

# **Závislost směsí pneumatiky osobního vozu na jízdni vlastnosti.**

Pavel Polanský

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel POLANSKÝ**  
Osobní číslo: **T10980**  
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**  
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Závislost směsí pneumatiky osobního vozu na jízdní vlastnosti.**

Zásady pro vypracování:

1. **Současný stav problematiky výroby směsí pneumatiky.**
2. **Výroba a typy směsí pro osobní automobily.**
3. **Konstrukce pneumatiky.**
4. **Charakteristiky jízdních vlastností vozidel.**
5. **Vlastnosti pneumatik různých směsí na jízdní vlastnosti vozidel.**
6. **Výsledné rozdělení směsí pneumatik pro dané typy vozidel v závislosti na druhu jízdy.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. KOUTNÝ, František. Konstrukce výrobků : Geometrie a mechanika pneumatik. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. 138 s.
2. Poradce při výběru pneumatik [online]. 2011 [cit. 2011-05-13]. Konstrukční prvky pneumatiky Plášť pneumatiky. Dostupné z WWW: <http://www.pneuasistent.cz/Konstrukce-funkce-a-vyroba-pneumatiky.html>.
3. Stone, Richard; Ball, Jeffrey K. ? 2004 Society of Automotive Engineers, Inc. Automotive Engineering Fundamentals.
4. Špaček, Josef. Technologie gumárenská a plastikářská. Díl 1 a 2. Brno, VUT. 1987.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Martin Juříčka, Ph.D.**

Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

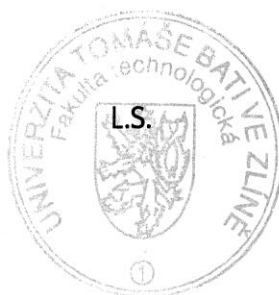
**11. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**31. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: .....

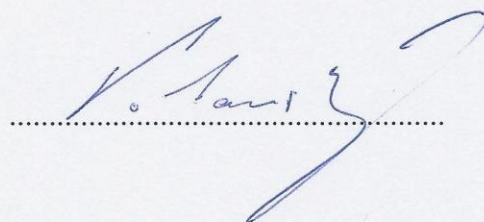
Obor: .....

**PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně ..... 27.5.13

  
.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Technologický proces výroby pneumatik je v dnešní době neustále rozvíjen s ohledem na běžné uživatelské a speciální vlastnosti (v praxi konkrétní požadavky). Pneumatika je výrobek, se kterým je v kontaktu většina z nás v každodenním životě. O to více je kladen důraz na jednotlivé kroky výroby a vlastností, protože vlastní výroba pneumatiky je přímo spojena s bezpečností provozu na pozemních komunikacích. Tento fakt platí pro osobní a nákladní automobily ve všech ohledech. Drtivou celosvětovou produkci představují osobní pneumatiky a minimum produkce patří speciálním aplikacím pro strojní zařízení, sportovní účely, letecký průmysl apod. Ve všech ohledech jakéhokoliv použití je důležitá bezpečnost provozu pneumatiky, která je základní nositelkou stability daného prostředku. Na stabilitu a bezpečnost má významný vliv velikost pneumatiky, dezén, brzdná dráha a spousta jiných. Tato práce se zabývá analýzou výše zmíněných faktorů při výrobě a celkové vlastnosti výsledného pláště.

Klíčová slova:

Pneumatika, gumárenská technologie, dezén, letní směs, zimní směs

## **ABSTRACT**

Nowadays is technology of tires in development and is focused to the concretely customer and specially properties. Tires are product of rubber industry that is usually used every one of us. Most focused are individual aspects of properties of tyres designed by technology processes. A lot of tyres are used in passenger vehicle, long vehicle, and aerospace and machinery industry. Between all of vehicles is primary road-traffic safety. The tyre is basic parameter for stability of cars in high or low speed on way with different road surface. Together with this aspect of stability is very important size of tyres, tyre profile, summer or winter mixture etc. This bachelor work is focused on analyse of factors and properties fabricated tyres for road-traffic safety.

Keywords:

Tire, rubber technology, tire profile, summer mixture, winter mixture

Děkuji, mému vedoucímu, Bakalářské práce Ing. Martinovi Juříčkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné připomínky a rady, které mě předával, při vypracování bakalářské práce. Dále, bych chtěl poděkovat své rodině, která mi byla při studiích vždy oporou.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné. Prohlašuji dále, že na celé bakalářské práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 10. 5. 2013

.....

Podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 PNEUMATIKA V NAŠEM ŽIVOTĚ</b> .....	<b>11</b>
1.1    DEFINICE PNEUMATIKY .....	12
1.2    VÝROBA PNEUMATIKY .....	13
1.2.1    Základní konstrukce pláště.....	14
1.2.1.1    Diagonální pneumatika .....	14
1.2.1.2    Radiální pneumatika .....	15
1.2.1.3    Bezdušové pneumatiky .....	15
1.2.2    Funkce pneumatiky .....	16
1.3    MATERIÁLY PNEUMATIKY .....	18
1.3.1    Pryž – kaučuk .....	19
1.3.1.1    Kaučuk .....	19
1.3.1.2    Pryž .....	22
1.3.2    Ostatní materiálové přísady.....	22
1.3.3    Kordy.....	24
1.3.3.1    Kordové tkaniny .....	24
1.3.3.2    Křížové tkaniny.....	24
1.3.3.3    Ocelové kordy .....	25
1.3.4    Proces vulkanizace .....	25
1.3.5    Běhoun .....	25
1.3.6    Zimní a letní směs .....	26
1.4    PNEUMATIKA NA VOZIDLE.....	29
1.4.1    Teorie soudržnosti pneumatiky a vozovky .....	29
1.4.2    Jízdní vlastnosti a pneumatiky .....	30
1.4.2.1    Valení pneumatiky .....	30
1.4.2.2    Brzdění a smyk .....	31
1.4.2.3    Rychlost a frikce pryže .....	33
1.4.2.4    Hydrodynamika na vozovce .....	34
1.4.2.5    Rychlost a brzdná dráha na vozovce.....	36
1.4.2.6    Značení pneumatiky.....	38
1.4.2.7    Index nosnosti (LI-Load Index).....	39
1.4.2.8    Index rychlosti (SS- Speed Symbol).....	39
1.4.3    Běhoun a jeho vliv na vlastnosti pneumatiky .....	39
1.4.3.1    Dezén a jeho vliv na vlastnosti pneumatiky .....	40
1.4.3.2    Směrový dezén (šípový) .....	41
1.4.3.3    Symetrický dezén.....	42
1.4.3.4    Asymetrický dezén .....	42
1.4.4    Akvaplanink .....	43
1.4.3    Reálný stav pneu v provozu .....	44
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>50</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>52</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>56</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>58</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>60</b>



## ÚVOD

Nedílnou součástí každého dopravního prostředku je pneumatika. Tento typ výrobku, má nepřeberné množství modifikací a typů jaké si jen můžeme představit. Maximální důraz na detaily ve výrobě a technologickém procesu zpracování pneumatik je dneska stěžejním úkolem výrobců pneumatik. Výsledkem kombinací nejrůznějších detailů výroby je pneumatika s různou velikostí, širokým množstvím dezénů, letní nebo zimní směsí, rychlostním koeficientem a dodatkových vlastností jako je např. hlučnost. Bez ohledu na parametry jednotlivých vlastností pneumatiky je nejdůležitější bezpečnost při použití, kterou má pneumatika poskytovat. V automobilovém, strojním nebo leteckém průmyslu je nutné dbát na to, aby bezpečnost byla dosažena při nejrůznějších klimatických podmínkách. Společně s výše uvedenými vlastnostmi je bezpečnost, přilnavost a trvanlivost pneumatiky důležitým faktorem, od kterého je závislá prodejnost výrobku. Následující text práce se zabývá rozborem jednotlivých vlastností pneumatiky s ohledem na její bezpečnost a jízdní vlastnosti při různých klimatických podmínkách.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PNEUMATIKA V NAŠEM ŽIVOTĚ

K nepostradatelným technickým požadavkům dnešní doby je využívání různých typů vozidel, jako jsou např. osobní a nákladní auta, traktory, stavební, zemědělské a lesnické stroje, letadla. Je jisté, že pneumatiky těchto vysoce výkonných zařízení nemohou být konstruována jen tak, metodou pokusu a omylu, ale že při jejich navrhování je třeba využívat moderní konstrukční prostředky [1].

Vznik automobilu se datuje do druhé poloviny 19. stol. V počátcích lidé pracovali na sestavení stroje, který by usnadnil namáhavou práci na polích a nahradil by také koně a krávy, které plnily funkci tažení těžkých pluhů a vozů. První automobily byly poháněny parou. V dnešní době převažují automobily poháněné benzínem, naftou a také elektrickou energií, což je směr, kterým by se vývoj měl ubírat s ohledem na životní prostředí a dostupnost zdrojů fosilních paliv. V současnosti hrají prim automobily s motorem vpředu a s pohonem předních kol jako jsou Renault Mégane, Toyota Corolla, Audi A4, dále auta s klasickou koncepcí (motor vpředu, pohon zadních kol) jako je například Aston Martin Vanquish, BMW M3, Jaguar S-type, ale technika má k dispozici i takzvané "čtyřkolky", což jsou vozy s motorem vpředu a pohonem na všechny čtyři kola, to jsou např. Audi Allroad, Jeep Grand Cherokee a všechna Subaru [2].

Z historického hlediska je pravděpodobné, že kolo vynalezli Sumerové zhruba před 5000 lety. Během dalších tisíciletí bylo kolo postupně zdokonalováno a k nejnápadnějším technickým úpravám došlo ve druhé polovině 19. Století. V roce 1845 získal Robert William Thomson v Anglii patent na „vzduchovou hadici“, což byla předchůdkyně moderních pneumatik. Vzduchová hadice však nenašla rychlého uplatnění. Teprve na konci 19. století v 1888 vynalezl novou pneumatiku J. B. Dunlop, která se oproti vzduchové hadici stala celosvětovým hitem. Jako prvotní výztužný materiál pro výrobu pneumatik se používal irský len, který byl časem nahrazen bavlnou a roku 1923 byl použit "rayon" což je kordová vložka na bázi regenerované celulosy. V roce 1937 byl poprvé uplatněn ocelový kord jako výztužný materiál, poté byl v roce 1945 v průběhu druhé světové války použit do pneumatiky polyamidový kord, který byl nejprve uplatněn k vojenským účelům a následně využit i v civilním sektoru. Roku 1962 byl zaveden polyesterový kord na bázi skleněných vláken v roce 1967 a 1976 se uplatnil kord na bázi aromatických polyamidů. Konstrukční vývoj pneumatik byl velmi komplikovaný. Prvotní patentovaná pneumatika byla nahuštěná hadice, která byla v tomto provedení poprvé použita na přelomu 19. a 20. století na letadla a

automobily. Roku 1904 se stal funkční strukturní součástí pneumatiky tzv. běhoun, který byl rok na to vylepšen o vzorek. Tímto bylo dosaženo zlepšení přenosu sil mezi vozidlem a vozovkou. Roku 1935 se postupně zavádějí moderní rozměry pneumatik a souběžně s tím začínala příprava na výrobu nízko-profilových pneumatik. Ostatní části pneumatiky jako je ráfek, ventil, duše a patka pláště prošli také zásadními změnami [3].

## 1.1 Definice pneumatiky

Z pohledu geometrie je pneumatika uzavřený prstenec – toroid. Z hlediska mechaniky pracuje jako tlaková nádoba, jejíž stěny jsou tvořeny pružnou membránou. Z chemického hlediska je pneumatika tvořena ze sítě makromolekulárních materiálů a oceli. Struktura pneumatiky je složitý systém, na který jsou kladeny vysoké nároky.

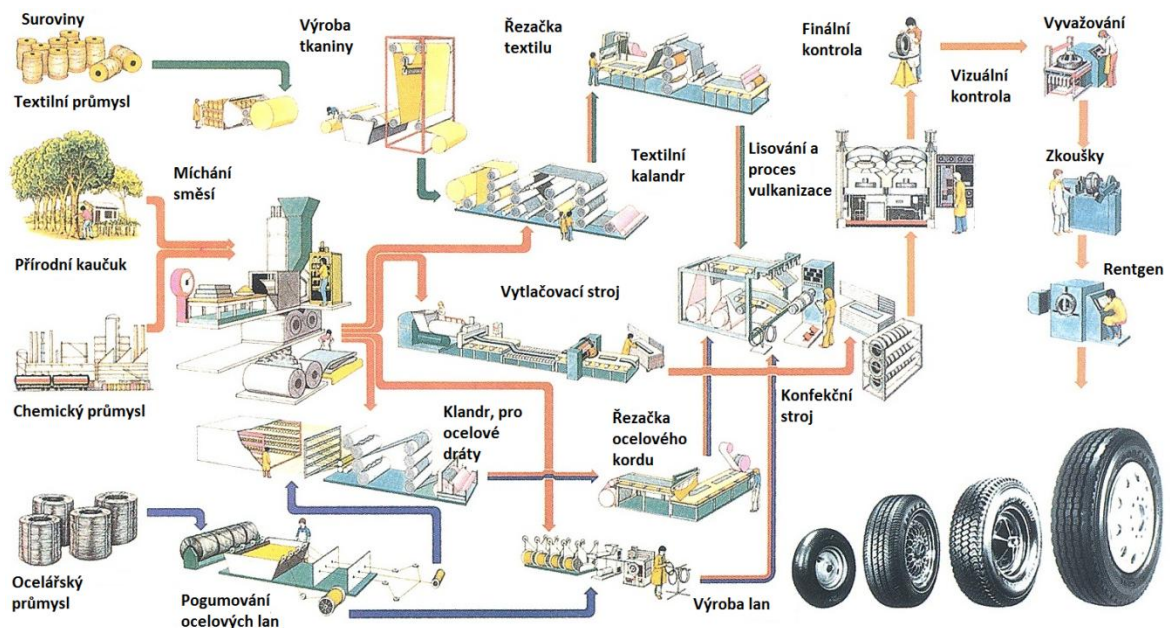
Základní pojmy názvosloví pneumatik jsou definovány normativně na národní a mezinárodní úrovni.

Pneumatika se značí dle normy ČSN 64 0001 buďto jako souborový termín pneumatika, popřípadě jako plášť s duší a vložkou, který je namontovaný na ráfek a naplněný tlakovým médiem. V tzv. bezdušovém provedení jde pouze o plášť namontovaný na ráfek a nahuštěný. Plášť je pružná vnější část pneumatiky, která zprostředkovává styk s vozovkou. Svou patní částí dosedá na ráfek a má rozhodující podíl na vlastnostech celé funkční soustavy. Duše je tenkostěnný pryžový uzavřený prstenec, sloužící k udržení potřebného tlaku vzduchu v pneumatice. Je opatřen ventilem, který umožňuje nahuštění a vypuštění vzduchu nebo jiného tlakového média. Ochranná vložka je pryžový profilovaný prstenec, chránící duši před poškozením ráfkem. Tato vložka se užívá převážně u nákladních a motocyklových pneumatik. Na závěr se vyskytuje ráfek, který může být buď jednodílný, nebo vícedílný prstenec vhodně tvarovaný pro uchycení pláště. Ráfek přenáší hnací nebo brzdící sílu mezi patkou pláště a střední nosnou částí kola [4].

## 1.2 Výroba pneumatiky

V roce 1950 W. Hofferberth započal první teoretické práce na konstrukci pneumatiky. Jeho teorie byla však velmi složitá (integrace funkce se singularitou), s přihlédnutím na tehdejší technický stav počítačů, které nesplňovali požadavky dnešní doby. S vývojem elektroniky a numerických metod, jenž šly značně dopředu, bylo možno zdokonalovat výrobní procesy v gumárenském průmyslu, jako jsou např. automatizace technologií, navrhování výrobků, zkušebnictví a hlavně výroba strojů a forem [1].

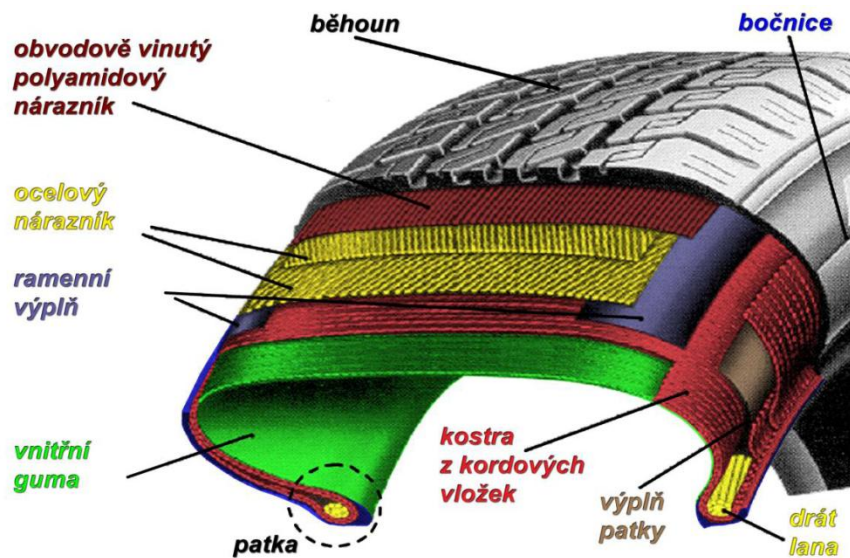
Výroba pneumatiky začíná mícháním kaučkových směsí, ze kterých se připraví jednotlivé komponenty potřebné k poskládání surového pláště, který je zhotoven díky pokročilým technologiím na poloautomatických konfekčních strojích. Zde vyrobený surový plášť se pak lisuje ve vulkanizačních lisech, kde získá požadované vlastnosti vyrobené pneumatiky [5].



Obr. 1. Proces výroby pneumatik [5].

### 1.2.1 Základní konstrukce pláště

Konstrukce pneumatiky, pro osobní vozy, se skládá z deseti základní částí což je patrné na (Obr. 2.) [6].

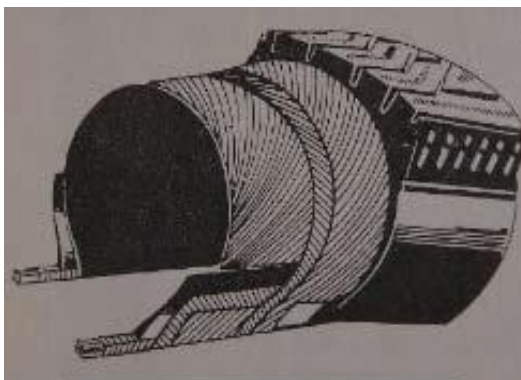


Obr. 2. Struktura pláště (jednotlivé vrstvy) [6].

*Kostra* je v podstatě část nosná, která je sestavená s textilních a ocelových materiálů. *Bočnice* je odolná vůči prolamování a prolamování v boční části pneumatiky. *Běhoun* zprostředkovává styk s vozovkou, proto je opatřen dezénem. Navíc chrání kostru v boční části. *Patka* zajišťuje usazení pneumatiky na ráfku. *Nárazník* je ocelový či textilní materiál, popřípadě jejich kombinace. Má za úkol zpevnění pneumatiky v obvodu a zajišťuje odolnost proti průrazu. *Vnitřní guma* zabraňuje úniku tlaku vzduchu z pláště. *Další části* jsou *rameno pláště*, *patní pásy* a *výplně* [6].

#### 1.2.1.1 Diagonální pneumatika

Má kordové vložky kladeny na sebe tak, že kordy vždy dvou na sobě ležících vložek se navzájem kříží pod úhlem  $30^\circ - 40^\circ$ . U tohoto typu plášťů se nepoužívají nárazníky, protože zajištění obvodových sil umožňuje právě diagonální orientace kordových vláken v kostře pláště. Ty se při zátěži, která způsobuje deformaci, neprodlužují, ale posouvají se a namáhají tak pryž mezi nimi na střih. To má za následek vzrůst teploty, což je známý jev, kdy je diagonální pneumatika při jízdě zahřívána více než radiální [7].

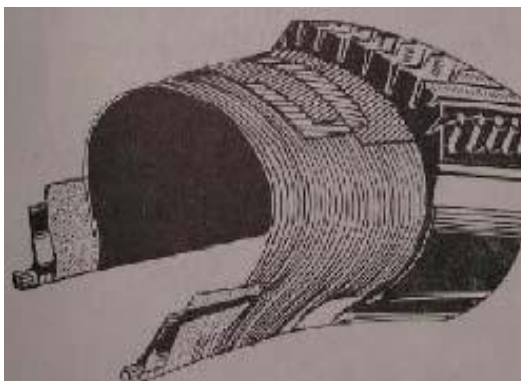


Obr. 3. Diagonální pneumatika [7].

### ***1.2.1.2 Radiální pneumatika***

Radiální pneumatika má kordy ve všech kordových vložkách kostry, ty jsou vedeny od patky k patce kolmo na rovinu rotace kola. Boční síly zde zachycují kordy v kordových vložkách

kostry a o obvodové síly nárazník, v jehož jednotlivých vrstvách jsou kordy kladeny téměř kolmo na kordy kostry [7].

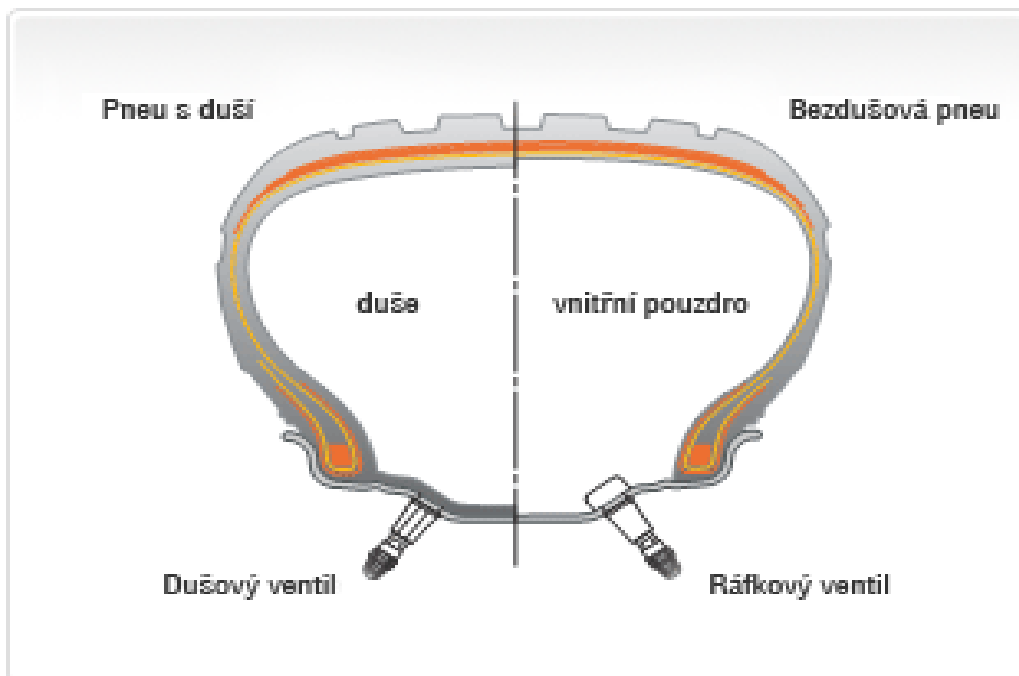


Obr. 4. Radiální pneumatika [7].

### ***1.2.1.3 Bezdušové pneumatiky***

Jelikož jde vývoj rychle dopředu, bylo potřebné klást důraz na bezpečnost při provozu. Z tohoto důvodu, byla vynalezena bezdušová pneumatika, která při propíchnutí např. hřebíkem v době, kdy je auto v pohybu, zajistí, aby se tlak vzduchu v pneumatice o moc nesnížil. Konstrukce bezdušových pneumatik, je oproti klasickým pneumatikám odlišná v tom, že namísto duše uvnitř pneumatiky, je použito vnitřní pogumování viz.(Obr. 5), které zastane funkci duše a zabrání tak úniku vzduchu z ráfku i pneumatiky. Také bezdu-

šové pneumatiky, jsou stále vylepšovány a tak stojí za zmínku, že v dnešní době se ještě opatřují vysoce pojivým tmelem, který zabraňuje úniku tlaku vzduchu v pneumatikách [8].



**Porovnání klasické a bezdušové pneumatiky**

Obr. 5. 1 – plášť pneumatiky, 2 – duše, 3 – ráfek, 4 – ventil, 5 – vložka [8].

### 1.2.2 Funkce pneumatiky

Nejprve je třeba ujasnit si základní požadavky, které se na pneumatiku kladou. Lze je shrnout do následujících bodů [4]:

1. schopnost nést určitou zátěž.
2. schopnost tlumit nárazy.
3. přenášet hnací a brzděné síly.
4. vyvíjet boční síly.
5. vyznačovat se dobrou adhezí k vozovce za různých podmínek.
6. být rozměrově stabilní.
7. umožňovat přiměřený tzv. kilometrový výkon.



8. reagovat na řízení.
9. klást minimální valivý odpor.
10. vyvíjet co nejméně hluku a vibrací.
11. mít celkově dlouhou životnost.
12. přispívat k bezpečnosti provozu.
13. mít minimální hmotnost.

Uvedené funkční požadavky jsou potřeba k tomu, aby pneumatika splňovala celou škálu bezpečnostních kritérií, které splňuje právě jen pneumatika a to díky její ojedinělé tlumící struktuře.

Široká využitelnost pneumatiky je toho důkazem. Tam kde pneumatika i z 99 % provozu neplní žádnou funkci, je prakticky nezbytná, jako např. u letadel je využita jen při staru a přistání. Do dnešní doby nebyla za pneumatiku vynalezena jiná alternativa.

Máme tři hlavní okruhy, které zahrnují celou škálu detailních požadavků kladené na vývoj a konstrukci pneumatik a to jsou [4].

#### *Pohyblivost vozidla*

Adheze (odolnost prokluzu, brzdná dráha), ovladatelnost, krouticí moment, zpoždění odezvy, boční tah, náběhová tuhost, prokluz, boční síla, flotace, řídicí účinek, konicita, skluz, směrová kontrola, vedení, úhel směrové úchylky, vratný moment, ztrátová práce [4].

#### *Vlastnosti a jejich integrita*

Tak například ekonomie paliva, jízdní teplota, odolnost proti propíchnutí a pořezání, odolnost proti vlivu ozónu, vlhkosti, únavě, separaci a jiné [4].

#### *Estetika a komfort*

Drnčení, házení, hlučnost, plavnost jízdy, rovnoměrnost, kmitání, kvičení, tuhost, vibrační analýza, vyváženost a hlučnost dezénu [4].

### **1.3 Materiály pneumatiky**

Do fyziky polymerů náleží materiály pro výrobu pneumatik, které mají makromolekulární vlastnosti. Mezi ideální kaučukovou (elasticitou) a reálnou kaučukovou směsí je však značný rozdíl, jako např. u reálných kaučukových směsí tuhost s teplotou klesá a u ideálních kaučukových směsí je tomu právě naopak [1].

### 1.3.1 Pryž – kaučuk

#### 1.3.1.1 Kaučuk

Hlavní složkou kaučukové směsi je kaučuk, který používáme jak přírodní tak syntetický.

##### Přírodní kaučuk (NR)

Přírodní kaučuk se převážně skládá z uhlovodíku izoprenu, v němž je v malém zastoupení obsažena voda ve formě vlhkosti, potom také tuky, kyseliny, pryskyřice, bílkoviny, dusíkaté látky a anorganické sloučeniny. V přírodě se vyskytuje asi 500 druhů rostlin, stromů a keřů kaučukovníků, které rostou v tropických oblastech. Nejvíce využíván je kaučukovník brazilský (rostlina *Hevea brasiliensis*) a to více než z 90 %. Tato rostlina se vyskytuje v Jižní Americe, Východní Indii a Africe. Zbývající procenta produkce přírodního kaučuku získáváme z těchto rostlin: Kaučukovník obecný (*Hevea guayanensis*) vyskytující se v Jižní Americe a v poříčí Amazonky, Maniok kaučukový (*Manihot glazovii*) rostoucí ve Východní Brazílii, Kastiloa kaučuková (*Castilloa elastica*) z Jižní Ameriky, Smokvoň pružnoklejná (*Ficus elastica*), která roste ve Východní Indii, dále máme Landolfii květnatou (*Landolphia florida*) rostoucí v Africe, Honkornii ozdobnou (*Honcornia speciosa*) z Brazílie.

Kaučuk ve formě mléčné šťávy nazývaným latex se získává tzv. čepováním. Jde o řez šikmý, třetinový nebo šípový ve tvaru písmene U, který je zaveden do kůry stromu nebo rostliny ve výšce 1,5 m nad zemí a je vždy veden směrem ke kořenům. Po naříznutí se latex zachytává do sběrných nádob, které, jež jsou například vyrobeny z hliníku, kameniny, nebo do skořápek kokosových ořechů. Nasbíraný latex se shromažďuje do velkých plechových nádob, ve kterých je pak dopravován do zpracovatelských stanic tzv. faktoríí. Z jednoho stromu můžeme denně získat 30 – 70 g latexu, za rok to dělá asi 1,3 – 3 kg kaučuku.[9]



Obr. 6. *Hevea brasiliensis* [10].

#### *Surový kaučuk*

Přírodní kaučuk, vzniká většinou na plantážích, srážením latexu se zředěnými kyselinami jako jsou kyselina mravenčí, octová, nebo fluorovodíková [9].

#### *Uzený kaučuk*

Přírodní kaučuk vzniká srážením zředěného (15 %) latexu za pomoci kyseliny mravenčí nebo octové v hliníkových vanách. Vzniklé bloky se suší na kalandrech a poté jsou protahovány rýhovanými válci a roztokem nitrofenolu, čímž se zabráňuje oxidaci a plesnivění. Nakonec se takto upravené listy kaučuku suší a udí dřevem kaučukovníku, přičemž tento proces trvá dva až osm dní. Poté se dodávají ve stodesetin až stotřinácti kilogramových balících do gumárenských závodů. Označuje se RSS<sup>3</sup> a číslem vyjadřující kvalitu RSS1, RSS2, RSS+. Posuzování kvality dodaného uzeného kaučuku se provádí za pomoci srovnávacích vzorků [9].

#### *Bílá krepa*

Velmi čistý druh přírodního kaučuku, který se vyznačuje krepovým rýhováním a čistě bílou barvou [9].

#### *Žlutá krepa*

Přírodní kaučuk, který se vyznačuje žlutou barvou a v ní více nečistot, jelikož vzniká, jako první podíl při výrobě bílé krepy [9].

### Syntetický kaučuk

Využívá pro nedostatek přírodního kaučuku a má specifické vlastnosti, které přírodní kaučuk nemá. Používáme jej ve všech odvětvích gumárenského průmyslu a stal se tak jeho neodmyslitelnou součástí [9].

#### *Butadienový kaučuk (BR)*

Syntetický kaučuk typický svou částečně krystalickou strukturou. Vyrábí se chemickou cestou a to iontově-koordinací polymerací s použitím katalyzátoru. Nejvíce používaným (BR), je s vysokým obsahem struktury cis-1,4, jenž má výbornou elasticitu ve velké škále teplot a díky tomu velmi dobré odolnosti vůči oděru při rychlé jízdě, v zimě [11].

#### *Butadienstyrenový kaučuk (SBR)*

Syntetický kaučuk, který se vyrábí emulzní polymerací, za studena (při teplotě 4 – 8 °C) a za tepla (při teplotě 40 – 50 °C). Další možností jeho přípravy je polymerace v roztoku. SBR má širokou škálu uplatnění jak při výrobě pneumatik, tak při výrobě technické pryže a dalšího spotřebního zboží [11].

#### *Izoprenový kaučuk (IR)*

Další ze syntetických kaučuků, který se vyrábí roztokovou polymerací za pomoci katalyzátorů např. alkyllithia, nebo Zieglerových katalyzátorů. Tento vyrobený polyizopren obsahuje 92 % cis-1,4 struktury. Je velmi dobrou náhradou za přírodní kaučuk. Pneumatiky s běhounovou směsí z (IR) mají poměrně velkou lepivost, odrazovou pružnost a využívají se pro nákladní automobily [11].

#### *Butyl kaučuk (IIR)*

Syntetický kaučuk připravovaný roztokovou kationovou kopolymerací izobutylénu a s 1-3 % izoprenu, za pomoci rozpouštědla metylchloridu a katalyzátoru  $AlCl_3$ . Má velmi dobrou odolnost proti propustnosti plynů, nižší odrazovou pružnost, dobrou tepelnou stabilitu a odolnost proti vlhkosti a chemikáliím. Využívá se pro těsnicí vrstvy bezdušových pláštěů [11].

### 1.3.1.2 Pryž

Pryž je kaučuková směs, která proběhla vulkanizací a vytvořila se zde síť polymerních látek a tím získala vlastnosti, jako jsou elasticita, odolnost vůči oděru a nehořlavost.

Pryž rozdělujeme na tři druhy tvrdosti a to:

- měkká pryž (max. 4 % síry),
- polotvrdá pryž (4-25 % síry),
- tvrdá pryž s obsahem síry 25-60 %.

Podle způsobu využívání se poté volí vhodné typy pryže [9].

### 1.3.2 Ostatní materiálové přísady

Tak, aby bylo možné dosáhnout potřebných vlastností pneumatiky, dle druhu použití, je potřebné doplnit kaučuk různými přísadami, které jednotlivé vlastnosti přímo ovlivňují. Jejich stručný přehled [12]:

#### *Síra*

Je základní činidlo pro vulkanizaci. Díky síře se zásadně mění měkká kaučuková směs ve směs elastickou a tvrdou. Za zmínku stojí, že do přírodního kaučuku je potřeba o něco více síry než do syntetického [12].

#### *Urychlovače*

Používají se, k urychlení. V podstatě zkracují dobu a snižují potřebné teploty při procesu vulkanizace. Mezi urychlovače patří organické látky [13].

Urychlovače můžeme dále rozdělit na pomalé, střední a rychlé. Jako příklad zde uvádím rychlý urychlovač pod obchodním názvem Hermat. Jedná se o organickou sloučeninu Tetramethylthioram disulfid, díky které trvá proces vulkanizace jen několik minut [13].

*Aktivátory a retardéry (zpomalovače)*

Používají organické i anorganické látky. Aktivátory ještě více zesílí účinek urychlovačů a k nejznámějším z nich patří zinková běloba. Retardéry naopak účinek urychlovačů zpomalují [12].

*Změkčovadla*

Jsou potřebné ke zvýšení lepivosti a také nám ulehčují zpracovatelnost vyráběné směsi. Patří mezi ně např. různé dehty a minerální oleje [12].

*Plniva a ztužovadla*

Mají za úkol zředit, popřípadě ztužit kaučukovou směs. Můžeme je dále dělit na aktivní a inaktivní. Mezi aktivní řadíme např. saze, které působí jako ztužovadla a u směsí běhounů zvyšují pevnost při oděru. Naproti tomu inaktivní slouží ke zředění kaučukové směsi. Ke známým plnivům patří např. křída či kaolin [12].

*Rozpouštědla*

Slouží k přípravě cementů, což jsou lepidla. Pro jejich přípravu se používá např. aceton, benzín, benzol a jiné [12].

*Regenerát*

Jde o zpracování starých pneumatik, odpadu z výroby pro účely protektorování, nebo znovu zpracování těchto materiálů. Z chemického hlediska jde o degradaci vulkanizátu a dojde ke štěpení řetězců makromolekul, přičemž činidla pro regeneraci jsou teplo a mechanická práce. Využívají se z ekonomického a chemicko-mechanického hlediska při míchání směsí [12].

### 1.3.3 Kordy

Výztužné materiály pro výrobu pneumatik se používají kordové tkaniny, křížové tkaniny a ocelové kordy. Díky těmto materiálům má vyrobená pneumatika daný tvar, odolnost vůči namáhání, dobrou životnost, potřebnou nosnost, oděru vzdornost atd. [14].

#### 1.3.3.1 Kordové tkaniny

Nazývány též textilní kord, jsou použity pro výrobu kostry pláště a jsou tvořeny hlavně s polyamidových, polyesterových a viskózních materiálů [14].



Obr. 7. Kordová tkanina [15].

Pneumatiky obsahující rayonový kord, který je vyroben z celulózy, mají menší pevnost za mokra. Jejich výhodou je odolnost i při vyšších teplotách. Kord polyamidový má oproti rayonu lepší vlastnosti za mokra, má velkou nosnost a díky své molekulární struktuře je tak pevný i pružný [14].

#### 1.3.3.2 Křížové tkaniny

Křížové tkaniny jsou hlavně z bavlny a používají se na ochranné a obalové materiály.

Mezi známé křížové tkaniny, můžeme zařadit molino a segel. Molino je používáno, pro ovinování patních lan a patek pláštěů jízdních kol. Segel, jakožto silný textilní materiál z bavlny, je využíván do patních pásků, za účelem vyztužení patky [14].



### 1.3.3.3 Ocelové kordy

Těž nazývané jako ocelový nárazník, slouží jako výstužný materiál pneumatiky a tím získají vysokou pevnost [14].



Obr. 8. Korunní kordová vrstva (nárazník) [15].

Mezi jeho výhody řadíme odolnost proti průrazu, nárazu a při jízdě se nepřehřívá. Tím stává bezpečnější [15].

### 1.3.4 Proces vulkanizace

Pokud zahřejeme kaučukovou směs na teplotu 150 – 170 °C po dobu zhruba 30 minut dojde k vulkanizaci. Nejčastěji se vulkanizuje při vyšším tlaku a tím se zabrání vzniku nežádoucích pórů [9].

Produktem vulkanizace je vulkanizát neboli pryž, který získal síťovitou strukturu makromolekul, které jsou spojeny chemickými vazbami tzv. příčnými vazbami. Takto vytvořené síti též říkáme trojrozměrná síť. Pryž se poté stává nelepivá, nerozpustná v rozpouštědlech a odolná vůči účinkům oděru, stárnutí, tepla a světlu [16].

### 1.3.5 Běhoun

Běhoun viz.(Obr. 9) je jednou z nejdůležitějších součástí pneumatiky, jelikož je v přímém styku s vozovkou a je velmi zatěžovaný.

Pro osobní automobily je základní složkou běhounové směsi přírodní kaučuk s přídavkem kaučuku syntetického, avšak při výrobě je třeba přihlížet, k jaké potřebě budou běhouny využívány. Takto vyrobená běhounová pryž musí mít velmi dobrou pevnost v tahu a v

strukturu čehož dosáhneme vhodným namícháním kaučuků, vulkanizačních přísad a sazí. Dále také musí mít velmi dobrou soudržnost, propustnost a dobré elastické vlastnosti. Samozřejmě musí být dobrý rozvod tepla a dobrá odolnost vůči ohřevu při jízdě. Dezén a běhounové směsi pro letní a zimní pneumatiky jsou výrazně odlišné [9].



Obr. 9. Běhoun [15].

### 1.3.6 Zimní a letní směs

Rozdíl mezi složením letní a zimní pneumatiky je v podstatě jen ve směsi běhounu. Hlavní rozdíl je v tom, že zimní směs se vyznačuje nižší tuhostí než letní a proto jsou zimní pneumatiky při teplotách nižších jak  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  pružné a mají velmi dobrou přilnavost k vozovce. Naopak směs pro letní pneumatiky má výborné vlastnosti při teplotách nad  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  [6].

Při přípravě letních a zimních směsí pro pneumatiky je potřebné zajistit specifické vlastnosti. U směsí pro běhouny které jsou aplikovány při nižších teplotách je důležité, aby byly měkčí. Proto lze použít směs kaučuku BR a NR nebo směs tvořenou z NR a několika dalších syntetických kaučuků a příměsí jako jsou aktivátory, změkčovadla, plniva, antioxidanty, retardéry atd. Pokud je potřeba dosáhnout větší odolnosti vůči adhezi na vozovce a oděru vzdornost, lze použít směs NR, SBR a BR kaučuků, popřípadě vhodné kombinace syntetických kaučuků s přídavkem NR, ale také i bez něj [17].

Pro představu zde uvádím několik příkladů složení běhounových směsí viz. (Tab. 1.) a (Tab. 1.). U směsi z přírodního kaučuku je větší podíl síry, aktivních sazí a antioxidantů. Změkčovadel a aktivátorů je více v umělém (syntetickém) kaučuku. Výsledná gumovitost je vyšší u přírodního kaučuku, z čehož vyplývá i nižší tuhost. Obecně lze shrnout, že speci-

fické vlastnosti letních a zimních směsí pro běhouny, jsou dosahovány vhodnými poměry jednotlivých přísad a kaučuků. Tyto poměry si všechny firmy, pečlivě střeží [12].

Tab. 1. Přísady do směsí pro běhouny z přírodního a syntetického kaučuku [12].

<b>Přísada</b>	<b>Počet dílů jednotlivých přísad na 100 dílů přírodního kaučuku</b>	<b>Počet dílů jednotlivých přísad na 100 dílů syntetického kaučuku</b>
Síra	2,5 - 3 dsk*	1,5 - 2,5 dsk
Aktivní saze	40 - 48 dsk	30 - 37 dsk
Polo-aktivní saze	-	15-25 dsk
Změkčovadla	3 - 6 dsk	10 - 12 dsk
Urychlovače	0,5 - 1 dsk	1,5 - 2 dsk
Aktivátory	3 - 5 dsk	5 dsk
Antioxidanty	1 - 1,5 dsk	1 dsk
Výsledná gumovitost	61,4 %	58 %
Výsledná tvrdost	56° Sh	63° Sh

\*jedná se o hmotnostní díly

Z (Tab. 2.) je vidět, že u klasických letních pneumatik se do směsí běhounu používá kombinace emulzního SBR a BR. Plnivem této směsi, jsou saze typu ISAF, SAF a vysokostrukturní saze HAF, které jsou míchány na 60-80 dsk. U zimních pneumatik musí mít běhounová směs speciální vlastnosti, jako jsou vysoké hodnoty kontaktní plochy, schopnost kopírovat led a sníh, nižší dynamický modul v tahu, nižší tvrdost (max. 60 sh), vysokou elasticitu a hlavně schopnost si tyto speciální vlastnosti zachovávat i při nízkých teplotách. Základním prvkem zimního běhounu je NR, jenž má vysoký koeficient tření na ledu a sněhu a s tím spojené dobré záběrové vlastnosti a odolnost vůči smyku. Jelikož odolnost NR vůči mrazu není ideální, je kombinován s BR, který má velmi dobrou odolnost proti mrazu a dobrou adhezi na ledu a sněhu. Nevýhodou BR je však zhoršení těchto vlastností při kri-

tických teplotách (0 °C až -0,5 °C), což se potlačuje použitím tzv. bílých plniv (cca 10 dsk SiC<sub>y</sub>). Objev silanů umožnil zvýšit dávkování bílých plniv (SiC<sub>y</sub>>2), to jest až 70 dsk, čímž bylo dosaženo potřebných, výše uvedených speciálních vlastností [18].

Tab. 2. Složení běhounových směsí pro letní a zimní pneumatiky [18].

<b>Pří sada</b>	<b>Letní směs běhounu</b>	<b>Zimní směs běhounu</b>
E-SBR	80 dsk*	-
NR	-	80 dsk
BR	20 dsk	20 dsk
Saze N-234	60 - 75 dsk	-
Saze N-220	-	60 - 70 dsk
SiO <sub>2</sub>	-	10 dsk
Aromatický olej	20 - 30 dsk	25 - 35 dsk
ZnO	3 dsk	4 dsk
Stearín	1,5 dsk	1,8 dsk
Antioxidant 6 PPD	1 dsk	2 dsk
Mikrokrystalický vosk	1 dsk	-
Parafinový vosk	-	2 dsk
CBS	1,3 dsk	1,8 dsk
DPG	0,4 dsk	-
CTP	-	0,2
Síra mletá olejovaná	2,0	2,0

\*jedná se o hmotnostní díly

Odolnost proti oděru je závislá na struktuře a velikosti částic sazí. U běhounových směsí při velkých rychlostech je odolnost vůči oděru závislá na velikosti specifického povrchu částic sazí, ale při nižších rychlostech je závislá na struktuře částic sazí v systému [17].

V dnešní době se pro zimní pneumatiky používá směs silika, do které se místo tradičního plniva sazí používá  $\text{SiO}_2$ . Takto vyrobená směs má velmi dobrou přilnavost k vozovce, trakci na sněhu a nízký valivý odpor [6].

U siliky se s výhodou využívá minerálních plniv. Tyto plniva ve směsi nám tak dávají vynikající ztužení a odolnost vůči oděru [17].

## 1.4 Pneumatika na vozidle

Na soudržnosti pneumatiky s vozovkou závisí bezpečnost jízdy automobilů. Pneumatika s vlastností elastickeho kola se může pohybovat pod úhlem ke svojí rovině a rychlostí jinou než je její obvodová rychlost bez toho aniž by se její celková styčná plocha dostala do klouzavého pohybu. Mezi pneumatikou a vozovkou působí síly, které jsou primární pro rychlost a směr vozidla. Maximální mezí je reálný koeficient tření. Je-li přesáhnut tento limit na jakémkoliv místě styčné plochy dojde k lokálnímu klouzání. Pokud je však tento limit přesáhnut na celé styčné ploše stane se vozidlo neovladatelné. Tento jev lze pozorovat při zablokování kol [4].

### 1.4.1 Teorie soudržnosti pneumatiky a vozovky

Z teoretického hlediska jsou aerodynamické síly a valivý odpor zanedbávány. Základními silami působícími na kolo a změnami jeho rychlosti jsou polokvantitativní funkční vztahy [4].

Skluz ( $s$ )

$$s = \frac{v - v_0}{|v|} \quad (1)$$

Skluz je kinematická vektorová veličina, kde:  $v$  - rychlost pohybu vozovky vzhledem k ose kola,  $v_0$  - obvodová rychlost kola v rovině styčné plochy taktéž vzhledem k ose kola.

Nastane-li případ, že se kolo valí ve směru, ve kterém svírá s jeho rovinou úhel  $\theta$  (boční skluz) je pak skluz dán vztahem[4]:

$$s = \sin\theta \quad (2)$$

Kde:  $s$  - skluz,  $\sin \theta$  – úhel valícího se kola s jeho rovinou.

Čistý obvodový skluz je pak dán vztahem:

$$s = 1 - \frac{v_0}{v} \quad (3)$$

Kde:  $v_0$  - obvodová rychlost kola v rovině styčné plochy taktéž vzhledem k ose kola,  $v$  - rychlost pohybu vozovky vzhledem k ose kola [4].

Nastane-li při brzdění případ, že ( $v > v_0$ ) skluz je vždy větší jak 0, maximální hodnota je 1 a to v případě po zablokování kola. Nastane-li zrychlení kdy ( $v < v_0$ ), je vždy skluz negativní a stává se záporně nekonečným při statistickém protáčení kola. Kinetická energie se spotřebovává při brzdění v brzdách, pneumatikách a vozovce. Při brzdění vzniká teplo a jeho významnou část přijímá vozovka. Závěrem můžeme shrnout, že skluz je poměr mezi ztrátami v pneumatice a vozovce, přičemž vůz získává kinetickou energii [4].

## 1.4.2 Jízdní vlastnosti a pneumatiky

### 1.4.2.1 Valení pneumatiky

Při jízdě automobilem dochází k deformaci pneumatiky a vozovky a takový jev označujeme jako valivý odpor. Pokud je cesta bez nerovností a je tuhá, dojde pouze k deformaci pneumatiky. Ploše na které dojde ke styku pneumatiky a vozovky říkáme stopa. Poté je nutné rozlišovat přední část stopy ve směru valení, u které dojde k stlačení obvodu pneumatiky a zadní část stopy ve které dochází k návratu pneumatiky do původního kruhového tvaru. Díky deformaci a následnému vrácení pneumatiky do původního tvaru, dochází v pneumatice ke ztrátám, které se mění v teplo. Obecně jsou síly potřebné k deformaci tvaru pneumatiky při kontaktu s vozovkou vyšší nežli síly, které jsou potřebné k návratu do původního tvaru pneumatiky při kontaktu s vozovkou. Pokud mluvíme o valení pneumati-

ky, je potřebné zmínit se o  $f_k$ , což je součinitel valivého odporu, který je ovlivňován hlavně povrchem vozovky, deformací a rychlostí otáčení kola. Obecně je známo, že při nižších rychlostech než je 80 km/h je vliv rychlosti na součinitel valivého odporu  $f_k$  zanedbatelný, avšak při vyšších rychlostech součinitel valivého odporu  $f_k$  stoupá, což zapříčiňuje kmitání oběžné boční stěny pneumatiky v důsledku ztrát v pneumatice [19].

Tab. 3. Součinitel valivého odporu pro různé povrchy vozovek [19].

Povrch	$f_k$	Povrch	$f_k$
asfalt	0,01-0,02	tráva	0,08-0,15
beton	0,015-0,025	písek	0,15-0,30
dlažba	0,02-0,03	čerství sníh	0,20-0,30
makadam	0,03-0,04	bláto	0,20-0,40
Polní-suchá	0,04-0,15	náledí	0,01-0,025
Polní-mokrá	0,08-0,20		

#### 1.4.2.2 Brzdění a smyk

Pokud začneme brzdit a vznikne skluz, tak automobil urazí za jednotku času delší vzdálenost, která by odpovídala jeho účinnému poloměru a kruhové rychlosti, avšak nastane-li situace opačná, jedná se o hnané kolo. Skluz je zde tedy definován jako poměr kruhových rychlostí kola ve skluzu  $\omega$  a kola, které se volně valí  $\omega_0$ . Pak tedy:

$$s = 1 - \frac{\omega}{\omega_0} \quad (4)$$

Kde:  $s$  - skluz,  $\omega$  - kruhová rychlost kola ve skluzu,  $\omega_0$  - kruhová rychlost kola volně se valícího.

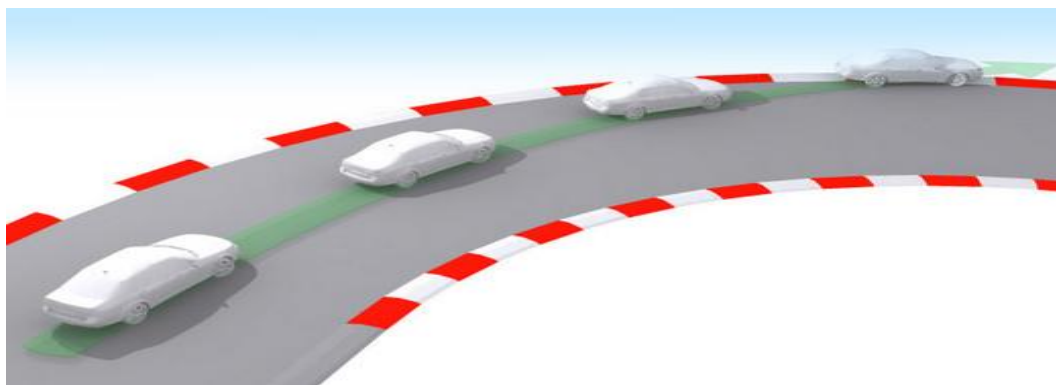
Skluzová závislost brzděné síly má praktický význam až do maximální hodnoty, což je do 100 % [4].

Smyk nastává tehdy, když je automobil v zatáčce rychlejší než rychlost, kdy ještě dokáže naplno využít přilnavosti pneumatik. S klesající adhezí pneumatik, která může být způsobena jejich opotřebením (ojetý dezén), nebo v důsledku snížené adheze (déšť, šterk, sníh, špatně zvolené pneumatiky a podobně) se snižuje maximální možná síla, kterou dokážou pneumatiky přenést. Čím vyšší je rychlost průjezdu zatáčkou, tím větší je síla působící na

pneumatiky. Jakmile je přesáhnut limit přilnavosti, pneumatika ztratí adhezi a smýkne se. Pro další vývoj průjezdu zatáčkou je velmi důležité, jestli ztráta adheze nastane nejprve u přední pneumatiky (pak nastane nedotáčivý smyk), nebo zadní pneumatiky (nastane přetáčivý smyk) [20].

### *Nedotáčivost*

Je tedy smyk přední nápravy v důsledku ztráty adheze předních pneumatik, která se projevuje tak, že auto v zatáčce nesleduje řidičem zamýšlenou stopu jízdy a neodpovídá na zatočení volantem [20].

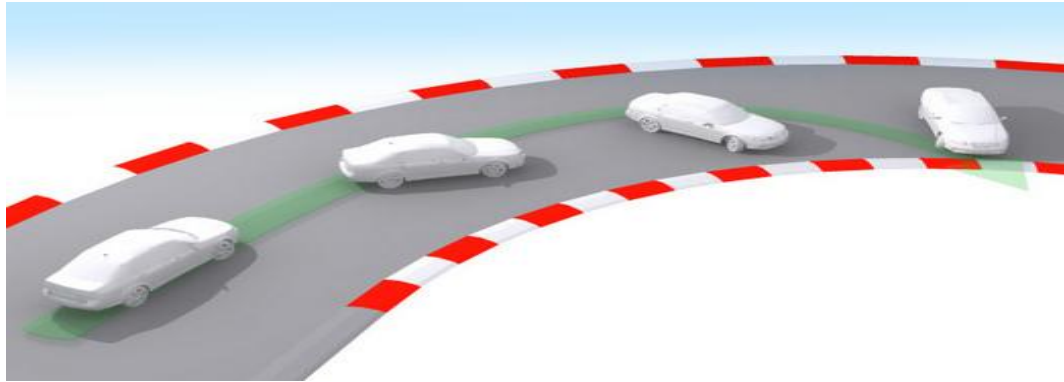


Obr. 10. Ukázka nedotáčivého smyku [21].

### *Přetáčivost*

Neboli přetáčivý smyk nastává v momentu, když v zatáčce dříve ztrácí přilnavost pneumatiky na zadní nápravě, přičemž přední kola mají ještě trakci a auto vedou. Zadní pneumatiky už neunesou působení odstředivých sil a smýknou se. Přední část vozu tak stále jede v zamýšlené dráze jízdy, ale zád' z ní vyjíždí ven. Automobil tak zatáčí víc, než jaký byl impuls vyvolaný natočením volantu [20].





Obr. 11. Ukázka přetáčivého smyku [21].

### 1.4.2.3 Rychlost a frikce pryže

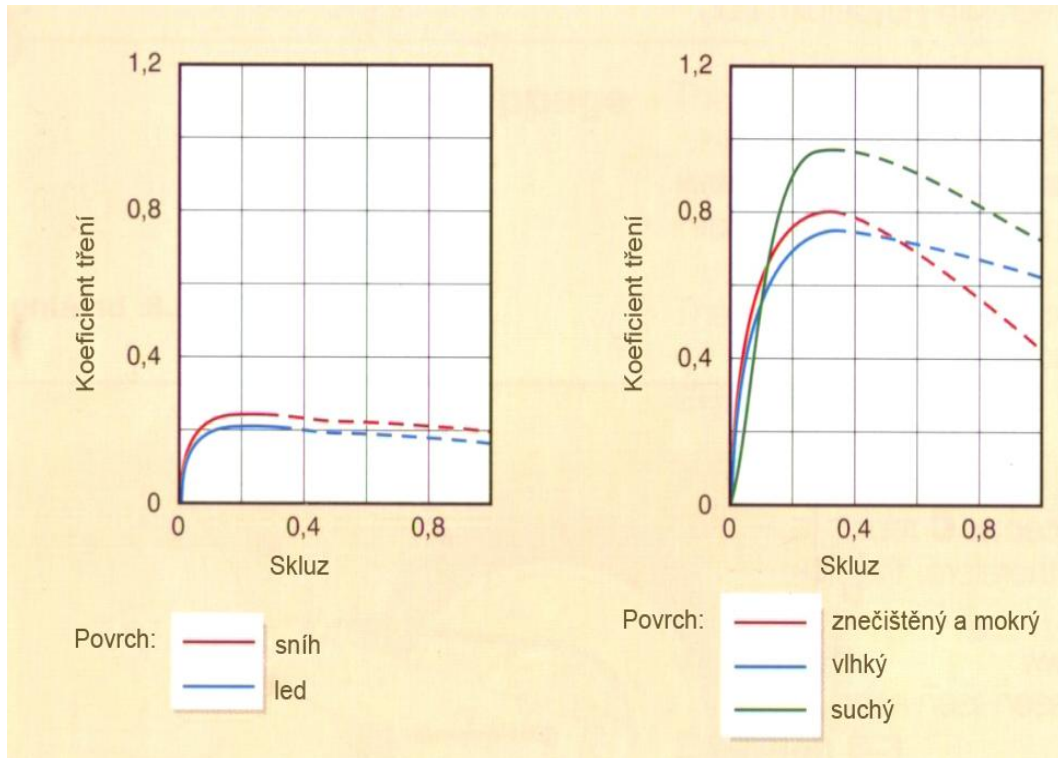
Pro procesy viskoelastické, jakým je i závislost frikce pryže (což je viskoelastický jev) na rychlosti a s tím spojená rychlostně teplotní ekvivalence, byl odvozen a zároveň ověřen vztah při frikci za sucha. Tato závislost je popsána v rovnici WLF. Dojde-li ke tření v přítomnosti maziva, je taktéž teplotní změna ekvivalentní změně rychlosti. Poté bude rovnice WLF vypadat následovně:

$$\frac{d\mu}{dv} = \left(\frac{\delta\mu}{dv}\right)_T \left[ 1 + v \frac{d \log\left(\frac{a_T \eta_T}{\eta_0}\right)}{dT} \frac{dT}{dv} \right] \quad (5)$$

kde:  $d\mu/dv$  rychlostní koeficient tření,  $v$  – skluzová rychlost,  $dT/dv$  - frikční nárůst teploty,  $a_T$  – posuvný faktor,  $T$  – teplota,  $\eta_T$  - viskozita maziva při experimentální teplotě,  $\eta_0$  - viskozita maziva při referenční teplotě,

Jelikož posuvný faktor a viskozita maziva při experimentální a referenční teplotě, klesají s teplotou, zmenšuje frikční nárůst teploty koeficient tření vůči hodnotě, jaká by byla za stálé tepoty [4].

Grafická závislost koeficientu tření a skluzu na odlišných površích:



Obr. 12. Skluz vs. koeficient tření [19].


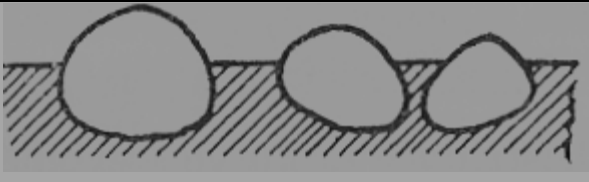
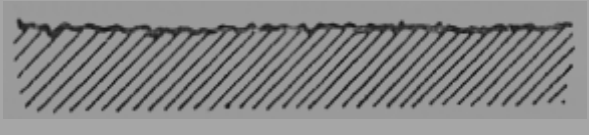
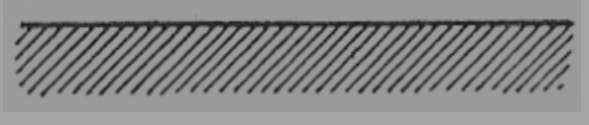
#### 1.4.2.4 Hydrodynamika na vozovce

U bezpečné jízdy vozidla za mokra je samozřejmě nutný kontakt mezi pneumatikou a vozovkou, tak aby byla dosažena co největší frikce za mokra. Pro dosažení těchto podmínek k bezpečné jízdě vozidla na mokré vozovce je zapotřebí v co největší míře odvádět vodu ze styčné plochy. Obecně lze konstatovat, že pokud jsou dvě tělesa v kapalině, působí kapalina silami, jako je hydrostatický tlak, proti přiblížení dvou těles k sobě. Hydrostatický tlak vznikne při vysokých rychlostech a to zapříčiňují setrvačné síly, které urychlují kapalinu, dále pak hydrostatický tlak vzniká při vytékání kapaliny ze štěrbin dezénu v důsledku viskozity. Distribuci tlaku ve štěrbině mezi dvěma tělesy, která se k sobě přibližují v kapalném prostředí, lze popsat vztahem, ve kterém zanedbáme setrvačnost. Pokud se styčná plocha pneumatiky dotýká povrchu plochého výstupku vozovky o délce  $D$  a konstantě  $K$  určitou rychlostí  $dh/dt$ , v prostředí kapaliny, respektive vody o viskozitě  $\eta$ , je síla potřebná k dotyku pneumatiky s vozovkou dána následujícím vztahem [4]:

$$-F_p = K\eta \left(\frac{D^4}{h^3}\right) \frac{dh}{dt} \quad (6)$$

Z daného vztahu lze vyčíst, že tloušťka stlačeného filmu se značně snižuje s menšími rozměry plochých těles  $D$ , jelikož je v rovnici ve čtvrté mocnině. Díky těmto poznatkům a aplikováním aplikací na pneumatiku je potřebné rozdělit povrch běhounu na dezén. Důležité je i rozdělovat druhy vozovek a jak je daný typ vozovky odolný vůči skluzu za mokra. Druh vozovky tzv. topologie vozovky, by měla splňovat dvě kritéria. Prvním kritériem je ostrá mikro-textura výstupků, která je potřebná k rozdělení povrchu vozovky na ostré hroty, které jsou schopny proniknout zbylým vodním filmem, jelikož je v takovýchto místech vysoký tlak. Druhým kritériem je makro-textura otevřená, jež je potřebná k zajištění drenáže. S těchto důvodů rozdělujeme typy vozovek do čtyř druhů znázorněných v (Tab. 4) [4].

Tab. 4. Klasifikace povrchu vozovky [4].

povrch		Měřítko struktury	
		makro	mikro
A		hrubá	ostrá
B		hrubá	lesklá
C		hladká	ostrá
D		hladká	lesklá

#### 1.4.2.5 Rychlost a brzdná dráha na vozovce

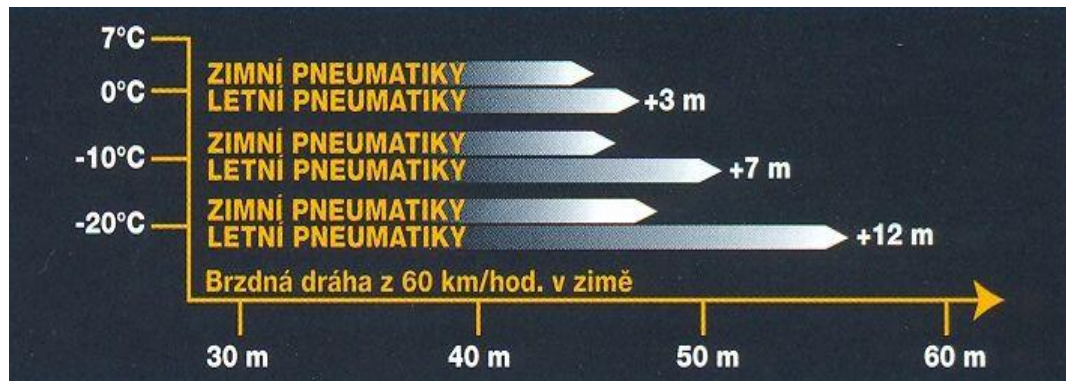
Brzdění je proces, při kterém řidič pomocí brzdných systémů, překonává setrvačnou sílu automobilu, přičemž dojde ke zpomalení rychlosti a následně k úplnému zastavení automobilu. Brzdění je charakteristické brzdnou dráhou, která závisí na času potřebném pro úplné zastavení automobilu. Velikost brzdné dráhy závisí na reakční době řidiče, reakční době brzdného systému, stavu pneumatik, na povrchu a klimatických podmínkách viz (Tab. 5). Reakční doba řidiče a brzdného systému při rychlosti 100 km/h je cca 0,81 s-1,55 s, přičemž vozidlo urazí 22,5 m-43,1 m. Pokud dojde k zablokování kol, důsledkem brzdného systému závisí brzdná dráha pouze na kvalitě a vhodném zvolení pneumatik [22].

Tab. 5. Reakční, brzdná dráha a dráha k zastavení, při různých rychlostech a stavu silnice [23].

Rychlost vozu	Reakční dráha	Brzdná dráha	Dráha zastavení
<b>Suchá silnice</b>			
50 km/h	14 m	14 m	28 m
60 km/h	17 m	20 m	37 m
80 km/h	22 m	35 m	57 m
<b>Mokrá silnice</b>			
50 km/h	14 m	19 m	33 m
60 km/h	17 m	28 m	45 m
80 km/h	22 m	49 m	71 m
<b>Náledí</b>			
50 km/h	14 m	64 m	78 m
60 km/h	17 m	93 m	110 m
80 km/h	22 m	195 m	187 m

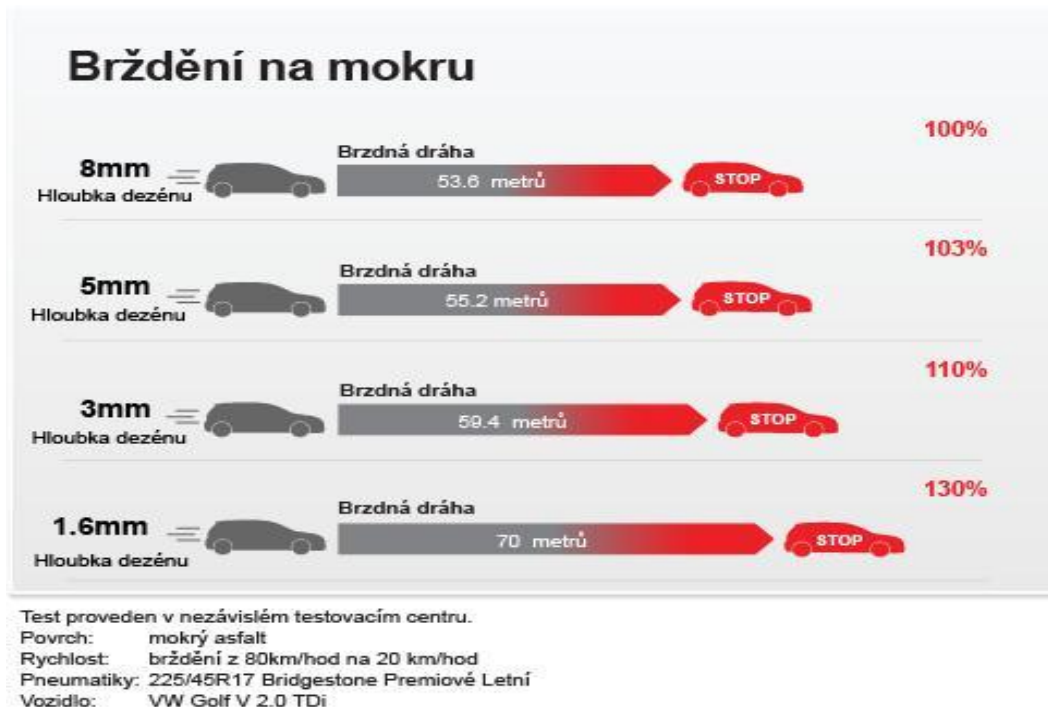
Zimní pneumatiky, zajišťují lepší ovladatelnost při teplotách nižších jak 7 stupňů Celsia, dále pak, pokud se vyskytuje na vozovce sníh nebo náledí. V těchto případech je brzdná

dráha zimní pneumatiky kratší jak brzdná dráha při použití letních pneumatik, což je patrné z (Obr. 13) [24].



Obr. 13. Brzdná dráha z 60 km/h na 0 km/h, při použití letních a zimních pneumatik v zimním období při různých teplotách [24].

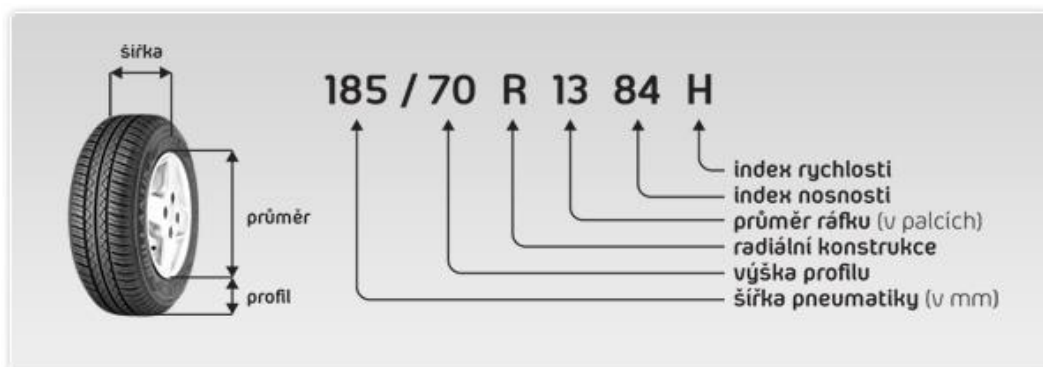
Jak je vidět na (Obr. 14) hloubka dezénu výrazně ovlivňuje brzdou dráhu. Čím je menší hloubka dezénu, tím delší je brzdná dráha. Přičemž u letních pneumatik by doporučená hloubka dezénu neměla být menší jak 3 mm a u zimních pneumatik menší jak 4 mm [25].



Obr. 14. Brzdná dráha na asfaltu z 80 km/h na 20 km/h, při použití pneumatik s různou hloubkou dezénu [25].

#### 1.4.2.6 Značení pneumatiky

Na (Obr. 15.) je znázorněno značení běžné 13 palcové pneumatiky, která má *index nosnosti*  $LI=84$ , to znamená možnost použití do 500 kg viz. (Tab. 6.) a *index rychlosti*  $SS$ , což umožňuje její použití do rychlosti 210 km/h (58,3 m/s) viz. (Tab. 7.) [23].



Obr. 15. Značení pneumatik [23].

#### 1.4.2.7 Index nosnosti (LI-Load Index)

Je číslo určující nosnost pneumatiky, při rychlosti určené kategorií rychlosti a za specifických podmínek používání [23].

Tab. 6. Příklady Indexu nosnosti [23].

<b>LI</b>	84	85	86	87	88	89	56	90	91	92	93	94	95
<b>KG</b>	500	515	530	545	560	580	600	615	630	650	670	690	710

#### 1.4.2.8 Index rychlosti (SS- Speed Symbol)

Určuje maximální rychlost, při daném indexu hmotnosti [23].

Tab. 7. Indexy rychlosti [23].

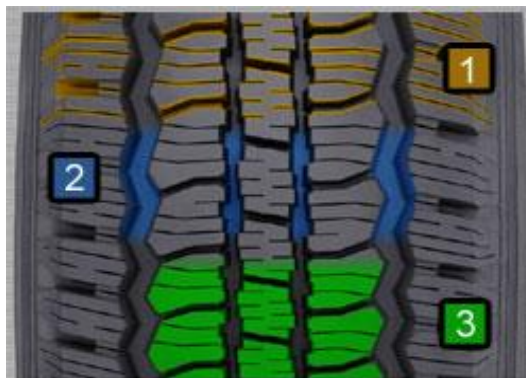
<b>SS</b>	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	H	V	W	Y	ZR
<b>KG</b>	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	240	270	300	>240

### 1.4.3 Běhoun a jeho vliv na vlastnosti pneumatiky

Běhoun má zásadní vliv na vlastnosti pneumatiky, jelikož zprostředkovává styk pneumatiky s vozovkou. To jaký typ běhounu je vhodný pro letní či zimní počasí, rychlou jízdu, jízdu osobním, nebo nákladním vozidlem, nám určuje vhodné namíchání kaučukových směsí a druh dezénu. Pro nákladní pneumatiky se využívá běhounová směs z NR, u osobních pneumatik se dává přednost směsi na bázi SBR, NR, ale také se SBR často míchají s BR za přídavku speciálních olejů. Tyto směsi, mají lepší vlastnosti. Vhodně nastavená směs SBR a BR olejem, dosahuje velmi dobré brzdné vlastnosti na všech druzích vozovek a má tak lepší adhezní vlastnosti, než směs NR. Experimentálně bylo zjištěno, že hodnota teploty skelného přechodu běhounových směsí ovlivňuje jízdní vlastnosti a pro jízdu za mokra i za sucha v létě, by měla být vyšší jak  $-20^{\circ}\text{C}$ . U běhounových směsí pro zimní použití je dostačující teplota zesklenní  $-30 - 40^{\circ}\text{C}$  [4].

Struktura vzorku běhounu ovlivňuje jízdní vlastnosti na různých površích, což je nastíněno na (Obr. 16), kde jednotlivé části dezénu plní potřebné úkoly. Vrchní část běhounu značená žlutou barvou, kdy č. 1. má vynikající vlastnosti pro jízdu na sněhu a blátě, díky variabilnímu dezénu a samočisticím drážkám. Prostřední modrá část č. 2. poskytuje díky hlubokým drážkám rychlý odvod vody a je tak pro jízdu v mokru. Na spodní části obrázku zna-

čené zelenou barvou a č. 3. se nachází střed dezénu, díky kterému je vozidlo stabilně ovladatelné na suchém povrchu [26].



Obr. 16. Triple Traction Tread [26].

#### 1.4.3.1 Dezén a jeho vliv na vlastnosti pneumatiky

Dezén je obvykle tvořen obvodovými žebry, které jsou odděleny drážkami, které mají za úkol odvádět vodu a tak zamezovat vzniku hydrostatického tlaku. Žebra by měly být co nejvíce napřímená a jejich šířka ne moc velká, to pro dobrý odvod vody. S počtem žeber se zásadně zlepšuje frikce i u vysokých rychlostí. Ovšem nastane-li valení pneumatiky pod úhlem, dochází k vytvoření boční síly, která roste s počtem žeber. U většiny osobních pneumatik je dezén opatřen žebry ve tvaru cik-cak, hrany žeber jsou pod určitým úhlem a jsou ve směru jízdy. Tvar žeber má taktéž vliv na frikci a to zcela zásadní. Žebra jsou dále opatřena drážkami tzv. lamelováním. U zimních pneumatik má dezén velmi jemné lamelování. Lamely mnohonásobně stírají vodu a tím tak pozitivně ovlivňují adhezi, což je nejlépe pozorovatelné na kluzkých a hůře odvodněných površích i při vyšších rychlostech. Je třeba zmínit to, že běhoun bude dostatečně plnit svou funkci jen do té doby, dokud budou drážky, žebra a lamely dostatečně funkční. Pokud nedodržíme povolenou míru ojetí dezénu, není brzdění a jízda bezpečná. Z toho je patrné, že opotřebení dezénu má zásadní vliv na jízdní vlastnosti [4].

Na (Obr. 17) je vidět jak se sjíždí vzorek pneumatiky při podhuštění (Under-inflation), nebo přehuštění (Over-inflation) pneumatice [15].





Obr. 17. Způsob ojetí dezénu při podhuštění a přehuštění pneumatiky [15].

#### 1.4.3.2 Směrový dezén (šípový)

Na bočnici viz (Obr. 18) lze vidět šípku, která určuje směr otáčení. Směrový dezén se využívá u vozů střední třídy, sportovních vozů a také u menších aut. Jeho výhodou je velmi dobrý odvod kapaliny, perfektní vedení vozidla a jízdní stabilita. Díky směru žeber je s výhodou využíván v zimě. Nevýhodou je jeho vysoká hlučnost [27].



Obr. 18. Směrový dezén vlevo letní, vpravo zimní pneu [27].

### 1.4.3.3 Symetrický dezén

Je bez označení směru rotace, či vnější nebo vnitřní strany. Je to dezén viz.(Obr. 19), jenž byl v minulosti nejvíce vyráběným typem. I když je v dnešní době nahrazován dezénem asymetrickým, má své stálé místo na trhu a to díky vyváženým vlastnostem na každém povrchu za mokra i za sucha. Má velmi dobré brzdné vlastnosti. Využívá se pro vozy střední třídy, ale také i u vozů SUV [27].



Obr. 19. Symetrický dezén letní vlevo letní, vpravo zimní pneu [27].

### 1.4.3.4 Asymetrický dezén

Jde o dezén, jenž je rozdělen na vnější a vnitřní stranu viz (Obr. 20). To znamená, že je potřebné dodržení správného nasazení pneumatiky na disk. Každá strana má svoji funkci. Vnější strana zajišťuje stabilitu v zatáčkách a vedení vozidla. Vnitřní strana pak přenáší brzdné a záběrové síly na vozovku, plus se stará o odvod kapaliny. Využívá se u sportovních vozů a přednostně u letních pneumatik [27].



Obr. 20. Asymetrický dezén letní vlevo letní, vpravo zimní pneu [27].

Jak je patrné z (Obr. 21), zimní dezén má jemné lamelování oproti dezénovým blokům letních pneumatik [28].

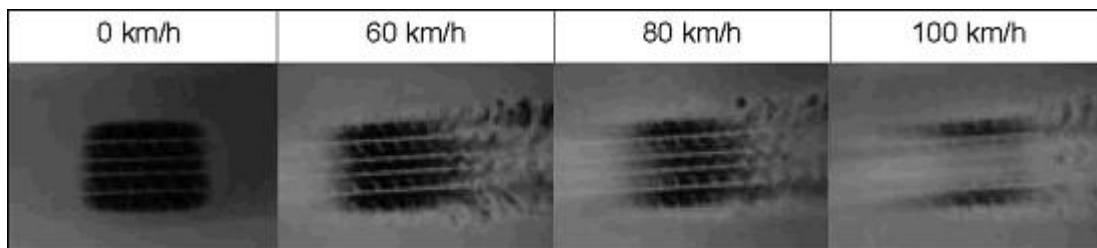


Obr. 21. Ukázka jemného lamelování zimních pneu oproti letním [28].

#### 1.4.4 Akvaplanink










Aquaplaning je jev, který vzniká při vyšších rychlostech na ledě nebo na vozovce, jež je pokrytá vrstvou vody. Tento jev je velmi podobný skluzu brusle po ledě, u něhož dochází k pohybu nože brusle po ledu, skoro bez tření a to díky vytvořenému vodnímu filmu na noži. Obdobně vzniká aquaplaning u pneumatik [1].

U pneumatik dojde k aquaplaningu v okamžiku, kdy se nestíhá odvádět voda mezi pneumatikou a vozovkou. To má za důsledek vzniku vodního klínu před pneumatikou, díky kterému není dostatečný kontakt s vozovkou. Vozidlo se v tomto případě začne klouzat po vrstvě vody a stává se tak v podstatě neovladatelné. Aquaplaningu se dá předcházet nižší rychlostí jízdy, jak je vidět na (Obr. 22) při vyšší rychlosti vzniká snadněji. Především aquaplaningu můžeme dostatečným nahuštěním pneumatik, správně zvolenou rychlostí jízdy, dostatečnou hloubkou vzorku běhounu a jeho opotřebení [29].



Obr. 22. Vznik aquaplaningu, při různé rychlosti [30].

Jak je patrné z (Obr. 23) je rychlost a hloubka dezénu závislá na velikosti kontaktní plochy mezi pneumatikou a vozovkou. Čím větší je hloubka dezénu a nižší rychlost jízdy, tím je kontaktní plocha větší a možnost vzniku aquaplaningu klesá [30].

HLOUBKA DEZÉNU \ RYCHLOST AUTOMOBILU	1,6 mm	4 mm	8 mm
5 km/hod	 plocha 100%	 plocha 100%	 plocha 100%
75 km/hod	 plocha 16%	 plocha 58%	 plocha 74%
125 km/hod	 plocha 6%	 plocha 11%	 plocha 47%

Obr. 23. Kontaktní plocha pneumatiky  
při různých rychlostech a odlišné  
hloubce dezénu [30].

### 1.4.3 Reálný stav pneu v provozu

Pro podklady této práce byly studovány náhodné typy pneumatik s ohledem na jejich vizuální stav a hloubku dezénu. Obrázková dokumentace byla získána pomocí fotografií a digitálního fotoaparátu značky (Fotoaparát NIKON COOLPIX L26, 16 milionů pixelů, objektiv NIKKOR s 5× optickým zoom (26-130 mm), 3" displej). Tyto obrázkové materiály (fotografie) pneumatiky byly pořízeny jak v běžném silničním provozu (na parkovištích), tak v pneuservisech ihned po přezutí vozidla, které s těmito pneumatikami přijelo na výměnu nových pneumatik.

Z následujících materiálů je vidět, že bezpečnost silničního provozu je významně ovlivněna stavem pneumatiky a to zejména hloubkou dezénu. I když bylo zjištěno, že v letních měsících je přibližně 20 % zkoumaných pneumatik zimních, jejich dezén byl dostatečný.



Obr. 24. Škoda Felicia – pneu Domin zimní směs (165/70/R13).



Obr. 25. Škoda Octavia – pneu Continental, letní směs (195/65/R15).



Obr. 26. Škoda Octavia – pneu Goodyear, letní směs (205/55R15).



Obr. 27. Škoda Octavia – pneu Continental, letní směs (195/65R15).



Obr. 28. Ford Focus – pneu Continental, letní směs (225/50R17).



Obr. 29. Kia Sportage - pneu Hankook, letní směs (235/55R18).



Obr. 30. Škoda Octavia – pneu Goodyer, zimní směs (205/55H16).



Obr. 31. Ukázka sjetého dezénu. Extrémně špatný stav pneumatiky.



Obr. 32. Ukázka sjetého dezénu – pneu Continental, letní směs (445/45R19,5).



Obr. 33. Ukázka letního dezénu (vlevo) a zimního dezénu u nové pneumatiky Continental.

V roce 2013 je to již dva roky co běží projekt Centra dopravního výzkumu, který shromažďuje poznatky o autonehodách na jižní Moravě. Projekt je sice naplánován až do roku 2015, avšak výsledky jejich práce jsou k dispozici už dnes.

Bylo zjištěno, že spousta řidičů používá podhuštěné pneumatiky a tím pádem je jejich brzdná dráha delší než u pneumatiky nahuštěné správným způsobem. Výsledkem celého průzkumu v rámci tohoto projektu by měli být podrobné analýzy jednotlivých faktorů nehod, které by měly pomoci Ministerstvu vnitra k formulaci nových zákonů a vyhlášek [31].

Další zajímavostí z nabytých poznatků je také fakt, že asi 35 % nehod způsobí špatná infrastruktura. Jenže jsou tu i rizikové faktory, které podceňují samotní řidiči. Potvrdilo se to i v souvislosti s pneumatikami. Řidiči častokrát jezdí na pneumatikách, které jsou:

- špatné typově (rozdílné pneumatiky na nápravách nebo straně osy),
- nesprávně nahuštěné nebo podhuštěné (až 60% všech zkoumaných vozidel),
- mají sjetý dezén (zvýšení brzdné dráhy, snížení adheze, vznik aquaplaningu),
- jezdí na zimních v létě a na letních v zimě,
- pětina řidičů jezdí na pneumatikách používaných více jak čtyři roky, což je doporučená hranice pro výměnu sady pneu nebo výměny pneu na nápravě odborníky.

Tyto faktory, které byly výše uvedené, mají za následek zvýšené procento vzniku nehod bez ohledu na počasí nebo kvalitu vozovky [31].



V dnešní době probíhá velmi dynamický výzkum v praktickém použití alternativních pneu, které mají specifický tvar s ohledem na jejich použití. Cílem je snížit zejména hmotnost, náklady na materiálové složky použité pro výrobu pneumatiky ale také zvýšit komfort jízdy. Poslední jmenovaný činitel je zatím největší překážkou pro používání takových „alternativních“ pneumatik, protože se jedná zejména o nízko-profilové pneu, které poměrně snadno přenáší vibrace a rázy. Naopak ruku v ruce s tímto vývojem jdou dopředu konstrukční návrhy kola jako takového, na které by se pneumatika dokázala připevnit takovým způsobem, že by bylo možné jenom měnit směsi dle zimního nebo letního období. Náznak takového pneu je vidět na následujícím obrázku (Obr. 34.) [32].



Obr. 34. Alternativní pneumatika [33].

## ZÁVĚR

V úvodní kapitole jsou zachyceny počátky kola a pneumatiky a jejich využití v celosvětovém měřítku a v nejrůznějších oborech zaměřující se na dopravu. Dále se v práci objevuje definice pneumatiky z několika různých hledisek s ohledem na mechanické vlastnosti a fyzikálně chemické podstaty. Dnes jednoznačně víme, že výrobní proces má zcela zásadní vliv na funkčnost a jízdní vlastnosti. Postupy výroby, které byly zkoumány a o kterých lze říci, že mají velký význam v průběhu tvorby pneumatiky, jsou neustále vyvíjeny a doplňovány o nejnovější poznatky a to zejména z praxe. V práci nejsou uvedeny detailní poznatky z výrobního procesu, jelikož je zde překážka výrobního tajemství (know-how) to není žádoucí a tento poznatek se v současnosti velmi obtížně zjišťuje. Základní surovinou výroby pneumatiky je přírodní kaučuk, který je ovšem v praxi často nahrazen kaučukem syntetickým a to z důvodu jeho omezeného dostupnosti a vysoké ceny. Syntetických kaučuků je vícero druhů a mají specifické vlastnosti.

Jednotlivé složky při přípravě směsí pro pneumatiky jsou jednak kaučuk, ale také další důležité suroviny v různých fázích přípravy výroby, jako jsou síra, plniva, aktivátory, retardéry atd., které mají také nezbytnou úlohu pro výslednou funkčnost zhotoveného produktu. Již na počátku takto navrhovaného zastoupení jednotlivých složek se formují obecné nebo specifické vlastnosti pneumatiky. Jednou z nejdůležitějších částí pneumatiky z hlediska přilnavosti při samotné jízdě je běhoun jelikož zprostředkovává styk vozidla s vozovkou. Složení směsí běhounu, který pak určuje vhodnost použití pneumatiky v různých přírodních podmínkách a na různých površích vozovky je velmi důležitým parametrem pro každého výrobce. Podle tohoto složení běhounu se pneumatiky dělí, na letní, zimní a celoroční. Nemalý význam má také druh dezénu a jeho opotřebení. V současné době probíhá výzkum v oblasti alternativních pneu, které mají potenciálně nezničitelný vzorek (dezén), ale je to na úkor kvality nebo přilnavosti. Navíc tyto typy experimentálních pneumatik jsou použitelné jen v extrémních případech (zima nebo velmi prašné oblasti). Důvod je poměrně prostý a tím je, že „legislativa“ pro použití takových pneumatik není zatím svolná s tím, aby mohly být takto vyrobené pneumatiky součástí běžného provozu vozidla, tak jak ho známe v dnešní době (nebo se vyskytují v minimálním množství). V zásadě můžeme konstatovat, že pneumatika má univerzální použití v našich zeměpisných šířkách tak jak ji známe. Správně zvolená pneumatika, zaručuje potřebné vlastnosti, jako jsou brzdná dráha a přilnavost na různých površích i s ohledem na počasí, které velmi významně ovlivňuje tyto

dva zmíněné faktory. Toto platí pro oba druhy pneumatiky a to jak letní, tak zimní. Jasně doporučení a zcela zásadní rozhodnutí pro využití letních pneu v létě a zimních v zimě je stále spojena s individuálním řešením každého řidiče. Při výběru je řidič ovlivněn zejména ekonomickými náklady na koupi nové pneumatiky, zkušenostmi z předchozího využívání pneumatik různého druhu a typu, zkušenost s případnou nehodou způsobenou technickým stavem vozidla nebo nezkušenost a to zejména u mladých řidičů. V tomto kontextu je neméně důležitá také kontrola stavu opotřebení a nahuštění, jelikož je s těmito důvody nehodovost úzce spojena.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KOUTNÝ, František. Konstrukce výrobků: geometrie a mechanika pneumatik. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 139 s. ISBN 978-80-7318-796-5.
- [2] Historie auta: auta. In: KUČERA, Tomáš. *Historie - automobily (auta) Historie - automobily (auta)* [online]. [cit. 2012-12-31]. Dostupné z: <http://automobily.kvalitne.cz/>
- [3] NOVÁK, Jan. Opotřeбенí pneumatik. ve Zlíně, 2006-06-12. Online dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/1824>. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati Zlín. Vedoucí práce Maňas David.
- [4] MARCÍN, J., ZÍTEK, P.: *Pneumatiky*. SNTL Praha 1985, 490 s.
- [5] MARK, James E a Burak ERMAN. JAMES E. MARK, Burak Erman. Science and technology of rubber. 3rd ed. Boston: Elsevier Academic Press, 2005, xviii, 743 p. ISBN 01-246-4786-3. Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=z5NfVNIktyUC&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>
- [6] Bezpečně na silnicích. [Online]. [Cit. 2013-05-27]. Dostupné z: [http://bezpecnenasilnicich.cz/page/115/zimni\\_pneu\\_a\\_hlavni\\_rozdili.html](http://bezpecnenasilnicich.cz/page/115/zimni_pneu_a_hlavni_rozdili.html)
- [7] TOUFAR, Pavel. Vliv parametrů a vlastností na jízdní dynamiku vozidel. Brno, 2011. Online dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=44306](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=44306). Diplomová práce. Vysoké učení v Brně. Vedoucí práce Vladimír Panáček.
- [8] Hankookpneu. [Online]. [Cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.hankookpneu.cz/web/?p=clanky/typy-pneumatik/>
- [9] MARCÍN, Jiří. Příprava gumárenských směsí. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1961, 138 s.
- [10] Rainforest alliance. [Online]. [Cit. 2013-03-17]. Dostupné z: <http://www.rainforest-alliance.org/kids/species-profiles/rubber-tree>
- [11] ŠPAČEK, Josef. *Technologie gumárenská a plastikářská II*. 2. nezměň.vyd. Brno: VUT, 1987, 200 s

- [12] PITUCHA, Emanuel. *Pneumatiky: výroba, údržba, opravy*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1961, 251 s.
- [13] STOKLASA, K. Makromolekulární chemie I. Interní studijní materiály UTB Zlín.
- [14] KUDELA, František. *Pneumatiky: údržba, plánovanie, prémiovanie*. 1. vyd. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, 1962, 287s
- [15] Autolexicon. [Online]. [Cit. 2013-03-20]. Dostupné z:  
<<http://cs.autolexicon.net/>>
- [16] DUCHÁČEK, Vratislav a Zdeněk HRDLIČKA. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. Vyd. 4., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2009, 199 s. ISBN 978-80-7080-713-2.
- [17] Ft.utb.cz. MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie: Směsi* [Online]. [Cit. 2013-01-25]. <Dostupné z: [http://web.ft.utb.cz/cs/docs/4\\_smesi.pdf](http://web.ft.utb.cz/cs/docs/4_smesi.pdf) >
- [18] PROKOP, Štefan, Ladislav VÁRKOLY, Anton KUČMA, Štefan ĎURIŠ, Elena FEDOROVÁ, Anna MATUŠČINOVÁ a Jaroslav MICHÁLEK. *Gumárska technológia 1*. 1. vyd. Žilinská univerzita v Žilíně: EDIS, 1998. ISBN 80-7100-483-9.
- [19] GREPLOVÁ, Kristýna. *PNEUMATIKA JAKO ROZHODUJÍCÍ PRVEK PODVOZKU ZÁVODNÍHO AUTOMOBILU*. Brno, 2007. Dostupné z:  
[http://old.uk.fme.vutbr.cz/zobraz\\_souborace9.pdf?id=245](http://old.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_souborace9.pdf?id=245). Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. FRANTIŠEK PRAŽÁK, Ph.D.
- [20] Autoweb. [Online]. [Cit. 2013-04-05]. Dostupné z:  
<<http://www.autoweb.cz/> >
- [21] Cermi: *Kurz bezpečné jazdy*. [Online]. [Cit. 2013-04-10]. Dostupné z:  
<<http://www.cermi.net/clanky/veda-technika/kurz-bezpecne-jizdy.html> >
- [22] Pneu asistent: *Bezpecnost silnicniho provozu*. [Online]. [Cit. 2013-04-12].  
Dostupné z:  
<<http://www.pneu-asistent.cz/Bezpecnost-silnicniho-provozu.html>>
- [23] Pneunn: *Pneumatika - technické informace*. [Online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z:  
<<http://www.pneucentrumnn.cz/odborna-poradna.asp> >

[24] Dopravně informační portál: Škola smyku-*Výzva řidičům*. [Online]. [Cit. 2013-05-05].  
Dostupné z:

<<http://www.doipo.cz/aktuality/vyzva-ridicum-nehazardujte-se-zivoty-na-letnich-pneumatikach/>>

[25] Firststop: *Pneumatiky: Tam, kde se vozidlo dotýká vozovky*. [Online].  
[Cit. 2013-05-17]. Dostupné z:

<<http://www.firststop.cz/cms/bezpe%C4%8Dnost-pneumatik.html>>

[26] General tire: TRiple TRaction TRead. [Online]. [Cit. 2013-05-17]. Dostupné z:

<[http://www.conti-online.com/generator/www/ca/en/generaltire/automobile/themes/lt\\_suv/all\\_terrain/ameritrac\\_tr/tread\\_article\\_en.html](http://www.conti-online.com/generator/www/ca/en/generaltire/automobile/themes/lt_suv/all_terrain/ameritrac_tr/tread_article_en.html)>

[27] Mpneu: *Rozdělení typů dezénů a segmentace pneumatik*. [Online]. [Cit. 2013-05-20].  
<Dostupné z: <http://www.mpneu.cz/typypneumatik> >

[28] Pneumatiky: *Zimní pneumatiky*. [Online]. [Cit. 2013-05-22]. Dostupné z:  
<<http://www.pneumatiky.cz/info/zimni-pneumatiky.html> >

[29] Michelin: *Aquaplaning představuje veliké nebezpečí, které není vidět*. [online].  
[cit. 2013-05-22]. Dostupné z:

<<http://www.michelin.cz/auto-pneu/informace-doporuceni/pruvodce-udrzbou-pneumatik/Aquaplaning>>

[30] Zbynekmlcoch: *Aquaplaning*. [Online]. [Cit. 2013-05-25]. Dostupné z:  
<<http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/automobily-motocykly/aquaplaning-definice-pricina-jak-reagovat-co-delat-pri-aquaplaningu> >

[31] Česká televize: *Za řadu nehod může špatný stav pneumatik*. [Online].

[Cit. 2013-05-26]. Dostupné z:

<<http://www.ceskatelevize.cz/zpravodajstvi-brno/zpravy/200568-za-radu-nehod-muze-spatny-stav-pneumatik/> >

[32] Autorevue: *Bezvzduchové pneumatiky*. Budoucnost?. [Online]. [Cit. 2013-05-27]. Dostupné z:

<<http://www.autorevue.cz/bezvzduchove-pneumatiky-budoucnost> >

[33] Offroadforum: *Tweels (bezvzdušná pneumatika)*. [Online]. [Cit. 2013-05-27]. Dostupné z:

<<http://www.offroadforum.cz/viewtopic.php?f=75&t=66152>>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

BR	Butadienový kaučuk.
SBR	Butadienstyrenový kaučuk.
IR	Izoprenový kaučuk.
IIR	Butyl kaučuk.
NR	Přírodní kaučuk.
ISAF	Saze intermediální s velmi vysokou odolností proti obrušování.
SAF	Saze s velmi vysokou odolností proti obrušování.
HAF	Retortové saze s dobrou odolností proti obrušování.
CBS	Sulfenax® CBS je primární, rychlý sulfenamidový urychlovač vulkanizace kaučuků.
DPG	Aktivátor sirmé vulkanizace Dyfenyguanidin.
CTP	n-(cyklohexylthio)ftalimid je retardér vulkanizace pro přírodní a syntetické kaučuky.
s	Skluz.
v	Rychlost.
$v_o$	Obvodová rychlost kola.
$\sin \theta$	úhel valícího se kola s jeho rovinnou.
$f_k$	Součinitel valivého odporu.
$\omega$	Kruhová rychlost kola ve skluzu.
$\omega_0$	Kruhová rychlost kola, které se volně valí.
$\mu$	Tření.
T	Teplota.
$\eta_T$	Změna teploty.
$\eta_0$	Viskozita maziva při referenční teplotě.
$a_T$	Posuvný faktor.
D	Délka.



h	Výška.
t	Čas.
$\eta$	Viskozita.
F	Síla.
LI	Index nosnosti (Load Index).
SS	Index rychlost (Speed Symbol).
SUV	Sportovní užitkové vozidlo (Sport utility vehicle).

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Proces výroby pneumatik [5].....	13
Obr. 2. Struktura pláště (jednotlivé vrstvy) [6].....	14
Obr. 3. Diagonální pneumatika [7]. .....	15
Obr. 4. Radiální pneumatika [7]. .....	15
Obr. 5. 1 – plášť pneumatiky, 2 – duše, 3 – ráfek, 4 – ventil, 5 – vložka [8]. .....	16
Obr. 6. Hevea brasiliensis [10]. .....	20
Obr. 7. Kordová tkanina [15].....	24
Obr. 8. Korunní kordová vrstva (nárazník) [15]. .....	25
Obr. 9. Běhoun [15]. .....	26
Obr. 10. Ukázka nedotáčivého smyku [21]. .....	32
Obr. 11. Ukázka přetáčivého smyku [21]. .....	33
Obr. 12. Skluz vs. koeficient tření [19].....	34
Obr. 13. Brzdná dráha z 60 km/h na 0 km/h, při použití letních a zimních.....	37
Obr. 14. Brzdná dráha na asfaltu z 80 km/h na 20 km/h, při použití pneumatik s různou hloubkou dezénu [25]. .....	38
Obr. 15. Značení pneumatik [23]. .....	38
Obr. 16. Triple Traction Tread [26]. .....	40
Obr. 17. Způsob ojetí dezénu při podhuštění a přehuštění pneumatiky [15]. .....	41
Obr. 18. Směrový dezén vlevo letní, vpravo zimní pneu [27]. .....	41
Obr. 19. Symetrický dezén letní vlevo letní, vpravo zimní pneu [27]. .....	42
Obr. 20. Asymetrický dezén letní vlevo letní, vpravo zimní pneu [27]. .....	42
Obr. 21. Ukázka jemného lamelování zimních pneu oproti letním [28]. .....	43
Obr. 22. Vznik aquaplaningu, při různé rychlosti [30]. .....	44
Obr. 23. Kontaktní plocha pneumatiky.....	44
Obr. 24. Škoda Felicia – pneu Domin zimní směs (165/70/R13).....	45
Obr. 25. Škoda Octavia – pneu Continental, letní směs (195/65/R15).....	45
Obr. 26. Škoda Octavia – pneu Goodyear, letní směs (205/55R15).....	45
Obr. 27. Škoda Octavia – pneu Continental, letní směs (195/65R15).....	46
Obr. 28. Ford Focus – pneu Continental, letní směs (225/50R17). .....	46
Obr. 29. Kia Sportage - pneu Hankook, letní směs (235/55R18). .....	46
Obr. 30. Škoda Octavia – pneu Goodyer, zimní směs (205/55H16). .....	47
Obr. 31. Ukázka sjetého dezénu. Extrémně špatný stav pneumatiky. ....	47

---

Obr. 32. Ukázka sjetého dezénu – pneu Continental, letní směs (445/45R19,5). .....	47
Obr. 33. Ukázka letního dezénu (vlevo) a zimního dezénu u nové pneumatiky Continental. ....	48
Obr. 34. Alternativní pneumatika [33]......	49

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Příspěvky do směsí pro běhouny z přírodního a syntetického kaučuku [12]. .....	27
Tab. 2. Složení běhounových směsí pro letní a zimní pneumatiky [18].....	28
Tab. 3. Součinitel valivého odporu pro různé povrchy vozovek [19]. .....	31
Tab. 4. Klasifikace povrchu vozovky [4]. .....	35
Tab. 5. Reakční, brzdná dráha a dráha k zastavení,.....	36
Tab. 6. Příklady Indexu nosnosti [23].....	39
Tab. 7. Indexy rychlosti [23]. .....	39