

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

VLIV PARAMETRŮ A VLASTNOSTÍ PNEUMATIK NA JÍZDNÍ DYNAMIKU VOZIDEL

THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS AND PROPERTIES OF TYRES ON THE DRIVING
DYNAMICS OF VEHICLES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PAVEL TOUFAR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. VLADIMÍR PANÁČEK

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Ústav soudního
inženýrství
Akademický rok:
2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Pavel Toufar

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

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

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

Vliv parametrů a vlastností pneumatik na jízdní dynamiku vozidel

v anglickém jazyce:

The Influence of the Parameters and Properties of Tyres on the Driving Dynamics of Vehicles

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V diplomové práci bude proveden rozbor parametrů a vlastností pneumatik s ohledem na jízdní dynamiku. Experimentální část práce se bude zabývat zjišťováním vlivu parametrů a vlastností pneumatik na jízdní dynamiku vozidel.

Cíle diplomové práce:

Experimentálně zjistit vliv parametrů a vlastností pneumatik na jízdní dynamiku vozidel.

Seznam odborné literatury:

[1] BRADÁČ, A.: Soudní inženýrství. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 1999.

ISBN

80-7204-057-X.

[2] KOLEKTIV AUTORU: Automobily 1 až 6. Avid, spol. s r.o. Brno 2007, 2008.

[3] VLK, F.: Dynamika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK. 2005.

ISBN 80-239-0024-2.

[4] VLK, F.: Podvozky motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK. 2006.

ISBN 80-239-6464-X.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá vlivem vlastností a parametrů pneumatik na jízdní dynamiku. V úvodu práce je pojednáno o jízdní dynamice vozidel, důležitosti pneumatik a jejich konstrukci. Druhá část práce je věnována provedení a posouzení vlastního experimentu. Mým experimentem je brzdná zkouška pneumatik různého stavu nahuštění a různých rozměrů. V závěru práce je shrnuta důležitost správného stavu pneumatik.

Abstract

The main aim of this diploma thesis is to deal with the influence of tire properties and parameters of driving dynamics. In the introduction are discussed the driving dynamics of vehicles and the importance of tires and their construction. The second part is devoted to implementation and evaluation of the own experiment. My experiment is to test the braking tire inflation and condition of various different sizes. The conclusion summarizes the importance of proper tire condition.

Klíčová slova

Pneumatika, zpomalení, vlastnosti, tlak, bezpečnost.

Keywords

Tire, deceleration, characteristics, pressure, Safety

Bibliografická citace

TOUFAR, P. *Vliv parametrů a vlastností pneumatik na jízdní dynamiku vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2011. 72 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Vladimír Panáček.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma: Vliv parametrů a vlastností pneumatik na jízdní dynamiku vozidel pod vedením Ing. Vladimíra Panáčka jsem zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje

V Brně dne 5. 10. 2011

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Vladimíru Panáčkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Především bych poděkoval mé rodině a přátelům za obětavou pomoc a podporu při mých studiích.

V BRNĚ DNE 5. 10. 2011

.....

(podpis autora)

OBSAH

OBSAH.....	9
1 ÚVOD.....	11
2 DYNAMIKA VOZIDEL.....	12
2.1 Jízdní odpory	12
2.2 Hnací ústrojí	13
2.2.1 <i>Ideální charakteristika hnacího motoru</i>	13
2.2.2 <i>Mez přilnavosti, skluz a prokluz</i>	14
2.3 Směrové vlastnosti pneumatik.....	16
2.4 Závislost přilnavosi na huštění a zatížení	17
2.5 Brzdění	20
2.5.1 <i>Průběh brzdění</i>	20
2.5.2 <i>Dráha do zastavení</i>	21
2.5.3 <i>Brzdné síly</i>	21
3 PNEUMATIKY.....	24
3.1 Popis pneumatiky	24
3.1.1 <i>Parametr</i>	24
3.1.2 <i>Vlastnosti pneumatik</i>	25
3.2 Konstrukční prvky pneumatiky	25
3.3 Značení pneumatik	30
3.3.1 <i>Základní údaje</i>	30
3.3.2 <i>Doplňkové údaje</i>	31
3.4 Doporučení výrobce	33
3.4.1 <i>Doporučení Continental</i>	33
3.4.2 <i>Studie Continental</i>	34
3.5 Výtah ze zákona č. 341/2002 Sb	35
4 ZKOUŠENÍ PNEUMATIK.....	38

4.1	Typy zkoušek.....	38
4.1.1	<i>Zkoušky statické</i>	38
4.1.2	<i>Zkoušky dynamické</i>	38
4.1.3	<i>Silniční zkoušky</i>	39
4.1.4	<i>Zkoušení a homologace pneumatik</i>	39
5	EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ,.....	41
5.1	Příprava zkoušky	42
5.1.1	<i>Místo zkoušení</i>	42
5.1.2	<i>Měřicí přístroje</i>	43
5.2	Zkušební vozidlo 1	44
5.3	Cvičné měření.....	46
5.4	Měření brzdného zpomalení	46
5.4.1	<i>Pneumatiky Goodyear 205/55 R16</i>	46
5.4.2	<i>Pneumatiky Sebring formula S3 205/55 R16</i>	50
5.4.3	<i>Pneumatiky BF Goodrich 195/55 R15</i>	53
5.4.4	<i>Pneumatiky barum polaris 2 195/65 R15</i>	56
5.5	Hodnocení srovnání pneumatik.....	60
5.6	Subjektivní hodnocení tlaku v pneumatikách z pohledu řidiče	60
5.7	Experimentální měření, dojezdové kolo	61
5.7.1	<i>Zkušební vozidlo 2</i>	61
5.7.2	<i>Měření zpomalení</i>	62
5.7.3	<i>Vyhodnocení</i>	66
5.7.4	<i>Jízda s dojezdovým kolem</i>	66
6	ZÁVĚR.....	67
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	68
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	70
9	SEZNAM TABULEK	72

1 ÚVOD

Podle statistik je stále velmi mnoho osob připraveno o život nebo těžce zraněno při dopravních nehodách. Podle vývoje posledních let se snižuje počet dopravních nehod při, kterých jsou účastníci připraveni o život. Tento pozitivní trend má několik faktorů, těmi nejvýznamnějšími jsou zvýšení aktivní i pasivní bezpečnosti automobilů, ale také větší obezřetnost a informovanost ostatních účastníků silničního provozu.

Jednou z příčin dopravní nehody je ztráta kontroly nad vozidlem, která může být způsobena různými vlivy. Nejvýznamnějšími prvky jsou nepřiměřená rychlost, přecenění řídičských schopností, jiné aktivity při řízení, nebo špatný technický stav vozidla, případně vozovky. Jelikož jsou pneumatiky spojujícím dílem mezi vozidlem a vozovkou je jejich stav, parametry a vlastnosti nedílnou součástí aktivního zabezpečení vozidla.

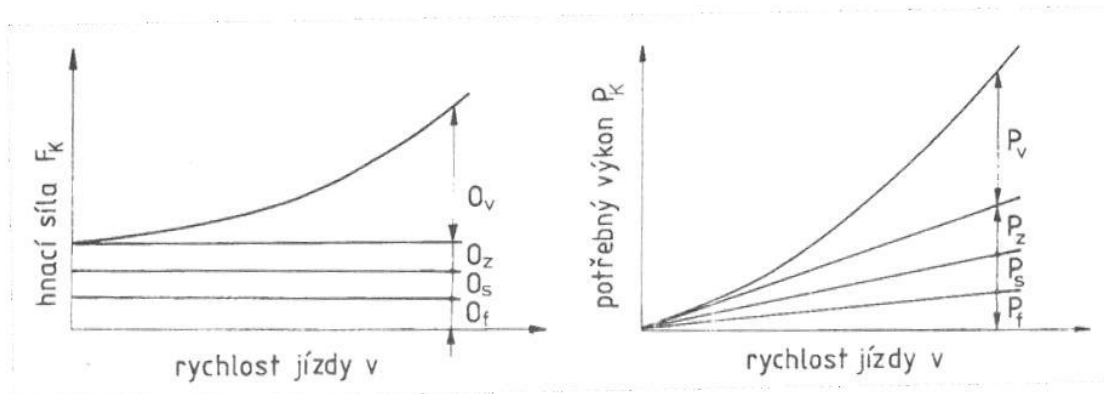
Výroba pneumatik je přísně kontrolována a podléhá normám na stanovení kvality, technologie a zkoušení. Také je výrobcem vozidla v součinnosti s výrobcem pneumatik stanoveno jak a na jakou měrnou hodnotu udržovat správný tlak.

Jako cíl své práce jsem si dal experimentálně zjistit, jak ovlivňují vlastnosti a parametry pneumatiky jízdní dynamiku se zaměřením na správné nahuštění, rozměry na zpomalení vozidla. Také jak může negativně ovlivnit chybně zvolený tlak nahuštění bezpečnost. Druhá část experimentu je posoudit jaký vliv má použití dojezdového kola při plném brzdění.

2 DYNAMIKA VOZIDEL

Vozidlo je poháněno jedním či více zdroji hnací síly, čímž může být spalovací motor, či elektromotor. Hnací síla musí překonat součet odporů. Celkový výkon P_K , který musí být převeden na kola, se vypočítá ze vztahu

$$P_K = F_K \cdot v = \frac{M_K}{r_d} \cdot v$$



Obr. 1: Závislost hnací síly F_K a hnacího výkonu P_K na rychlosti [2]

2.1 JÍZDNÍ ODPORY

Hnací síla vozidla F_K musí při jízdě vozidla překonávat jízdní odpory, přičemž platí vztah: $F_K = O_f + O_v + O_s + O_z$

Valivý odpor O_f

Lze vypočítat podle vztahu $O_f = f \sum Z_{Ki} = fG \cos \alpha$

kde f je součinitel valivého odporu, Z_{Ki} je radiální zatížení jednoho kola, G je tíha a úhel α je úhel stoupání.

Vzdušný odpor O_v

Lze vypočítat podle vztahu $O_v = c_x \frac{\rho}{2} S_x v_r^2$

kde v_r je náporová rychlost proudění vzduchu kolem vozidla. Náporová rychlost v_r se skládá z rychlosti, kterou automobil projíždí klidným vzduchem a z rychlosti větru. Pro běžné

výpočty se však vliv větru zanedbává. S_x je čelní plocha vozidla, která se získává čelní projekcí vozidla. ρ je měrná hmotnost vzduchu. Pro běžné výpočty se používá hodnota $\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$. c_x je součinitel vzdušného odporu, který závisí především na tvaru vozidla a zjišťuje se na reálných vozidlech, či modelech v aerodynamickém tunelu.

Odpor stoupání O_s

Počítáme jej ze vztahu $O_s = \pm G \sin \alpha$

kde G je tíha vozidla a α je úhel stoupání. Znaménko plus platí při jízdě do svahu, znaménko minus při jízdě ze svahu.

$$\text{Odpor zrychlení } O_z \quad O_z = O_{z_p} + O_{z_r} = \left(m + \sum_i \frac{J_{ki}}{r_{di}} \right) X$$

Celkový odpor zrychlení se skládá ze dvou částí:

odporu zrychlení posuvné části $O_{z_p} = mx$

$$\text{a z odporu zrychlení otáčejících se částí } O_{z_r} = \left(m + \sum_i \frac{J_{ki}}{r_{di}} \right) x \quad [2]$$

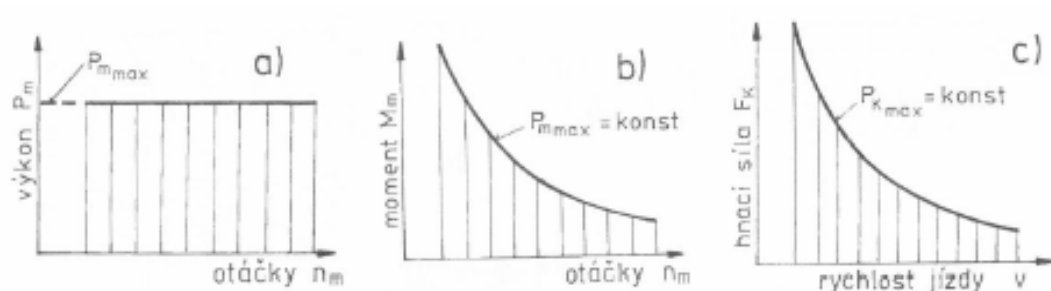
2.2 HNACÍ ÚSTROJÍ

2.2.1 Ideální charakteristika hnacího motoru

Výkon hnacího motoru P_m závisí na jeho otáčkách n_m . Motor má maximální výkon $P_{m \max}$ jen v určitém rozmezí otáček $n_m(P_{m \max})$. Ideální průběh výkonu nastane v případě, kdy výkon motoru je konstantní v celém rozsahu otáček motoru $P_m = p_{m \max} = \text{konst.}$, Obr 2a

$$p_{m \max} \approx m_n n_m \quad M_m \approx \frac{P_{m \max}}{n_m}$$

Závislost $P_{m \max}$ na Obr 2a nepokračuje až do $n_m = 0$ protože podle výše uvedeného vzorce by moment motoru vzrostl až na nekonečně velkou hodnotu. Protože hnací síla na kolech je přímo úměrná točivému momentu motoru a rychlost jízdy je také přímo úměrná otáčkám motoru. Na Obr 2c je zobrazena tzv. ideální hyperbola hnací síly. Na kola vozidla není možné přenést libovolně velkou hnací sílu, protože je omezená přilnavostí pneumatik a konstrukcí jednotlivých částí vozidla. [2]

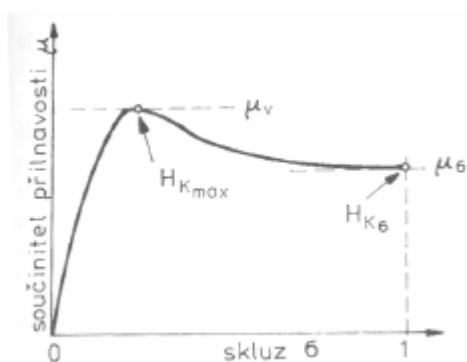


Obr 2 Ideální charakteristik[2]

2.2.2 Mez přilnavosti, skluz a prokluz

Maximální přenositelná obvodová síla mezi kolem a vozovkou je podle experimentálních výsledků určena vztahem $H_{k\max} = \mu_v Z_K$ kde μ_v je součinitel valivé přilnavosti v podélném směru kola. Pokud je hnací moment kola MK příliš velký, pak dochází ve stopě pneumatiky k prokluzování. Dosáhne-li podélný skluz hodnotu $\sigma = 1$, pak se přenášená obvodová síla vypočte ze vztahu $H_{k\sigma} = \mu_\sigma Z_K$ kde μ_σ je součinitel skluzové přilnavosti. Skluz je tedy rozdíl mezi obvodovou rychlostí kola a rychlostí vozidla. V případě pohonu vztažený na rychlost kola, v případě brzdění na rychlost vozidla. Silové poměry mezi svislým zatížením a obvodovou silou vyjadřuje součinitel využívané přilnavosti $\mu = \frac{H_K}{Z_K}$ [2]

Závislost součinitele μ na skluzu kola je na Obr. 3



Obr. 3 Skluzová charakteristika pneumatiky[3]

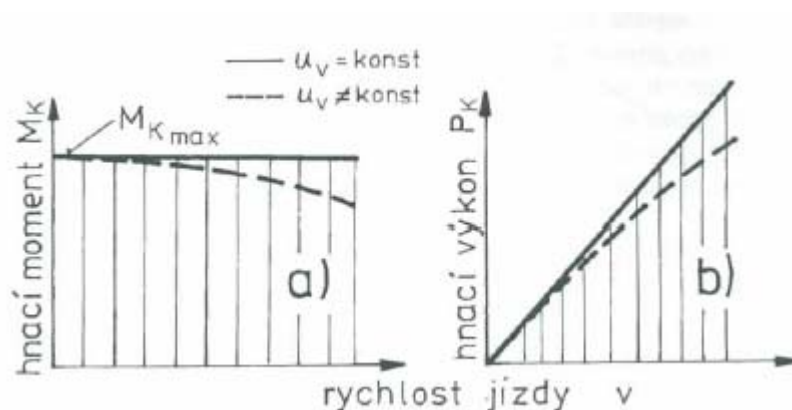
Orientační hodnoty součinitele valivé přilnavosti μ_v v závislosti na povrchu vozovky jsou uvedeny v následující tabulce

Vozovka		Hodnota	Vozovka		Hodnota
Beton	Suchý	0,8-1,0	Asfalt	Suchý	0,6-0,9
	Mokrý	0,5-0,8		Mokrý	0,3-0,8
Dlažba	Suchý	0,6-0,8	Makadam	Suchý	0,6-0,8
	Mokrý	0,3-0,5		Mokrý	0,3-0,5
Polní cesta	Suchý	0,4-0,6	Tráva	Suchý	0,4-0,6
	Mokrý	0,3-0,4		Mokrý	0,2-0,5
Hluboký písek, sníh		0,2-0,4	Náledí		0,1-0,3

Tabulka 1: Součinitelé přilnavosti pro různé povrchy vozovky[3]

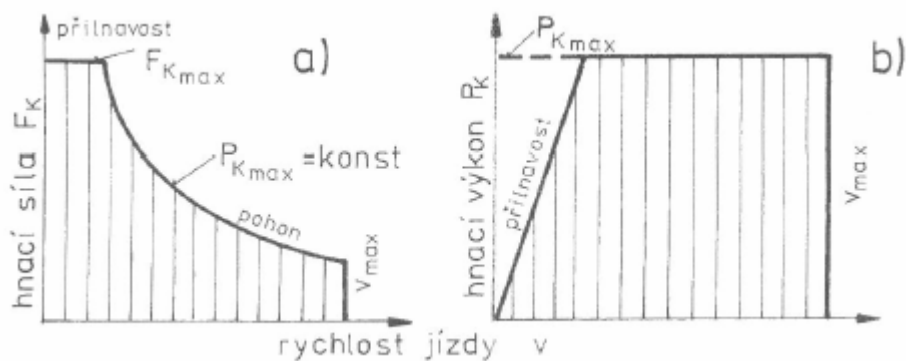
Hnací nebo brzdné momenty přiváděné na kolo musí být takové, aby nevzniklo prokluzování, popřípadě blokování kol. V takovém případě je zaručen největší přenos obvodových sil. Také je nutné zabránit prokluzování, protože klouzající kolo v případě účinku kolmých k podélné rovině kola se může smýkat v příčném k směru jízdy.

Předpokládáme-li, že součinitel valivé přilnavosti μ *v* nezávisí na rychlosti, pak pro přenesený hnací moment a přenesený hnací výkon dostáváme charakteristicky znázorněné na Obr. 4 (vytažené čáry)



Obr. 4 Omezení rychlostních charakteristik přilnavosti: a) hnací moment na kolech b) hnací výkon na kolech[3]

Přilnavost vozovky není mezi hnacího motoru, ale vyjadřuje poměr mezi hnacími koly a povrchem vozovky. Je zbytečné překračovat meze $M_{k \max}$ a $P_{k \max}$ protože pak dochází k nežádoucímu prokluzování kol[2]



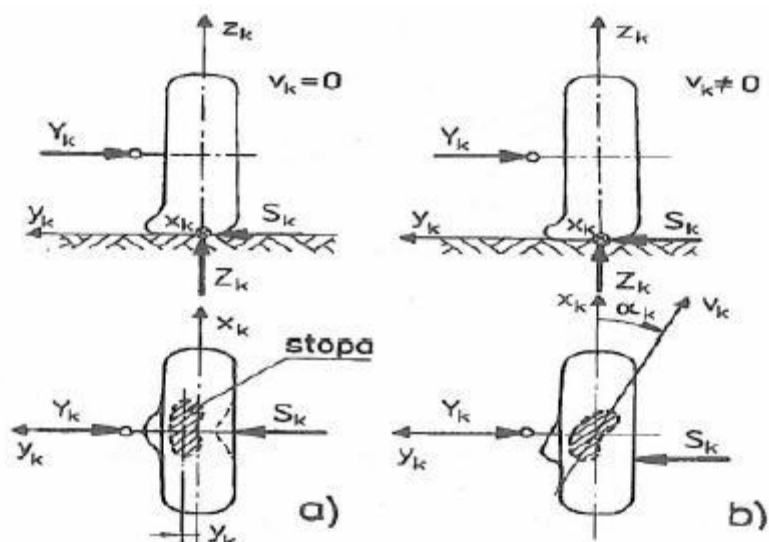
Obr. 5: Ideální rychlostní charakteristika pohonu vozidla omezená přilnavostí, maximální výkon a maximální rychlostí jízdy[3]

2.3 SMĚROVÉ VLASTNOSTI PNEUMATIK

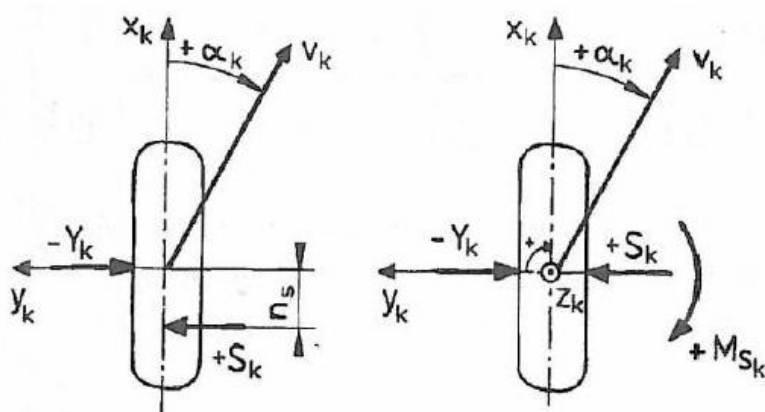
Pokud na kolo nepůsobí boční síla, je střední rovina kola totožná s podélnou osou stykové plochy pneumatiky s vozovkou – stopou. Působí-li v ose otáčení kola boční síla Y_k (Obr. 6a), pak ve stopě vznikne vodorovná boční reakce Y_k – boční vodící síla kola. Proto dojde k prudké deformaci pneumatiky v bočním směru a osa stopy se vzhledem k podélné rovině kola vychýlí o hodnotu, která závisí na velikosti boční síly a boční tuhosti pneumatiky. Začne-li se kolo otáčet (Obr. 6 b), pak jednotlivé elementy na povrchu pneumatiky přicházejí do styku s vozovkou bočně vysunuty proti těm elementům, které jsou již ve styku s vozovkou a osa stopy se tím vychýlí o úhel α_k . Valící se pneumatika, která je zatížena boční silou se tedy nepohybuje ve směru podélné osy kola. Úhel mezi vektorem rychlosti pohybu kola v_k a podélnou osou kola x_k se nazývá úhel směrové odchyly α_k . Odvaluje-li se kolo se směrovou úchylkou, vznikají ve stopě pneumatiky elementární síly, které vzrůstají směrem k zadnímu konci stopy. Jejich výslednice, tzn. boční vodící síla S_k neleží tedy v ose otáčení kola y_k , ale je posunuta směrem dozadu (Obr. 7). Rameno boční vodící síly vzhledem k příčné ose kola nazýváme závlekm pneumatiky n_s . Přeložíme-li boční sílu S_k do příčné osy kola, pak na kolo musí působit ještě moment

$$M_{sk} = S_k n_s$$

Tento moment natáčí kolo kolem jeho svislé osy do skutečného směru valení kola (do směru rychlosti v_k), a proto je nazýván vratným momentem pneumatiky (kola). [2]



Obr. 6 Vznik boční vodící síly kola S_k a směrové úchylky α_k při působení boční síly a) stojící, b) valící se [3]



Obr. 7 Vratný moment M_{sk} a závlek pneumatiky n_s na valícím se kole se směrovou úchylkou [3]

2.4 ZÁVISLOST PŘILNAVOSI NA HUŠTĚNÍ A ZATÍŽENÍ

Valivý odpor závisí na radiální deformaci u a kontaktním tlaku P_{mc} , v první aproximaci

$$R(p, F_R) \approx a_0 + a_1 u + a_2 P a_2 P_{mc}$$

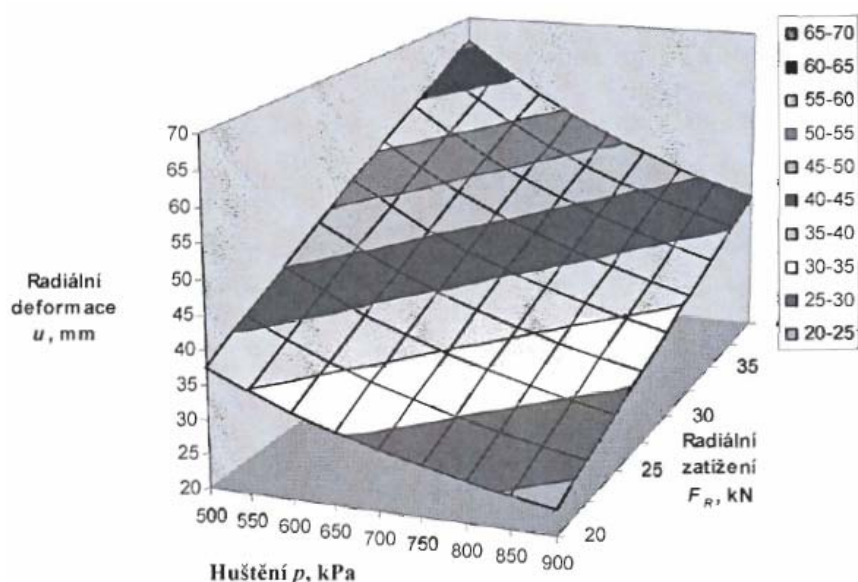
Na Obr. 8 Pásový model je založen na objemové práci vzduchu a důsledně využívá příslušnou teorii meridiánu radiální pneumatiky. Z objemových změn vypočtených tímto způsobem plynu nelinearita pružného podkladu při měřící se radiální deformaci. U pásového modelu se velmi jednoduše může brát v úvahu také odstředivé zrychlení.

Nalezení odhadů b_0 , b_1 , b_3 koeficientů β_0 , β_1 , β_2 pneumatiky 295/80 R22,5 se provádí experimentálně

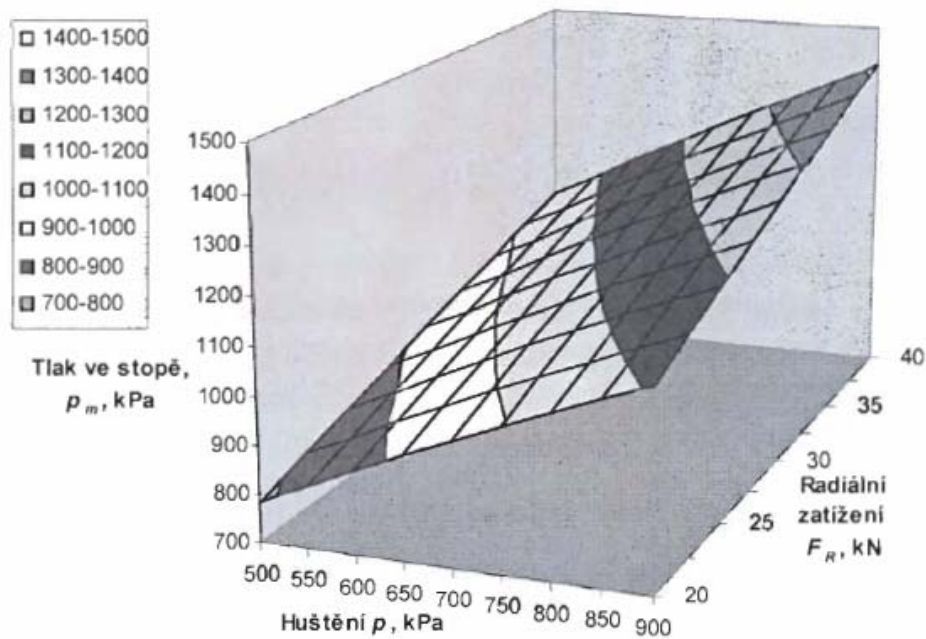
Dostatečně velká oblast pro změny zatížení F_R a huštění při konstantní rychlosti se určuje pásovým modelem tak, aby se vyloučila destrukce pneumatiky během zkoušení. Radiální deformace byla limitována 50 mm a maximální tlak ve stopě hodnotou 1,2 MPa. V odpovídající oblasti byly zvoleny experimentální body, jak je předvádí Obrázek 9 ukazující veličiny P_{mc} jako funkce hustičiho přetlaku p a radiálního zatížení F_R u pneumatiky 295/80 R22,5 na bubnu s průměrem 2 m vypočteného pásovým modelem. [5]

Funkce $u(p, F_R)$, $P_{mc}(p, F_R)$ vypadají jako docela jednoduché a hladké. Proměnné p, F_R mohou být voleny nezávisle a koeficient valivého odporu se dá aproximovat následující

$$\text{funkcí } 1000 \mu(p, F_R) \approx \beta_0 + \beta_1 F_R + \beta_2 \frac{1}{p} \quad [5]$$



Obr. 8 Radiální deformace u pneumatiky 295/80 R22,5 na bubnu 2m vypočtené pásovým modelem[5]

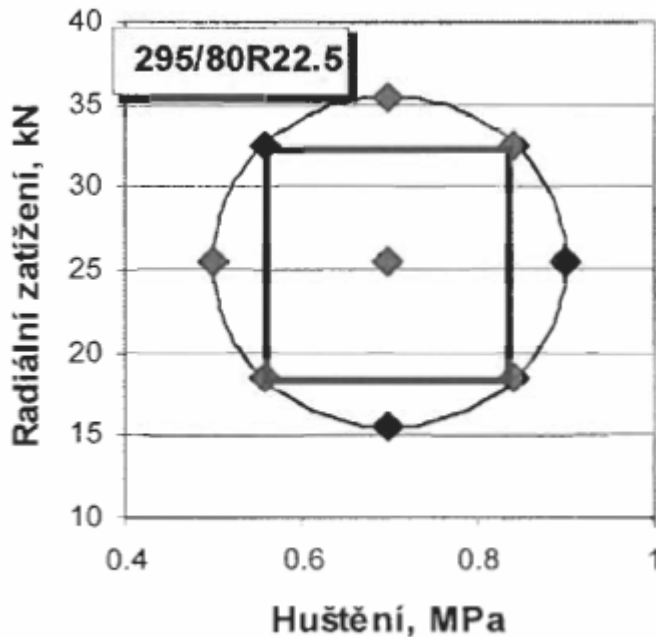


Obrázek 9 Kontaktní tlak p_{mc} pneumatiky 295/80 R22,5 na bubnu 2m vypočtený pásovým modelem[5]

Pásový model je založen na objemové práci vzduchu a důsledně využívá příslušnou teorii meridiánu radiální pneumatiky. Z objemových změn vypočtených tímto způsobem plyne nelinearita pružného podkladu při měnící se radiální deformaci. U pásového modelu se velmi jednoduše může brát v úvahu také odstředivé zrychlení.

Nalezení odhadů b_0, b_1, b_2 koeficientů $\beta_0 \beta_1 \beta_2$ u pneumatik 295/80R22,5 se provádí experimentálně

Dostatečně velká oblast pro změny zatížení F_R a huštění p při konstantní rychlosti se určuje pásovým modelem tak, aby se vyloučila destrukce pneumatiky během zkoušení. Radiální deformace byla limitována 50 mm a maximální tlak ve stopě hodnotou 1,2MPa. V odpovídající oblasti byly zvoleny experimentální body, jak je předvádí Obr. 10 [5]



Obr. 10 Plán experimentu pro stanovení funkce $\mu(p, F_R)$ u pneumatiky 295/80 R22,5 [5]

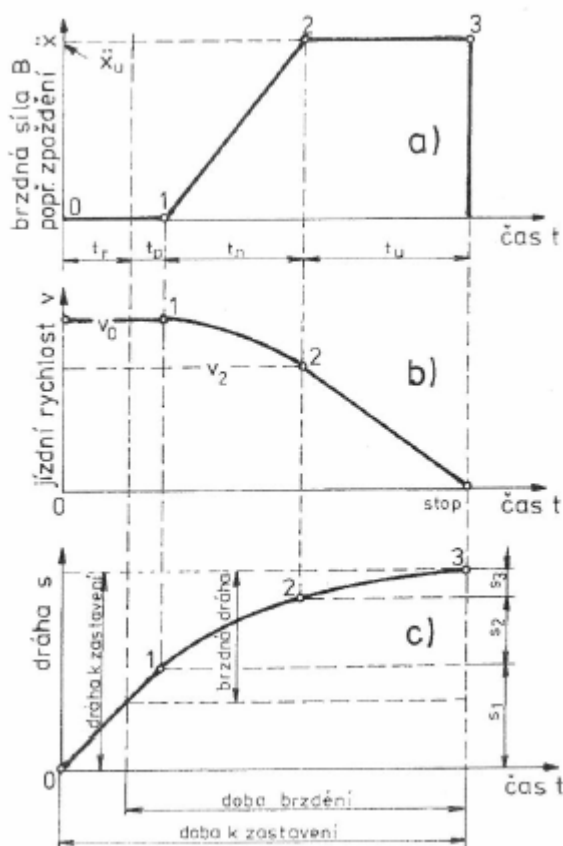
2.5 BRZDĚNÍ

Brzděním rozumíme úmyslné snižování rychlosti vozidla, neboli zpomalení, nebo udržení vozidla v klidové poloze. Rozlišujeme více druhů brzdění vozidla podle účelu a to provozní, nouzové, parkovací a odlehčovací. **Provozní** brzdění musí umožnit dobrou ovladatelnost vozidla při jeho provozu, jeho účinné a dostatečně rychlé zastavení při všech možných rychlostech, zatíženích, na nejrůznějších svahových sklonech. **Nouzové** brzdění musí dovolovat zastavení vozidla v případě, kdy dojde k poruše provozního brzdění. **Parkovací** brzdění musí zajistit udržení vozidla na svahu. **Odlehčovací** brzdění umožňuje omezení rychlosti či její dodržení při jízdě ze svahu.

2.5.1 Průběh brzdění

Brzdění chápeme jako účelové snižování rychlosti. Na následujících diagramech jsou znázorněny v závislosti na času. Brzdění rozdělujeme na několik etap. První se nazývá reakční doba t_r . Je to doba, která uplyne v čase od zpozorování překážky do doby, než začneme působit na brzdový pedál. Další doba se nazývá reakční t_p , je to čas než se začne projevovat účinek brzdění, také se dá nazvat jako prodleva brzd. Během této doby se musí vymezit vůle a brzdové obložení, musí dolehnout na třecí plochu brzd, což může být brzdový kotouč, nebo jiná část, v závislosti na konstrukci brzdového systému. Během této doby se rychlost téměř nemění a v tomto úseku ujede určitou dráhu. Další část se nazývá náběh

brzdění t_n což je doba od začátku působení brzd až po maximální brzdění, brzdná síla se zvyšuje. Další úsek je plné brzdění t_u u, kterého předpokládáme, že zpoždění je konstantní. Toto brzdění je až do úplného zastavení, nebo do uvolnění brzdového pedálu. [3]



Obr. 11: Průběh brzdění[3]

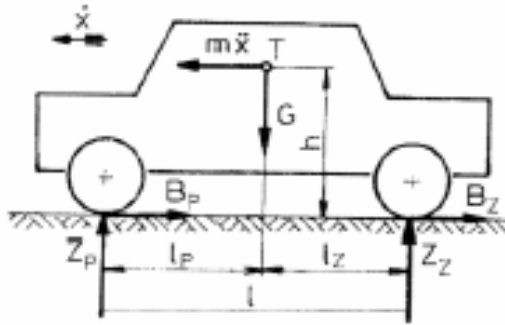
2.5.2 Dráha do zastavení.

Je to vzdálenost, kterou ujede vozidlo od doby zpozorování překážky do úplného zastavení. Dělí se v závislosti na časech popsanych v průběhu brzdění.

2.5.3 Brzdné síly.

Brzdění je záporné zrychlení vozidla. Také obvodové síly na kolech jsou záporné. Poměr záporného zrychlení k tíhovému nazýváme poměrným zpomalením $z = -\frac{x}{g}$

V těžišti vozidla působí setrvačná síla $m \cdot x = G \cdot z$ na nápravách pak působí brzdné síly B_p a B_z , k rozdělení brzdné síly na nápravách se používá regulace brzdných sil. Přičemž platí vztah $B_p + B_z = G \cdot z$ Rozložení působících sil působících na vozidlo při brzdění je znázorněno na následujícího obrázku.



Obr. 12 Síly působící na vozidlo při brzdění[3]

Ideálními brzdnými silami jsou nazývány maximální přenositelné brzdné síly na nápravách vozidla

$$B_{Pid} = B_{Pmax} = \mu_V Z_P$$

$$B_{Zid} = B_{Zmax} = \mu_V Z_Z$$

Skutečné brzdné síly lze vyjádřit podobně

$$B_P = f_P Z_P$$

$$B_Z = f_Z Z_Z$$

Kde f_P a f_Z jsou součinitelé využívané přilnavosti pro přední a zadní nápravu. Součinitel využívané přilnavosti je dán poměrem obvodové síly kola k svislému zatížení kola a charakterizuje právě se vyskytující poměry ve stopě. V případě, kdy součinitelé využívané přilnavosti na přední a zadní nápravě jsou stejně velké a rovny součiniteli valivé přilnavosti $f_P = f_Z = \mu_V$ jedná se o tzv. ideální rozložení brzdných sil. Poměr skutečného a poměrného zpomalení z a ideálního $z_{id} = \mu_V$ jen u tzv. stupeň využití přilnavosti.

$$\varepsilon = \frac{z}{\mu_V} = \frac{B}{\mu_V G}$$

Maximální obvodové i brzdné síly jsou omezeny přilnavostí třecí dvojice pneumatika – vozovka. Největší přenositelné brzdné síly jsou tedy

$$B_{Pmax} = \mu_V Z_P$$

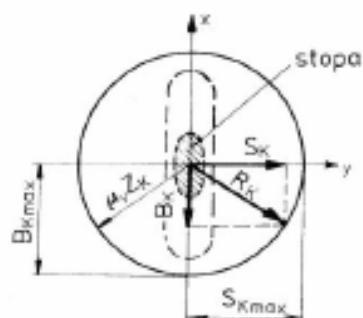
$$B_{Zmax} = \mu_V Z_Z$$

Kde μ_V je součinitel přilnavosti v podélném směru valení pneumatiky.

Pokud ve stopě pneumatiky působí mimo obvodovou sílu také boční síla, pak nesmí být geometrický součet těchto sil větší než určitá hodnota, která závisí na přilnavosti, aby nedošlo ke smyku. Pokud je přilnavost pneumatiky stejná v podélném i příčném směru (Kammova kružnice přilnavosti Obr. 13), pak výslednice sil $R_K = \sqrt{B_K^2 + S_K^2} \leq \mu_V \cdot Z_K$ kde B_K je brzdná síla kola, S_K je boční vodící síla kola a Z_K je radiální reakce kola. Geometrickým místem koncových bodů vektoru výsledné přenositelné vodorovné síly R_K je kružnice opsaná ze středu stopy poloměrem $\mu_V Z_K$. Bude-li brzdná síla na kole rovna maximální přenositelné síle

$$B_K = B_{K \max} = \mu_V Z_K$$

Pak podle Obr. 13 je boční síla kola S_K rovna nule a kolo není bočně vedeno. Je-li brzdná síla větší, než $B_{K \max}$ pak dochází k zablokování kola a to se pohybuje ve směru boční vodící síly. [3]



Obr. 13 Kammová kružnice přilnavosti[3]

3 PNEUMATIKY

3.1 POPIS PNEUMATIKY

Pneumatikou rozumíme plášť případně s duší, ochranou vložkou nebo bezdušovým ventilem namontovaným na ráfek a naplněný stlačeným plynem, případně tekutinou. Ochranná vložka se používá jen u některých typů ráfků. U bezdušových pneumatik funkci duše přebírá pneumatika a bezdušový ventilem. Plášť je pružná vnější část pneumatiky, která zajišťuje styk s vozovkou a která dosedá svou patkovou částí na ráfek. V praxi bývá pojem plášť často zaměňován za pojem pneumatika a naopak.

Dle názorů odborníků jsou brzdy a pneumatika jedním z nejdůležitějších konstrukčních částí automobilu, navíc jsou na sobě závislé. Ovšem pneumatika plní více funkcí než samotné brzdy. Kolo s pneumatikou je spojovacím článkem mezi vozidlem a vozovkou.[1]

Vynález a rozvoj pneumatiky byl nutný již v 19. století, protože tehdejší silniční vozidla se pohybovala rychlostí až 20 km/h. Jízda takovou rychlostí na dřevěných kolech s kovovou obručí nebylo téměř možno. Prvním mezníkem ve vývoji pneumatik v roce 1839 byl vynález tepelné vulkanizace kaučuku sírou vynalezen p. Goodyear. Toto jméno se používá do současnosti. První patent na primitivní pneumatiku, hadici plněnou vzduchem získal v roce 1845 p. Robert William Thompson. Další známé jméno je J. B Dunlop, který obdržel britský patent na pneumatiku plněnou vzduchem v roce 1888, o šest let později byl udělen patent na pneumatiku, jejíž patka byla zpevněna drátem. Pneumatiky se dále vyvíjel spolu s vývojem vozidel, kde jsou kladeny vyšší nároky na konstrukci a vlastnosti pneumatik a do současnosti.[4]

3.1.1 Parametr

Parametr obecně je soubor veličin charakterizující stav, dej, jev nebo proces určitého prvku.[18] Parametry jsou konkrétní údaje, v našem případě jsou parametry pneumatik zejména rozměry jako šířka, výška, dále typ konstrukce, průměr, index nosnosti, rychlosti, nebo také tlak huštění, rychlost odvalování, úhel mezi směrem stopy a střední rovinou pneumatiky.

3.1.2 Vlastnosti pneumatik

Obecně jsou podstatné znaky věci nebo jevu, v základu můžeme vlastnosti dělit na chemické a fyzikální, mezi chemické patří například chemické složení, schopnost reagovat na jiné materiály a odolnost proti nim. A mezi fyzikální například součinitel roztažnosti, hustota, tvrdost.

Vlastnosti pneumatik Vlastností můžeme také rozumět také jako schopnosti pneumatik, například směrová stabilita, odvod vody, odolnost na akvaplanink, valivý odpor, hystereze, prokluz mezi pneumatikou a vozovkou.

3.2 KONSTRUKČNÍ PRVKY PNEUMATIKY

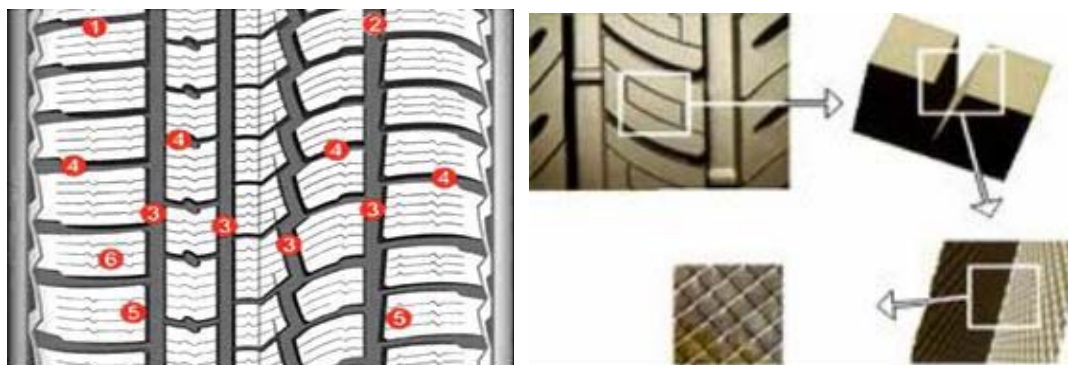
„Plášť pneumatiky se skládá z devíti hlavních strukturních částí vyznačených na následujícím obrázku v řezu pneumatikou michelin: běhoun (1), vzorek pozitivní (2), vzorek negativní - drážka (3), rameno pneumatiky (4), bočnice (5), kostra pneumatiky a patka pláště (6), patní lano (7), nárazník (8), PA nárazník a praporek (9),



Obr. 14 konstrukční prvky pneumatiky[7]

Běhoun je část pláště opatřená vzorkem a zajišťující styk kola s vozovkou. Jeho tloušťka má vliv na zahřívání pneumatiky, a z toho důvodu by měl být co nejtenčí. V praxi se tedy tloušťka běhounu volí tak, že vzorek s drážkou tvoří přibližně 80% a hmota asi 20%. To však neplatí u plášťů pro nákladní vozidla, u nichž je většinou běhoun konstruován pro možnost dalšího prořezání drážek vzorku. U plášťů pro osobní vozy je prořezávání zakázáno. Vzorek běhounu se někdy nazývá dezén. V praxi může být plášť pneumatiky opatřen dvouvrstvým běhounem. Vrchní vrstva běhounu má vysokou odolnost proti opotřebení a spodní vrstva běhounu je vyrobena tak, aby měla co nejmenší hysterezní ztráty při

dynamickém namáhání. Nízké hysterezní ztráty znamenají nízké teplotní namáhání pneumatiky. Funkce: Vnější část – životnost a dostatečná adheze s vozovkou; Vnitřní část – snížení valivého odporu, ochrana kostry a nárazníku před mechanickým poškozením. Právě dostatečná adheze na všech druzích povrchů a za všech klimatických podmínek je dominantním úkolem běhounu pneumatiky. Z výsledku praktických zkoušek a testů a vývoje se vytváří systém rozmístění a tvar drážek a segmentů běhounu



Obr. 15 popis pneumatiky[7]

Vnější zóna (1) je nejvíce zatěžována a namáhána při jízdě a jízdních manévrech. Je tvořena tuhými, pevnými bloky, které mají zabezpečit co nejlepší jízdni stabilitu vozidla a přesné a bezpečné ovládání. Vnitřní zóna pneumatiky (2) má díky příčným drážkám výrazně posilující účinek záběru na sněhu a blátě. Je konstruována tak, aby dokázala zajistit dostatečný odvod vody při jízdě na mokrých vozovkách. Čtyři široké obvodové drážky (3) mají za úkol zajistit dostatečné držení směru jízdy a jsou důležité při odvodu vody z kontaktní plochy pneumatiky s vozovkou. Příčné drážky (4) jsou umístěny ve výrazně tangenciálním směru ke směru jízdy. Mají za úkol efektivně odvádět vodu při jízdě na mokré vozovce a starat se o co nejlepší záběr na sněhu. Různě široké bloky ve vnitřní i ve vnější zóně (5) částečně eliminuje hluk vznikající při odvalování pneumatiky. Husté lamelování (6) zvyšuje záběrovou a brzdící schopnost pneumatiky. Při akceleraci nebo brzdění dojde v místě styku s vozovkou k rozevření a natočení lamel, a vznikne tak velké množství záběrových hran, které přispívá k lepším adhezním schopnostem pneumatiky převážně na mokré a zledovatělé vozovce. Při rozevření lamel se do prostoru odvede voda, čímž se zmenší množství vody, které odděluje kontaktní plochu od vozovky. Při přenosu bočních sil se lamely jednoho bloku do sebe zaklesnou a nerozevrou se. Vznikne tak blok s vyšší tuhostí, který je příčinou lepší boční stability a nižšího opotřebení. Množství, tvar a rozmístění lamel má významný vliv na vlastnosti pneumatiky. Na obrázku je zobrazeno revoluční patentované řešení lamel Michelin.

Po rozevření lamely zde zachytávají o vozovku vnitřní plošky lamel, jejichž povrch je uměle zdrsňen.

Nárazník tvoří přechod mezi běhounem a kostrou pláště. Úkolem nárazníku je stabilizovat běhoun v obvodovém směru a zvyšovat odolnost pláště proti průrazu a poškození. U radiálních pneumatik zachycuje nárazník prakticky veškerá namáhání v obvodovém směru běhounové části pneumatiky. U nákladních automobilů se používají v průměru tři až čtyři, u osobních pak většinou dvě nárazníkové vrstvy. Radiální pneumatiky mají dnes již téměř výhradně nárazník prokládaný ocelovým kordem (pneumatiky Steel).

Polyamidový (PA) nárazník je umístěn nad nárazníkem. Někdy se označuje též jako překrývací nárazník. Jeho kordy jsou v pneumatice uloženy ve směru odvalování (úhel 0°). Nad nárazníkem bývá obvykle položen v jedné nebo ve dvou vrstvách. Materiál: Pogumovaný polyamidový kord. Funkce: Díky vyztužení spodní části běhounu umožňuje dosažení velmi vysokých rychlostí bez obvodové deformace pneumatiky. Má vliv na snížení valivého odporu, zlepšení jízdního komfortu.

Nárazník - materiál: Pogumovaný ocelový kord s kordovými vlákny uloženými ke směru odvalování pod malým úhlem ($15 - 20^\circ$). Funkce: Zajišťuje odpovídající životnost pneumatiky, stabilizuje běhoun, předchází hlubokému poškození kostry pláště, jeho konstrukce má veliký vliv na snížení valivého odporu.

Bočnice je vyrobena z přírodního kaučuku, který je časově odolný, pevný v tahu a odolný proti vzniku a růstu trhlin. Zajišťuje ochranu kostry před vnějšími vlivy. Nepodléhá stárnutí a vydrží mnohonásobný ohyb. Spojuje patky pláště s běhounem. Stárnutí je u bočnice způsobeno vlivem kyslíku obsaženého ve vzduchu. Stárnutí je zabráněno přidáváním antioxidantů, antiozonantů do kaučukové směsi bočnice. Tyto přísady na sebe vážou atmosférický kyslík a ozón. Na bočnici najdeme vyznačeny všechny potřebné údaje identifikující daný plášť.

Ochranný patní pásek je vyroben ze syntetického kaučuku. Jeho úkolem je předcházet erozi patky pláště v místě styku s ráfkem a zabezpečovat těsnost a pevné spojení s ráfkem.

Výztužný pásek má za úkol zpevňovat a stabilizovat přechodovou oblast mezi patkou pláště a boční stěnou. Je vyroben z pogumovaných nylonových nebo aramidových kordů.

Patka pláště zesiluje boční část pláště, která v oblasti patních lan dosedá na opěrné plochy ráfku disků kol. Vlivem tlaku vzduchu v pneumatice je patka pláště přitlačována na

ráfky. Patka má za úkol přenášet všechny boční síly vznikající mezi ráfkem a pláštěm a nesmí dovolit únik vzduchu v oblasti opěrných ploch ráfku.

Jádro patky je vyrobeno ze syntetického kaučuku. V pneumatice má za úkol zajišťovat postupný přechod z oblasti patky, která se vyznačuje vysokou tuhostí, do elastické oblasti bočnic pneumatiky. Zabezpečuje velkou boční tuhost pláště a dokonalý přenos příčných sil. Jádro patky obsahuje přídatné textilní nebo ocelové kordové výztuže, které mají za úkol zvýšit ohybovou tuhost patky v nadpatkové části pláště. Díky této zvýšené tuhosti je zmírněno vydouvání pláště v oblasti dosedacích ploch ráfku, a je tak zabráněno možnosti sesmýknutí pneumatiky z disku kola při působení bočních sil.

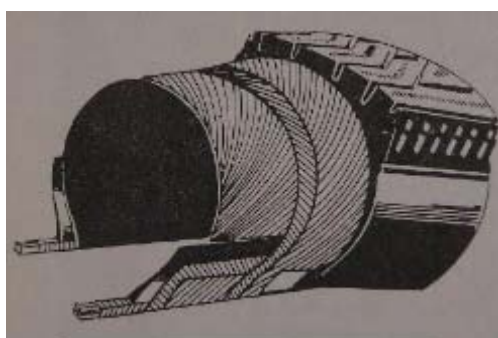
Patní lanko je vyrobeno z pogumovaného svazku vysokopevnostních ocelových drátů. Díky třecím silám vznikajícím mezi pryžovými povrchy vyztužuje patku v obvodovém směru, čímž zaručuje správné a bezpečné usazení pláště na ráfku a těsnost spojení pneumatiky s ráfkem. Okolo patního lanka jsou zakotveny kordové vložky kostry.

Kostra pláště je základní část pláště složená z vložek tvořených kordovými vlákny. Vložky jsou zakotveny kolem patních lan. Její stavba a složení určují základní vlastnosti pláště. Velmi důležitou částí kostry jsou vlastní kordová vlákna, která jsou během procesu pogumování pogumována. Hlavním úkolem kostry je zabezpečit přenos tažného momentu a současně nedovolit změnu tvaru pneumatiky. Dále pak předchází roztržení pneumatiky při pracovním tlaku.

V průběhu vývoje pneumatik se změnil jednak systém kladení vláken (od křížené tkaniny v dávné historii k paralelnímu kladení netkaných kordových vláken v současnosti), a jednak materiál. Vývojově prvním používaným materiálem byl irský len, později nahrazený bavlnou. U těchto materiálů se však projevovaly nectnosti přírodních materiálů (nehomogenita, závislost na vlhkosti apod.), a proto se s příchodem umělých vláken a ocelového kordu od jejich dalšího používání upustilo. Stále se však u některých typů pneumatik používá smluvní vyjádření pevnosti kostry a nosnosti pneumatiky, tzv. Ply Rating (PR), kde číslo přidružené k PR značí, z kolika vrstev bavlněného kordu by musel být plášť zhotoven, aby měl stejnou nosnost jako plášť označený příslušnou hodnotou PR. Dnes se tedy k výrobě vložek pro kostru pneumatiky používají nejčastěji: rayon (obchodní název pro umělé hedvábí), polyesterový kord, ocelový kord, polyamidový kord, kevlarový kord (nové syntetické vlákno používané u speciálních, např. sportovních pláštů).

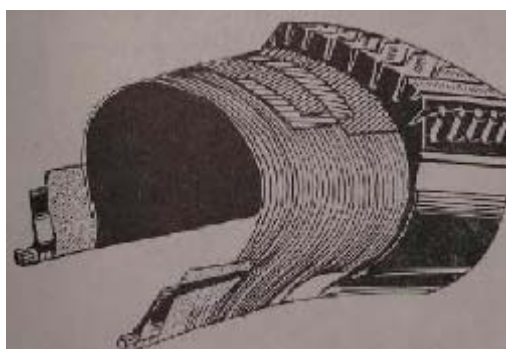
Podle uspořádání kordových vložek v kostře se pláště dělí na: radiální, diagonální a pláště smíšené konstrukce

Diagonální pneumatika má kordové vložky kladeny na sebe tak, že kordy vždy dvou na sobě ležících vložek se navzájem kříží pod úhlem $30^\circ - 40^\circ$. Tyto pláště nemívají nárazník, protože zachycení obvodových sil zajišťuje právě diagonální orientace kordových vláken v kostře. U diagonálního pláště se při zatížení a následné deformaci kordová vlákna neprodlužují, ale posouvají a namáhají pryž mezi nimi na stříh. Tím dochází k většímu vývinu tepla, čemuž odpovídá známý fakt, že se diagonální pneumatika během provozu oproti radiální pneumatice více zahřívá.



Obr. 16: Diagonální pneumatika[7]

Radiální pneumatika má kordy ve všech kordových vložkách kostry vedeny od patky k patce kolmo na rovinu rotace kola. Boční síly zde zachycují kordy v kordových vložkách kostry a o obvodové síly se stará nárazník, v jehož jednotlivých vrstvách jsou kordy kladeny téměř kolmo na kordy kostry.



Obr. 17: Radiální pneumatika[7]

Srovnání diagonální a radiální konstrukce kostry: Radiální pneumatiky zachycují lépe boční síly, což způsobuje, že při zatížení boční silou zůstává větší část radiálního pláště ve styku s vozovkou. A díky nárazníku mají větší obvodovou tuhost pláště. Díky těmto dvěma výhodám vynikají radiální pláště lepší adhezí, nižším opotřebením, větší odolností proti

průrazu a menším valivým odporem. Nevýhodou jsou naopak větší náklady na výrobu, větší choulostivost na špatné nahuštění, a větší hlučnost při jízdě na vozovce s nerovnostmi. I přes tyto nevýhody se dnes pneumatik pro osobní automobily téměř stoprocentně používají pláště radiální konstrukce. U zemědělské mechanizace a především pak u zemědělských strojů je charakteristické, že se pohybují malými rychlostmi po nerovných površích a přenášejí velké boční a obvodové síly. Diagonální plášť je zde vhodnější, jelikož zde působí jako pružící a částečně i tlumící jednotka bočních a obvodových sil, díky čemuž nahrazují chybějící odpružení a tlumení podvozku, které není u těchto strojů příliš používáno. Nestabilní chování vozidla při působení těchto sil díky malým obvodovým rychlostem kol téměř neovlivní bezpečnost jízdy. Veliký rozdíl mezi diagonální a radiální pneumatikou je jízda ve vyjetých kolejkách, protože diagonální pneumatiky mají tendenci z kolejí vyjíždět.

Vnitřní guma má za úkol zabránit úniku vzduchu z prostoru uvnitř pláště. Plní roli duše v bezdušových pneumatikách. Jako materiál pro výrobu vnitřní gumy slouží butylový kaučuk.“[7]

3.3 ZNAČENÍ PNEUMATIK

3.3.1 Základní údaje

Velikost nezátížených pneumatik udávají základní rozměry. Označení pneumatik pro osobní automobily se řídí podle předpisu EHK R-30. Jsou to šířka profilu v milimetrech (205), výška pneumatiky vyjádřená v procentech (55) což je poměr šířky ku výšce a průměr ráfku v palcích (16), dále jsou používány doplňkové hodnoty: označení konstrukce (R), index nosnosti (91) a kategorie rychlosti (V).

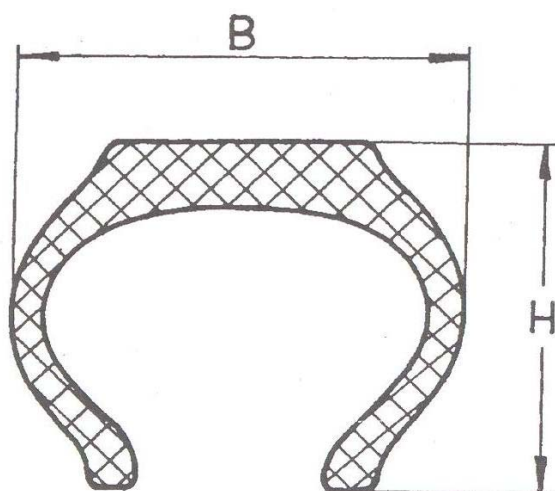
Například 205 /55 R16 91W udává

- a) 205 – jmenovitá šířka pneumatiky B v mm
- b) 55 – profilové číslo pneumatiky, poměr výšky k šířce v % $\left(\frac{H}{B} \cdot 100 \right)$
- c) R – označení konstrukce (R = radiální, „—“, = diagonální)
- d) 16 – jmenovitá průměr ráfku v palcích, (16")
- e) 91 - hmotnostní index pneu (91 odpovídá max. hmotnost 615kg na jednu pneumatiku a celková hmotnost vozidla 2050kg)
- f) W - rychlostní index pneu (písmeno W odpovídá max. rychlosti 270 km/h,

Hmotnostní a rychlostní index udávají, pro jakou nejvyšší hmotnost a rychlost je pneumatika konstruována. Tyto indexy pneumatiky musí odpovídat údajům ve velkém technickém průkazu, případně mohou být vyšší. Udávají nejvyšší konstrukční váhové a rychlostní povolené hodnoty, kterými lze pneumatiku v provozu zatížit.



Obr. 18 značení pneu [11]



Obr. 19 značení pneu [11]

3.3.2 Doplnkové údaje

ZNAČENÍ PNEU NA BOČNICI

C	pro lehká nákladní vozidla, dodávky – dodávkové C pneumatiky
TT / TL	TubeType – dušová u moto pneu a TubeLess – bezdušová pneu
RF , XL	zesílená bočnice pneu (vyšší index nosnosti)

EMT, ROF pro vozy s indikátorem tlaku v pneumatikách

LRR Low Rolling Resistance – snížený valivý odpor

Runflatové pneu – dojezdové pneumatiky, samonosná technologie pneu (dojezd po defektu, ale ne po větším poškození), pneu jsou konstruované, tak aby byly schopny krátkodobého provozu omezenou rychlostí, zpravidla 80km/h, různí výrobci používají své označení

RFT Bridgestone – run flat tyre

SSR Continental – self supporting runflat

DSST Dunlop – dunlop self supporting technology

ROF Goodyear – run on flat

R/F Pirelli

ZP Michelin – zero pressure

CS technologie Continental Conti Seal (samoopravná pneu do průrazu 5mm)

FR, MFS, RPB, FP rim protection – zesílená boční ochrana ráfku pneu před poškozením – ochrání lem na pneumatice proti poškrábání alu kola např. u obrubníku

Dle použití

M+S, MS Mud & Snow – bláto a sníh, označení pro zimní pneumatiky

M/T mud terrain do těžkého blátivého terénu

A / T All Terrain pneu, pro všechny povrchy

AW All Weather (celoroční pneu) do každého počasí

H/T highway terrain pro silniční jízdu

Dle orientace

symetrický – pneumatiku je možno jakkoli měnit a otáčet

směrový – při montáži je nutno dodržet směr otáčení vyznačení šipkou na bočnici pneumatiky

asymetrický – pneumatika má označenou vnitřní – inside a vnější – outside stranu, nutné dodržet při montáži[10]

3.4 DOPORUČENÍ VÝROBCE

3.4.1 Doporučení Continental.

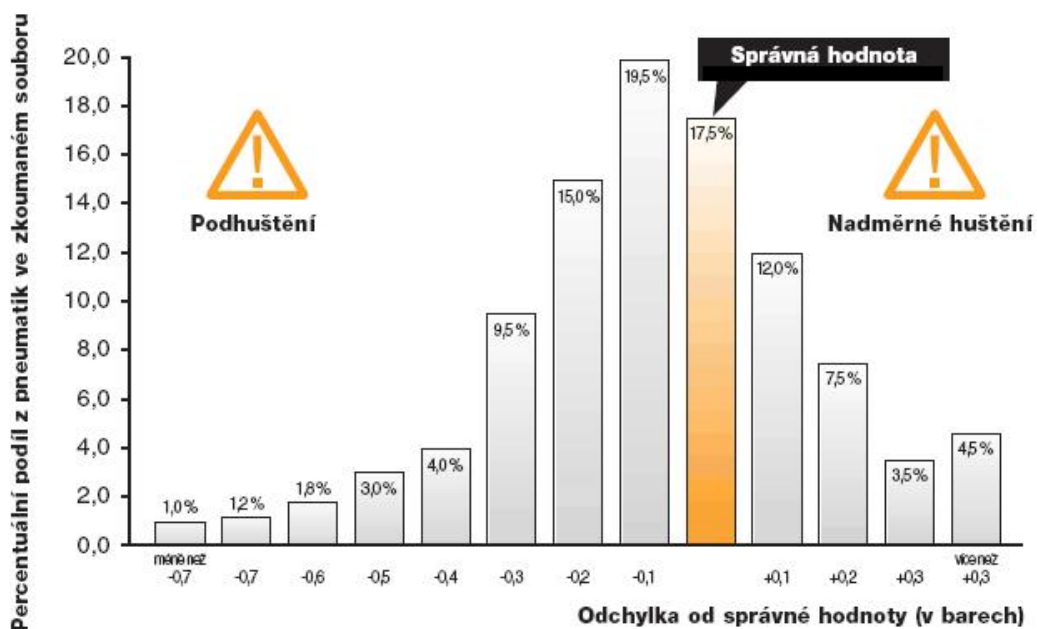
Pneumatika musí být nahuštěna na specifikované hodnoty, určené výrobcem vozidla a pneumatik. Jeho výše se mění v závislosti na nákladu a podmínkách používání vozidla. Tento tlak se vždy vztahuje na chladnou pneumatiku a nesmí klesnout pod tyto hodnoty. Pneumatiky se jízdou ohřívají a vlivem roztažnosti plynů se tlak uvnitř pneumatiky zvyšuje. Pokud by byla takto zahřátá pneumatika upuštěna na provozní tlak, po zchladnutí by klesl pod minimální hodnotu. Tlak v pneumatice by měl být kontrolován každých 14 dní na chladné pneumatice. Tlak 320 kPa je možné považovat za maximální hustící tlak pro osobní automobily. [9]

Rychlost vozidla (včetně odchyky okolo 9 km/hod)	Index rychlosti								
	Q	R	S	T	U	H	V	W	Y
	Hustící tlak (kPa) při maximálním zatížení pneumatiky, až k 2° odklonu kola								
≤160	250	250	250	250	250	250	250	250	250
170		260	260	260	260	260	260	250	250
180			260	260	260	260	260	250	250
190				270	270	270	270	250	250
200					270	270	270	260	250
210						280	280	270	250
220							280	280	250
230							280	290	260
240							280	300	270
250								300	280
260								300	290
270								300	300
280									300
290									300
300									300

Tabulka 2 Hustící tlak v závislosti na nosnosti[9]

3.4.2 Studie Continental

Společnost Continental provedla studii na téma správné huštění pneumatik. Na Obr. 20 máme zobrazeny výsledky. Ze zkoumané množiny bylo pouze 17,5% správně nahuštěno. Většina pneumatik byla podhuštěna. [9]



Obr. 20 Výsledky studie na stav tlaku v pneumatikách dle continental[9]

3.5 VÝTAH ZE ZÁKONA Č. 341/2002 SB

Dle našich zákonů musí vozidlo, které chceme provozovat vyhovovat platným zákonům a normám. V zájmu bezpečnosti a jednotnosti byly stanoveny zákony, jež jsou aktualizovány. Zde je uvedena část zákona vztahující se ke kolům a pneumatikám.

§ 21 Kola, pneumatiky a protiskluzové řetězy

(K § 2 odst. 5, 6 a 7 zákona)

(1) Pneumatiky musí být pro každý typ vozidla použity tak, aby jejich konstrukce, provedení, rozměry a huštění odpovídaly podmínkám provozu, zejména největší povolené hmotnosti vozidla (povoleným zatížením připadajícím na nápravy) a jeho nejvyšší konstrukční rychlosti (rychlostní kategorie pneumatik musí být shodná nebo vyšší, než je nejvyšší konstrukční rychlost vozidla).

(2) V případě použití zimních pneumatik (M+S) s nižší kategorií rychlosti, než je nejvyšší konstrukční rychlost vozidla, je nutno na tuto skutečnost upozornit dodatkovým označením formou nálepky, která musí být v zorném poli řidiče. Údaj na nálepce stanovuje nejvyšší přípustnou rychlost vozidla s namontovanými zimními pneumatikami, která nesmí být při provozu vozidla překročena. Upozornění formou nálepky může být nahrazeno zařízením trvale nainstalovaným ve vozidle (například palubním počítačem).

(3) Na vozidle, pokud při schválení technické způsobilosti typu není stanoveno jinak, smí být používány pouze pneumatiky určené pro daný typ vozidla výrobcem vozidla a výrobcem pneumatik. Nosnost pneumatik nesmí být nižší než povolené zatížení připadající na kolo (nápravu) vozidla. Jako náhradního kola s pneumatikou může být použito pro nouzové dojetí kola s pneumatikou jiné nebo zvláštní konstrukce nebo jiného rozměru, určeného pro tento účel výrobcem vozidla a výrobcem pneumatik. Tato kola musí být homologována podle předpisu EHK č. 64 nebo směrnice 92/23/EHS.

(4) Pneumatiky musí provozovatel vozidla udržovat vždy řádně nahuštěny na tlak předepsaný výrobcem vozidla. Huštění předepsané výrobcem pneumatik nesmí být překročeno. U dvojité montáže kol musí být ventily uspořádány pro huštění vnitřní pneumatiky a kola provedena tak, aby bylo možné tlak vzduchu v pneumatice měřit nebo upravovat ze strany vnějšího kola, bez demontáže kol nebo jiné obtížné manipulace. Náhradní pneumatiky musí být nahuštěny nejméně na tlak odpovídající nejvyššímu předepsanému huštění pneumatik na vozidle.

(5) Pláště pneumatik nesmí mít na svém vnějším obvodu (oblast koruny, ramene, boku a patky pláště) trhliny nebo poškození, které obnažují kostru nebo ji narušují. Činná plocha pláště pneumatiky v provozu musí mít po celém obvodu a celé šíři vrchního běhounu jasně viditelný dezén s hloubkou hlavních dezénových drážek nebo zářezů u mopedů nejméně 1,0 mm a u vozidel ostatních kategorií nejméně 1,6 mm. Hlavními dezénovými drážkami se rozumějí drážky opatřené indikátory opotřebení (označené zkratkou TWI). U pneumatik pro osobní automobily kategorie M1 se hlavními dezénovými drážkami rozumějí drážky opatřené indikátory opotřebení TWI.

(6) Vzájemný rozdíl vnějších průměrů jednotlivých nezátížených pneumatik na téže nápravě nebo ve dvojitě montáži nesmí být větší než 1,5 % vnějšího průměru.

(7) Obnovené pláště pneumatik vozidel kategorií M a N a jejich přípojných vozidel musí splňovat požadavky předpisu EHK č. 108 nebo předpisu EHK č. 109 a musí být podle něj homologovány.

(8) Obnovené pláště pneumatik nesmí být použity na přední nápravě autobusů třídy II a třídy III (vozidla kategorií M2 a M3) a dále nesmí být použity na vozidlech pro přepravu nebezpečných nákladů definovaných v části 9 bodu 9. 1. 2 dohody ADR.

(9) Pneumatiky pro vozidla kategorií M a N a jejich přípojná vozidla mohou být opravovány pouze odborně, přičemž se vychází z doporučené normy (např. ČSN 63 1910, ČSN 63 1912, NSPP-01-93). Pro nouzové dojetí mohou být provedeny opravy pomocí schválených přípravků aplikovaných vstříknutím roztoku do pneumatiky nebo předvulkanizovanými opravnými materiály bez demontáže pláště. Je nepřípustné použití duše do neopraveného bezdušového pláště. Opravené pláště mohou být použity ve stejné nebo nižší kategorii rychlosti a nosnosti. Při změně kategorie rychlosti nebo nosnosti musí být původní označení odstraněno a nahrazeno novým trvalým označením. Není-li možno po opravě použít plášť jako bezdušový, musí být označení TUBELESS na obou bočnicích odstraněno. Připouští se použití duší v případě drobných průpichů či drobných poškození patek s následnou ztrátou těsnosti bezdušového pláště.

(10) Drážky dezénu plášťů označených výrobcem pneumatik určených pro vozidla kategorií M2, M3, N a jejich přípojná vozidla smějí být dodatečně prohloubeny jen způsobem předepsaným výrobcem pneumatik. Na obou stranách bočnice pneumatiky musí být vyznačen symbol Théta - průměr kroužku je nejméně 20 mm nebo nápis "REGROOVABLE". Prohlubování drážek dezénu plášťů pneumatik osobních automobilů není dovoleno.

(11) Není dovoleno používání pneumatik s protiskluzovými hroty pro všechna vozidla, s výjimkou vozidel záchranné služby. Tento zákaz platí i pro vozidla v mezinárodním provozu.

(12) Na vozidla se mohou montovat protiskluzové řetězy nebo obdobná zařízení jen schváleného typu, která jsou dodávána při prodeji s návodem k montáži a s uvedením rozměrů pneumatik, na které mohou být namontovány.

(13) Na vozidle se nesmí, s výjimkou nouzového dojetí, současně použít pneumatiky různých rozměrů a konstrukcí, pokud při schválení technické způsobilosti není stanoveno jinak. Na téže nápravě musí být používány pouze shodné pneumatiky. Konstrukcí pneumatiky se rozumí konstrukce diagonální, radiální, smíšená (BIAS BELTED). Shodnou pneumatikou se rozumí pneumatika stejného rozměru, konstrukce, druhu dezénu a značky. Druhem dezénu pneumatiky se rozumí dezén letní a dezén zimní, u něhož je na bočnici pneumatiky vyznačeno označení M+S, M.S, M/S nebo MS; za zimní dezén se považuje též speciální dezén, u něhož je na bočnici pneumatiky vyznačeno označení ET, ML nebo MPT.[8]

4 ZKOUŠENÍ PNEUMATIK

Jak již bylo zmíněno, pneumatiky jsou jedním z nejdůležitějších částí vozidla. Proto podléhají přísnému dohledu na konstrukci, materiál a výrobu. Automobilový průmysl je jedním z nejrychleji se vyvíjejících oborů. Na trhu jsou nabízena auta různých tříd, kterým se musí přizpůsobit i vývoj pneumatik. Například auta do terénu, která potřebují odolné pneumatiky schopné bez poškození překonat i ostré kameny. Dále velmi vykoná auta, schopná jet vysokou rychlostí a tak musí, zvládnou přenést vysoké výkony. Takto bychom mohli pokračovat dále.

4.1 TYPY ZKOUŠEK

Každá zkušebna má stanoveny určité směrnice pro přípravu pneumatik k provádění zkoušek na laboratorních zařízeních. Příprava probíhá různým způsobem podle druhu prováděných zkoušek. Základní rozdělení zkoušek je na statické a dynamické.

4.1.1 Zkoušky statické

Jinak také označované jako kvazistatické což je přesnější název, protože v průběhu se některá z rozhodujících akčních veličin postupně mění. Například při zkoušce radiální tuhosti se zvětšuje stlačení pneumatiky konstantní rychlostí, například $50 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$, při zkoušce absolutní pevnosti roste tlak a tak dále.

Zkoušky: hmotnosti, rozměrů, vnitřního objemu pneumatiky, otisku, radiální, boční obvodové a torzní tuhosti, radiální tuhosti patek, průniku trnu, zkouška absolutní pevnosti vodním tlakem, rozložení měrného tlaku v ploše otisku.

Výsledkem těchto zkoušek jsou určité charakteristiky, které slouží k porovnání různých konstrukcí pneumatik, popřípadě k odhadu chování pneumatik v provozu. [4]

4.1.2 Zkoušky dynamické

Většina zkoušek je standardizovaná a provádějí se na zařízeních, která jsou používána v celosvětovém měřítku a tak jsou výsledky navzájem srovnatelné. Dynamické zkoušky jsou prováděny na různých zkušebních strojích za rotace, kdy je pneumatika nahuštěna na předepsaný tlak přitlačována na ocelový buben, který se otáčí a nahrazuje vozovku. Mezi tyto zkoušky můžeme zařadit zkoušku valivého poloměru pneumatiky, destrukční rychlosti, životnosti na bubnové zkušebně, funkční zkouška na stroji s pětikomponentní hlavou,

valivého odporu, obvodové nerovnoměrnosti, hluku, vývinu teplot v pneumatice, tuhosti pneumatiky za rotace v radiálním směru a útlumu pneumatiky. Ale zkoušky ve zkušebně nezajišťovaly porovnatelnost výsledků se zkouškami na vozovce, a proto byly provedeny úpravy zkušebního bubnu zdrsněním plochy, nebo snížením tlaku, aby se co nejvíce přiblížily skutečnému namáhání. [4].

4.1.3 Silniční zkoušky

Tyto zkoušky se provádějí na speciálně vybudovaných drahách, tzv. polygonech, posléze v běžné silniční síti. Speciální dráhy jsou dlouhé několik kilometrů a obsahují povrchy stejné jako v běžném provozu, aby se v co největší šíři podobaly běžnému použití. Zkoušení na těchto drahách je hlavně z důvodu bezpečnosti a také pro dostupnost všech povrchů. Zkoušky jsou snadněji vyhodnotitelné a opakovatelné za stejných podmínek. Umožňují velmi přísné vyhodnocení všech interakcí mezi pneumatikou, vozidlem a vozovkou. [17]

4.1.4 Zkoušení a homologace pneumatik

V laboratorní zkušebně pneu IGTT a.s. se více jak 30 let provádí zkoušení a homologace pneumatik. Tato zkušebna obdržela akreditační osvědčení. Může provádět zkoušky a homologaci pneumatik, což je potvrzení, že pneumatiky, které úspěšně prošly místním testováním, splňují požadavky Evropské hospodářské komise a mohou být uvedeny na trh. Tato společnost provádí zkoušky a homologaci ve vlastní nezávislé zkušebně a akreditované laboratoři vybavené veškerým zařízením a kvalifikovaným personálem, potřebným pro statické i dynamické měření a zkoušky nových i obnovených pneumatik, pogumovaných ocelových kol, ráfků, ventilů, uší, materiálů pro provedení, ochranu a opravu pneumatik. Největší zařízení je zkušební buben o průměru 3 m a maximálním zatížením zkoušené pneumatiky až 30 tun.[12]



Obr. 21 Zkouška pneumatiky na zkušebním bubnu[12]

5 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ,

Mým úkolem bylo vytvořit vlastní experiment pro posouzení pneumatik. Každý rok jsou prováděny nové testy letních i zimních pneumatik ve, kterých posoudí, jaké mají vlastnosti na suchém, nebo mokřém povrchu, jejich hlučnost, opotřebování nebo vliv na spotřebu paliva. Ale nikdo nezkoumá, jak se chovají pneumatiky, při různém tlaku nahuštění i přes to, že mnoho řidičů nevěnuje dostatečnou pozornost stavu pneumatik. Když dojde k prodření nebo proražení pneumatiky je již pozdě a tato skutečnost může mít vážné až tragické následky.

Na začátku přípravy této práce jsem se rozhodl předem vyzkoušet jak by se daly posuzovat pneumatiky se sníženým a s vysokým tlakem. Při jízdám na podhuštěných pneumatikách byl znatelně veliký odpor předních kol při zatáčení. Při rychlejší jízdě zatáčkou bylo vozidlo velmi nestabilní. Při sledování vnějších kol automobilu, který projíždí směrový oblouk na hranici smyku s podhuštěnými pneumatikami, bylo vidět, jak se pneumatiky přiklánějí na vnitřní stranu ráfku a dochází k velkému závleku pneumatiky. Při průjezdu zatáčkou působí na vnější pneumatiky větší síla. Nesprávně nahuštěné pneumatiky neplní dostatečně svou funkci, může dojít k „vyzuté“ pneumatiky, nebo při najetí na nerovnost k proražení. Takové testování by mohlo být nebezpečné i značně destruktivní. Při vysokém tlaku v pneumatice může docházet až k odsakování pneumatik, nebo ke smyku. Navíc jízda na takových kolech je velmi nepohodlná. Takto nahuštěné pneumatiky mají nižší schopnost tlumit nerovnosti a rázy přecházejí až do karoserie, protože odpružení není schopno veškeré vibrace pohltit. Další možností je brzdňá zkouška. Pro takovou zkoušku je méně obtížné zajistit zkušební prostor. Při takové zkoušce může dojít k proříznutí, nebo proražení pneumatiky, zvláště při najetí na nerovnost během brzdění. Proto se budeme věnovat brzdňým zkouškám a zjištění zpomalení na mokřém a suchém povrchu.

Aby byl znatelný rozdíl v tlaku huštění pneumatik, budu provádět vždy nastavení na stejné hodnoty. Podhuštěná pneumatika má tlak 120 kPa, odpovídající hodnota pro zkoušené vozidlo je 220 kPa a nejvyšší tlak bude 320 kPa. Při těchto hodnotách by nemělo dojít k poškození. Rychlost na počátku brzdění bude 50 km/h \pm 3km/h

5.1 PŘÍPRAVA ZKOUŠKY

5.1.1 Místo zkoušení

Pro brzdné zkoušky je nutné zajistit prostor s vhodným povrchem a možností bezpečného rozjezdu i s prostorem pro případné nezdary, tak aby nebyl nikdo ohrožen ani omezen. K tomuto účelu nám poslouží asfaltová cesta uvnitř areálu zemědělského družstva na okraji Prostějova o délce asi 125 metrů. V odpoledních hodinách je uzavírána brána a prostor se může připravit pro zkoušku. Vedle cesty k dispozici opravárenská dílna, kde máme možnost prezouvat zkušební vůz na další sady kol, kompresor a také studna pro přípravu mokré tratě. Povrch je homogenní a v rovině



Obr. 22 detail mokrého povrchu[14]



Obr. 23 detail suchého povrchu[14]



Obr. 24: zkušební trať (žlutě orámována)[16]

5.1.2 Měřicí přístroje

K provedení experimentu je třeba mít měřicí přístroje, abychom mohli porovnávat zjištěné hodnoty. Použijeme XL MeterTM, měřicí pásmo.

XL MeterTM

„XL MeterTM je bateriově napájený univerzální přístroj s alfanumerickým LCD displejem, měřící zrychlení/zpomalení, obsahující software pro vyhodnocení velikosti zpomalení provozní brzdy nebo velikosti akcelerace a rozhraním RS-232 kompatibilním s PC. Z technického hlediska se XL MeterTM skládá ze tří částí. Hlavní jednotky obsahující elektronickou část, vakuové přísavky a kloubového ramena, umožňujícího přizpůsobitelné upevnění. Měření zrychlení

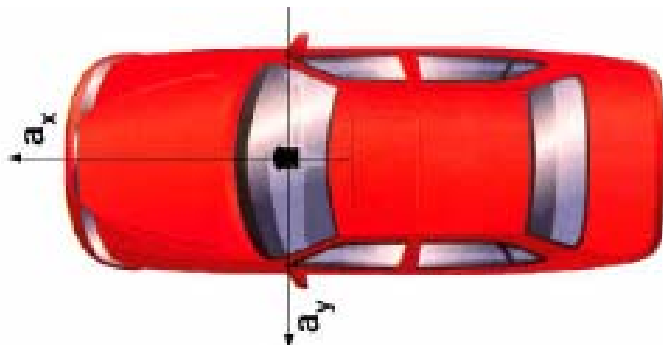
Celý měřicí systém přístroje XL MeterTM je integrován na jednom akcelerometrickém čipu. Obsahuje polysilikovoný miniaturní senzor a signálové obvody, které zajišťují vyvážení silové smyčky. XL MeterTM je schopen měření pozitivního i negativního zrychlení až do úrovně ± 2 g. Charakteristika senzoru zrychlení zajišťuje kvalitní naměřené výsledky. Senzor zrychlení

XL MeterTM využívá rozdílový kapacitní senzor zrychlení. Ten se skládá z nezávisle upevněných destiček a centrálních destiček připojených k základně, které pohybem reagují na působení zrychlení.

Dva kondensátory jsou spojeny do série a tvoří kapacitní dělič s pohyblivou centrální společnou deskou. V klidu jsou jejich hodnoty stejné, a výstupní napětí v jejich elektrickém středu je nulové. Pokud dojde ke zrychlení, středová deska se přibližuje k jedné z pevných desek a vzdaluje se od druhé. Toto tvoří nerovnováhu a projevuje se nenulovým výstupním elektrickým signálem na středové desce. Výstupní amplituda signálu se mění přímo úměrně s velikostí zrychlení. V kalibračním režimu lze výkon snímače snadno ověřit. Směry měření: Osy X-Y měřené přístrojem XL MeterTM Pro Gamma jsou zaměnitelné a každá z nich může být negována. Vše lze jednoduše upravit v nastavení přístroje. V některých případech (např. rozbité přední sklo), může být potřeba připevnit zařízení na jiné místo než je doporučeno (střed předního skla). V takových případech může být možnost záměny os velice užitečná. Po správném nastavení je možno zrychlení nebo zpomalení měřit i s přístrojem připevněným na některém z bočních okýnek.“ [13]

XL MeterTM ihned po skončení měření na displeji zobrazí výsledky měření, například $S_0 = 15,9$ m, $V_0 = 40,39$ km/h, $T_{br} = 1,6$ s, $MFDD = 7,68$ m/s² frekvence = 200 Hz kde S_0 je

dráha do zastavení vozidla, V_0 je rychlost na počátku brzdění, T_{br} je doba brzdění do zastavení a MFDD je průměrné maximální zpomalení. Frekvence 200 Hz je 5 ms vzorkovací čas. [13] Pro nás je důležité, aby rychlost na počátku brzdění byla přibližně 50 km/h a pak zaznamenat průměrné maximální zpomalení. Přístroj zapůjčen z ÚSI VUT Brno.



Obr. 25 Poloha XL meterTM[13]

5.2 ZKUŠEBNÍ VOZIDLO 1

Jako zkušební vozidlo byla vybrána Škoda Octavia první generace, osobní automobil, kategorie M1. Dále označováno jen Octavia. Toto vozidlo bylo zvoleno pro široké rozpětí možnosti použití různých pneumatik. Zkušební vůz nemá ABS, což je výhoda, protože jeho zásah by se promítl do měřených hodnot. Před každým měřením se provede krátká projížďka, aby se zachovala srovnatelná teplota pneumatik, protože při maximálním brzdění se pneumatiky nejvíce zahřívají.



Obr. 26 Zkušební vůz Škoda Octavia[14]

Karoserie:	Hatchback		
Rok výroby	1998		
Typ motoru:	řadový zážehový kapalinou chlazený, s rozvodem OHC, se dvěma ventily pro každý válec, uložený vpředu napříč před hnací nápravou s třicestným řízeným katalyzátorem		
Obsah motoru:	1595 cm ³		
Vrtání / zdvih:	81,0 / 77,4		
Kompresní poměr:	10,3:1		
Maximální výkon:	74 kW při 5600 otáčkách		
Maximální točivý moment:	145 Nm při 3800 otáčkách		
Palivo:	95 oktanů (natural)		
Převodovka:	5–tupňová ručně řazená		
Celková hmotnost:	1755kg		
Zrychlení na 100:	12,2s		
Maximální rychlost:	187km/h		
Délka	4 507 mm		
Šířka	1 920 mm		
Výška	1 437 mm		
Rozchod	Vpředu	1513 mm	Vzadu 1494 mm
Rozvor	2512 mm		

Tabulka 3: Technické parametry vozidla Škoda Octavia

Rozměr pneumatiky	Značka pneumatik	Typ	Směs	LP–PP–LZ–PZ Vzorek (mm)
205/55 R 16 91V	Goodyear	Excellence	Letní	5–5–5–5
205/55 R 16 91 V	Sebrány	Formula S3	Letní	4–4–4–4
195/65 R 15 91 H	Barum	Polaris 2	Zimní	4–4–4–4
195/55 R15	BF–Goodrich		Letní	3–3–4–4

Tabulka 4 Rozměry pneumatik

5.3 CVIČNÉ MĚŘENÍ

Nejdříve musíme zjistit, při jaké rychlosti budeme provádět brzdné zkoušky. Provedeme rozjetí na požadovanou rychlost, po té ji ustálit a sešlápnout spojkový i brzdový pedál, abychom dosáhli co nejvyššího zpomalení. První zkušební rychlost byla 40 km/h. Při této brzdné zkoušce bylo dosaženo zpomalení $7,68 \text{ m/s}^2$, ale v prostoru jsme ještě měli rezervu, tak jsme vyzkoušeli rychlost 50 km/h. Tato rychlost bude i vhodnější pro provádění brzdných zkoušek, protože je stejná jako povolená rychlost v obci.

5.4 MĚŘENÍ BRZDNÉHO ZPOMALENÍ

5.4.1 Pneumatiky Goodyear 205/55 R16

První zkouška proběhne na pneumatikách Goodyear o rozměru 205/55 R16 a na suchém povrchu. První test byl proveden z rychlosti přibližně 40 km/h a bylo dosaženo průměrného maximálního zpomalení $7,68 \text{ m/s}^2$. Následující test byl proveden z rychlosti 52 km/h a průměrné maximální zpomalení bylo $6,99 \text{ m/s}^2$.

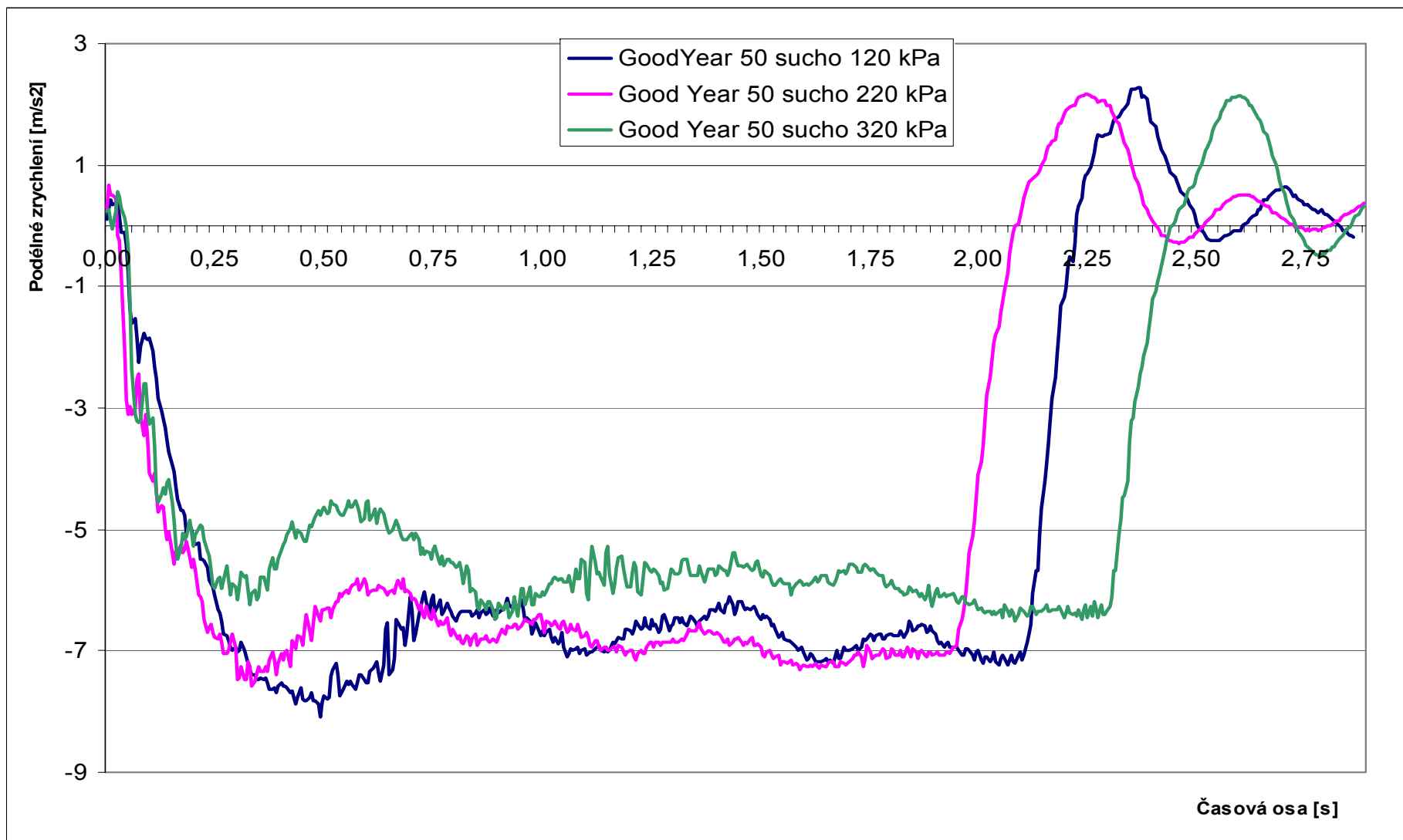
Rychlost Vo [km/h]	Povrch	Tlak	MFDD [m/s ²]	Sb [m]
50,07	Mokrý	120 kPa	6,08	15,91
48,6	Mokrý	120 kPa	6,21	14,67
51,92	Mokrý	220 kPa	6,17	16,86
49,2	Mokrý	220 kPa	6,3	14,82
50,06	Mokrý	320 kPa	6,88	14,05
49,74	Mokrý	320 kPa	7	13,64
50,2	Suchý	120 kPa	6,61	14,71
52	Suchý	120 kPa	6,99	14,92
40,39	Suchý	120 kPa	7,68	8,20
48,83	Suchý	220 kPa	6,88	13,37
51,2	Suchý	220 kPa	6,95	14,55
48,14	Suchý	320 kPa	5,84	15,31
49,55	Suchý	320 kPa	5,92	16,00

Tabulka 5 Záznam z brzdné zkoušky pneumatik Goodyear

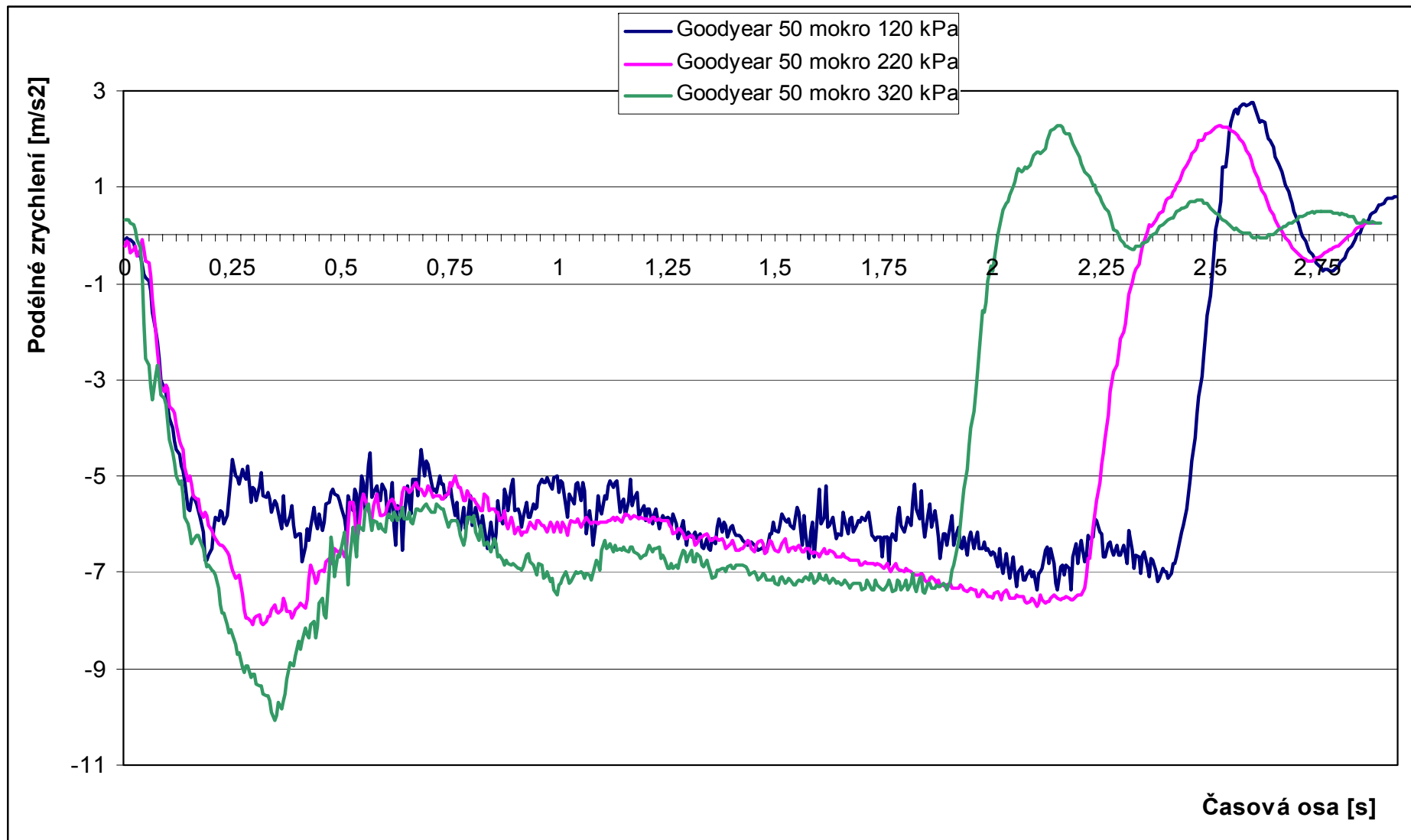
Na následujícím grafu je znázorněn průběh zpomalení, testu provedeného na pneumatikách GoodYear, pro porovnání jsou znázorněny tři testy provedené na suchém povrchu a tři testy provedené na mokřém povrchu.

Na suchém povrchu je patrné, že pneumatiky přehuštěné na 320kPa mají nejnižší zpomalení, tudíž i nejdelší brzdou dráhu. Správně nahuštěné pneumatiky na 220 kPa mají nejrychlejší nástup brzdného účinku, i přes to, že nemají nejvyšší zpomalení, mají nejkratší brzdou dráhu.

Na mokřém povrchu je průběh zpomalení značně odlišný. Přehuštěné pneumatiky na 320 kPa mají nejrychlejší nástup a nejvyšší maximální zpomalení, které ovšem rychle klesne, což je vidět na špičce, které dosáhne hodnoty: $-10,07 \text{ m/s}^2$. A přitom mají nejkratší dobu do zastavení. Podhuštěné pneumatiky na 120 kPa mají celkově nižší zpomalení. Počátek brzdění po nástupu mírně klesne účinek. Dále je celkový průběh značně kmitající na rozdíl od ostatních průběhů.



Obr 27 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Goodyear 205/55 R16 na suchém povrchu



Obrázek 28 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Goodyear 205/55 R16 na mokrém povrchu

5.4.2 Pneumatiky Sebring formula S3 205/55 R16

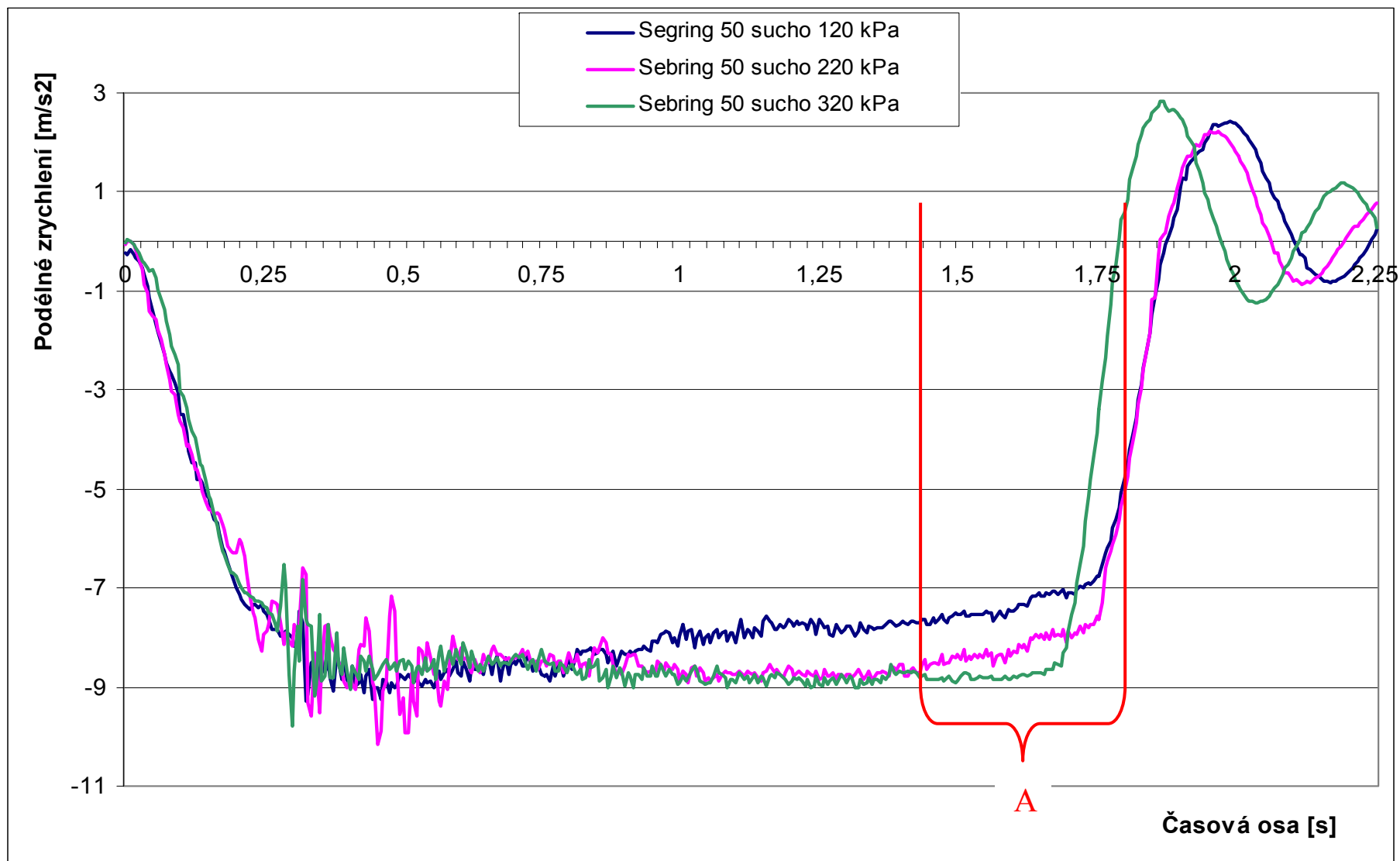
Po skončení měření předchozích pneumatik byly nasazeny druhé stejného rozměru, ale jiné značky. Ze zkoušených pneumatik měly právě tyto nejvyšší hodnotu MFDD a to 9,07 m/s²

Rychlost Vo [km/h]	Povrch	Tlak	MFDD [m/s ²]	Sb [m]
51,1	Mokrý	120 kPa	6,14	16,41
49,19	Mokrý	120 kPa	6,35	14,70
48,48	Mokrý	220 kPa	6,11	14,84
49,06	Mokrý	220 kPa	6,14	15,12
51,14	Mokrý	320 kPa	5,57	18,11
50,9	Mokrý	320 kPa	5,82	17,17
48,91	Suchý	120 kPa	8,42	10,96
50,08	Suchý	120 kPa	8,5	11,38
50,88	Suchý	220 kPa	8,52	11,72
51,47	Suchý	220 kPa	8,68	11,77
50,2	Suchý	320 kPa	8,71	11,16
49,64	Suchý	320 kPa	9,07	10,48

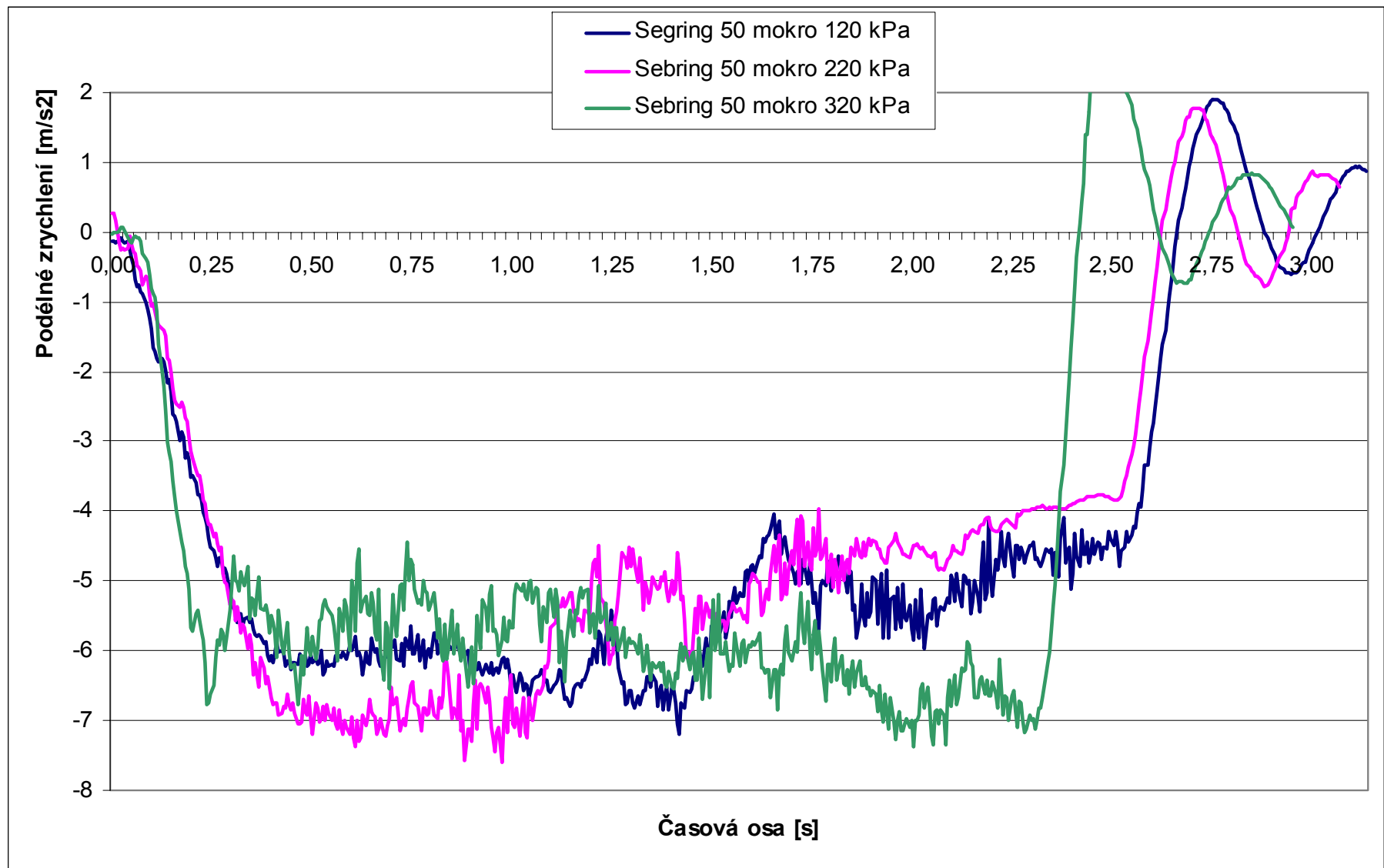
Tabulka 6 Záznam z brzděné zkoušky pneumatik Goodyear

Na následujícím grafu je porovnáno zpomalení za použití pneumatik Sebring formula S3 o parametrech 205/55 R16. Tyto pneumatiky jsou určeny pro letní použití. Z grafu na Obrázek 29 měřeném na suchém povrchu je vidět že pneumatiky nahuštěné na správný tlak 220 kPa a podhuštěné pneumatiky 120 kPa mají téměř stejnou dobu do zastavení. Ale u pneumatik nahuštěných na 220 kPa je v oblasti označené písmenem „A“ vidět plynulý mírný pokles zpomalení. Pneumatiky přehuštěné na 320 kPa mají kratší dobu do zastavení.

Tyto pneumatiky i na mokřém povrchu mají nejkratší dobu do zastavení při vysokém tlaku 320 kPa. Při správném nahuštění na 220 kPa mají v první třetině vysoké zpomalení pohybující se kolem 7 m/s², ale poté velmi klesne k hodnotě 5 m/s² a v závěru má podobný průběh jako na suchém povrchu. Z toho vyplývá, že pro tyto pneumatiky je vhodnější používat vyšší tlak.



Obrázek 29 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Sebring 205/55 R16 na suchém povrchu



Obrázek 30 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Sebring 205/55 R16 na mokrém povrchu

5.4.3 Pneumatiky BF Goodrich 195/55 R15

Třetím zkušebním vzorkem byly pneumatiky menších rozměrů

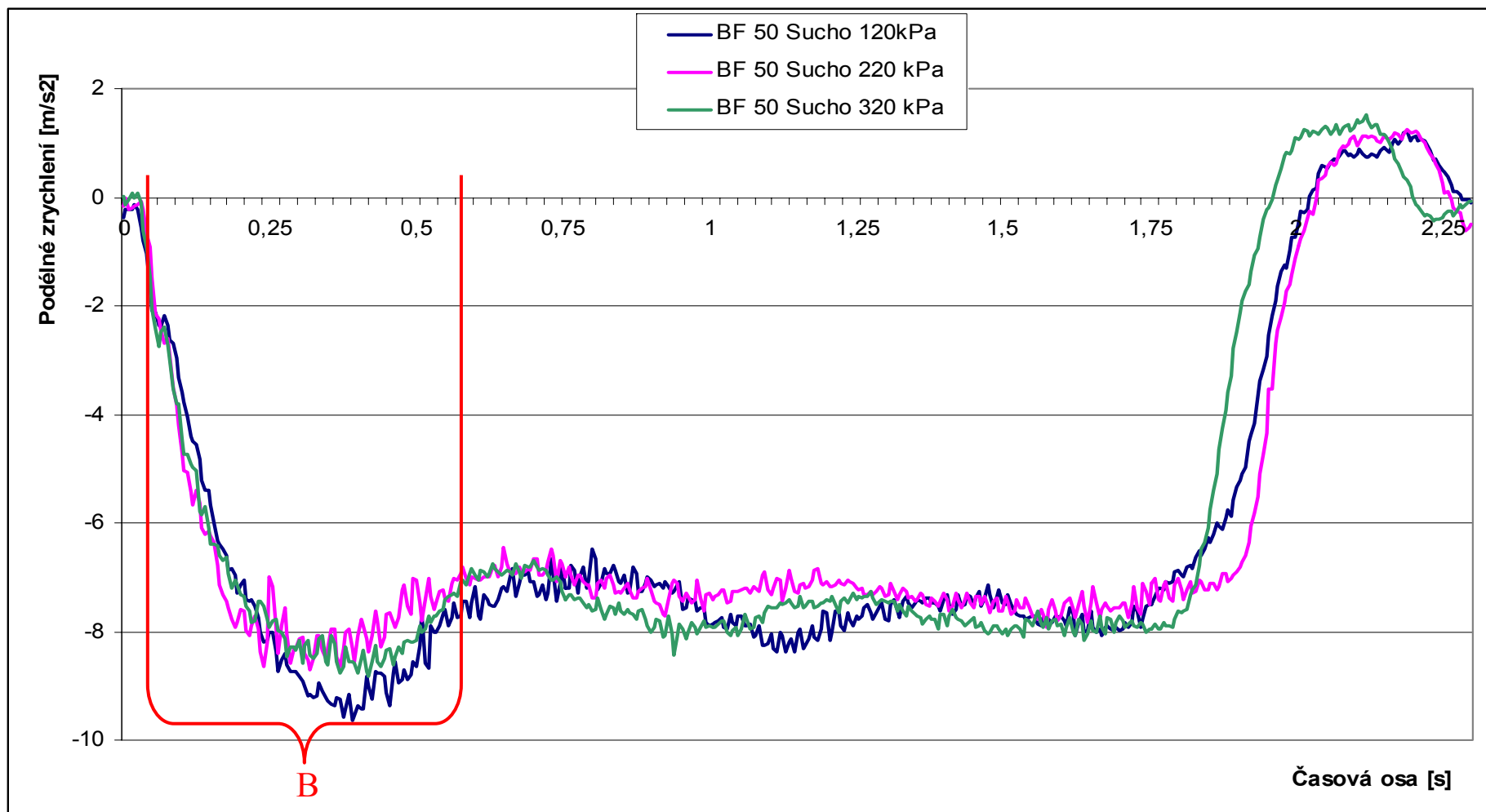
Rychlost V_0 [km/h]	Povrch	Tlak	MFDD [m/s ²]	Sb [m]
50,08	Mokrý	120 kPa	6,2	15,61
48,37	Mokrý	120 kPa	6,27	14,40
49,81	Mokrý	220 kPa	5,95	16,09
50,14	Mokrý	220 kPa	6,1	15,90
50,01	Mokrý	320 kPa	6,04	15,98
48,96	Mokrý	320 kPa	6,16	15,01
49,7	Suchý	120 kPa	7,01	13,59
47,76	Suchý	120 kPa	7,13	12,34
50,2	Suchý	220 kPa	7,66	12,69
48,48	Suchý	220 kPa	7,94	11,42
51,1	Suchý	320 kPa	7,5	13,43
49,95	Suchý	320 kPa	7,72	12,47

Tabulka 7 Záznam z brzděných zkoušek pneumatik BF Goodrich 195/55

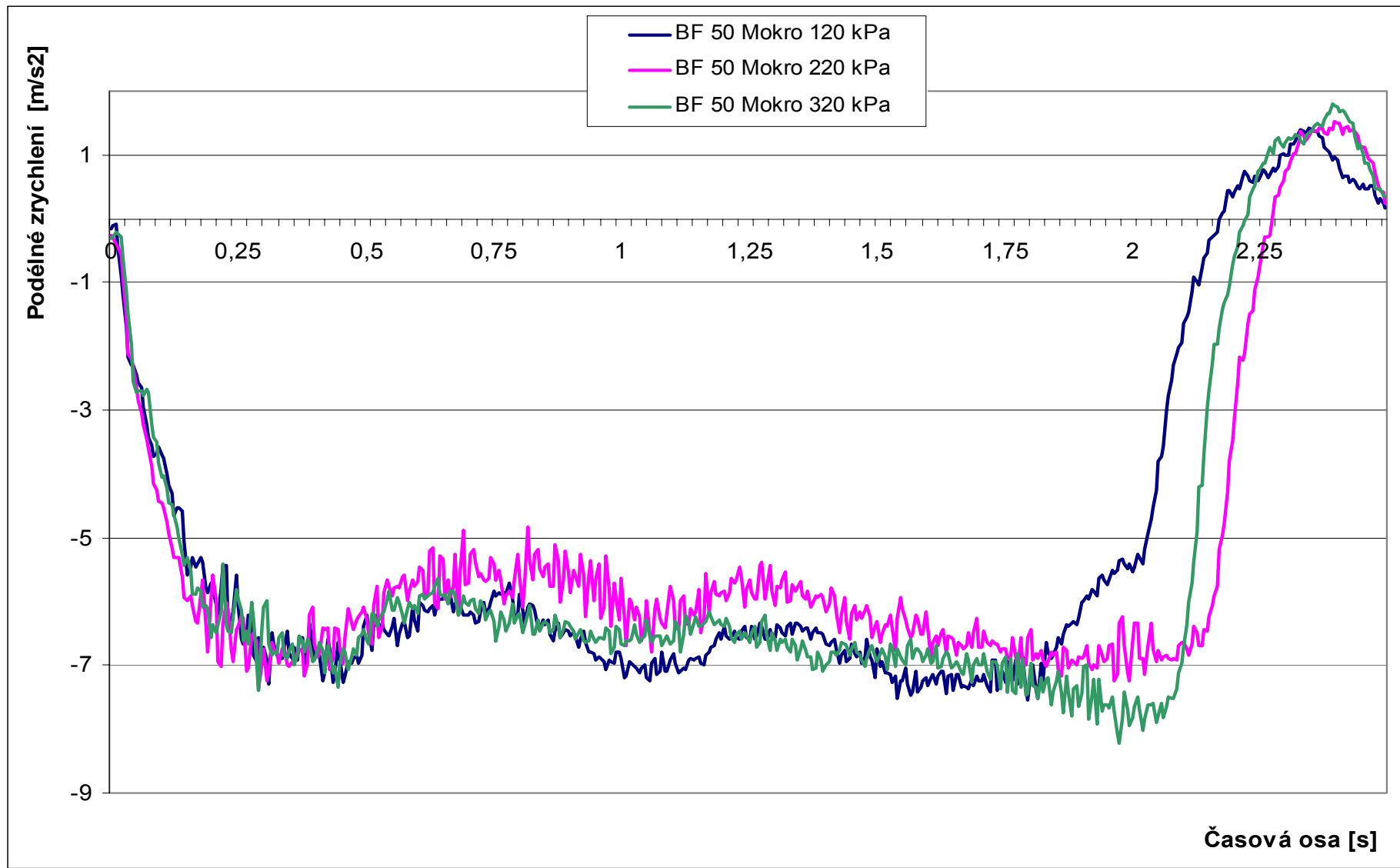
Na následujícím grafu je znázorněn průběh zpomalení, testu provedeného na pneumatikách GoodYear, pro porovnání jsou znázorněny tři testy provedené na suchém povrchu a tři testy provedené na mokřém povrchu.

Na suchém povrchu je jasně viditelné v oblasti označené „B“ rozdílný nástup brzděného účinku. Pneumatiky podhuštěné na hodnotu 120 kPa dosahují nejvyšší hodnoty zpomalení, které potom prudceji klesá. Nejkratší dobu do zastavení mají pneumatiky přehuštěné, na hodnotu 320 kPa.

Na mokřém povrchu mají pneumatiky správně nahuštěné na 220 kPa téměř v celém rozsahu nižší zpomalení. V poslední fázi brzdění do zastavení mají pneumatiky podhuštěné na 120 kPa nejdříve mírnější pokles zpomalení. Kdy pneumatiky správně nahuštěné na 220 kPa mají srovnatelnou hodnotu zpomalení až do zastavení. A u pneumatik přehuštěných na 320 kPa hodnota zpomalení mírně stoupne.



Obrázek 31 Porovnávací graf průběhu zpomalení, BF Goodrich 195/55 R15 na suchém povrchu



Obrázek 32 Porovnávací graf průběhu zpomalení, BF Goodrich 195/55 R15 na mokřém povrchu

5.4.4 Pneumatiky barum polaris 2 195/65 R15

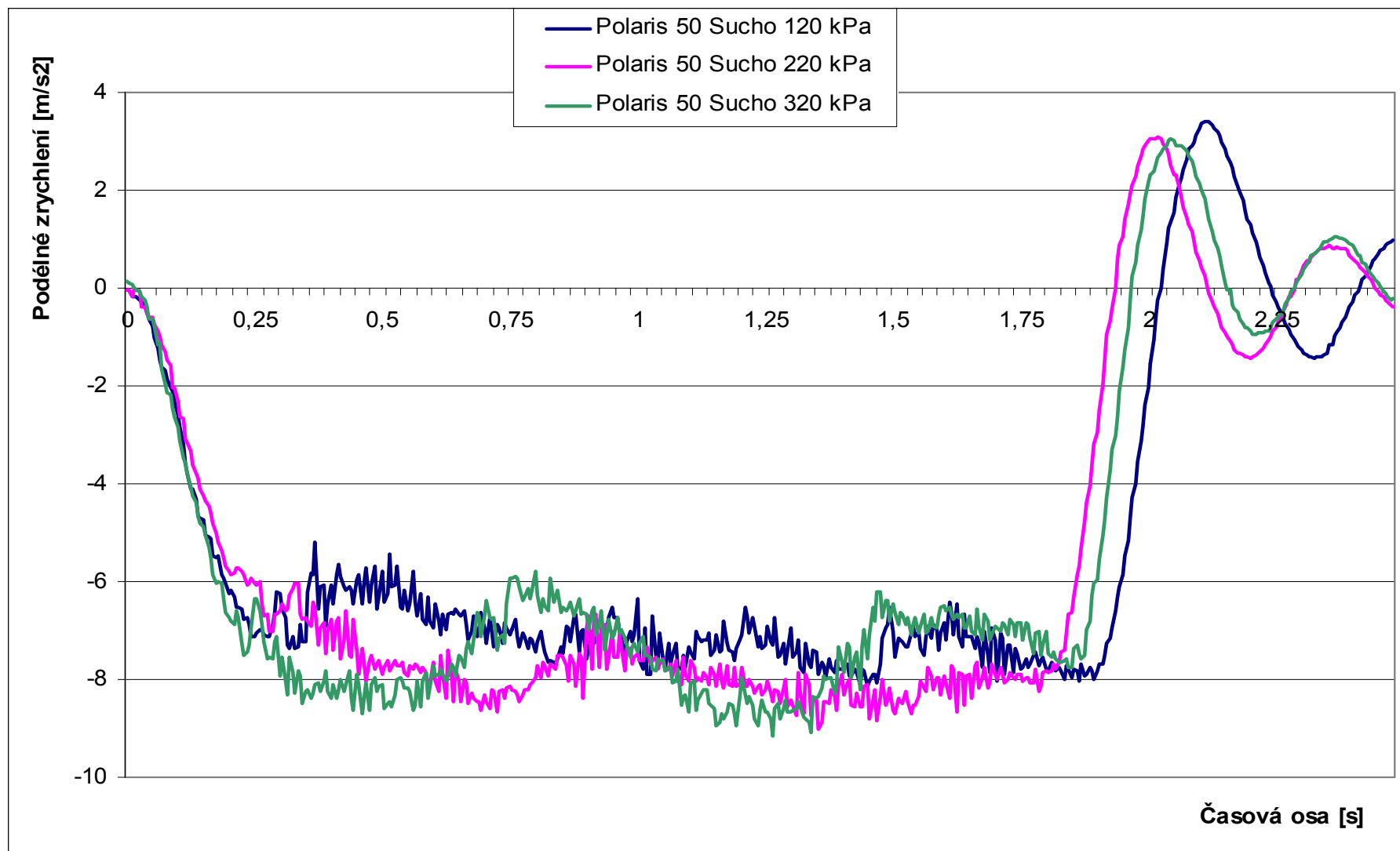
Rychlost V_0 [km/h]	Povrch	Tlak	MFDD [m/s ²]	Sb [m]
50,08	Mokrý	120 kPa	6,2	15,61
48,37	Mokrý	120 kPa	6,27	14,40
49,81	Mokrý	220 kPa	5,95	16,09
50,14	Mokrý	220 kPa	6,1	15,90
50,01	Mokrý	320 kPa	6,04	15,98
48,96	Mokrý	320 kPa	6,16	15,01
49,7	Suchý	120 kPa	7,01	13,59
47,76	Suchý	120 kPa	7,13	12,34
50,2	Suchý	220 kPa	7,66	12,69
48,48	Suchý	220 kPa	7,94	11,42
51,1	Suchý	320 kPa	7,5	13,43
49,95	Suchý	320 kPa	7,72	12,47

Tabulka 8 Záznam z brzděné zkoušky pneumatik Barum polaris 2

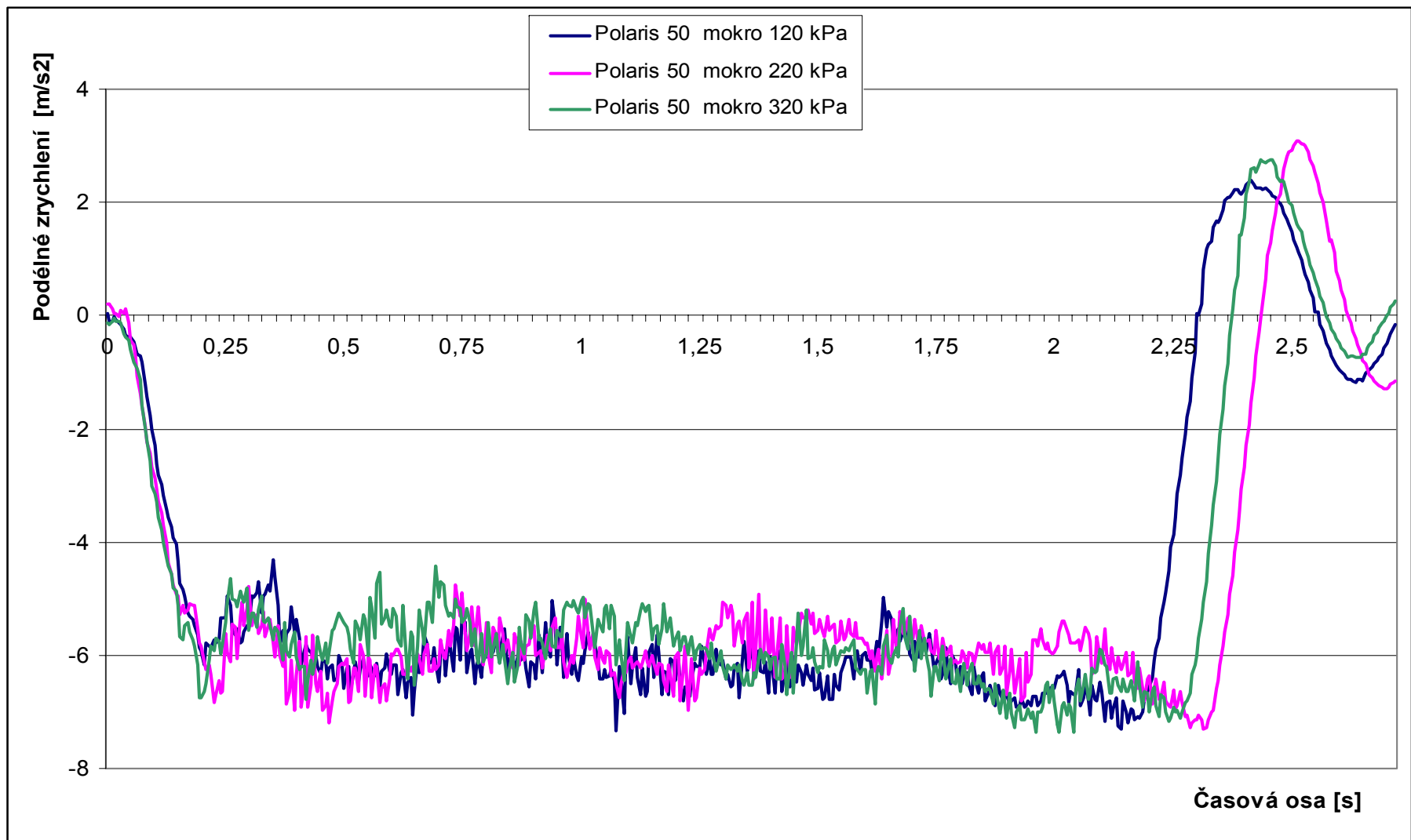
Barum polaris 2 jsou pneumatiky pro zimní provoz, a pro jejich složení nejsou vhodné pro užívání v letních podmínkách. I tak jejich brzděné vlastnosti na suchém povrchu jsou velmi dobré i při nevhodném stavu nahuštění. Ale při brzděné zkoušce na mokřém povrchu byly výsledky těsně nad hranicí $5,8\text{m/s}^2$.

Na následujícím grafu je znázorněn průběh zpomalení. Test provedený na suchém povrchu Pneumatiky nahuštěné na správnou hodnotu 220 kPa mají rovnoměrný průběh zpomalení a nejkratší dobu do zastavení. Pneumatiky podhuštěné na 120 kPa mají nejdelší dobu do zastavení. Pneumatiky přehuštěné na 320 kPa mají více kolísavý průběh kdy hodnota zpomalení, klesne až k hodnotě $5,78\text{ m/s}^2$.

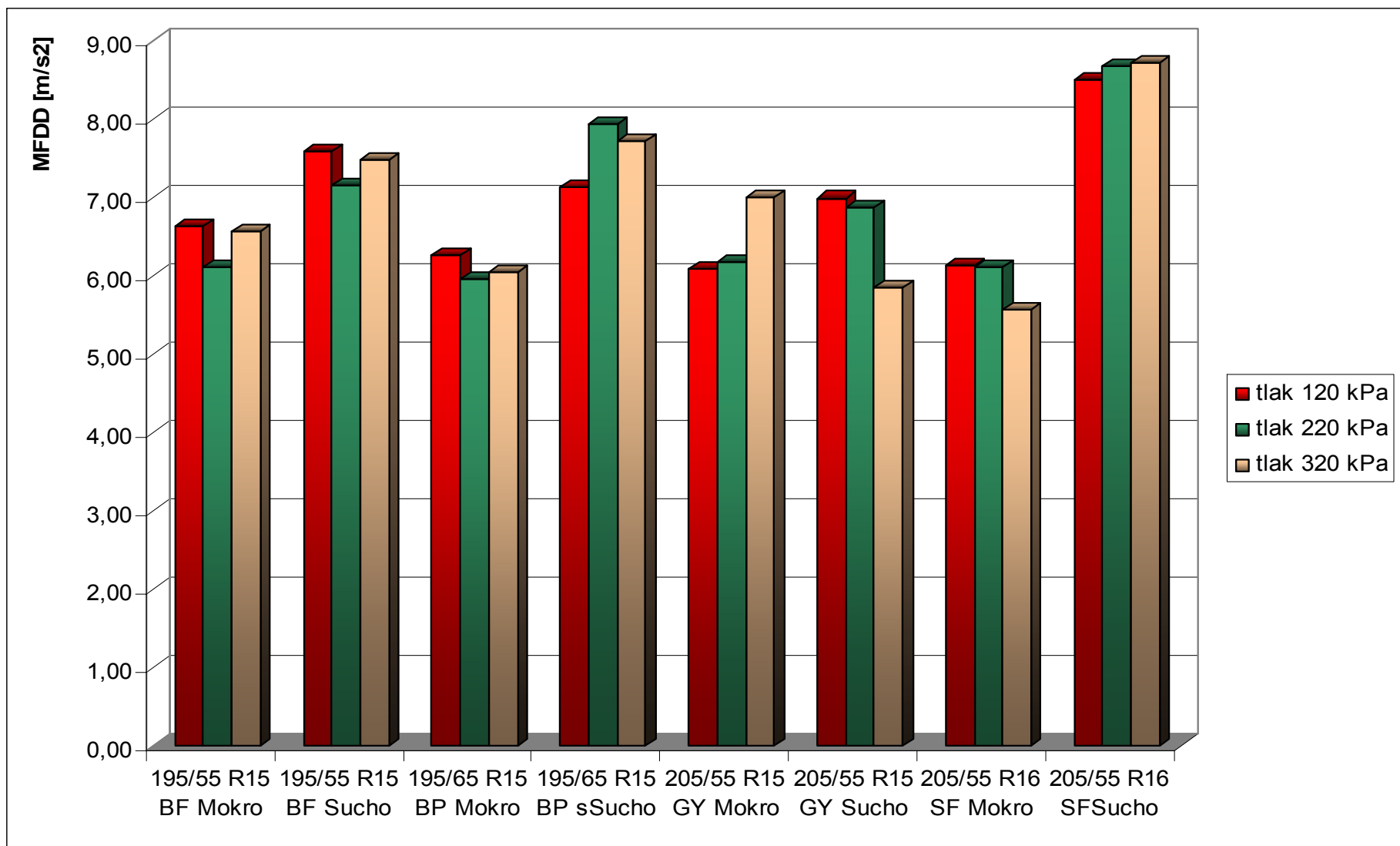
Na mokřém povrchu je průběh zpomalení stejnoměrný, ale pneumatiky podhuštěné na 120 kPa mají nejkratší dobu do zastavení. A paradoxně pneumatiky nahuštěné na správný tlak 220 kPa mají nejdelší dobu do zastavení.



Obrázek 33 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Barum polarit 195/65 R15 na suchém povrchu



Obrázek 34 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Barum polarit 195/65 R15 na mokřém povrchu



Obrázek 35 Shrnutí všech výsledků zkoušených na vozu Octavia

5.5 HODNOCENÍ SROVNÁNÍ PNEUMATIK

Po srovnání všech brzdých zkoušek se nedá jednoznačně říci, že za určité hodnoty vnitřního tlaku bude brzdá dráha nejnižší. Například u pneumatik GoodYear na mokrém povrchu bylo průměrné maximální zpomalení 7 m/s^2 a u ostatních hodnot tlaku bylo v průměru $6,19 \text{ m/s}^2$, ale paradoxně stejné pneumatiky na suchém povrchu měly průměrné maximální zpomalení pro vysoký tlak 320 kPa nejnižší zpomalení $5,84 \text{ m/s}^2$

5.6 SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ TLAKU V PNEUMATIKÁCH Z POHLEDU ŘIDIČE.

Podhuštěné pneumatiky, neboli nafoukání na tlak nižší než předepsaný výrobcem se negativně promítá do jízdních vlastností vozidla takřka ve všech jízdních režimech. Výjimkou může být snad jen jízda na sněhu. Zde mírné podhuštění pneumatik zvětší kontaktní plochu a tím i přilnavost kola k povrchu. V ostatních případech se nízký tlak v pneumatice projevuje špatným držením zvolené stopy v zatáčce, vozidlo tzv. plave. Dalším negativním jevem je zhoršení zpětné vazby, kdy se sníží schopnost vnímat reakce kol na pohyb volantem. I když by se dalo předpokládat, že zvětšení kontaktní plochy spolu s větším valivým odporem, který je též následkem podhuštění kol, povedou k lepším jízdním vlastnostem při brzdění, opak je pravdou. Vozidlo se velmi obtížně ovládá, jen udržet zvolený směr při brzdění není snadné a případné vy-hýbací manévry se stávají podstatně náročnějšími. Doposud byla řeč o jízdě na rovnoměrně podhuštěných pneumatikách, tzn. kola na jedné nápravě, mají stejný tlak. V praxi ovšem často nastává situace, kdy nižší tlak je pouze v jedné pneumatice. Tento stav je pro řidiče velmi nepříjemný, protože všechny negativní vlivy podhuštění pneumatik se projeví pouze na jedné straně a vozidlo díky tomu samo mění směr na jednu stranu. Míra výskytu těchto jevů je pochopitelně závislá na tom jak velký je pokles tlaku v pneumatikách, na jízdním režimu a stavu vozidla. Pokles tlaku o 10 kPa zaznamená při klidné jízdě spíše jen zkušený a vnímavý řidič. Z vlastní zkušenosti vím, že se může stát, že má pneumatika defekt, který se projeví jen při vyšším tlaku. Tudiž při nahuštění na předepsaných 220 kPa začne unikat tlak z pneumatiky nepatrným otvorem a klesne na 150 kPa kdy jež pneumatika má dostatečnou pevnost a tlak dále neuniká. Při jízdě na podhuštěných pneumatikách může dojít snáze k defektu, například při přejetí větší nerovnosti, příčný práh a podobně, kdy pneumatika nesplní svoji funkci, dojde k promáčknutí a disk pneumatiku prořízne. Naopak při jízdě na přehuštěných pneumatikách se přenáší rázy vznikající nerovností vozovky do vozidla

a podvozek nedokáže vše utlumit. Při průjezdu zatáčkou vyšší rychlostí ztrácí pneumatika kontakt s vozovkou.

5.7 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ, DOJEZDOVÉ KOLO

Některá vozidla používají jako rezervní pneumatiku pouze dojezdové kolo místo plnohodnotného. Hlavním důvodem jsou jeho rozměry a ekonomické náklady, proto se používá převážně u vozidel nižší třídy, kde by plnohodnotné kolo zmenšilo úložný prostor kufru a opravná sada by byla příliš nákladná. Toto kolo lze používat pouze do rychlosti 80 km/h a musí být názorně označeno. Rozhodl jsem se posoudit brzdě vlastnosti za použití tohoto kolo na přední nebo na zadní nápravě. Škoda Octavia nedisponuje dojezdovým kole. Pro tento experiment použijeme vozidlo Škoda Felicia, kde lze dojezdové kolo nainstalovat.

5.7.1 Zkušební vozidlo 2



Obrázek 36 Zkušební vůz Škoda Felicia [14]

Pneumatiky	Barum Brilantis 165/70 R13 79T	
	Výška pneumatiky	116 mm
	Obvod	1763 mm
Rozdíl	V poloměru	29 mm
	V obvodu	184 mm
Dojezdové kolo	Continental 105/70 R14 84F	
	Výška pneumatiky	74 mm
	Obvod	1579 mm

Tabulka 9 Hodnoty pneumatik Škoda Felicia

Karoserie:	Hatchback		
Rok výroby	2000		
Typ motoru:	čtyřdobý, kapalinou chlazený, řadový čtyřválec, s rozvodem OHV, 3-cestný katalysátor, bez rozdělovače		
Obsah motoru:	1289 cm ³		
Vrtání / zdvih:	75,5 / 72		
Kompresní poměr:	10:1		
Maximální výkon:	50 kW při 5000 otáčkách		
Maximální točivý moment:	106 Nm při 2600 otáčkách		
Palivo:	95 oktanů (natural)		
Převodovka:	5–tupňová ručně řazená		
Celková hmotnost:	1450 kg		
Zrychlení na 100:	12,2s		
Maximální rychlost:	187km/h		
Délka	3 883 mm		
Šířka	1 635 mm		
Výška	1 415 mm		
Rozchod	Vpředu	1420 mm	Vzadu 1 380 mm
Rozvor	2450 mm		

Tabulka 10 Technické parametry vozidla Škoda Felecia

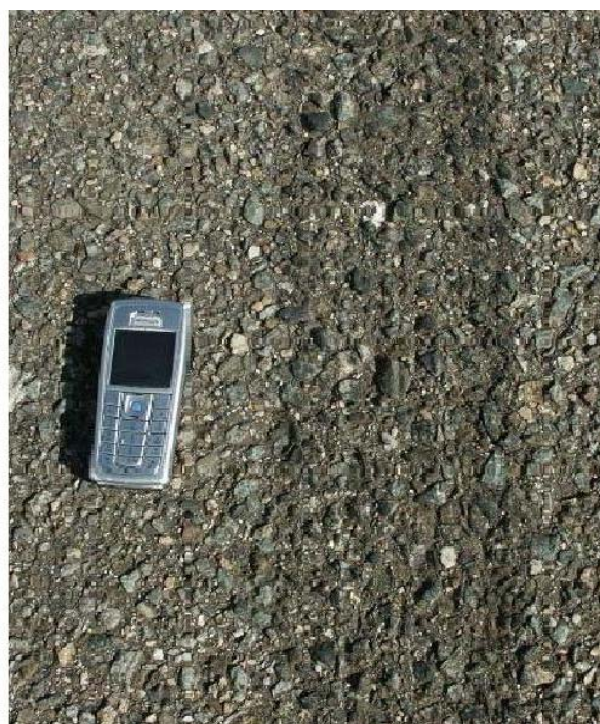
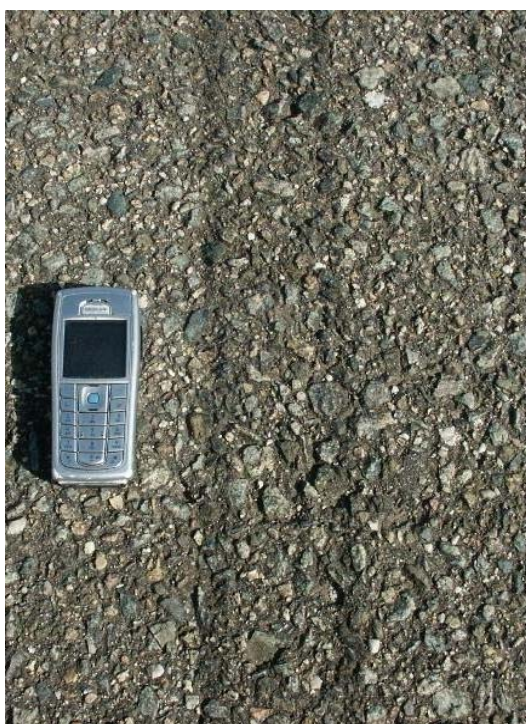
5.7.2 Měření zpomalení

Jako druhá část experimentu bylo použito dojezdového kola. Nejdříve byly provedeny brzdné zkoušky na vozidle za použití plnohodnotných kol, se kterými je toto vozidlo provozováno. Což jsou pneumatiky o rozměru 165/70 R13 Barum Brilantis. Při použití těchto pneumatik byly brzdné stopy souvislé a rovné. Průměrné maximální zpomalení bylo $7,83 \text{ m/s}^2$ až 8 m/s^2 . Tato souměrnost je vidět na Obrázek 37. Při použití dojezdového kola na přední nápravě bylo dosaženo průměrného maximálního zpomalení $6,23 \text{ m/s}^2$ až $6,55 \text{ m/s}^2$. Ale brzdná stopa se velmi liší od brzdné stopy bez použití dojezdového kola. Směr vozidla během plného brzdění je vidět na Obrázek 39 kde měřící pásmo je nataženo přímo od začátku

brzdění po zastavení. Červený bod zobrazuje, s jakým zpožděním začalo vytvářet brzdou stopu plnohodnotné kolo. To samé je zobrazeno z jiného pohledu na Obrázek 40.



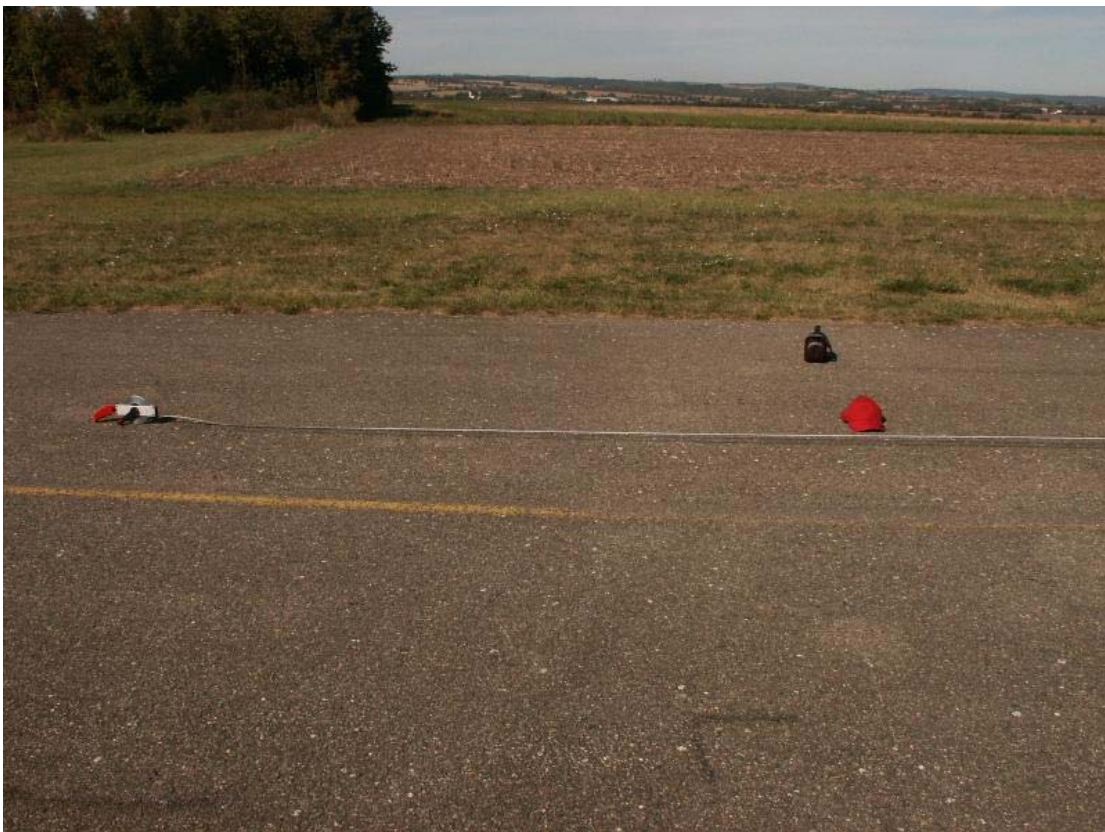
Obrázek 37 Brzdná stopa za užití stejných pneumatik



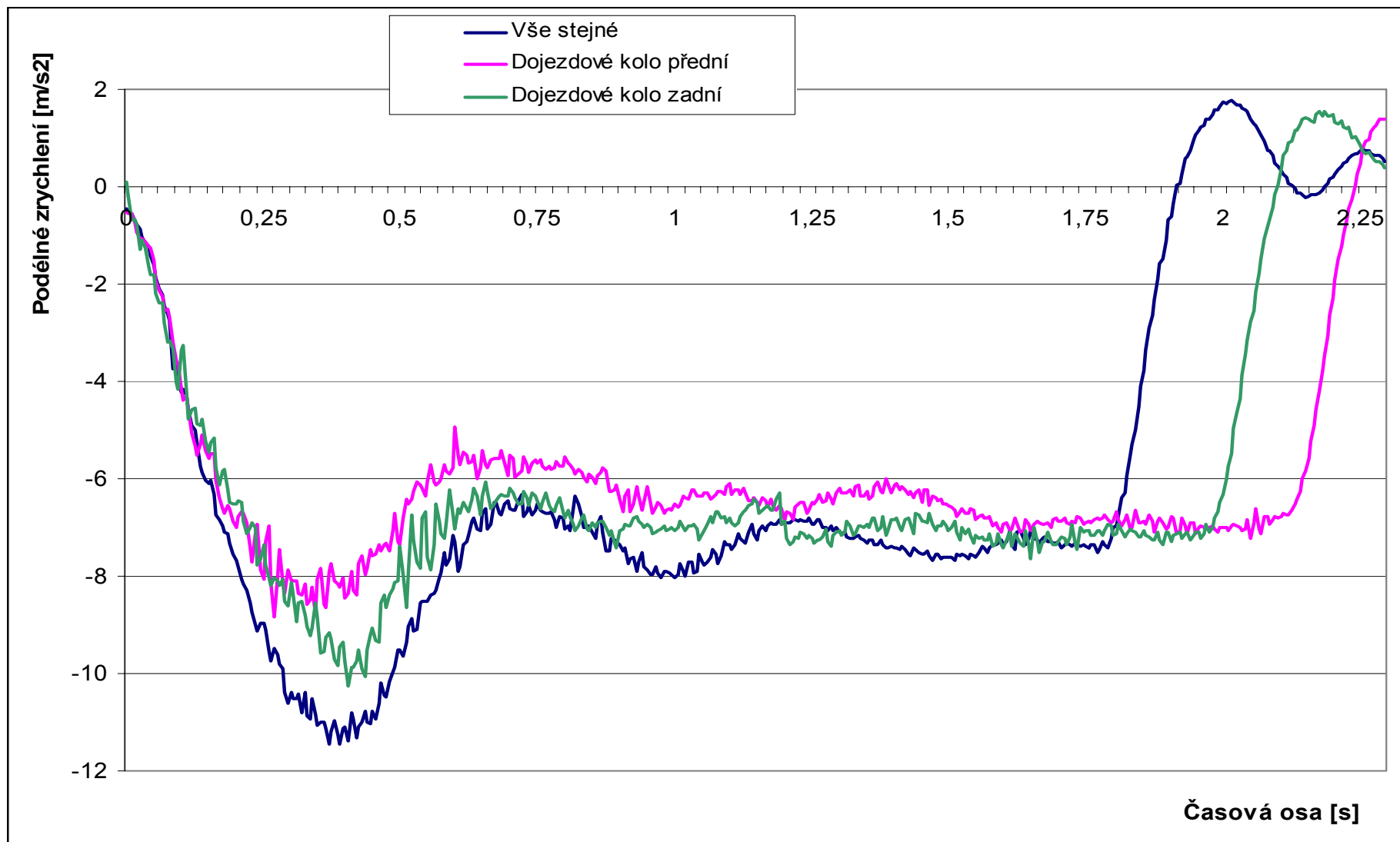
Obrázek 38 Porovnání brzdné stopy



Obrázek 39 Brzdná stopa dojezdového kola



Obrázek 40 Brzdná stopa dojezdového kola, rozdíl brzdných drah předních kol



Obrázek 41 Porovnávací graf průběhu zpomalení při použití dojezdového kola.

5.7.3 Vyhodnocení

Při plném brzdění za použití dojezdového kola na přední nápravě dochází ke značné změně směru vozidla ke druhé straně, než je použito dojezdové kolo. Dále je znatelné snížení zpomalení a prodloužena brzdňá dráha. Na vozovce je pak znát rozdílná délka smykové stopy, brzdňá stopa od dojezdového kola je 920cm a přitom brzdňá stopa normální pneumatiky 640cm. Při použití dojezdového kola na zadní nápravě se doba do zastavení zkrátí a vozidlo nemění tak svůj směr. Proto je vhodnější používat dojezdové kolo pouze na zadní nápravu i přes to, že tato výměna bude zdouhavější a komplikovaná. U zkoušeného vozidla je na přední nápravě větší brzdňý účinek než na zadní.

5.7.4 Jízda s dojezdovým kolem

Při jízdě s dojezdovým kolem nesmí rychlost vozidla být vyšší než 80 km/h nebo 50 mil/h. Dojezdové kolo má menší obvod než ostatní kola použitá na vozidle. Také má menší kontaktní plochu s vozovkou, proto je třeba se opatrněji rozjíždět. Celkově je jízda s dojezdovým kolem méně pohodlná, protože při svých rozměrech nemůže v takové míře tlumit nerovnosti jako ostatní kola. Je potřeba také pravidelně kontrolovat stav dojezdového kola i přes to, že není často používáno.

6 ZÁVĚR

Tato práce pojednává o vlivu vlastností a parametrů pneumatik. V úvodních kapitolách je proveden rozbor základních informací o jízdní dynamice. Dále popis pneumatiky včetně základních konstrukčních prvků a materiálů použitých při výrobě, značení pneumatik. Doporučení společnosti continental, která provedla i vlastní studii na téma správné huštění pneumatik, jež upozorňuje na špatnou péči provozovatelů vozidel o pneumatiky. Důležitou částí je legislativa, kterou by měl každý provozovatel vozidla znát a hlavně dodržovat. Zkoušení pneumatik provádějí již výrobci dle svých směrnic, které se odvozují od platných norem.

V páté kapitole je proveden popis a úvod do mého experimentálního měření. Experiment je rozdělen na dvě části. Během zkoušení bylo provedeno více než padesát brzdných zkoušek.

V první části jsem porovnával vliv stavu huštění, různých rozměrů, druhů pneumatik na různém povrchu při brzdě zkoušce. Zvolil jsem tři úrovně nahuštění a to 120 kPa, 220 kPa což bylo pro vybrané vozidlo doporučeno výrobcem a 320 kPa. Bylo zjištěno, že stav nahuštění pneumatik velmi ovlivňuje jejich brzdný účinek. Ale nedá se jednoznačně vybrat, že určitá hodnota tlaku je pro všechny pneumatiky a nejlepší.

Druhá část experimentu se týká vlivu dojezdového kola při plném brzdění. Kde bylo zjištěno, že použití dojezdového kola na přední nápravě velmi ovlivní směr vozidla při plném brzdění i jeho zpomalení. Proto bych doporučil používat dojezdové kolo pouze na zadní nápravu i přes skutečnost, že tato výměna bude časově náročnější a složitější. Při použití dojezdového kola na zadní nápravě je na přední nápravě souměrně rozložen brzdný účinek a vyšší zpomalení vozidla.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VLK, František. Podvozky motorových vozidel. 2000. Brno : Vlk František Prof.Ing.DrSc. , 2000. 391 s. ISBN 80-238-5274-4.
- [2] VLK, František. Automobilová technická příručka. 2003. Brno : Vlk František Prof.Ing.DrSc. , 2003. 391 s. ISBN 80-238-9681-4.
- [3] VLK, František. Dynamika motorových vozidel. 2000. Brno : Vlk František Prof.Ing.DrSc. , 2000. 434 s. ISBN 80-238-5273-6.
- [4] DOČKAL, Vladimír; KOVANDA, Jan; HRUBEC, František. PNEUMATIKY. 1998. Praha : ČVUT, 1998. 71 s. ISBN 80—01-01882-2
- [5] KOUTNÝ, František. Konstrukce výrobků : Geometrie a mechanika pneumatik. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. 138 s.
- [6] KRMELA, Jan. Systémový přístup k výpočtovému modelu pneumatik I.. Brno : Tibun EU s.r.o., 2008. 102 s.
- [7] 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>>.
- [8] Česká republika. Zákon o schvalování technické způsobilosti vozidel. In VYHLÁŠKA Ministerstva dopravy a spojů. 2002, 123, s. 7146. Dostupný také z WWW: <http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/701/.cmd/ad/.c/313/.ce/10821/.p/8411/_s.155/701?PC_8411_number1=341/2002&PC_8411_l=341/2002&PC_8411_ps=10&PC_8411_text=d%C3%A9lka>.
- [9] Brožura společnosti Continental, Poškození pneumatik a jejich příčiny, Pneumatiky pro osobní automobily
- [10] Technický rádce – osobní pneumatiky 2007 – 2008, Provozní pokyny Barum.
- [11] Značení pneumatik [online]. 2011 [cit. 2011-05-13]. Nezbytné informace před nákupem nových pneumatiky. Dostupné z WWW: <<http://www.pneuservis-ostrava.eu/znaceni-pneumatik.html>>.
- [12] Institut gumárenské technologie a testování [online]. 2011 [cit. 2011-05-26]. zkušky a homologace pneumatik. Dostupné z WWW: <<http://www.igtt.cz/homologace.htm>>.
- [13] Přístroj XL MeterTM [online]. 2011 [cit. 2011-05-26]. Český návod z WWW: <<http://www.nehodar.cz/?num=doporucuje>>.

- [14] Vlastní fotodokumentace
- [15] Škoda auto a.s. [online]. 2011 [cit. 2011-05-26]. technické informace škoda octavia I WWW: <<http://www.skoda-auto.cz/CZE/Pages/homepage.aspx.htm>>.
- [16] *Google mapy* [online]. 26.5.2011 [cit. 2011-05-29]. Google. Dostupné z WWW: <<http://maps.google.cz/maps?hl=cs&tab=wl>>.
- [17] *MARCÍN, Jiří; ZÍTEK, Petr. PNEUMATIKY. 1985. Praha: SNTL 1985. 496 s. L16-B3-IV-31/62 029*
- [18] Parametr. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 17. 8. 2011, last modified on 17. 8. 2011 [cit. 2011-10-06]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Parametr>>.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Závislost hnací síly F_k a hnacího výkonu P_k na rychlost[2]</i>	12
<i>Obr. 2 Ideální charakteristik[2]</i>	14
<i>Obr. 3 Skluzová charakteristika pneumatiky[3]</i>	14
<i>Obr. 4 Omezení rychlostních charakteristik přilnavostí: a) hnací moment na kolech b) hnací výkon na kolech[3]</i>	15
<i>Obr. 5: Ideální rychlostní charakteristika pohonu vozidla omezená přilnavostí, maximální výkon a maximální rychlosti jízdy[3]</i>	16
<i>Obr. 6 Vznik boční vodící síly kola S_k a směrové úchytky ak při působení boční síly a) stojící, b) valící se [3]</i>	17
<i>Obr. 7 Vratný moment M_{sk} a závlek pneumatiky n_s na valícím se kole se směrovou úchytkou[3]</i>	17
<i>Obr. 8 Radiální deformace u pneumatiky 295/80 R22,5 na bubnu 2m vypočtené pásovým modelem[5]</i>	18
<i>Obrázek 9 Kontaktní tlak p_{mc} pneumatiky 295/80 R22,5 na bubnu 2m vypočtený pásovým modelem[5]</i>	19
<i>Obr. 10 Plán experimentu pro stanovení funkce $\mu(p, F_R)$ u pneumatiky 295/80 R22,5 [5]</i>	20
<i>Obr. 11: Průběh brzdění[3]</i>	21
<i>Obr. 12 Síly působící na vozidlo při brzdění[3]</i>	22
<i>Obr. 13 Kamnová kružnice přilnavosti[3]</i>	23
<i>Obr. 14 konstrukční prvky pneumatiky[7]</i>	25
<i>Obr. 15 popis pneumatiky[7]</i>	26
<i>Obr. 16: Diagonální pneumatika[7]</i>	29
<i>Obr. 17: Radiální pneumatika[7]</i>	29
<i>Obr. 18 značení pneu [11]</i>	31
<i>Obr. 19 značení pneu [11]</i>	31
<i>Obr. 20 Výsledky studie na stav tlaku v pneumatikách dle continental[9]</i>	34
<i>Obr. 21 Zkouška pneumatiky na zkušebním bubnu[12]</i>	40
<i>Obr. 22 detail mokrého povrchu[14] Obr. 23 detail suchého povrchu[14]</i>	42
<i>Obr. 24: zkušební trať (žlutě orámována)[16]</i>	42
<i>Obr. 25 Poloha XL meterTM[13]</i>	44

<i>Obr. 26 Zkušební vůz Škoda Octavia[14]</i>	44
<i>Obr 27 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Goodyear 205/55 R16 na suchém povrchu</i>	48
<i>Obrázek 28 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Goodyear 205/55 R16 na mokrém povrchu</i>	49
<i>Obrázek 29 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Sebring 205/55 R16 na suchém povrchu</i>	51
<i>Obrázek 30 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Sebring 205/55 R16 na mokrém povrchu</i>	52
<i>Obrázek 31 Porovnávací graf průběhu zpomalení, BF Goodrich 195/55 R15 na suchém povrchu</i>	54
<i>Obrázek 32 Porovnávací graf průběhu zpomalení, BF Goodrich 195/55 R15 na mokrém povrchu</i>	55
<i>Obrázek 33 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Barum polarit 195/65 R15 na suchém povrchu</i>	57
<i>Obrázek 34 Porovnávací graf průběhu zpomalení, Barum polarit 195/65 R15 na mokrém povrchu</i>	58
<i>Obrázek 35 Shrnutí všech výsledků zkoušených na vozu Octavia</i>	59
<i>Obrázek 36 Zkušební vůz Škoda Felicia [14]</i>	61
<i>Obrázek 37 Brzdná stopa za užití stejných pneumatik</i>	63
<i>Obrázek 38 Porovnání brzdné stopy</i>	63
<i>Obrázek 39 Brzdná stopa dojezdového kola</i>	64
<i>Obrázek 40 Brzdná stopa dojezdového kola, rozdíl brzdných drah předních kol</i>	64
<i>Obrázek 41 Porovnávací graf průběhu zpomalení při použití dojezdového kola</i>	65

9 SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Součinitelé přílnavosti pro různé povrchy vozovky[3]</i>	15
<i>Tabulka 2 Hustící tlak v závislosti na nosnosti[9]</i>	33
<i>Tabulka 3: Technické parametry vozidla Škoda Octavia</i>	45
<i>Tabulka 4 Rozměry pneumatik</i>	45
<i>Tabulka 5 Záznam z brzdné zkoušky pneumatik Goodyear</i>	46
<i>Tabulka 6 Záznam z brzdné zkoušky pneumatik Goodyear</i>	50
<i>Tabulka 7 Záznam z brzdné zkoušky pneumatik BF Godrich 195/55</i>	53
<i>Tabulka 8 Záznam z brzdné zkoušky pneumatik Barum polaris 2</i>	56
<i>Tabulka 9 Hodnoty pneumatik Škoda Felicia</i>	61
<i>Tabulka 10 Technické parametry vozidla Škoda Felicia</i>	62