

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

**KATEDRA DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ**

**VLIV PNEUMATIK NA BEZPEČNOST**  
**PROVOZU AUTOMOBILU**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**AUTOR PRÁCE: Zdeněk Vachek**

**VEDOUCÍ PRÁCE: ing. Miroslav Bodlák**

**2008**

**UNIVERZITY OF PARDUBICE**  
**JAN PERNER TRANSPORT FACULTY**  
**DEPARTMENT OF TRANSPORT MEANS**

**THE TYRE INFLUENCE ON SAFETY OF**  
**CAR TRAFFIC**  
**BACHELOR WORK**

**AUTHOR: Zdeněk Vachek**

**SUPERVISOR: Ing. Miroslav Bodlák**

**2008**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Použité literární prameny a informace, které jsem využil ke své práci, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Zdeněk Vachek

*Poděkování:*

*Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce ing. Miroslavu Bodlákovi za jeho cenné odborné rady a ochotu poskytovat konzultace.*

*Dále bych chtěl poděkovat panu ing. Janu Pokornému a panu ing. Tomáši Zikmundovi za informace, které mně ochotně poskytovali a především za to že mně ochotně pomáhali při experimentálním měření.*

*V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali nejen při vytváření této práce, ale i v průběhu celého mého studia na vysoké škole.*

## **Abstrakt**

Práce se zabývá relativně malou, avšak velmi podstatnou součástí automobilového průmyslu a tím jsou pneumatiky a jejich vliv na bezpečnost provozu automobilu. Hlavně je to vytyčení nejdůležitějších parametrů, kterými pneumatiky ovlivňují bezpečnost jízdy a také experimentální měření vlivu tlaku vzduchu v pneumatikách na délku brzdné dráhy.

## **Definice pojmů**

Správné názvosloví pro pneumatiky je popsáno v normě ČSN 631001 Pneumatiky – termíny a definice:

Plášť je pružná vnější část pneumatiky, která zajišťuje styk s vozovkou a která svou patkovou částí dosedá na ráfek.

Pneumatika je plášť (popř. s duší, vložkou nebo s bezdušovým ventilem) namontovaný na ráfek a naplněný tlakovým médiem.

## **Zkratky**

ABS – protiblokovací systém

TWI – (Tread Wear Indicator) indikátor hloubky dezénu

STK - Stanice technické kontroly

## **Předmluva**

Pneumatika, především jako součást silničních vozidel, je všeobecně známa většině lidí, avšak málo z nich zná více o její funkci a nejdůležitějších vlastnostech, kterými pneumatiky ovlivňují bezpečnost silničního provozu. Vzhledem k tomu, že sehrává velice významnou roli zejména v oblasti jízdních vlastností a aktivní bezpečnosti vozidel, měl by mít každý řidič a především absolvent studia se zaměřením na automobily o pneumatice alespoň základní znalosti. Cílem této bakalářské práce je poskytnout souhrn těchto základních informací.

## OBSAH

1. Úvod.....	8
2. Základní požadavky na pneumatiky.....	9
3. Faktory, kterými pneumatiky ovlivňují bezpečnost provozu automobilu.....	10
3.1. Adheze.....	10
3.2. Opotřebení pneumatiky a aquapalning.....	10
3.3. Vyvážení kola.....	12
3.4. Házivost pneumatiky .....	13
3.5. Tlak vzduchu v pneumatikách.....	14
3.6. Konstrukce pneumatiky .....	16
4. Zkoušky pneumatik .....	18
5. Experimentální měření.....	20
5.1. Použité zařízení.....	20
5.1.1. Měřicí zařízení.....	20
5.1.2. Vozidlo pro experiment.....	26
5.1.3. Pneumatiky pro experiment.....	27
5.2. Postup měření.....	28
5.3. Vyhodnocení měření .....	31
6. Závěr.....	36
Seznam použité literatury.....	37
Seznam obrázků .....	38
Seznam tabulek .....	38
Seznam grafů .....	39
Seznam příloh .....	39

## 1. ÚVOD

Pneumatiky jsou známé již více než 100 let a na první pohled se může zdát, že prochází pouze jakýmsi kosmetickými změnami, avšak to podstatné, na čem se usilovně pracuje, je lidskému oku skryto ve struktuře a v materiálech, ze kterých jsou dnešní moderní pneumatiky vyrobeny. Na pneumatiky jsou kladeny stále větší nároky moderními výkonnými automobily, které vyžadují širší pneumatiky, větší průměry ráfků, vyšší rychlostní a hmotnostní indexy, lepší směsi atd. Pneumatiky jsou to hlavní a jediné co zajišťuje kontakt vozidla s povrchem. Podle průzkumu německého TÜV Automotive GmbH je špatné „obutí“ druhou nejčastější příčinou nehod. Zhruba polovinu z toho tvoří poškození při přejetí překážky, chybná montáž nebo oprava, popřípadě výrobní vada. Další velkou část tvoří zanedbaná údržba pneumatik jako je nadměrně sjetý vzorek, příliš stará pneumatika nebo nízký tlak nahuštění. Málokterý řidič si uvědomuje, že právě správný tlak v pneumatikách může v krizových situacích mít zásadní vliv na bezpečnost v silničním provozu.



## 2. ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA PNEUMATIKY

Na plášťě je kladeno mnoho požadavků, ale pro jednoduchost je lze rozdělit do čtyř základních kritérií a to aktivní bezpečnost, komfort, hospodárnost a vztah k životnímu prostředí. V dnešní době přesvědčivě vede kritérium aktivní bezpečnosti, avšak ani ty zbývající nemohou být opomíjena. Uvedená kritéria je možno hodnotit souborem charakteristických vlastností viz tabulka 1.

Aktivní bezpečnost	Rychlostní odolnost (maximální rychlost) Trvanlivost Odolnost proti průrazu Jízdní bezpečnost na různém povrchu (sucho, mokro, sníh, led) Vliv na přesnost řízení Stabilita při vysoké rychlosti
Komfort	Tlumení nerovností vozovky Nízký přenos hluku Jednoznačnost řízení Klidná jízda ( nízká obvodová nerovnoměrnost)
Hospodárnost	Odolnost proti opotřebení Životnost Valivý odpor Vliv na spotřebu paliva Schopnost obnovení (protektorování) Pořizovací cena
Vztah k životnímu prostředí	Hlučnost Schopnost recyklace

Tabulka. 1: Kritéria hodnocení pneumatik

### **3. FAKTORY, KTERÝMY PNEUMATIKY OVLIVŇUJÍ BEZPEČNOST PROVOZU AUTOMOBILU**

#### **3.1 Adheze pneumatiky na vozovce**

Adheze neboli soudržnost pneumatiky s vozovkou je nejdůležitější vlastností, která ovlivňuje bezpečnost provozu. Další parametry, které jsou uvedeny níže s adhezí přímo souvisí a ovlivňují jí. Adheze je vlastnost dvou různých materiálů (pneumatika / vozovka) spolu soudržet. Je to přilnavost různých materiálů. V silniční dopravě se tak označuje schopnost vozidla přenášet síly mezi koly a vozovkou. Pro bezpečnost silničního provozu je důležité, aby adheze mezi koly a vozovkou byla co největší. Adheze závisí na vlastnostech pryže běhounu, rychlosti relativního prokluzu, materiálu, mikroprofilu a znečištění vozovky.

Mluvíme-li o soudržnosti pneumatiky s vozovkou, je na místě se zmínit o jevu, který může za určitých podmínek soudržnost velice výrazně ovlivnit a tím je aquaplaning.

#### **3.2. Opotřebení pneumatik a aquaplaning**

Dalším neméně důležitým parametrem pneumatiky, který ovlivňuje bezpečnost provozu, je stav opotřebení pláště. Protože hloubka dezénu pneumatik se v průběhu užívání snižuje, brzdná dráha vozidla zejména na mokré vozovce je podstatně delší. Nebezpečí aquaplaningu (tj. ztráty kontaktu vozidla s vozovkou v důsledku vodního klínu mezi pneumatikou a povrchem vozovky) se proto zvyšuje u pneumatik s malou zbytkovou hloubkou dezénové drážky. Z hlediska bezpečnosti silničního provozu je proto nanejvýš důležité včas vyměnit ojetou pneumatiku za novou, tj. dokud zbytková respektive bezpečnostní hloubka drážky není menší než 1,6 mm.




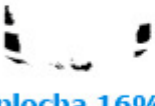



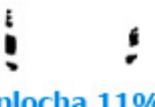

Úroveň minimální bezpečnostní hloubky drážky signalizují tzv. indikátory opotřebení TWI, což jsou výstupky na dně drážek vysoké rovněž 1,6 mm.

Rovnoměrné opotřebení běhounu všech pneumatik na vozidle prodlužuje jejich životnost, zvyšuje tak ekonomiku provozu a přispívá i k vyšší bezpečnosti provozu. Zejména u vozidel s předním náhonem se doporučuje proto záměnu pneumatik z přední nápravy na zadní a naopak v určitých pravidelných intervalech (např. po ujetí 5 000 km) při zachování smyslu otáčení kol.

Při valení kola po vozovce s vodní vrstvou dochází ke snížení soudržnosti pneumatiky s vozovkou, což v důsledku ovlivňuje bezpečnost provozu. Rozborem bylo zjištěno, že téměř v 50% nehod byl významným faktorem podílejícím se na vzniku dopravní nehody stav vozovky. Dále bylo zjištěno, že nehodovost na mokré vozovce je cca čtyřikrát větší, než na vozovce suché.

Aquaplaning je ztráta přilnavosti pneumatiky s vozovkou vlivem vrstvy vody, která se dostala mezi povrchy pneumatiky a vozovky. Tato situace nastává v okamžiku, kdy drážky dezénu nejsou schopné odvádět dostatečně rychle přebytečné množství vody. Během vzniku aquaplaningu je vozidlo zcela neřiditelné, proto je tato ztráta přilnavosti označována za velmi nebezpečnou. Navíc k ní dochází zcela nečekaně a bez předešlého varování řidiče.

Aquaplaning vzniká v rychlostech nad 80 km/h. Zda nás překvapí, či nikoliv, ovlivňuje tloušťka vodní vrstvy na vozovce, rychlost automobilu a hloubka dezénu pneumatiky.

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.1: Vliv hloubky drážky dezénu a rychlosti jízdy na velikost kontaktní plochy mezi pneumatikou a vozovkou

Kromě stavu opotřebení nesmějí mít pláště pneumatik na svém vnějším obvodu (oblast koruna, ramene, boku a patky pláště) trhliny nebo poškození, které obnažují kostru nebo ji narušují. Takto porušený plášť se stává náchylnějším k průrazu

### **3.3. Vyvážení kola**

Nevyvážené kolo může ohrozit bezpečnost vozidla a zvýšit náklady na provoz. Vzrůstající trend směrem k dražším, širším a větším pneumatikám s co nejnižším profilem klade větší důraz na potřebu přesného vyvážení pneumatiky/kompletu kola.

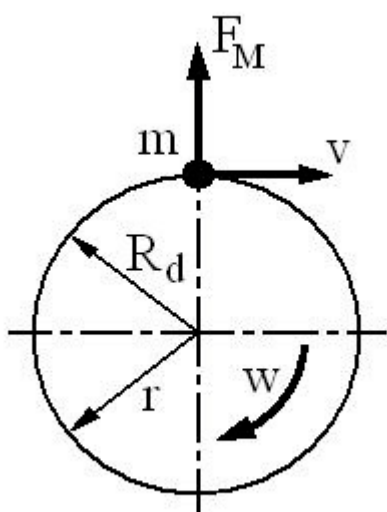
Za provozu se může vyvážení kola z různých příčin porušit

- nerovnoměrným opotřebením běhounu pneumatiky
- opravou pláště nebo duše pneumatiky
- deformací ráfku
- ztrátou některého původního závaží

Nevyvážené hmoty vyvolávají kmitání kol, i když je jejich uložení a zavěšení v naprostém pořádku. Někdy se kmitání projevuje jen při určité rychlosti jízdy, kdežto při rychlosti nižší nebo vyšší opět mizí. Nevyvážená kola mohou prodloužit brzdnou dráhu vozidla a ovlivnit chování vozidla při zatáčení, zvláště pak za mokra. Pravidelným vyvažováním kol se snižují náklady na provoz vozidla tím, že se sníží opotřebení pneumatiky, což vede k prodloužení její životnosti, a také se sníží odpor pneumatiky, který zvyšuje spotřebu pohonných hmot. Vyvážením je také možno prodloužit životnost tlumičů, ložisek a součástí pérování a řízení.

Odstředivá síla  $F_M$  obr. 4 vyvolaná nevyváženou hmotou  $M$  kola nestoupá lineárně, ale se čtvercem rychlosti (kvadraticky).

$$F_M = m \cdot r \cdot \omega^2 = m \cdot r^2 \left( \frac{v}{R_d} \right)^2 [N] \quad (1)$$



Legenda:

$m$  - Hmotnost nevyvážené hmoty  $M$  [kg]

$r$  - Poloměr těžiště nevyvážené hmoty [m]

$\omega$  - Úhlová rychlost [ $s^{-1}$ ]

$v$  - Obvodová rychlost na poloměru  $R$  [ $ms^{-1}$ ]

$R_d$  - dynamický poloměr [m]

Obrázek. 2: Odstředivá síla

Z výše uvedeného vzorce vyplývá, že i malé nevyvážky vyvolávají při větších rychlostech značně velké síly, jejichž směr působení se mění při každé otáčce kola. Pravidelným vyvažováním kol zajistíme, že se kola otáčejí hladce a plynule, což vede nejen ke zlepšení pohodlí pasažérů, ale také ke zlepšení jízdních vlastností a zvýšení bezpečnosti vozidla.

### 3.4. Házivost pneumatik

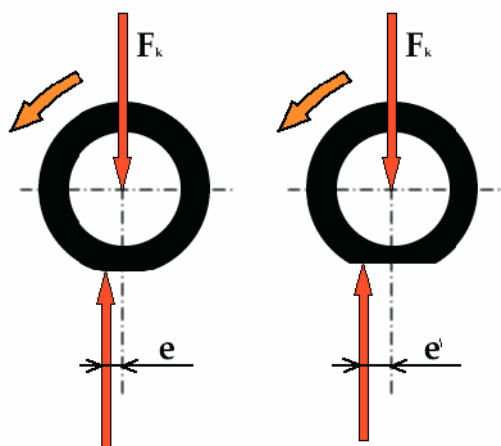
Kromě nesprávného vyvážení kol může být příčinou kmitání kol nadměrná radiální (obvodová) nebo axiální (čelní) házivost pneumatik nebo diskového kola. Ta má za následek rozkmitání kola na vozovce a tím snížení adheze a zhoršení ovladatelnosti vozidla. Kolo s větší házivostí již zpravidla nelze vyvážit natolik, aby běželo klidně.

Radiální a axiální házivost		
Průměr ráfku [palec]	Max. házivost [mm]	Limitní hodnoty při hodnocení v STK [mm]
Diskového kola		
do 15	1,5	3,0
16 až 20	2,5	4,0
nad 20	3,0	5,0
Kola s pneumatikou		
do 15	3,0	
16 až 20	4,0	
nad 20	5,0	

Tabulka.2: Házivost pneumatik

### 3.5. Tlak vzduchu v pneumatikách

Výrazný podíl na ovladatelnosti a hospodárném provozu automobilu mají správně nahuštěné pneumatiky. Avšak kontrolu tlaku v pneumatikách bývá často opomíjena, nebo prováděna pouze pohledem namísto použití manometru. Obyčejně bývá pokles tlaku v pneumatice pozvolný a lze jej přičítat drobným netěsnostem a prostupu vzduchu pneumatikou. Logickým důsledkem snížení tlaku v pneumatice je zvětšení stykové plochy. Ta se zvětšuje pouze do určitého tlaku, při nadměrném podhuštění se styková plocha začne zmenšovat vlivem vyboulení středové části běhounu. Větší styková plocha může za určitých podmínek (sníh, písek apod.) být žádoucí, ovšem ve většině případů vede ke zvýšení součinitele valivého odporu kola. Mechanismus změny součinitele valivého odporu je znázorněn na obrázku 1.



Obrázek.3: Změna valivého odporu vlivem podhuštění pneumatiky

Jak je z obrázku 3 patrné, u podhuštěné pneumatiky (vpravo) dojde k posunutí reakce na radiální zatížení kola a tím ke zvětšení vzdálenosti  $e$  na  $e'$ . Součinitel valivého odporu je vyjádřen vztahem (2):

$$f = \frac{e}{r_d} \quad (2)$$

kde :  $f$  - součinitel valivého odporu  
 $e$  - posunutí reakce [m]  
 $r_d$  - dynamický poloměr kola [m]

Konkrétní hodnota součinitele valivého odporu závisí zejména na povrchu vozovky; uplatní se také vliv deformace pneumatiky a rovněž rychlosti odvalujícího se kola.

Velikost deformace je dána tlakem vzduchu v pneumatice, přičemž s jeho poklesem roste velikost deformační práce. Navíc, pokud budeme uvažovat otáčení kola při vysokých rychlostech, dojde k tomu, že se v náběžné části stykové plochy nestačí účinky deformace pneumatiky vyrovnat (kvůli „nedostatku času“ při vysoké rychlosti). Tím, že se průběžně vznikající zmíněné deformace nemohou vyrovnávat, dojde ke snížení přítlaku mezi kolem a vozovkou v úběžné části pneumatiky. To vede k výraznému posunutí/zvětšení  $e$  a tím pádem se zvýší i součinitel valivého odporu kola  $f$ .

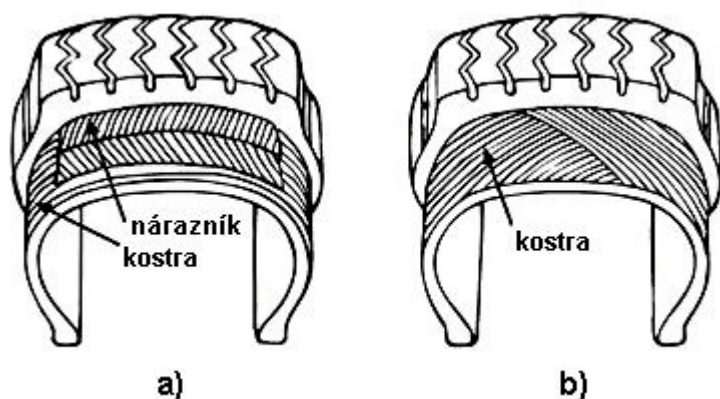
Správné huštění pneumatik má zcela zásadní vliv na opotřebení pneumatik a tím samozřejmě i na její životnost. Mírné přehuštění není nikterak závažné, a mnohdy je dokonce i doporučováno (do 10%), zvláště při větším zatížení vozidla a při vyšších rychlostech. S rostoucím zatížením dochází k její větší deformaci a tedy i k většímu zahřívání, díky kterému se zvětšuje odběr běhounu.

V kapitole experimentální měření se blíže podíváme, jaký vliv má huštění pneumatik na jízdu. Poslouží nám praktický experiment, při němž byl zjišťován vliv huštění na délku brzděné dráhy.

### 3.6 Konstrukce Pneumatik

#### Kostra pláště

Kostra určuje většinu nejdůležitějších vlastností pneumatiky. hlavně jízdní vlastnosti, nosnost, tvar atd.. Rozeznáváme dva základní druhy konstrukce kostry: diagonální a radiální viz obrázek 4. Navíc ještě existuje kostra smíšené konstrukce (bias-belted)



Obrázek 4: Konstrukce kostry pneumatik: a) radiální, b) diagonální

O kvalitě kostry a její pevnosti rozhoduje pevnost použitých kordů, hustota kordové tkaniny, počet kordových vložek a úhel, který spolu svírají nitě ve dvou sousedních vložkách. U diagonální konstrukce nastal problém při výrobě pneumatik pro vyšší rychlosti, nad 180 km/h již musel být úhel vláken ve dvou sousedních kordových vložkách snížen na 30 stupňů a díky tomu se délka vlákna značně zvýšila, což mělo za následek ztrátu jízdní bezpečnosti pneumatiky vzhledem k příčným silám. To vedlo k vývoji a výrobě pneumatik radiálních na začátku druhé poloviny 20. století. První plášť s radiálním kordem představil Michelin v roce 1946 pod názvem Michelin X. Mezi hlavní přednosti radiálních plášťů patří zvýšená bezpečnost jízdy v důsledku lepšího kontaktu s vozovkou především v zatáčkách, zvýšený tažný výkon a lepší brzdící schopnosti, menší valivý odpor, úspora paliva, menší opotřebení, menší hysterezní ztráty a nižší teplota, lepší odolnost proti únavě.

Dříve se na kordová vlákna používaly materiály jako irský len a bavlna, později s příchodem umělých vláken a ocelového kordu se od těchto materiálů upustilo avšak dodnes



se můžeme setkat se smluvním vyjádřením 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. Kordová vlákna vrstev vnitřní části kostry radiálního pláště jsou kladeny ve směru kolmém na obvodovou kružnici. To představuje nejkratší vzdálenost od jedné patky k druhé.

## **Běhoun**

Funkce běhounu u pneumatiky je chránit kostru před nepříznivými povětrnostními vlivy, před mechanickým poškozením a v neposlední řadě zajišťovat kvalitní kontakt pneumatiky s vozovkou (viz. kapitola Adheze). Na vozovku se přenáší hnací síla motoru a účinek brzdové soustavy. Úkolem běhounu je také odvádět teplo vzniklé v pneumatice vlivem hysterezních pochodů. Teplo vzniká i v samostatném běhounu a ten by i z toho důvodu měl být co nejtenčí avšak musí být zachována určitá hloubka dezénu.

Na všech výše uvedených aspektech se podílí směs, ze které je běhoun vyroben. V praxi se tloušťka běhounu volí tak, že drážka tvoří přibližně 60% a hmota pod běhounem asi 40%. Další prořezávání plášťů pro osobní automobily je zakázáno. Tato technika se u osobních automobilů používá pro sportovní účely, kdy lze volbou hloubky prořezání okamžitě reagovat na množství vody na vozovce.

## **Nárazník**

Nárazník tvoří přechod mezi kostrou pláště a běhounem a jeho úkolem je zjistit dynamické spojení mezi těmito dvěma částmi pneumatiky, pomáhá chránit kostru proti průrazu a dále také stabilizuje běhoun v obvodovém směru. U plášťů pro osobní automobily se používají dvě nárazníkové vrstvy.

#### 4. ZKOUŠENÍ PNEUMATIK

V této kapitole je uveden pouze výčet experimentálních zkoušek s kompletní pneumatikou s cílem zjištění rozhodujících vlastností při použití na vozidle a v provozu. Další samostatnou kapitolou zkoušení pneumatik by byl výčet zkoušení veškerých komponent a chemikálií, které se používají při výrobě pneumatik.

Zkoušky, které nás zajímají z hlediska výsledné kvality prováděné u každého pláště

- vzhled pláště
- rentgen
- zkouška obvodové nerovnoměrnosti
- zkouška nevyváženosti

Dále rozlišujeme kontrolní zkoušky prováděné s určitou periodicitou. Při některých z nich se pláště naruší nebo zničí a nemohou být většinou provozovány na vozidle. Mezi tyto tzv. laboratorní zkoušky patří:

- zkoušky radiální, boční, tangenciální a torzní tuhosti (měří se působící síla a deformace)
- zkoušky tlakové pevnosti pláště (vodou)
- zkouška průrazu trnem
- zkouška sesmeknutí patek z ráfku
- rychlostní zkouška na bubnové zkušebně (destrukční rychlost)
- zkouška životnosti na bubnové zkušebně
- zkouška valivého odporu na bubnové zkušebně
- zkouška radiální tuhosti patek pláště (zjišťuje se spolehlivé sezení pláště na ráfku)
- zkouška funkčních závislostí pneumatiky za rotace na bubnovém zkušebním stroji (závislost boční síly a vratného momentu na úhlu směrové úchyly při různých variantách radiálního zatížení, huštění a obvodové rychlosti pláště)
- hlukové zkoušky v bezdozvukové komoře

Další skupinou zkoušek jsou zkoušky prováděné na reálné vozovce buď na speciálních zařízeních (dynamometrický přívěs), nebo na vozidle. Většina těchto zkoušek se provádí na suchém, zkrápleném nebo zaplaveném povrchu. Jedná se o následující druhy zkoušek :

- zkoušky adhezí na dynamometrickém přívěsu v podélném a příčném směru
- zkoušky hluku na dynamometrickém přívěsu
- zkoušky životnosti pneumatik na dynamometrickém přívěsu
- zkoušky brzdných vlastností na vozidle s ABS a bez ABS
- zkoušky říditelnosti, ovladatelnosti a stability na vozidle
- zkoušky kmitání kol a přenosu vibrací
- zkoušky aquaplaningu v podélném a příčném směru na vozidle
- zkoušky hluku na vozidle
- zkoušky pohodlí jízdy
- subjektivní zkoušky na vozidle
- zkoušky životnosti pneumatik na vozidle

Uvedený výčet zkoušek nelze považovat za úplný, protože existuje řada dalších experimentů prováděných při vývoji pneumatik i vozidel, jejichž cílem je ověřit buď vliv změny technologie výroby pneumatik, nebo vliv neobvyklých či mimořádných podmínek provozu na chování pneumatik na vozidle a jejich životnost.

## 5. EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole, tlak vzduchu v pneumatikách má značný vliv především na velikost valivého odporu pneumatiky a také na životnost pláště.

Cílem tohoto měření bylo zjistit, jaký má vliv nahuštění pneumatik na délku brzdné dráhy.

Měření bylo prováděno jízdou zkouškou na letištní ploše v Hradčanech. Jako měřicí zařízení byl použit decelometr pro měření průběhu brzdného zpomalení a Correvit pro měření okamžité rychlosti. Oba přístroje byly propojeny s notebookem, který zpracovával a ukládal přijatá data. Po skončení měření jsem naměřené hodnoty zpracoval v programu Microsoft Excel a vytvořil grafické závislosti.

### 5.1 Použité přístroje a zařízení

#### 5.1.1 Měřicí zařízení

Název	Typ	Výrobce	R. v.	Výr. č.	Inv. číslo
Snímač rychlosti	Correvit S-CE s gyroskopem	Corrsys-Datron, Německo	2002	31522	2-005341
Snímač zrychlení	ADXL 311 (Acc)	Analog Devices, USA	2003		0-046585
optický snímač		Ing. P. Zikmund, ČR	2007		
Měřicí ústředna	DEWE-Rack-16	Dewetron,	2000	1400612	2-004561
Měřicí moduly	DAQP-V	Dewetron,			
Multifunkční karta	DAQ-Card AI-16E-4	NI, USA	2000	183262F-01	2-004561
Řídicí počítač	ASUS L4000L	ASUSTek Computer Inc. Taiwan	2003	39NP051266	2-005551
Rozvaděč		UPa + Ing. P. Zikmund, ČR	2003		0-046970
Akumulátor	12 V - 70 A.h	Filson	2007		
Manometr	P300H	Konekta			
Svinovací pásmo	Tř. přesnosti 3	Stanley 30m			

Tabulka. 3: Seznam měřících zařízení

## Měřicí zařízení Correvit s integrovaným gyroskopem od firmy Corrsys

Snímač pracuje na principu optické korelace a umožňují bezkontaktní měření kinematických veličin. Pomocí Correvitu je možno realizovat celou řadu měření. Od nejjednodušších, jako jsou zkoušky zrychlování či zpomalování až po složitější, jako například vyhýbací nebo předjížděcí manévry.

Snímač Correvit<sup>®</sup> S-CE s integrovaným jednoosým optickým gyroskopem v základním nastavení snímá následující veličiny:

4. velikost vektoru výsledné rychlosti snímače  $|\vec{v}|$ ,
5. velikost odchylky  $\varphi$  vektoru výsledné rychlosti snímače  $\vec{v}$  od podélné osy snímače, tj. velikost směrové úchylky,
6. velikost stáčivé rychlosti  $\omega$  (úhlové rychlosti pohybu snímače kolem svislé osy z).

Veličina	Měřicí rozsah	Rozsah výstupu	Odchylka
výsledná rychlost	0 až 350 km/h (nastavitelný)	analogový: 0 až + 10 V digitální: 160 až 750 pulzů/m	$< \pm 0,1 \%$
směrová úchylka	- 40° až + 40°	analogový: - 5 až + 5 V digitální: 160 až 750 pulzů/m	$< \pm 0,1 \%$
stáčivá rychlost	- 200 °/s až + 200°/s	cca – 10 až + 10 V dle kalibr. protokolu	$< \pm 0,2 \%$

Tabulka. 4: Technické parametry snímače Correvit



Obrázek. 5: Snímač Correvit® S-CE upevněný na zadním nárazníku

### Snímač zrychlení XYZ

Snímač zrychlení využívá čipy *ADXL311* (Analog Devices). Umožňuje měřit zrychlení ve třech osách. Výstupní signál je analogový. Jako výstupní konektory jsou použity 3 konektory typu BNC. Napájení snímače: 10 až 18 V stejnosměrného napětí. Pro připojení zdroje el. napětí je snímač osazen šroubovacím konektorem NCG-3PM.

Zrychlení	Maximální měřicí rozsah	Výstupní napětí v rozsahu - 1 g až + 1 g:	Odchylka
$a_x$	- 2 g až + 2 g	+ 1,00 až + 4,87 V	nelinearita: max. 0,2 % celková odchylka max 2 %
$a_y$		+ 0,42 až + 4,40 V	
$a_z$		+ 0,48 až + 4,40 V	

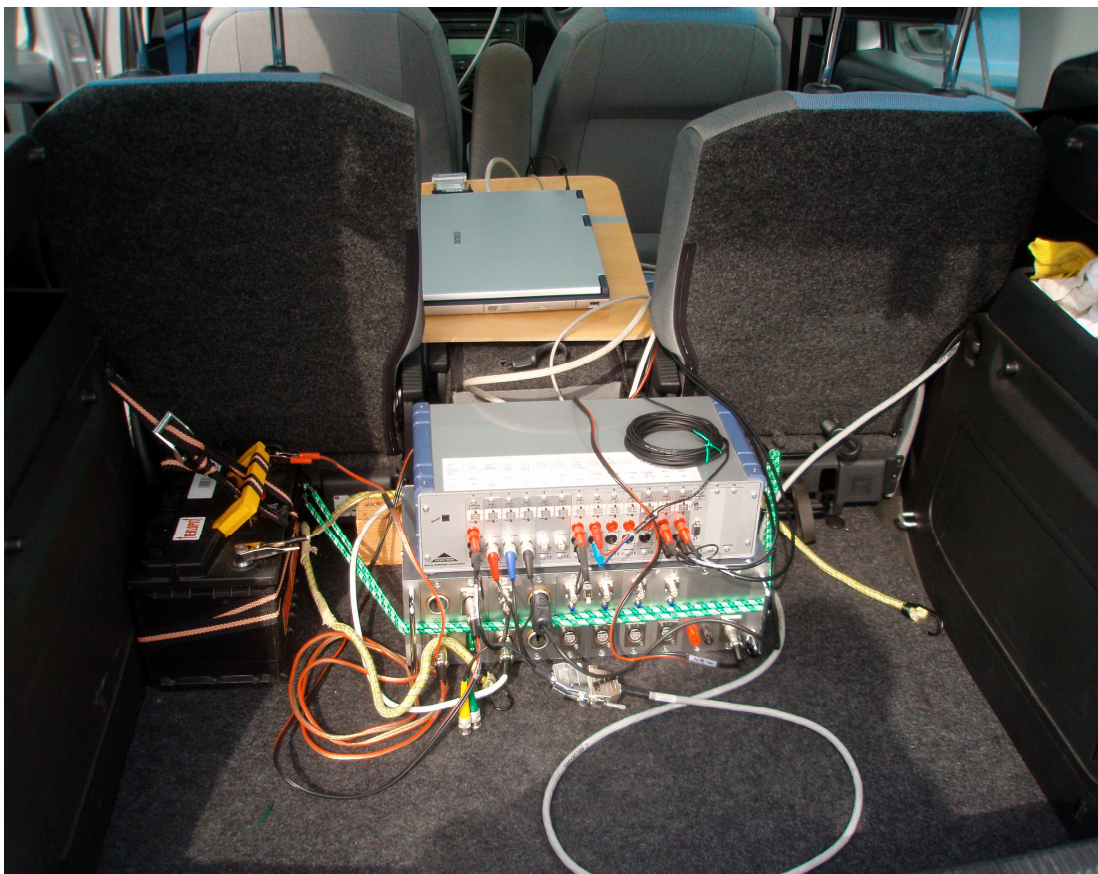
Tabulka 5: Technické parametry snímače zrychlení

## Měřicí ústředna DEWE-Rack-16

Je osazena moduly pro úpravu signálů. Moduly slouží k přizpůsobení napěťové úrovně a k filtraci signálu, příp. k přeměně jiného druhu signálu na el. napětí. Při jízdních zkouškách vozidel se využívá celkem 13 modulů: 11 napěťových izolačních zesilovačů pro měření nízkého napětí DAQP-V, 1 napěťový izolační zesilovač pro měření vysokého napětí DAQP-DMM a 1 izolační zesilovač s převodníkem frekvence-napětí DAQN-FREQ. Parametry modulů označených DAQP lze nastavit softwarově (např. pomocí ovladače DeweConfig. Výstupní signál je vždy analogový s rozsahem -5 až + 5 V.

Modul	Měřicí rozsahy	Filtry	Odchylky	Konektor
DAQN-FREQ	0 až 20 kHz	-	$\leq \pm 0,2 \%$	9-pinový SUB-D (Canon)
DAQP-DMM	$\pm 10 \text{ V}, \pm 40 \text{ V},$ $\pm 100 \text{ V}, \pm 200 \text{ V},$ $\pm 400 \text{ V}, \pm 1000 \text{ V}$	10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 3 kHz	$< \pm 0,1 \%$	banánek
DAQP – V - B	$\pm 10 \text{ mV},$ $\pm 100 \text{ mV}, \pm 1 \text{ V},$ $\pm 5 \text{ V}, \pm 10 \text{ V},$ $\pm 50 \text{ V}$	10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz	$< \pm 0,05 \%$  ( $< \pm 0,2 \%$ pro rozsahy $\pm$ 10 mV, $\pm 100 \text{ mV}$ )	banánek
DAQP – V - BNC	$\pm 10 \text{ mV},$ $\pm 100 \text{ mV}, \pm 1 \text{ V},$ $\pm 5 \text{ V}, \pm 10 \text{ V},$ $\pm 50 \text{ V}$	10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz	$< \pm 0,05 \%$  ( $< \pm 0,2 \%$ pro rozsahy $\pm$ 10 mV, $\pm 100 \text{ mV}$ )	BNC

Tabulka. 6: Technické parametry měřicí ústředny DEWE-Rack-16



Obrázek. 6: Měřicí ústředna DEVE-RACK-16, napájecí 12V akumulátor a řídicí počítač ASUS L4000L

## Rozvaděč

Rozvaděč s adaptačními moduly senzorů slouží k rozvodu elektrické energie pro napájení jednotlivých komponent měřicího systému a k nastavování napětí pro přípojná zařízení

Chrání připojená zařízení před poškozením přepólováním. Je vybaven konektory jak pro trvalé napájení (např. pro napájení měřicí ústředny a měniče napětí), tak konektory s vypínatelným přívodem elektrické energie (všechny adaptační moduly). Všechny výstupy el. energie jsou jištěny proudovými pojistkami. Některé adaptační moduly provádějí i předúpravu signálů a usnadňují nastavení parametrů připojených snímačů.

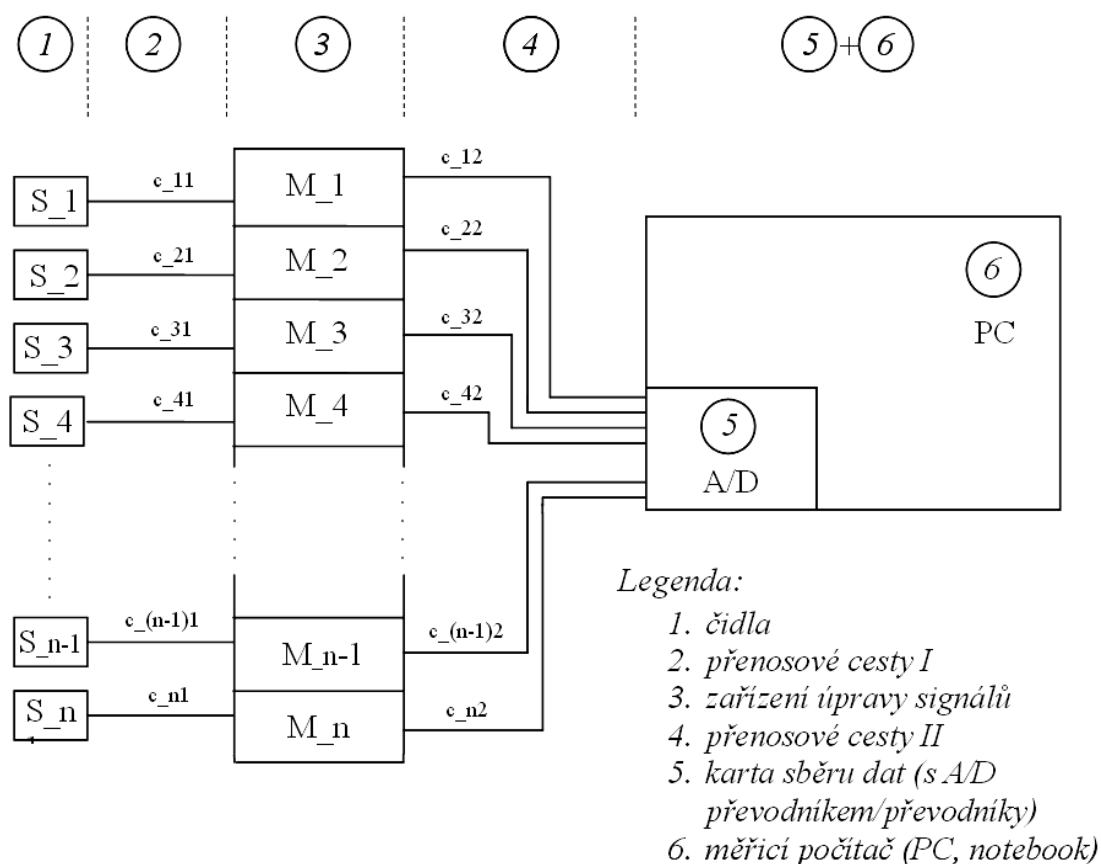


## Multifunkční I/O karta

Multifunkční I/O karta PCMCIA typu DAQCard-AI-16E-4 umožňuje spojení měřicích zařízení s osobním počítačem. Zde slouží především k digitalizaci analogových signálů měřených veličin.

Sběrnice	PCMCIA
Analogové vstupy	
Počet	16 se společnou zemí (SE, RSE) nebo 8 diferenciálních (DI)
Rozlišení	12 bit
Maximální vzorkovací frekvence	250 000 vzorků/s (při vzorkování z jediného kanálu až 500 000 vzorků/s)
Analogové výstupy	
Počet	0
Triggery	
Počet	1 analogový, 2 digitální
Digitální vstupy/výstupy	
Počet	8
Typ	5V TTL kompatibilní
Čítače/Časovače	
Počet	2
Rozlišení	24 bit
Typ	5V TTL kompatibilní





Tabulka. 7: Specifikace multifunkční I/O karty



Obrázek. 7: Schéma měřicího řetězce měřicího systému s analogovou měřicí ústřednou

### 5.1.2 Automobil pro experiment

Pro měření brzdné dráhy bylo použito školní výukové vozidlo Škoda Roomster 1,9 Tdi/77kW. Měření bylo prováděno s aktivovaným systémem ABS. Předepsané huštění pneumatik udávané výrobcem vozidla pro tento automobil je znázorněno v tabulce 8. Při měření bylo vozidlo obsazeno dvěma osobami (řidič a obsluha počítače) a vybaveno měřicím zařízením o hmotnosti přibližně 30 kg. Proto jako předepsané huštění bylo zvoleno 230 kPa.

Motor	Pneumatika				
					
1,9/77kW TDi	195/55 R15	230/2,3	230/2,3	240/2,4	330/3,3
	205/45 R16		220/2,2		

Tabulka. 8: Předepsané huštění pneumatik Škoda Roomster

### 5.1.3 Pneumatiky pro experiment

Vozidlo bylo osazeno dvěma druhy pneumatik, a to na přední nápravě pneumatikami Continental Contipremiumcontact2 o rozměrech 195/55 R 15 85V a na zadní nápravě Bridgestone Turanza ve stejných rozměrech.

#### *Přední náprava*

Pneumatiky Continental ContipremuimContact2 jsou letní pneumatiky vyšší cenové kategorie se zvýšenou adhezí za mokra. Jsou vybaveny tzv. 3D drážkami, které zvyšují tuhost dezénových bloků a tím pomáhají stabilizovat dezénové bloky při brždění a záběru. Proměnlivý sklon dezénových drážek je navržen tak, aby zvyšoval rychlost proudění vody v drážkách a tím snižoval riziko vzniku aquaplaningu.

#### *Zadní náprava*

Na zadní nápravě byly namontované pneumatiky Bridgestone Turanza ER300 v rozměrech 195/55 R15 85H. Jedná se rovněž o kvalitní letní pneumatiky vyšší cenové kategorie s důrazem kladeným na jízdní vlastnosti na mokru a se sníženou hlučností dezénu. Pneumatiky mají širší drážky pro rychlejší odvod vody a jsou vybaveny Technologií RFT - Run Flat Tire což znamená možnost dojetí i po defektu.



Obrázek. 8: Pneumatiky Continental ContipremiumContact2 (vlevo) a Bridgestone Turanza ER300 (vpravo)

## 5.2 Postup měření

Měření bylo prováděno jízdní zkouškou na letištní ploše Hradčany. Jedná se o bývalé vojenské letiště nedaleko Mimoně využívané od roku 1968 do roku 1990 Sovětskou armádou. Dráha je zpevněná s betonovým povrchem a nyní jí využívají sportovní piloti a také se často používá pro různé jízdní zkoušky. Délka dráhy je cca. 2800 metrů. Školní vozidlo Škoda Roomster není schváleno pro provoz na pozemních komunikacích a proto bylo dopraveno na zkušební dráhu na dvouosém podvalníku.

Počasí bylo po celý den velmi příznivé. Teplota se pohybovala mezi 18 a 21 °C, vální mírný vítr o rychlosti okolo 3 m/s a betonová dráha byla po celý den suchá, což vytvářelo téměř ideální podmínky pro naše měření.

Měření jsem stanovil pro čtyři různé tlaky v pneumatikách odstupňované po 50 kPa, přičemž pro každý tlak byly provedeny 4 brzděné zkoušky. Zvolené tlaky byly 280 kPa, 230 kPa (předepsané výrobcem), 180 kPa a 130 kPa. Jako první jsme prováděli měření brzděného zpomalení při tlaku 280 kPa a pak pro každý další tlak jsme odpustili tlak o 50 kPa. Měření bylo prováděno s aktivovaným systémem ABS, protože v dnešní době je tímto systémem vybavena absolutní většina automobilů. Brzdění bylo prováděno z rychlosti 50 km/h.

Correxit jsme na vozidlo namontovali pomocí nosné konstrukce, která je pomocí přísavek připevněna na karoserii vozidla. Na konstrukci se připevní senzor Correxitu, který se pomocí datových kabelů propojí s datovou sběrnici. Snímač Correxit<sup>®</sup> pracuje na principu optické korelace a umožňuje bezkontaktní a bezskluzové měření kinematických veličin. Na vozovku se vysílá dvojice paprsků z intenzivního zdroje světla, který tento povrch osvětluje. Systém čočky produkuje obraz měřeného povrchu, soustředí ho do mřížky, kde je rozpoznán senzorem. Vzájemný pohyb senzoru a povrchu způsobí pohyb struktury bodů na mřížce, čímž přístroj snímá okamžitou rychlost pohybu. Ta je propojena s přenosným počítačem, kde pomocí speciálního softwaru vyhodnocujeme naměřené hodnoty. Výstupní kanály jsou jednak analogové ( $|\dot{v}|$ ,  $\varphi$ ,  $\omega$ ) a jednak digitální ( $|\dot{v}|$ ,  $\varphi$ ).



Obrázek 9: Upevnění snímače Correvit a optického snímače na vozidle

Pomocí softwarového ovladače CeCalWin byla nastavena perioda interního filtru (plovoucí průměr), který snímač aplikuje na hodnoty rychlosti a směrové úchyly. Bylo možné nastavit jednu z následujících hodnot period filtru: 65,5 ms, 131 ms, 262 ms a 524 ms. Je nutné vést v patnosti, že nastavená delší perioda více vyhladí průběhy signálů, ale zároveň způsobí větší zpoždění signálů rychlosti a směrové úchyly oproti ostatním měřeným signálům.

Jako další měřicí přístroj byl nainstalován snímač zrychlení. Výstupní signál je analogový. Jako výstupní konektory jsou použity 3 konektory typu BNC. Umístění snímače je znázorněno na obrázku 9.



Obrázek 10: Snímač zrychlení pevně uchycený ve schránce mezi předními sedačkami

Na zadní brzdové světlo jsme připevnili optický snímač brzdových světel, který byl propojen s měřicí ústřednou. Snímač slouží k přesnému určení počátku brzdění. Umístění snímače je patrné z obrázku 5. Snímač zrychlení, Correvit a optický snímač brzdových světel byly připojeny datovými kabely k měřicí ústředně DWE-RACK-16, která je osazena moduly pro úpravu signálů. Moduly slouží k přizpůsobení napěťové úrovně a k filtraci signálu, příp. k přeměně jiného druhu signálu na el. napětí. Při jízdách zkouškách vozidel se využívalo celkem až 13 modulů: 11 napěťových izolačních zesilovačů pro měření nízkého napětí DAQP-V, 1 napěťový izolační zesilovač pro měření vysokého napětí DAQP-DMM a 1 izolační zesilovač s převodníkem frekvence-napětí DAQN-FREQ. Parametry modulů označených DAQP bylo možné nastavovat softwarově pomocí ovladače DeweConfig. Rozvaděč s adaptačními moduly senzorů sloužil zejména k rozvodu elektrické energie pro napájení jednotlivých komponent měřicího systému a k přizpůsobení napěťové úrovně požadavkům připojených zařízení.

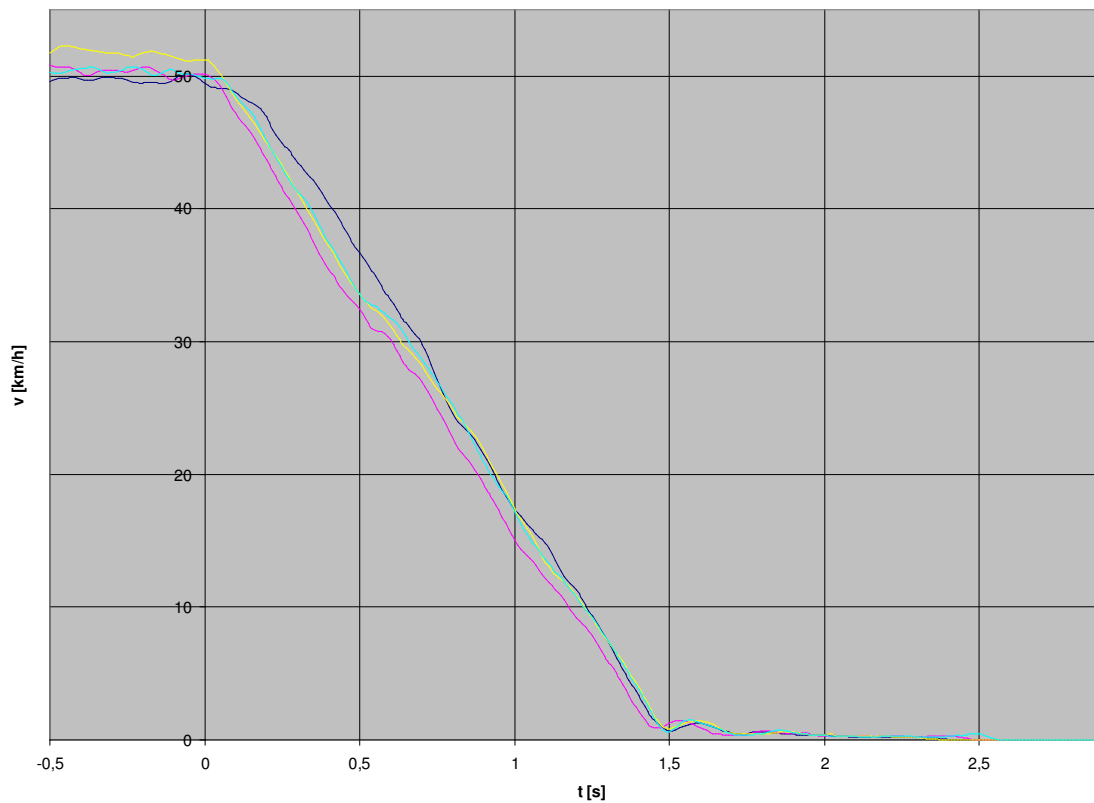
Pomocí Multifunkční I/O karty PCMCIA bylo měřicí zařízení propojeno s osobním počítačem. Zde sloužila především k digitalizaci analogových signálů měřených veličin.

Měření brzdné dráhy probíhalo tak, že řidič auto rozjel na rychlost přibližně 60km/h a v tom okamžiku jsem na počítači spustil měření okamžité rychlosti a brzdného zpomalení. Při dosažení rychlosti okolo 60 km/h řidič vyřadil rychlostní stupeň a nechal vozidlo volně zpomalovat vlivem jízdních odporů. Jakmile vozidlo zpomalilo na rychlost 50 km/h začal plně brzdit až do úplného zastavení. Při sešlápnutí brzdového pedálu zaznamenal optický snímač rozsvícení brzdových světel a vykázal tak napětíovou změnu. Tato změna byla zaznamenána počítačem a později posloužila k přesnému určení počátku brzdění. Po zastavení jsem ukončil měření. Tento postup jsme opakovali pro každý tlak v pneumatikách čtyřikrát.

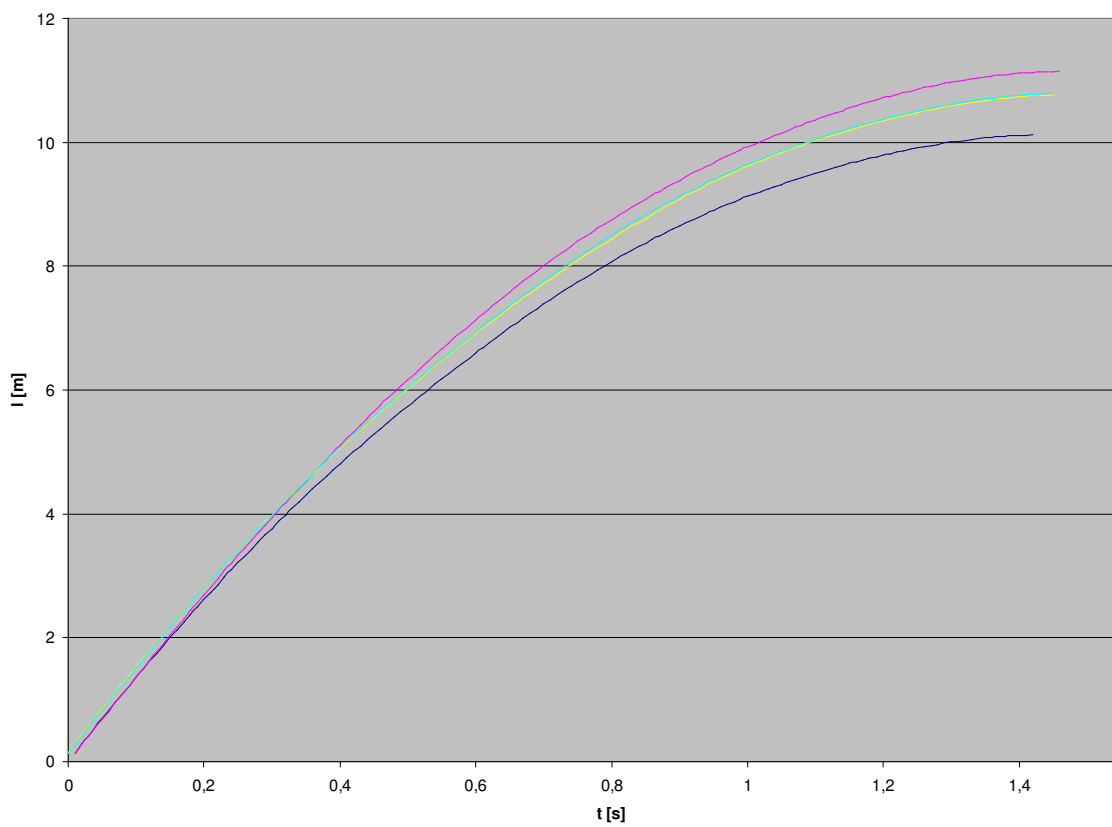
### 5.3 Vyhodnocení měření

Program CeCalWin zaznamenával data ve vzorkovací frekvenci 100 Hz tedy stokrát za sekundu a ukládal je do jednotlivých složek s pořadovým číslem měření. Tyto naměřené hodnoty jsem zpracoval v programu Microsoft Excel a vytvořil z nich grafické závislosti.

Na grafu 1 je znázorněn průběh rychlosti vozidla v závislosti na čase při maximálním brzdění. Osa y znázorňuje okamžitou rychlost vozidla a osa x časový průběh. Čas 0 je posunut do počátku brzdění. Barevné křivky znázorňují průběhy 1. až 4. měření pro tlak v pneumatikách 2,3bar. V první části grafu ( do času 0 s ) vozidlo volně zpomaluje vlivem jízdních odporů. V druhé části ( čas 0 až 1,5 s ) vozidlo zpomaluje maximálním brzdným účinkem až do úplného zastavení. V třetí části ( od času 1,5 s ) je patrné malé zvlnění a potom pozvolné zpomalení. Je to způsobeno „zhoupnutím“ karoserie v okamžiku, kdy kola už stojí, ale karoserie se vlivem setrvačnosti nakloní dopředu a posléze se vrátí zpět. Pro přesné určení brzdné dráhy se s touto částí už nepočítá a doba úplného zastavení u všech měření byla uvažována už při zpomalení na rychlost 1 km/h. Na grafu 2 jsou znázorněny časové průběhy délky brzdné dráhy pro tlak 2,3 bar.



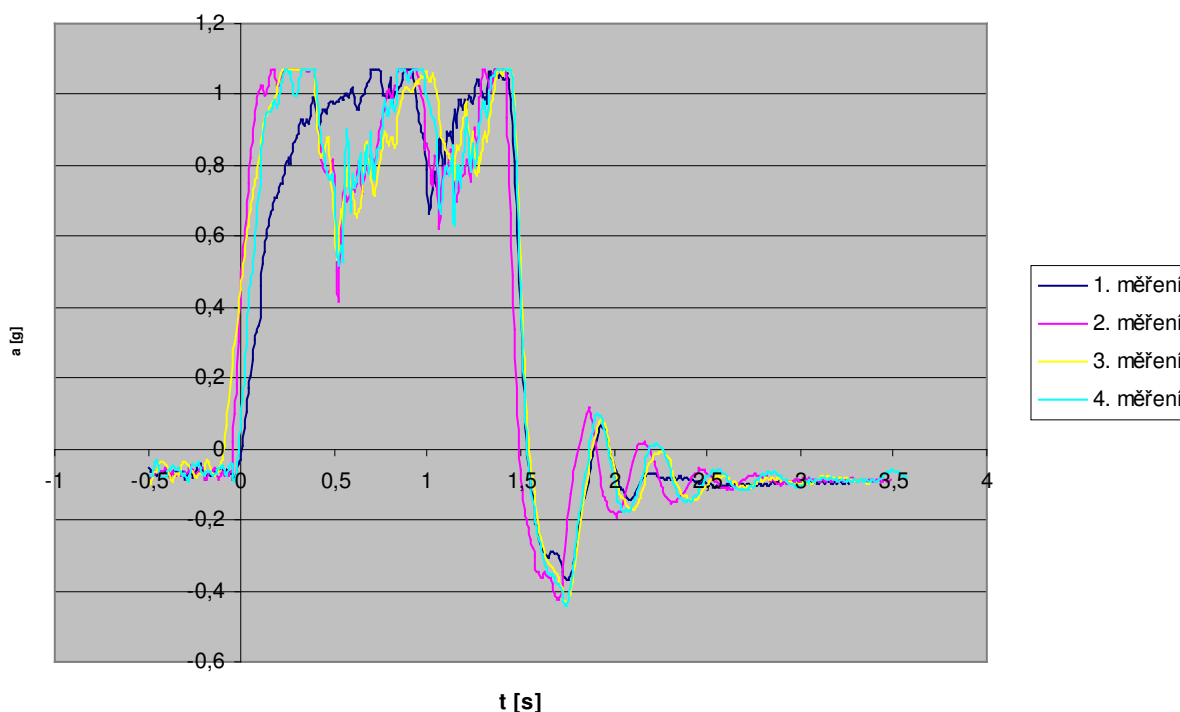
Graf. 1: Průběhy rychlostí vozidla při maximálním brždění při tlaku v pneumatikách 2,3 bar



Graf. 2: Časové průběhy délky brzdné dráhy pro tlak v pneumatikách 2,3 bar



Na grafu 3 jsou zobrazeny průběhy brzdného zpomalení ze snímače zrychlení ADXL311. Zde se naměřené průběhy dostávaly mimo měřicí rozsah snímače (oblast nad hodnotu 1,08 g). Z toho důvodu grafy poslouží pouze jako pomocné ilustrativní materiály a pro přesnější výpočty budou použity hodnoty z Correvitu. V První části ( do času 0 s ) jsou patrné jen malé vibrace během jízdy. Náběh brzd je velmi rychlý. V případě šestého měření náběh brzd od nulového do maximálního brzdného účinku trval přibližně 0,1 s. V třetí části maximálního brzdění jsou vidět u všech měření dvě přibližně stejné odlehčení brzd vlivem systému ABS. V poslední části grafu ( od 1,5 s ) je dobře vidět „dokmitávání“ karoserie.



Graf. 3: Průběh brzdného zpomalení v závislosti na čase pro tlak v pneumatikách 2,3 bar

Při pozdějším zpracovávání dat v Excelu jsem zjistil, že ve dvou měřeních nastala chyba, a proto pro tlaky 1,3 bar a 2,8 bar jsem nakonec zpracovával pouze tři měření pro každý z nich. Cílem bylo především zjistit, jestli má huštění pneumatik nějaký vliv na délku brzdné dráhy. Jednotlivé délky brzdných drah byly vypočítány integrací, to znamená součtem všech elementárních vzdáleností, které vozidlo urazilo za jednotku času (0,01 s).

Pro každý tlak byly tedy vypočítány čtyři brzdné dráhy (pro tlaky 2,8 bar a 1,3 bar pouze tři). Výsledná brzdná dráha pro každý tlak byla spočítána aritmetickým průměrem

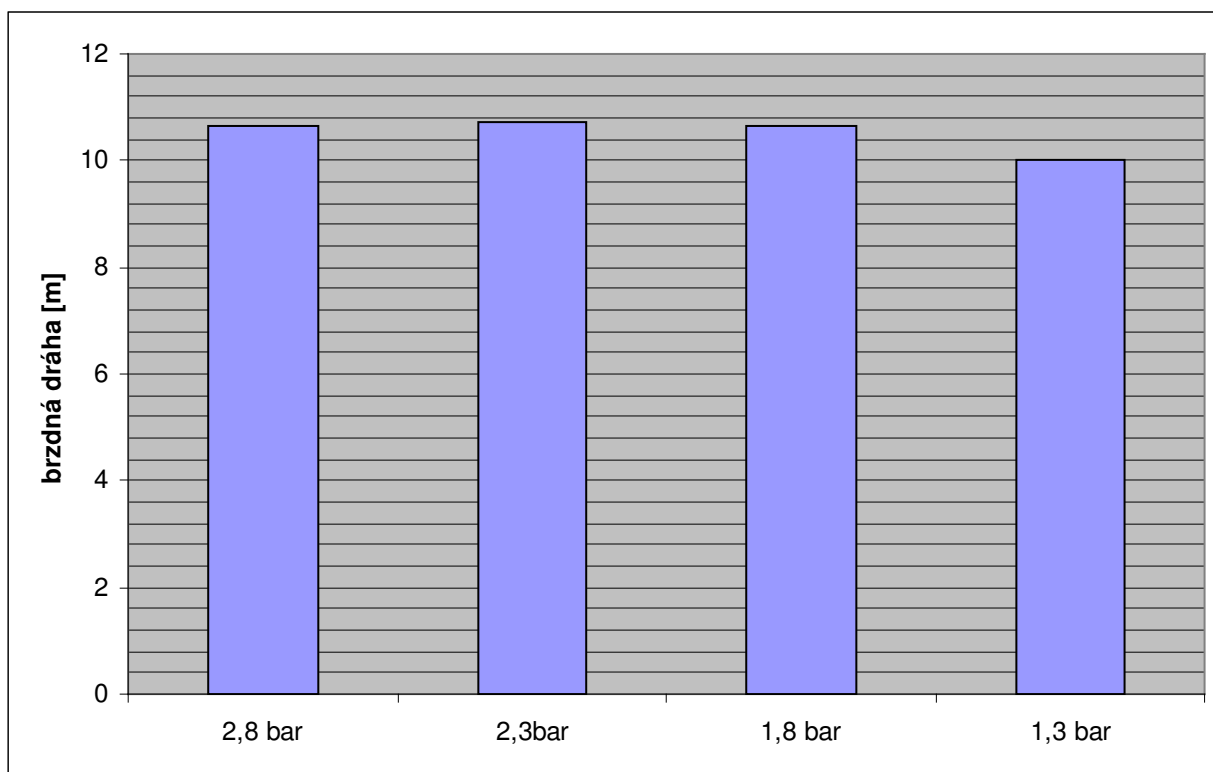
vypočítaných hodnot ( Tab.3). Pro přesnější výsledky by bylo vhodnější provést pro každý tlak více měření (minimálně 10) a posléze výpočty provádět vhodnějšími statistickými funkcemi. V tomto experimentálním měření jsme byli bohužel velmi omezeni časově i finančně.

Výsledné délky brzdných drah jsou znázorněny v tabulce 3. Nejkratší brzdné dráhy jsme dosáhli při tlaku v pneumatikách 1,3 bar, tedy u velmi podhuštěných. Druhá nejkratší výsledná brzdná dráha byla pro tlak 1,8 bar, tedy mírně podhuštěné. Druhá nejdelší brzdná dráha vychází pro přehuštěné pneumatiky na tlak 2,8 bar a při tlaku 2,3 bar (tlak předepsaný výrobcem vozidla) jsme naměřili nejdelší brzdné dráhy.

	<b>2,8 bar</b>	<b>2,3bar</b>	<b>1,8 bar</b>	<b>1,3 bar</b>
brzdná dráha [m]	10,64	11,15	10,88	10,10
	10,50	10,12	10,76	10,01
	10,82	10,78	10,29	9,93
	x	10,79	10,62	x
<b>Ø</b>	<b>10,65 m</b>	<b>10,71 m</b>	<b>10,63 m</b>	<b>10,01 m</b>

Tabulka. 9: Vypočítané délky brzdných drah

Vyhodnocením experimentálního měření docházíme k pozoruhodným výsledkům. Tímto experimentem se potvrdilo, že tlak vzduchu v pneumatikách má přece jenom vliv na délku brzdné dráhy (viz. Graf 4). Nejkratší brzdné dráhy vozidlo dosahuje na podhuštěných pneumatikách. Důvodů proč tomu tak je, je jistě celá řada, ale dle mého názoru se při brzdění na podhuštěných pneumatikách projevuje valivý odpor, který působí proti pohybu vozidla a napomáhá tak brzdnému účinku. Ten potom ve výsledku způsobí, že při brzdění se systémem ABS (tedy kola se při brzdění odvalují) dosahujeme kratší brzdné dráhy.



Graf 4: Délka brzdňé dráhy v závislosti na tlaku vzduchu v pneumatikách

## 6. ZÁVĚR

Výsledek experimentálního měření ukázal, že podhuštěné pneumatiky, byť jen nepatrně, zkracují brzdou dráhu, což je z bezpečnostního hlediska výhodné. Navíc lépe absorbují rázy od nerovností vozovky. Nicméně je nutné mít na paměti, že takto podhuštěné pneumatiky naopak zhoršují jízdní stabilitu vozidla, a jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách, zvětšují valivý odpor a nadměrně opotřebovávají pláště. Huštění pneumatik je proto vždy kompromisem mezi jízdním komfortem a ekonomikou provozu automobilu. Pro maximální bezpečí provozu automobilu je vždy nezbytně nutné, mít na vozidle kvalitní pneumatiky, které jsou ve výborném technickém stavu s hloubkou dezénu minimálně 3 mm.

Ze statistik dopravních nehod vyplývá, že v dnešní době značně narůstá počet dopravních nehod začínajících řidičů. Dle mého názoru by bylo více než vhodné, zařadit do kurzů autoškoly také povinnou účast na „kurzech bezpečné jízdy“. Zde by si řidiči vyzkoušeli řešení krizových situací na speciálních kluzných plochách. Také by byli obeznámeni s pojmem aquaplaning a jeho zvládnutí. Především by se zde každý budoucí řidič dozvěděl, jak velký vliv mají pneumatiky na bezpečnost silničního provozu.

## Seznam použité literatury:

- [1] VLK František. *Podvozky motorových vozidel*. 1. vyd. Brno : Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2001. ISBN 80-239-6464-X.
- [2] VLK František. *Diagnostika motorových vozidel*. 1. vyd. Brno : Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2006. 444 s. ISBN 80-239-7064-X.
- [3] DOČKAL Vladimír, KOVANDA Jan, HRUBEC František. *Pneumatiky*. vyd. ČVUT, Zikova 4, 1998. 71 s. 166 35 Praha 6
- [4] VÉMOLA Aleš. *Diagnostická zařízení*. 2. dopl. vyd. Brno : Technické překladatelství a vydavatelství, 1996. 2 sv. (152, 94 s.).
- [5] KOLEČEK P. *Pneumatiky pro váš automobil*, Nakladatelství CP Books, Brno 2005, ISBN 80-251-0561-X
- [6] <http://www.autopress.cz/archiv-clanku/spravny-tlak-setri-nejen-penezenku>
- [7] <http://www.barum-pneu.cz/technicky-radce.php#pojmy>

## Seznam obrázků

Obrázek.1: Vliv hloubky drážky dezénu a rychlosti jízdy na velikost kontaktní plochy mezi pneumatikou a vozovkou.....	11
Obrázek. 2: Odstředivá síla.....	13
Obrázek. 3: Změna valivého odporu vlivem podhuštění pneumatiky.....	14
Obrázek. 4: Konstrukce kostry pneumatik .....	16
Obrázek. 5: Snímač Correvit® S-CE upevněný na zadním nárazníku.....	22
Obrázek. 6: Měřicí ústředna DEVE-RACK-16, napájecí 12V akumulátor a řídicí počítač ASUS L4000L.....	24
Obrázek. 7: Schéma měřicího řetězce s analogovou měřicí ústřednou.....	26
Obrázek. 8: Pneumatiky Continental ContipremiumContact2 (vlevo) a Bridgestone Turanza ER300 (vpravo).....	27
Obrázek. 9: Upevnění snímače Correvit a optického snímače na vozidle.....	29
Obrázek. 10: Snímač zrychlení uchycený ve schránce mezi předními sedačkami.....	30

## Seznam tabulek

Tabulka. 1: Kritéria hodnocení pneumatik.....	9
Tabulka. 2: Házivost pneumatik.....	14
Tabulka. 3: Seznam měřicích zařízení.....	20
Tabulka. 4: Technické parametry snímače Correvit.....	21
Tabulka. 5: Technické parametry snímače zrychlení.....	22
Tabulka. 6: Technické parametry měřicí ústředny DEWE-Rack-16.....	23
Tabulka. 7: Specifikace multifunkční I/O karty.....	25
Tabulka. 8: Předepsané huštění pneumatik Škoda Roomster.....	26
Tabulka. 9: Vypočítané délky brzdných drah.....	34

## **Seznam grafů**

Graf. 1: Průběhy rychlostí vozidla při maximálním brzdění při tlaku v pneu. 2,3 bar .....	32
Graf. 2: Časové průběhy délky brzdné dráhy pro tlak v pneumatikách 2,3 bar .....	32
Graf. 3: Průběh brzdného zpomalení v závislosti na čase pro tlak v pneu. 2,3 bar .....	33
Graf. 4: Délka brzdné dráhy v závislosti na tlaku vzduchu v pneumatikách .....	35

## **Seznam příloh**

Příloha 1 – Průběhy brzdění při tlaku v pneumatikách 2,8 bar
Příloha 2 – Průběhy brzdění při tlaku v pneumatikách 2,3 bar
Příloha 3 – Průběhy brzdění při tlaku v pneumatikách 1,8 bar
Příloha 4 – Průběhy brzdění při tlaku v pneumatikách 1,3 bar
Příloha 5 – Průběhy brzdného zpomalení při tlaku v pneumatikách 2,8 bar
Příloha 6 – Průběhy brzdného zpomalení při tlaku v pneumatikách 2,3 bar
Příloha 7 – Průběhy brzdného zpomalení při tlaku v pneumatikách 1,8 bar
Příloha 8 – Průběhy brzdného zpomalení při tlaku v pneumatikách 1,3 bar

## ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Vliv pneumatik na bezpečnost provozu automobilu
Autor práce	Zdeněk Vachek
Obor	Dopravní prostředky, silniční vozidla
Rok obhajoby	2008
Vedoucí práce	Ing. Miroslav Bodlák
Anotace	Práce se zabývá pneumatikami a jejich vlivem na bezpečnost provozu automobilu. Hlavně je to vytyčení nejdůležitějších parametrů kterými pneumatiky ovlivňují bezpečnost jízdy a také experimentální měření vlivu tlaku vzduchu v pneumatikách na délku brzdné dráhy.
Klíčová slova	Pneumatiky, huštění pneumatik, pláště, adheze, aquaplaning