. V praktické části se práce věnuje měření radiálních deformačních charakteristik pneumatiky pro elektromobily/hybridy a její konvenční alternativy a následné interpretaci výsledků těchto měření. V závěru práce je na základě předchozích poznatků zhodnoceno, zda jsou speciální pneumatiky nutným příslušenstvím pro elektromobily a hybridní vozidla.

1. Základní informace o konvenčních pneumatikách pro silniční automobily se spalovacím motorem, (části, konstrukční varianty, značení, materiály, tuhost apod.)

Vozidlová pneumatika společně s kolem působí jako jediný spojovací článek vozidla a vozovky. Musí být schopna nést příslušnou část hmotnosti vozidla a jeho nákladu, přenášet veškeré hnací a brzdící síly a momenty, svíslé a boční síly, to vše za různých vnějších podmínek (teploty, vlhkosti, stavu povrchu vozovky, agresivního prostředí).

1.1. Fyzikální vlastnosti pneumatik

Všechny zde uvedené podmínky se uvádí při správné péči o pneumatiky, tj. vhodné skladování mimo sezónu, správně nahuštěný tlak v pneu, provozování pneumatik ve správném období, rozsahu teplot, aj.

1.1.1. Nesení zátěže

Pneumatiky musí nést váhu vozidla s veškerou vahou včetně osádky za všech provozních podmínek včetně prudké akcelerace/brzdění za všech povětrnostních podmínek.

1.1.2. Tlumení

Pneumatika musí být schopna pohlcování rázů od nerovností a překážek jakožto prvotní tlumící prvek, který je navíc jako jediný v přímém kontaktu s vozovkou. Tato vlastnost vede k zvýšení komfortu ve vozidle a zároveň prodloužení životnosti dalších částí vozidla. To vše díky vertikální pružnosti.

1.1.3. Vedení směru

Vozidlo musí být schopno za jakýchkoliv podmínek držet a udávat stopu vozidla nezávisle na příčných silách, které markantně působí na běhoun a bočnice pneumatiky.

1.1.4. Přenos výkonu

Pneumatiky přenáší veškerý výkon jak motoru, tak brzd, tuto vlastnost ovlivňuje mnoho aspektů včetně stáří pneumatiky, velikosti dezénu a směsi pneumatiky.

1.1.5. Valivý pohyb

Valivý pohyb je charakterizován valivým odporem pneumatiky, který se výrobce snaží co nejvíce snížit společně s hladinou hlučnosti, či koeficienty spotřeby paliva na mokré vozovce (palivové třídy).

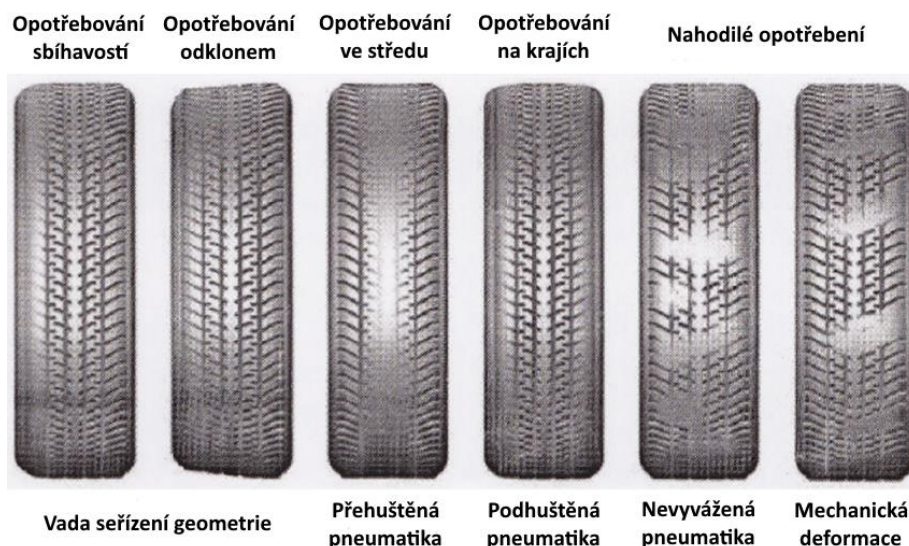
1.1.6. Životnost

I přes velkou fyzickou náročnost mají pneumatiky poměrně velkou životnost. Životností specifikujeme expiraci vlastností pneumatiky – adhezi, pružnost a pevnost materiálu, stárnutí gumy. Žádná pneumatika nemá pevně určenou životnost, ani výrobcem, ani legislativou ČR, avšak obecně přijímaným názorem je, že by se pneumatiky měly měnit po pěti letech, nebo mezi 50 000 km – 100 000 km nájezdu. Lze se však stále setkat se snahou ušetřit i na takto důležité komponentě vozidla (úspora i 10 000Kč / sadu) a pneumatiky přejíždět i přes 10 let jejich stáří. Takto stará pneumatika už má většinou jen zlomek původních vlastností, kdy už dochází ke stárnutí gumy, ze které se vytrácejí oleje a změkčovadla. V tuto chvíli lze pozorovat i deformaci samotné pneumatiky – nejčastěji puchření a trhání bočnice a kraje běhounu (oba jevy zobrazeny na obrázku 1 níže).



Obrázek 1 - Trhání a puchření pneumatiky. [1]

Jak již bylo naznačeno výše, velký vliv má i správná péče a údržba pneumatiky. Nevyvážená, podhuštěná, nebo naopak prehuštěná pneumatika může v dlouhodobém provozu způsobit nerovnoměrné sjetí běhounu. Podobný vliv může mít i nesprávně seřízená geometrie vozidla – poté je běhoun opotřebováván násobně rychleji v místě největšího kontaktu (nejčastěji vnitřní, či vnější hrana). Různé modely opotřebování pneumatik, dle uvedených příkladů, jsou zobrazeny na následujícím obrázku 2.



Obrázek 2 - Nerovnoměrné sjetí pneumatiky v závislosti na závadách. [2]

1.1.7. Bezpečnost

V podstatě jako u všech zmíněných bodů výše platí stejné podmínky – dobrý technický stav a péče o pneu. Z pohledu bezpečnosti provozu pneumatiky ovlivňují především délka brzdné dráhy a velikost přenositelné tečné síly (tj. adhezi).

Adheze

Adhezi si lze představit jako schopnost pneumatiky přenášet tečné síly mezi koly a vozovkou (ať už hnací nebo brzdné), přičemž je ideálně požadujeme co nejvyšší.

Velikost adheze záleží na mnoha faktorech – uveďme například stáří a opotřebování pryže, rychlost prokluzu, kontaktní plochu s vozovkou, znečištění vozovky, teplotu a rozdíl teplot mezi pneumatikou a vozovkou.

Brzdná dráha

Brzdná dráha je specifikem, které množství řidičů pozná až ve chvíli krizové situace. Stav a stáří pneumatiky hraje velkou roli ve vzdálenosti nejkratší brzdné dráhy (tj. plný brzdny účinek z dané rychlosti).

Příkladem může být porovnání letních pneumatik starých 10 let s novými pneumatikami v rychlosti 80 km/h – rozdíl v brzdné dráze může být až o 6 metrů. [3]

1.2. Části pneumatiky

Ač by se na první pohled mohlo zdát, že pneumatika je pouze obyčejný jednolitý kus pryže, není tomu tak. Každá pneumatika se skládá z více než deseti částí, které jsou vyrobeny z různých materiálů, níže následuje stručný popis vybraných hlavních částí. Tyto součásti se mohou lišit dle konstrukční varianty pneumatiky, nebo např. dle specifik pneumatiky (nižší valivý odpor a tím i spotřeba, odhlučnění, různé typy technologií pro nouzový dojezd s defektem bez nutnosti měnit, či přihušťovat pneumatiku). Průřez pneumatikou s vyznačením hlavních částí je zobrazen na obrázku 3 níže.



Obrázek 3 - Části pneumatiky. [4]

1.2.1. Běhoun

Vnější obvodová část pláště opatřená vzorkem (dezénem), jež slouží k zajištění co největšího styku kola s vozovkou a tím je nejvíce opotřebovanou součástí. Většina rutinních výměn pneumatik na vozidle se koná z důvodu opotřebování dezénu běhounu pod kontrolní rysky umístěné v drážkách – ty určují minimální povolenou výšku dezénu pneumatiky. V ČR je pro letní pneumatiky předepsána minimální hloubka 1,6 mm, resp. pro zimní pneumatiky 4 mm. Tyto limity jsou určovány stát od státu, ačkoliv se většina zemí shoduje na letním dezénu 1,6 mm, tak u zimních dezénů se již hodnoty liší (např. Německo – 1,6 mm, Slovensko – 3 mm, Rumunsko – 2 mm [5]). Nutno podotknout, že zmíněné hodnoty, spolu s dalšími indikátory (stáří pneumatiky, stav běhounu, aj.), by měli být brány jako krajní indikace pro výměnu pneumatik.

1.2.2. Bočnice

Chrání boční část kostry před vnějšími vlivy a poškozením, zároveň jsou na ní uvedeny veškeré údaje o pneumatice (výrobce, model, rozměr pneumatiky, DOT kód, - podrobně níže v kapitole Značení pneumatik). Bočnice bývají často vyztužené, např. typicky u vozidel kategorie SUV a MPV.

1.2.3. Nárazník

Nachází se mezi běhounem a kostrou, kde slouží k přenosu sil v obvodovém směru a ke stabilizaci běhounu v obvodovém směru, vyšší odolnosti vůči průrazu a opotřebení. Podrobněji uvedeno u podkapitoly o radiálních pneumatikách.

1.2.4. Kostra

Základní část pneumatiky – tvořena kombinací textilního materiálu s ocelovými kordovými vlákny, jejich stavba a uložení udávají klíčové vlastnosti pneumatiky. Při výrobě jsou vlákna ukotvena kolem patních lan a následně pogumována. Sklon navinutých kordových vláken kostry pak udává rozdíly mezi radiálními a diagonálními pneumatiky (viz později ve vlastní podkapitole).

Hlavní vlastností kostry je zamezit změně tvaru pneumatiky a mimo jiné zároveň zajistit přenos hnacího a brzdného momentu.

1.2.5. Patka pláště / Patní lanko

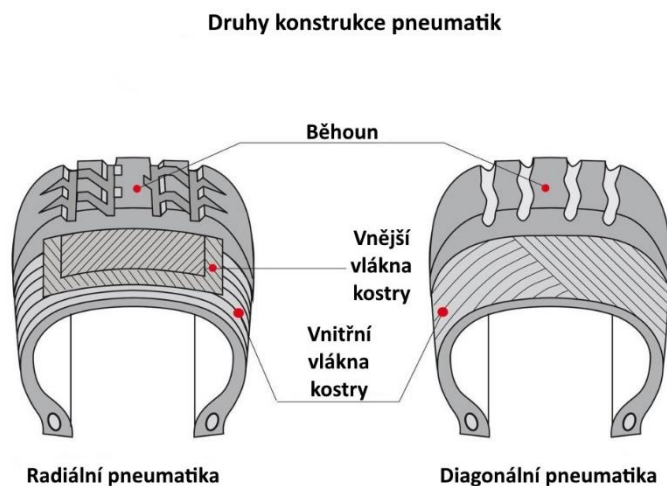
Patka pláště je ze své podstaty dalším základním prvkem pneumatiky. Je to zesílená část pláště dosedající na ráfek – tvořena z vysokopevnostních ocelových drátů ohnutých do tvaru obruče a tvořících tak patní lanko. Celé toto uskupení zajišťuje perfektní upevnění pneumatiky k ráfku včetně vzduchotěsnosti u bezdušových pneumatik.

1.2.6. Drážky na pneumatice

Členění dezénu pneumatik se může poměrně značně lišit. Obvodové výrazné drážky, v kombinaci s jinak pevnými bloky jsou typické pro letní pneumatiky, kde tyto drážky primárně zajišťují odvod vody. Zatímco u zimních pneumatik je použita kombinace podélných a příčných drážek (případně obecně orientovaných), kde tímto vzniklé bloky (figury) jsou menší a navíc jsou dále rozděleny dalšími menšími drážkami (často „zubatými“) na tzv. lamely. V tomto případě je snahou vytvořit, co nejvíce hran a plošek pro co nejlepší záběr na sněhu. Pneumatiky celoroční jsou pomyslnou kombinací obou zmíněných druhů. Lamely lze nalézt též u pneumatik terénních, kde jsou ovšem markantně větší a slouží primárně pro co největší záběr. Často i na úkor komfortu jízdy po zpevněném povrchu, je zde také kladen vysoký nárok na samočistící vlastnosti.

1.3. Konstrukční varianty pneumatik

V současné době existují dva hlavní druhy pneumatik – **radiální** a **diagonální**, které jsou naznačeny na obrázku 4 níže.



Obrázek 4 - Druhy konstrukce pneumatik. [6]

1.3.1. Diagonální pneumatiky

Jako první byly masově vyráběny a používány diagonální pneumatiky – v určitých odvětvích průmyslu, či omezeně v nabídkách některých prodejců je stále lze nalézt. Tento typ je charakterizován křížením vrstev vláken pod určitým úhel (obvykle rozmezí od 30° do 40°). Při poklidné jízdě a jízdě v nižších rychlostech (cca. do 150 km/h) jsou diagonální pneumatiky dostačující. Ovšem při vyšším zatížení a rychlostech dochází k výraznému nárůstu příčných sil, kdy již pneumatiky nemusí reagovat bezprostředně bezpečně na náhlou změnu směru.

1.3.2. Radiální pneumatiky

Následným nutným vývojem tedy přešla výroba primárně na pneumatiky radiální. Způsob kladení (navinutí) vláken v radiální pneumatice – u vnitřních vrstev kostry kolmo na obvodovou kružnici (od patky k patce), zatímco vnější vrstvy kostry (nárazník) jsou navinuty po obvodu ve směru otáčení pneumatiky. Tím je umožněn bezpečný přenos sil, jak v radiálním a bočním směru, tak díky nárazníku i v obvodovém směru. Oproti diagonálním pneumatikám nabízejí větší a uniformní kontaktní plochu s vozovkou jak za přímé jízdy, tak v zatáčkách. Dále také vyšší bezpečnost, pevnost a odolnost vůči poškození proražením, menší opotřebení, spotřebu paliva, lepší adhezní podmínky a nižší teplotu. Narozdíl od diagonálních pneumatik jsou zde v drtivém měřítku zastoupeny kordy ocelové, nikoliv textilní, což samo o sobě vysoce zvyšuje vlastnosti pneumatiky v ohledech uvedených výše – předně pevnosti.

1.4. Značení pneumatik

1.4.1. Kódové značení na pneumatice

Pro značení pneumatik osobních automobilů se používá unifikovaný systém kódového označení.

Níže uvedena ukázka rozboru běžného kódu pro 18" pneumatiku na obrázku 5.

Označení:



Obrázek 5 - Kód na pneumatice. (archiv autora)

- 225** - ŠÍŘKA PNEUMATIKY (je udávána v milimetrech a značí maximální šířku pneumatiky při nominálním tlaku a nahuštění)
- 40** - PROFILOVÉ ČÍSLO (je % hodnota z šířky – udává poměr výšky bočnice ku šířce pneumatiky, zde 40 % hodnota z šířky = výška 90 mm)
- Z** - SPECIÁLNÍ KONSTRUKCE PRO VYSOKORYCHLOSTNÍ PNEUMATIKY
- R** - RADIÁLNÍ KONSTRUKCE PNEUMATIKY (u diagonálních pneumatik je na této pozici „-“)
- 18** - PRŮMĚR RÁFKU (je průměr ráfku v anglických palcích v dosedací ploše pro patku pneumatiky, 1 anglický palec = 25,4 mm)
- 92** - NOSNOSTNÍ INDEX (zde 92 – max. hmotnost 630 kg/pneumatika)
- Y** - RYCHLOSTNÍ INDEX (zde Y – max. rychlost 300 km/h)

[7]

Dalším důležitým označením, které však lze v plném rozsahu nalézt pouze na jedné straně pneumatiky je označení data výroby pneumatiky s přesností na týden v roce – tzv. **DOT** kód.

DOT kód obsahuje také jiné výrobní údaje, pro spotřebitele nepodstatné a většinou i neidentifikovatelné. Avšak důležité i pro běžné uživatele jsou poslední čtyři číslice ohraničené v malém oválu, protože právě tato část obsahuje označení data výroby – číslo týdne a poslední dvoučíslí roku.



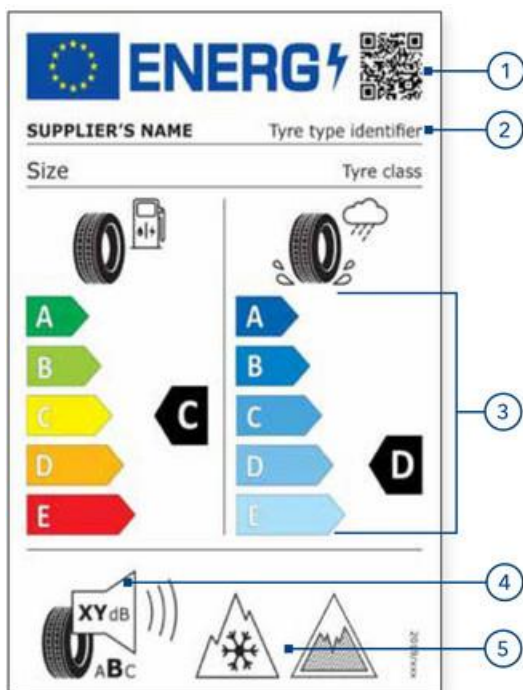
Obrázek 6 - DOT kód data výroby pneumatiky. [8]

Na výše uvedeném obrázku 6 je uvedena konkrétní ukázka datumu výroby pneumatiky pomocí DOT kódu.

Označený kód „2823“ značí: **28. týden roku 2023, tedy začátek června roku 2023.**

1.4.2. Evropský štítek pneumatiky – EPREL

Tento štítek byl zaveden v roce 2021, z důvodu lepší kontroly koncového zákazníka při výběru a koupi nových pneumatik. Poskytuje komplexní informace např. o klasifikaci valivého odporu (spotřeby paliva), přilnavosti za mokra a další viz popis níže uvedeného obrázku 7 – ukázkového EPREL štítku:



1.) Skenovatelný QR kód, vedoucí do evropské databáze produktů (EPREL)

2.) Katalogové číslo dohledatelné v katalogu výrobce identifikující štítek

3.) Pět stupňů tříd palivové účinnosti a přilnavosti na mokru

4.) Tři stupně třídy hlučnosti společně s hodnotou v decibelech

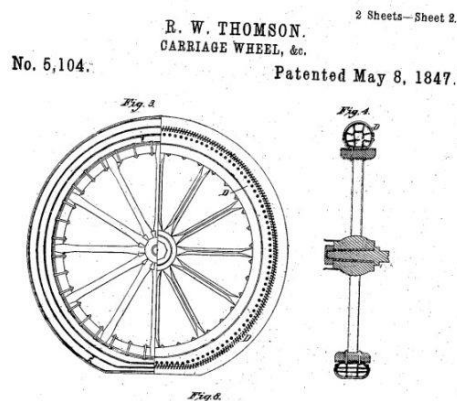
5.) Piktogramy přilnavosti na sněhu (zimní pneumatiky) / přilnavosti na ledu (pouze pneumatiky třídy C1*)

* C1 – třída pneumatik určená pro osobní automobily, příp. C2 určené pro dodávkové automobily

Obrázek 7 - Evropský štítek pneumatiky – EPREL. [9]

1.5. Výrobní materiály pneumatik

1.5.1. Historie



Obrázek 8 - Návrh pneumatiky - B.W. Thompsonem (nákras). [10]



Obrázek 9 - Návrh pneumatiky B. W. Thompsonem (reálný pohled). [11]

Historicky první patent na pneumatiku byl podán již v roce 1845 ve Skotsku Robertem Williamem Thomsonem. Tato pneumatika se skládala z dutého pásu z kaučuku, který byl naplněn vzduchem a uložen v koženém pouzdře (ukázka návrhu a reálné podoby na obrázcích 8 a 9 výše). Podobnou pneumatiku si nechal patentovat téměř o čtyřicet let později John Boyd Dunlop – objevitel vulkanizace pomocí páry. Jež po znovuobjevení prvotního Thomsonova patentu o svůj patent přišel a trh pro výrobu pneumatik se otevřel téměř komukoliv – existující firmě Dunlop Rubber Company začala silně konkurovat firma bratří Michelinů. [11]

Konstrukce těchto prvotních pneumatik se během let velmi obměnila. Původně se kostra skládala z juty, později byla plátěná, ta byla nahrazena bavlněnými vlákny, které ve třicátých letech vystřídal pevné umělé hedvábí. Při vývoji radiálních pneumatik byly poprvé užity moderní materiály, které se používají dodnes – ocelové kordy, syntetická a skelná vlákna. [12]

1.5.2. Dnešní podoba výrobních materiálů pneumatik

V dnešní době běžná pneumatika osobního automobilu obsahuje průměrně na 25 složek a z toho až 12 různých kaučukových směsí. Převažující látkou je zde přírodní kaučuk – látka získávaná z kaučukovníků na kaučukových plantážích. Tato kapalina je mizou těchto stromů a je získávána postupným narušováním jejich kůry a sběrem do nádob, kde se poté vysráží pomocí kyseliny, očistí vodou, dále je slisována do balíků a až poté putuje k dalšímu zpracování.

Další nezanedbatelnou látkou při výrobě směsí pneumatik je syntetický kaučuk. Jak již název vypovídá, syntetický kaučuk je vyráběn pomocí chemických procesů, přesněji řečeno pomocí polymerace, tj. základního procesu výroby plastů obecně. Polymerace je chemická reakce, při které se molekuly nízkomolekulární látky slučují navzájem ve větší celky – makromolekuly.

Balíky jak přírodního, tak syntetického kaučuku jsou nařezány, odměřeny do správného poměru a následně se smíchají dle receptur výrobce s dalšími látkami, jako např.:

Saze – jsou plnivo, dodávají pevnost, tvrdost, a zvýšenou odolnost proti namáhání opotřebením a teplem.

Antioxidanty – zamezují stárnutí pryže blokadí účinků kyslíku a ozonu, například 2-fenylnaftalamin, od které se upouští z důvodu karcinogenity. Náhradou je např. parafenylendiamin, či substituovaný chinolin – nejvíce antioxidantů musí obsahovat směs použitá na bočnici pneumatiky.

Změkčovadla – zvyšují plasticitu a usnadňují mechanické zpracování. Používají se různé minerální oleje.

Vulkanizační činidla – Příkladem lze uvést síru, organické peroxidy a vulkanizační pryskyřice.

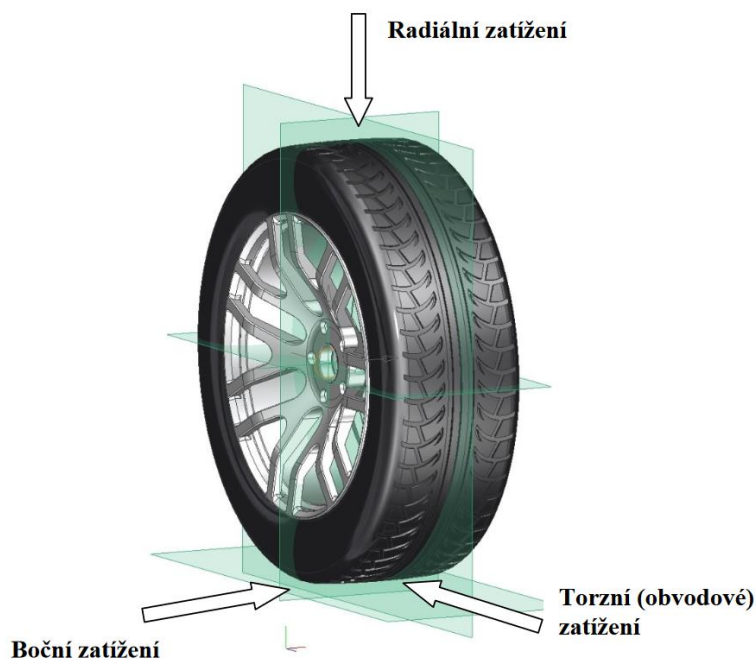
Urychlovače vulkanizace – látky, které výrazně zkracují dobu vulkanizace, zpomalují stárnutí, zlepšují průběh teplot při vulkanizaci. Tyto látky obsahují ve svých molekulách dusík a síru.

- Účinnost těchto urychlovačů zvyšuje tzv. aktivátor – oxid zinečnatý + kyselina stearová = stearan zinečnatý

[13]

1.6. Deformační vlastnosti pneumatik (tuhost pneumatik)

Mezi deformační vlastnosti pneumatik řadíme radiální tuhost, torzní (obvodovou) tuhost a boční tuhost pneumatiky. Tyto parametry pneumatik je možné stanovit pomocí statických laboratorních zkoušek, pomocí tzv. statického adhezoru. Konkrétní typy působících zatížení jsou naznačeny na následujícím obrázku 10 níže pomocí šipek.

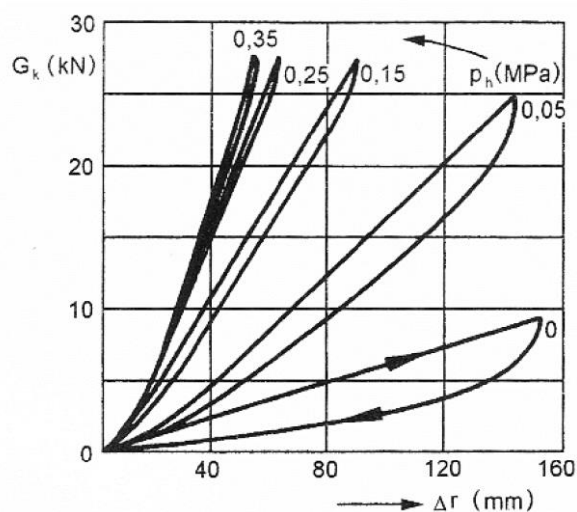


Obrázek 10 - Druhy zatížení pneumatiky. [14]

1.6.1. Radiální tuhost pneumatiky

Představuje vlastnost pneumatiky bránící její deformaci vlivem svislého zatížení ve směru poloměru (rádiusu). Tato tuhost má významný podíl na pérování vozidla, zároveň je ale také hlavní příčinou valivého odporu pneumatiky. Závisí na více faktorech, ale hlavními určujícími jsou například: tlak nahuštění, stavba pneumatiky, typ konstrukce.

Při popisu radiální tuhosti pneumatiky je důležitým prvkem radiální deformační charakteristika, která má tvar hysterezní smyčky, kde její plocha je úměrná hysterezním ztrátám. Tj. ztrátám způsobených valivým odporem, kdy vlivem postupného zatěžování a odlehčování pneumatiky dochází k přeměně mechanické energie na tepelnou. Hystereze je zřejmá v tzv. hysterezní smyčce – formované dvěma různými křivkami – první odpovídá stlačení pneumatiky a vzniku deformace pneumatiky v radiálním směru, druhou pak odlehčení pneumatiky a postupnému návratu do původního stavu. Na obrázku 11. níže je ukázka hned několika hysterezních smyček odpovídajících zatěžování vybrané pneumatiky při různém tlaku huštění a zároveň na obrázku 12 znázornění radiální deformace a zatížení na reálné pneumatice pro snazší vizualizaci.



Obrázek 11 - Hysterezní smyčky radiální pružnosti pneumatiky. [15]

Výpočet radiální tuhosti pneumatiky:

$$c_p = \frac{dG_k}{d(\Delta r)} \quad (\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}) \quad (1)$$

Kde: G_k – zatížení vozidlového kola (N)

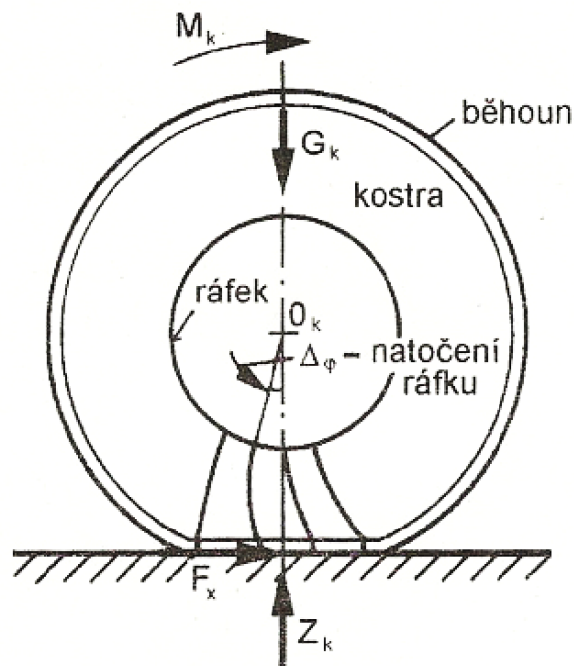
Δr – radiální deformace pneumatiky (mm)



Obrázek 12 - Znáznornění radiálního zatížení a deformace na pneumatice. (archiv autora)

1.6.2. Torzní (obvodová/tangenciální) tuhost pneumatiky

Projevuje se při zatížení kola kroutícím momentem, nebo tečnou (obvodovou) silou. Tzn. např. ve chvílích, kdy na stojící kolo s pneumatikou je přiveden hnací moment. Vlivem adhezní síly mezi pneumatikou a povrchem přivedený hnací moment způsobí pootočení ráfku vůči povrchu vozovky, což je spojené s nakroucením kordové kostry deformováním běhounu a příp. až jeho postupným klouzáním po povrchu. Z konstrukce diagonálních pneumatik vyplývá vyšší torzní tuhost než u pneumatik radiálních. Nicméně u pneumatik není žádoucí naprostá torzní tuhost – v takovémto případě by pneumatika měla vysoké sklony ke ztrátě adheze a prokluzu. Zároveň určitá obvodová pružnost pneumatiky působí jako tlumič rázů, které se přenášejí do převodového ústrojí automobilu (tato pružnost má kladný vliv na životnost součástí v těchto ústrojích). Princip torzní deformace pneumatiky je naznačen na obrázku 13.

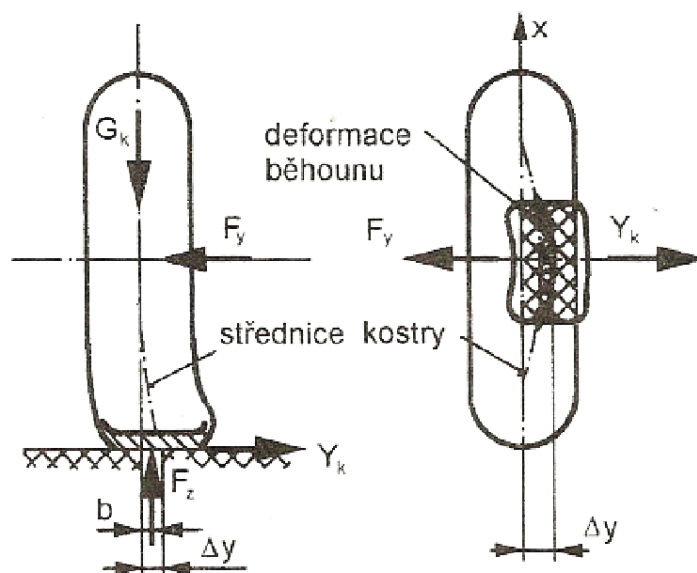


Obrázek 13 - Torzní deformace pneumatik. [15]

1.6.3. Boční tuhost pneumatiky

Boční smyková tuhost je jedním z nejdůležitějších parametrů pneumatiky. Klíčově ovlivňuje ovládání a stabilitu vozidla. Je možné ji charakterizovat odporem proti vybočování středu kola při působení boční síly na bočnici a běhoun pneumatiky.

Čím vyšší je boční tuhost pneumatiky, tím lepší má pneumatika vlastnosti (viz zesílené pneumatiky). Ovšem možnosti ovlivnění této tuhosti jsou značně omezené. Z konstrukce radiálních pneumatik vyplývá vyšší boční tuhost než u pneumatik diagonálních. Boční deformace pneumatiky ve dvou pohledech je pro lepší představu vyobrazena na obrázku 14.



Obrázek 14 - Boční deformace pneumatiky. [15]

2. Analýza současného stavu dostupnosti pneumatik určených specificky pro hybridní/elektrické automobily

2.1. Současný stav dostupnosti EV pneumatik pro ČR – přehled výrobců a modelových rodin

Pro účely této práce byl nejprve proveden průzkum (Březen 2024) nabídky výrobců a distributorů pneumatik vhodných pro elektromobily a hybridní vozidla dostupných v rámci České republiky.

V současné době je trh s EV pneumatikami (přejato z používaného anglického termínu „EV tyres“ – tj. Electric Vehicle tyres) ve značném rozkvětu. V období posledního roku a půl (2022 - 2024) začínají i menší výrobci uvádět své EV, nebo EV-ready řady pneumatik. Přičemž zavedení výrobci mají pneumatiky pro EV v nabídkách již zhruba od roku 2021. [16]

Nejaktivnějšími výrobci v oblasti pneumatik pro EV jsou v současnosti firmy Hankook a Michelin, nikoliv pouze z hlediska vývoje, výroby a prodeje, ale také z hlediska propagace.

Hankook – iON EVO – iON je první značka na světě s kompletní exkluzivní řadou pneumatik pro vozidla pro elektromobily od hybridních vozidel, po bateriová elektrická vozidla. Včetně letních, zimních a celoročních pneumatik rozlišených pro obyčejné EV, vysokovýkonné vozy a SUV. Pneumatiky jsou vybaveny systémem pro tlumení hluku Sound Absorber, systémem nouzového dojetí při defektu RUN-FLAT. [17]

Michelin – nabízí dvě řady EV pneumatiky:

e·PRIMACY

- Letní řada pneumatik pro EV, hybridní vozidla, nebo vozidla s nízkou spotřebou paliva, nabízející dle výrobce až 7% vyšší dojezd na baterie díky speciální směsi pryže a sníženému valivému odporu průměrně o 2 kg/t.
- Cenově dostupnější varianta nabízející rozměry pneumatik v rozmezí průměrů 15" – 21". [18]

PILOT SPORT EV

- Vysokovýkonná letní řada pneumatik pro sportovní elektrická vozidla. Tyto pneumatiky nabízejí větší tuhost o 15 % oproti konvenční alternativě značky, vyšší dojezd až o 10 % na baterie díky sníženému valivému odporu průměrně o 2 kg/t. Pneumatiky jsou vybaveny systémem pro tlumení hluku MICHELIN Acoustic.
- Jde o prémiovou řadu EV pneumatik s výrazně vyšší výbavou než e·PRIMACY. Dostupná v rozměrech v rozmezí 19" - 23". [19]

FALKEN – e.Ziex – EV řada pneumatik složená až z 29 % biologických a rozložitelných materiálů. Pneumatiky jsou vybaveny systémem pro tlumení hluku Silentcore a systémem pro ochranu ráfku MFS (ochranná lišta). [20]

Pirelli – P ZERO™ E – Řada pneumatik od výrobce Pirelli nabízející hodnocení tříd „A-A-A“ EU štítku (spotřeba – přilnavost na mokru – vnější hlučnost), jsou složeny až z 55 % biologických a recyklovatelných materiálů. Pneumatiky jsou vybaveny systémem pro tlumení hluku PNCS™ a systémem nouzového dojetí při defektu RUNFORWARD™. [21]

2.2. Další výrobci pneumatik s odlišným přístupem k řešení EV pneu (zaměřeno pouze letní pneumatiky)

Přístupy různých výrobců k problematice pneumatik pro elektromobily se liší. Někteří výrobci – většinou menší firmy – nemají cíle, či prostředky na vývoj a následnou výrobu a prodej. Tedy jak bylo naznačeno již výše pneumatiky pro EV jsou dominantou velkých výrobců. Nicméně i mezi významnými výrobci pneumatik se nacházejí zástupci, kteří stále v nabídce tento speciální typ vůbec nemají, nebo řeší problematiku pneumatik pro EV odlišným způsobem. Případně modely EV pneumatik mají, ale nedistribuuje je zatím do ČR.

Bridgestone – Největší výrobce pneumatik na světě. Společnost, která je původem z Japonska nabízí prozatím jediný model EV pneumatik – **Turanza EV**. Oproti konvenčním modelům řady Turanza není doposud EV alternativa distribuována v ČR.

Continental – Jedno z největších jmen v pneumatikářském průmyslu řeší otázku pneumatik pro elektromobily vlastním unikátním způsobem. Všechny pneumatiky nabízené společností Continental jsou deklarovány a značeny jako splňující „standard pro EV“. Tato společnost v minulosti dodávala originální EV pneumatiky pro Volkswagen ID.3, nebo například pro značku Tesla. Jako nejvhodnější pneumatiku pro EV Continental doporučuje model **EcoContact™ 6**. [22], [23]

Dunlop – Původem britská společnost patřící mezi nejstarší výrobce pneumatik na světě v současné době dle dostupných informací nenabízí žádný model pneumatik pro EV a soustředí svou výrobu pouze na pneumatiky pro vozidla s konvenčními pohony.

Goodyear – Americký výrobce pneumatik, který je mimo jiné výhradním dodavatelem pneumatik pro závody série NASCAR, v současné době nabízí dva modely EV pneumatik. Variantu **ElectricDrive™** a variantu určenou pro sportovní vysokovýkonná vozidla **ElectricDrive™GT**. Tento výrobce v současné době nedodává do ČR ani jednu zmíněnou variantu pneumatik. [24]

Nokian – Finský výrobce pneumatik řeší nabídku pneumatik pro EV podobně, jako již zmíněný výrobce Continental. Všechny modely letních a některé modely zimních pneumatik Nokian mají značení „Vhodné pro elektromobily“. [25]

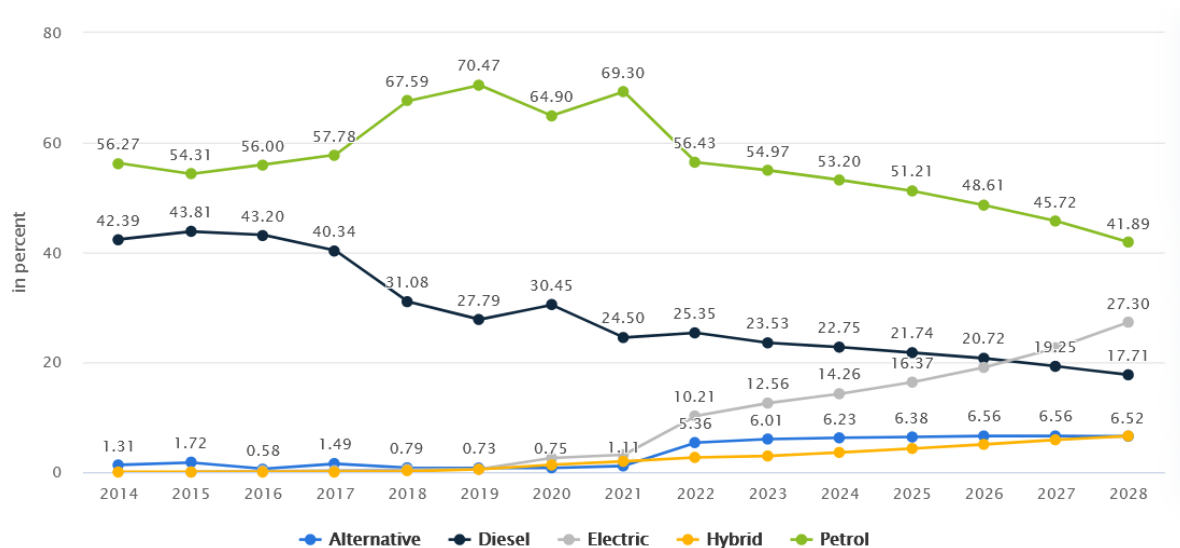
Více informací o parametrech vybraných modelů pneumatik je k dispozici v přehledové tabulce v příloze 1.

2.3. Dostupnost

Jak již bylo naznačeno výše, pneumatiky pro EV jako komodita (ač je odvětví elektromobility stále na vzestupu), jsou stále velmi specifickým odvětvím na trhu pneumatik.

S tím souvisí i to, že zatím nejsou dostatečně rozšířené, aby byly uváděny samostatně v obchodních statistikách a tabulkách o ročních prodejkách.

Pro alespoň hrubý odhad nezbyvá než použít statistiky a tabulky o prodejkách vozidel s dělením podle druhu použitého pohonu – např. na následujícím obrázku 15 je uvedena statistika z prosince 2023.



Obrázek 15 - Procentuální rozdělení prodeje vozidel s různými typy pohonů, vč. predikce. [26]

Při uvažování nejaktuálnějších údajů za celý rok (prodeje v roce 2023) se jedná o prodej elektromobilů zastoupený 12,56 % a hybridních vozidel na méně než 5,63 %. I při předpokladu, že by všechna hybridní vozidla vyžadovala použití EV pneumatik, a tedy výsledným součtem by byla menšina o necelých 17,92 %, nelze předpokládat, aby takovýto podíl připadal na prodej EV pneumatik.

Zda lze čekat vysoký nárůst prodejků jak elektromobilů, tak EV pneumatik je otázka s nelehkou odpovědí, nicméně statistické výpočty napovídají vzestup po rok 2028 na 27,3 % pro elektromobily a 6,52 % pro hybridní vozidla, tedy teoretických 33,82 % v součtu. [26]

2.4. Legislativa

V současné době v České republice – konkrétně ve znění **zákona č.361/2000 Sb. (01.04.2024 - 30.6.2024 - verze 58) O provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)** [27] nebyla nalezena legislativní zmínka zohledňující používání EV pneumatik pro elektromobily a hybridní vozidla. Stejně tak ani v evropských předpisech, ať už Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) nebo předpisech Evropské unie (EU), na které se zákony v České republice často odkazují.

Zároveň nebyly dohledány žádná konkrétní pravidla či připomínky týkajících se EV pneumatik z pohledu pojišťoven.

Z toho vyplývá, že pro EV pneumatiky tedy platí stejná pravidla a nařízení, jako pro jakékoliv jiné běžné pneumatiky na osobní vozidla, včetně minimálních povolených výšek dezénu a povinnosti používání sezónních pneumatik v daném období.

3. Přehled a rozbor odlišností EV pneumatik a konvenčních pneumatik

Pro účely porovnání parametrů a ukázky pneumatik bude v této kapitole používán pro příklady jednotný rozměr: **235/45 R18**.

Důvodem zvolení tohoto rozměru je jeho univerzálnost napříč modely pneumatik – je zařazen jak v základních řadách, tak v prémiových i vysokovýkonných řadách pneumatik.

3.1. Hmotnost

Oproti konvenčním vozidlům u elektromobilů dochází k nárůstu hmotnosti o bateriové sady umístěné ve vozidle, které slouží k akumulaci energie potřebné pro pohyb vozidla. Ačkoliv vývoj akumulátorů během let značně pokročil, váha akumulátorových jednotek uvnitř vozidel zůstává stále vysoká až velmi vysoká (např. 770 kg – Tesla Model Y – zhruba 40% vozidla [28]). Vyšší hmotnost vozidla pak znamená, že na pneumatiky jsou kladeny i vyšší požadavky na přenos sil při všech jízdních režimech – např. při jízdě zatáčkou, při akceleraci, při brzdění, ale i při přejezdu různých nerovností. V kombinaci s jízdním stylem využívajícím naplno dynamické možnosti elektromobilů je to zpravidla spojeno i s vyšším opotřebením pneumatik. Proto je zapotřebí tomuto zatížení pneumatiku přizpůsobit a pro bezpečný provoz ji vybavit konstrukcí s dostatečnou tuhostí, příp. i použitím tvrdších směsí.

Pneumatiky vyhrazené k tomuto účelu jsou pneumatiky označované jako „se zesílenými bočnicemi“, přičemž jejich označování není vždy zcela jednotné. Používá se:

- **XL, EXL** - (Extra Load) – kde „XL“ je nejpoužívanější značení napříč výrobci.

Další možnosti jsou **Reinf, RF, RFD** - (Reinforced), případně **HL** – (High Load, zesílené pneumatiky s vyšší nosností určené hlavně pro výkonnost). V kontextu k výše uvedenému lze u provozovaných hybridů/elektromobilů při nepoužití speciálních pneumatik očekávat i vyšší množství – výhledově legislativně limitovaných – otěrových částic. [29]

3.1.1. Porovnání indexů nosnosti pneumatik pro EV a konvenční

Níže v tabulce 1 je uvedeno porovnání vybraných variant konvenčních a pneumatik pro EV z pohledu indexu nosnosti. Index nosnosti „98“ odpovídá zatížení **750 kg** na vozidlové kolo, tj. vozidlu maximálně zatíženému na **3000 kg**. [29]

Tabulka 1 - Tabulka s porovnáním indexů nosnosti pneumatik; (modrá – pneumatika pro EV, zelená – konvenční pneumatika). [17], [18], [21], [30], [31], [32]

Výrobce	Model	Šířka	Výška	Rozměr ráfku	Index nosnosti	Zesílené pneumatiky s vyšší nosností
HANKOOK	iON evo IK01	235	45	R18	98	XL
HANKOOK	Ventus S1 evo3 (K127)	235	45	R18	98	XL
MICHELIN	E PRIMACY	235	45	R18	98	XL
MICHELIN	PRIMACY 4+	235	45	R18	98	XL
PIRELLI	P ZERO™ E	235	45	R18	98	XL
PIRELLI	P ZERO™ (PZ4) SPORT	235	45	R18	98	XL

Hankook - Z porovnání pneumatiky **iON evo** a její konvenční alternativy **Ventus S1 evo3** (prémiová pneumatika) vyplývá totožnost indexů nosnosti obou pneumatik a zesílení (pro daný rozměr pneumatiky). [17], [30]

Michelin - Z porovnání pneumatiky **E PRIMACY** a její konvenční alternativy **PRIMACY 4+** vyplývá totožnost indexů nosnosti obou pneumatik a zesílení (pro daný rozměr pneumatiky). [18], [31]

Pirelli - Z porovnání pneumatiky **P ZERO™ E** a její konvenční alternativy **P ZERO™ (PZ4) SPORT** (prémiová pneumatika) vyplývá totožnost indexů nosnosti obou pneumatik a zesílení (pro daný rozměr pneumatiky). [21], [32]

Z ukázky výše vyplývá, že ve stejném rozměru (i s dalším shodným označením) jsou často dostupné varianty pneumatik pro EV i konvenční. Což může činit otázku zaměnitelnosti těchto pneumatik ještě aktuálnější.

Nicméně je třeba zmínit, že použití stejného indexu nosnosti včetně označení vyztužené bočnice u konvenčních i EV pneumatik nemusí automaticky znamenat totožné vlastnosti z pohledu tuhosti pneumatiky a jízdních vlastností.

3.2. Hlučnost

Pneumatiky pro EV musí splnit náročné požadavky na nízkou hlučnost. Tichý pohon elektromobilů zaručuje jízdní komfort bez hlučného projevu agregátu. Avšak hlučné pneumatiky, které se podílí na celkové hlučnosti vozidla až z 30 % (v případě EV až 40 % [33]), snižují tuto hladinu komfortu. Při výrobě je tedy jednou z dalších priorit pneumatiky odhlučnit pomocí úpravy složení směsi pneumatiky, úprav v dezénu pneumatiky, případně přidavnými tlumicími systémy uvnitř pneumatiky.

Tlumicí systémy fungují na různých principech, přičemž se většina z nich shoduje na použití polyuretanové pěny/houby na vnitřním obvodu pneumatiky, která má za úkol absorbovat vibrace způsobené povrchem vozovky a utlumit je. Většina výrobců používá tlumicí výplně kombinuje s patentovanými vzory drážek dezénu běhounu, které mají za úkol snížit hlučnost při samotném styku s vozovkou (např. tupé hrany příčných drážek. Dále případně nerovnoměrné uspořádání/natočení drážek dezénu. Níže jsou uvedeny příklady systémů používaných předními výrobci:

3.2.1. Hankook – Sound Absorber Technology

Technologie Sound Absorber od Hankooku používá pěnové technologie pro snížení hluku pneumatiky.

Technologie je realizována pomocí polyuretanového pěnového pásu vloženého do vnitřní strany pneumatiky (souběžně s běhounem). Pěna rozptyluje hluk z povrchu vozovky a snižuje vnitřní hlučnost pneumatiky snížením vibrací pneumatiky až o -9,2 dB. [33]

3.2.2. Michelin – MICHELIN® Acoustic

Technologie MICHELIN® Acoustic omezuje vibrace způsobené povrchem vozovky a s účinností snížení vnitřní hlučnosti vozidla o cca. 20 % pomocí speciální polyuretanové pěny pohlcující hlučnost. Provedení tohoto systému je vyobrazeno na následujícím obrázku 16. [34]



Obrázek 16 - MICHELIN® Acoustic Technology – pěnový pás uvnitř pneumatiky.[34]

3.2.3. PIRELLI NOISE CANCELLING SYSTEM™ (PNCS)

PNCS je technologie snižující hluk ve vozidle používající polyuretanovou houbu Pirelli absorbující vibrace od povrchu vozovky – výrobce uvádí účinnost 2-3 dB. [35]

3.2.4. Porovnání vnější hlučnosti pneumatiky pro EV a konvenční

*Tabulka 2 - Tabulka s porovnáním hlučnosti pneumatik;
(modrá – pneumatika pro EV, zelená – konvenční pneumatika). [17], [18], [21], [30], [31], [32]*

Výrobce	Model	Šířka	Výška	Rozměr ráfku	Hodnota vnější hlučnosti
HANKOOK	iON evo IK01	235	45	R18	69 dB
HANKOOK	Ventus S1 evo3 (K127)	235	45	R18	72 dB
MICHELIN	E PRIMACY	235	45	R18	70 dB
MICHELIN	PRIMACY 4+	235	45	R18	70 dB
PIRELLI	P ZERO™ E	235	45	R18	69 dB
PIRELLI	P ZERO™ (PZ4) SPORT	235	45	R18	68 dB

Hankook - Z porovnání pneumatiky **iON evo** a její konvenční alternativy **Ventus S1 evo3** (prémiová pneumatika) vyplývá snížení vnější hlučnosti o **3 dB** pro daný rozměr pneumatiky. [17], [30]

Michelin - Z porovnání pneumatiky **E PRIMACY** a její konvenční alternativy **PRIMACY 4+** vyplývá totožná vnější hlučnosti pro daný rozměr pneumatiky. [18], [31]

Pirelli - Z porovnání pneumatiky **P ZERO™ E** a její konvenční alternativy **P ZERO™ (PZ4) SPORT** (prémiová pneumatika) vyplývá zvýšení vnější hlučnosti o **1 dB** pro daný rozměr pneumatiky. [21], [32]

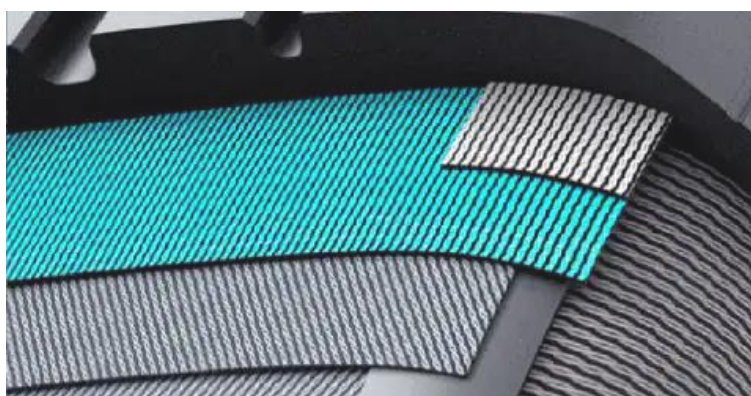
Jak již naznačuje tabulka 2 uvedená výše, EV pneumatiky sdílí spoustu společných rysů a vlastností s prémiovými řadami pneumatiky (často i sportovními řadami). Je tedy přirozené, že některé konvenční pneumatiky mají stejné, ale i lepší parametry (např. zde porovnání u Pirelli).

3.3. Vyšší přenášený výkon

Oproti vozidlům s konvenčními pohony je u elektrovozidel při požadavku maximálního výkonu nástup točivého momentu téměř okamžitý. Pro zachování bezpečného ovládání vozidla musí být pneumatiky schopny snést toto zatížení a to opakovaně. Jak bylo již zmíněno v jedné předcházející kapitole – tato výhoda elektromobilů může vést k rychlejšímu opotřebení pneumatik.

Při docílení takovýchto vlastností se pneumatiky vyhrazené pro EV rovnají prémiovým řadám pneumatik pro spalovací vozidla, tento aspekt se ovšem promítá i v pořizovací ceně pneumatik. Je nutné podotknout, že tato vlastnost je vyžadována primárně u EV, která jsou vysokovýkonná.

Při výrobě pneumatik pro vysokovýkonná vozidla je kladen důraz na vysokou tuhost pneumatiky, adhezní vlastnosti (dána směsí pryže – charakteristickou pro výrobce a model pneumatiky) a kvalitní kordové vrstvy. Např. přídatný hybridní aramidový vyztužovací pás pro zlepšení vlastností u pneumatik iON evo od značky Hankook [36]. Konkrétní provedení pásu je zobrazeno na následujícím obrázku 17 (aramidový pás je zde naznačen modře).



Obrázek 17 - Přídavný aramidový pás od firmy Hankook – na obr. vyznačen modře. [36]

Tento aspekt je důležitý především u vysokovýkonných sportovních elektromobilů a hybridních vozidel, kde pneumatiky musí snášet násobně větší zatížení než u „obyčejných“ EV a hybridních vozidel. Pro snazší představu je níže uvedena tabulka 3 a obrázky 18 a 19 s vybranými zástupci vysokovýkonných elektromobilů a hybridních vozidel.

Tabulka 3 - Ukázka výkonu některých elektromobilů a hybridních vozidel. [37], [38], [39], [40]

DRUH	EV	EV	EV	EV	HYBRID	HYBRID	HYBRID
ZNAČKA	Tesla	Maserati	Porsche	Škoda	Range Rover	Škoda	Volkswagen
MODEL	Model S Plaid	Granturismo Folgore	Taycan	Enyaq vRS	Sport P440e Hybrid	Octavia 4 vRS iV	Golf GTE
MAX. VÝKON [kW]	750	560	560	220	324	180	150
MAX. VÝKON [HP]	1020	761	750	335	434	245	204
MAX. KROUTÍCÍ MOMENT [Nm]	1140	1350	1050	460	650	400	350



Obrázek 18 - Elektromobil Tesla Model S Plaid. [37]



Obrázek 19 - Hybridní vozidlo Škoda Octavia 4 vRS iV. [39]

3.4. Faktory ovlivňující dojezd a výdrž pneumatik

Z důvodu povahy pohonu a vyšší váhy vozidel než u konvenčních konkurentů, může být spotřeba pneumatik až o 20 % [36] rychlejší oproti vozidlům se spalovacími motory. Nicméně záleží na několika faktorech, jako např. kvalita pneumatik, vytížení vozidla, jízdní styl řidiče, aj. Ve snaze minimalizovat spotřebu pneumatik dochází k použití speciální patentovaných směsí jako např. GreenPower (Michelin) [19], ProDurable (Hankook) [36] a tím tedy i zvýšení celkové dojezdové vzdálenosti pneumatiky, tj. až po úplné sjetí).

3.4.1. Třída palivové účinnosti

Třída palivové účinnosti je údaj uvedený v evropském energetickém štítku EPREL s rozmezím pěti hodnot (A–E) pro osobní vozidla. Značí spotřebu paliva (nikoliv spotřebu elektrické energie) v závislosti na valivém odporu pneumatiky. Pro příklad uvedena třída A:

Třída A - Zaručuje nejnižší přídatnou spotřebu paliva ze všech tříd, platí, že s každou další třídou se spotřeba paliva zvyšuje o 0,10 až 0,15 l/100 km (u vozidla s průměrnou spotřebou 6,6 l/100 km). [41]

Ačkoliv je tento údaj primárně koncipován pro pneumatiky pro vozidla se spalovacím motorem, je užíván i pro pneumatiky EV, jako porovnávací ekvivalent, viz tabulka 4.

3.4.2. Valivý odpor

Z pohledu jízdních odporů omezujících pohyb vozidel mají pneumatiky přímý vliv hned na dva z běžně uvažovaných – odpor valení a aerodynamický odpor. Oba budou stručně rozebrány v rámci této, resp. následující podkapitoly.

Valivý odpor vzniká v důsledku deformování odvalující se pneumatiky po povrchu, který lze vůči pneumatice považovat za relativně tuhý. Tím vznikají ztráty energie. Během opakovaného deformování pneumatiky je potřeba určité množství energie na překonání viskozity pryže. Následně se pneumatika vrací do původního tvaru a dochází k nevratné přeměně (disipaci) deformační energie na teplo.

Valivý odpor má u pneumatik pro elektromobily velký význam, čím nižší je valivý odpor, tím většího dojezdu na baterii automobil dosáhne. Možnosti snižování valivého odporu u EV jsou dány použitím tvrdších směsí při výrobě pneumatiky a za provozu aplikováním vyššího tlaku huštění.

Tabulka 4 - Tabulka s porovnáním tříd palivové účinnosti pneumatik; (modrá – pneumatika pro EV, zelená – konvenční pneumatika). [17], [18], [21], [30], [31], [32]

Výrobce	Model	Šířka	Výška	Rozměr ráfku	Třída palivové účinnosti
HANKOOK	iON evo IK01	235	45	R18	B
HANKOOK	Ventus S1 evo3 (K127)	235	45	R18	C
MICHELIN	E PRIMACY	235	45	R18	A
MICHELIN	PRIMACY 4+	235	45	R18	B
PIRELLI	P ZERO™ E	235	45	R18	A
PIRELLI	P ZERO™ (PZ4) SPORT	235	45	R18	C

Hankook - Z porovnání pneumatiky **iON evo** a její konvenční alternativy **Ventus S1 evo3** (prémiová pneumatika) vyplývá snížení palivové účinnosti o jednu třídu ve prospěch EV pneumatiky (pro daný rozměr pneumatiky). [17], [30]

Michelin - Z porovnání pneumatiky **E PRIMACY** a její konvenční alternativy **PRIMACY 4+** vyplývá snížení palivové účinnosti o jednu třídu ve prospěch EV pneumatiky (pro daný rozměr pneumatiky). [18], [31]

Pirelli - Z porovnání pneumatiky **P ZERO™ E** a její konvenční alternativy **P ZERO™ (PZ4) SPORT** (prémiová pneumatika) vyplývá snížení palivové účinnosti o dvě třídy ve prospěch EV pneumatiky (pro daný rozměr pneumatiky). [21], [32]

Z výše uvedené tabulky 4 plyne zlepšení palivové třídy u každého výrobce alespoň o jednu třídu. Toto podporuje výše zmíněnou snahu výrobců snížit valivý odpor u EV pneumatik, kdy v nabídkách renomovaných výrobců se většinou vyskytují EV pneumatiky s třídami A, B, C.

Více informací o třídách palivové účinnosti vybraných modelů pneumatik je k dispozici v přehledové tabulce v příloze 1.

3.4.3. Aerodynamický odpor

Při snaze co nejvíce zmenšit tento jízdní odpor je jednou z jednodušších možností vozidlové kolo „zasunout“ více do podběhu. Dále je namístě zmínit dnes již velmi častou úpravou (nejen) při použití EV pneumatik. Jde o úpravu disku, na kterém je pneumatika upevněna, pro snížení aerodynamického koeficientu C_x (součinitel odporu vzduchu). Tato úprava spočívá v použití speciálních aerodynamických krytů, které vytvoří clonu vzduchu kolem kola, a tím zamezí proudění vzduchu dovnitř disku a následnému rozvíření. Je vhodné zmínit provedení disků, na kterých jsou kryty používány – tedy klasických konvenčních ráfků, pouze s úpravou pro přichycení krytů (EV pneumatiky jsou kompatibilní s konvenčními ráfkami).

Konkrétní příklad použití aerodynamických krytů **AirCurtain** [42] výrobce Škoda auto a.s. na vozidle Škoda Octavia 4 a model proudění vzduchu kolem krytů je zobrazeno na následujícím obrázku 20.



Obrázek 20 - Aerodynamické kryty kol / proudění vzduchu za použití krytů. [42]

V souladu se snahou o snižování hodnot valivého i aerodynamického odporu je třeba zmínit i vliv zvolených rozměrů pneumatik. Z mechaniky pohybu silničních vozidel vyplývá, že na úrovni pneumatik lze aerodynamický odpor snížit zmenšením šířky pneumatiky, čímž se zmenší i čelní plocha kol. Zúžení kol má zároveň i pozitivní vliv na zmenšení odporu valení.

Tento koncept byl asi nejvýrazněji viditelný u vozidla BMW i3, které bylo opatřeno mj. pneumatikami Bridgestone s rozměrem 155/60 R20 80Q - tedy pneumatikami s relativně velmi malou šířkou a velkým průměrem (letní a zimní varianta zobrazeny na obrázku 21). V segmentu malých, lehkých a nepříliš výkonných elektromobilů tak vznikly pneumatiky optimalizované pro energeticky nepříliš náročnou jízdu, které byly značně odlišné od konvenčních pneumatik používaných u jakékoliv kategorie vozidel se spalovacím motorem. [43]



Obrázek 21 - Pneumatika Bridgestone pro automobil BMW i3. [43]

Stejnou myšlenku však nelze aplikovat u všech elektromobilů/hybridů plošně. Hlavním důvodem je jednak značná hmotnost těchto vozidel, a zadruhé častý požadavek na přenos vysokého výkonu, což úzké pneumatiky nejsou schopny zajistit. Odtud však nejspíše pochází příčina používání větších průměrů pneumatik, než bylo u konvenčních vozidel před nástupem elektromobility zvykem.

3.5. Cena

Jak bylo popsáno výše, pneumatiky pro EV mají velmi specifické nároky na provoz a tím pádem i na výrobu a současně je prodej vyhrazen pouze omezené skupině spotřebitelů. Tyto skutečnosti se nutně promítají do prodejní ceny pneumatik, která se ve většině případů rovná s cenou prémiových modelů pneumatik pro spalovací vozidla. Není však výjimkou, že cena EV pneumatik tyto modely i převyšuje.

Přehled porovnání průměrných cen EV pneumatik a konvenčních alternativ pro rozměr R18:

*Tabulka 5 - Tabulka s porovnáním průměrných cen pneumatik (výběr z přehledové tabulky – Příloha 1);
(modrá – pneumatika pro EV, zelená – konvenční pneumatika).*

Výrobce	Model	Šířka	Výška	Rozměr ráfku	Orientační cena / ks
HANKOOK	iON evo IK01	235	45	R18	4 400 Kč
HANKOOK	Ventus Prime4 (K135)	235	45	R18	3 000 Kč
HANKOOK	Ventus Prime3 (K125)	235	45	R18	3 400 Kč
HANKOOK	Ventus S1 evo3 (K127)	235	45	R18	2 900 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	235	45	R18	4 500 Kč
MICHELIN	PRIMACY 4+	235	45	R18	4 400 Kč
PIRELLI	P ZERO™ E	235	45	R18	4 700 Kč
PIRELLI	P ZERO™ (PZ4) SPORT	235	45	R18	4 100 Kč

Z tabulky 5 vychází nárůst u EV pneumatik oproti konvenční alternativě o cca 20 %.

3.6. Značení pneumatik

V některých případech je spolupráce automobilky a výrobce pneumatik užší a pneumatiky jsou vyvíjeny a testovány „na míru“ konkrétní značce, případně přímo modelu. Příklady označení:

- T0 – Tesla,
- MO1 – Mercedes,
- VOL – Volvo,
- NE0 – Porsche Macan,
- GOE – Hyundai Genesis apod.

Případně další speciální znaky vyskytující se na pneumatikách pro hybridy a elektromobily:

- S1 - snížený valivý odpor (povinná montáž dvou pneumatik na stejné nápravě),
- EV - rozsáhlé technické vylepšení pro specifické použití elektrických aut,
- ELECT – pneumatiky optimalizované s ohledem na specifika elektromobilů (Pirelli) [44],
- SA, ACOUSTIC, PNCS, SilentCore – systémy potlačení hluku,
- RNF - RunForward™, technologie pro možnost dojezdu s defektem pneu,
- FP, MFS, FR – ochranný lem ráfků,
- ELT – End-of-Life Tyres (Pirelli) – vyšší míra recyklovatelnosti. [45]

Více informací o speciálním značení pneumatik je k dispozici v přehledové tabulce v příloze 2.

4. Měření radiálních deformačních charakteristik konvenční pneumatiky a EV pneumatiky

4.1. Přehled použitého přístrojového vybavení

Při měření byly k dispozici následující přístroje:

- statický adhezor pro zatěžování vozidlového kola a vyvození deformace měřené pneumatiky,
- digitální nádrh pro měření deformace pneumatiky pomocí snímání kontaktní plochy na rameni adhezoru,
- nájezdové automobilní váhy použité jako podložka mezi pneumatikou a stolem adhezoru a pro zjištění hmotnosti působící na podložku, a tedy zatížení na měřenou pneumatiku.

4.1.1. Statický adhezor

Statický adhezor pneumatik SA-1 se nachází v laboratoři ve Výzkumném a vývojovém centru v dopravě (VVCD) v Doubravících a byl vyroben ve firmě VÚB a.s. Ústí nad Orlicí. Firmou zabývající se zakázkovou výrobou různých jednoúčelových strojů pro strojírenský/textilní průmysl.

Podle plánů by v případě plného vybavení a funkčnosti měl uvedený statický adhezor nabízet měření deformací v radiálním, bočním a podélném směru, tedy kompletní deformační charakteristiky. Zároveň velikost a tvar kontaktní plochy a velikost tlaku v dotykové ploše.

V období, kdy probíhalo měření pro potřeby této bakalářské práce bylo na statickém adhezoru možné měřit pouze radiální zatížení kola a deformaci pneumatiky v radiálním směru. Aktuální stav statického adhezoru je vyobrazen na následujícím obrázku 22.



Obrázek 22 - Univerzitní statický adhezor SA-1. [46]

Konstrukce adhezoru

- Adhezor je složen z masivního rámu dimenzovaného tak, aby síly a momenty při zatěžování pneumatiky nezpůsobovaly jeho deformace. Tyto deformace by měly za následek zanesení nepřesností do výstupu měření. [46]
- Druhou hlavní součástí je rameno adhezoru, ke kterému je upevněno samotné vozidlové kolo s testovanou pneumatikou a které umožňuje pohyb v ose z. Tento pohyb zajišťuje hydraulický okruh složený z dvojčinného hydraulického válce a ruční ovládací pumpy vybavené dvoucestným ventilem. [46]

Ovládání adhezoru

- Změna zatížení je umožněna pomocí výše zmíněné ruční pumpy (páka jasně oranžové barvy na obrázku 22.) a dvoucestného ventilu. V jednom režimu lze spouštět rameno i s kolem vlastní vahou ramene adhezoru (260 kg + vozidlové kolo) a v režimu druhém již spuštěné rameno s kolem aktivně přitlačovat k podložce (stůl, v případě této bakalářské práce nájezdová váha).

4.1.2. Nájezdová váha

Ve zmíněné laboratoři je jako součást dostupného přístrojového vybavení k dispozici sada nájezdových kolových vah, která je složená z:

Vážní indikátor DINI ARGEO DFWKRP (vážní jednotka + tiskárna)

- Možnost zobrazení celkového součtu vah všech čtyř plošin - „GROSS“ (zobrazení s přesností na **10 kg**).
- Možnost zobrazení výstupu i jednotlivých plošin (zobrazení s přesností na **2 kg**). [47]

4x Vážicí plošina DINI ARGEO WWSE6TM

- Vážicí plošiny s maximální váživostí 6000 kg **každá**.
- Vážicí přesnost **jednotlivých** plošin je 2 kg.

Vzhledem k zaokrouhlování měřicího systému vah u celkového součtu ze všech plošin na celé desítky kilogramů, jsou ve výsledcích uvedeny součty hmotností na nápravu sečtené z výstupů měření každé plošiny (přesnost na 2 kg) – nikoliv z výstupu vážní jednotky jako celku. [48]

Podoba celé vážní sady (bez propojovacích kabelů) je zobrazena na následujícím obrázku 23 níže.



Obrázek 23 - Sada nájezdové váhy DINI ARGEO. [49]

Pracovní úkony spojené s obsluhou nájezdové váhy

- 1.) Nutné připojení všech čtyř vážících plošin pro správné fungování vážící jednotky (nutnost i při plánovaném používání pouze jedné vážící plošiny).
- 2.) Zapnutí vážící jednotky a následná kalibrace (vynulování vah)
- 3.) Vlastní použití vah (vážení).
- 4.) Případný okamžitý tisk záznamu s okamžitým stavem hmotnosti na jednotlivých vážících plošinách. Včetně celkového součtu všech čtyř plošin – „GROSS“.

4.1.3. Digitální výškoměr (tzv. nádrh)

Výškoměr MITUTOYO HDS-30C

- Ovládaný ručně pomocí klíčkového mechanismu.
- Měřicí rozmezí 0-300 mm. [50]
- Rozlišovací schopnost 0,01 mm. [50]



Obrázek 24 - Digitální nádrh (výškoměr) MITUTOYO HDS-30C. [50]

Pracovní úkony spojené s obsluhou výškoměru

- 1.) Ustavení na stabilní podložku
- 2.) Zapnutí měřicího počítače
- 3.) Nastavení kontaktní plošky do požadované výšky
- 4.) Vynulování měřicího počítače
- 5.) Vlastní měření

Typ použitého výškoměru MITUTOYO je zobrazen na obrázku 24.

4.2. Výběr vozidel a pneumatik pro měření

Na základě předchozí analýzy byly identifikovány potenciální dvojice odpovídajících si variant pneumatik (EV, konvenční), avšak z pohledu vysoké finanční náročnosti na pořízení těchto pneumatik nebyla tato varianta realizována. Nicméně, namísto toho byla využita příležitost porovnání originálních (OE) pneumatik u elektrické a konvenční verze vozidla **Hyundai Kona**.

4.2.1. Posuzované automobily

U obou níže představených vozidel (viz obrázky 25., 26. a tabulka základních parametrů 6) bylo provedeno vážení v prostorách laboratoře na VVCD pomocí představené sady nájezdových vah. V obou případech ve variantách s řidičem a bez řidiče.



Obrázek 25 - Vozidlo Hyundai Kona
 (ilustrační obrázek). [51]



Obrázek 26 - Vozidlo Hyundai Kona Electric
 (ilustrační obrázek). [52]

Tabulka 6 - Tabulka porovnání základních parametrů obou vozidel. [53], [54]

DRUH	KONVENČNÍ	EV
ZNAČKA	Hyundai	Hyundai
MODEL	Kona 1.0 T-GDI (benzín)	Kona Electric 64kWh
MAX. VÝKON [kW]	88	150
MAX. VÝKON [HP]	118	204
MAX. KROUTÍCÍ MOMENT [Nm]	172	395

Pro korektní vyhodnocení naměřených výsledků je však nutné poznamenat, že nejde o optimální shodu odpovídajících si variant modelů. Porovnání vozidel stejné značky a stejné modelové rodiny, bez ohledu na motorizaci by bylo chybou. Neboť z pohledu výkonostních kategorií jsou přibližně analogické dvojice konvenčních a elektrických variant následující:

- 1.0l T-GDI/88kW = 39kWh/100kW [53],
- 1.6l T-GDI/145kW = 64kWh/150kW [54].

Pozn.: Formát uvedených údajů udává „objem motoru/výkon“, resp. „kapacitu trakční baterie/výkon“.

Rozdíl v pohotovostních hmotnostech mezi benzínovými variantami činí cca 150 kg (u 1.0 – 1275 kg, resp. u 1.6 – 1421 kg). U elektrických variant je rozdíl totožný – 150 kg (u 39 kWh – 1535 kg, u 64 kWh – 1685 kg). [53], [54]

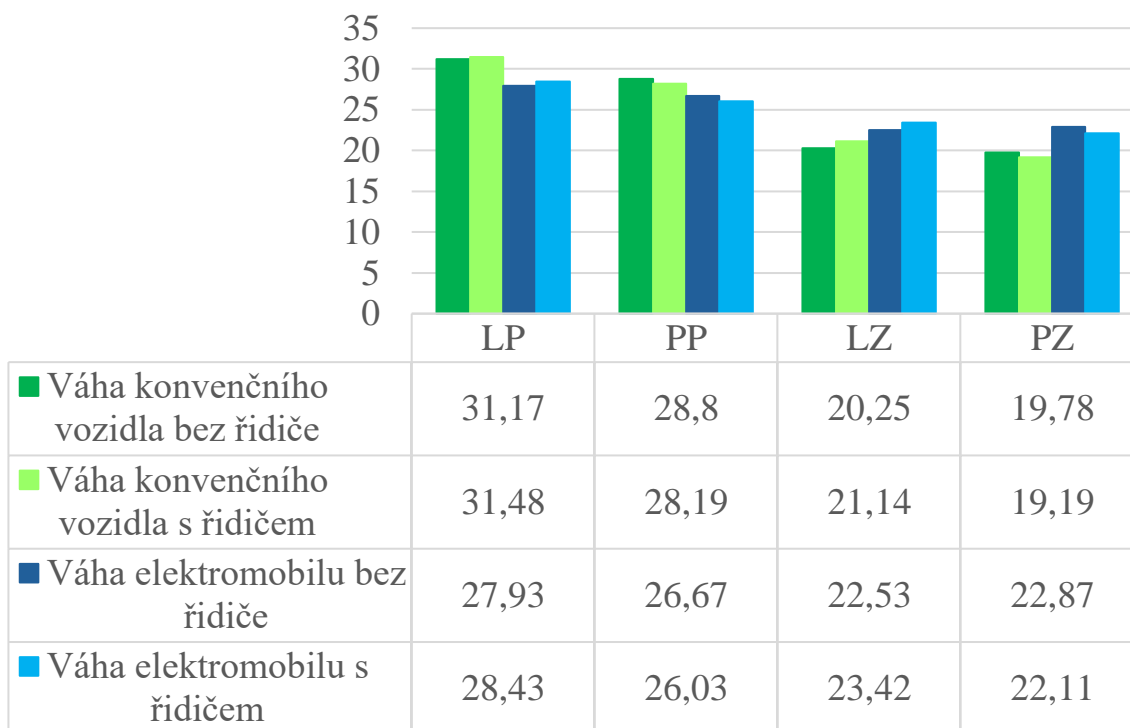
Tyto teoretické předpoklady potvrzují hodnoty zjištěné při realizovaných váženích, které se mírně liší, neboť jde o hmotnost aktuální (provozní), nikoliv pohotovostní (striktně předepsán objem náplní a výbavy). Hlavním cílem tohoto pomocného měření však nebylo porovnávat hmotnosti celých vozidel, ale spíše zjistit reálné zatížení jednotlivých kol. Z čehož dále vyplývá představa o rozložení hmotnosti na jednotlivá vozidlová kola, resp. nápravy

(viz v tabulce 7. a na obrázku 27. níže). Motivací k tomuto náhledu bylo osazení obou vozidel pneumatikami totožných rozměrů i dalších označení (viz v následující podkapitole).

Tabulka 7 - Tabulka rozložení hmotnosti na jednotlivá vozidlová kola.

	Hyundai Kona		Hyundai Kona Electric	
	BEZ řidiče [kg]	S řidičem [kg]	BEZ řidiče [kg]	S řidičem [kg]
Levé přední kolo	394	420	486	522
Pravé přední kolo	364	376	464	478
Levé zadní kolo	256	282	392	430
Pravé zadní kolo	250	256	398	406
Celková hmotnost	1264	1334	1740	1836

Rozložení hmotnosti připadající na vozidlové kolo [%]



Obrázek 27 - Rozložení hmotnosti na jednotlivá vozidlová kola.

4.2.2. Popis vybraných pneumatik

K měření tak byly z výše popsaných důvodů vybrány pneumatiky stejných rozměrů, včetně indexu nosnosti a zesílené konstrukce bočnice, konkrétně:

- **Konvenční pneumatika – Barum Polaris 5** – zimní pneumatika od značky Barum modelové řady Polaris 5 (Barum – skupina Continental).
- **EV pneumatika – Nokian WR A4** – zimní prémiová pneumatika pro sportovní vozy kompatibilní s EV technologií.

Bližší parametry vybraných pneumatik jsou uvedeny v tabulce 8 níže. Porovnání vlastností měřených pneumatik:

Tabulka 8 - Vlastnosti měřených pneumatik. [55], [56]

DRUH	EV	KONVENČNÍ
Výrobce	NOKIAN	BARUM
Model	WR A4	POLARIS 5
Šířka	215	215
Výška	55	55
Rozměr ráfku	R17	R17
Index nosnosti	98	98
Index rychlosti	V	V
Zesílené pneumatiky s vyšší nosností	XL	XL
Třída palivové účinnosti	C	D
Třída přilnavosti na mokru	B	C
Třída vnější hlučnosti	B	B
Hodnota vnější hlučnosti	72 dB	72 dB

Z uvedené tabulky vyplývá shodnost obou pneumatik téměř ve všech parametrech. Jediné rozdíly ve vlastnostech pneumatik se nacházejí ve **třídě palivové účinnosti** (EV pneumatika vychází lépe v porovnání o jednu třídu) a **třídě přilnavosti na mokru** (EV pneumatika vychází z porovnání lépe o jednu třídu).

4.3. Vlastní měření

Vlastní měření průběhu radiálních deformací probíhalo s využitím statického adhezoru, jedné vážící plošiny (měření s rozlišovací schopností 2 kg) a digitálního nádrhu pro snímání vyvozené radiální deformace. U každé pneumatiky měření proběhlo ve třech měřených pokusech, za stálého (provozního) tlaku pneumatiky.

Měření vždy začínalo nalezením počáteční nulové polohy kontaktu měřené pneumatiky s plošinou. Pneumatiky byly následně měřeny stejným postupem – nejprve došlo k postupnému zatěžování ve svislém směru od 0 kg do 550 kg a poté k postupnému odlehčování z konečné hodnoty (cca 550 kg) na 0 kg. Hodnoty jsou uváděny v jednotkách kilogramů z důvodu odměřování hmotnosti (zatížení) pomocí vážící plošiny připojené k vážní jednotce se zobrazovacím režimem v kilogramech. Ukázka obou pneumatik v průběhu měření je vyobrazena na obrázcích 28 a 29.



Obrázek 28 - Konvenční pneumatika použitá k měření. (archiv autora)



Obrázek 29 - EV pneumatika použitá k měření. (archiv autora)

Ačkoliv hmotnostní indexy obou pneumatik povolují maximální zatěžující hmotnost až 750 kg, byla jako maximální hmotnost (zatížení) z bezpečnostních důvodů zvolena hodnota 550 kg. Pneumatiky byly za účelem měření pouze dočasně zapůjčeny a pouze jedna z nich byla již vyřazena mimo silniční provoz (EV pneu Nokian WR A4). Stanulo tedy na prvním místě stále provozovanou pneumatiku Barum Polaris 5 (příp. disk) nepoškodit a nevystavit majitele nebezpečím při řízení na pozemních komunikacích.

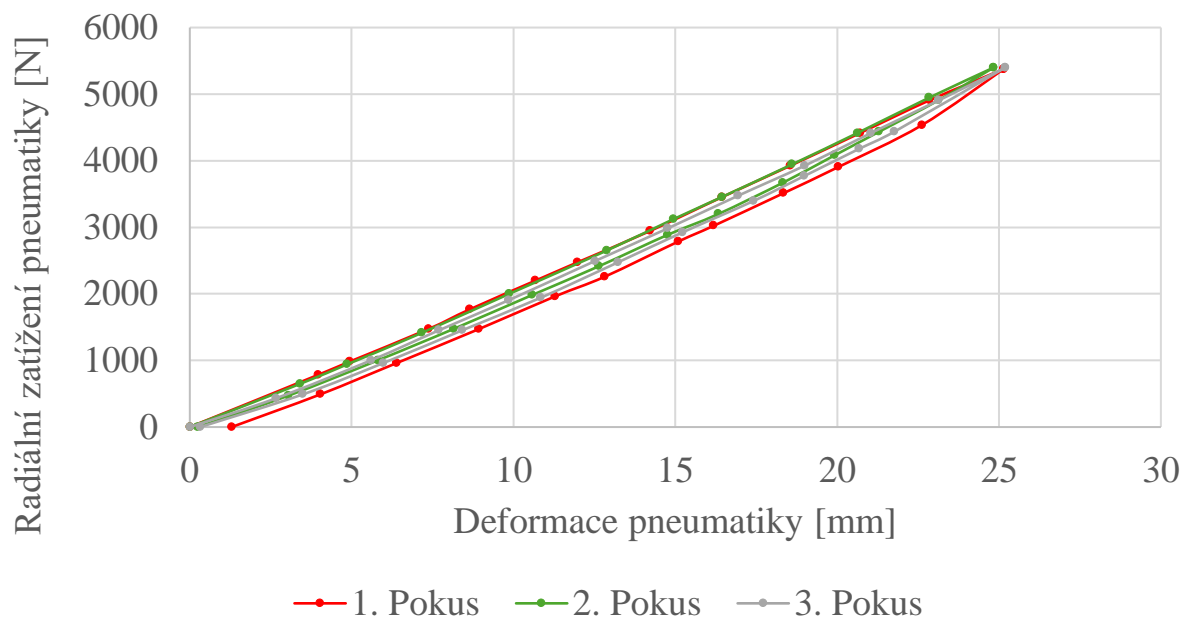
Nicméně, za účelem získání představy o trendu vývoje tuhosti na a za hranici předepsaného povoleného zatížení, bylo na již vyřazené pneumatice (Nokian WR A4) provedeno doplňkové měření se zvýšeným zatížením na 850 kg (tj. 100 kg za povoleným zatížením).

Pro jednotlivá měření byl stanoven jednotlivý přírůstek 50 kg. Tuto hodnotu ovšem nebylo snadné dodržet z důvodu nepřesného ovládní přepouštěcího ventilu, z tohoto důvodu se mohou některé naměřené přírůstky projevit s lehkou nepřesností.

4.3.1. Měření konvenční pneumatiky – Barum Polaris 5

Měření radiálních deformací konvenční pneumatiky probíhalo v souladu s výše uvedeným sledem – zatížení a odlehčení pneumatiky při provozním tlaku (2,6 bar) – po tři celková měření (pokusy). Výsledkem měření jsou tři zatěžovací a tři odlehčovací křivky (pár pro každé měření), které jsou vyobrazeny na obrázku 30.

Zatížení a odlehčení - Barum Polaris 5



Obrázek 30 - Měření radiální deformace konvenční pneumatiky.

Na vodorovné ose se nachází stupnice pro deformaci pneumatiky (úbytek na poloměru) v milimetrech.

Na svislé ose se nachází stupnice pro radiální zatížení pneumatiky v jednotkách Newtonu – jedná se o ekvivalent tíhové síly na vozidlové kolo (hmotnost působící na disk s pneumatikou vynásobena tíhovým zrychlením g).

Na uvedeném grafu můžeme pozorovat tři velmi důležité souvislosti: **zatěžovací větev**, **odlehčovací větev** a **hysterezi** mezi nimi.

Nejdříve postupně narůstá zatěžovací větev tím, jak je pneumatika zatěžována a deformuje se o tuhou podložku – s vyšším zatížením se zvyšuje postupně i deformace pneumatiky. Po dosažení maximálního zatížení, je pneumatika postupně odlehčována – deformace se postupně snižuje až do úplného odlehčení pneumatiky, kdy je svislá reakce nulová.

Zatěžovací větev – Vyšší z křivek na grafu, mírně progresivní. Při aplikaci zatížení lze pozorovat vyšší hodnoty působícího síly při stejných hodnotách deformace, jako u odlehčovací větve. Toto je zapříčiněno tuhostí pneumatiky a nutností překonat ji.

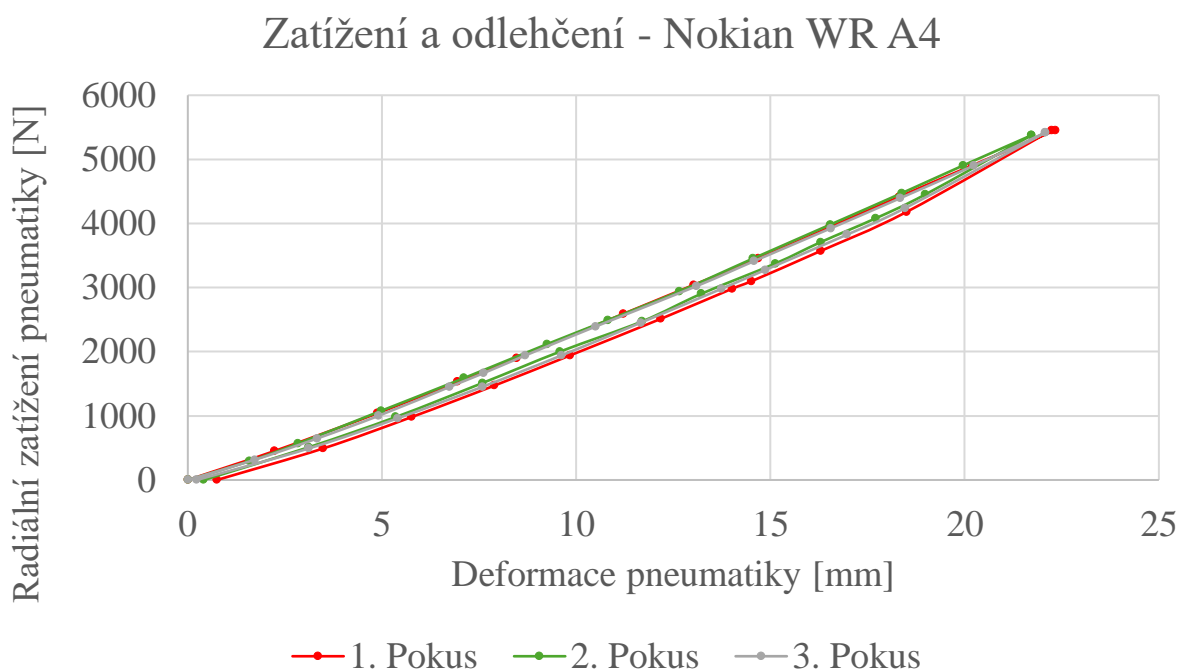
Odlehčovací větev – Nižší křivka na grafu, mírně progresivní.

Hystereze – Plocha mezi oběma větvemi (křivkami) úměrná hysterese ztrátám vznikajícím při zatížení a odlehčení pneumatiky. Tyto ztráty jsou ve formě přeměny mechanické energie na energii tepelnou.

Mezi všemi třemi pokusy lze pozorovat stejný trend a poměrně vysokou podobnost ovlivněnou pouze drobnými rozdíly, jež jsou zapříčiněny ručním ovládním, tak jak je zmíněno výše.

4.3.2. Měření EV pneumatiky - Nokian WR A4

Měření radiálních deformací EV pneumatiky probíhalo v souladu s výše uvedeným sledem – zatížení a odlehčení pneumatiky při provozním tlaku (2,6 bar, nastaven stejný jako u provozované pneumatiky z kapitoly 4.3.1.) po tři celková měření (pokusy). Výsledkem měření jsou tři zatěžovací a tři odlehčovací křivky (pár pro každé měření) vyobrazeny níže na obrázku 31.



Obrázek 31 - Měření radiální deformace EV pneumatiky.

Na vodorovné ose se nachází stupnice pro deformaci pneumatiky (úbytek na poloměru) v nízkých desítkách milimetru.

Na svislé ose se nachází stupnice pro radiální zatížení pneumatiky v jednotkách Newtonu – jedná se o ekvivalent tíhové síly na vozidlové kolo (hmotnost působící na vozidlové kolo vynásobena tíhovým zrychlením g).

Na uvedeném grafu můžeme pozorovat tři velmi důležité souvislosti: **zatěžovací větev**, **odlehčovací větev** a **hysterezi** mezi nimi.

Nejdříve postupně narůstá zatěžovací větev tím, jak je pneumatika zatěžována a deformuje se o tuhou podložku – s vyšším zatížením se zvyšuje postupně deformace pneumatiky, a to lehce strměji než v předchozím měření. Po dosažení maximálního zatížení, je pneumatika postupně odlehčována – deformace se postupně snižuje až do úplného odlehčení pneumatiky, kdy je svislá reakce nulová.

Zatěžovací větev – Vyšší křivka na grafu, mírně progresivní.

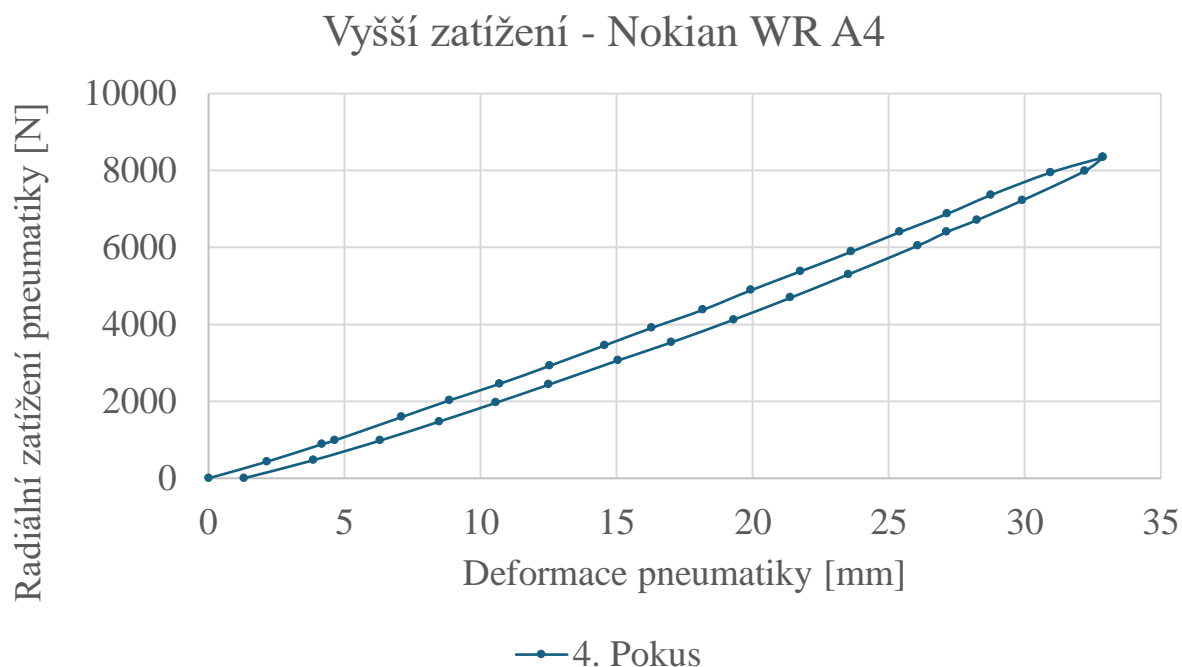
Odlehčovací větev – Nižší křivka na grafu, mírně progresivní.

Hystereze – Plocha mezi oběma křivkami je úměrná hysterézám, které vznikají při zatěžování a odlehčování pneumatiky. Tyto ztráty jsou ve formě přeměny mechanické energie na energii tepelnou.

Mezi všemi třemi pokusy lze pozorovat stejný trend a opět poměrně vysokou podobnost ovlivněnou pouze drobnými rozdíly, zároveň je vidět strmější průběh všech křivek daný vyšší tuhostí této pneumatiky (dáno menší hodnotou deformace na ose x).

Doplňující měření – EV pneumatika zatížená přes povolený hmotnostním index

Pro představu o charakteru tuhosti při radiální deformaci pneumatiky byl proveden doplňující čtvrtý pokus měření EV pneumatiky. Tento pokus spočíval v zatížení pneumatiky za hranici zvoleného měřicího maxima (550 kg) na vyšší než povolené zatížení (750 kg) – tedy na 850 kg. Průběh měření je patrný níže na obrázku 32, z kterého vyplývá shodný trend zatěžovacích větví křivek jako u standardních pokusů měření.



Obrázek 32 - Měření radiální deformace při zvýšeném zatížení EV pneumatiky.

5. Zhodnocení provedené analýzy a dosažených výsledků měření

5.1. Zhodnocení provedené analýzy EV a konvenčních pneumatik

Na základě provedené analýzy vyplývá několik důležitých aspektů, které, ačkoliv zatím neexistuje žádné legislativní pravidlo upravující provoz EV pneumatik, by měly potenciální spotřebitele přesvědčit, nebo alespoň uvést v pozornost při výběru pneumatik pro elektromobil, nebo hybridní vozidlo. EV pneumatiky se zdají být na první pohled konvenčními nahraditelné (při dodržení stejného značení), ovšem dále následuje souhrn odlišností, díky kterým to nemusí být ve výsledku ideální řešení.

5.1.1. Shrnutí rozdílů EV oproti konvenčním pneumatikám

První a patrně nejdůležitější rozdíl EV pneumatik je předpoklad vyztužení pneumatiky a tím její vyšší tuhosti oproti konvenční alternativě, a to i při použití stejného hmotnostního indexu a indexu zesílení pneumatiky.

Pneumatiky jsou dále velmi často vybaveny přídavnými prvky pro snížení hlučnosti pneumatiky – tj. pro zlepšení jízdního komfortu elektromobilu, kde jsou pneumatiky takřka jediným hlučným elementem vozidla (podíl až 40 %).

Prémiové řady EV pneumatik určených pro vysokovýkonná sportovní vozidla jsou tvořeny ze speciálních patentovaných směsí výrobců pro opakované zajištění spolehlivého přenosu vysokého výkonu za náročných podmínek. S důrazem na vysokou tuhost pneumatiky, neboť jsou tyto pneumatiky často vybaveny dodatečnými vyztužovacími pásy patentovaného složení.

Nižší spotřeba baterií a vyšší dojezd vozidel je také jeden z hlavních přínosů EV pneumatiky. Těchto vlastností je dosaženo vyššími (lepšími) třídami palivové účinnosti a snížením valivého odporu pneumatik. Toho je dosaženo pomocí uprav dezénu, běhounu a použitím patentovaných složení pryžových směsí s cílem zvýšit, jak samotný kilometrový nájezd na jedno nabití, tak celoživotní nájezd pneumatiky do úplného sjetí. Často jsou EV pneumatiky optimalizovány pro konkrétní vozidlo přímou spoluprací s automobilkou.

Při zmínění valivého odporu je vhodné zmínit také snahu výrobců EV snížit aerodynamický odpor vozidlových kol pomocí speciálních aerodynamických krytů kol. Tyto kryty slouží k usměrnění proudícího vzduchu po straně kola, namísto vniknutí do ráfku a následného víření.

V cenovém poměru se EV pneumatiky průměrně pohybují na úrovni prémiových konvenčních pneumatik, s nimiž také sdílejí podobné rysy (patentované směsi pryže, vysoký dojezd, nízký valivý odpor, akustické tlumení). Lze samozřejmě najít i levnější EV alternativy, ovšem použití takovýchto pneumatik se jeví jako vhodné spíše pro vozidla s nižším výkonem (městské elektromobily a malá hybridní vozidla).

EV pneumatiky jsou z hlediska dostupnosti poměrně novým aspektem na trhu. Nicméně, provedená analýza dostupnosti na území ČR prokázala výskyt minimálně tří renomovaných výrobců pneumatik s nabídkou EV pneumatik v dostatečné míře pro výběr spotřebitelů jak s hybridními vozidly, elektromobily, nebo vysokovýkonnými elektromobily. Přičemž lze

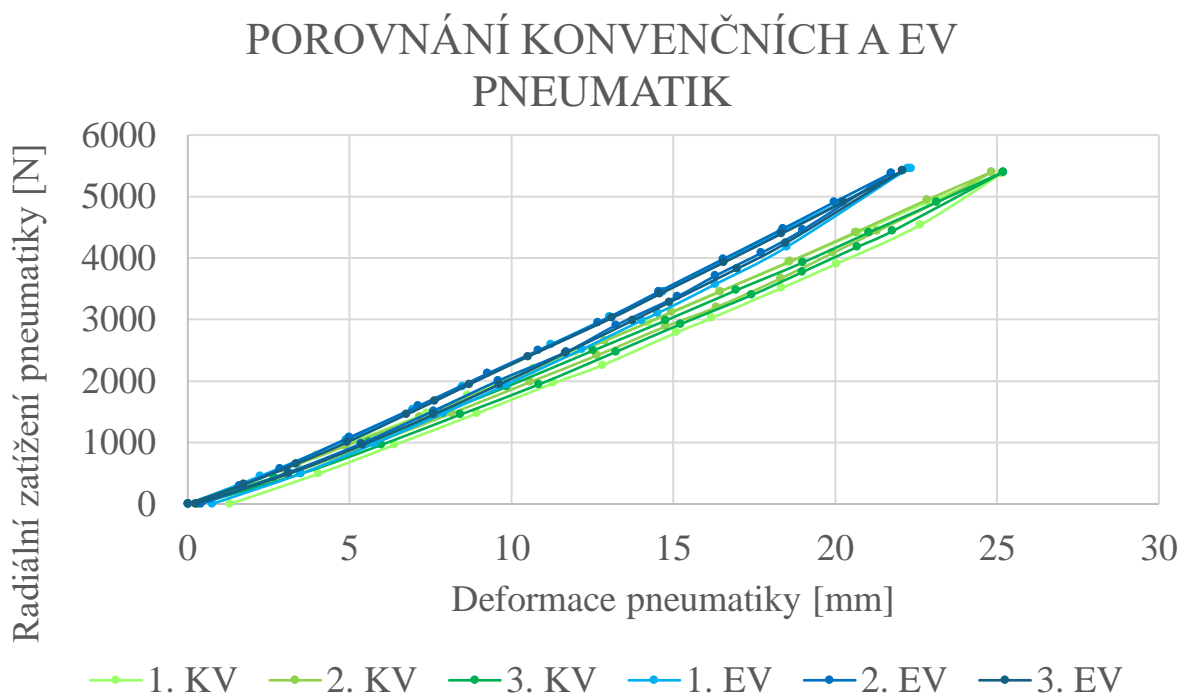
s velkou pravděpodobností předpokládat, že nabídka EV pneumatik se bude nadále intenzivně rozšiřovat.

Na základě zjištěných rozdílů a vlastností z analýzy se EV pneumatiky jeví jako opodstatněná investice do provozního vybavení elektromobilů a hybridních vozidel.

5.2. Výsledky měření

5.2.1. Porovnání měření radiální deformace konvenční a EV pneumatiky

Hlavním záměrem měření obou pneumatik bylo získat reálné charakteristiky radiálních deformací pro obě zvolené pneumatiky s cílem jejich vzájemného porovnání. Výsledek je vyobrazen na obrázku 33.



Obrázek 33 - Porovnání měření radiálních deformací EV a konvenční pneumatiky (KV).

Na obrázku 33. jsou uvedeny závislosti deformace pneumatiky (na vodorovné ose) a radiálních zatížení pneumatiky (na svislé ose). Jde o souhrnný graf porovnávající výsledky měření vybrané konvenční (zelené spektrum barev) a EV pneumatiky (modré spektrum barev).

Křivky označené v zelených barvách – v legendě označeny jako KV (konvenční vozidlo), doplněné pořadovým číslem pokusu – se nacházejí níže a zobrazují deformační charakteristiku konvenční pneumatiky **Barum Polaris 5** shodnou s charakteristikou vyobrazenou v přechozí kapitole.

Křivky označené v modrých barvách – v legendě označeny jako EV (elektromobil), doplněné pořadovým číslem pokusu) – se nacházejí o něco výše a zobrazují deformační charakteristiku EV pneumatiky **Nokian WR A4** shodnou s charakteristikou vyobrazenou v přechozí kapitole.

Z průběhů obou sad charakteristik lze pozorovat podobný trend a vysokou podobnost křivek při použití stejných podmínek měření. Dílčí křivky v rámci jednotlivých pokusů jsou zatíženy pouze drobnými rozdíly, jež jsou zapříčiněny ručním ovládním, tak jak bylo zmíněno v předchozí kapitole.

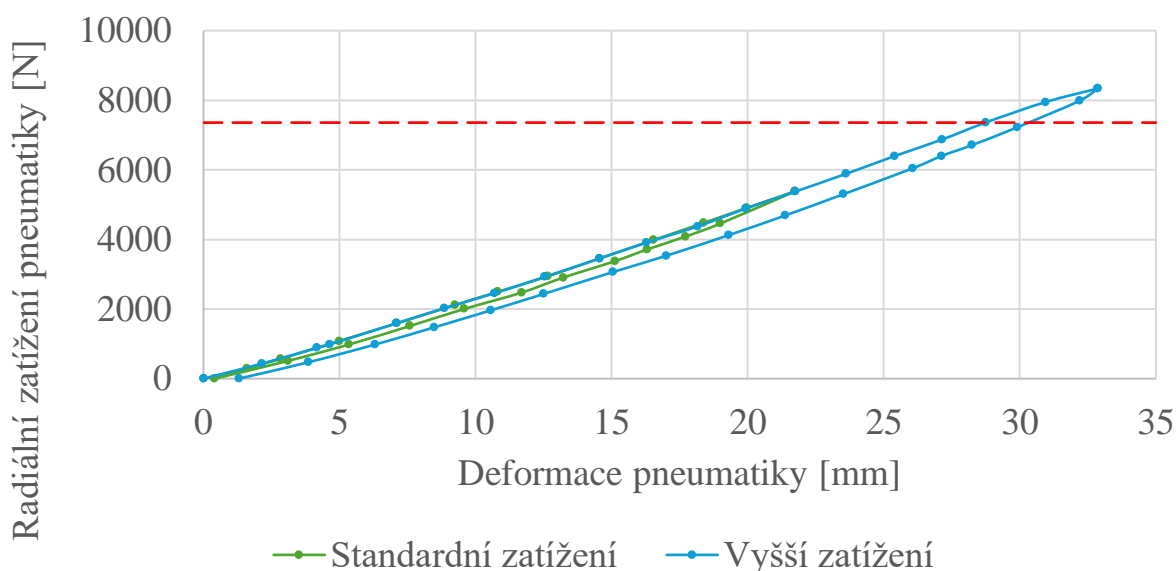
Mezi sadami křivkami je však jasně viditelný skok v zatěžovací síle při stejných hodnotách deformace. Křivky EV pneumatiky jsou v podstatě mírně posunuty doleva a výše. Tuto změnu si lze vysvětlit vyšší tuhostí měřené EV pneumatiky, což potvrzuje předpoklady vyvozené z analýzy EV pneumatik a jejich odlišností.

Ovšem pro obecnější (plošnější) závěr by samozřejmě bylo třeba obsáhlejší měření deformačních charakteristik na více druzích, více vzorcích pneumatik a také více rozměrech EV pneumatik od různých výrobců.

5.2.2. Porovnání standardního měření radiální deformace EV pneumatiky s měřením pro vyšší zatížení

Níže na uvedeném obrázku 34 je vyobrazeno porovnání jednoho standardního měření (pokus č. 2 – 550 kg) s pokusem č. 4 tj. měřením s vyšším zatížením EV pneumatiky (850 kg) pro porovnání průběhu měření a sledování trendu tuhosti pneumatiky. Na obrázku je současně zobrazeno linkovanou čarou maximální povolené zatížení na pneumatiku dle indexu nosnosti (750 kg) - pro lepší vizuální identifikaci vyššího zatížení za povolenou hranici.

POROVNÁNÍ STANDARDNÍHO MĚŘENÍ S VYŠŠÍM ZATÍŽENÍM



Obrázek 34 - Porovnání standardního měření s měřením při zvýšeném zatížení.

Na uvedeném grafu lze pozorovat shodný trend pro oba průběhy až po dosažení maxima standardního měření (550 kg). Křivky s vyšším zatížením poté postupují po maximální hodnotu zatížení (850 kg) naprosto stejným průběhem a trendem zatěžovací větve jako doposud (tedy shodně se standardní variantou). Odlehčovací větev je pak přirozeně ovlivněna vyšším zatížením a dosažením vyšší hodnoty deformace.

Z toho lze usoudit, že hodnota hmotnosti zvolená jako maximální zatížení u standardních měření – tedy hranice 550 kg – je zvolena korektně. Jelikož po jejím překročení, deformační charakteristika svůj průběh téměř nemění, aby tyto hodnoty byly přínosné pro měření.

6. Závěr

Tato práce si kladla za cíl porovnat hlavní rysy konvenčních a EV pneumatik z pohledu provozních vlastností, konstrukčních rysů, dostupnosti pneumatik, jejich ceny a legislativních pravidel pro používání těchto pneumatik.

EV pneumatiky jsou plně kompatibilní s konvenčními disky kol, tudíž je zde nasnadě otázka jejich případné náhrady konvenčními pneumatiky, které navíc mohou být cenově dostupnější.

Z realizované analýzy vychází, že hlavní rozdíly EV pneumatik oproti konvenčním pneumatikám spočívají v požadavku na vyšší tuhost z důvodu vyšších hmotností elektromobilů (váha bateriových sad). Dále pak ve snaze minimalizovat valivý odpor, hluk pneumatiky a tím maximalizovat životnost, dojezdovou vzdálenost a zajistit opakovaný maximální přenos výkonu (pomocí různých přídatných systémů a patentovaných směsí pryže). EV pneumatiky jsou v řadě případů vyvíjeny a testovány v kooperaci s výrobcí automobilů (někdy i pro konkrétní model) a jsou tak optimalizovány v mnohem širší míře, než mohou konvenční pneumatiky nabídnout. Provedená analýza byla navíc doplněna provedeným měřením radiálních deformačních charakteristik, ze kterých vyplývá stejný charakter průběhu zatěžování ve všech provedených pokusech, a i vzájemně mezi oběma pneumatikami. Nicméně, EV pneumatiky na první pohled vykazují vyšší tuhost, tzn. vyšší zatížení při stejné deformaci jako konvenční alternativa, a to i při použití vzorků stejného značení – tedy shodnosti pneumatik dle specifikací (rozměr, hmotnostní index, zesílení pneumatiky). Přičemž autor si uvědomuje, že pro zobecnění této úvahy by bylo potřeba realizovat více měření, na více rozměrech a u širší palety výrobců pneumatik.

Na základě v této práci identifikovaných rozdílných vlastností EV pneumatik oproti konvenční pneumatikám a zároveň podložené vlastním měřením se EV pneumatiky jeví jako vhodné příslušenství elektromobilů a hybridních vozidel. I přes často vyšší pořizovací cenu EV pneumatik oproti konvenční alternativě, a tak je subjektivně doporučeno jejich pořízení na vozidla těchto typů a platí to tím více, čím výkonnější vozidlo bude.

Seznam použité literatury

- [1] *Obrázek zpuchřelé pneumatiky*. Online. Imgur. 2024. Dostupné z: <https://imgur.com/bZhSK0N>. [cit. 2024-06-28].
- [2] KIA COUNTRY OF CHARLESTON. *Preventing Uneven Tire Tread Wear*. Online. Kia Country of Charleston. 2024. Dostupné z: <https://www.kiacountryofcharleston.com/blog/preventing-uneven-tire-tread-wear/>. [cit. 2024-06-28]. (upraveno autorem práce do čj)
- [3] MINAŘÍK, Jakub. *Vliv stáří pneumatiky na brzdné vlastnosti a směrovou stabilitu vozidla*. Online. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. 2022. Dostupné z: <https://theses.cz/id/rlzn38/>.
- [4] R., Richard. *When Is It Time To Replace My Tires? more details on -* <https://www.carid.com/articles/when-is-it-time-to-replace-my-tires.html>. Online. CARiD. 2018. Dostupné z: <https://www.carid.com/articles/when-is-it-time-to-replace-my-tires.html>. [cit. 2024-06-28]. (upraveno autorem práce do čj a pro účely práce)
- [5] ALZA.CZ A.S. *Minimální hloubka dezénu – jaká je u nás a jaká v Evropě?* Online. Alza.cz. 2022. Dostupné z: <https://www.alza.cz/auto/minimalni-hloubka-dezenu>. [cit. 2024-06-28].
- [6] FU, Michael. *Tyre Class | Difference Between Radial and Bias*. Online. Linkedin. 2022. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/tyre-class-difference-between-radial-bias-aulice-tire-tyre-michael>. [cit. 2024-06-28]. (upraveno autorem práce do čj a pro účely práce)
- [7] CEBIA, SPOL. S R.O. *Rozměry pneumatik - Co znamenají a jak je správně číst?* Online. Cebia. 2023. Dostupné z: <https://www.cebia.cz/novinky/rady-a-tipy/rozmery-pneumatik-co-znamenaji-a-jak-je-spravne-cist>. [cit. 2024-06-28].
- [8] NENADMIL. *Dot code and date of production of the tire on the sidewall of the wheel. Close up. Tire shelf life*. Online. Shutterstock, Inc. 2023. Dostupné z: <https://www.shutterstock.com/image-photo/dot-code-date-production-tire-on-2392519685>. [cit. 2024-06-28].
- [9] BOHNENKAMP. *Nový Štítek pneumatiky od května 2021*. Online. Bohnenkamp. © 2024. Dostupné z: <https://www.bohnenkamp.cz/cz/evropsky-stitek-pneumatiky/>. [cit. 2024-06-28].
- [10] POTTHAST, Jan Björn. *Re-inventing the wheel*. Online. German Patent and Trade Mark Office. 2024. Dostupné z: https://www.dpma.de/english/our_office/publications/milestones/inventionsthatmadehistory/dunlop/index.html. [cit. 2024-06-28].
- [11] REID, Kevin. *John Boyd Dunlop – inventor or pretender? | Season 3 – Episode 50*. Online. IRELAND MADE.IE. 2023. Dostupné z: <https://irelandmade.ie/john-boyd-dunlop-inventor-or-pretender-season-3-episode-50/>. [cit. 2024-06-28].
- [12] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel: pneumatiky a kola : zavěšení kol, nápravy : odpružení : řídicí ústrojí : brzdové soustavy*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5274-4.

- [13] DUDROVÁ, Jana. *Gumárenské směsi*. Online. Mssch.cz. 1997. Dostupné z: https://old.mssch.cz/1997-1999/ocs/cefic/oc/index.html#Gum%C3%A1rensk%C3%A9_sm%C4%9Bsi. [cit. 2024-06-28].
- [14] DOUTNÁČ, Jan. *Konstrukční návrh podložky pro statický adhezor pneumatik metodou MKP*. Diplomová práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2012.
- [15] VALA, Miroslav a TESAŘ, Miroslav. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-719-4503-X.
- [16] PR NEWSWIRE. *Michelin Launches Pilot Sport EV Tire for Electric Sports Vehicles*. Online. PR Newswire. 2021. Dostupné z: <https://www.prnewswire.com/news-releases/michelin-launches-pilot-sport-ev-tire-for-electric-sports-vehicles-301236120.html>. [cit. 2024-06-28].
- [17] HANKOOK TIRE & TECHNOLOGY. *ION Tires*. Online. Hankook. ©2024. Dostupné z: <https://www.hankooktire.com/global/en/tires/ion.html>. [cit. 2024-06-28].
- [18] MICHELIN. *MICHELIN e-PRIMACY*. Online. Michelin. ©2024. Dostupné z: <https://www.michelin.cz/auto/tyres/michelin-e-primacy>. [cit. 2024-06-28].
- [19] MICHELIN. *MICHELIN Pilot Sport EV*. Online. Michelin. ©2024. Dostupné z: <https://www.michelin.cz/auto/tyres/michelin-pilot-sport-ev>. [cit. 2024-06-28].
- [20] FALKEN TYRE EUROPE. *E. ZIEX*. Online. Falken. ©2024. Dostupné z: <https://www.falkentyre.com/en/tyres/car-tyres/product-detail/439269>. [cit. 2024-06-28].
- [21] PIRELLI. *P ZERO™ E*. Online. Pirelli. ©2024. Dostupné z: <https://www.pirelli.com/tyres/en-ww/car/catalogue/product/p-zero-e>. [cit. 2024-06-28].
- [22] CONTINENTAL TIRES. *Our Tires Are EV Capable*. Online. Continental. ©2024. Dostupné z: <https://continentaltire.com/ev-ready>. [cit. 2024-06-28].
- [23] CONTINENTAL TIRES. *Electric vehicle tires – Everything you need to know*. Online. Continental. b. r. Dostupné z: <https://www.continental-tires.com/products/b2c/tire-knowledge/electric-vehicle-tires/>. [cit. 2024-06-28].
- [24] THE GOODYEAR TIRE. *ElectricDrive™*. Online. Goodyear. ©2024. Dostupné z: https://www.goodyear.com/en_US/tires/electricdrive/24478.html. [cit. 2024-06-28].
- [25] NOKIAN TYRES. *Tires for electric cars*. Online. Nokian. b. r. Dostupné z: <https://www.nokiantyres.com/tyres/electric-cars/>. [cit. 2024-06-28].
- [26] STATISTA. *Market Insights - Mobility Passenger Cars - Czechia*. Online. Statista. 2023. Dostupné z: <https://www.statista.com/outlook/mmo/passenger-cars/czechia#technical-specifications>. [cit. 2024-06-28].
- [27] AION CS, S.R.O. *Zákon č. 361/2000 Sb. - verze 58*. Online. ZÁKONY PRO LIDI. ©2024. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>. [cit. 2024-06-28].

- [28] EVBOX. *Electric car battery weight explained*. Online. EVBOX. 2023. Dostupné z: <https://blog.evbox.com/ev-battery-weight>. [cit. 2024-06-28].
- [29] KRÁL, Jiří. *Značení pneumatik*. Online. PNEUMATIKY.CZ. 2017. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/znaceni-pneumatik-t4>. [cit. 2024-06-28].
- [30] HANKOOK TIRE & TECHNOLOGY. *Ventus S1evo³*. Online. HANKOOK driving emotion. ©2024. Dostupné z: <https://www.hankooktire.com/cz/cs/tire/ventus/s1evo3-k127.html>. [cit. 2024-06-28].
- [31] MICHELIN. *MICHELIN Primacy 4 +*. Online. Michelin. ©2024. Dostupné z: <https://www.michelin.cz/auto/tyres/michelin-primacy-4-plus>. [cit. 2024-06-28].
- [32] PIRELLI & C. S.P.A. *P ZERO™ (PZ4)*. Online. Pirelli. ©2024. Dostupné z: <https://www.pirelli.com/tyres/en-ww/car/catalogue/product/new-p-zero>. [cit. 2024-06-28].
- [33] HANKOOK TIRE & TECHNOLOGY. *ION Completes the Intrinsic Value of EV - The Quietness*. Online. HANKOOK driving emotion. ©2024. Dostupné z: <https://www.hankooktire.com/global/en/tech-in-motion/ion-quietness.html>. [cit. 2024-06-28].
- [34] MNA(C)I. *MICHELIN® ACOUSTIC TECHNOLOGY*. Online. Michelin. ©2024. Dostupné z: <https://www.michelin.ca/en/auto/why-michelin/technological-innovations/acoustic-technology>. [cit. 2024-06-28].
- [35] PIRELLI & C. S.P.A. *PNCST™*. Online. Pirelli. ©2024. Dostupné z: <https://www.pirelli.com/tyres/cs-cz/car/tech-and-knowledge/pncs>. [cit. 2024-06-28].
- [36] HANKOOK TIRE & TECHNOLOGY. *ION evo*. Online. HANKOOK driving emotion. ©2024. Dostupné z: <https://www.hankooktire.com/cz/cs/tire/ion/evo.html>. [cit. 2024-06-28].
- [37] SWALLOW, Tom. *Top 10: Electric Sports Cars*. Online. EV MAGAZINE. 2024. Dostupné z: <https://evmagazine.com/articles/top-10-electric-sports-cars>. [cit. 2024-06-28].
- [38] ZEPEDA, Eduardo. *10 Hybrid Vehicles That Are Stylish And Fun to Drive*. Online. TOPSPEED. 2023. Dostupné z: <https://www.topspeed.com/hybrid-vehicles-stylish-and-fun-to-drive/>. [cit. 2024-06-28].
- [39] ŠKODA AUTO A.S. *Octavia RS*. Online. ŠKODA. ©2023. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/modely/octavia/octavia-rs>. [cit. 2024-06-28].
- [40] HOŘČÍK, Jan. *Volkswagen Golf GTE: cena, dojezd, specifikace*. Online. HYBRID.CZ. 2016. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/volkswagen-golf-gte-cena-dojezd-specifikace/>. [cit. 2024-06-28].
- [41] MOJEPNEU S.R.O. *Energetické štítky pneumatik - co znamenají?* Online. MOJEPNEU. B. r. Dostupné z: <https://www.mojepneu.cz/zpravy/214-energeticke-stitky-pneumatik---co-znamenaji>. [cit. 2024-06-28].

- [42] ŠKODA AUTO A.S. *The perfectly aerodynamic ŠKODA OCTAVIA*. Online. ŠKODA Storyboard. ©2024. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/en/skoda-world/innovation-and-technology/the-perfectly-aerodynamic-skoda-octavia/>. [cit. 2024-06-28].
- [43] GROHMANN, Jan. *Úsporné pneumatiky Bridgestone pro elektromobil BMW i3*. Online. HYBRID.CZ. 2014. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/pneumatiky-bridgestone-pro-bmw-i3/>. [cit. 2024-06-28].
- [44] PIRELLI & C. S.P.A. *Pirelli ELECT™*. Online. Pirelli. ©2024. Dostupné z: <https://www.pirelli.com/tyres/en-ww/car/tech-and-knowledge/elect>. [cit. 2024-06-28].
- [45] PIRELLI & C. S.P.A. *The never-ending tale of tyres*. Online. Pirelli. ©2024. Dostupné z: <https://www.pirelli.com/global/en-ww/life/sustainability/mobility/the-never-ending-tale-of-tyres-52521/>. [cit. 2024-06-28].
- [46] DYTRYCH, Vojtěch. *Stanovení metodiky pro měření na statickém a dynamickém adhezoru*. Bakalářská práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2019.
- [47] LESAK S.R.O. *DINI ARGEO DFWKRP, Vážní jednotka + tiskárna v přenosném kufru*. Online. LESAK. B. r. Dostupné z: <https://www.profi-vahy.cz/profi-vahy/eshop/31-1-Vazni-indikatory/0/5/2832-DINI-ARGEO-DFWKRP-Vazni-jednotka-tiskarna-v-prenosnem-kufru>. [cit. 2024-06-28].
- [48] VÁHY ROBIN S.R.O. *Vážící plošina DINI ARGEO WWSE6™, 6t/2kg, EU ověření v ceně*. Online. VÁHY ROBIN. B. r. Dostupné z: <https://www.vahyrobin.cz/Vazici-plosina-DINI-ARGEO-WWSE6TM-6t-2kg-EU-overeni-v-cene-d645.htm?tab=description>. [cit. 2024-06-28].
- [49] HEPNAR.CZ. *Nápravová váha DINI ARGEO WWSD 24t (sestava 4 ks)*. Online. HEPNAR.cz. ©2024. Dostupné z: <https://www.hepnar.cz/napravova-vaha-dini-argo-wwsd-24t-sestava-4-ks-p1215>. [cit. 2024-06-28].
- [50] MISUMI CORPORATION. *Height Gauge (HDS-H30C)*. Online. MiSUMi. B. r. Dostupné z: <https://us.misumi-ec.com/vona2/detail/223000428337/?HissuCode=HDS-H30C>. [cit. 2024-06-28].
- [51] DRIVING.CA. *2020 Hyundai Kona*. Online. Driving. ©2024. Dostupné z: <https://driving.ca/hyundai/kona/2020/>. [cit. 2024-06-28].
- [52] CARS.COM. *2020 Hyundai Kona EV*. Online. CARS.COM. ©2024. Dostupné z: https://www.cars.com/research/hyundai-kona_ev-2020/. [cit. 2024-06-28].
- [53] ZAL, Pawel. *2018 Hyundai Kona 1st-gen. phase-I SUV 2WD all versions specifications and performance data*. Online. Automobile-catalog.com. ©2024. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/make/hyundai/kona/kona_2wd/2018.html#gsc.tab=0. [cit. 2024-06-28].

[54] ZAL, Pawel. *2018 Hyundai Kona Electric 1st-gen. phase-I all versions specifications and performance data*. Online. Automobile-catalog.com. ©2024. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/make/hyundai/kona/kona_electric/2018.html#gsc.tab=0. [cit. 2024-06-28].

[55] NAŘÍZENÍ (EU)2020/740. *EPREL – Evropský rejstřík výrobků pro označování energetickými štítky*. Online. Evropská komise. 2024. Dostupné z: <https://eprel.ec.europa.eu/screen/product/tyres/510246>. [cit. 2024-06-28].

[56] BARUM. *Product Information Sheet*. Online. Barum. 2020. Dostupné z: <https://www.contimediacenter.com/eulabel/en/15413440000/>. [cit. 2024-06-28].

[57] *Zkratky v popisu pneumatik*. Online. K & K PNEU S.R.O. Ráj pneu.cz. ©2024. Dostupné z: <https://m.rajpneu.cz/zkratky-v-popisu-pneumatik/>. [cit. 2024-06-28].

Seznam příloh

Příloha 1 – Tabulka porovnání specifikací EV pneumatik

Příloha 2 – Speciální značení pneumatik

Příloha 3 – Měření konvenční pneumatiky (Barum Polaris 5, 215/55 R17 98V XL M+S)

Příloha 4 – Měření EV pneumatiky (Nokian WR A4, 215/55 R17 98V XL)

Příloha 1 – Tabulka porovnání specifikací EV pneumatik

Zdroje: [17], [18], [19], [20], [21], [36]

Výrobce	Model	Šířka	Výška	Rozměr ráfku	Index nosnosti	Index rychlosti	Zesílení pneumatiky	Třída palivové účinnosti	Třída přilnavosti na mokru	Třída vnější hlučnosti	Hodnota vnější hlučnosti	Doplňující informace	KÓD MODELU	Orientační cena / ks
MICHELIN	E PRIMACY	185	60	R15	88	H	XL	A	B	B	70 dB	MI	292190	3 000 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	185	65	R15	92	T	XL	A	B	B	71 dB	MI	857394	2 500 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	195	55	R16	91	W	XL	A	B	A	69 dB	MI	495991	4 250 Kč
MICHELIN	E PRIMACY S1	205	55	R16	94	V	XL	A	A	B	70 dB	S1, MI	920857	2 700 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	205	60	R16	96	H	XL	A	B	B	71 dB	MI	786006	3 700 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	205	45	R17	88	W	XL	A	B	B	70 dB	MI	584683	3 500 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	205	50	R17	93	V	XL	A	B	B	70 dB	MI	299993	3 700 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	215	50	R17	95	W	XL	A	B	B	71 dB	MI	605161	3 700 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	215	55	R17	98	W	XL	A	B	B	70 dB	MI	000788	3 900 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	225	45	R17	94	W	XL	A	B	B	70 dB	MI	740934	2 700 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	225	55	R17	101	W	XL	A	B	B	69 dB	MI	139768	3 800 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	215	45	R18	93	V	XL	A	B	B	70 dB	MI	522406	3 600 Kč

POROVNÁNÍ PNEUMATIK URČENÝCH PRO HYBRIDNÍ/ELEKTRICKÉ AUTOMOBILY S KONVENČNÍMI PNEUMATIKAMI

Výrobce	Model	Šířka	Výška	Rozměr ráfku	Index nosnosti	Index rychlosti	Zesílení pneumatiky	Třída palivové účinnosti	Třída přilnavosti na mokru	Třída vnější hlučnosti	Hodnota vnější hlučnosti	Doplňující informace	KÓD MODELU	Orientační cena / ks
MICHELIN	E PRIMACY	215	55	R18	99	V	XL	A	B	B	70 dB	MI	279218	3 800 Kč
MICHELIN	E PRIMACY S1	225	40	R18	92	Y	XL	A	A	B	70 dB	S1, MI	451915	3 000 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	225	45	R18	95	Y	XL	A	B	B	70 dB	MI	085453	3 900 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	225	50	R18	99	W	XL	A	B	B	69 dB	MI	238147	4 400 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	225	55	R18	102	V	XL	A	B	B	70 dB	MI	833845	3 500 Kč
HANKOOK	iON evo IK01	225	55	R18	102	W	XL	B	A	B	69 dB	TL, EV, SA, FP	1031374	3 700 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	235	40	R18	95	W	XL	A	A	B	70 dB	MI	295255	4 000 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	235	45	R18	98	Y	XL	A	B	B	70 dB	MI	948269	4 500 Kč
HANKOOK	iON evo IK01	235	45	R18	98	W	XL	B	A	A	69 dB	TL, EV, SA, FP	1031376	4 400 Kč
PIRELLI	P ZERO™ E	235	45	R18	98	W	XL	A	A	A	69 dB	RNF, ELT, PNCS	4286500	4 700 Kč
MICHELIN	E PRIMACY	245	45	R18	100	W	XL	A	B	B	70 dB	MI	699722	4 000 Kč
PIRELLI	P ZERO™ E	235	40	R19	96	W	XL	A	A	A	70 dB	RNF, ELT, PNCS	4286900	5 800 Kč
MICHELIN	PILOT SPORT EV	235	45	R19	99	W	XL	B	B	B	71 dB	EV	188978	4 600 Kč
PIRELLI	P ZERO™ E	235	50	R19	103	V	XL	A	A	A	69 dB	RNF, ELT, PNCS	4287800	5 000 Kč
FALKEN	e.Ziex	235	55	R19	105	V	XL	A	A	A	69 dB	MFS, SilentCore, EV, TL	355656	3 900 Kč
HANKOOK	iON evo IK01	245	45	R19	102	Y	XL	A	A	A	69 dB	TL, EV, SA, FP	1031350	4 800 Kč
MICHELIN	PILOT SPORT EV AC	255	45	R19	104	W	XL	B	B	B	72 dB	EV, ACOUSTIC	251261	8 000 Kč

POROVNÁNÍ PNEUMATIK URČENÝCH PRO HYBRIDNÍ/ELEKTRICKÉ AUTOMOBILY S KONVENČNÍMI PNEUMATIKAMI

Výrobce	Model	Šířka	Výška	Rozměr ráfku	Index nosnosti	Index rychlosti	Zesílení pneumatiky	Třída palivové účinnosti	Třída přilnavosti na mokru	Třída vnější hlučnosti	Hodnota vnější hlučnosti	Doplňující informace	KÓD MODELU	Orientační cena / ks
FALKEN	e.Ziex	235	45	R21	101	V	XL	A	A	B	71 dB	MFS, SilentCore, EV, TL	355660	5 300 Kč
PIRELLI	P ZERO™ E	235	45	R21	101	Y	XL	A	A	A	69 dB	RNF, ELT, PNCS	4288000	6 900 Kč
HANKOOK	iON evo IK01	245	35	R21	96	Y	XL	B	A	A	69 dB	TL, EV, SA, FP	1031377	6 400 Kč
PIRELLI	P ZERO™ E	245	35	R21	96	Y	XL	A	A	A	69 dB	RNF, ELT, PNCS	4287500	7 300 Kč
FALKEN	e.Ziex	255	40	R21	102	V	XL	A	A	B	71 dB	MFS, SilentCore, EV, TL	355664	6 200 Kč
MICHELIN	PILOT SPORT EV A GOE	255	40	R21	102	Y	XL	B	B	B	72 dB	EV, ACOUSTIC, GOE, MI	210327	8 500 Kč
PIRELLI	P ZERO™ E	255	40	R21	102	Y	XL	A	A	A	70 dB	RNF, ELT, PNCS	4287400	8 500 Kč
MICHELIN	PILOT SPORT EV A	255	45	R21	106	W	XL	A	B	B	72 dB	EV, ACOUSTIC, MI	998878	7 500 Kč
MICHELIN	PILOT SPORT EV NEO	255	45	R21	106	Y	XL	B	B	B	72 dB	EV, NEO, MI	089081	8 700 Kč
HANKOOK	iON evo IK01	265	35	R21	101	Y	XL	B	A	A	68 dB	TL, EV, SA, FP	1033454	7 400 Kč
PIRELLI	P ZERO™ E	265	35	R21	101	Y	XL	A	A	A	70 dB	RNF, ELT, PNCS	4287600	9 200 Kč
MICHELIN	PILOT SPORT EV A MO1	275	35	R22	104	Y	XL	C	A	B	72 dB	EV, ACOUSTIC, MO1, MI	515046	8 800 Kč
MICHELIN	PILOT SPORT EV A MO1	275	35	R22	107	Y	XL	C	B	B	71 dB	EV, ACOUSTIC, MO1, MI	286327	13 500 Kč
PIRELLI	P ZERO™ E	265	40	R22	106	V	XL	A	A	A	70 dB	RNF, ELT, PNCS	4287300	8 300 Kč

Příloha 2 – Speciální značení pneumatik

Zdroje: [57]

ACOUSTIC	Systém potlačení hluku
ELECT	Systém Elect (Pirelli)
ELT	End-of-Life Tyres (Pirelli) – vyšší míra recyklovatelnosti.
EV	Specializace pro EV
FP	Ochranný lem ráfků z lehkých slitin
FR	Ochranný lem ráfků
GOE	Hyundai Genesis
HL	Zesílené pneumatiky s vyšší nosností hlavně určené pro výkonnost
MFS	Ochranný lem ráfků
MI	Michelin
MO1	Mercedes
NE0	Porsche Macan
PNCS	PIRELLI NOISE CANCELLING SYSTEM™ - systém potlačení hluku
RNF	RunForward™ - technologie pro možnost dojezdu s defektem pneu
S1	Snížený valivý odpor (povinná montáž dvou pneu na stejné ose)
SA	Systém potlačení hluku
SilentCore	Systém potlačení hluku
T0	Tesla
TL	Bezdušové provedení
VOL	Volvo
XL	Zesílené pneumatiky s vyšší nosností
ZR	Vysokorychlostní pneu

Příloha 3 – Měření konvenční pneumatiky

(Barum Polaris 5, 215/55 R17 98V XL M+S)

STLAČENÍ PNEUMATIKY

1. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
0	0	0
80	784,8	3,97
100	981	4,93
150	1471,5	7,37
180	1765,8	8,64
224	2197,44	10,67
252	2472,12	11,97
300	2943	14,21
352	3453,12	16,44
400	3924	18,55
450	4414,5	20,7
500	4905	22,84
548	5375,88	25,14

[kg] [N] [mm]

2. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
0	0	0
66	647,46	3,4
96	941,76	4,86
144	1412,64	7,16
204	2001,24	9,87
270	2648,7	12,87
318	3119,58	14,93
352	3453,12	16,43
402	3943,62	18,6
450	4414,5	20,62
504	4944,24	22,83
550	5395,5	24,82

[kg] [N] [mm]

3. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
0	0	0
44	431,64	2,66
102	1000,62	5,59
148	1451,88	7,69
194	1903,14	9,84
254	2491,74	12,51
304	2982,24	14,76
354	3472,74	16,93
400	3924	18,99
450	4414,5	21,04
500	4905	23,13
550	5395,5	25,18

[kg] [N] [mm]

ODLEHČENÍ PNEUMATIKY**1. Pokus**

hmotnost	zatížení	Δr
548	5375,88	25,14
462	4532,22	22,61
398	3904,38	20,03
358	3511,98	18,34
308	3021,48	16,18
284	2786,04	15,09
230	2256,3	12,81
200	1962	11,28
150	1471,5	8,93
98	961,38	6,39
50	490,5	4,03
0	0	1,29

[kg]

[N]

[mm]

2. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
550	5395,5	24,82
500	4905	23,12
452	4434,12	21,29
416	4080,96	19,92
374	3668,94	18,32
326	3198,06	16,32
294	2884,14	14,75
246	2413,26	12,63
202	1981,62	10,57
150	1471,5	8,14
102	1000,62	5,8
48	470,88	3,04
0	0	0,24

[kg]

[N]

[mm]

3. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
550	5395,5	25,18
452	4434,12	21,76
426	4179,06	20,68
384	3767,04	18,97
346	3394,26	17,41
298	2923,38	15,22
252	2472,12	13,22
198	1942,38	10,84
148	1451,88	8,41
98	961,38	5,98
50	490,5	3,49
0	0	0,32

[kg]

[N]

[mm]

Příloha 4 – Měření EV pneumatiky (Nokian WR A4, 215/55 R17 98V XL)

STLAČENÍ PNEUMATIKY

1. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
0	0	0
46	451,26	2,23
106	1039,86	4,88
156	1530,36	6,94
194	1903,14	8,47
264	2589,84	11,21
310	3041,1	13,02
352	3453,12	14,68
402	3943,62	16,53
450	4414,5	18,31
500	4905	20,19
556	5454,36	22,34

[kg]

[N]

[mm]

2. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
0	0	0
30	294,3	1,59
58	568,98	2,84
110	1079,1	4,98
162	1589,22	7,11
216	2118,96	9,25
254	2491,74	10,81
300	2943	12,66
352	3453,12	14,55
406	3982,86	16,54
456	4473,36	18,38
500	4905	19,96
548	5375,88	21,72

[kg]

[N]

[mm]

3. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
0	0	0
32	313,92	1,72
66	647,46	3,33
102	1000,62	4,91
148	1451,88	6,74
170	1667,7	7,62
198	1942,38	8,69
244	2393,64	10,5
308	3021,48	13,09
348	3413,88	14,58
400	3924	16,55
448	4394,88	18,34
500	4905	20,24
552	5415,12	22,07

[kg]

[N]

[mm]

4. Pokus - Zvýšené zatížení

hmotnost	zatížení	Δr
0	0	0
44	431,64	2,15
90	882,9	4,16
100	981	4,63
162	1589,22	7,09
206	2020,86	8,84
250	2452,5	10,69
298	2923,38	12,54
352	3453,12	14,56
398	3904,38	16,27
446	4375,26	18,16
498	4885,38	19,93
548	5375,88	21,75
600	5886	23,62
652	6396,12	25,4
700	6867	27,13
750	7357,5	28,74
810	7946,1	30,94
850	8338,5	32,87

[kg]

[N]

[mm]

ODHLEČENÍ PNEUMATIKY**1. Pokus**

hmotnost	zatížení	Δr
556	5454,36	22,24
426	4179,06	18,5
364	3570,84	16,29
316	3099,96	14,51
304	2982,24	14,01
256	2511,36	12,17
198	1942,38	9,84
150	1471,5	7,89
100	981	5,76
50	490,5	3,48
0	0	0,75

[kg]

[N]

[mm]

2. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
548	5375,88	21,72
454	4453,74	18,99
416	4080,96	17,71
378	3708,18	16,29
344	3374,64	15,12
296	2903,76	13,22
252	2472,12	11,69
204	2001,24	9,58
154	1510,74	7,58
100	981	5,35
52	510,12	3,11
0	0	0,41

[kg]

[N]

[mm]

3. Pokus

hmotnost	zatížení	Δr
552	5415,12	22,07
432	4237,92	18,46
390	3825,9	16,97
334	3276,54	14,87
304	2982,24	13,74
250	2452,5	11,66
198	1942,38	9,62
148	1451,88	7,58
98	961,38	5,4
50	490,5	3,11
0	0	0,23

[kg]

[N]

[mm]

4. Pokus - Zvýšené zatížení

hmotnost	zatížení	Δr
850	8338,5	32,87
814	7985,34	32,2
736	7220,16	29,9
684	6710,04	28,24
652	6396,12	27,12
616	6042,96	26,06
540	5297,4	23,51
478	4689,18	21,38
420	4120,2	19,29
360	3531,6	17,01
312	3060,72	15,04
248	2432,88	12,5
200	1962	10,56
150	1471,5	8,47
100	981	6,31
48	470,88	3,86
0	0	1,3

[kg]

[N]

[mm]