



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

## ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

# VLIV HLOUBKY DEZÉNOVÉ DRÁŽKY NA DOSAŽITELNÉ ZPOMALENÍ VOZIDLA

INFLUENCE OF TREAD GROOVES DEPTH ON ACHIEVABLE VEHICLE  
DECELERATION

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Barbora Kejíková

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

BRNO 2016

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2015/16

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Barbora Kejíková

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Expertní inženýrství v dopravě (3917T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Vliv hloubky dezénové drážky na dosažitelné zpomalení vozidla**

v anglickém jazyce:

### **Influence of tread grooves depth on achievable vehicle deceleration**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je zjištění závislosti dosažitelného zpomalení na suchém a mokřém povrchu v závislosti na hloubce dezénové drážky, zejména s ohledem na předepsanou hodnotu 1,6 mm.

Cíle diplomové práce:

1. Rešerše dostupné české a zahraniční literatury k danému tématu.
2. Příprava experimentální části práce, tj. provedení brzdných zkoušek vozidla s ABS a bez ABS, s pneumatikami s různou hloubkou dezénové drážky (od extrémně opotřebené pneumatiky, až po pneumatiku s hloubkou dezénu nad 1,6 mm) - tedy zajištění testovacího vozidla, prostoru (různé povrchy v různé kondici), pneumatik, měřicí techniky, techniky pro výměnu pneumatik.
3. Realizace měření.
4. Vyhodnocení výsledků.
5. Formulace závěrů, popř. doporučení. Součástí bude také prezentace pro cca hodinovou přednášku na dané téma.

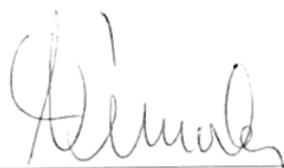
Seznam odborné literatury:

Internetové zdroje, vědecké databáze, odborné časopisy, sborníky vědeckých konferencí

Vedoucí diplomové práce: Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 6. 10. 2015



---

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.  
ředitel vysokoškolského ústavu



### ***Abstrakt***

Práce je věnována pneumatikám osobních automobilů. Teoretická část zahrnuje popis výroby, konstrukce a parametrů pneumatik. Praktická část je tvořena experimentálním měřením, jehož cílem je zjistit vliv hloubky dezénu na brzdné zpomalení vozidla. Nejprve se zaměřuje na přípravu podmínek měření, s následným zpracováním a vyhodnocením získaných dat.

### ***Abstract***

This thesis is devoted on passenger car tyres. Theoretical part covers description of production, construction and tyre parameters. Practical part is comprised experimental measurement of influence of tread grooves depth on achievable vehicle deceleration. First, it is focused on preparation conditions of measurement, with subsequent processing and evaluation of the data obtained.

### ***Klíčová slova***

Pneumatika, gumárenská směs, hloubka dezénu, brzdná dráha, brzdné zpomalení.

### ***Keywords***

Tyre, rubber compounds, tread grooves depth, breaking distance, braking deceleration.

***Bibliografická citace***

KEJÍKOVÁ, B. *Vliv hloubky dezénové drážky na dosažitelné zpomalení vozidla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2016. 60 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Albert Bradáč, Ph.D.

***Prohlášení***

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27.5.2016

.....

podpis diplomanta

## ***Poděkování***

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Albertu Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení této diplomové práce a za pomoc i věcné rady při jejím zpracování.

Dále děkuji společnosti DEKRA CZ a.s., panu Ing. Liboru Budinovi a ostatním zaměstnancům, kteří mi umožnili realizaci experimentálního měření na autodromu ve Vysokém Mýtě. Poděkování patří také České pojišťovně a.s. za finanční příspěvek použitý na přípravu měření a panu Miloši Laštůvkovi za přezutí a vyvážení kol.

Na závěr děkuji celé své rodině a přátelům za pomoc s přípravou a realizací experimentálního měření, především pak rodičům za jejich podporu a trpělivost během celého studia.

## **OBSAH**

0 ÚVOD.....	11
1 PNEUMATIKY .....	12
1.1 Historie pneumatik .....	12
1.2 Výroba pneumatik .....	13
1.2.1 Gumárenská směs .....	13
1.2.2 Výrobní proces .....	17
1.3 Funkce pneumatik .....	19
1.4 Konstrukce pneumatik.....	20
1.4.1 Základní konstrukční části.....	20
1.4.2 Druhy pneumatik .....	22
1.4.3 Základní rozměry a značení pneumatik.....	24
1.5 Vliv pneumatik na bezpečnost provozu .....	25
1.5.1 Adhezni vlastnosti pneumatik .....	25
1.5.2 Hloubka dezénu .....	25
1.5.3 Huštění pneumatik.....	28
1.5.4 Opatřebení a vady pneumatik.....	28
1.5.5 Životnost.....	29
1.6 Inovativní technologie v oblasti pneumatik .....	29
1.6.1 RFT.....	29
1.6.2 PAX .....	30
1.6.3 Tweel .....	30
1.6.4 ContiSeal .....	31
1.6.5 ContiSilent.....	31
1.6.6 Discolor Tyre.....	31
1.6.7 EverGrip .....	32
1.6.8 Hakkapeliitta.....	32



2	PŘÍPRAVA EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ.....	33
2.1	Testovací vozidlo.....	33
2.2	Testované pneumatiky .....	33
2.3	Místo měření.....	34
2.4	Měřicí přístroje .....	35
2.4.1	Racelogic Performance Box .....	35
2.4.2	XL Meter .....	36
2.5	Ostatní pomůcky.....	37
2.5.1	Poloautomatická zouvačka Starline – GV ST011 .....	37
2.5.2	Poloautomatická vyvažovačka Starline – GV ST025.....	37
2.5.3	Hloubkoměr .....	38
2.5.4	Kompresor a tlakoměr .....	38
2.5.5	Hydraulický zvedák a montážní příslušenství .....	38
2.5.6	Záznamová zařízení .....	38
3	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ .....	39
3.1	Průběh měření.....	39
3.2	Měření na letních pneumatikách .....	40
3.2.1	Měření na mokřém asfaltovém povrchu a kluzné ploše .....	40
3.2.2	Měření na suchém povrchu.....	40
3.3	Měření na zimních pneumatikách .....	41
3.3.1	Měření na mokřém asfaltovém povrchu a kluzné ploše .....	41
3.3.2	Měření na sněhu .....	42
4	ANALÝZA VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ .....	43
5	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT .....	45
5.1	Obecný postup analýzy.....	45
5.2	Postup analýzy u konkrétního měření .....	46
5.2.1	Hloubka pivotu .....	46

5.2.2	Parametry pro analýzu brzdě dráhy .....	46
6	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ .....	48
6.1	Výsledky měření na letních pneumatikách.....	48
6.2	Výsledky měření na zimních pneumatikách.....	50
7	ZÁVĚR .....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	58
	SEZNAM TABULEK .....	59
	SEZNAM GRAFŮ .....	59
	SEZNAM PŘÍLOH .....	60

## 0 ÚVOD

V České republice patří osobní automobily k nejčastěji využívaným dopravním prostředkům a tvoří více než 70 % všech registrovaných motorových vozidel.

Na vozidla jsou z pohledu jejich uživatelů kladeny vysoké nároky, zejména na bezpečnost a výkonnost. Jinak by tomu nemělo být ani v případě pneumatik, které jsou jedinou kontaktní částí vozidla s povrchem vozovky a musí tak splňovat požadavky na ně kladené. Někteří řidiči však tuto skutečnost opomíjí a to může mít i fatální následky, nejen pro ně samotné, ale i pro ostatní účastníky silničního provozu.

Důležitý je tedy správný výběr pneumatik, jejich rozměru a typu. Dále je třeba věnovat pozornost i jejich vlastnostem a stáří. V dnešní době jsou volně k dispozici výsledky testů různých pneumatik, uvedených v motoristických časopisech a na internetových stránkách. Jedná se však o testy nových pneumatik. Jaké jízdní vlastnosti si pneumatika uchovává po ujetí pár tisíců kilometrů a uplynutí několika měsíců, to ví pouze výrobce.

Cílem této práce je zjistit, jaký vliv má hloubka dezénu na dosažitelné zpomalení vozidla, respektive na délku brzdné dráhy. Ta bude zjišťována pomocí experimentálního měření, které bude realizováno na letních i zimních pneumatikách a na různých typech povrchu.

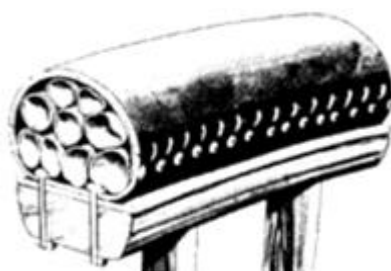
# 1 PNEUMATIKY

Pneumatika je nedílnou součástí vozidlových kol, která je elastická a naplněná vzduchem. Jde o uzavřený prstenec, v geometrii nazývaný jako toroid. Z pohledu chemie se jedná o celek, tvořený různorodou směsí materiálů, které mají odlišné vlastnosti. [1]

## 1.1 HISTORIE PNEUMATIK

Prvopočátky vývoje pneumatik sahají téměř 200 let zpátky do minulosti. V té době byly za pneumatiky považovány pásy umístěné po okrajích dřevěných kol. Dřevěná kola však bránila vývoji v automobilovém průmyslu, kde byl kladen důraz na zvýšení rychlosti a průjezdnosti automobilu. [2]

V roce 1845 získal první patent na vynález pneumatiky Robert William Thomson ze Skotska, který jako první vytvořil pneumatiku s duší. Jeho vynález tvořilo několik hadic, které byly nafouknuté vzduchem a omotané kolem dřevěné obruče. V té době jeho vynález předběhnul dobu a nedošlo k jeho praktickému využití. [2]



Obrázek 1: Pneumatika podle R. W. Thomsona [2]

O několik let později, v roce 1888, přišel s obdobným nápadem i John Boyd Dunlop. Jeho vynález se ujal při výrobě jízdních kol a poté došlo k rozvoji do ostatních průmyslových odvětví po celém světě. [2]

V roce 1891 přispěli k rozvoji pneumatik bratři, André a Eduard, Michelinové, kteří pneumatiku přišroubovali k ráfku, ale v té době sklidili vlnu kritiky. [2]

Roku 1892 si nechal patentovat vynález kordových tkanin John Frederick Palmer. [2]

V roce 1896 byla vyrobena první automobilová pneumatika značky Michelin. [2]

Dalším významným patentem přispěla do historie pneumatik americká firma BF Goodrich, která si nechala patentovat první bezdušové pneumatiky. [2]

V roce 1904 uvedla firma Continental na trh pneumatiky s plochým běhounem, který byl o rok později opatřen vzorkem za účelem zlepšení jízdních vlastností. [2]

O několik let později se začala firma Michelin zabývat výrobou pneumatik s radiální konstrukcí, k jejichž rozmachu došlo až po roce 1962. [2]

Na počátku 20. století se na výrobě automobilových pneumatiky podílely čtyři firmy a to Dunlop v Anglii, Michelin ve Francii, BF Goodrich v USA a Continental v Německu.

S technickou revolucí následoval výrazný rozvoj technologických postupů a materiálů, které jsou v gumárenském průmyslu používány a neustále zdokonalovány.

V České republice byl průkopníkem gumárenského průmyslu Tomáš Baťa, když jeho společnost začala v roce 1934 vyrábět a prodávat první pneumatiky. V roce 1945 se jeho firma společně s firmami Rubena a Matador slučují, vzniká nová firma Barum. Dnes je Barum součástí koncernu Continental Barum s.r.o. [3]

## **1.2 VÝROBA PNEUMATIK**

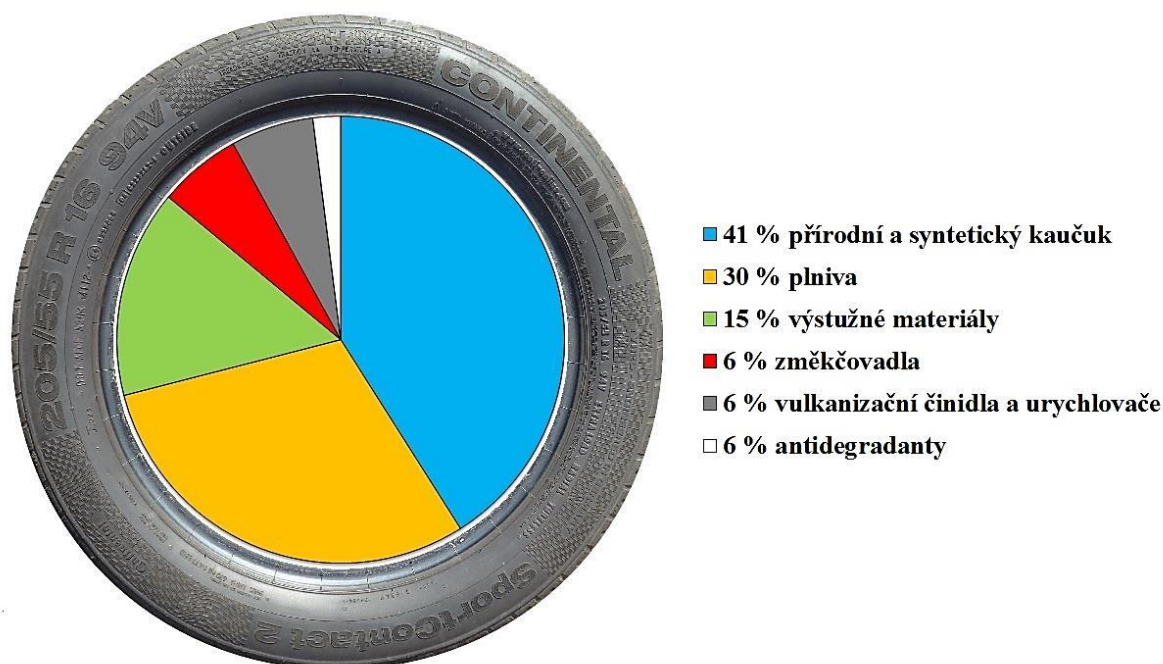
Výroba pneumatik je složitým technologickým procesem. Než se však pneumatiky stanou součástí sériové produkce, musí být navržen a zkonstruován jejich prototyp. Ten pak prochází náročným testováním ve zkušebnách a jízdními zkouškami. Důraz je kladen jak na kvalitu výrobních surovin, tak i na výrobní postup a dodržování parametrů, které jej ovlivňují.

Návrh nové pneumatiky je velmi náročný, vyžaduje znalost materiálů i to, jak jejich použití může ovlivnit její výsledné fyzikálně-mechanické vlastnosti. Kvalita návrhu má dopad na brzdění na mokřém povrchu, hmotnost pneumatiky, jízdní komfort, směrovou stabilitu, vznik aquaplaningu a životnost.

### **1.2.1 Gumárenská směs**

Výrobní směs sestává z několika surovin, jejichž poměrové složení se odvíjí v závislosti na dosažení nízkých nákladů na materiál, jeho zpracovatelnosti a požadovaných vlastnostech. Z důvodu konkurenceschopnosti si tedy každý výrobce chrání své vlastní proporcionální složení gumárenské směsi.

Hlavními složkami, které tvoří gumárenskou směs, jsou kaučuky a plniva. Dále směs obsahuje výstužné materiály, změkčovadla, vulkanizační činidla, vulkanizační urychlovače a antidegradanty. [4]



Obrázek 2: Složení gumárenské směsi na výrobu pneumatik [31]

### 1.2.1.1 Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk (NR) je obsažen v mléčně zbarvené míze kaučukovníku brazilského (*havea brasiliensis*), označované jako latex. Z něj se získává pomocí odpaření vody, vymrazení nebo vysrážení. K vysrážení lze použít kyselinou mravenčí nebo octovou. Takto získaný kaučuk se pere ve vodě a dále zpracovává. [4]

Zpracovaný kaučuk se rozděluje na:

- uzený kaučuk (RSS), sušený horkým kouřem,
- světlá krepa,
- standartní kaučuk. [4]

Mezi největší producenty patří země Asie a Afriky, např. Indonésie, Malajsie, Thajsko, Vietnam, Kamerun, Ghana nebo Pobřeží slonoviny. [1]

### **1.2.1.2 Syntetický kaučuk**

Na výrobu pneumatik se používají syntetické kaučuky určené k všeobecnému použití. Vyznačují se dobrou odolností vůči otěru, vysokou pevností a také pružností. Nejsou však odolné proti stárnutí, proto je nutné do výrobní směsi přidávat antidegradanty. [4]

Lze použít 3 druhy syntetických kaučuků:

- butadien-styrenový kaučuk (SBR), zlepšující adhezní vlastnosti a otěruvzdornost,
- butadienový kaučuk (BR), zvyšující odolnost při nízkých teplotách a elasticitu,
- isoprenový kaučuk (IR), zlepšující adhezní vlastnosti při nízkých teplotách za mokra. [4]

Mimo výše zmíněných druhů kaučuků se do směsi přidávají i speciální syntetické kaučuky. Ty dodávají směsi vlastnosti, kterých pouhým použitím všeobecných kaučuků nelze dosáhnout. [4]

Do speciálních kaučuků patří:

- butylkaučuk (IIR), snižující propustnost plynů,
- ethylen-propylenový kaučuk (EPM, EPDM), odolný proti ozonu,
- butadien-akrylonitrilový kaučuk (NBR), zvyšující odolnost vůči olejům a rozpouštědlům. [4]

### **1.2.1.3 Plniva**

Druhou nejvýznamnější složkou gumárenské směsi jsou plniva, která ovlivňují cenu, vlastnosti a zpracovatelnost směsi. Plniva jsou do směsi přidávána za účelem ztužení. Jako plniva se využívají saze a minerální plniva. [5]

Saze jsou důležitým plnivem, které se vyrábí spalováním organických látek. Určují barvu pneumatiky. Černá barva absorbuje světelné paprsky a zároveň chrání před degradací. [5]

Minerální plniva jsou různého chemického složení, proto mají i rozdílný ztužující účinek. Mezi minerální plniva patří srážený oxid křemičitý (silika), který zlepšuje dynamické vlastnosti – snižuje valivý odpor, ovlivňuje chování za mokra a na sněhu. Ke zvýšení odolnosti proti stárnutí a teplotním změnám se využívá kaolin. Jako další minerální plniva lze

do směsi aplikovat uhličitán vápenatý (křída), mastek, aluminium trihydrát, nanoplniva nebo jiná speciální plniva. [5]

#### **1.2.1.4 Výstužné materiály**

Výstužné materiály plní ochrannou funkci v kostře, nárazníku a patce pláště pneumatiky. Jako výztuže slouží textilní a ocelové kordy. [6]

V dnešní době se do pneumatik dávají textilní kordy z polyesteru. K přechodu na polyesterová vlákna došlo proto, že jsou odolná proti chemickým vlivům, mají vysokou pevnost v tahu a jsou rozměrově i teplotně stabilní. Dříve se používala bavlněná, polyamidová nebo aramidová vlákna. [6]

Ocelové kordy jsou tvořeny spletenými nerezovými dráty malého průměru. Jejich hlavní výhodou je korozivzdornost, rozměrová stálost, vysoká pevnost a tepelná odolnost. Obvykle jsou součástí nárazníku pneumatiky. U vysoce zatěžovaných pneumatik jsou umístěny v kostře. V patce pláště pneumatiky jsou pak použity ocelové dráty většího průměru. [6]

#### **1.2.1.5 Změkčovadla**

Změkčovadla se do gumárenské směsi přidávají za účelem zvýšení poddajnosti, lepkavosti a usnadnění deformace. Snižují také vnitřní tření směsi a tím i energii potřebnou k jejímu zpracování. Mezi změkčovadla přidávaná do směsi patří minerální oleje, parafíny, pryskyřice nebo faktisy. [5]

#### **1.2.1.6 Vulkanizační činidla**

Vulkanizační činidla jsou látky, které pojí směs chemickými vazbami. Jde o tzv. síťování (vulkanizaci), ke kterému dojde během zahřívání směsi s přídatkem činidla po určitou dobu. [5]

K vulkanizaci se nejčastěji používá síra. U některých druhů kaučukových směsí je nutné proces síťování provést pomocí peroxidu. Při vulkanizaci speciálních kaučuků se pak využívají oxidy kovů a v některých případech i pryskyřice. [5]



### **1.2.1.7 Vulkanizační urychlovače**

Vulkanizace je pomalý, tedy i časově náročný proces. Proto se do směsi přidávají látky, které celý proces urychlí a zároveň zvýší účinnost zasíťování. Jako urychlovače slouží mnoho organických sloučenin, které lze kombinovat. Jejich kombinací se dá docílit požadované rychlosti vulkanizace. [5]

### **1.2.1.8 Antidegradanty**

Během stárnutí směsi dochází ke změnám vlastností ve struktuře. To je způsobeno i tepelným a dynamickým namáháním, které vede k porušení vazeb, únavě a popraskání. Stárnutí lze zpomalit pomocí antidegradantů, které se dále dělí na antioxidanty a antiozonanty. [5]

## **1.2.2 Výrobní proces**

Výroba pneumatik v sobě zahrnuje několik složitých technologických procesů, které na sebe vzájemně navazují. Cílem je produkce pneumatik požadovaných parametrů a vlastností. Vyrobene pneumatiky jsou v konečné fázi podrobeny kontrole.

### **1.2.2.1 Míchání**

Míchání je jedním z nejdůležitějších procesů výroby, při kterém dochází k mísení základních surovin v hnětacím stroji. Příprava směsi je rozdělena do několika fází, během kterých se postupně smíchávají jednotlivé suroviny při stanoveném teplotním režimu. [7]

V první fázi probíhá mísení kaučuků s plnivem při teplotě 150 °C. V další fázi se pracovní teplota snižuje, do základové směsi se přidávají antidegradanty a změkčovadla. Pak se proces míchání dostává do finální fáze, během které se do směsi vmíchávají vulkanizační činidla a urychlovače. Pracovní teplota poslední fáze se pohybuje okolo 100 °C. [8]

Pro proces míchání je důležité, aby rozložení daných surovin ve směsi bylo stejnoměrné. Tím je ovlivněno následné zpracování směsi, vlastnosti vyrobených pneumatik i ekonomičnost výroby. [7]

### **1.2.2.2 Vytlačování**

Po vymíchání požadované směsi následuje vytlačování polotovaru. Jedná se o proces tváření běhounu, bočnice a vnitřní vrstvy pneumatiky pomocí vytlačovací šablony. Tato šablona bývá opatřena speciálním sítem, které ze směsi odstraňuje nečistoty a nezpracované suroviny. [8]

Tento proces se řídí vytlačovacím předpisem, který stanovuje úsekovou hmotnost polotovaru. V případě, že dochází k hmotnostním odchylkám, musí obsluha regulovat otáčky vytlačovacího stroje. [8]

Poté se polotovar mechanicky rozdělí na elementy požadovaných rozměrů, u kterých se ještě provádí opětovná kontrola hmotnosti. [8]

### **1.2.2.3 Válcování**

Proces válcování probíhá na strojích, které se nazývají kalandry. Tyto stroje se využívají k nanášení gumárenské směsi na výstužné materiály. [7]

Kalandry jsou stroje se dvěma až čtyřmi válci, jejichž vzájemná vzdálenost je variabilní a lze tedy přesně nastavit velikost průchozí štěrbin. [7]

Pogumovaný výstužný materiál se ihned mechanickým dělením, řezáním nebo stříháním připravuje v potřebných rozměrech ke konfekci pneumatik. [8]

### **1.2.2.4 Konfekce**

Konfekce je nejnáročnější částí výrobního procesu, při které dochází ke kompletaci jednotlivých polotovarů. Jejich vzájemným spojením se vytvoří surová pneumatika. [8]

Konfekce obvykle probíhá dvoustupňovou technologií. Během prvního stupně se na konfekční buben navíjí vnitřní vrstva, kordy, patní lana a nakonec jsou položeny bočnice. Výstupem první fáze je kompletní kostra pláště. V druhém stupni je na buben navinut nárazník a běhoun, vzniká prstenec. Poté dochází ke spojení kostry pláště a nárazníkového prstence v jeden celek. [6]

Takto připravená surová pneumatika se dostává do závěrečné fáze výrobního procesu.

#### **1.2.2.5 Lisování a vulkanizace**

Na závěr se surová pneumatika vloží do vulkanizačního lisu, v němž pneumatika získá svoji finální podobu a především požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti. [6]

Lisování a vulkanizace probíhá dohromady, jde o tváření pneumatiky teplem a tlakem. Surová pneumatika se uloží do tvárnice lisu, která vytvoří výsledný tvar dezénu a pláště. Působením tepla pak dochází k chemickým procesům uvnitř pneumatiky, které mění plasticitu pneumatiky na elasticitu. Vulkanizace dodává pneumatice vlastnosti požadované pro její užitnou hodnotu, zejména pak tažnost, tvrdost, odolnost vůči opotřebení a dalším působícím vlivům. [6]

#### **1.2.2.6 Kontrola kvality**

Výrobní proces končí kontrolou kvality. Ta probíhá nejprve důkladnou vizuální kontrolou, při které se zjišťují viditelné nedostatky. Poté se provádí kontrola rentgenem a kontrola nevyváženosti, při nichž lze odhalit nedostatky uvnitř pláště. [8]

Speciálním typem kontroly pláštěů je test uniformity, který simuluje použití pneumatiky na vozidle. Zjišťují se silové a geometrické nerovnoměrnosti (kolísání radiálních a bočních sil, vibrace, boule). [8]

Po skončení kontroly je pneumatika expedována k cílovému uživateli.

### **1.3 FUNKCE PNEUMATIK**

Pneumatiky jsou jako jediná část vozidla ve stálém styku s vozovkou. Z tohoto důvodu jsou na ně kladeny vysoké nároky, které zajišťují bezpečnost i hospodárnost provozu nebo také pohodlí posádky ve vozidle. [9]

Všechny funkce, které musí pneumatiky plnit, ovlivňuje správné huštění.

#### **1.3.1.1 Vedení směru**

Jednou z funkcí pneumatik je zajistit vedení vozidla požadovaným směrem, bez ohledu na aktuální klimatické podmínky a stav povrchu vozovky. S tímto požadavkem úzce souvisí také směrová stabilita vozidla, kterou ovlivňuje i huštění pneumatik. [9]

### **1.3.1.2 Nesení zátěže**

Pneumatiky jsou nosným prvkem vozidla, který vytváří oporu při jízdě i stání. Během akcelerace, popř. decelerace odolávají značnému přesunu zátěže. [9]

### **1.3.1.3 Tlumení**

Jedním z prvků tlumicí soustavy jsou také pneumatiky. Jejich elastické vlastnosti umožňují pohlcovat nárazy, které vznikají při přejíždění nerovností na vozovce. Správné huštění pak ovlivňuje stupeň jízdního komfortu. [9]

### **1.3.1.4 Valivý pohyb**

Valení umožňuje pohyb vozidla. Čím nižší je odpor valení, tím rovnoměrnější a hospodárnější je jízda. [9]

### **1.3.1.5 Přenos sil**

K přenosu sil dochází ve stykové ploše pneumatiky a vozovkou. Efektivnost přenosu podélných a bočních sil závisí na adhezních vlastnostech, tvaru a velikosti styčné plochy. [9]

### **1.3.1.6 Životnost**

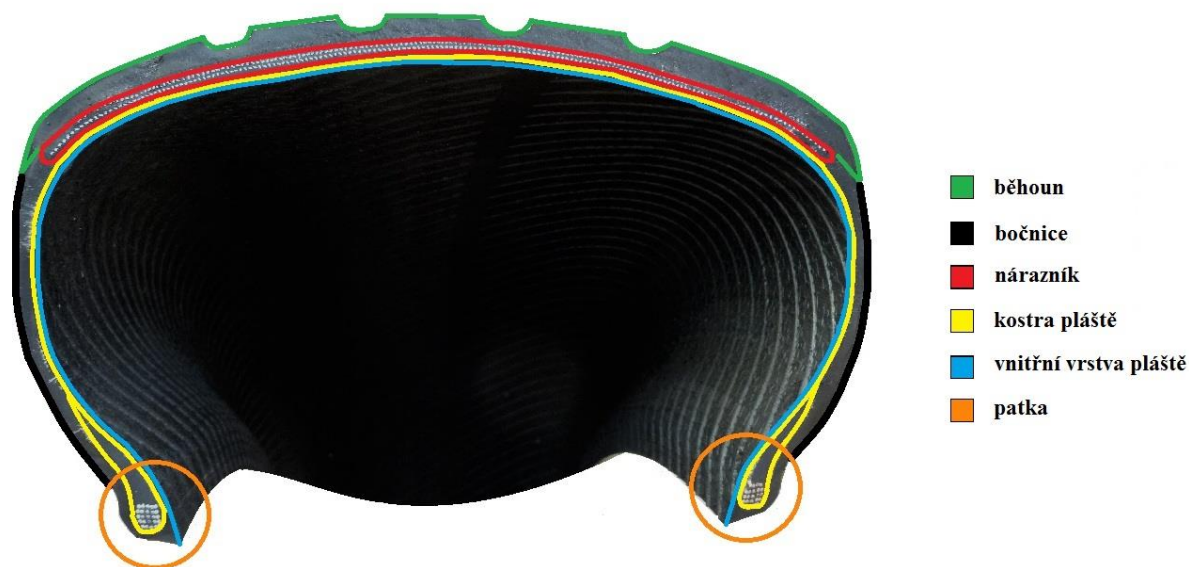
Životnost pneumatik souvisí se zachováním jejich inherentních vlastností, které mohou ovlivnit i výše popsané funkce. [9]

## **1.4 KONSTRUKCE PNEUMATIK**

### **1.4.1 Základní konstrukční části**

Pneumatika je souhrnný název pro plášť s duší, ochrannou vložku a ventil. V dnešní době se u osobních automobilů setkáváme pouze s bezdušovými pneumatikami, které nemají duši ani ochrannou vložku. [9]

Pláštěm se rozumí pružná vnější část pneumatiky, která je ve stálém styku s vozovkou a svou patní částí dosedá na ráfek. Plášť je vytvořen z následujících částí. [9]



Obrázek 3: Základní konstrukční části pneumatiky [31]

#### 1.4.1.1 Běhoun

Část pneumatiky, která je ve stálém kontaktu s vozovkou, se nazývá běhoun. Funkcí běhounu je chránit kostru pneumatiky před nepříznivými vlivy a mechanickým poškozením, dále pak musí zajistit přenos sil a odvod tepla. [9]

Vnější strana běhounu je opatřena drážkami a lamelami, tvořící dezén pneumatiky. Podélné drážky zajišťují přenos bočních sil a tím ovlivňují směrovou stabilitu. Naopak příčné drážky slouží k přenosu hnacích sil. Hlavním úkolem dezénu je dostatečný odvod vody ze stopy, aby nedocházelo ke vzniku aquaplaningu. [9]

#### 1.4.1.2 Nárazník

Přechodová vrstva mezi běhounem a kostrou pláště, která tlumí rázy, se nazývá nárazník. Slouží ke zvýšení odolnosti proti průrazu a také ke stabilizaci běhounu v obvodovém směru. [9]

Nárazník je tvořen pogumovaným výstužným materiálem, který je minimálně ve dvou vrstvách a pod střídavým úhlem 15 – 20°. [9]

#### 1.4.1.3 Kostra pláště

Nosnou částí pneumatiky je kostra. Určuje důležité parametry pneumatiky, především nosnost a jízdní vlastnosti. [9]

Kostra pláště je tvořena kordovými výztužemi, které jsou zakotveny kolem patních lan. Podle směrového uspořádání těchto výztuží se pneumatiky rozdělují na diagonální, radiální a smíšené. [9]

U osobních automobilů se výhradně používají radiální pneumatiky, jejichž kordové výztuže jsou uspořádány pod úhlem kolmým ke směru pohybu pneumatiky. Předností tohoto uspořádání je lepší adheze a schopnost přenosu bočních sil, méně se opotřebovávají a mají menší valivý odpor. Naopak nevýhodou je jejich choulostivost na huštění a hlučnost při jízdě po nerovnostech. [9]

#### ***1.4.1.4 Bočnice***

Ochranná vrstva, která chrání boční část kostry pláště a spojuje běhoun s patkami pneumatiky, se nazývá bočnice. Musí odolávat dynamickému i tepelnému namáhání. [9]

#### ***1.4.1.5 Patka***

Patka je zesílená část pláště, která slouží k utěsnění vzduchu uvnitř pneumatiky a zajištění montáže na ráfek. [9]

Uvnitř patky se nachází vysokopevnostní ocelové lano. Lano je povrchově upraveno mědí nebo mosazí, aby byla zaručena jeho přilnavost k pryži. [9]

#### ***1.4.1.6 Vnitřní vrstva pláště***

Vnitřní část pláště je tvořena vzduchotěsnou vrstvou, která u dnešních pneumatik nahrazuje funkci duše a zabraňuje tedy úniku vzduchu. [9]

### **1.4.2 Druhy pneumatik**

Pneumatiky lze rozdělit podle období, ve kterém jsou používány na letní a zimní. Oba tyto druhy zajišťují optimální jízdní vlastnosti v daném období jejich užívání, liší se především složením gumárenské směsi a strukturou dezénu. [9]

### 1.4.2.1 Letní pneumatiky

Složení běhounové směsi letních pneumatik se vyznačuje vyšší tuhostí, jejíž vlastnosti vynikají při teplotách nad 7 °C. Dezén těchto pneumatik musí poskytovat velkou styčnou plochu, ale zároveň dostatečně rychle odvádět vodu, aby při jízdě na mokřem povrchu nedošlo ke vzniku nežádoucího jevu, aquaplaningu. K tomu slouží široké podélné drážkování, příčné drážkování a lamelizace. [10]

### 1.4.2.2 Zimní pneumatiky

Do složení běhounové směsi se přidávají změkčovadla, hlavně oxid křemičitý, napomáhající snížení tuhosti tak, aby si zimní pneumatika zachovávala svoji pružnost i při velmi nízkých teplotách. Dezén pneumatiky je tvořen hustou sítí drážek a lamel, jejichž počet je několikanásobně vyšší než u letních pneumatik. Četnost drážkování zvyšuje počet bloků a úhlů záběru pneumatiky, čímž zaručuje vynikající jízdni vlastnosti a rychlý odvod rozbředlého sněhu nebo vody. Vysoký počet lamel zajišťuje zlepšení záběru a brzdnych vlastností na sněhu. [10]



Obrázek 4: Srovnání dezénu letní a zimní pneumatiky [31]

### 1.4.2.3 Celoroční pneumatiky

Kombinací výše zmíněných druhů jsou pneumatiky celoroční. Jejich vlastnosti však prozatím nedosahují tak dobrých jízdni vlastností, které jsou specifické pro letní a zimní pneumatiky. [10]

### 1.4.3 Základní rozměry a značení pneumatik

Rozměry pneumatik, které jsou namontovány na vozidlo, jsou určeny výrobcem vozidla a uvedeny v osvědčení o registraci.

Značení pneumatiky je uvedeno na bočnici, tvoří jej kombinace číslic a písmen. Mezi základní údaje, kterým je třeba věnovat pozornost, patří:

- jmenovitá šířka pneumatiky, udávající příčnou vzdálenost od jednoho boku pneumatiky k druhému v milimetrech,
- profilové číslo, představující poměr výšky profilu pláště k její šířce v procentech,
- druh konstrukce, zda se jedná o konstrukci radiální, diagonální nebo smíšenou,
- jmenovitý průměr dosedací plochy ráfku, určující vnitřní průměr pneumatiky v palcích,
- index nosnosti, udávající maximální přípustnou nosnost pneumatiky,
- kategorie rychlosti, udávající maximální rychlost při daném indexu nosnosti v kilometrech za hodinu. [9]



Obrázek 5: Základní značení pneumatiky [31]

Pozornost je třeba věnovat i stáří pneumatiky, které lze jednoduše zjistit na bočnici pneumatiky, kde je uveden 12-ti místný kód pod zkratkou DOT (Department Of Transportation). Kód je složen ze tří čtyřmístných identifikátorů vytvořených z čísel a písmen, dle kterých lze přesně určit výrobce pneumatiky, výrobní závod, zemi původu a datum výroby. Datum výroby je možné vyčíst z posledního čtyřčíslí, které představuje týden a rok výroby. Označením pneumatiky tímto kódem výrobce potvrzuje, že daná pneumatika splňuje stanovené bezpečnostní normy amerického Ministerstva dopravy.

Na bočnici pneumatik jsou uvedeny ještě další údaje, které slouží k její bližší specifikaci, např. výrobce a obchodní označení, zemi homologace, atd.

Drážky běhounu jsou opatřeny identifikátorem opotřeбенí běhounu, který slouží k rychlé vizuální kontrole hloubky dezénu.



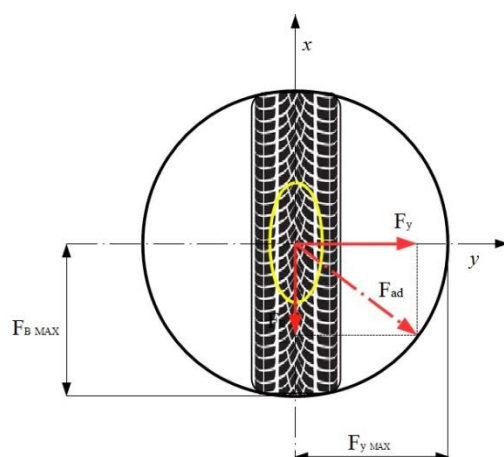
## 1.5 VLIV PNEUMATIK NA BEZPEČNOST PROVOZU

Pneumatiky zajišťují neustálý přenos sil potřebných k řízení, brzdění i zrychlení. Stejně jako roste zájem o moderní výkonná vozidla, zvyšují se i požadavky kladené na pneumatiky. Vliv jízdních vlastností na bezpečnost provozu však není dán pouze konstrukcí pneumatiky, ale také údržbou, kterou by měl zajistit jejich uživatel.

### 1.5.1 Adhezní vlastnosti pneumatik

Adheze, nebo-li přilnavost, je jednou z nejdůležitějších vlastností, která ovlivňuje směrovou stabilitu vozidla. Je dána vektorovým součtem sil, působících v podélném a příčném směru. Pokud hodnota vektorového součtu překročí mez adheze, dojde ke ztrátě směrové stability. [11]










Okamžité adhezní vlastnosti lze vyjádřit pomocí Kammovy kružnice přilnavosti, která určuje poměr přenášených sil. [11]



Obrázek 6: Kammova kružnice přilnavosti [31]

### 1.5.2 Hloubka dezénu

Důležitým činitelem ovlivňující bezpečnost provozu je hloubka dezénu pneumatiky, která ovlivňuje jízdní vlastnosti zejména při snížené adhezi. Při jízdě vysokou rychlostí na mokré vozovce může dojít ke ztrátě kontaktu mezi pneumatikou a vozovkou, protože dezénové drážky nestíhají dostatečně rychle odvádět vodu. Poté nedochází k přenosu sil a vozidlo se stává neovladatelným. Tento jev se nazývá aquaplaning a se zmenšující se hloubkou dezénu, roste riziko jeho vzniku. [9]

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%

Obrázek 7: Vliv hloubky dezénu a rychlosti vozidla na velikost styčné plochy [12]

V České republice je minimální požadovaná hloubka dezénu stanovena právním předpisem, konkrétně zákonem č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, a vyhláškou č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů. Pro vozidla do 3,5 t je minimální povolená hloubka hlavní dezénové drážky 1,6 mm u letních pneumatik a 4 mm u zimních pneumatik. Dále zákon ukládá povinnost užití zimních pneumatik v období od 1. listopadu do 31. března, pokud se na pozemní komunikaci nachází souvislá vrstva sněhu, ledu nebo námrazy, případně ji lze očekávat. [13], [14]

Minimální hloubka dezénu je legislativou stanovena i v jiných zemích. Hodnota hloubky dezénu letních pneumatik je u ostatních států stejná jako u nás. V případě zimních pneumatik už jsou rozdíly větší, protože ne všude je užití zimních pneumatik povinné, ale jen doporučené. Srovnání je zobrazeno na následující straně v Tabulce 1.

Tabulka 1: Srovnání stanovené hloubky dezénu v ČR a zahraničí [15], [16]

<b>Stanovená hloubka dezénu [mm]</b>			
<b>Země</b>	<b>Letní pneumatiky</b>	<b>Zimní pneumatiky</b>	<b>Zimní výbava</b>
<b>Česká republika</b>	<b>1,60</b>	<b>4,00</b>	<b>povinná, 1.11. – 31.3.</b>
Belgie	1,60	1,60	doporučená
Bulharsko	1,60	1,60	doporučená
Chorvatsko	1,60	4,00	doporučená
Dánsko	1,60	4,00	doporučená
Finsko	1,60	3,00	povinná, 1.12. – 28.2.
Francie	1,60	3,50	doporučená
Itálie	1,60	1,60	povinná, 1.11. - 15.4.
Litva	1,60	3,00	povinná, 1.11. – 10.4.
Lotyšsko	1,60	3,00	povinná, 1.12. – 1.3.
Lucembursko	1,60	-	povinná
Maďarsko	1,60	-	doporučená
Německo	1,60	1,60 *	povinná
Nizozemsko	1,60	4,00	doporučená
Norsko	1,60	3,00	doporučená
Polsko	1,60	-	doporučená
Portugalsko	1,60	-	doporučená
Rakousko	1,60	4,00	povinná, 1.11. - 15.4.
Slovensko	1,60	3,00	povinná
Slovinsko	1,60	3,00 **	povinná, 15.11. – 15.4.
Španělsko	1,60	-	nepovinná
Švédsko	1,60	3,00	povinná, 1.12. – 31.3.
Švýcarsko	1,60	***	doporučená
Řecko	1,60	-	doporučená
Velká Británie	1,60	-	doporučená
<p>* doporučená hloubka dezénu jsou 4 mm  ** pneumatika může být i letní  *** hloubka dezénu stanovena podle zákona země, ve které je vozidlo registrováno</p>			

### 1.5.3 Huštění pneumatik

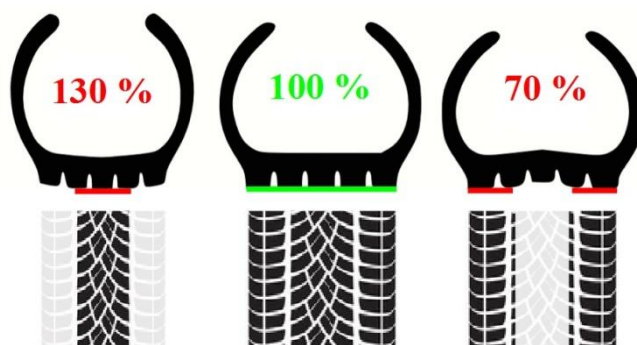
Velikost styčné plochy pneumatik s vozovkou závisí na huštění pneumatik. Pokud není dodrženo správné huštění pneumatik, dojde ke zmenšení styčné plochy a zhoršení jízdních vlastností. Zároveň dochází k nerovnoměrnému opotřebování běhounu. [9]

Tlak vzduchu v pneumatikách by měl být pravidelně kontrolován. Většina řidičů však huštění nevěnuje příliš velkou pozornost. Obvykle pneumatiky nahustí na správný tlak pouze při jejich výměně a už si neuvědomují, že během střídání teplot dochází také ke změnám tlaku uvnitř pneumatiky.

Vzhledem k této opomíjené skutečnosti musí být od 1. listopadu 2014 všechna nově vyráběná vozidla povinně vybavena systémem monitorování tlaku v pneumatikách, označovaný TPMS (Tyre Pressure Monitoring System). Měření může být přímé nebo nepřímé. [17]

Snímače pro přímé měření jsou konstruovány jako elektronické ventilkové, které komunikují s řídicí jednotkou automobilu a předávají jí informace o stavu baterie, tlaku i teplotě uvnitř pneumatiky. O poklesu tlaku uvnitř pneumatiky je řidič okamžitě informován akustickým a optickým varovným signálem. [17]

Nepřímé měření tlaku vychází z porovnání otáček a vibrací jednotlivých kol, které jsou vyhodnocovány pomocí snímačů otáček protiblokovacího systému ABS. [17]



Obrázek 8: Vliv huštění pneumatiky na opotřebení běhounu [31]

### 1.5.4 Opotřebení a vady pneumatik

Stav opotřebení pneumatik úzce souvisí s hloubkou dezénu i živostí. Závisí na podmínkách provozu, ale také tlaku vzduchu v pneumatikách a správném seřízení geometrie náprav. Podle toho lze také opotřebení rozdělit na rovnoměrné a nerovnoměrné. [9]

Rovnoměrné opotřebení pneumatik může prodloužit jejich životnost. Opačná situace nastává v případě nerovnoměrného opotřebování, způsobeného různými příčinami. [9]



Obrázek 9: Příklady opotřebení pneumatik [31]

### 1.5.5 Životnost

Pneumatika je složena z různých surovin, jejichž vlastnosti se v průběhu času mohou měnit. Na tyto změny má vliv mnoho činitelů, které působí během provozování i skladování pneumatik. Z toho důvodu není možné přesně určit životnost pneumatiky. [18]

Životnost pneumatik lze rozdělit na celkovou a provozní. Celková životnost se počítá od data výroby, které lze jednoduše zjistit z kódu DOT. [18]

V praxi se uvádí, že celková životnost pneumatiky je nejvýše 10 let. Provozní životnost se bere od data uvedení pneumatiky do provozu a neměla by být delší než 6 let. Poté už pneumatika ztrácí své výkonnostní vlastnosti. [18]

## 1.6 INOVATIVNÍ TECHNOLOGIE V OBLASTI PNEUMATIK

Ve všech odvětvích průmyslu dochází ke stálému vývoji a jinak tomu není ani v gumárenském průmyslu. Výrobci pneumatik přichází na trh s novinkami, které mají za cíl zlepšit jízdní vlastnosti a zvýšit bezpečnost i životnost pneumatik.

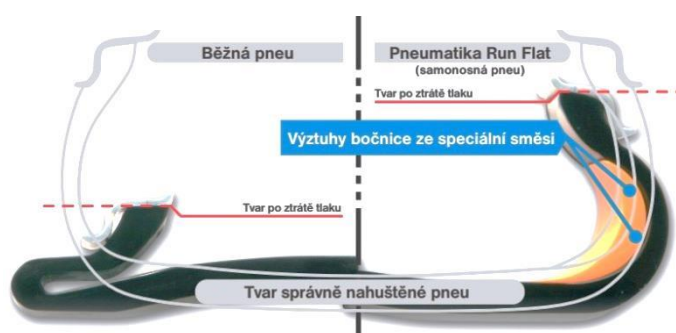
### 1.6.1 RFT

Technologie Run On Flat byla vyvinuta firmou Bridgestone již v roce 1987. Původní myšlenkou firmy bylo, aby pneumatiky s tímto systémem byly montovány na vozidla určená pro hendikepované osoby. Dnes je tato technologie rozšířená mezi všemi výrobci a širokou

veřejností známá jako dojezdová pneumatika. Její konstrukce spočívá v zesílené struktuře bočnic pomocí speciálních výztuh. [19]

Pneumatika s touto technologií umožňuje při ztrátě tlaku pokračovat v bezpečné jízdě při rychlosti 80 km/h do vzdálenosti až 80 km. Účelem je snížit bezpečnostní riziko, které vyvstává z nutnosti montáže rezervního kola na pozemní komunikaci za plného provozu. Montáž těchto pneumatik na vozidlo vyžaduje vybavení systémem monitorování tlaku. [19]

V letošním roce byla stejnou společností představena inovovaná technologie pod názvem Drive Guard, která bude dostupná pro všechna osobní vozidla. Došlo k vylepšení konstrukce bočnic za současného snížení hmotnosti celé pneumatiky. [20]



Obrázek 10: Technologie RFT [19]

### 1.6.2 PAX

O další průlom v oblasti dojezdových pneumatik se v roce 1998 postarala firma Michelin s technologií PAX. Jde o systém mechanického uchycení patky pláště k ráfku kola podpůrným prstencem, který zabraňuje vysvlečení pneumatiky z ráfku. [21]

Pneumatiky s technologií PAX umožňují dojezd rychlostí 90 km/h na vzdálenost 200 km a jsou homologována u určitých typů vozidel proto, že náklady na opravu po defektu jsou vyšší než u pneumatik s technologií RFT a vyžaduje speciální vybavení pneuservisu. [21]

### 1.6.3 Tweel

Technologii Tyre and Wheel, zkráceně Tweel, představila v roce 2004 opět firma Michelin. Jedná se o kompletní řešení celého kola, které nevyžaduje huštění a nahrazuje klasickou konstrukci pneumatiky nasazené na ráfku kola. Základ tvoří disk kola a spleť paprsků, které drží běhoun. [22]

Hlavní přínos této technologie spočívá v tom, že nemůže dojít k defektu a zhoršení jízdnicích vlastností vlivem huštění. Takové kolo je lehčí a pružnější, má nižší valivý odpor a rychle reaguje na změnu řízení. [22]

Prozatímní nevýhodou je nadměrná hlučnost při rychlostech nad 80 km/h, z toho důvodu jsou tyto pneumatiky k vidění pouze na pracovních strojích. [22]

#### 1.6.4 ContiSeal

V roce 2007 zavedla novou technologii společnost Continental, která vyvinula první samozacelující se pneumatiku. V případě propíchnutí běhounu cizím předmětem, není nutné pneumatiku ihned vyměňovat. Lepivá těsnící vrstva, která je aplikovaná na vnitřní straně, utěsní propíchnutí o průměru až 5 mm bez ztráty tlaku. [23]

Výhodou této technologie je, že není limitována dojezdovou vzdáleností ani rychlostí.

#### 1.6.5 ContiSilent

Technologie ContiSilent byla vyvinuta společností Continental za účelem snížení hluku pneumatik. Vnitřní vrstva pneumatiky je opatřena polyuretanovou vložkou, která napomáhá snížení hluku až o 9 dB v závislosti na typu vozidla, rychlosti jízdy a povrchu vozovky. [24]



Obrázek 11: Technologie ContiSeal a ContiSilent [23], [24]

#### 1.6.6 Discolor Tyre

Kontrolu hloubky dezénu by v budoucnosti mohly nahradit vícebarevné pneumatiky. Podle míry sjetí pneumatiky by došlo ke změně barvy. Navenek klasická pneumatika, která má ve spodní části běhounu výraznou barevnou pryž. Ta se objeví při opotřebení, větším než je zákonem stanovené minimum. [25]

Technologie by měla nahradit nutnost kontroly hloubky dezénu. Problém pro výrobce by mohl vyvstat z rozdílnosti legislativních požadavků na hloubku dezénu.



Obrázek 12: Discolor Tyre [25]

### 1.6.7 EverGrip

V roce 2014 uvedla na trh firma Michelin novou revoluční technologií, která zajišťuje vysokou schopnost přilnavosti i s rostoucím opotřebením. Obvykle se činná plocha drážek a lamel s rostoucím opotřebením zmenšuje. Ovšem technologie EverGrip funguje na opačném efektu, s rostoucím opotřebením se drážky i lamely rozšiřují. Tím je kompenzováno opotřebením běhounu, které by snižovalo přilnavost zejména na mokrém povrchu. [26]

### 1.6.8 Hakkapeliitta

S revolučním konceptem v oblasti zimních pneumatik přišla v roce 2014 finská společnost Nokian. Navrhla pneumatiky, které mají ve svém plášti zabudovány hroty s výsuvnými trny, které pomohou ke zlepšení přilnavosti na zledovatěném povrchu. Vysunutí trnů ovládá řidič tlačítkem, po jehož stisknutí dojde k vysunutí všech trnů najednou. [27]



Obrázek 13: Technologie EverGrip a Hakkapeliitta [26], [27]



## **2 PŘÍPRAVA EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ**

Kapitola rozebírá přípravy potřebné k realizaci experimentálního měření, které spočívají v zajištění testovacího vozidla, testovaných pneumatik, místa měření, měřících přístrojů a dalších pomůcek.

### **2.1 TESTOVACÍ VOZIDLO**

Pro experiment je nutné zajistit vozidlo, které je způsobilé k provozu na pozemních komunikacích a je v bezvadném technickém stavu. Také je vhodné vybrat vozidlo, které se na pozemních komunikacích vyskytuje nejčastěji.

Jako testovací vozidlo byla zvolena Škoda Octavia, která patří mezi nejčastěji registrované osobní automobily v České republice ke dni 30. 9. 2015.

Vozidlo se nachází v dobrém technickém stavu. Brzdová soustava je po výměně brzdových kotoučů, obložení i třmenů, včetně brzdové kapaliny. Před samotnou realizací měření byla brzdová soustava vozidla podrobena kontrole servisním technikem a zkušce na válcové zkušebně.

### **2.2 TESTOVANÉ PNEUMATIKY**

Účelem měření je zjistit vliv hloubky dezénu pneumatiky na brzdné zpomalení vozidla. Proto je potřeba zajistit pneumatiky s hloubkou dezénu, která je vyšší a také nižší než je zákonem stanovená minimální hloubka hlavní dezénové drážky 1,6 mm u letních pneumatik a 4 mm u zimních pneumatik.

Měření probíhalo na letních i zimních pneumatikách. Vždy byly vybrány dvě sady pneumatik, které splňovaly předepsanou minimální hodnotu a dvě sady, jejichž hloubka dezénu je zákonem stanovená jako nevyhovující.

Následující tabulka zobrazuje základní údaje o testovaných pneumatikách, včetně hloubky hlavní dezénové drážky a kódu DOT, dle kterého je možné určit jejich stáří.

Fotografie testovaných pneumatik jsou obsaženy v Příloze č. 1, 10.

Tabulka 2: Základní údaje o testovaných pneumatikách [31]

Druh a rozměr	Značka a typ	Hloubka dezénu [mm]	DOT
Letní pneumatiky 195/65 R15 91H	Sava Intensa HP	4,50	1711
	Dunlop SP Street Response	3,20	4609
	Barum Bravuris 2	1,51	0809
	Michelin Energy Saver	1,40	4907
Zimní pneumatiky 195/65 R15 91T	Barum Polaris 2	5,95	2809
	Dunlop SP Winter Sport 3D	4,90	2110
	Dunlop SP Winter Sport 3D	3,75	3510
	Barum Polaris 2	3,48	3505

## 2.3 MÍSTO MĚŘENÍ

Pro provedení měření je nutné, aby místo měření splňovalo několik požadavků zajišťujících bezpečnost a plnohodnotnost měření. K základním požadavkům patří dostatečná délka a šířka vozovky, aby byl umožněn rozjezd vozidla na požadovanou rychlost i jeho bezpečné zastavení.

Experimentální měření probíhalo na dvou místech. Prvním místem byla silnice II/373 v úseku Suchý – Benešov, která má za sebou kompletní rekonstrukci. Povrch vozovky je hladký bez výmolů a záplat. Druhým místem byl polygon ve Vysokém Mýtě, kde byly k měření využity dvě výcvikové plochy, asfaltová a kluzná, s integrovaným vodovodním systémem.



Obrázek 14: Měřicí úsek na silnici II/373 a plochy ve Vysokém Mýtě [31]

## 2.4 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

Z měřících přístrojů lze získat hodnoty veličin, na základě kterých je možné zpracovat a vyhodnotit celé experimentální měření. Proto je velice důležitá správná volba měřících přístrojů.

Pro toto měření bylo podstatné zjistit zejména brzdné zpomalení vozidla a jeho brzdnu dráhu. Proto bylo vybráno měřící zařízení Racelogic Performance Box a XL Meter, jejichž funkce jsou popsány níže.

### 2.4.1 Racelogic Performance Box

Jedná se o samostatně pracující zařízení s globálním polohovacím systémem GPS. Jeho spolehlivost je tedy dána kvalitou přijímaného signálu. Na LCD displeji se v reálném čase zobrazují naměřená data, která přístroj vypočítává na základě informací z GPS satelitů. Data jsou zároveň ukládána na paměťovou kartu a je možné je stahovat přímo z karty nebo přes USB výstup přístroje do počítače a dále zpracovávat. [28]

Přístroj byl umístěn na čelní sklo vozidla a jeho napájení zajišťovala zásuvka zapalovače. Po připojení do zásuvky se přístroj automaticky zapne a během několika minut vyhledá platný signál GPS. Před začátkem měření je nutná vlastní konfigurace přístroje, tedy nastavení měřících jednotek a výchozích rychlostí, ze kterých bude vozidlo brzděno. Poté se přístroj přepne do výkonového režimu (Performance mode) pro měření decelerace.

Vyhodnocení měřícího pokusu se ihned zobrazuje na displeji a tvoří jej tři fyzikální veličiny:

- celková doba brzdění  $t$  [s],
- brzdná dráha  $s$  [m],
- průměrné  $AvG$  [ $m/s^2$ ] a maximální zpomalení  $PkG$  [ $m/s^2$ ].

Jednotlivá brzdná zpomalení jsou na displeji uváděna v násobcích tíhového zrychlení, pro interpretaci výsledků je nutné hodnoty přepočítat.

Po přenesení dat do počítače lze získat i hodnotu maximální rychlosti  $V_{max}$  [km/h], kterou se vozidlo pohybuje před stanovenou výchozí rychlostí pro měření.

## 2.4.2 XL Meter

Bateriově napájený univerzální přístroj s alfanumerickým LCD displejem, který měří zrychlení, popřípadě zpomalení. Obsahuje software pro vyhodnocení velikosti zpomalení provozní brzdy nebo velikosti akcelerace. [29]

Z technického hlediska se XL Meter skládá ze tří částí: hlavní jednotky obsahující elektronickou část, vakuové přísavky a kloubového ramena, umožňujícího přizpůsobitelné upevnění. Využívá rozdílový kapacitní senzor zrychlení. Ten se skládá z nezávisle upevněných destiček a centrálních destiček připojených k základně, které pohybem reagují na působení zrychlení. [29]

Přístroj byl upevněn pomocí přísavky na střed čelního skla vozidla. Po zapnutí přístroje se spustil režim kalibrace. V tomto režimu bylo nutné nastavit hodnotu pro podélný i příčný směr na  $0,0 \text{ m/s}^2$ . Natočením přísavky se této hodnoty docílilo v příčném směru a klopením kloubového ramena ve směru podélném. Poté přišlo na řadu samotné měření v režimu provozní brzdy. Po provedení měřicího pokusu se na displeji automaticky zobrazí vyhodnocení brzdného výkonu provozní brzdy vozidla. Paměť přístroje umožňuje záznam až 8 měření najednou, pak je nutné přístroj pomocí datového kabelu připojit k počítači a naměřená data stáhnout. K tomu je třeba mít nainstalovaný program XL Vision. [29]

Vyhodnocení brzdného výkonu tvoří čtyři fyzikální veličiny:

- brzdná dráha  $S_o$  [m],
- počáteční rychlost před brzděním  $V_o$  [km/h],
- celková doba brzdění  $T_{br}$  [s],
- průměrné maximální zpomalení MFDD [ $\text{m/s}^2$ ]. [29]



Obrázek 15: Umístění měřicích přístrojů a akční kamery ve vozidle [31]

## 2.5 OSTATNÍ POMŮCKY

### 2.5.1 Poloautomatická zouvačka Starline – GV ST011

Zouvačka je snadno obsluhovatelný a spolehlivý pracovní stroj s ručně odklápěným ramenem, který je určen pro montáž a demontáž pneumatik osobních i nákladních vozidel.

Pneumatika se nejprve vypustí. Poté se uvolní vnější i vnitřní patka pneumatiky pomocí strhávacího disku. Takto připravené vozidlové kolo se umístí na stůl zouvačky a upne. Pracovním ramenem, které je opatřené montážním blokem, dojde k přetažení vnější patky přes vnější okraj ráfku. Pneumatika se přizvedne a stejným způsobem dojde i k přetažení vnitřní patky přes vnější okraj ráfku. Obdobným způsobem probíhá i nazutí pneumatiky na ráfek. Poté je třeba pneumatiku nahustit na správný provozní tlak a vyvážit.

### 2.5.2 Poloautomatická vyvažovačka Starline – GV ST025

Vyvažovačka je pracovní stroj, který slouží ke správnému vyvážení vozidlového kola. Nevyvážené kolo vybudí mechanické kmitání (vibrace), které je přeneseno na volant i vozidlo samotné. Nevyvážené kolo může být i důvodem zvýšeného opotřebení pneumatiky. Proto by měla být kola vyvažována před každou jejich výměnou.

Z okraje ráfku se odstraní původní závaží. Poté se kolo upne na hřídel vyvažovačky a spustí se program vyvažování. Během několika sekund se na digitálním ukazateli zobrazí hodnota nevyvážku. Poté se kolem pomalu otáčí. Až se vedle ukazatele hodnoty nevyvážku rozsvítí ikona šipky značící správnou polohu kola pro umístění závaží. Po připevnění závaží na levý i pravý okraj ráfku následuje kontrolní měření. Pokud je vše v pořádku, zobrazí se nulové hodnoty a kolo je vyvážené.



Obrázek 16: Přezouvání a vyvažování testovaných pneumatik [31]

### **2.5.3 Hloubkoměr**

Pro snadné určení hloubky dezénu byl použit digitální měřič s přesností 0,01 mm. Měření bylo prováděno v hlavní dezénové drážce. Naměřené údaje jsou uvedeny v Tabulce 2.

### **2.5.4 Kompresor a tlakoměr**

K nahuštění pneumatik na požadovanou hodnotu, v tomto případě 2 bary u kol přední nápravy a 2,2 bar u kol zadní nápravy, sloužil olejový kompresor Scheppach HC 54.

Pro zjištění správného tlaku v pneumatikách před i během měření byl použit profesionální celokovový měřič tlaku Carface s rozsahem 0,5 až 7 bar.

### **2.5.5 Hydraulický zvedák a montážní příslušenství**

Přezouvání automobilu bylo zajištěno pomocí dvou pojízdných zvedáků s nosností 2 500 kg, kterými bylo vozidlo přizvednuto tak, aby bylo možné vyměnit obě kola na téže straně zároveň. K uvolnění a následnému dotažení šroubů byl použit křížový klíč.

### **2.5.6 Záznamová zařízení**

Fotodokumentace byla pořizována fotoaparátem Panasonic DMC - FS30.

Videozáznamy byly pořizovány dvěma kamerami. Kamera Canon HF 10E byla umístěna podél brzdné plochy, aby zaznamenávala chování vozidla, především klopení a stáčení. Akční kamera Xiaomy YI zaznamenávala chování vozidla během měření z pohledu řidiče a spolujezdce.

Fotografie a videa z měření jsou součástí Přílohy č. 18.

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Experiment spočívá v měření brzdné dráhy vozidla, jehož pneumatiky mají rozdílnou hloubku dezénové drážky. Brzdění probíhá s aktivovaným a deaktivovaným protiblokovacím systémem ABS na povrchu s rozdílnou adhezí. Měření je rozděleno na dvě části, první část měření probíhá na letních pneumatikách a druhá část na zimních pneumatikách.

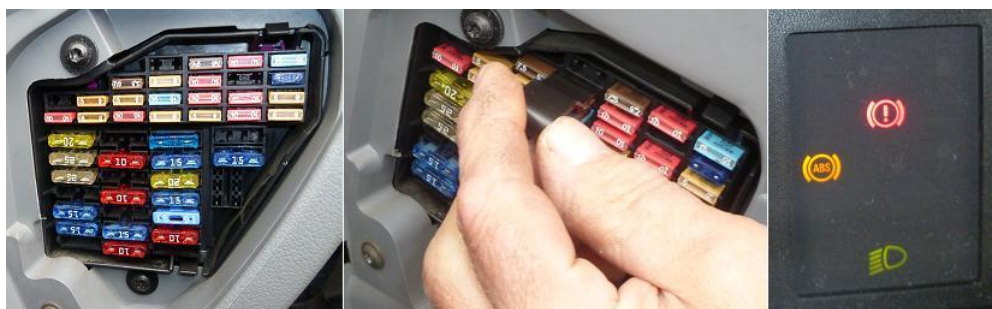
Úkolem je zjistit, zda hloubka dezénové drážky ovlivňuje brzdné zpomalení vozidla, s ohledem na zákonem předepsanou minimální hloubku dezénu.

#### 3.1 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Do vozidla byly umístěny měřicí přístroje. Před zahájením měření muselo dojít ke kalibraci XL Meteru. Kalibrace přístroje byla provedena na začátku měřeného úseku, tedy v místě rozjezdu vozidla. Výchozí místo úseku bylo stanoveno tak, aby bylo možné vozidlo rozjet na požadovanou rychlost a bezpečně zastavit. Řidič si v tomto místě stanovil referenční bod, podle kterého se během měření orientoval, aby výchozí poloha vozidla byla při každém měřicím pokusu stejná.

Vozidlo bylo přistaveno do výchozí polohy měření a došlo ke spuštění měřicích přístrojů. Poté se řidič s vozidlem rozjel na požadovanou výchozí rychlost a po jejím dosažení začal prudce brzdit až do úplného zastavení vozidla. V konečné poloze setrval několik sekund, aby mohly oba přístroje pokus vyhodnotit. Po zaznamenání výsledků měření se řidič s vozidlem vrátil zpět na začátek měřicího úseku a pokus se ještě pětkrát zopakoval.

Po dosažení stanoveného počtu opakování bylo nutné provést měření znovu, tentokrát však bez použití systému ABS. Proto musel být tento systém deaktivován. Deaktivace byla vyřešena vyjmutím příslušné nožové pojistky z pojistkové skříně. Po jejím vyjmutí upozornil na deaktivaci systému zvukový signál a na přístrojové desce se rozsvítila výstražná kontrolka.



Obrázek 17: Deaktivace ABS [31]

Po provedení celého měření byla stávající sada pneumatik vyměněna za jinou a celý průběh měření se zopakoval se všemi sadami testovaných pneumatik.

## **3.2 MĚŘENÍ NA LETNÍCH PNEUMATIKÁCH**

Měření brzdného zpomalení vozidla na letních pneumatikách bylo nejdříve provedeno na mokřém asfaltovém povrchu a na kluzné ploše. Až poté následovalo měření na suché vozovce. Sled měření byl tedy zvolen tak, aby k největšímu opotřebením pneumatik došlo až ke konci měření.

### **3.2.1 Měření na mokřém asfaltovém povrchu a kluzné ploše**

Měření proběhlo v areálu autodromu ve Vysokém Mýtě. Podél měřicí dráhy se nachází integrovaný závlahový systém, pomocí kterého byla v případě měření na asfaltovém povrchu vytvořena souvislá vrstva vody. Z bezpečnostních důvodů byla brzdná zkouška provedena pouze z rychlosti 50 km/h, protože šířka dráhy neumožňovala bezpečné zastavení vozidla z rychlosti vyšší.

Kluzná plocha simulovala náledí a v případě měření na letních pneumatikách situaci, kdy řidič podcení včasné přezutí vozidla na zimní pneumatiky. I v tomto případě byla zvolena výchozí rychlost 50 km/h, protože parametry dráhy ani vyšší rychlost nedovolují a z bezpečnostních důvodů byla zkouška provedena pouze s aktivním systémem ABS.

Během měření byly shodné klimatické podmínky. Teplota se pohybovala okolo 10 °C. Na povrchu asfaltové i kluzné plochy se nacházelo spadané listí.

### **3.2.2 Měření na suchém povrchu**

Měření probíhalo na novém asfaltovém povrchu silnice II/373 v úseku mezi obcemi Suchý a Benešov. Nejprve z výchozí rychlosti 50 km/h a poté i z 90 km/h, protože parametry vozovky zajišťovaly bezpečnost brzdné zkoušky. Zkouška byla provedena s aktivovaným i deaktivovaným systémem ABS.

Měření proběhlo za shodných klimatických podmínek. Teplota se pohybovala v rozmezí 9 až 10 °C. Povrch vozovky byl čistý, nenacházelo se zde popadané listí, olejové skvrny ani žádné sypké materiály, které by ovlivňovaly výsledky měření.



Měření s deaktivovaným systémem ABS bylo provedeno v případě hloubkově vyhovující sady pouze na pneumatikách Dunlop SP Street Response z důvodu výrazného opotřebení běhounu. Při měření docházelo k plnému blokování kol, které se následně po povrchu vozovky sunuly a na pneumatikách se tedy vytvořily plošky, které pneumatiky znehodnotily. Pneumatiky Sava Intensa HP byly na provedení měření pouze zapůjčené, proto nebyly při tomto měření použity.



Obrázek 18: Měření brzdného zpomalení na letních pneumatikách [31]

### 3.3 MĚŘENÍ NA ZIMNÍCH PNEUMATIKÁCH

Měření na zimních pneumatikách bylo provedeno na mokřém asfaltovém povrchu a kluzné ploše v areálu autodromu ve Vysokém Mýtě. Poté, co došlo ke změně klimatických podmínek, bylo měření realizováno také na sněhu.

#### 3.3.1 Měření na mokřém asfaltovém povrchu a kluzné ploše

Průběh měření se shodoval s měřením na letních pneumatikách a i výchozí rychlost byla stejná, tedy 50 km/h. Oproti měření na letních pneumatikách bylo měření se zimními pneumatikami na kluzné ploše provedeno i s deaktivovaným systémem ABS. V průběhu měření došlo ke změnám klimatických podmínek. Teplota se pohybovala v rozmezí 0 až 3 °C.

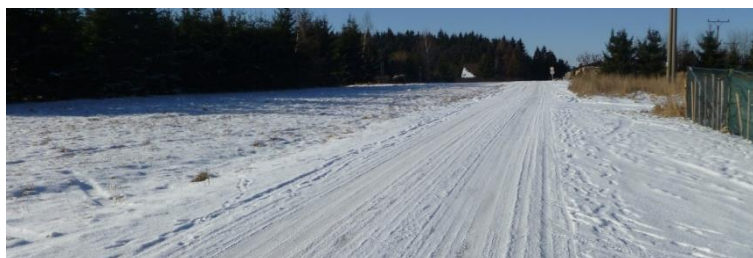
První měření na pneumatikách hloubkou dezénu vyhovujících, Dunlop SP Winter Sport 3D, proběhlo při 0 °C, kdy povrch kluzné plochy byl částečně pokryt zledovatělou vrstvou sněhu, stejně tak i asfaltová plocha byla zpočátku měření pokryta tenkou vrstvou sněhu.



Obrázek 19: Měření brzdného zpomalení na zimních pneumatikách [31]

### 3.3.2 Měření na sněhu

Měření bylo uskutečněno na ujetém sněhu, který pokrýval asfaltový povrch místní komunikace mezi obcemi Suchý a Velenov. Tato komunikace byla pro měření zvolena proto, že během zimního období není udržována posypovým materiálem. Během měření panovaly shodné klimatické podmínky, teplota se pohybovala okolo -7 °C.



Obrázek 20: Místo měření na sněhu [31]

## 4 ANALÝZA VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Všechny výsledky měření zaznamenané použitými přístroji jsou uvedeny v přílohách. Jednotlivé tabulky obsahují naměřené veličiny z Performance Boxu a z XL Meteru pro každou sadu pneumatik zvlášť. Výsledky jsou také rozděleny podle povrchu, na kterém bylo měření provedeno a zda byl aktivním systém ABS nebo ne.

Z každé tabulky bylo vybráno jedno měření, jehož průběh je na obrázku pod ní. Obrázek zobrazuje průběh daného měření, které bylo na základě dat z XL Meteru zpracováno programem XL Vision. Data v elektronické podobě jsou součástí Přílohy č. 18.

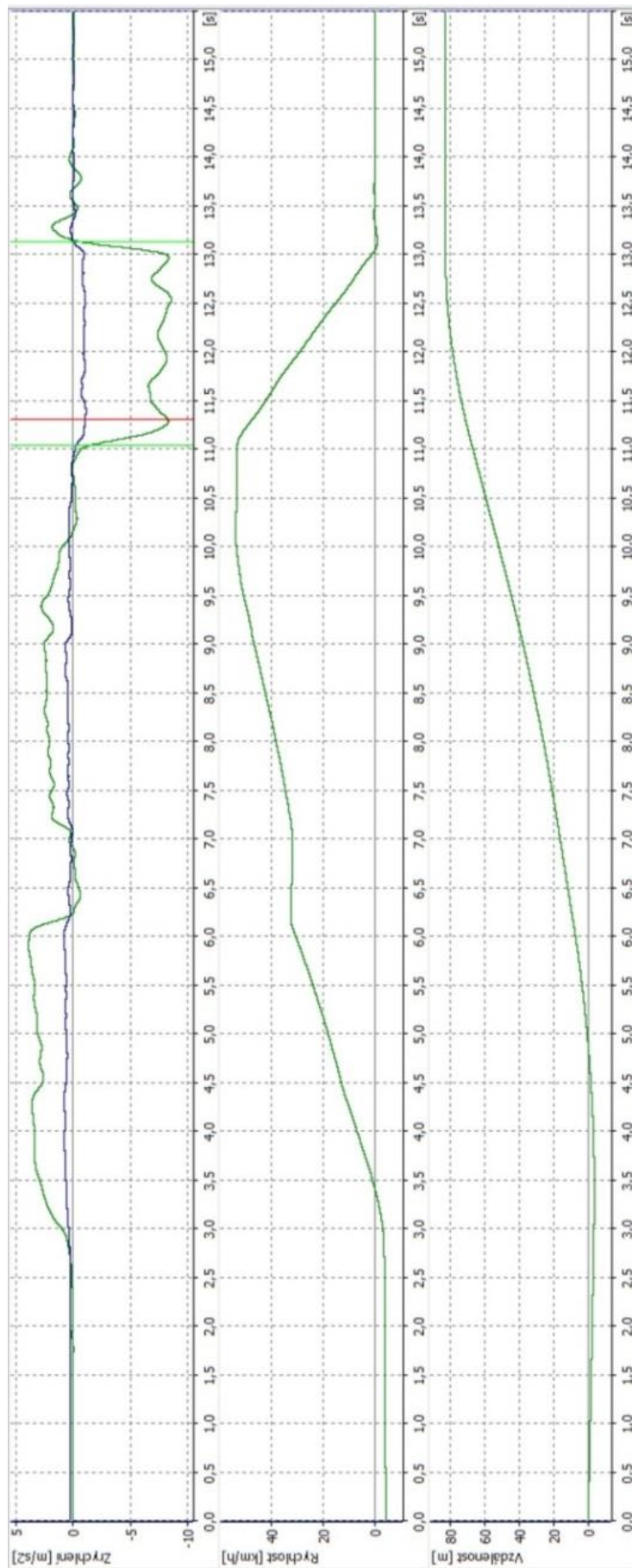
V obrázku jsou závislosti naměřených veličin na čase. První graf zobrazuje závislost podélného a příčného zrychlení na čase. Podélné zrychlení je vykresleno zelenou barvou a příčné zrychlení modrou. Dále jsou v grafu zobrazeny dvě svislé zelené čáry, které představují začátek brzdění a jeho konec, tedy úplné zastavení vozidla. Svislá červená čára zobrazuje maximální hodnotu zrychlení, resp. brzdného zpomalení.

Po zastavení docházelo ještě k ustálení podélného zrychlení, to představuje dokmity karoserie vozidla. V některých grafech je vidět prudká změna příčného zrychlení, ta je způsobena náhlým stočením vozidla do strany. K tomu docházelo zejména při brzdění na kluzné ploše a také na mokrému asfaltu při měření s deaktivovaným systémem ABS.

V druhém grafu je zobrazena závislost rychlosti vozidla na čase a třetí graf představuje závislost vzdálenosti na čase.

Tabulka 3: Sava Intensa HP, mokrý asfalt, ABS [31]

Sava Intensa HP – 4,50 mm									
10 °C	XL Meter				Performance Box				
Číslo měření	S <sub>o</sub> [m]	V <sub>o</sub> [km/h]	T <sub>br</sub> [s]	MFDD [m/s <sup>2</sup> ]	s [m]	t [s]	AvG [m/s <sup>2</sup> ]	PkG [m/s <sup>2</sup> ]	V <sub>max</sub> [km/h]
1	21,13	57,64	2,46	6,86	15,20	2,28	5,89	7,85	55,30
2	17,18	54,64	2,19	7,28	13,63	2,14	6,87	7,85	53,40
3	23,06	57,71	2,54	7,31	13,23	2,14	6,87	8,83	56,20
4	17,14	54,73	2,16	7,41	13,46	1,88	6,87	8,83	53,10
5	16,13	54,36	2,09	7,44	12,90	1,83	7,85	8,83	53,50



Obrázek 21: Průběh měření č. 5 [31]

## 5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Ke statistickému vyhodnocení dat byly využity hodnoty fyzikálních veličin naměřených přístrojem Racelogic Performance Box, které jsou pro zpracování vhodnější.

Vzhledem k tomu, že každé měření zahrnuje 5 opakování, byla zvolena analýza malých výběrů podle Hornova postupu založeného na pořádkových statistikách.

### 5.1 OBECNÝ POSTUP ANALÝZY

Nejdříve se stanoví hloubka pivotu  $H$ , která závisí na počtu opakování  $n$  a určí se dle vzorce:

$$H = \frac{\text{int}\left(\frac{n+1}{2}\right)}{2}, \text{ nebo } H = \text{int}\left(\frac{\frac{n+1}{2}+1}{2}\right).$$

Dále se postupuje s hodnotou hloubky pivotu takovou, která je rovna celému číslu. Jednotlivá data se seřadí vzestupně a určí se dolní pivot  $X_D$  i horní pivot  $X_H$  ze vzorce:

$$X_D = X_{(H)}, \quad X_H = X_{(n+1-H)}.$$

Odhad parametru polohy je dán pivotovou polosumou  $P_L$  a odhad parametru rozptylu pak pivotovým rozpětím  $R_L$ , přičemž:

$$P_L = \frac{X_D + X_H}{2} \text{ a } R_L = X_H - X_D.$$

Z nich se vyčíslí meze  $L_1$  a  $L_2$  intervalového odhadu střední hodnoty podle následujícího vztahu:

$$P_L - R_L \cdot t_L \leq \mu \leq P_L + R_L \cdot t_L, \text{ kde } L_1 = P_L - R_L \cdot t_L \text{ a } L_2 = P_L + R_L \cdot t_L. [30]$$

## 5.2 POSTUP ANALÝZY U KONKRÉTNÍHO MĚŘENÍ

V levé části tabulky jsou uvedena původní naměřená data, vpravo jsou již seřazena vzestupně a dále jsou určeny hodnoty dolního a horního pivotu jednotlivých veličin.

Tabulka 4: Data pro statistické zpracování [31]

Dunlop SP Street Response						Vzestupné seřazení naměřených veličin			
Performance Box						s	t	AvG	PkG
Číslo měření	s [m]	t [s]	AvG [m/s <sup>2</sup> ]	PkG [m/s <sup>2</sup> ]		s [m]	t [s]	AvG [m/s <sup>2</sup> ]	PkG [m/s <sup>2</sup> ]
1	39,26	3,31	7,85	8,83		36,59	2,92	7,85	8,83
2	38,59	3,28	7,85	8,83	X <sub>D</sub>	38,05	3,27	7,85	8,83
3	38,05	3,27	7,85	9,81	⇔	38,59	3,28	7,85	8,83
4	39,09	3,39	7,85	12,75	X <sub>H</sub>	39,09	3,31	7,85	9,81
5	36,59	2,92	8,83	8,83		39,26	3,39	8,83	12,75

### 5.2.1 Hloubka pivotu

$$H = \text{int} \left( \frac{\frac{n+1}{2} + 1}{2} \right) = \text{int} \left( \frac{\frac{5+1}{2} + 1}{2} \right) = \left( \frac{3+1}{2} \right) = 2$$

### 5.2.2 Parametry pro analýzu brzděné dráhy

#### 5.2.2.1 Dolní a horní pivot

$$X_D = X_{(2)} = 38,05$$

$$X_H = X_{(5+1-2)} = X_{(4)} = 39,09$$

#### 5.2.2.2 Pivotová polosuma a pivotové rozpětí

$$P_L = \frac{X_D + X_H}{2} = \frac{38,05 + 39,09}{2} = 38,57$$

$$R_L = X_H - X_D = 39,09 - 38,05 = 1,04$$

### 5.2.2.3 Pivotové rozpětí pro 95% spolehlivost

$$L_1 = P_L - R_L \cdot t_L = 38,57 - 1,04 \cdot 2,094 = 36,39$$

$$L_2 = P_L + R_L \cdot t_L = 38,57 + 1,04 \cdot 2,094 = 40,75$$

Tabulka 5: Vypočítané parametry analýzy [31]

<b>Dunlop SP Street Response</b>				
	<b>s</b> [m]	<b>t</b> [s]	<b>AvG</b> [m/s <sup>2</sup> ]	<b>PkG</b> [m/s <sup>2</sup> ]
$P_L$	38,57	3,29	7,85	9,32
$R_L$	1,04	0,04	0,00	0,98
$L_1$	36,39	3,21	7,85	7,27
$L_2$	40,75	3,37	7,85	11,37

V dalších kapitolách této práce byly použity hodnoty pivotové polosumy délky brzdné dráhy a brzdného zpomalení za účelem vytvoření souhrnného grafického zpracování.

Konkrétní hodnoty délky brzdné dráhy, zvláště pro letní a zimní pneumatiky, jsou uvedeny v Příloze č. 9, 17.

## 6 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

### 6.1 VÝSLEDKY MĚŘENÍ NA LETNÍCH PNEUMATIKÁCH

Výsledky měření na letních pneumatikách vychází ve prospěch sjetých pneumatik Barum Bravuris 2 a Michelin Energy Saver. Tyto pneumatiky při měření na suchém asfaltovém povrchu lépe přenesly brzdou sílu z kola na vozovku, proto dosáhly většího brzdného zpomalení a měly tedy i kratší brzdou dráhu.

#### Výsledky měření na suchém povrchu, výchozí rychlost 50 km/h

<b>Sava Intensa HP</b> 4,50 mm	11,98 m (ABS)	7,85 m/s <sup>2</sup>
<b>Dunlop SP Street Response</b> 3,20 mm	11,11 m (ABS)	8,83 m/s <sup>2</sup>
	13,74 m	6,87 m/s <sup>2</sup>
<b>Barum Bravuris 2</b> 1,51 mm	10,47 m (ABS)	9,32 m/s <sup>2</sup>
	12,28 m	7,85 m/s <sup>2</sup>
<b>Michelin Energy Saver</b> 1,40 mm	11,49 m (ABS)	7,85 m/s <sup>2</sup>
	15,83 m	5,89 m/s <sup>2</sup>

Graf 1: Výsledky měření letních pneumatik na suchém povrchu z rychlosti 50 km/h [31]

#### Výsledky měření na suchém povrchu, výchozí rychlost 90 km/h

<b>Sava Intensa HP</b> 4,50 mm	36,25 m (ABS)	8,83 m/s <sup>2</sup>
<b>Dunlop SP Street Response</b> 3,20 mm	38,57 m (ABS)	8,05 m/s <sup>2</sup>
	45,49 m	6,87 m/s <sup>2</sup>
<b>Barum Bravuris 2</b> 1,51 mm	34,69 m (ABS)	8,83 m/s <sup>2</sup>
	38,43 m	7,85 m/s <sup>2</sup>
<b>Michelin Energy Saver</b> 1,40 mm	33,76 m (ABS)	8,83 m/s <sup>2</sup>
	46,91 m	6,87 m/s <sup>2</sup>

Graf 2: Výsledky měření letních pneumatik na suchém povrchu z rychlosti 90 km/h [31]

Pouze na mokru s deaktivovaným systémem ABS a na kluzné ploše byl výsledek příznivější pro hloubkou dezénu vyhovující pneumatiky Sava Intensa HP. To proto, že oba povrchy byly pokryty vrstvou vody, kterou pneumatiky s menší hloubkou dezénu nestíhaly dostatečně odvádět.



**Výsledky měření na mokrém povrchu, výchozí rychlost 50 km/h**

<i>Sava Intensa HP</i> 4,50 mm	13,43 m (ABS)	6,87 m/s <sup>2</sup>
	13,56 m	6,87 m/s <sup>2</sup>
<i>Dunlop SP Street Response</i> 3,20 mm	14,69 m (ABS)	6,38 m/s <sup>2</sup>
	14,44 m	6,87 m/s <sup>2</sup>
<i>Barum Bravuris 2</i> 1,51 mm	13,26 m (ABS)	7,36 m/s <sup>2</sup>
	14,84 m	6,87 m/s <sup>2</sup>
<i>Michelin Energy Saver</i> 1,40 mm	11,56 m (ABS)	8,34 m/s <sup>2</sup>
	14,97 m	6,38 m/s <sup>2</sup>

Graf 3: Výsledky měření letních pneumatik na mokrém povrchu [31]

Vozidlo se při měření na suchém a mokrém povrchu s aktivním systémem ABS nechovalo neobvykle a drželo se v požadovaném směru jízdy. Při měření s deaktivovaným systémem ABS na mokrém asfaltovém povrchu docházelo k mírnému stáčení vozidla. Během měření na kluzném povrchu, i přestože byl systém ABS aktivní, docházelo ke stáčení vozidla až o 180°.

V případě měření na kluzné ploše je nutné připomenout, že tento povrch je určen pro měření na zimních pneumatikách, proto jsou naměřené výsledky na letních pneumatikách spíše pro představu, jaké následky může mít pozdní přezutí vozidla na zimní pneumatiky.

**Výsledky měření na kluzné ploše, výchozí rychlost 50 km/h**

<i>Sava Intensa HP</i> 4,50 mm	45,72 m (ABS)	1,96 m/s <sup>2</sup>
<i>Dunlop SP Street Response</i> 3,20 mm	47,16 m (ABS)	1,96 m/s <sup>2</sup>
<i>Barum Bravuris 2</i> 1,51 mm	48,37 m (ABS)	1,96 m/s <sup>2</sup>
<i>Michelin Energy Saver</i> 1,40 mm	67,60 m (ABS)	0,98 m/s <sup>2</sup>

Graf 4: Výsledky měření letních pneumatik na kluzné ploše [31]

## 6.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ NA ZIMNÍCH PNEUMATIKÁCH

Měření na zimních pneumatikách vyšly téměř ve všech případech příznivě pro nesjeté pneumatiky Barum Polaris 2.

Největší rozdíly ve výsledcích měření na zimních pneumatikách byly na kluzné ploše s aktivním ABS. To bylo způsobeno změnou teploty v průběhu měření, kdy měření vyhovujících pneumatik Dunlop SP Winter Sport 3D ovlivnil namrzlý povrch měřicí dráhy.

*Výsledky měření na kluzné ploše, výchozí rychlost 50 km/h*

<b>Barum Polaris 2</b> 5,95 mm	29,81 m (ABS)	2,94 m/s <sup>2</sup>
	52,49 m	1,96 m/s <sup>2</sup>
<b>Dunlop SP Winter Sport</b> 4,90 mm	87,25 m (ABS)	0,98 m/s <sup>2</sup>
	53,54 m	1,96 m/s <sup>2</sup>
<b>Dunlop SP Winter Sport</b> 3,75 mm	47,84 m (ABS)	1,96 m/s <sup>2</sup>
	78,05 m	0,98 m/s <sup>2</sup>
<b>Barum Polaris 2</b> 3,48 mm	34,25 m (ABS)	2,94 m/s <sup>2</sup>
	59,18 m	1,96 m/s <sup>2</sup>

*Graf 5: Výsledky měření zimních pneumatik na kluzné ploše [31]*

Při měření na mokrém asfaltovém povrchu se vozidlo pohybovalo v požadovaném směru jízdy a nedocházelo k žádnému výraznému stáčení. Na kluzné ploše se již vozidlo chovalo hůře a to zejména při měření s deaktivovaným systémem. Natáčením volantu bylo nutné korigovat směr jízdy vozidla, aby nedošlo k úplnému stočení vozidla, ale ne vždy se podařilo udržet vozidlo v přímém směru.

*Výsledky měření na mokrém povrchu, výchozí rychlost 50 km/h*

<b>Barum Polaris 2</b> 5,95 mm	13,26 m (ABS)	7,36 m/s <sup>2</sup>
	13,39 m	7,36 m/s <sup>2</sup>
<b>Dunlop SP Winter Sport</b> 4,90 mm	15,85 m (ABS)	6,38 m/s <sup>2</sup>
	13,96 m	6,87 m/s <sup>2</sup>
<b>Dunlop SP Winter Sport</b> 3,75 mm	13,82 m (ABS)	7,36 m/s <sup>2</sup>
	14,21 m	6,87 m/s <sup>2</sup>
<b>Barum Polaris 2</b> 3,48 mm	14,55 m (ABS)	6,87 m/s <sup>2</sup>
	14,88 m	6,38 m/s <sup>2</sup>

*Graf 6: Výsledky měření zimních pneumatik na mokrém povrchu [31]*

Jako poslední bylo realizováno měření na ujetém sněhovém povrchu. I přesto, že během všech měření panovaly shodné klimatické podmínky, rozdíly v brzdných drahách u jednotlivých pneumatik byly značné. Během brzdění s aktivním systémem ABS se vozidlo drželo v požadovaném směru jízdy. Rozdílná situace nastala po deaktivaci tohoto systému. Během brzdění docházelo ke stáčení vozidla, a to i přes snahu řidiče udržet směr jízdy pomocí natočení volantu a uvolnění brzdového pedálu.

**Výsledky měření na sněhu, výchozí rychlost 50 km/h**

<b>Barum Polaris 2</b> 5,95 mm	<b>35,23 m (ABS)</b> <b>2,94 m/s<sup>2</sup></b>
	<b>48,81 m</b> <b>1,96 m/s<sup>2</sup></b>
<b>Dunlop SP Winter Sport</b> 4,90 mm	<b>45,20 m (ABS)</b> <b>1,96 m/s<sup>2</sup></b>
	<b>38,96 m</b> <b>2,45 m/s<sup>2</sup></b>
<b>Dunlop SP Winter Sport</b> 3,75 mm	<b>55,04 m (ABS)</b> <b>1,96 m/s<sup>2</sup></b>
	<b>47,46 m</b> <b>1,96 m/s<sup>2</sup></b>
<b>Barum Polaris 2</b> 3,48 mm	<b>49,90 m (ABS)</b> <b>1,96 m/s<sup>2</sup></b>
	<b>54,73 m</b> <b>1,96 m/s<sup>2</sup></b>

Graf 7: Výsledky měření zimních pneumatik na sněhu [31]

## 7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zjistit, jaký vliv má hloubka dezénové drážky na dosažitelné zpomalení vozidla, respektive na jeho brzdnu dráhu.

V případě měření letních pneumatik, nebylo ani na jednom druhu povrchu zjištěno, že by menší hloubka dezénu ovlivnila velikost brzdného zpomalení a tím i délku brzdné dráhy.

Během měření na mokřém povrchu se nepotvrdil teoretický předpoklad, že se zmenšující se hloubkou dezénové drážky, se zvyšuje riziko aquaplaningu.

Výsledky měření na suchém povrchu byly očekávané, protože jsem vycházela ze sledování motoristických sportů, kde jsou používány široké pneumatiky bez drážek, slicky.

Měření na kluzné ploše mě pouze utvrdilo v tom, že by se nemělo podceňovat včasné přezutí na zimní pneumatiky a řidiči by neměli spěchat ani s přezouváním zpět na letní pneumatiky hned, co se objeví první denní teploty okolo 10 °C.

K opačným výsledkům jsem však došla během měření zimních pneumatik, při kterém bylo jednoznačně potvrzeno, že se zmenšující se hloubkou dezénové drážky se snižuje velikost brzdného zpomalení a tedy prodlužuje délka brzdné dráhy.

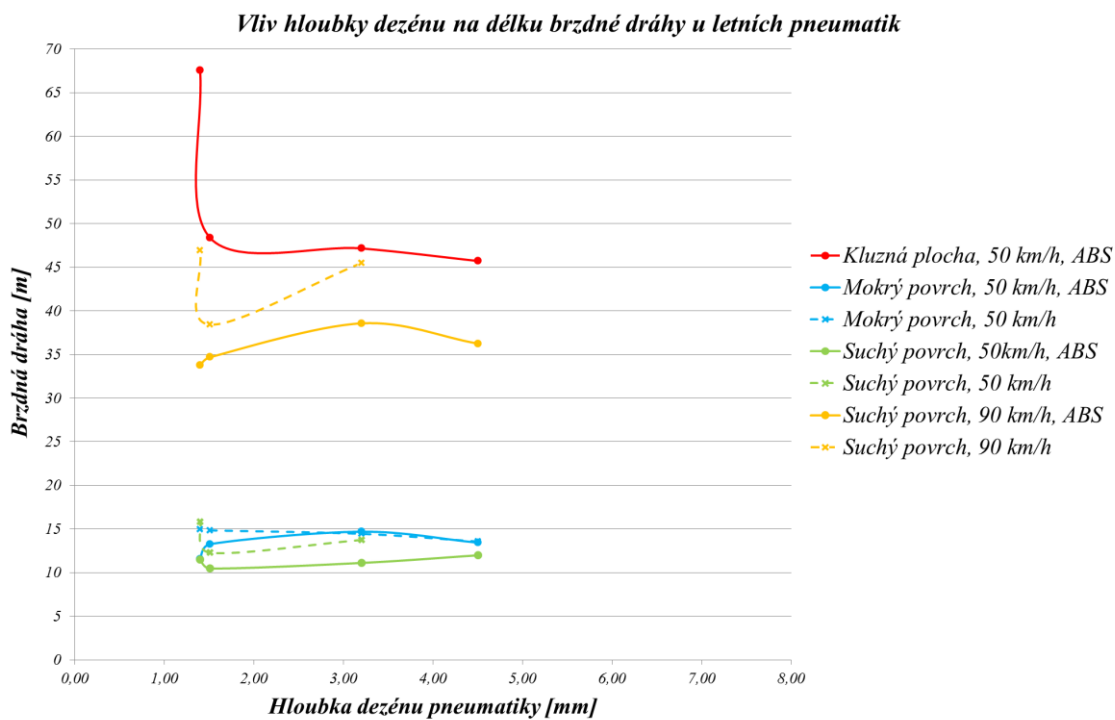
Z uvedených výsledků měření jsem vytvořila souhrnné grafy, zvláště pro letní a zimní pneumatiky, ve kterých je zobrazen vliv hloubky dezénové drážky a stáří pneumatiky na délku brzdné dráhy.

Osobně bych v případě dalšího měření preferovala měření pneumatik, od počátku jejich uvedení do provozu a při měření zvýšila počet opakování, aby bylo možné vytvořit exaktní závěr.

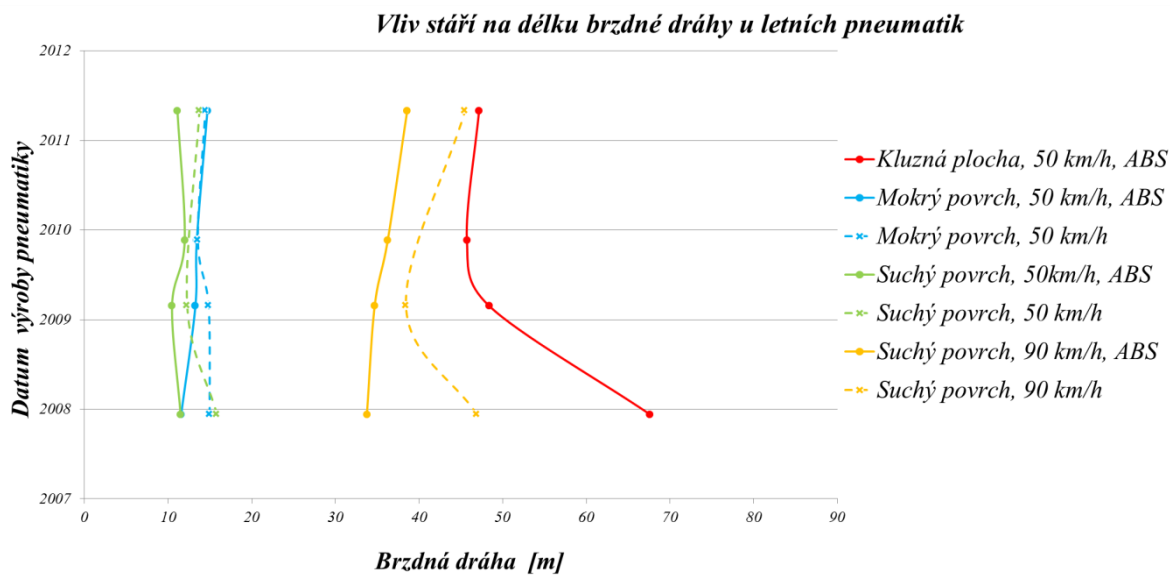
Z mého pohledu má na dosažitelné brzdné zpomalení vozidla vliv několik činitelů a to už samotné složení směsi pneumatiky, zejména běhounové části, její stáří, huštění a i mnou zkoumaná hloubka dezénové drážky. A myslím, že při výběru pneumatik by hlavním rozhodovacím kritériem neměla být cena.

Vzhledem k tomu, jaké klimatické podmínky panují v posledních letech, se domnívám, že výrobci budou mít snahu zlepšovat vlastnosti celoročních pneumatik, určených pro osobní automobily, a mohlo by dojít ke zvýšení jejich prodejnosti.

Nakonec bych chtěla ještě dodat, že výsledky mé práce nemohou sloužit jako odůvodnění pro ty, co nedodržují právní předpisy, které se vztahují k hloubce dezénu.

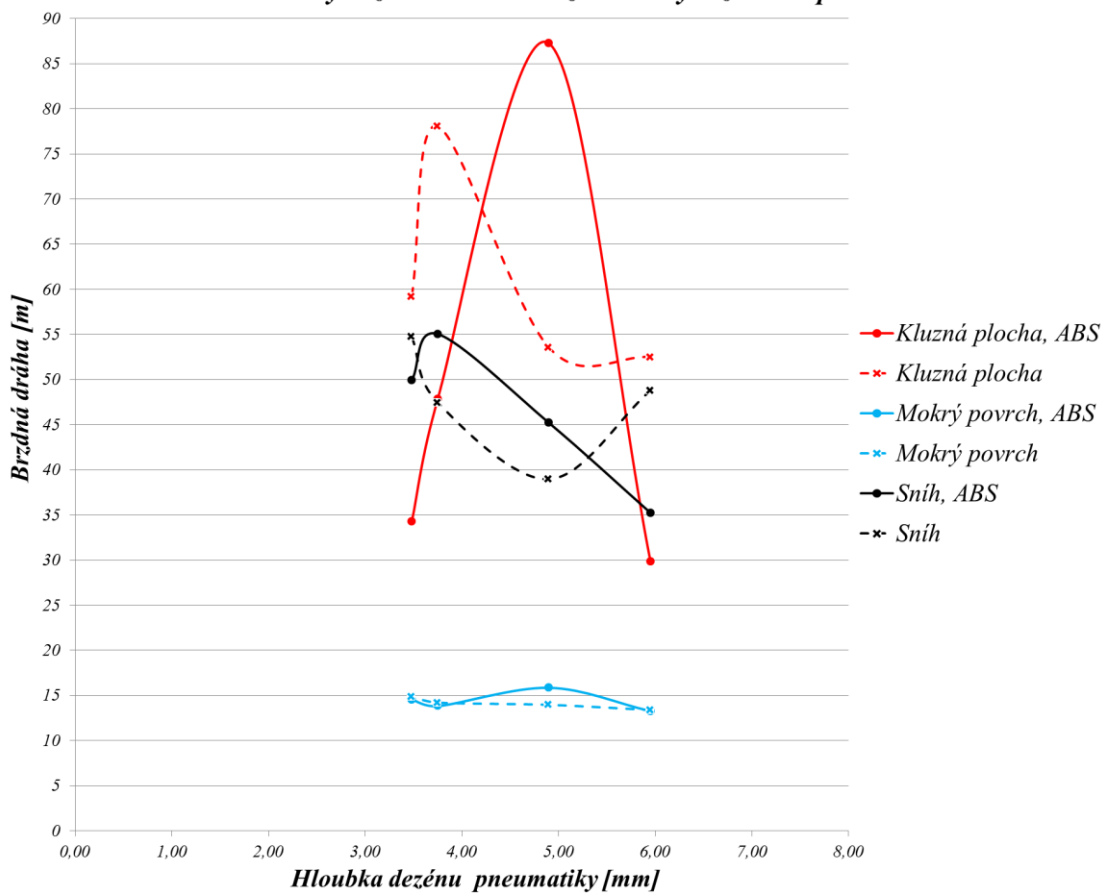


Graf 8: Vliv hloubky dezénu u letních pneumatik [31]



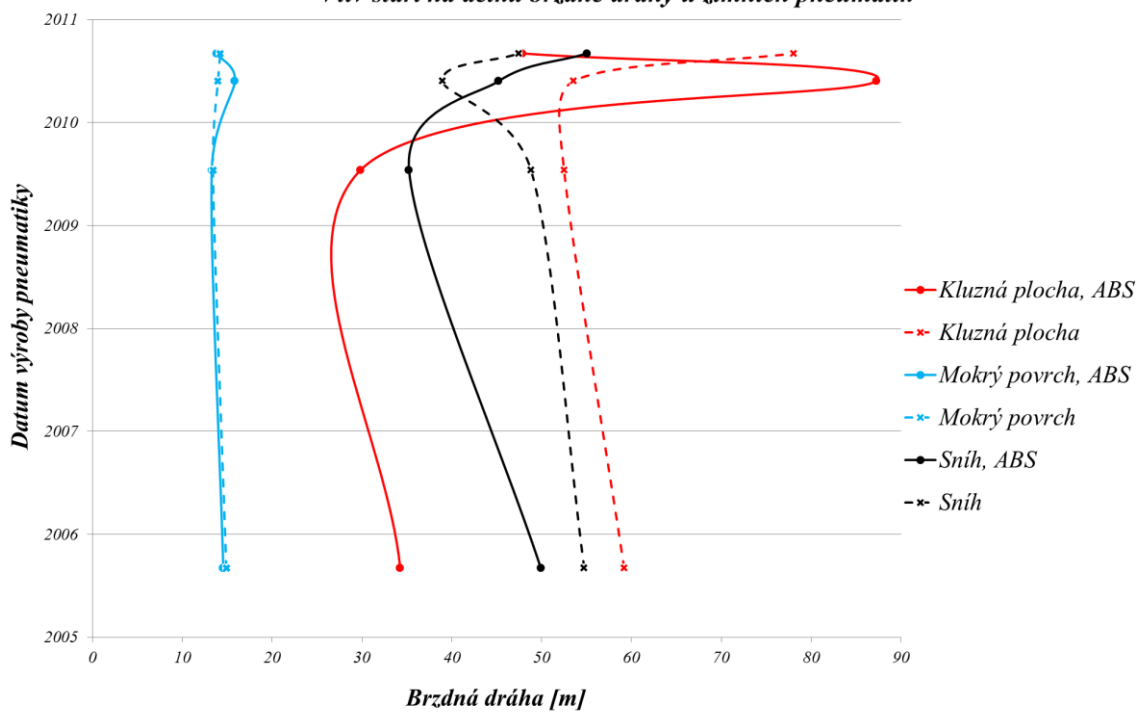
Graf 9: Vliv stáří u letních pneumatik [31]

Vliv hloubky dezénu na délku brzdné dráhy u zimních pneumatik



Graf 10: Vliv hloubky dezénu u zimních pneumatik [31]

Vliv stáří na délku brzdné dráhy u zimních pneumatik



Graf 11: Vliv stáří u zimních pneumatik [31]

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MARCÍN, Jiří a Petr ZÍTEK. *Pneumatiky*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985. Gumárenské výroby.
- [2] VOLNÝ, Oldřich a Pavel SPANDRZYK. *Historie kola* [online]. 2010 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://net-auto.cz/moodle/mod/resource/view.php?id=131>
- [3] *Top performers for good driving at great prices*. [online]. 2015 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: [http://www.barum-online.com/www/download/barum\\_tires\\_de\\_en/themes/service/downloads/hidden/dl-booklet-en.pdf](http://www.barum-online.com/www/download/barum_tires_de_en/themes/service/downloads/hidden/dl-booklet-en.pdf)
- [4] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie: Kaučuky* [online]. 2005 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/kaucuky.pdf>
- [5] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie: Přísady* [online]. 2005 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/prisady.pdf>
- [6] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie - Výrobky* [online]. 2005 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/vyrobky.pdf>
- [7] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie: Procesy* [online]. 2005 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/procesy.pdf>
- [8] Výroba pneumatik. Dopravní noviny [online]. 2005 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/vyroba-pneumatik2335>
- [9] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 1. vydání. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6464-X
- [10] VOLNÝ, Oldřich a Pavel SPANDRZYK. *Dezény pláštíků pneumatik* [online]. 2010 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://net-auto.cz/moodle/mod/resource/view.php?id=294>
- [11] VALA, Miloslav a Miloslav TESAŘ. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I.*, Univerzita Pardubice, Pardubice, 2003.
- [12] MLČOCH, Zbyněk. *Aquaplaning* [online]. 2008 [cit. 2016-04-08]. Dostupné z: <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/automobily-motocykly/aquaplaning-definice-pricina-jak-reagovat-co-delat-pri-aquaplaningu>

[13] *Úplné znění zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu).*

[14] *Vyhláška č. 341/20014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.*

[15] JANSEN, Sven, Antoine SCHMEITZ, Sander MAAS a Carmen RODARIUS. *Study on some safety-related aspects of tyre use* [online]. 2014 [cit. 2016-04-08].

Dostupné z: [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/pdf/vehicles/study\\_tyres\\_2014.pdf](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/vehicles/study_tyres_2014.pdf)

[16] *Legislation for Winter Tyres in Europe* [online]. 2016 [cit. 2016-04-08].

Dostupné z: <http://www.wintertpms.com/en/european-snow-tyre-legislation.html>

[17] VALSKÝ, Tomáš. *Povinná kontrola tlaku v pneumatikách - TPMS* [online]. 2014 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://www.pneumatiky.cz/info/povinna-kontrola-tlaku-v-pneumatikach-tpms.html>

[18] VALSKÝ, Tomáš. *Stáří a životnost pneumatik* [online]. 2013 [cit. 2016-04-09]. Dostupné z: <http://www.pneumatiky.cz/info/stari-a-zivotnost-pneumatik.html>

[19] PETERKA, Lukáš. *Bridgestone Run-Flat* [online]. 2015 [cit. 2016-04-09].

Dostupné z: <http://www.grandauto-moto.cz/tiskove-zpravy/bridgestone-run-flat/>

[20] *Bridgestone Drive Guard* [online]. 2015 [cit. 2016-04-09].

Dostupné z: <http://www.bridgestone.co.uk/driveguard/>

[21] *Michelin Pax System* [online]. [cit. 2016-04-09].

Dostupné z: <http://www.michelinman.com/US/en/help/faq.html#1400578720374>

[22] *Michelin X Tweel* [online]. [cit. 2016-04-09].

Dostupné z: [https://automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/pneumatiky-tovarna-michelin-na-bezvzduchove-radialni-pneumatiky\\_43791.html](https://automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/pneumatiky-tovarna-michelin-na-bezvzduchove-radialni-pneumatiky_43791.html)

[23] *Continental ContiSeal* [online]. [cit. 2016-04-09].

Dostupné z: <http://www.continental-pneumatiky.cz/osobni/technologie/reseni-defektu-continental/contiseal>

[24] *Continental ContiSilent* [online]. [cit. 2016-04-09].

Dostupné z: <http://www.continental-pneumatiky.cz/osobni/technologie/contisilent>



- [25] *Modern Day Tyre Safety: What is Tyre Discoloration?* [online]. 2014 [cit. 2016-04-09].  
Dostupné z: <http://roberts.com.ph/modern-day-tire-safety-tyre-discoloration/>
- [26] *Michelin EverGrip*[online]. [cit. 2016-04-09].  
Dostupné z: <http://www.michelin.com/eng/media-room/press-and-news/michelin-news/Innovation/Understanding-MICHELIN-EverGrip-technology>
- [27] *Nokian Hakkapeliitta* [online]. [cit. 2016-04-09].  
Dostupné z: <https://www.nokiantyres.com/winter-tyres/nokian-hakkapeliitta-8/>
- [28] Racelogic Performance Box. *Návod k použití*. [online]. [cit. 2015-11-07]. Dostupné z: [https://racelogic.support/02VBOX\\_Motorsport/Performance\\_meters/PerformanceBox\\_%2F%2F\\_DriftBox/User\\_Guide](https://racelogic.support/02VBOX_Motorsport/Performance_meters/PerformanceBox_%2F%2F_DriftBox/User_Guide)
- [29] XL Meter Pro. *Inventure: Automotive Eletronics* [online]. [cit. 2015-11-5].  
Dostupné z: <http://www.nehodar.cz/docs/XLMPUSRCZ.pdf>
- [30] MELOUN Milan a Jiří MILITKÝ. *Statistická zpracování experimentálních dat*, EAST Publishing Praha, 1998. ISBN: 80-7219-003-2.
- [31] Archiv autora

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Pneumatika podle R. W. Thomsona .....	12
Obrázek 2: Složení gumárenské směsi na výrobu pneumatik .....	14
Obrázek 3: Základní konstrukční části pneumatiky .....	21
Obrázek 4: Srovnání dezénu letní a zimní pneumatiky .....	23
Obrázek 5: Základní značení pneumatiky .....	24
Obrázek 6: Kammova kružnice přilnavosti .....	25
Obrázek 7: Vliv hloubky dezénu a rychlosti vozidla na velikost styčné plochy .....	26
Obrázek 8: Vliv huštění pneumatiky na opotřebení běhounu .....	28
Obrázek 9: Příklady opotřebení pneumatik .....	29
Obrázek 10: Technologie RFT .....	30
Obrázek 11: Technologie ContiSeal a ContiSilent.....	31
Obrázek 12: Discolor Tyre .....	32
Obrázek 13: Technologie EverGrip a Hakkapeliitta .....	32
Obrázek 14: Měřicí úsek na silnici II/373 a plochy ve Vysokém Mýtě .....	34
Obrázek 15: Umístění měřících přístrojů a akční kamery ve vozidle .....	36
Obrázek 16: Přezouvání a vyvažování testovaných pneumatik .....	37
Obrázek 17: Deaktivace ABS.....	39
Obrázek 18: Měření brzdného zpomalení na letních pneumatikách .....	41
Obrázek 19: Měření brzdného zpomalení na zimních pneumatikách .....	42
Obrázek 20: Místo měření na sněhu .....	42
Obrázek 21: Průběh měření č. 5 .....	44

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Srovnání stanovené hloubky dezénu v ČR a zahraničí .....	27
Tabulka 2: Základní údaje o testovaných pneumatikách.....	34
Tabulka 3: Sava Intensa HP, mokrý asfalt, ABS.....	43
Tabulka 4: Data pro statistické zpracování.....	46
Tabulka 5: Vypočítané parametry analýzy .....	47

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Výsledky měření letních pneumatik na suchém povrchu z rychlosti 50 km/h .....	48
Graf 2: Výsledky měření letních pneumatik na suchém povrchu z rychlosti 90 km/h .....	48
Graf 3: Výsledky měření letních pneumatik na mokrém povrchu .....	49
Graf 4: Výsledky měření letních pneumatik na kluzné ploše.....	49
Graf 5: Výsledky měření zimních pneumatik na kluzné ploše.....	50
Graf 6: Výsledky měření zimních pneumatik na mokrém povrchu .....	50
Graf 7: Výsledky měření zimních pneumatik na sněhu .....	51
Graf 8: Vliv hloubky dezénu u letních pneumatik .....	53
Graf 9: Vliv stáří u letních pneumatik .....	53
Graf 10: Vliv hloubky dezénu u zimních pneumatik .....	54
Graf 11: Vliv stáří u zimních pneumatik .....	54

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1: Letní pneumatiky
- Příloha č. 2: Výsledky měření letních pneumatik na mokrém asfaltovém povrchu, výchozí rychlost 50 km/h s aktivním ABS
- Příloha č. 3: Výsledky měření letních pneumatik na mokrém asfaltovém povrchu, výchozí rychlost 50 km/h s deaktivovaným ABS
- Příloha č. 4: Výsledky měření letních pneumatik na kluzné ploše, výchozí rychlost 50 km/h s aktivním ABS
- Příloha č. 5: Výsledky měření letních pneumatik na suchém asfaltovém povrchu, výchozí rychlost 50 km/h s aktivním ABS
- Příloha č. 6: Výsledky měření letních pneumatik na suchém asfaltovém povrchu, výchozí rychlost 50 km/h s deaktivovaným ABS
- Příloha č. 7: Výsledky měření letních pneumatik na suchém asfaltovém povrchu, výchozí rychlost 90 km/h s aktivním ABS
- Příloha č. 8: Výsledky měření letních pneumatik na suchém asfaltovém povrchu, výchozí rychlost 90 km/h s deaktivovaným ABS
- Příloha č. 9: Statistické zpracování naměřených dat letních pneumatik
- Příloha č. 10: Zimní pneumatiky
- Příloha č. 11: Výsledky měření zimních pneumatik na mokrém asfaltovém povrchu, výchozí rychlost 50 km/h s aktivním ABS
- Příloha č. 12: Výsledky měření zimních pneumatik na mokrém asfaltovém povrchu, výchozí rychlost 50 km/h s deaktivovaným ABS
- Příloha č. 13: Výsledky měření zimních pneumatik na kluzné ploše, výchozí rychlost 50 km/h s aktivním ABS
- Příloha č. 14: Výsledky měření zimních pneumatik na kluzné ploše, výchozí rychlost 50 km/h s deaktivovaným ABS
- Příloha č. 15: Výsledky měření zimních pneumatik na sněhu, výchozí rychlost 50 km/h s aktivním ABS
- Příloha č. 16: Výsledky měření zimních pneumatik na sněhu, výchozí rychlost 50 km/h s deaktivovaným ABS
- Příloha č. 17: Statistické zpracování naměřených dat zimních pneumatik
- Příloha č. 18: DVD