



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ANALÝZA BRZDĚNÍ VOZIDLA S NESTANDARDNÍM ZÁSAHEM DO BRZDOVÉ SOUSTAVY

ANALYSIS OF NON-STANDARD BRAKING INTERVENTION INTO THE BRAKE
SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Daniel Kortán

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.

BRNO 2017

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Akademický rok: 2016/17

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Daniel Kortán

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

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

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

Analýza brzdění vozidla s nestandardním zásahem do brzdové soustavy

v anglickém jazyce:

Analysis of Non-Standard Braking Intervention into the Brake System

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce pojedná o problematice zásahů do brzdových kapalinových soustav, např. v podobě záměny druhu kolových brzd. Vyhodnotí technickou přijatelnost takového zásahu z pohledu právních a technických předpisů.

Práce bude obsahovat:

- rešerši k řešené problematice
- rozbor technických předpisů k tématu práce
- vlastní měření brzdných vlastností vozidla po zásahu do brzdové soustavy, včetně porovnání s vozidlem bez zásahu do brzdové soustavy
- vyhodnocení brzdných zkoušek a porovnání s předepsanými technickými podmínkami
- závěr, podrobná analýza učiněných zjištění

Cíle diplomové práce:

V práci bude vyřešena otázka, zda-li je možné provádět zásahy do brzdových kapalinových soustav osobních automobilů z pohledu právních norem a možného technického řešení.

Seznam odborné literatury:

- VLK, F.: Stavba motorových vozidel. Vlastním nákladem, Brno 2003
VLK, F.: Automobilová technická příručka. Brno 2003
KOLEKTIV: Automobiltechnisches Handbuch. Vogel Verlag, Würzburg 2003
VLK, F.: Teorie a konstrukce motocyklů 1,2. Vlastním nákladem. Brno 2004
Technické podmínky provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích a další právní předpisy
VLK, F.: Stavba motorových vozidel. Vlastním nákladem, Brno 2003
VLK, F.: Automobilová technická příručka. Vlastním nákladem, Brno 2003
VÉMOLA, A.: Diagnostika automobilů I. a II. díl, Brno, Littera, 2006
PANÁČEK, V.: Zkoušení vozidel, Vysoké učení technické v Brně, ÚSI VUT, Brno 2012

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 19. 10. 2016



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



Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku možné přestavby kapalinových brzdových soustav, v podobě záměny kolových brzd. První část je zaměřena na funkci a popis konstrukce různých druhů brzd. Druhá část je zaměřena na popis typů zkoušení brzdových soustav a předpisů týkajících se brzdových soustav. Poslední část je zaměřena na samotné měření obou vozidel a porovnání výsledků s výpočty.

Abstract

This master's thesis focused on the issue of the possible conversion of liquid brake systems, in the form of replacement of wheel brakes. The first part focused on the function and description of the construction of different types of brakes. The second part is focused on description the types of brake system testing and the regulations regarding brake systems. The last part focused on the measurement of both vehicles and comparison of the results with the calculations.

Klíčová slova

Brzdy, brzdová soustava, kapalinové brzdy, zkoušení brzdových soustav, přestavba brzd, brzdové předpisy, brzdná dráha, zpomalení.

Keywords

Brakes, brake system, liquid brakes, brake systems testing, conversion of brakes, brake regulations, braking distance, deceleration.

Bibliografická citace

KORTÁN, D. *Analýza brzdění vozidla s nestandardním zásahem do brzdové soustavy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2017. 99 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

Podpis diplomanta

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat všem, kteří mi byli nápomocni při tvorbě diplomové práce, zejména pak doc. Ing. Aleši Vémolovi, Ph.D. za odborné rady a připomínky při psaní práce a ochotu a trpělivost. Také bych chtěl vyjádřit díky své rodině, která mi umožnila studovat a podporovala mě během celého studia. Zvláštní poděkování patří také Jiřímu Irholcimu a Janu Ratajovi, za pomoc při jízdách zkouškách a celému sboru Střední školy automobilní v Brně, která mi umožnila měření vozidel na brzdových válcích.

OBSAH

OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 BRZDY	10
1.1 Funkce brzdové soustavy	10
1.1.1 Rozdělení funkce dle zdroje energie.....	10
1.1.2 Rozdělení funkce dle účelu	10
1.2 Směrová stabilita při brzdění.....	11
2 KONSTRUKCE BRZD	13
2.1 Elektromagnetické brzdy.....	13
2.2 Hydrodynamické brzdy	15
2.3 Aerodynamické brzdy	17
2.4 Třecí brzdy	18
2.4.1 Radiální brzdy.....	18
2.4.2 Axiální brzdy	23
2.4.3 Vzduchotlaké brzdy	29
2.4.4 Kapalinové brzdy	32
3 ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY	34
3.1 Antiblokovací brzdový systém ABS	34
3.2 Protiprokluz ASR	37
3.3 Elektronický stabilizační systém ESP	38
4 ZKOUŠENÍ BRZDOVÝCH SYSTÉMŮ.....	41
4.1 Adheze.....	41
4.2 Plošinové zkušebny	42
4.3 Válcové zkušebny.....	44
4.3.1 Pomaloběžné válcové zkušebny.....	44
4.3.2 Rychloběžné válcové zkušebny	46
4.4 Jízdní zkoušky	47
4.4.1 Vyznačení brzdné dráhy	48
4.4.2 Decelerometr.....	49
4.4.3 Decelerograf	51
4.4.4 Vlečné kolo	52
4.4.5 Optický přístroj	53
5 VLIVY NA BRZDĚNÍ VOZIDLA	54

5.1	Vliv rozměrů pneumatik na odpor valení	54
5.2	Vliv huštění pneumatik na součinitel adheze	55
5.3	Vliv dezénu pneumatiky na součinitel adheze.....	57
5.4	Vnější vlivy.....	58
6	TECHNICKÉ PŘEDPISY BRZD.....	61
6.1	Předpisy o účinnosti brzd.....	62
6.2	Typy zkoušek brzd.....	63
6.2.1	<i>Provozní brzdění</i>	63
6.2.2	<i>Nouzové brzdění</i>	65
6.2.3	<i>Parkovací brzdění</i>	65
6.3	Přestavba vozidla	66
6.3.1	<i>Právní rámec</i>	67
6.3.2	<i>Právní postup</i>	69
7	PROVEDENÍ EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ	72
7.1	Cíl jízdní zkoušky	72
7.2	Postup měření	72
7.3	Použitá měřicí zařízení.....	73
7.4	Použitá vozidla.....	73
7.5	Místo měření	77
7.6	Vlastní měření brzdné dráhy	78
7.7	Měření na zkušebně	82
7.8	Vyhodnocení měření.....	83
8	ZÁVĚR.....	89
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	92
10	SEZNAM PŘÍLOH	96
11	SEZNAM OBRÁZKŮ	97
12	SEZNAM TABULEK.....	99

ÚVOD

Tato diplomová práce bude zaměřena na analýzu brzdění vozidla s nestandardním zásahem do brzdové soustavy. Bude pojednáno zejména o problematice zásahu v podobě záměny druhu kolových brzd za brzdy výkonnější.

Práce bude v první části obsahovat popis konstrukce brzdových systému, se zaměřením na brzdové systémy kapalinové se třecími brzdami osobních vozidel. Dále budou popsány elektronické systémy, které slouží pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu při brzdění a obdobných jízdních situacích.

Druhá část bude obsahovat rozdělení zkušeben a typů jízdních zkoušek. Dále pak bude obsahovat rešerši přístrojů používaných při brzdových zkouškách. Také budou rozebrány předpisy týkající se brzd, brzdových zkoušek a předpisy ovlivňující přestavby brzdových systémů osobních vozidel.

V další části bude provedeno experimentální měření dvou vozidel, první se standardní brzdovou soustavou a druhé totožné s upravenou brzdovou soustavou. Měření bude obsahovat jízdní zkoušku a zkoušku na válcové zkušebně. Dále bude proveden podrobný popis vozidel, zejména bude popsán rozdíl v brzdových komponentech obou vozidel.

V poslední části bude diplomová práce obsahovat porovnání naměřených dat a vysvětlení zjištěných rozdílů. Nakonec budou všechna provedená měření vyhodnocena, z hlediska funkčnosti brzdových soustav. Bude provedena podrobná analýza učiněných zjištění i s ekonomickou náročností provedených úprav.

1 BRZDY

Brzda je strojní technické zařízení, které slouží k zastavení nebo zpomalení pohyblivého vozidla, případně pro udržení stojícího vozidla v klidu, například při stání ve svahu. Při brzdění je kinetická energie vozidla přeměněna na jiný druh energie a část nevratně přeměněna na teplo, které je odvedeno do okolí.

Brzdy jsou důležitý konstrukční prvek, je kladen velký důraz na jejich spolehlivost a kontrolu správné funkce. Oblast použití brzd je mnohem širší, používají se i u jiných strojních zařízeních.

1.1 FUNKCE BRZDOVÉ SOUSTAVY

1.1.1 Rozdělení funkce dle zdroje energie

- a) brzdy přímočinné, ve kterých působí pouze síla řidiče
 - b) brzdy strojní, ve kterých působí jiné zdroje energie
 - c) brzdy polostrojní, ve kterých společně působí síla řidiče a další zdroj energie.
- [21]

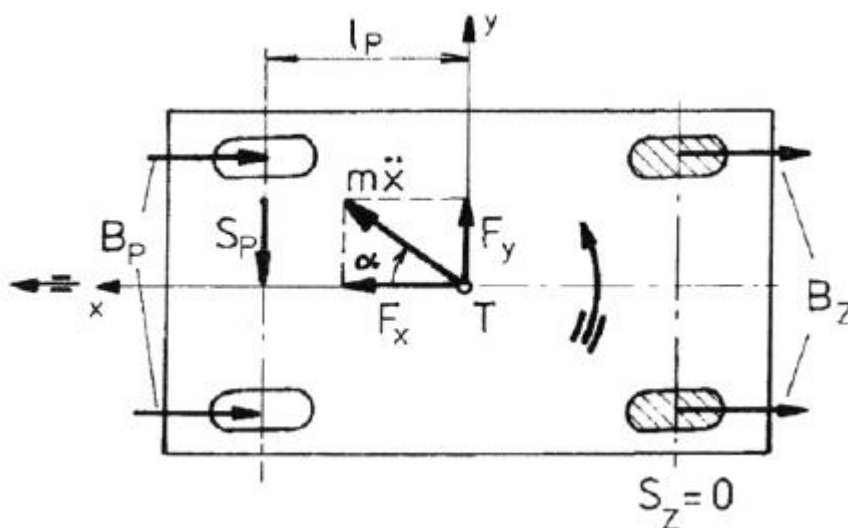
1.1.2 Rozdělení funkce dle účelu

- a) soustava provozní brzdy (primární brzdový systém), slouží k přímému nebo nepřímému snížení rychlosti vozidla, nebo úplnému zastavení, jejíž účinek musí být odstupňovatelný.
- b) soustava pomocných brzd, jejíž účelem je v případě potřeby podpořit brzdu provozní.
- c) soustava nouzové brzdy (sekundární brzdový systém), pro přímé a nepřímé snížení rychlosti nebo úplné zastavení vozidla, v případě selhání soustavy provozní brzdy.
- d) soustava parkovací brzdy, která slouží k zabránění pohybu vozidla stojícího ve svahu, zejména v nepřítomnosti řidiče.
- e) soustava odlehčovací brzdy, pro přímé i nepřímé ustálení nebo snížení rychlosti vozidla, v dlouhém klesání. [21]

1.2 SMĚROVÁ STABILITA PŘI BRZDĚNÍ

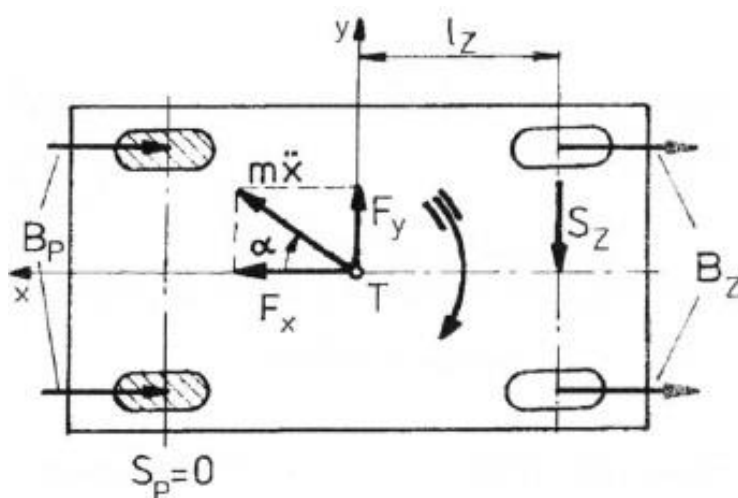
Rozhodujícím faktorem směrové stability při brzdění je, na jaké nápravě dojde k zablokování kol. Určující je způsob rozdělení celkových brzdných sil, to znamená, rozdělení brzdných sil na jednotlivé nápravy, případně na konkrétní kola vozidla. [12]

První případ nastává, pokud dojde k zablokování kol zadní nápravy. Zablokovaná kola nepřenášejí žádné boční síly, boční síly jsou přenášeny pouze koly přední nápravy. Pokud nedojde vlivem vnější rušivé síly k natočení vozidla kolem podélné osy, vozidlo zůstává stabilní. Ve většině případů je podélná osa vozidla odkloněna o úhel α vlivem vnější rušivé síly. Kolmo k podélné ose vozidla vzniká složka setrvačné síly F_y , která působí v těžišti vozidla. S boční silou S_p přenášenou předními koly tvoří silovou dvojici na rameni l_p (vzdálenost mezi osou přední nápravy a těžištěm vozidla). Silová dvojice $S_p l_p = F_y l_p$ natáčí vozidlo kolem svislé osy od směru setrvačné síly. Dochází k odklonění od podélné osy vozidla o úhel α . Tento stav se nazývá nestabilní stav, je možné ho eliminovat korekcí volantu proti směru natáčení. Nestabilní stav je znázorněn na obrázku č. 1. [12]



Obr. č. 1 - Nestabilní stav [12]

Ve druhém případě se dříve blokují kola přední nápravy. Přední kola nejsou schopna přenést boční sílu, kterou přenáší pouze kola zadní nápravy. V těžišti kolmo k podélné ose vozidla opět vzniká složka rušivé setrvačné síly F_y . Kola zadní nápravy přenáší boční sílu S_z . Tyto dvě síly spolu tvoří silovou dvojici na rameni l_z (vzdálenost mezi osou zadní nápravy a těžištěm vozidla). Vzniká opačná silová dvojice, než v předešlém případě $S_z l_z = F_y l_z$, která natáčí vozidlo do směru setrvačné síly a dochází ke zmenšování úhlu odklonění α od podélné osy vozidla. Vozidlo se tedy pohybuje ve směru jízdy před brzděním, protože snížená vodící schopnost přední nápravy má napřimovací tendenci. Tento stav se nazývá stabilní. Je znázorněn na obrázku č. 2. [12]



Obr. č. 2 - Stabilní stav [12]

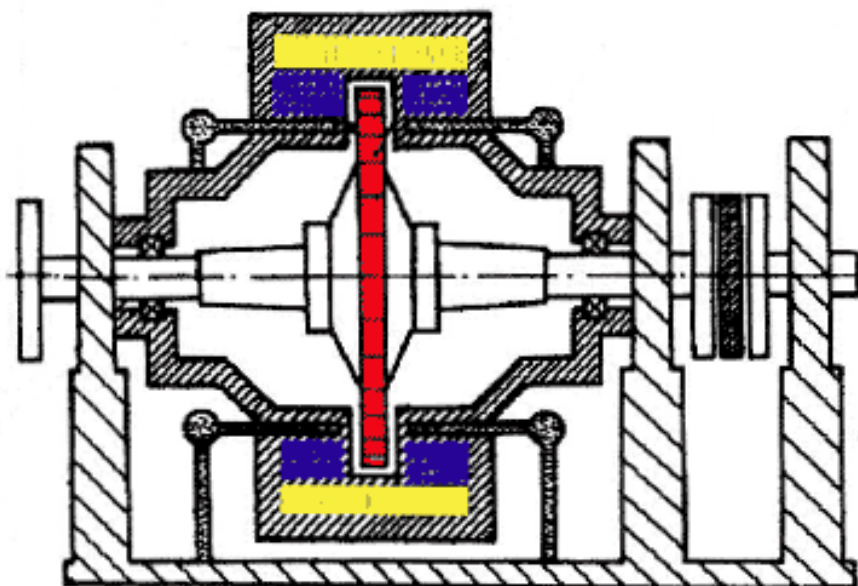
Pokud konstruujeme brzdový systém vozidla, které má zachovat stabilní chování, je nutné dodržet, aby při brzdění nedocházelo k zablokování zadní nápravy dříve než nápravy přední. K tomuto účelu je ve vozidle instalován rozdělovač brzdné síly. V dnešní době, kdy jsou vozidla povinně vybavena funkcí ABS, tuto funkci přebírá řídicí jednotka ABS. [12]

2 KONSTRUKCE BRZD

2.1 ELEKTROMAGNETICKÉ BRZDY

Princip elektromagnetické brzdy je založen na protékání elektrického proudu cívkou elektromagnetu a indukování magnetického pole, které je přivedeno na místo, kde vyvolá mechanickou sílu. Na orientaci protékání proudu závisí orientace magnetického pole. Změnou působnosti (rozumíme přitažlivost a odpudivost) je ovlivněno kombinací s konkrétním elektromagnetem. [28]

Intenzita magnetického pole je měněna velikostí a orientací elektrického proudu protékajícího cívkou elektromagnetu. Velikost přitažlivé nebo odpudivé síly je úměrná velikosti elektromagnetické indukce závislé na intenzitě magnetického pole. Stejně jako například u hydraulických brzd je využíváno mechanické energie vyvolané magnetickým polem a je tisknuto brzdové obložení k rotujícímu disku. Hlavní změna oproti standardním brzdám je změna zdroje energie. [28]



Obr. č. 3 - Elektromagnetická vířivá brzda – červeně označený pólový kotouč, žlutě budící vnutí, modře chladičí komory [28]

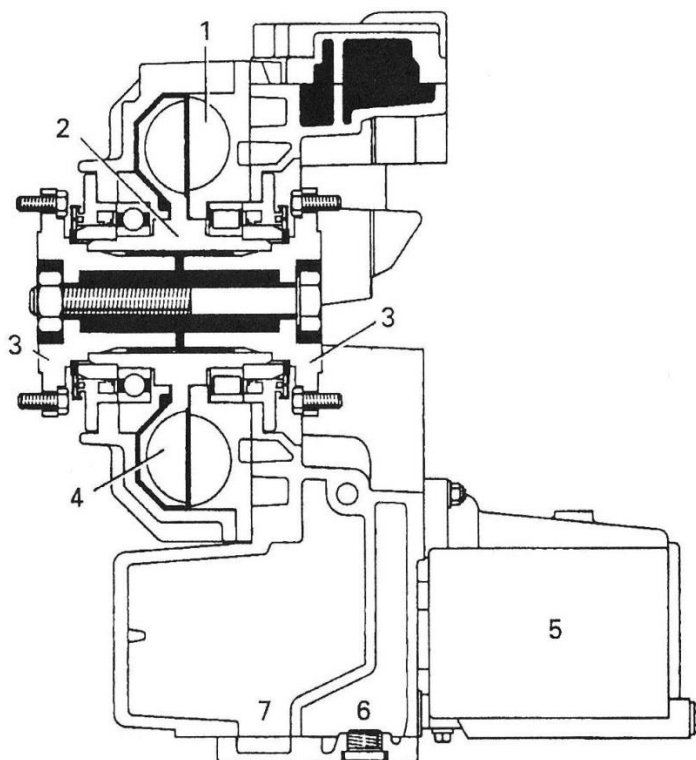
Tento způsob brzdění je dnes využíván hlavně v případě zpomalovacích brzd a retardérů těžkých užitkových vozidel a dále u bezpečnostních brzd různých obráběcích strojů, výtahů, eskalátorů, nebo malých jeřábů. [13][6]

Dle způsobu přenosu energie na akční člen brzdy se dělí na elektrohydraulickou brzdou a elektromechanickou brzdou. Jsou používány u nákladních vozidel střední a vyšší užitkové třídy i autobusů. Druhý jmenovaný způsob je znám pod pojmem „brake by wire”, u kterého není mechanické spojení brzdového pedálu a kolových brzd. Informace je zaznamenána na čidle brzdového pedálu. Řídící jednotka vypočítá napětí k vyvolání potřebného brzdného tlaku na jednotlivá kola. Další možností je nahrazení elektromagnetických členů u kolových brzd elektrickým aktuátorem (akčním členem), k vyvolání brzdného tlaku. U vozidel dalšímu rozvoji tohoto způsobu brzdění brání legislativa, která přikazuje mechanické spojení brzdového pedálu a akčního členu kolové brzdy. [13][6]

2.2 HYDRODYNAMICKÉ BRZDY

Hydrodynamické (kapalinové) retardéry slouží k přeměně mechanické energie hnacího hřídele na pohybovou energii kapaliny. Kapalina působí na stator a mění pohybovou energii na tepelnou. Jako pracovní kapalina je použit hydraulický olej. Retardér je složen z těchto hlavních částí: skříň brzdy, rotor, stator, olejová náplň, čerpadlo, regulační ventily, nádrž na olej a tepelný výměník. Hydrodynamický retardér pracuje na podobném principu jako hydrodynamická spojka s tím rozdílem, že stator retardéru je pevně spojen se skříní na rozdíl od pohyblivého turbínového kola hydrodynamické spojky. [34]

Hydrodynamické brzdy jsou vyráběny pro volnou montáž do kloubového hřídele (sekundární retardér), pro přímou montáž na převodovku, nebo mohou být integrovány do převodovky (intardér). [34]



Obr. č. 4 - Hydrodynamický retardér Voith, 1-stator, 2-hnací hřídel, 3-připojení hnacího hřídele, 4-rotor, 5-tepelný výměník, 6-odtok oleje, 7-olejová nádrž [12]

Lopátkové kolo, rotor a stator je umístěn uvnitř uzavřené skříně, na lopátkovém kole jsou umístěny lopatky pod úhlem 45° proti rovině, která prochází hřídelem a stojí vzájemně proti sobě. Stator je pevně spojen se skříní hydrodynamické brzdy. Rotor je uložen na hnací hřídeli. Při brzdění je do skříně vpuštěn hydraulický olej, který je rotorem unášen. Dopadá na lopatky statoru, kde je brzděn a olej je zpětně nabírán rotorem brzdy, čímž je brzděn. Pomocí příruby je hydrodynamická brzda spojena s kloubovým hřídelem. Zpomalení je přes hřídel přenášeno na jednotlivá kola, čímž jsou brzděna. [34]

2.3 AERODYNAMICKÉ BRZDY

Soustava aerodynamické brzdy pracuje na principu zvýšení odporu proudícího vzduchu kolem karoserie vozidla. Jedná se o pevnou, nastavitelnou, nebo výsuvnou plochu, která záměrně zvyšuje aerodynamický odpor pohybujícího vozidla při rychlé jízdě, jízdě ze svahu, či pro zvýšení aerodynamického přítlaku vozidla k vozovce. [8]

Nejjednodušší aerodynamickou formou brzdy je brzdící padák. Dalšími typy jsou brzdící štít a brzdící klapky. V modifikované formě se tato technologie poprvé objevila u závodních vozidel Formule 1 v roce 2011. DRS neboli drag reduction system, jehož princip je opačný. Jeho účelem je na rovinkách, pokud není potřeba aerodynamický přítlak, snížit aerodynamický odpor zadního křídla monopostu a zvýšit tak maximální rychlost vozidla. V praxi jezdec stlačí vypínač a horní lamela zadního křídla se zvedne do vodorovné polohy pomocí elektromotoru. Vzduch proudí skrz zadní křídlo a dovolí dosažení vyšší maximální rychlosti. [8]

U silničních vozidel se aerodynamická brzda používá nejčastěji u supersportovních vozů. Vyskytuje se ve formě výsuvného či naklopitelného zadního křídla. Zřídka jsou použity naklopitelné klapky v přední části vozidla. Účelem je opět zvýšení přítlaku vozidla, popřípadě zvýšení možného zpomalení, při brzdění z vysokých rychlostí. Příkladem je Bugatti Veyron 16.4 jehož zadní křídlo se dle údajů výrobce vysune za 0,4 s pod úhlem 70° a vyvine aerodynamické zpomalení $5,8 \text{ m/s}^2$ (0,6 g). [8]



Obr. č. 5 - Výsuvná aerodynamická brzda vozu Bugatti Veyron 16.4 [7]

2.4 TŘECÍ BRZDY

U běžných osobních a nákladních vozidel se nejčastěji používají třecí brzdy. Brzdný účinek se vyvozuje pomocí tření vznikající mezi rotačními a pevnými částmi vozidla. U vozidel se brzda umísťuje do jednotlivých kol, popřípadě na skříň rozvodovky u hnací nápravy, čímž se snižuje neodpérovaná hmota.

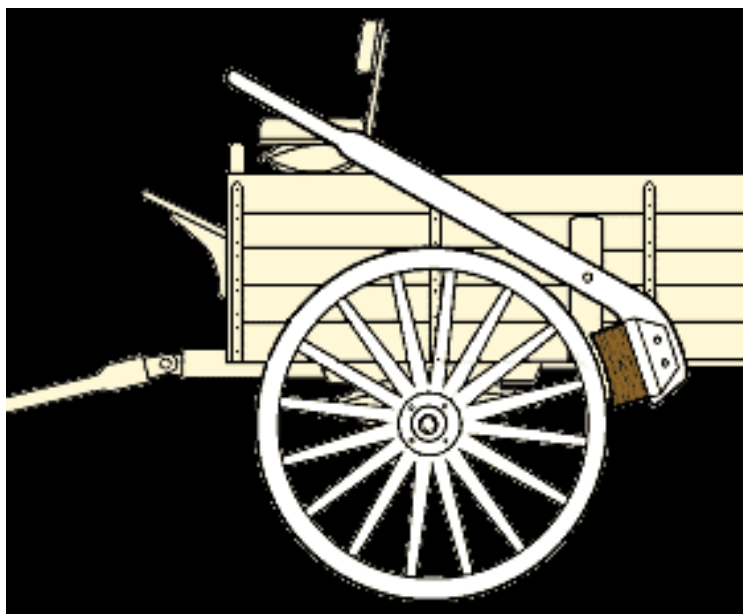
2.4.1 Radiální brzdy

Špalíkové brzdy

Špalíkové brzdy byly používány u kočárů a zemědělských povozů. Brzdný účinek vzniká přitlačením dřevěného špalíku na obruč loukoťového kola, funkce je podobná jako u čelistových brzd s vnějšími čelistmi. Pouze funkci bubnu zastává obruč kola. Brzdový špalík odebírá vozidlu kinetickou energii a převádí ji na energii tepelnou, která musí být odvedena. [5]

Pracovní plocha brzdového špalíku tvarově odpovídá brzděnému protikusmu. Provozem se brzdový špalík opotřebovává a musí být pravidelně kontrolován a měněn. [5]

Dnes jsou špalíkové brzdy používány u železničních vozů jako brzdy zdržové. Jsou ovládány pneumatickým brzdovým válcem a energie je přenášena soustavou svislých a podélných táhel. [5]



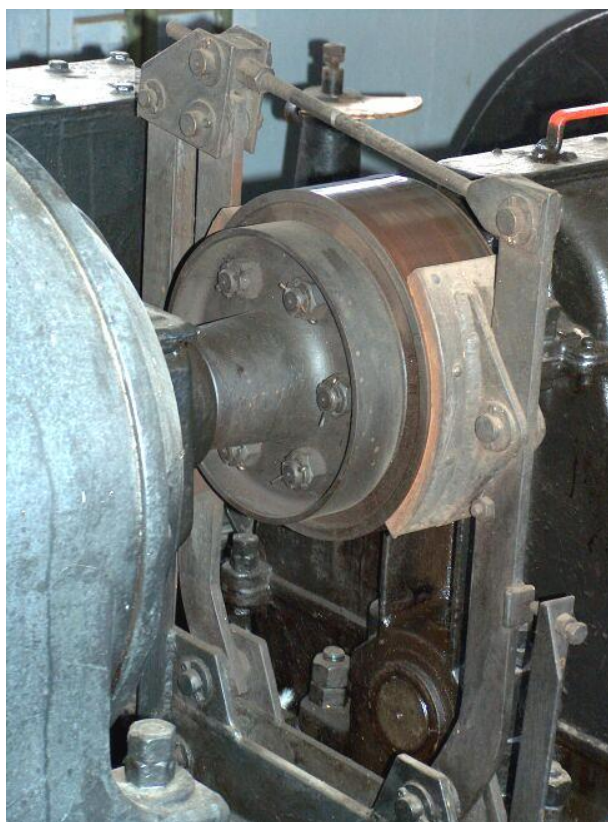
Obr. č. 6 - Špalíková loukoťová brzda [5]

Bubnové brzdy s vnějšími čelistmi

Bubnová brzda s vnějšími čelistmi pracuje na podobném principu jako brzda špalíková. Brzda je složena z brzdového bubnu, brzdových čelistí s brzdovým obložením a brzdových pák. Přítlak na buben je vyvozován například brzdovými pružinami. Odbrzdnění je provedeno pomocí odbrzdovače, který pracuje elektrohydraulicky, nebo elektricky. [5]

Obložení brzdových čelistí odebírá kinetickou energii rotujícímu brzdovému bubnu a převádí ji na teplo. Brzdové čelisti s brzdovým obložením tvarově kopírují brzdový buben. Při brzdění dochází k opotřebování brzdového obložení postupným obrušováním. Velikost přítlačné síly je ovlivněna volbou přítlačných pružin a brzdových pák. [5]

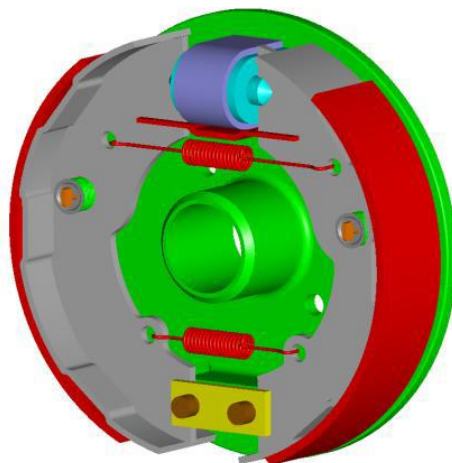
Použití bubnové brzdy s vnějšími čelistmi je například u výtahového stroje (s elektrickým odbrzdněním), nebo u jeřábu (s elektrohydraulickým odbrzdněním). [5]



Obr. č. 7 - Výtahová bubnová brzda s vnějšími čelistmi [5]

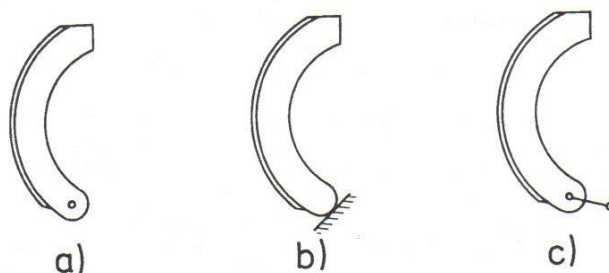
Bubnové brzdy s vnitřními čelistmi

Podobně jako u bubnových brzd s vnějšími čelistmi, tak i zde je brzděnou rotační částí brzdový buben. Zde je rozdíl od předchozí kapitoly. Brzdnou nebo třecí plochou je zde vnitřní obvodová plocha brzdového bubnu. Uvnitř jsou umístěny brzdové čelisti s třecím obložním. Brzdná síla je vyvozena pomocí kolového brzdového hydraulického válce, který působí na konce brzdových čelistí. [4]



Obr. č. 8 - Schéma bubnové brzd s vnitřními čelistmi [5]

Hlavními částmi bubnové brzd s vnitřními čelistmi je brzdový štít (na obrázku č. 8 zeleně), brzdový buben, brzdové čelisti (šedě) s brzdovým obložním (červeně), rozpěrný prvek (žlutě), vratná pružina a hydraulický brzdový válec (modře). Podle uchycení rozlišujeme čelisti otočné, volně plovoucí a volně nakotvené. U osobních vozidel je k brzdovému bubnu přišroubováno pojezdové kolo. [5]

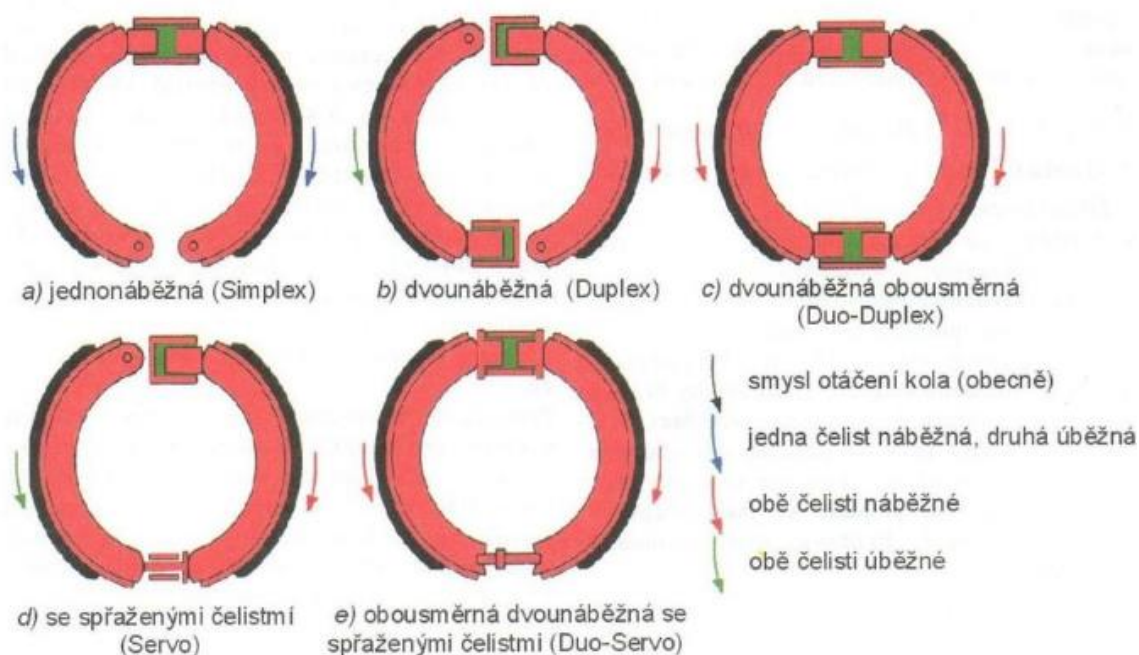


Obr. č. 9 - Typy uchycení čelistí – a) otočné, b) volně plovoucí, c) volně nakotvené [6]

Kinetická energie vozidla je přeměněna na teplo. Výhodou bubnové brzd je potřeba malé ovládací síly pro vyvolání velkého brzdného momentu, kvůli velkému vnitřnímu převodu. Všechny části jsou umístěny uvnitř bubnu, proto jsou chráněny od nečistot a jiných nepříznivých vlivů. Bubnová brzda je však náchylná na změnu teploty. Při zvýšení teploty

dochází ke změně součinitele tření mezi vnitřní brzdovou plochou bubnu a obložení brzdových čelistí a tím ke snížení třecího momentu. To znamená, že při opakovaném brzdění nebo při dlouhém brzdění dochází k výraznému snížení brzdného účinku bubnové brzdy. Z těchto důvodů jsou dnes bubnové brzdy používány spíše u vozidel nižších tříd, a to na zadní nápravě. Výhodou je jednoduchá realizace parkovací brzdy. [4]

Podle vnitřního uspořádání má bubnová brzda různě velký samoposilující účinek, tzv. servo účinek. Nejjednodušší bubnovou brzdou je jednoběžná bubnová brzdá (Simplex). Jeden brzdový válec roztahuje dvě čelisti, jednu náběžnou (moment třecí síly zvyšuje přítlak) a druhou úběžnou (moment třecí síly snižuje přítlak). Servo účinek není tak značný. Používanějším typem je dvounáběžná (Duplex) brzda. Má dva brzdové válce, každý přitlačuje jednu čelist. Nepotřebuje rozpěrný prvek. Nejpoužívanějším typy v osobních vozidlech je brzda Duo-Servo. Samoposilující účinek je značný a výrobní náklady, při použití jednoho brzdového válce a rozpěrného prvku, jsou velice nízké. [4]



Obr. č. 10 - Typy bubnových brzd [20]

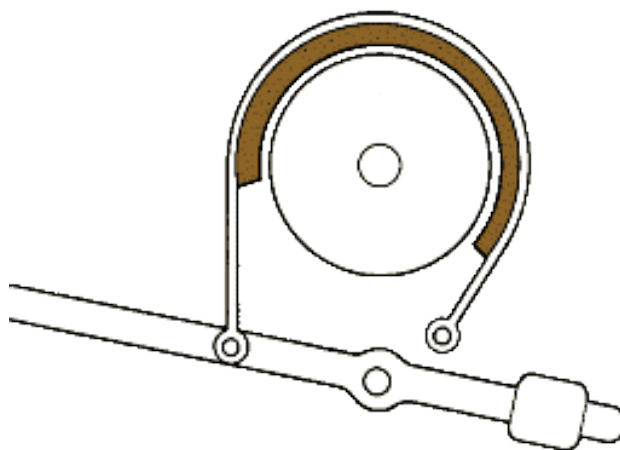
Pásové brzdy

Pásová brzda pracuje na principu vláknového tření, třecí účinek působí po obvodu bubnu. Pásová brzda se skládá z brzdového pásu s brzdovým obložení nebo bez brzdového obložení, který obepíná brzděný buben či kolo. Pásová brzda je buď statická, zamezuje bubnu v pootočení, nebo dynamická, pouze zpomaluje brzděný buben. Brzdový pás je připojen k brzdové páce, která slouží k dávkování brzdného účinku. [5]

Pásová brzda dovoluje velký úhel opásání, proto je účinnější než brzda čelist'ová a její ovládání vyžaduje méně síly. Pásová brzda se hodí spíš pro jeden smysl otáčení. Opatřebení pásu bývá nerovnoměrné. Tahem za ovládací páku potažmo za brzdový pás, je hřídel bubnu namáhána na ohyb. [5]

Pásová brzda je citlivá na změnu součinitele tření mezi brzdovým pásem a bubnem. Stačí malé místo postižené rží a brzda může škubat. Voda je příčinou prokluzování brzdového pásu. Při opakovaném brzdění narůstá teplota, která vzniká přeměnou z kinetické energie rotujícího bubnu a následkem je pokles součinitele tření mezi pásem a bubnem, který způsobuje značný pokles účinnosti pásové brzdy. [5]

Dříve byla pásová brzda používána jako parkovací brzda osobních vozidel. Byla umístěna na hnacím hřídeli. Dnes je používána spíše u statických zařízení, motorových pil a navijáků. Pásová brzda se stále používá v automobilovém průmyslu pro brzdění korunových kol planetových převodovek. [5]



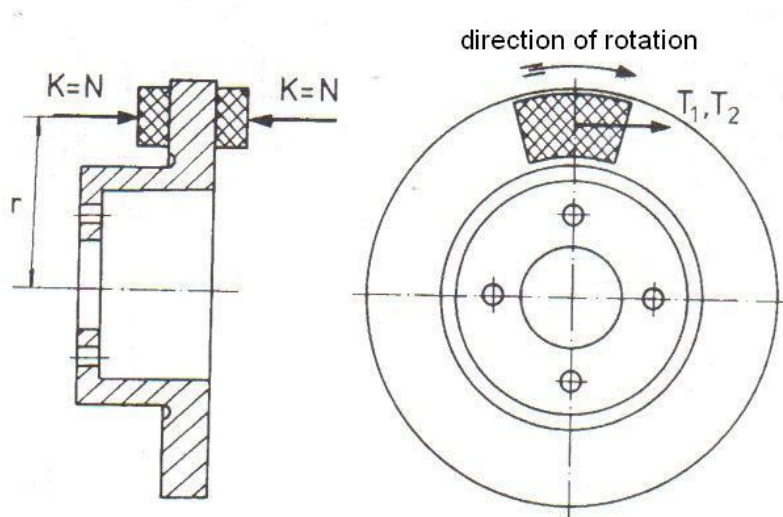
Obr. č. 11 - Pásová brzda [19]

2.4.2 Axiální brzdy

Kotoučové brzdy

Třecí plochou jsou boky rotačního kotouče, na který jsou přitlačovány z obou stran třecí segmenty (brzdové destičky). Hlavními částmi jsou brzdový kotouč, brzdový třmen a brzdové segmenty s třecí plochou (brzdové destičky) z materiálu ferodo nebo kovokeramiky. Kotoučová brzda je nejčastěji ovládána hydraulicky nebo pneumaticky. Brzdění probíhá přeměnou kinetické energie rotujícího kotouče na tepelnou, nebo v moderních vozech pomocí generátoru, přeměnou na energii elektrickou. [6][20]

Vlivem dobrého odvodu tepla, nedochází k materiálové degradaci třecích segmentů (destiček), je kotoučová brzda nenáchylná na změnu velikosti součinitele tření. Kotoučová brzda má lineární charakteristiku, lépe odvádí teplo a nedochází tak k slábnutí brzdného účinku, tzv. „vadnutí brzd“ a je lépe dávkovatelná. Brzdný účinek nezávisí na směru otáčení. Kotoučová brzda má samočisticí účinek vlivem odstředivých sil. Brzdové obložení se více opotřebovává, ale jeho kontrola, demontáž a výměna je snadná. Kotoučová brzda má nižší hmotnost, snížení neodpěrované hmoty. Kotoučová brzda disponuje automatickým vymezováním vůle. Nemá samoposilující (servo) účinek, proto průměr brzdového přitlačného válce je větší než v případě bubnové brzdy. Je potřeba větší ovládací síly, proto se do systému brzd zapojuje posilovač brzdného účinku. [6][20]



Obr. č. 12 - Zjednodušené schéma kotoučové brzdy [3]

U kotoučové brzdy je obtížnější řešení parkovací brzdy. Jeden ze způsobů je zvláštní třmen pro parkovací brzdou, další možností je, uvnitř náboje kotouče může být umístěna malá

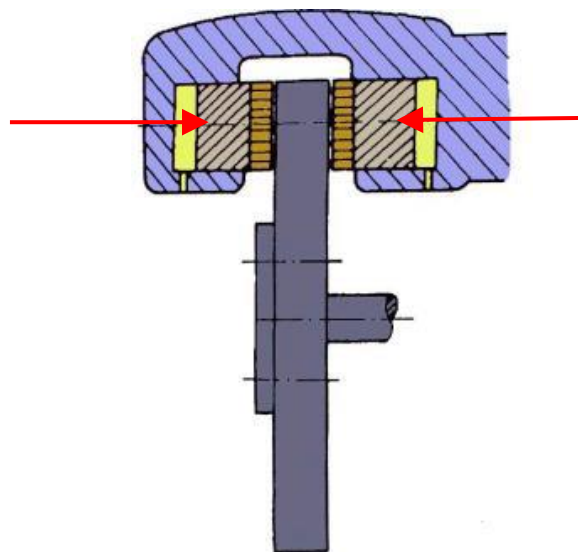
bubnová brzda pro parkovací brzdu. Také může být použita ovládací páka, která je spojena s pístem brzdového válce uvnitř třmene a pomocí vnitřního závitu je píst vysouván a přitlačován k brzdové destičce. Brzdová páka je ovládána lanovody. U tohoto uspořádání se často stává, že parkovací brzda nejde v zimě odbrzdit, vlivem nevracejícího se pístu brzdového válce kotoučové brzdy. [6]



Obr. č. 13 - Zadní brzdy Lamborghini Galardo se samostatným brzdovým třmenem parkovací brzdy [30]

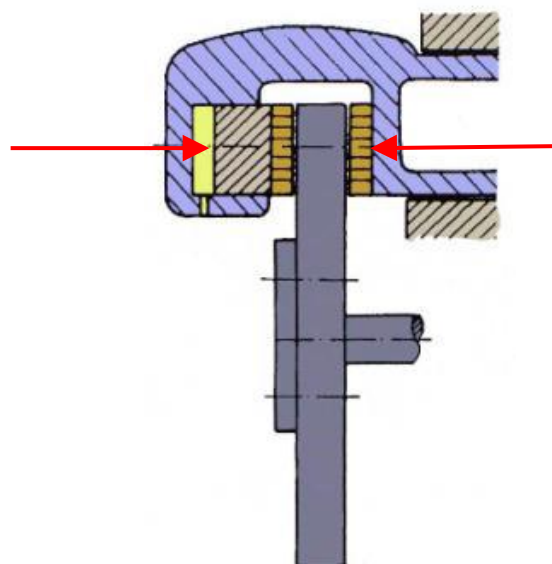
Dle způsobu uchycení brzdového třmene, dělíme kotoučové brzdy na s pevným brzdovým třmenem, s volným (plovoucím) třmenem a s výkyvným třmenem. [6]

Kotoučová brzda s pevným třmenem je nejjednodušší možnou konstrukcí kotoučové brzdy. V třmenu jsou umístěny alespoň dva brzdové válce, zasunuté v tělese třmenu, každý po jedné straně brzdového kotouče. Těleso třmenu je nepohyblivé, je pevně přichyceno k těhlici kola, nebo k držáku brzdového třmene, který je posléze přichycen k těhlici. Brzdový kotouč je přišroubován k náboji kola, které se otáčí na ložiscích. Brzdná síla je vyvozována pomocí hydraulického nebo pneumatického tlaku, který přitlačuje brzdové válce k brzdovému kotouči z obou stran. [6]



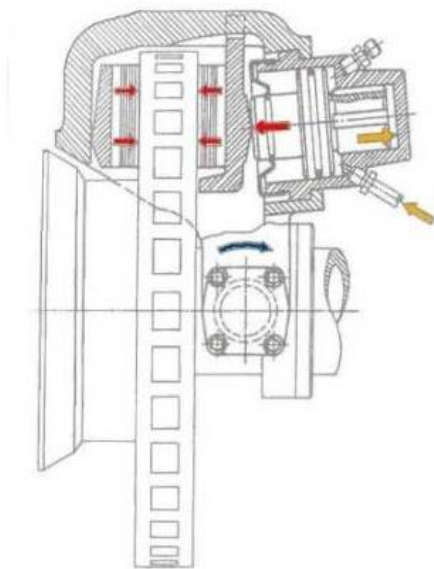
Obr. č. 14 - Kotoučová brzda s pevným třmenem [21]

Kotoučová brzda s volným (plovoucím) třmenem je nejpoužívanější konstrukcí u osobních vozidel. Brzdový třmen obsahuje pouze jeden brzdový válec z vnitřní strany kotouče. Těleso třmene je rozděleno na dvě části, na pevný rám a posuvné tělo. Pevný rám je přišroubován k těhlici kola. Tělo třmene se posouvá po vodících čepech ve směru osy brzdového válce. Přítlačná síla je vyvolána tlakem hydraulické kapaliny nebo tlakem vzduchu. Hydraulický válec je přitlačován z jedné strany na brzdový kotouč a ze strany druhé působí reakce na tuto sílu. [4]



Obr. č. 15 - Kotoučová brzda s volným, plovoucím třmenem [21]

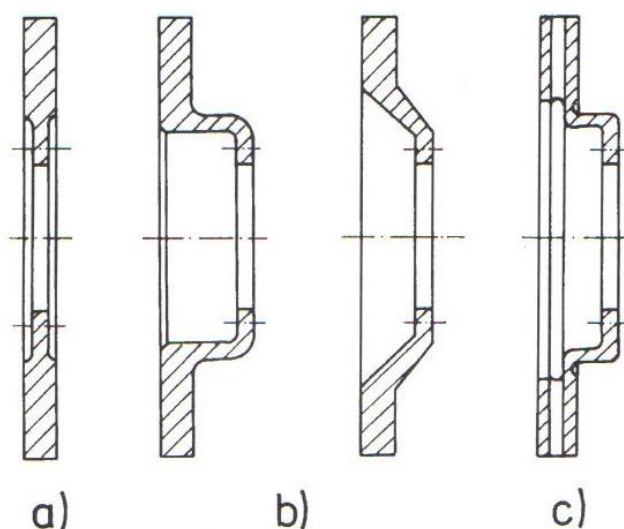
Kotoučová brzda s výkyvným třmenem se konstrukčně používá u dvoustopých vozidel na předních kolech. Častěji u motocyklů, ve zjednodušené podobě u moderních jízdních kol. Brzdový třmen se skládá z tělesa třmenu umístěného na výkyvném rámu s posuvným držákem brzdové destičky. Třmen se může vychylovat do stran okolo horizontální osy. Brzdový válec je umístěn v tělese třmenu a tlakem přitlačuje posuvný držák brzdové destičky z jedné strany na brzdový kotouč. Přítlačná síla druhé brzdové destičky je způsobena tahem, který vyvolává reakce na sílu brzdového válce. Třmen obsahuje vratnou pružinu, která slouží k návratu brzdového třmenu po uvolnění brzdy. U tohoto uspořádání dosedají brzdové destičky na kotouč šikmo. [3]



Obr. č. 16 - Kotoučová brzda s výkyvným třmenem [4]

Brzdové kotouče běžných vozidel jsou vyrobeny z oceli, konkrétně z ocelolitiny nebo z legované šedé litiny. Kotouče pro sportovní vozidla, které jsou více namáhané, se vyrábějí z keramiky, případně jsou zesíleny uhlíkovým vláknem. Takto vyrobené kotouče vykazují vyšší odolnost vůči vysokým teplotám, a proto mají stálý koeficient tření. Tím nedochází k vadnutí brzdného účinku. Keramické kotouče se méně opotřebovávají než konvenční ocelové kotouče. Další výhodou je až o polovinu nižší hmotnost a tím snížení neodpěrované hmoty vozidla, oproti ocelovým kotoučům. Podstatnou nevýhodou je ale vysoká pořizovací cena, která brání vyššímu využití těchto kotoučů. Proto keramické kotouče využívají převážně závodní vozidla nebo ta nejdražší sportovní vozidla. Brzdové kotouče, které jsou méně namáhané, mohou být vyrobeny z hliníkové slitiny. [4]

Kvůli snížení opotřebení třecích materiálů se třecí plochy brzdových kotoučů brousí. Existuje několik provedení brzdových kotoučů. Kotouče ploché, hrncovité a kotouče s vnitřním chlazením. Jedná se o dvojité kotouč, který uvnitř obsahuje soustavu radiálně umístěných kanálků. Soustava kanálků pomáhá ochlazovat brzdový kotouč odvodem přebytečného tepla, vznikajícího při brzdění. Pro lepší odvod tepla nebo vody, se sportovní kotouče navrtávají. Pro lepší odstranění nečistot z brzdového obložení, se brzdové kotouče opatřují drážkováním. Drážkování také částečně snižuje hmotnost kotouče, případně prospívá vzhledu brzdového kotouče. [4]



Obr. č. 17 - Typy brzdových kotoučů – a) plochý kotouč, b) hrncovité kotouče, c) kotouč s vnitřním chlazením [6]

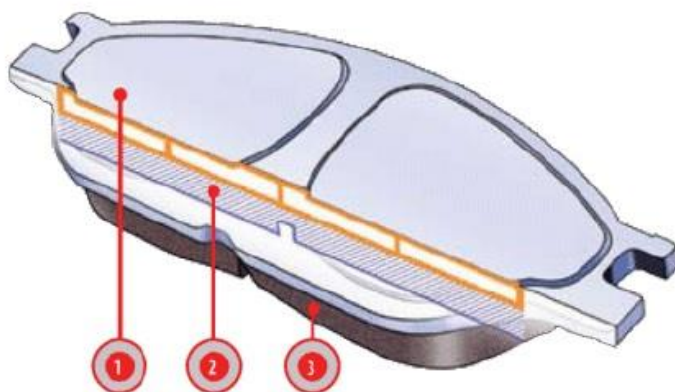
Požadavky na brzdové obložení:

- Tepelná a mechanická pevnost
- Vysoká životnost
- Stálý součinitel tření
- Odolnost vůči vodě a nečistotám
- Odolnost proti skelnatění povrchové vrstvy vlivem tepelného zatížení [20]

Brzdové destičky se skládají ze dvou základních částí. Z kovového držáku a třecího materiálu. Důležitý parametr brzdové desky, je hodnota koeficientu tření mezi brzdovou deskou a kotoučem. Při vyšší hodnotě koeficientu tření brzda dosahuje vyššího brzdného účinku, ale dochází k vyššímu opotřebení obložení, ke změně koeficientu vlivem zahřívání a vadnutí brzdného účinku. Zvyšuje se náchylnost k pískání brzdového obložení. Pískání je způsobeno vibracemi brzdového obložení v malých rychlostech při malé ovládací síle. Nestabilita vzniká pružnou deformací brzdového obložení, částečným kontaktem destičky a

kotouče. Vibrace je možné snížit vhodnou kombinací směsi brzdového obložení. Také pomocí absorpční vrstvy vložené mezi třecí vrstvu a kovový držák. Na třecí obložení brzdové desky se používá vrstva organického materiálu. Pro více namáhané brzdové obložení se používá spékaných práškových kovů. Pro zvýšení koeficientu tření a zároveň snížení znečištění vlivem prašnosti brzdových desek (eliminace znečištění litých kol vozidla), je použit přídomek keramického prachu. [4]

Na obrázku 18 je schéma moderní brzdové destičky. Deska je konstruována tak, aby bylo dosaženo co nejvyšší životnosti a nejnižší hlučnosti. Při konstrukci je myšleno na ideální rozložení tepla po celém povrchu destičky. Číslo jedna znázorňuje materiál snižující hlučnost, který je protlačen otvory v podložním plechu a dojde tak k vytvoření izolační vrstvy. Tato vrstva snižuje hluk a vibrace. Číslo dva znázorňuje podložní vrstvu zabraňující prostupu tepla do brzdového systému. Číslo tři označuje třecí plochu brzdové destičky. [4]



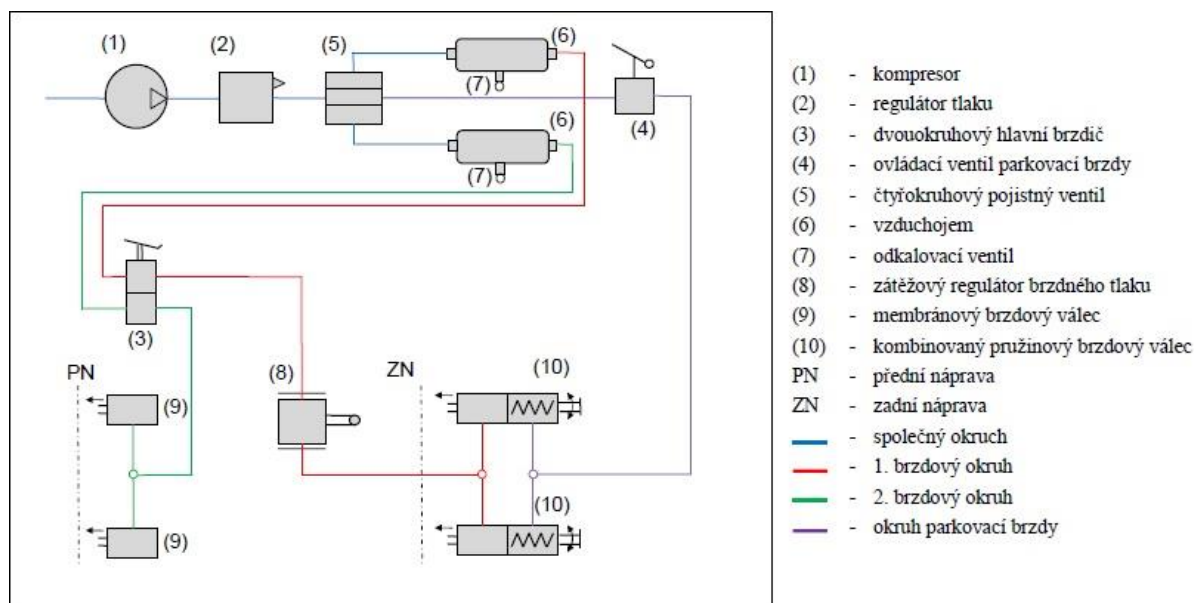
Obr. č. 18 - Brzdová destička – 1) Materiál snižující hlučnost, 2) Vrstva minimalizující průstup tepla, 3) Třecí plocha destičky [2]

2.4.3 Vzduchotlaké brzdy

Vzduchotlaké brzdy se používají pro brzdění těžkých užitkových vozidel, autobusů a přípojných vozidel. Nákladním vozidlům nestačí ovládací síla řidiče a je třeba použití jiného zdroje energie strojní brzdové soustavy. K vyvození brzdného účinku je zde použit tlak vzduchu vytvářený vzduchovým kompresorem. Svalová síla řidiče je zde vyloučena. U vzduchotlakých brzd je síla řidiče působící na brzdový pedál, pouze k uvolnění energie stlačeného vzduchu, který je poté regulován a použit k brzdění vozidla. [1]

Dvouokruhová vzduchotlaká brzdová soustava

Hlavní části dvouokruhové vzduchotlaké brzdové soustavy jsou plnicí část, ovládací část a systém brzd. Plnicí část slouží k vytvoření zásoby stlačeného vzduchu. Do této části je zahrnut vzduchový kompresor, regulátor tlaku, čtyřokruhový pojistný ventil, dvě nádrže stlačeného vzduchu (vzduchojemy) s odkalovacími ventily a tlakoměr. V ovládací části jsou zařízení určená k řízení brzdného účinku soustavy. Tato část obsahuje pedálový dvouokruhový brzdič, samočinný zátěžový regulátor tlaku, pružinové brzdové válce zadní nápravy, jednoduché brzdové válce přední nápravy a ovládací ventil parkovací brzdy. Jako akční členy provozní a parkovací brzdy jsou zde použity brzdy třecí kotoučové nebo bubnové s vnitřními čelistmi na zadní nápravě. [1]



Obr. č. 19 - Zjednodušené schéma dvouokruhové vzduchotlaké soustavy [27]

Plnicí okruh pracuje tak, že vzduch je nasáván a vytlačován pomocí kompresoru přes regulátor tlaku a vysoušeč vzduchu do čtyřokruhového pojistného ventilu. Regulátor při překročení maximální dovolené hodnoty tlaku v soustavě upustí přebytečný tlak do atmosféry. Vysoušeč absorbuje přebytečnou vlhkost ze vzduchu. Stlačený vzduch je poté čtyřokruhovým pojistným ventilem rozdělován do čtyř okruhů. Do 1. a 2. okruhu provozní brzdy, do okruhu parkovací brzdy, případně do okruhu brzd přípojného vozidla nebo jiného přídatného vzduchového systému. Vzduchojemy obsahují zásobu stlačeného vzduchu pro provozní, parkovací a brzdy přípojného vozidla. Ve vzduchojemu kondenzuje vlhkost, pro její vypuštění jsou zde odkalovací ventily. [1]

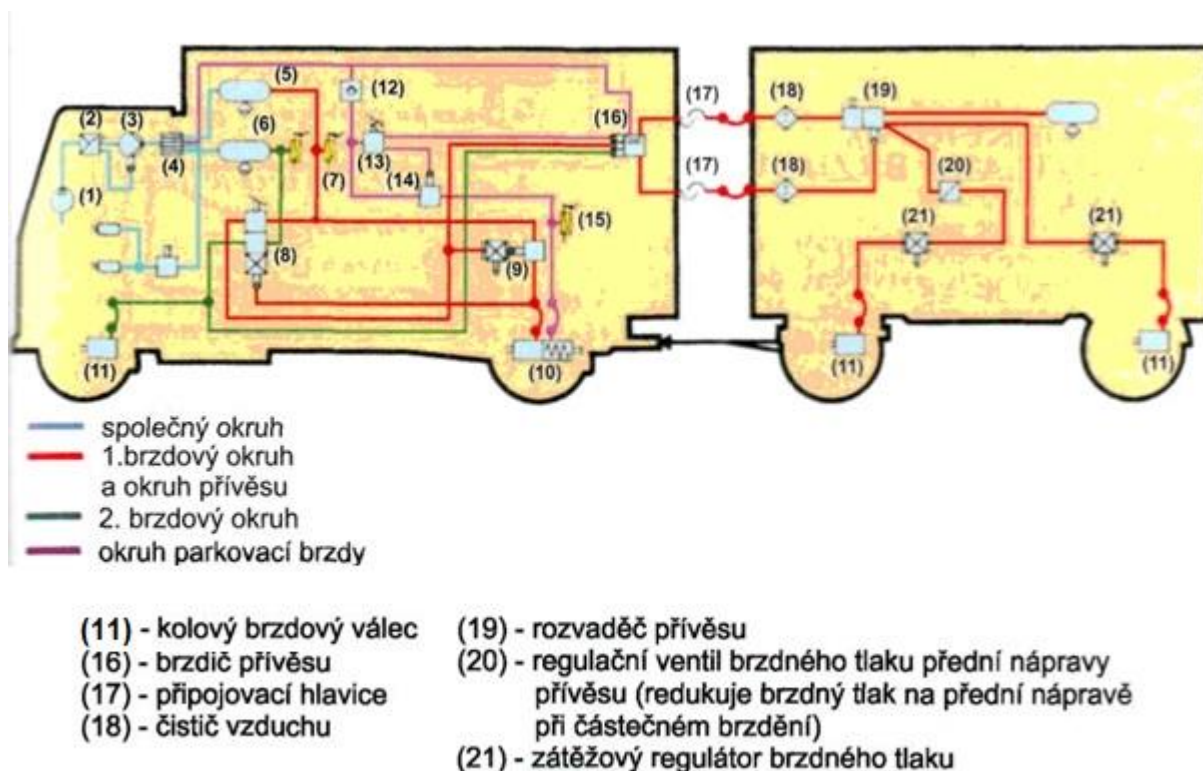
V okruhu provozní brzdy je stlačený vzduch přiváděn k brzdám přední a zadní nápravy. Brzdny účinek je vyvozován brzdovými válci u jednotlivých kol a je závislý na síle sešlápnutí brzdového pedálu řidičem. Tlak je řízen pedálovým dvouokruhovým brzdičem. Čím více je brzdový pedál stlačen, tím větší tlak proudí ze vzduchojemů obou okruhů provozní brzdy přes pedálový dvouokruhový brzdič do brzdových válců na přední nápravě. Dále proudí přes zátěžový regulátor tlaku do brzdových válců na zadní nápravě. Vysunutí pístu brzdového válce závisí na množství přivedeného vzduchu. Podle zatížení vozidla je regulován tlak vzduchu, který míří k brzdovým válcům zadní nápravy. Při plném zatížení vozidla je na zadní nápravu přiveden maximální brzdny tlak. Při částečném zatížení vozidla je přívod vzduchu do zadních brzdových pružinových válců omezen. [1]

Parkovací brzda se uvádí do činnosti pomocí ruční páky ventilu parkovací brzdy. Při odbřzdění jsou pružinové brzdové válce na zadní nápravě propojeny s příslušným vzduchojemem přes ovládací ventil parkovací brzdy, nebo přímo přes čtyřokruhový pojistný ventil a jsou zavzdušněny (působí tlak vzduchu). V pracovní poloze jsou brzdové válce zadní nápravy odvzdušněny (bez tlaku vzduchu) a brzdny účinek je vyvolán účinkem brzdových pružin. Pokud nastane porucha v okruhu provozní brzdy, může být brzdny účinek vyvolán parkovací brzdou. Parkovací brzda tak s odstupňovaným účinkem pracuje jako brzda nouzová. [1]

Dvouokruhová dvouhadicová vzduchotlaká brzdová soustava

Dvouokruhová dvouhadicová brzdová soustava pracuje na stejném principu jako dvouokruhová brzdová soustava. Tato soustava se skládá ze čtyř základních brzdových okruhů. Z plnicího okruhu, který vytváří zásobu stlačeného vzduchu pomocí vzduchového kompresoru a ukládá ji do vzduchojemů. Plnicí okruh pracuje s tlakem 0,8 Mpa a stlačený vzduch dodává do ostatních okruhů. [27][26]

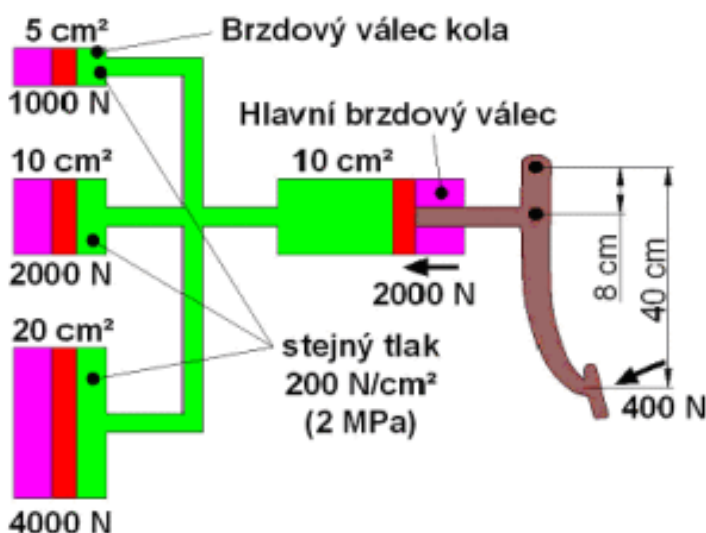
Dalšími okruhy jsou okruh provozních brzd, okruh parkovací brzdy a okruh řízení brzd přípojného vozidla. Provozní okruh a okruh parkovací brzdy pracují na stejném principu jako v případě dvouokruhového vzduchotlakého systému brzd. Brzdíč přípojného vozidla je napojen na vzduchojem. Brzdíč přípojného vozidla je ovládán pomocí dvouokruhového hlavního pedálového brzdíče. Slouží k řízení a regulaci brzd na nápravách přípojného vozidla. Brzdové okruhy na tažném a přípojném vozidle jsou propojeny pomocí dvou hadic, z nichž jednou proudí plnicí tlak a druhou ovládací. [27][26]



Obr. č. 20 - Schéma dvouokruhové dvouhadicové brzdové soustavy [26]

2.4.4 Kapalinové brzdy

Kapalinová brzdová soustava je nejčastěji využívána u osobních vozidel, popřípadě u lehkých užitkových vozidel. K přenosu energie je zde využita hydraulická (brzdová) kapalina. Její výhodou je jednoduchá konstrukce a malé nároky na údržbu. Systém kapalinových brzd se skládá z hlavního brzdového válce, podtlakového posilovače brzdného účinku, vyrovnávací nádrže na hydraulickou kapalinu a příslušného spojovacího potrubí. Princip činnosti přenosu energie u kapalinových brzd je znázorněn na obrázku č. 21. Síla řidiče působí přes brzdový pedál na hlavní brzdový válec. Vytvořený tlak pomocí hlavního brzdového válce je ve všech místech hydraulické kapaliny stejný. Rozdílná hodnota brzdné síly u každého kolového brzdového válce je určena velikostí průměru kolového brzdového válce. [16]



Obr. č. 21 - Princip přenosu energie u kapalinových brzd [16]

Při působení na brzdový pedál vznikne v hlavním brzdovém válci tlak, který je posílen podtlakovým posilovačem. Hydraulická kapalina proudí potrubím z vyrovnávací (expanzní) nádobky do kolových brzdových válců. Ty přitlačují brzdové čelisti ke kotoučům, případně brzdovým bubnům. Osobní vozidla bývají vybavena omezovačem tlaku nebo regulátorem tlaku umístěným u zadní nápravy, který slouží ke snížení tlaku hydraulické kapaliny proudící do kolových brzdových válců zadní nápravy při nízkém zatížení zadní nápravy. Přispívá ke zlepšení jízdní stability vozidla při brzdění, protože nedochází k přebrzdění zadních kol. [25]

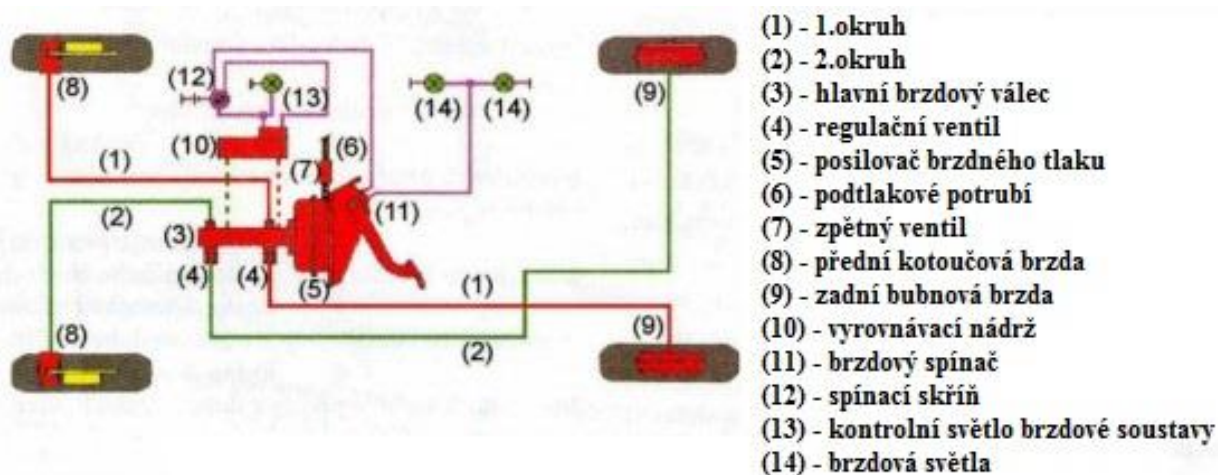
Dvouokruhový kapalinový brzdový systém

Kapalinová brzdová soustava osobních vozidel je rozdělena do dvou na sobě nezávislých brzdových okruhů. Jsou ovládány řidičem pomocí brzdového pedálu. Dvouokruhové uspořádání je stanoveno zákonem z důvodu bezpečnosti provozu vozidel na pozemních komunikacích. Pokud dojde k poruše jednoho z okruhů, je pomocí neporušeného okruhu zajištěno bezpečné zastavení vozidla. Při správné činnosti obou okruhů, Pracují oba okruhy zároveň a jsou brzděna všechna kola vozidla. [21]

Je známo pět různých typů zapojení dvouokruhových hydraulických brzd.

- a) Standartní zapojení TT – v každém okruhu je brzděna jedna náprava
- b) Diagonální zapojení K – v každém okruhu je brzděno jedno přední a diagonálně protilehlé zadní kolo
- c) Zapojení HT – jeden okruh ovládá přední a zadní nápravu, druhý okruh ovládá jen přední nápravu
- d) Zapojení LL – Každý okruh ovládá přední nápravu a jedno zadní kolo
- e) Zapojení HH – Každý okruh ovládá přední a zadní nápravu [21]

U osobních vozidel je nejpoužívanější zapojení typu K, tedy v každém okruhu je brzděno jedno přední kolo a diagonálně protilehlé zadní kolo. [21]



Obr. č. 22 - Schéma dvouokruhové kapalinové brzdové soustavy typu K [20]

3 ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY

V moderních vozidlech se používají asistenční systémy, které mají řidiči ulehčit řízení vozidla. Jedná se o systémy zlepšující chování vozidla za nepříznivých povětrnostních podmínek, nebo v nouzových situacích, například: zlepšení říditelnosti vozidla při brzdění, eliminace prokluzu hnaných kol a zachování směrové stability vozidla. V dalších odstavcích bude popsána funkce systému ABS, ASR a ESP.

3.1 ANTIBLOKOVACÍ BRZDOVÝ SYSTÉM ABS

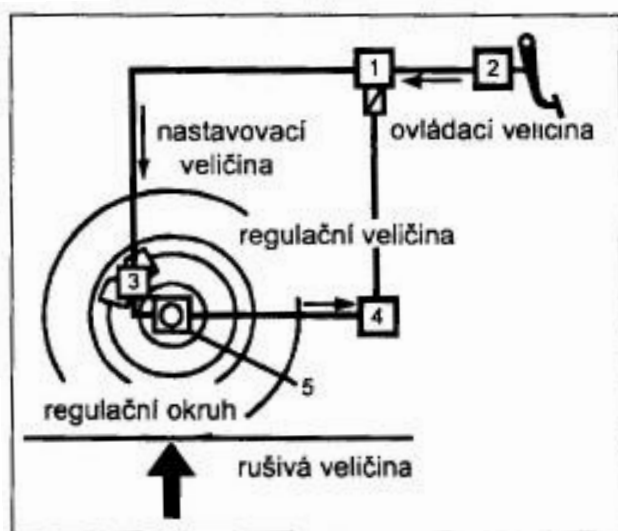
Správný poměr rozložení brzdných sil na jednotlivé nápravy vozidla zajišťuje zátěžový regulátor. Ten rozděluje brzdný tlak na nápravy v závislosti na adhezi a aktuálního zatížení vozidla a rozložení hmotnosti posádky a nákladu ve vozidle. Velikost brzdné síly však závisí hlavně na síle, kterou řidič stlačuje brzdový pedál, potažmo pedál hlavního brzdíče. Zátěžová regulace tedy nemůže úplně odstranit nebezpečí blokování kol. [21]

Velikost brzdného tlaku a brzdných momentů na kolech vozidla závisí u konvenčních brzdových soustav na nožní síle řidiče, který tlačí na brzdový pedál. Řidiči pomáhá posilovač brzdného účinku, který zajistí v nouzové situaci použití maximální brzdné síly, i když řidič nestlačí pedál maximální silou. Posilovač pracuje na principu podtlaku, který je připojen na sání motoru u zážehových motorů, nebo na vakuovou pumpu u vznětových motorů. Modernější řešení využívá elektromagnetický podtlakový ventil, který vytváří podtlak pro posilovač brzd, regulaci turbodmychadla nebo ovládání EGR ventilu. [21]

V nouzové situaci, kdy musí řidič vozidla prudce brzdit, může dojít k zablokování některého z kol, případně všech kol vozidla, především na kluzké vozovce, tj. se sníženou adhezí. Zablokovaná kola nejsou schopna přenést boční sílu a dochází ke ztrátě směrové stability. Použitím antiblokovacího brzdového systému, lze zabránit krizovým situacím a tak podstatně zvýšit aktivní bezpečnost vozidla. [21]

Regulační obvod ABS bude popsán pro jedno kolo vozidla. Obvod je pro kapalínového i vzduchové brzdové systémy podobný. Skládá se ze snímače počtu otáček kola, které je upevněno na kole, nejčastěji v těhlici kola a snímá drážkovaný kroužek náboje či ložiska kola. Nebo pomocí magnetického pásku umístěného v náboji kola indikuje elektromagnetické napětí, které sensor převádí na napětí. Toto napětí pak vyhodnotí řídicí jednotka ABS. Sensor může snímat otáčky také na hnacím hřídeli kola. Dále se regulační

obvod skládá z řídicí jednotky, jedná se o logický nebo vyhodnocovací člen. Akčním členem obvodu je regulační ventil, nebo modulátor brzdného tlaku. V závislosti na elektronických signálech z řídicí jednotky mění tlak v kolovém brzdovém válci a mění tak brzdný moment na příslušném kole. U vzduchotlakých brzdových soustav je k regulačnímu ventilu připojen vzduchojem, jako zdroj energie. [21]



Protiblokovací regulační systém ABS:

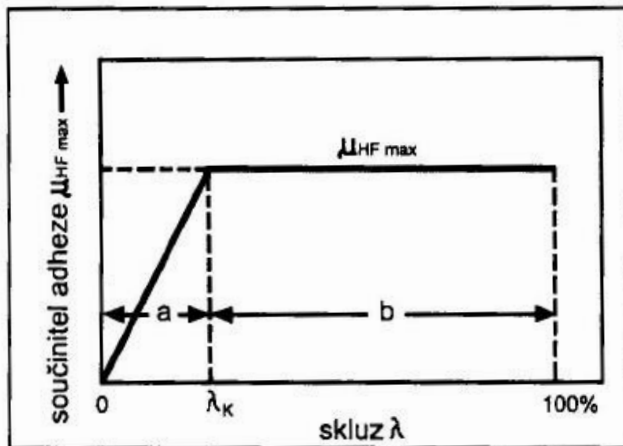
- 1 - hydraulický agregát s magnetickými ventily,
- 2 - hlavní brzdový válec,
- 3 - brzdový kolový válec,
- 4 - řídicí jednotka,
- 5 - snímač otáček

Obr. č. 23 - Regulační obvod ABS [21]

Pro regulaci brzdné síly slouží signály snímačů otáček kol, pomocí kterých řídicí jednotka vypočítává obvodové zpomalení, skluz kola, referenční rychlost a zpomalení vozidla. Pomocí logického propojení těchto veličin je dosaženo vhodné regulace brzdného tlaku (ten je konstantní, nebo se zvyšuje či snižuje). Skluz kola je stanoven z referenční rychlosti a optimálního skluzu, který odpovídá ideální rychlosti pro brzdění. Ideální regulace brzdění je dosaženo pomocí hodnot, které jsou uloženy v řídicí jednotce ABS. Ideální skluz kola je vypočítán řídicí jednotkou ABS pro aktuální podmínky. Za ideálních podmínek je to přibližně 20 %, to znamená, že brzděné kolo má nejlepší adhezi a brzdný účinek, pokud se otáčí o 20 % pomaleji, než je obvodová rychlost kola odpovídající rychlosti vozidla. Samozřejmě ve velmi zjednodušené podobě, pokud do toho nezasahují vnější rušivé vlivy. [21]

System ABS je aktivován přibližně od 5 km/h (závisí na výrobci) a opět se deaktivuje při této rychlosti. Kdyby se tak nestalo, vozidlo by nebylo schopné zastavit, což vyplývá z funkce ABS. Při maximálním brzdění, snížil-li se rychlost vozidla pod 5 km/h, jsou kola

zablokována a vozidlo je tak schopno zastavit. Ztráta směrové stability při takto nízké rychlosti již nenastává.



Linearizovaná křivka přilnavosti:
a - stabilní oblast, b - nestabilní oblast,
 λ_K - kritický skluz, $\mu_{HF\ max}$ - maximální součinitel adheze

Obr. č. 24 - Křivka přilnavosti [21]

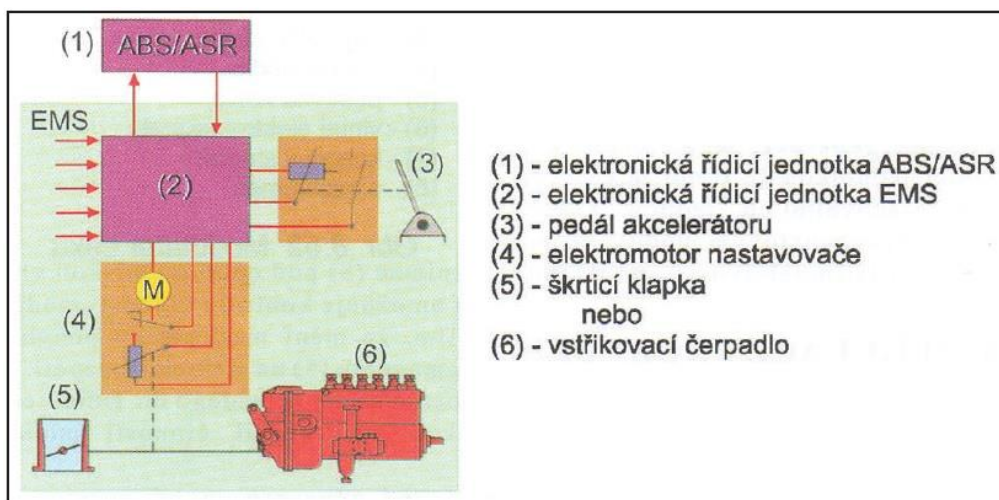
Základní funkcí systému ABS je tedy umožnit řidiči ovládnutí vozidla i při nouzovém brzdění. Pokud by vozidlo nebylo vybaveno ABS, při nouzovém brzdění by došlo k zablokování kol a vozidlo by se pohybovalo dále po tečně, stejným směrem jako při počátku brzdění. Vozidlo se systémem ABS zachovává řidiči ovladatelnost a směrovou stabilitu při brzdění tím, že ABS umožňuje přenášet na kolech boční sílu a tím jejich vedení. [21]

3.2 PROTIPROKLUZ ASR

System regulace prokluzu ASR (anti skid regulation) je rozšířením funkce ABS. Jeho úlohou je především zajistit stabilitu a ovladatelnost vozidla při akceleraci. ASR zabraňuje protáčení kol při rozjezdu na vozovce s rozdílnou adhezí na levém a pravém kole hnané nápravy, při zrychlení v zatáčce, nebo při rozjezdu do svahu. [21]

Překročí-li hnací moment maximální možný přenositelný moment daný součinitelem adheze μ_v a zatížením kola Z_k , dojde k prokluzu hnaného kola. Stejně jako u zablokovaných kol i protáčeující se kola nemohou přenášet boční síly a vozidlo se stává neovladatelným. Jeho před' popřípadě zád' může vybočovat ze směru jízdy. ASR zvyšuje aktivní bezpečnost vozidel tím, že zabraňuje protáčení hnaných kol a udržuje vozidlo pod kontrolou. [21]

ASR dále snižuje opotřebení pneumatik a hnacího ústrojí vlivem protáčení (prokluzu) kol. Zjistí-li řídicí jednotka ABS a ASR rozdílné otáčky na hnaných kolech, samočinně zasáhne. Řídicí jednotka dokáže rozlišit protáčení kol při rozjezdu i při průjezdu zatáčkou. [21]



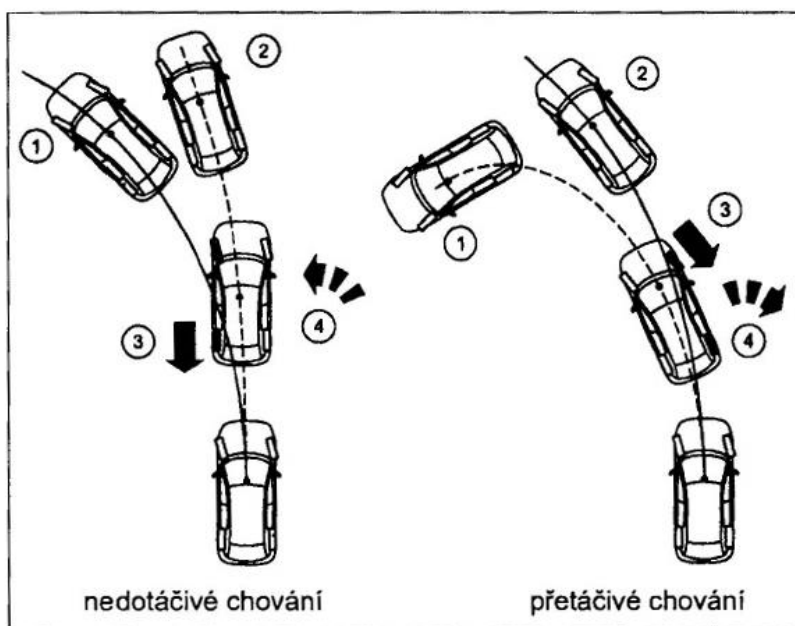
Obr. č. 25 - Elektronické řízení výkonu motoru ASR [1]

V rychlostech do 30 km/h je protáčení kol přibrzděno regulačním ventilem ABS, v tomto případě systém ASR supluje uzávěrku diferenciálu, kdy je protáčeující se kolo přibrzděno a točivý moment je přiveden na druhé hnané kolo. V rychlostech nad 30 km/h je regulace protáčení kol řízena pomocí snižování výkonu motoru. Regulace výkonu motoru u zážehových motorů probíhá nastavením škrticí klapky, změny okamžiku zážehu, nebo potlačením okamžiků zážehu. U vznětových motorů je regulace výkonu ovlivněna omezením vstřikovaného množství nafty. [21]

3.3 ELEKTRONICKÝ STABILIZAČNÍ SYSTÉM ESP

Během jízdy se vozidlo může dostat za hranici přilnavosti pneumatik a stane se těžce ovladatelným. Tato kritická situace nastává například silnými pohyby volantem nebo silným brzděním při průjezdu zatáčkou. Často na povrchu se zhoršenou adhezí. Taková situace bývá často řidičem chybně vyhodnocena a dochází ke ztrátě stability (smyku) vozidla. Systém ESP (Electronic Stability Program) pomáhá takovou situaci zvládnout. ESP je doplněním a rozšířením funkcí ABS a ASR. [21]

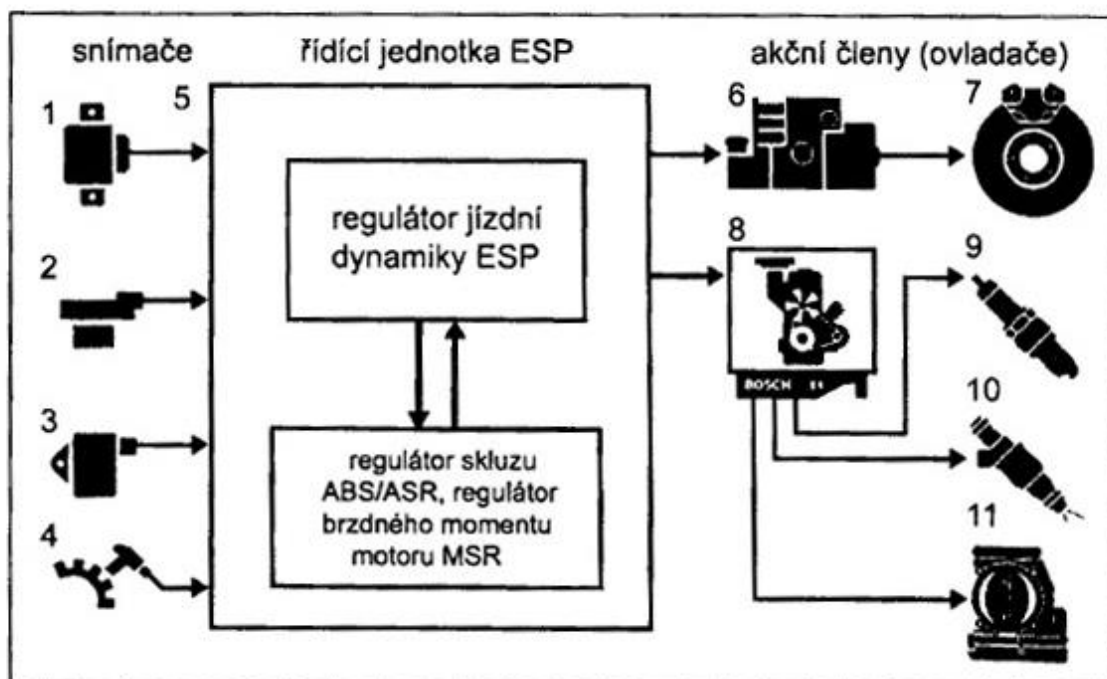
Systémy ABS a ASR jsou schopny ovládat skluz pneumatiky při brzdění nebo zrychlení vozidla pouze v podélném směru. Systém ESP je schopen pracovat také v příčném směru. Jak je popsáno výše, pokud je kolo ve skluzu, není schopno přenášet boční sílu a dochází ke ztrátě schopnosti vedení stopy. ESP zajišťuje stabilitu vozidla při průjezdu zatáčkou. Systém ESP vyžaduje pro svou funkci výkonnou elektroniku a využívá snímačů stáčivé rychlosti, snímač bočního zrychlení, snímač úhlu natočení volantu, snímač neregulovaného brzdného tlaku, snímač polohy plynového pedálu a snímače otáček jednotlivých kol, které využívá také ABS a ASR. [21]



Obr. č. 26 - Zásah ESP: vlevo: 1 - s ESP, 2 - bez ESP, 3 - brzdná síla, 4 - vyrovnání nedotáčivosti; vpravo: 1 - bez ESP, 2 - s ESP, 3 - brzdná síla, 4 - vyrovnání přetáčivosti [21]

Systém ESP se skládá z hydraulické jednotky s integrovanou řídicí jednotkou, která využívá snímač stáčivé rychlosti, snímač bočního zrychlení, snímač úhlu natočení volantu, snímač neregulovaného brzdného tlaku, snímač polohy plynového pedálu a snímače otáček

jednotlivých kol. Dále pak z řídicí jednotky motoru, nastavovače škrticí klapky (případně omezovače palivové pumpy u vznětových motorů), z modulu zapalování, vstřikovacích ventilů a snímače polohy plynového pedálu. [1]



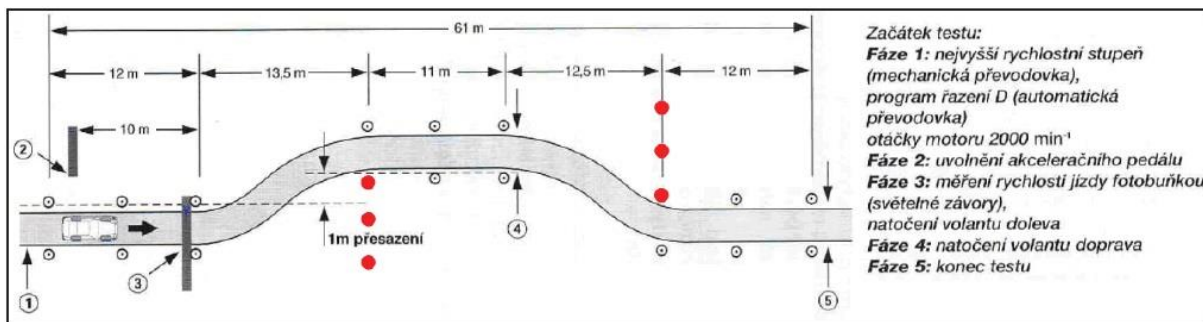
Obr. č. 27 - Regulační soustava ESP (Bosch): 1 - snímač stáčivé rychlosti bočního zrychlení, 2 - snímač úhlu natočení volantu, 3 - snímač neregulovaného brzdného tlaku, 4 - snímač otáček, 5 - řídicí jednotka ESP, 6 - hydraulická jednotka, 7 - brzdy, 8 - řídicí jednotka motoru, 9 - úhel zážehu, 10 - vstřikování paliva, 11 - škrticí klapka [21]

Bez zásahu řidiče je dosaženo stabilizace vozidla pomocí samočinného brzdění jednotlivých kol a zásahu do hnacího momentu motoru. Prostřednictvím snímačů systém zjišťuje kritický stav vozidla. Přibrzděním jednotlivých kol je vytvořen stáčivý moment kolem svislé osy vozidla, kterým se kompenzuje nedotáčivý, případně přetáčivý smyk vozidla. Stabilizující účinek vozidla je zapříčiněn také snížením točivého momentu motoru na hodnotu, která odpovídá dané situaci. Pokud se vozidlo chová přetáčivě a hrozí-li vybočení zadní části, jsou přibrzděna kola na vnější straně zatáčky. Největší brzdná síla působí především na přední vnější kolo. V případě nedotáčivého chování vozidla, jsou přibrzděna kola na vnitřní straně zatáčky, obzvláště vnitřní zadní kolo vozidla. Systém zároveň hlídá, jak na kritickou situaci reaguje řidič vozidla, řídicí jednotka poté určí, na jakou hodnotu sníží točivý moment motoru a které kolo a jak silně přibrzdit, aby došlo ke stabilizaci vozidla. [21]

Systém ESP tedy zvyšuje bezpečnost jízdy vozidla, prioritou je kontrola stáčivého momentu kolem svislé osy vozidla, aby nedošlo k překročení mezních limitů, dané adhezi

mezi pneumatikami vozidla a vozovkou a následným vznikem smyku vozidla. Při průjezdu zatáčkou a společném brzdění, je pro systém ESP (společná řídicí jednotka pro ABS i ESP) prioritou zachování směrové stability, proto je upřednostněna funkce ESP. Pokud vozidlo má v této situaci dostatek přilnavosti, bude také systém ABS snižovat rychlost, avšak prioritou zůstává funkce systému ESP. U systému ESP je korekce do řízení podmíněna aktivním zásahem řidiče, který natočením volantu určí směr, kterým by se vozidlo mělo pohybovat. Evolucí je systém ESP II, u kterého dochází k automatické korekci řízení. Systém nezávisle na řidiči vyhodnotí situaci a nastaví požadovaný úhel a moment natočení volantu. Tento impuls do řízení pomůže řidiči správně vyhodnotit danou situaci a stabilizovat jízdu vozidla. Jedná se o doporučení změny řízení, prostřednictvím elektronického posilovače, který řidič může a nemusí respektovat. [1]

Systém ESP byl poprvé představen u vozidla Mercedes-Benz třídy A první generace, který nesplnil požadavky vyhýbacího manévru při testu boční stability (tzv. Losího testu). V tomto testu musí řidič provést vyhýbací manévr s plně zatíženým vozidlem. Test je opakován a je postupně zvyšována rychlost jízdy. Vozidlo Mercedes se při tomto testu převrátilo, a tak byl výrobce donucen zmiňovaný systém do vozidla instalovat. Při opakované zkoušce s totožným vozidlem již vybaveným systémem ESP od firmy Bosch, vozidlo testem prošlo a bezpečně projelo vytyčenou dráhu. [1]



Obr. č. 28 - Průběh Losího testu dle normy VDA [23]

4 ZKOUŠENÍ BRZDOVÝCH SYSTÉMŮ

Brzdové systémy vozidel mají z hlediska aktivní bezpečnosti silničního provozu velmi významný vliv. Bezpečnost je důležitým hlediskem při navrhování osobních vozidel, proto brzdové systémy podléhají důsledným zkouškám. [32]

Předmětem zkoušení brzdových systémů provozní brzdy je brzdny účinek. Testuje se schopnost vozidla snížit rychlost, popřípadě snížit rychlost až do zastavení. Dále se testuje souměrnost působení brzdnych sil kolových brzd umístěných na téže nápravě. Měřítkem účinku brzdové soustavy je brzdná dráha (dráha ujetá od počátku brzdění do zastavení), Dosažené brzdné zpomalení a ovládací síla řidiče, použitá na brzdový pedál, při provozním brzdění. [32]

4.1 ADHEZE

Stopou pneumatiky je nazývána styčná plocha pneumatiky s podložkou. Deformací styčné plochy pneumatiky, ve stopě vznikají síly, které působí do různých směrů. Pokud kolo vozidla nepřenáší žádnou tangenciální nebo boční sílu, jsou navzájem v rovnováze. Pokud kolo přenáší obvodovou nebo boční sílu, mění se vlivem deformace rozložení sil ve stopě. Výsledná síla je rovna tangenciální nebo boční reakci. Souhrnně je možno ji označit, jako sílu adhezní. [35]

Adheze je též ovlivněna mikro a makronerovnostmi vozovky a také účelně vytvořenými výstupky dezénu pneumatik, které mají schopnost přisávat se k vozovce. Adheze je vyjádřena pomocí součinitele adheze μ . [35]

V praxi je výsledná adhezní síla geometrickým součtem síly obvodové a boční. Výslednice adhezní síly nemůže být větší než síla daná zatížením kola a součinitelem adheze. Adhezní kružnice je geometrickým místem koncových bodů vektoru adhezní síly. Adhezní kružnice je opsaná ze středu stopy kola. Dle tvaru dezénu, se může adhezní kružnice změnit v elipsu. Delší osa elipsy znázorňuje větší adhezní schopnost kola v tomto směru. Pokud kolo dosáhne maximální možné adheze v jednom směru, ztrácí schopnost adheze ve směru kolmém. [35]

Tab.č. 1 - Součinitel adheze pro různé povrchy [24]

Povrch vozovky		μ	Povrch vozovky		μ
beton	suchý	0,8-1,0	polní cesta	suchá	0,4-0,6
	mokrý	0,5-0,8		mokrá	0,3-0,4
asfalt	suchý	0,6-0,9	tráva	suchá	0,4-0,6
	mokrý	0,3-0,8		mokrá	0,2-0,5
dlažba	suchá	0,6-0,9	hluboký písek, sníh		0,2-0,4
	mokrá	0,3-0,5		0°C	0,05-0,1
makadam	suchý	0,6-0,8	náledí	-10°C	0,08-0,15
	mokrý	0,3-0,5		-20°C	0,15-0,2

4.2 PLOŠINOVÉ ZKUŠEBNY

Plošinová zkušebna brzd je vhodná pro osobní i nákladní vozidla. Plošinové zkušebny jsou většinou tvořeny dvěma, případně čtyřmi plošinami sloužící k měření brzdných sil na jednotlivých kolech. Pokud jde o dvouplošinovou zkušebnu, je třeba na plošiny najet nejprve koly jedné a potom druhé nápravy. Je nezbytné, aby se obě zkoušky realizovaly při stejné ovládací síle na brzdový pedál. Proto je třeba měřit tuto sílu pomocí pedometru. Jedná-li se o čtyřplošinovou zkušebnu, mají všechna kola vozidla k dispozici vlastní dráhu a je možné provést pouze jednu zkoušku. [10]

Čtyřplošinová zkušebna je dlouhá asi pět metrů, rozjezdová dráha činí přibližně 8 až 10 metrů. Z bezpečnostních důvodů je dobré nechat před zkušebními plošinami alespoň dva metry volného prostoru. Zkušební plošiny se instalují v úrovni podlahy, případně přímo na podlahu, neboť jejich výška nepřesahuje 50 mm. Zapuštění plošin do podlahy tedy nepředstavuje velké stavební úpravy podlahy. Plošiny jsou dlouhé přibližně 1 500 mm. [10]

Vozidlo při zkoušce najíždí na plošiny rychlostí 5 až 15 km/h. Vyšší rychlost je přípustná, pokud je potřeba podrobně vyzkoušet systém ABS. Zkoušené vozidlo na plošinách prudce zabrzdí. Zkušební plošiny se pohybují ve směru jízdy vozidla. Tento pohyb plošiny snímá tenzometrický silový snímač po desetinách milimetru. Snímač převádí hodnoty na

proporcionální elektrické signály. Každá fáze brzdného děje je takto zachycena a zaznamenána. Pro dosažení vysoké přesnosti měření, je třeba zaznamenávat vysokou frekvencí. [10]

Na monitoru po vykonání zkoušky se poté zobrazí diagram brzdných sil, z kterého lze určit účinnost brzdové soustavy vozidla, nebo její případné závady. Dosažené brzdné zpomalení, brzdné síly předních a zadních kol a souměrnost účinku brzd kol na téže nápravě. Ze záznamu zkoušky je také zřejmý poměr brzdných sil předních a zadních kol (např. 88/12%). Je zde možnost rozpoznat činnost omezovače brzdného účinku pro zadní nápravu a také je možnost změřit sbíhavost kol. [32]

Výhodou měření je, že do měření zahrnuje při brzdění vliv dynamického přetížení přední nápravy a vliv odlehčení nápravy zadní. Proto se měření na plošinových zkušebnách více přibližuje skutečným podmínkám v silničním provozu. [33]

Dalšími výhodami plošinových zkušeben jsou snadná montáž zkušebny, malá energetická náročnost, krátká doba zkoušky a přehledné grafické znázornění naměřených dat. [31]

Moderní plošinové zkušebny brzd jsou schopny provést současně diagnostiku brzdového systému, diagnostiku tlumičů a pérování a provést měření geometrie náprav, konkrétně sbíhavost kol. [33]



Obr. č. 29 – Plošinová zkušebna HEKA [18]

4.3 VÁLCOVÉ ZKUŠEBNY

Způsob měření vozidel na válcové zkušebně vypadá tak, že vozidlo najede postupně předními a zadními koly na měřicí válce. Jedno kolo vozidlo vždy stojí na páru rotujících válců. Brzdná síla působí po obvodu rotujícího válce. [32]

Válcové zkušebny brzd lze rozdělit na dva základní druhy. Na pomaloběžné válcové zkušebny s rychlostí rotace válců do 10 km/h a rychloběžné válcové zkušebny s rychlostí, která může dosahovat 100 km/h. [32]



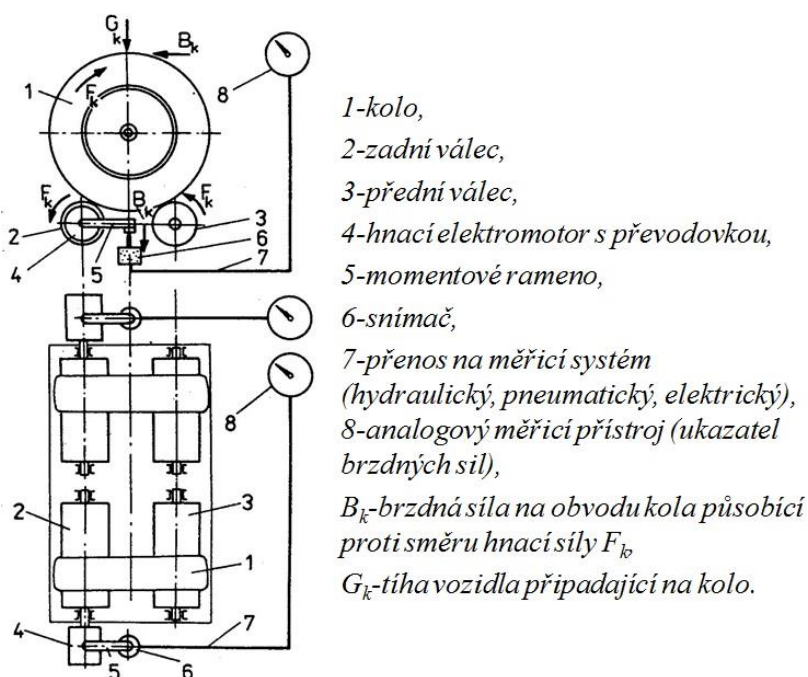
Obr. č. 30 - Válcová zkušebna brzd [29]

4.3.1 Pomaloběžné válcové zkušebny

Pomaloběžné válcové zkušebny brzd jsou nejpoužívanější formou diagnostiky účinku brzdových soustav v České republice. Při zkouškách na pomaloběžných válcových zkušebnách se měří brzdné síly na obvodech kol vozidla. Rychlost válců dosahuje maximálně 10 km/h. Zkoušky vychází z metodiky, která je schválena MVŽP-SD pod č.j. SD/12-7083/89. Dle této metodiky jsou zkoušeny brzdové soustavy vozidel na stanicích technické kontroly v České republice. [11]

Válcovou zkušebnu tvoří dva zkušební válce o průměru 150 až 300 mm. Bývají zabudované v podlaze. Válce jsou otočně uloženy v masivním rámu. Jeden z válců je poháněn

elektromotorem. Točivý moment je na druhý válec přenášen pomocí válečkového řetězu, který je poháněn řetězovým kolem prvního válce. Mezi elektromotorem a poháněným válcem je vložena převodovka. Převodovka je schopna natáčet se kolem své podélné osy. Osa převodovky je totožná s osou poháněného válce. K převodovce je připevněno rameno, pomocí něhož je přenášén brzdny moment. Konec tohoto ramene působí na tlakový spínač (odporový tenzometr). Velikost brzdny síly je přímo úměrná k natažení tenzometrického pásku. Tento způsob měření se nazývá elektrický. Je necitlivý na změnu teploty, je velice přesný a spolehlivý. [11]



Obr. č. 31 - Schéma elektrického způsobu měření na pomaluběžné válcové zkušebně [32]

V případě analogového měření je princip totožný. Rameno působí tlakem na spínač, který je ale propojen s analogovým registračním zařízením. Jedná se o zapisování na analogový ukazatel. [11]

Jednotlivá kola najedou na dvojici měřících válců. Po najetí vozidla na válce se zapne pohon a válce se roztočí. Snímač ovládací síly (pedometr) se upne na brzdový pedál. Zkušebna poté vyhodnocuje nesouměrnost brzdny síly mezi jednotlivými koly téže nápravy ze zjištěných brzdny síly. Nesouměrnost působení brzdny účinku na kolech téže nápravy nesmí být větší než 30 % z vyšší hodnoty zjištěné síly. [33]

Brzdny účinek je hodnocen podle poměrného zpomalení, které je dáno vztahem:

$$Z = \frac{\sum B_i}{G} \times 100,$$

kde $\sum B_i$ – součet brzdnych sil B na obvodech jednotlivých kol

G – celková tíha vozidla [10]

4.3.2 Rychloběžné válcové zkušebny

Rychloběžné válcové zkušebny měří účinnost brzd při rychlostech dosahující 100 km/h. Zkušební podmínky se tak přibližují těm skutečným v běžném provozu na pozemních komunikacích. Rychloběžné zkušebny dělíme podle principu na tři druhy:

- a) Zkušební válce jsou trvale poháněny elektromotorem o velkém příkonu. Měření je podobné měření na pomaluběžné válcové zkušebně. Rozdíl je pouze ve využívání vyšší rychlosti válců.
- b) Setrvačnicková stanice. Pohon těchto válců se po dosažení příslušné rychlosti odpojí. Při měření jsou zpomalovány setrvačné hmoty rotujícího válce. Výsledkem měření je buď dráha odvalujícího se kola, nebo čas potřebný do zastavení. Mohou být měřeny obě veličiny zároveň. Výkon elektromotoru není měřen brzdny silami od kol vozidla. Brzdny síly vozidla maří naakumulovanou kinetickou energii rotujících válců
- c) Stanice zařízená tak, že je schopna používat oba dva měřící způsoby. [10]

Důvodem pro zvýšení rychlosti rotace válců je přiblížení měření skutečným podmínkám na silnici. Brzdy vozidla jsou zde zatěžovány odpovídajícím způsobem, jako v běžném provozu. Další předností je vytvoření prostoru pro brzdové asistenty, jako je ABS, které jsou při malých rychlostech vyřazovány z provozu. U rychloběžných zkušeben se tedy brzdové asistenty projevují. [31]

Je zde možné pozorovat závislost brzdny síly jednotlivých kol na ovládací síle řidiče a na čase. Obsluha válcové zkušebny má možnost plynule měnit rychlost zkušebních válců. Nevýhodou rychloběžné zkušebny je nemožnost diagnostikovat deformaci brzdového kotouče a ovalitu brzdového bubnu vozidla. Tento typ zkoušek je vhodný zejména při záběhu nových brzd na vozidle a při zahřívání brzdové soustavy. Vyskytuje-li se závada na brzdové soustavě vozidla v určitém rozsahu rychlostí vozidla, je tento typ zkušebny vhodný pro diagnostikování této závady. [31]

4.4 JÍZDNÍ ZKOUŠKY

Z důvodu bezpečnosti provozu a pozemních komunikacích, je nejdůležitějším ústrojím brzdová soustava. Z tohoto hlediska je nutné stav brzdové soustavy pravidelně kontrolovat. Toto je vykonáváno na pravidelné technické kontrole (STK) Státním dozorem České republiky. Brzdová soustava vozidla musí splňovat legislativní požadavky předpisu EHK č.13. Důležitým předpisem v rámci národní legislativy je vyhláška č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích. [33][9]

Jízdní zkoušky, především brzdné zkoušky, jsou prováděny z důvodu opakovatelnosti a porovnatelnosti výsledků zkoušek. Jízdní zkouška brzdění v přímém směru je prováděna zejména pro kontrolu zákonem stanovené brzdné dráhy, ověření funkce posilovače a omezovače brzdného účinku a kontrole antiblokovacího zařízení. Další zkoušky jsou prováděny ke kontrole směrové stability a zjištění nesouměrnosti brzdného účinku. Při brzdných zkouškách zjišťujeme účinek brzdové soustavy, zvláště snížit rychlost vozidla, popřípadě zastavit. V případě provozního brzdění, je brzdný účinek charakterizován brzdnou drahou, brzdným zpomalením, brzdnou silou a ovládací silou na brzdový pedál. Pokud jde o účinnost parkovací brzdy, je charakterizována brzdným sklonem, na kterém lze udržet vozidlo zajištěné parkovací brzdou. To ale není cílem této práce. Jízdní zkoušky jsou prováděny zejména na zkušební dráze, protože v silničním provozu jsou z hlediska bezpečnosti nevhodné. V této kapitole budou popsány způsoby měření decelerace nejpoužívanějšími způsoby. [33][9]

4.4.1 Vyznačení brzdné dráhy

Vyznačení brzdné dráhy pomocí značkovacího zařízení pracuje na principu vystřelování barevných značek na vozovku, zároveň je měřen čas a vzdálenost mezi jednotlivými značkami. Hlavními částmi zařízení jsou odpalovací mechanismus, snímač umístěný na brzdovém pedálu a elektricky ovládané stopky s více ukazateli. Odpalovací mechanismus je umístěn na vhodné pozici na karoserii vozidla. Ostatní prvky jsou umístěny ve vozidle. [9]

Měření začíná ve chvíli, kdy vozidlo dosáhne požadovanou výchozí rychlost. Poté řidič uvede do činnosti stopky pomocí ručního spínače. Ve stejném okamžiku je odpálena první barevná značka. Vozidlo se dále pohybuje ustálenou rychlostí, po uplynutí reakční doby začne řidič brzdit. Snímač umístěný na brzdovém pedálu zaznamená dotyk a vyše současně dva signály. Jeden signál slouží pro odpálení další značky a druhý signál zastaví jeden ukazatel stopek. Vozidlo dále brzdí až do zastavení. Po uvedení vozidla do klidu, je odměřena vzdálenost s_1 mezi první a druhou značkou a je odečten čas t_1 od počátku měření do začátku brzdění. Je odměřena vzdálenost s_2 mezi druhou značkou a polohou odpalovacího zařízení na zabrzděném vozidle. Pomocí vzdálenosti s_1 a času t_1 je vypočtena výchozí rychlost v_0 . Vzdálenost s_2 charakterizuje skutečnou brzdnou dráhu vozidla. Pomocí času t_2 , který udává dobu brzdění vozidla, je možné vypočítat střední hodnotu brzdného zpomalení vozidla a . Rovnice poté vypadají takto: [9]

$$v_0 = \frac{s_1}{t_1} \quad (1)$$

$$a = \frac{v_0}{t_2} \quad (2)$$

Současně během zkoušky musí řidič sledovat ukazatel ovládací síly. Snímač (pedometr) je umístěn na brzdovém pedálu. Při jízdě zkoušce nesmí ovládací síla překročit hodnotu povolenou předpisy. Také nesmí dojít k zablokování kol. Předpis zároveň stanoví nejméně čtyři měření. [9]

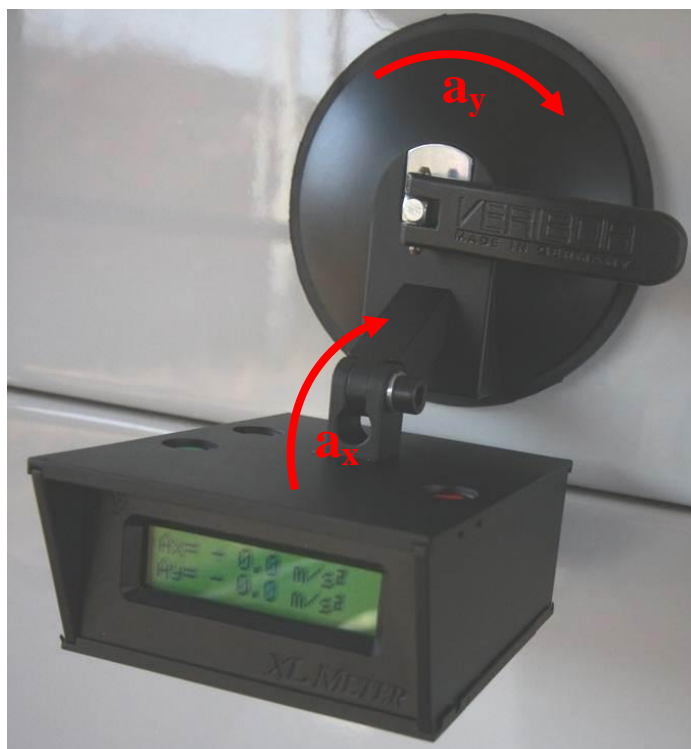
4.4.2 Decelerometr

Decelerometr je přístroj pro měření a zaznamenání zpomalení vozidla. Přístroj zaznamenává brzdné zpomalení od počátku brzdění do zastavení vozidla. Jedná se o nejjednodušší formu měření účinku brzdové soustavy. Přístroj zobrazuje nejvyšší i průměrnou hodnotu brzdného zpomalení, které jsou brány jako kritéria brzdného účinku. [33]

V decelerometru je umístěno kyvadlo. Decelerometr pracuje na principu vychýlení kyvadla, které je přímo úměrné zpomalení. Jedná-li se o analogový přístroj, při zpomalení je kyvadlo vychýleno, kyvadlo je spojeno s jehlou, která na stupnici ukazuje velikost zpomalení. U digitálního přístroje je funkce obdobná, jen hodnota zpomalení je číselně zobrazena na displeji a zaznamenána v paměti přístroje. [9]

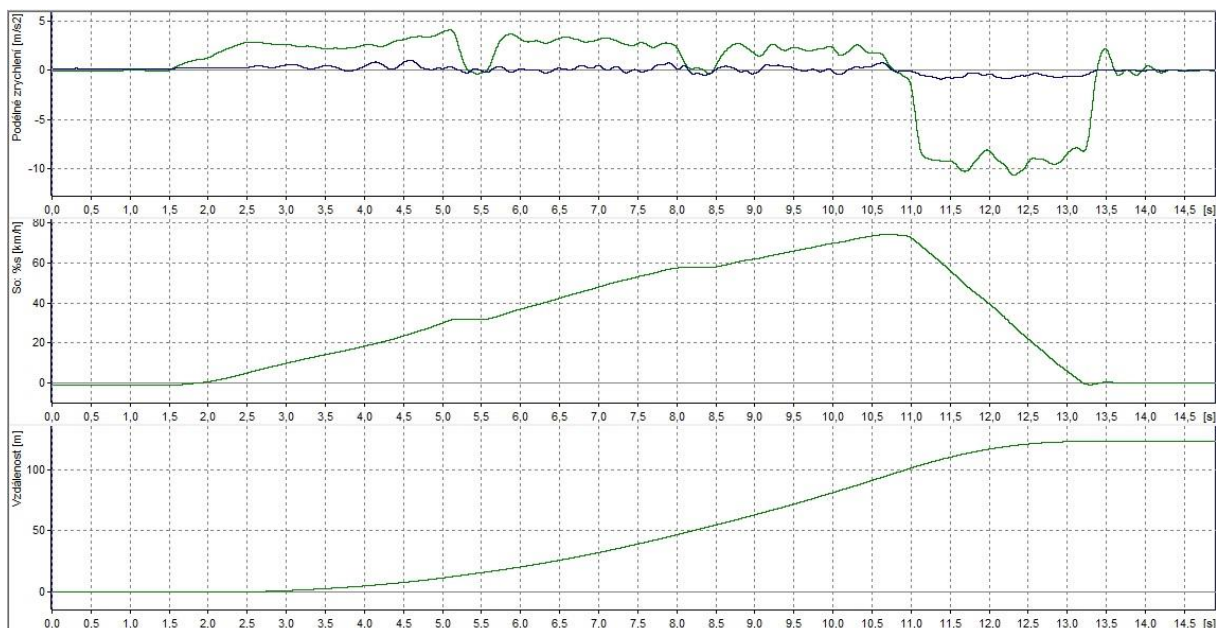
Starší decelerometry používaly místo mechanického kyvadla rtuťovou náplň, která působila na zabarvenou kapalinu. Zabarvená kapalina je vytlačována rtuťovou náplní vlivem setrvačnosti. Výše vytlačení kapaliny je závislá na intenzitě brzdění, potažmo velikosti zpomalení. [9]

Modernější provedení decelerometru je přístroj XL meter. Tento přístroj byl použit při měření při jízdách zkouškách v této diplomové práci. XL meter měří zpomalení ve dvou na sebe kolmých osách. Měří tedy příčné a podélné zrychlení v rozsahu -14 až $+14$ m/s^2 s frekvencí 200 Hz. Zpomalení je zobrazeno jako záporné zrychlení. Klíčové jsou zde změřené hodnoty v podélné ose. XL meter po ukončení zkoušky vypočte brzdnou dráhu s (od počátku brzdění do zastavení) ujetou v metrech, změří dobu brzdění t (rozdíl konce a počátku doby brzdění) v sekundách, střední plné brzdné zpomalení MFDD v m/s^2 a výchozí rychlost v_0 (při začátku brzdění) v km/h . XL meter má zabudovaný modul GPS. Další možností XL meteru je možnost zaznamenat až osm po sobě jdoucích měření a přenést je do počítače případně do jiného zálohovacího media. XL meter je také schopen vykreslovat závislosti zrychlení na čase do grafu. Také disponuje možností připojení spouštěče. Jedná se o spínač umístěný na brzdový pedál, pomocí kterého XL meter zaznamená čas počátku brzdění a graficky znázorní závislost, ze které lze určit dobu prodlevy brzd. [33]



Obr. č. 32 - XL meter po kalibraci, šipky vyznačují směry kalibrace podélného a příčného zpomalení [33]

Zkouška je provedena na rovném úseku bez výrazného sklonu, na kterém lze z požadované výchozí rychlosti bezpečně zastavit. Decelerometr je umístěn pomocí přísavky na vnitřní stranu čelního skla vozidla. Po zapnutí přístroje je provedena kalibrace tak, že přístroj musí ukazovat nulové hodnoty v obou směrech, viz obrázek č. 32. Před rozjezdem vozidla je přístroj spuštěn. Poté se řidič s vozidlem rozjede na výchozí rychlost a naplno brzdí až do zastavení. Po zastavení se vyčká na ustálení vozidla a měření se ukončí. Poté přístroj vyhodnotí měření a zobrazí výchozí rychlost, dobu brzdění, brzdnou dráhu a průměrné zpomalení (MFFD). Tímto způsobem je opakováno osm měření. Nakonec se přístroj pomocí datového kabelu připojí k PC a pomocí softwaru XL Vision, se načte měření do elektronické podoby. [33]



Obr. č. 33 - Ukázka grafického znázornění brzdné zkoušky vozidla Škoda Fabia Combi 1.4 TDI [Vlastní zdroj]

4.4.3 Decelerograf

Decelerografy jsou registrační přístroje, které slouží k zaznamenání měřených dat. Decelerograf je vybaven pohyblivým závažím o určité hmotnosti uložené pohyblivě, které je mechanicky spojeno s hrotem jehly zapisující zjištěné údaje. Pohyb závaží je úměrný dosaženému zpomalení vozidla. Závaží se pohybuje proti tlačné pružině v jedné rovině. Při zpomalení vozidla, se závaží úměrně tomu vychýlí ze své pozice proti pružině a pomocí hrotu, se kterým je spojeno, zapíše velikost zpomalení. Změřené hodnoty jsou zaznamenány na registrační papír. [9]

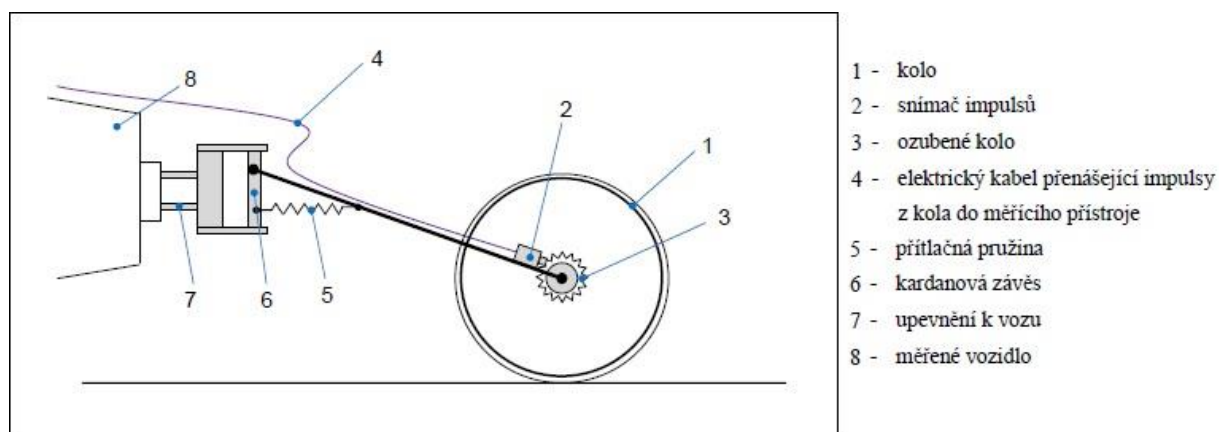
Decelerograf může být vybaven snímačem ovládací síly, který je umístěn na brzdový pedál, podobně jako v případě XL meteru. Takto je zaznamenána hodnota ovládací síly, která působí na brzdový pedál. Velikost zpomalení vozidla a ovládací síla jsou registrovány v závislosti na čase. Z pořízeného záznamu lze vyhodnotit největší hodnotu zpomalení vozidla, střední hodnotu zpomalení vozidla a velikost ovládací síly působící na brzdový pedál. [9]

Moderní decelerografy brzdné zpomalení vozidla určují pomocí piezoelektrického snímače, který piezoelektrickým jevem indukuje napětí. Toto napětí vyhodnotí řídicí jednotka a zobrazí na digitálním displeji. Tyto decelerografy jsou schopny vypočítat střední hodnotu brzdného zpomalení. Naměřená data poté uloží v digitální podobě nebo vytisknou

integrovanou tiskárnou. Lze k nim připojit snímač ovládací síly, umístěný na brzdovém pedálu nebo snímač tlaku. Dále jsou vybaveny rozhraním umožňující připojení k PC. [1]

4.4.4 Vlečné kolo

Vlečné kolo je víceúčelové zařízení, sloužící k dynamickým jízdám zkouškám, tedy i k jízdám zkouškám brzd. Vlečné kolo se skládá z lehkého upraveného jízdniho kola o průměru 28'', u kterého se s rostoucí rychlostí nemění dynamický poloměr. Kolo je pomocí kardanova závěsu připevněno nejčastěji k zadnímu nárazníku vozidla, nebo k pomocné konstrukci na vozidle. Na vlečném kole je umístěn elektronický snímač impulsů. Nejčastěji v ose otáčení kola, případně na kardanově závěsu. Rotující část snímače je poháněna pomocí ohebného hřídele. [9]



Obr. č. 34 - Vlečné kolo [32]

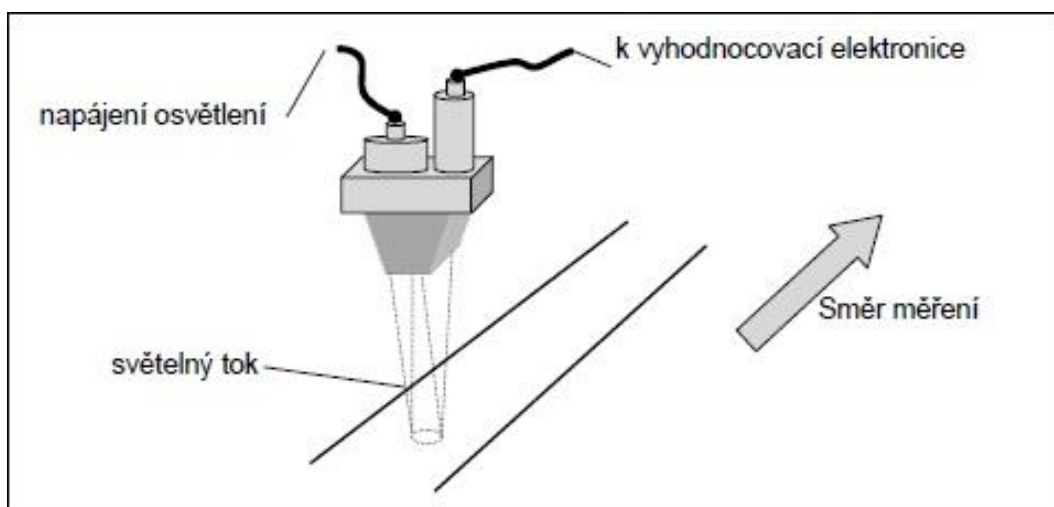
Vlečné kolo může být vybaveno ukazatelem výchozí rychlosti a délkou brzděné dráhy. Registrační zařízení je schopno přímo vyhodnotit elektrické impulsy ze snímače a zobrazit je na číslicovém ukazateli. Poté lze přímo odečíst naměřená data jako skutečnou výchozí rychlost vozidla před brzděním a ujetou dráhu během brzdění. Také je možné přímo odečíst střední hodnotu zpomalení vozidla. Vlečné kolo může být také vybaveno dalším snímačem, který slouží ke snímání skluzu. Umisťuje se ke kolům vozidla. Výsledný záznam zkoušky je možnost převést do elektronické podoby, případně přístroj připojit k PC a data přehrát. [9]

4.4.5 Optický přístroj

Optický přístroj pracuje na optoelektronickém principu. Měří v závislosti na čase i ujetou vzdálenost během brzdění elektronickým snímáním optického odrazu světelných paprsků, které jsou vysílány z jedoucího automobilu kolmo na vozovku. Toto zařízení nahrazuje dříve používané vlečné kolo. Přesnost měření zvyšuje, že jízdní zkouška je měřena bezdotykově a bez prokluzu. [10]

Světelný tok odražený od pohybujícího se objektu, v tomto případě od povrchu vozovky, je promítnut do roviny mřížky. Mřížkou prochází a je soustředěn pomocí sběrné čočky na fotoelektrický snímač. Snímač fotoelektrickým jevem převádí signál na elektrické napětí o nízké frekvenci. Toto napětí je modulováno kmito o frekvenci přímo úměrné rychlosti pohybu měřeného vozidla. Snímač během jízdní zkoušky měří okamžitou rychlost. Brzdná dráha a zpomalení vozidla jsou vypočítány počítačovou jednotkou, kterou je zařízení vybaveno. Změřené a vypočtené hodnoty lze zobrazit na displeji, případně je vytisknout, pokud je zařízení vybaveno integrovanou tiskárnou, nebo data přenést do PC. [10]

K ovládní snímače stačí pouze řidič. Zařízení začíná měřit samočinně, po dosažení nastavené rychlosti a měření automaticky ukončí při dosažení nastavených parametrů určující konec měření. Optoelektronický snímač je umístěn vně vozidla tak, aby světelné paprsky směřovaly kolmo k vozovce. Snímač je připevněn nejčastěji na pravé dveře pomocí velkoplošných přísavek. Také je zařízení zajištěno lanem, upevněným za horní hranu přivřeného okna a brání proti možnému selhání přísavek. [9]



Obr. č. 35 - Optický snímač rychlosti [32]

5 VLIVY NA BRZDĚNÍ VOZIDLA

Před samotným zkoušením vozidel, je třeba si ujasnit fyzikální vlastnosti povrchu vozovky a pneumatik a jejich vzájemný vliv na brzdění vozidel potažmo na velikost součinitele adheze, případně na velikost valivého odporu pneumatik.

Existuje několik parametrů, které mohou zásadně ovlivnit chování vozidla při brzdění. Při jízdách zkouškách bylo nutné, co nejvíce eliminovat tyto rušivé vlivy povrchu vozovky, parametry pneumatik a ostatní vnější vlivy, které by způsobily nepřesnost v naměřených hodnotách. Avšak vždy nebylo možné stoprocentně odfiltrovat všechny rušivé vlivy.

Na toto téma bylo již provedeno a sepsáno několik odborných prací, které se nejdůležitějšími parametry zabíraly. V následující kapitole, tedy budou uvedeny závěry těchto publikovaných prací, rešerše, které nám značně zjednoduší vysvětlení možných příčin a odchylek při brzdění námi měřených vozidel.

5.1 VLIV ROZMĚRŮ PNEUMATIK NA ODPOR VALENÍ

Jedním ze základních vlivů na velikost valivého odporu pneumatiky má rozměr použité pneumatiky. Na toto téma pojednává část diplomové práce s názvem Jízdní odpory, kterou sepsal inženýr Roman Prachař pod odborným vedením inženýra Tomáše Rochla, který působí jako soudní znalec v oboru doprava.

V kapitole 1.1 autor této práce píše o valivém odporu a vlastnostech pneumatiky, které ho ovlivňují. Úkolem pneumatiky je přenášet všechny síly, umožnit pohyb vozidla a dále díky vlastní pružnosti pneumatiky, tvořit součást odpružení vozidla. Pneumatika zajišťuje bezpečnost ve všech režimech jízdy a za různých klimatických podmínek. Pneumatika musí mít též schopnost nést zátěž vozidla a zajistit kontakt s povrchem vozovky. [36]

Při valení kola vznikají ztráty energie projevující se jako odpor proti pohybu kola. Ztráty vznikají vlivem deformace pneumatiky o povrch vozovky. Ve směru valení dochází ke stlačování pneumatiky v přední části stopy. Výslednice elementárních sil ve stopě pneumatiky Z_k je posunuta před svislou osu kola o velikost e vlivem větších měrných tlaků v přední části stopy. Vlivem reakce vozovky vzniká moment $M_{fk} = Z_k * e$ působící proti otáčení kola. [36]

Součinitel valivého odporu závisí zejména na povrchu vozovky, rychlosti odvalujícího se kola a deformaci pneumatiky. Při deformaci pneumatiky dochází ke zvětšení stykové plochy mezi pneumatikou a vozovkou. Zvětšení stykové plochy má na svědomí deformace

pneumatiky, kterou ovlivňuje zejména nahuštění pneumatiky. Nárůst styčné plochy je možný také použitím širšího rozměru pneumatik. Pokud takto zvětšíme styčnou plochu, dochází k posunutí působíště radiální reakce vozovky. Velikost součinitele valení je tedy přímo určena podílem hodnoty odpovídající posunu radiální reakce vozovky a velikosti dynamického poloměru kola. [36]

5.2 VLIV HUŠTĚNÍ PNEUMATIK NA SOUČINITELE ADHEZE

O vlivu nahuštění pneumatik na velikosti součinitele adheze pojednává diplomová práce inženýra Pavla Toufara pod vedením doktora Vladimíra Panáčka. V první části je popsán průběh samotného brzdění. Dále je popsána konstrukce pneumatik a jsou vysvětleny některé vlastnosti pneumatik. [38]

Další část, která je již blíže této diplomové práci, jsou rozebrány jednotlivé typy zkoušek pneumatik. Zkoušky jsou rozděleny na statické, dynamické a silniční. V samotné větvi jsou homologační zkoušky. Dále bylo provedeno vlastní experimentální měření pneumatik, při kterém bylo zkoušeno několik typů pneumatik v různých rozměrech. Každá pneumatika byla testována při různých úrovních nahuštění. Pro testované vozidlo byl předepsán tlak v pneumatikách výrobcem na 220 kPa. Poté byla testována pneumatika podhuštěná na 120 kPa a pneumatika přehuštěná na 320 kPa. Brzdné zkoušky byly provedeny z rychlosti 50 km/h. Brzdné zkoušky byly provedeny na suché i mokré vozovce. [38]

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

Obr. č. 36 - Záznam brzdné zkoušky pneumatik Goodyear [38]

Na přiloženém obrázku č. 36 je patrné, že přehuštěné pneumatiky na suchém povrchu mají nejnižší zpomalení a nejdelší brzdnou dráhu. Pneumatiky nahuštěné dle výrobce mají lepší nástup brzdného účinku. Mají nejkratší brzdnou dráhu, i když nemají nejvyšší zpomalení. Pneumatika na mokřém povrchu se chová odlišně. Nejvyšší zpomalení a nejrychlejší nástup brzdného účinku mají přehuštěné pneumatiky. Přehuštěné pneumatiky mají však pouze vrchol zpomalení, který posléze značně klesá. Podhuštěné pneumatiky na mokřém povrchu mají nejnižší zpomalení. Po nástupu brzdného účinku mírně klesá. Celkový průběh brzdění je značně kmitavý. [38]

Výše zmíněné však platí pro pneumatiky Goodyear. Autor práce dokázal, že u jiných pneumatik je průběh odlišný a výsledky zkoušek při různých úrovních nahuštění pneumatik se mohou lišit. Obecně lze říci, že u pneumatik určené pro letní použití s měkčí směsí, je vhodnější vyšší tlak huštění. [38]

Po srovnání různých pneumatik o různém nahuštění, nejde jednoznačně určit, zda vyšší tlak huštění, či naopak nižší tlak jsou výhodou či ne. Nebo zda mají lepší brzdě vlastnosti, než pneumatika s předepsaným tlakem. Tyto vlastnosti jsou ryze individuální a platí různě pro různé pneumatiky. [38]

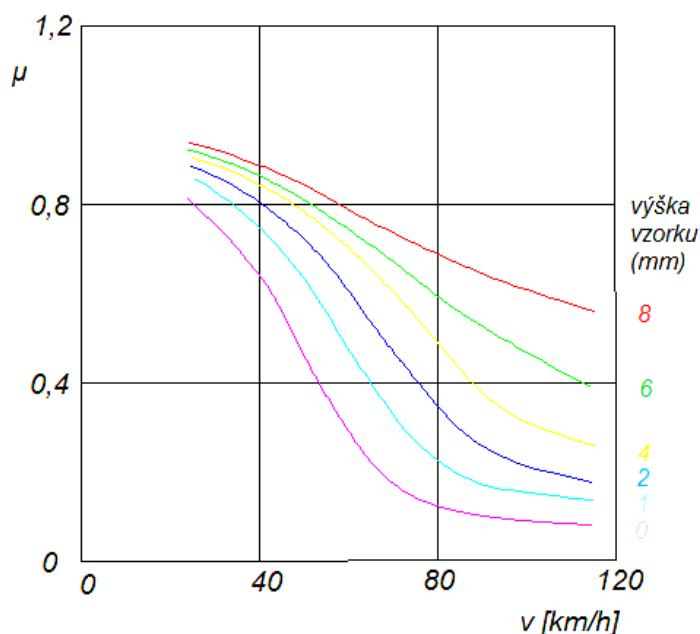
Poslední téma, o kterém se diplomová práce zmiňuje, je subjektivní hodnocení řidiče. Podhuštěné pneumatiky, se negativně projevují v jízdě vlastnostech vozidla. Vozidlo špatně drží zvolenou jízdě stopu, v zatáčkách tzv. plave. Další negativní vlastností je zhoršená zpětná vazba od řízení vozidla řidiče. Dále je nesnadné udržet jízdě stopu při brzdění. [38]

Častěji se stává, že řidič podcení kontrolu tlaku v pneumatikách a v praxi pak má vozidlo podhuštěnou pneumatiky pouze na jedné straně. Všechny jmenované negativní vlivy platí stále, avšak projeví se pouze na jedné straně. Vozidla tak samovolně mění svůj směr. [38]

5.3 VLIV DEZÉNU PNEUMATIKY NA SOUČINITEL ADHEZE

Vliv dezénu pneumatiky zkoumá bakalář Lukáš Opava ve své bakalářské práci Adheze pneumatik a její měření pod vedením doktora Tomáše Mičunka. Autor v práci vysvětluje pojem adheze a rozděluje ji do několika skupin. Adheze mechanická, chemická, disperzní, elektrostatická a difuzní. Dále řeší rozdíl mezi adhezí a třením. [37]

Dále práce obsahuje několik parametrů, které velikost adheze ovlivňují. Vlastnost, která zdatelně ovlivňuje chování pneumatik, je dezén pneumatiky. Různé dezény pneumatik mají různé protismykové vlastnosti na vozovce. Nejdůležitějším vlivem je hloubka a tvar dezénu. Součinitel adheze je ovlivněn zejména výškou vzorku na běhounu pneumatiky. Tento vliv se prokazuje zejména na mokré vozovce, kde dezén s vyšším vzorkem lépe odvádí vodu ze stopy pneumatiky. Na kluzké vozovce je taktěž výhodou dezén nový s vyšším vzorkem, než dezén sjetý. [37]



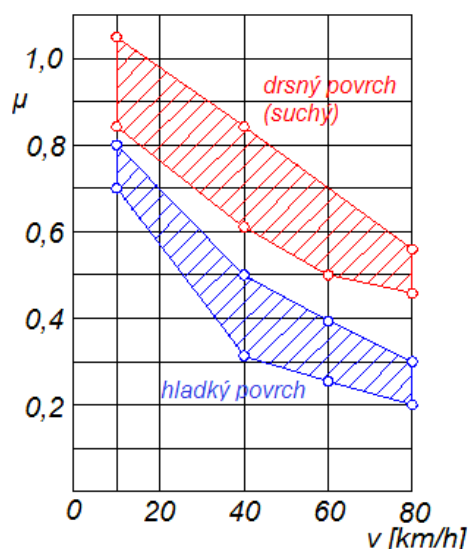
Obr. č. 37- Závislost součinitele adheze na rychlosti a výšce vzorku [37]

Roli také hraje tvar dezénu pneumatiky. Vyšší součinitel adheze v obvodovém směru má dezén pásový lamelový. Tento dezén více zachytává hranami vzorku o výčnělky na povrchu vozovky. Čistý pásový tvar lépe přenáší boční síly. Často se používá u nepoháněných kol traktorů. Pneumatika se šipovým vzorem je vhodná pro současný přenos sil bočních i hnacích. Nevýhodou je vyšší hlučnost dezénu. [37]

Pneumatiky vyrobené z měkčí směsi pryže, mají vyšší součinitel adheze na suché i mokré vozovce. Nevýhodou tohoto dezénu je snížená životnost pneumatiky. Příkladem jsou pneumatiky používané u závodních vozidel. Sjetý dezén pneumatiky také ovlivňuje součinitel adheze. Sjetá pneumatika na suché vozovce má dobrý součinitel adheze. Na mokré vozovce se vlastnosti sjeté pneumatiky radikálně mění. Pneumatika nestíhá dostatečně rychle odvádět vodu ze stopy a může dojít k aquaplaningu. Patrnější to začíná být, pokud hloubka dezénu pneumatiky klesne pod 1,6 mm. [37]

5.4 VNĚJŠÍ VLIVY

Bakalářská práce Adheze pneumatik a její měření dále pojednává o dalších neméně důležitých vlivech na součinitele adheze pneumatik. Důležitým parametrem je vliv rychlosti. Součinitel adheze klesá, pokud rychlost jízdy vzroste nad 80 km/h. Toto musí být uvažováno hlavně při brzdění. Oproti hodnotě součinitele adheze při nízké rychlosti, součinitel při rychlosti 80 km/h poklesne o 50%. [37]

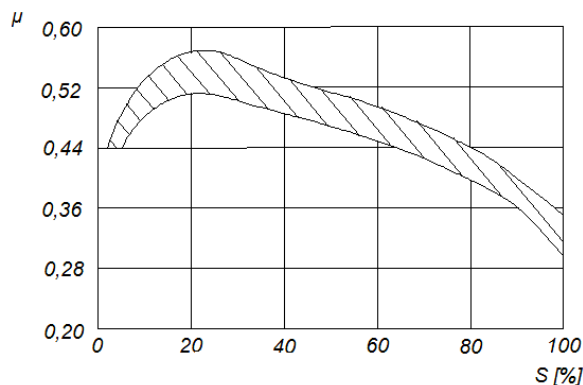


Obr. č. 38 - Závislost součinitele adheze na rychlosti jízdy [25]

Součinitel adheze je nezávislý na absolutní rychlosti pouze na suchém povrchu. Je ovlivněn mírou skluzu po povrchu vozovky. Součinitel adheze na vozovce pokryté sněhem nebo mokré značně klesá při zvyšující se rychlosti z různých počátečních hodnot. [39]

Práce také pojednává o vlivu skluzu kola. Skluz nastává v okamžiku, kdy je obvodová rychlost kola nižší než rychlost dopředná. Součinitel adheze je ovlivněn mírou skluzu mezi

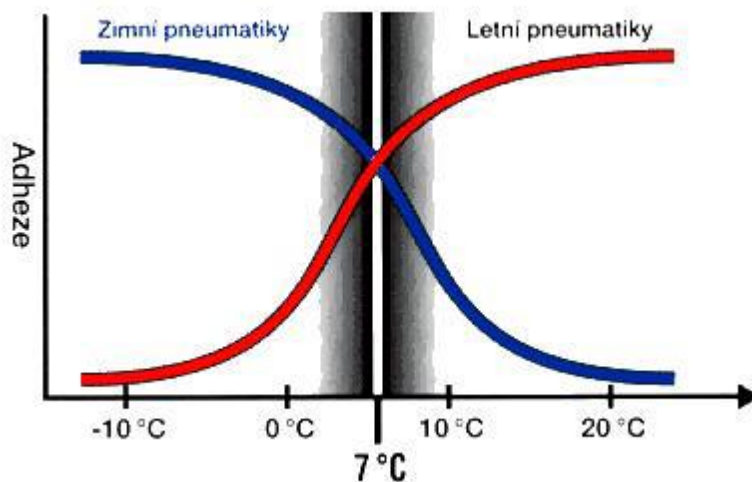
pneumatikou a vozovkou. Nejvyšší adheze pneumatika dociluje, jestliže se odvaluje v podélném směru se skluzem 15 – 30%, což je znázorněno na skluzové charakteristice. [37]



Obr. č. 39 - Vliv brzdného skluzu na součinitel adheze [12]

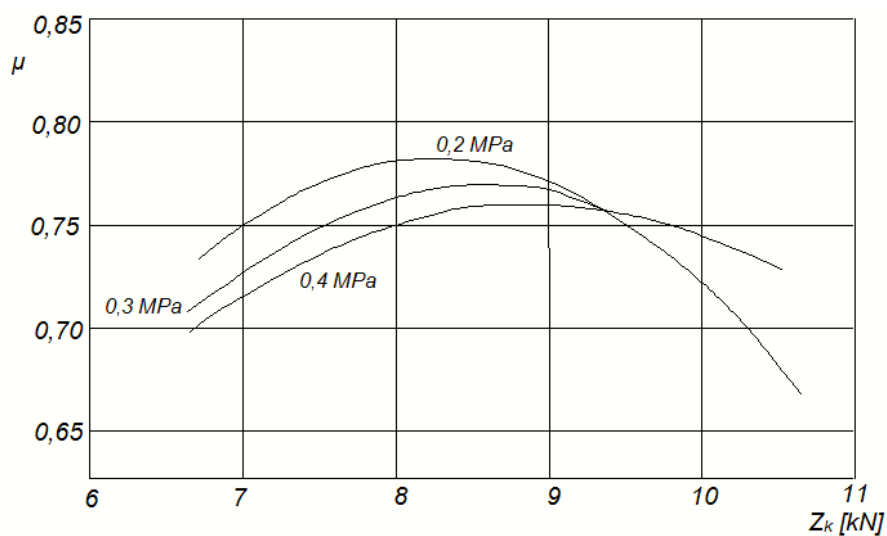
Bakalářská práce Adheze pneumatik a její měření také popisuje vliv teploty na součinitel adheze. Hodnota součinitele adheze nepatrně klesá u mokré vozovky, pokud teplota vozovky stoupá v rozmezí 0 - 20°C. Pokud se teplota vozovky dále zvyšuje, hodnota součinitele adheze už klesá jen minimálně. [37]

Výrazný vliv na hodnotu součinitele adheze má teplota tuhnutí. Vliv na součinitel roste s teplotou, která padá pod bod tuhnutí. Když povrch vozovky pokrývá led s mokrým povrchem, lze předpokládat hodnotu součinitele adheze v rozmezí 0,05 – 0,12. Závislost součinitele adheze na teplotě u letních a zimních pneumatik ukazuje graf na obrázku č. 40. [37]



Obr. č. 40 - Závislost součinitele adheze na teplotě [37]

Poslední vliv na součinitel adheze, který bych chtěl zmínit v bakalářské práci Adheze pneumatik a její měření, je vliv zatížení kola. Součinitel adheze nepodléhá Amonton – Coulombovu zákonu, to znamená, že je nezávislý na přítláčné síle. Zatížení jednotlivých kol přesto ovlivňuje vzájemné působení mezi pneumatikou a vozovkou. Závislost přítláčné síly na součiniteli adheze je kombinována s mírou skluzu kola. Vliv přítláčné síly na velikost hodnoty součinitele adheze tedy není moc značný a je zahrnut v rozpětí možných hodnot součinitele adheze na obrázku č. 41. [37]



Obr. č. 41 - Závislost součinitele adheze na zatížení kola [25]

6 TECHNICKÉ PŘEDPISY BRZD

Brzdová soustava vozidla je pro aktivní bezpečnost vozidel jedním z nejdůležitějších ústrojí. Funkci brzdové soustavy je třeba pravidelně kontrolovat a jejímu stavu věnovat zvláštní pozornost. Zkouší se účinnost brzdové soustavy. Z pohledu bezpečnosti provozu vozidel je vykonáván státní dozor nad technickým stavem, který je kontrolován na pravidelných technických kontrolách vozidel (STK). Funkčnost a účinnost brzdové soustavy příslušných kategorií vozidel nebo nově uváděných vozidel na trh, musí splňovat legislativní požadavky předpisu EHK č. 13 a zároveň musí souhlasit s aktuálním nařízením Rady ES.

Národní legislativa obsahuje právní úpravu schvalování a požadavků technických podmínek kladené na brzdové soustavy v zákoně č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a vyhlášce č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích.

Tato diplomová práce se zabývá brzděním osobních vozidel, proto jsou zde uvedeny pouze technické podmínky osobních vozidel. Důležitým bodem z hlediska legislativy je povolení přestavby a samotná přestavba vozidla. Přestavbou se rozumí použití originálních brzdových komponent ze silnější verze téhož modelu.

6.1 PŘEDPISY O ÚČINNOSTI BRZD

Účinek brzdové soustavy osobních vozidel je předepsán v příloze č. 4 předpisu EHK č. 13. Účinek brzdové soustavy je určen brzdou drahou a středním brzdým zpomalením. Brzdná dráha je vztažena k počáteční rychlosti vozidla. Brzdná dráha je projetá dráha během brzdění, tedy dráha od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdový pedál, až do okamžiku zastavení vozidla. Počáteční rychlost je rychlost v okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdový pedál. Počáteční rychlost nesmí být nižší než 98 % předepsané rychlosti pro příslušnou zkoušku. [22]

Střední plné brzdné zpomalení je dáno:

$$MFDD = d_m = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25,92 \cdot (s_e - s_b)} \quad (3)$$

kde:

v_o - původní rychlost vozidla v km/h,

v_b - rychlost vozidla při 0,8 v_o v km/h,

v_e - rychlost vozidla při 0,1 v_o v km/h,

s_b - dráha, kterou vozidlo ujede mezi v_o a v_b v metrech,

s_e - dráha, kterou vozidlo ujede mezi v_o a v_e v metrech. [22]

6.2 TYPY ZKOUŠEK BRZD

Dle EHK č. 13 jsou zkoušky brzd rozděleny takto:

- Zkouška typu „0“ je základní zkouškou, kterou se zjišťují dále předepsané brzdné účinky, pokud u nich není stanoveno jinak. Na začátku této zkoušky musí být brzdy studené (teplota je považována za studenou, pokud měřená teplota na kotouči nebo na vnějšku brzdového bubnu je nižší než 100 °C). Zkouška je rozdělena do dvou kategorií. U první musí být spojení mezi motorem a koly přerušeno, u druhé zůstává spojení nepřerušeno.
- Zkouška typu „I“ je zkouškou slábnutí brzdného účinku.
- Zkouška typu „II“ je zkouškou chování vozidla při dlouhých klesáních.
- Zkouška typu „II A“ je zkouškou brzdných vlastností při sjíždění dlouhého svahu bez užití provozního, nouzového nebo parkovacího brzdění. [22]

6.2.1 Provozní brzdění

Účinek pro provozní brzdění je stanoven jako největší přípustná brzdná dráha, na které musí vozidlo bezpečně zastavit ze stanovené počáteční rychlosti.

Brzdné účinky musí být alespoň takové, jako jsou uvedeny v tabulce č. 1. [22]

Tab. č. 2 - Předpisy pro provozní brzdění [22]

Kategorie vozidel		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃
Typ zkoušky		0, I	0, I	0, I, II	0, I	0, I	0, I, II
Zkouška typu 0 s odpojeným motorem	v _j	80 km/h	60 km/h	60 km/h	80 km/h	60 km/h	60 km/h
	s ≤	$0,1v + \frac{v^2}{150}$	$0,15v + \frac{v^2}{150}$				
	s _j	50,7 m	36,7 m	36,7 m	61,2 m	36,7 m	36,7 m
	d _m ≥	5,8 m/s ²	5,0 m/s ²				
Zkouška typu 0 se zapojeným motorem	v=0,8v _{max} , ale ≤	160 km/h	100 km/h	90 km/h	120 km/h	100 km/h	90 km/h
	s ≤	$0,1v + \frac{v^2}{130}$	$0,15v + \frac{v^2}{103,5}$				
	s _j	212,9 m	111,6 m	91,8 m	157,1 m	111,6 m	91,8 m
	d _m ≥	5,0 m/s ²	4,0 m/s ²				
F ≤		500 N	700 N				

kde:

v - skutečná počáteční rychlost změřená při zkoušce, která musí být velmi blízká jmenovité počáteční rychlosti [km/h],

v_j - jmenovitá počáteční rychlost při zkoušce [km/h],

s - brzdná dráha [m], při zkoušce se měří přesně počáteční rychlost a jejím dosazením do uvedených vzorců se vypočítá mezní hodnota brzdné dráhy pro každý konkrétní případ,

s_j - jmenovitá brzdná dráha [m], platí jen pro hodnoty jmenovité počáteční rychlosti; u zkoušek se zapojeným motorem je hodnota brzdné dráhy jen pro uvedené nejvyšší počáteční rychlosti a pro daný případ se musí vypočítat u příslušného vzorce,

d_m - střední hodnota plného brzdného zpomalení při běžných otáčkách motoru [m/s²],

F - síla působící na ovládací ústrojí [N],

v_{max} - maximální konstrukční rychlost vozidla [km/h]. [22]

6.2.2 Nouzové brzdění

Orgán, který nouzovou brzdu ovládá, slouží také k jiným funkcím brzdění, i přesto je zkoušen za podmínek zkoušky typu „0“ s odpojeným motorem ze stanovené počáteční rychlosti, musí dávat brzdnou dráhu a střední plné brzdné zpomalení, které nepřesahuje hodnoty uvedené v tabulce č. 2. [22]

Tab. č. 3 - Předpisy pro nouzové brzdění [22]

Kategorie	v_j	$s \leq$	d_m	s_j
M_1	80 km/h	$0,1v + 2 \cdot \frac{v^2}{150}$	2,9 m/s ²	93,3 m
M_2, M_3	60 km/h	$0,1v + 2 \cdot \frac{v^2}{130}$	2,5 m/s ²	64,4 m
N_1	70 km/h	$0,1v + 2 \cdot \frac{v^2}{115}$	2,2 m/s ²	95,7 m
N_2	50 km/h			51,0 m
N_3	40 km/h			33,8 m

6.2.3 Parkovací brzdění

Parkovací brzda musí naložené stojící vozidlo udržet na stoupajícím nebo klesajícím svahu. Hodnoty klesání nebo stoupání svahu, které nesmí být menší než předepsané, jsou uvedeny v tabulce č. 3. [22]

Tab. č. 4 - Předpisy pro parkovací brzdění [22]

Kategorie vozidla	Sklon svahu
L, M, A	18%
soupravy	12%
O odpojená	18%

6.3 PŘESTAVBA VOZIDLA

Na povolení přestavby a samotnou přestavbu dohlíží předpis EHK č. 13, konkrétně část sedmá. Každá změna typu vozidla nebo brzdového zařízení z hlediska jeho charakteristik, musí být oznámena orgánu státní správy, který schválení vozidla uděluje. V ČR takové povolení může udělit

- TÜV SÜD Czech,
- DEKRA CZ a.s.,
- Elektrotechnický zkušební ústav (EZU) v Praze,
- Institut gumárenské technologie a testování (IGTT) ve Zlíně,
- Státní zkušebna strojů a.s. (SZZPLS) v Praze.

Povolení úpravy brzdové soustavy osobních vozidel mohou udělit pouze první dvě jmenované zkušebny. Při přestavbě vozidla nebo jeho konstrukční části musí být dodrženy technické podmínky stanovené v tomto předpisu.

Na povolení přestavby dohlíží také zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, konkrétně §75 a §76. Dále pak vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, konkrétně §31 a §32. Podrobněji bude legislativa rozebrána v následující kapitole.

6.3.1 Právní rámec

Výbava vozidla

Úpravy vozidel lze rozdělit na dva základní druhy. Výbava vozidla a přestavba vozidla. Výbava vozidla se dále dělí na výbavu typově schválenou a výbavu individuálně vyrobenou. Výbavu individuálně vyrobenou lze na vozidlo namontovat bez předchozího schválení, avšak musí splňovat požadavky zákona. Požadavky stanovené zákonem lze prokázat protokolem vystaveným prověřenou zkušebnou. Výbava typově schválena je schvalována ministerstvem dopravy a je nutné, aby byla označena schvalovací značkou. Vybraná výbava podléhá homologaci dle směrnic EU a předpisů EHK. Pro jednotlivé kusy této výbavy je homologace velice náročná až nereálná. Technické požadavky na výbavu typově schválenou a její montáž do vozidel dohlíží zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, v §75 a §76 Výbava a náhradní díly. Výbava vozidel je dále řízena vyhláškou č. 341/2014 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, v §31 Požadavky na konstrukci a stav výbavy a §32 Výbava, jejíž technická způsobilost se schvaluje. Výbava, jejíž technická způsobilost se schvaluje, a požadavky na její konstrukci a stav jsou uvedeny v části A přílohy č. 12 této vyhlášky. [40]

Součástí vyhlášky č. 341/2014 Sb. je tzv. předpisová základna. V této základně jsou obsaženy předpisy, stanovující technické požadavky na konstrukci vozidel v jednotlivých kategoriích. Dle požadavků vyhlášky jsou prováděny zkoušky k posouzení technické způsobilosti výbavy vozidla. Zkoušky provádí prověřené zkušebny ministerstva dopravy. Jedná se o zkušebnu vozidel společnosti DEKRA CZ a.s. Rozhodnutí o schválení technické způsobilosti typu výstroje a součástí vozidel uděluje zkušebna na základě kladného protokolu o zkoušce výbavy vozidla. V rozhodnutí je uvedeno číslo schválení, výrobce, typ výrobku, podmínky udělení a platnost rozhodnutí. Součástí rozhodnutí je také Osvědčení o schválení technické způsobilosti typu výstroje a součástí vozidel. [40]

Schválená výbava musí být opatřena schvalovací nebo homologační značkou. Má tvar čtverce, ve kterém je umístěno ve třech řádcích ATEST – 8 SD – XXXX (udělené číslo rozhodnutí). Poté musí na výbavě být uveden název nebo logo výrobce a typ výrobku. Součástí výbavy musí být návod v češtině. Tyto podmínky jsou u výbav, které mohou ovlivnit funkce a vlastnosti vozidla jako přídatné světlomety, fólie nebo kola z lehkých slitin. [40]

Schválení výbavy do silničního provozu není podmínkou pro montáž na vozidlo. Vyhláška dále hovoří o tom, za jakých podmínek lze výbavu na vozidlo namontovat. Je důležité se tedy před zakoupením výbavy přesvědčit, zda je výbava vhodná pro daný typ vozidla. [40]

Do typově schválené výbavy dle této vyhlášky spadají i brzdy vozidla. Jedná se pouze o komponenty brzdového systému schválené pro konkrétní typ vozidla a komponenty pro náhradní potřebu, která podléhá požadavkům zvláštních předpisů EHK. Jakýkoli jiný zásah do brzdového systému vozidla je zásah také do konstrukce vozidla a podléhá podmínkám přestavby vozidla. [40]

Přestavba vozidla

Přestavbou se rozumí úprava definovaná v §73 zákona č. 56/2001 Sb. takto:

- (1) Přestavbou silničního vozidla je změna nebo úprava podstatných částí mechanismu nebo konstrukce provozovaného silničního vozidla.
- (2) Změna podstatných částí mechanismu nebo konstrukce silničního vozidla je
 - a) Změna druhu pohonu, vestavění jiného typu motoru,
 - b) Změna karoserie, pérování vozidla a kol způsobující změnu povoleného zatížení,
 - c) změna druhu karoserie nebo nástavby, pro které se mění účel a způsob pojetí silničního vozidla,
 - d) změna kategorie vozidla. [42]

Typovou přestavbu schvaluje ministerstvo dopravy a přestavbu individuální schvaluje příslušný úřad s rozšířenou působností. Podmínky pro schválení jsou stanoveny schvalovacím orgánem. Pro přestavbu může být použito pouze vozidlo schválené a registrované v ČR. O přestavbu se nejedná v případě, že změna nebo úprava se netýká více než jedné podstatné části vozidla. Podstatnou částí vozidla je myšlena karoserie, motor nebo podvozek. Pokud dojde k většímu zásahu do konstrukce vozidla, jedná se o výrobu nebo stavbu vozidla. [42]

6.3.2 Právní postup

Výroba (stavba) vozidla

O výrobu nebo stavbu jednotlivého vozidla musí výrobce požádat předem písemně obecní úřad s rozšířenou působností, v jehož obvodu má výrobce sídlo nebo bydliště nebo místo podnikání. Žádost o povolení výroby musí obsahovat:

- (1) obchodní firmu, sídlo a identifikační číslo, je-li žadatel právnickou osobou, nebo jméno, příjmení, obchodní firmu, jde-li o podnikatele, rodné číslo, místo trvalého bydliště, je-li žadatel fyzickou osobou,
- (2) druh a kategorii silničního vozidla,
- (3) účel, pro který má být silniční vozidlo využíváno,
- (4) způsob zajištění záručního a pozáručního servisu. [41]

Po vydání rozhodnutí o povolení výroby tohoto vozidla, je přistaveno na zkušební STK, která vystaví zkušební protokol dokládající splnění technických požadavků vztahující se k příslušné kategorii vozidla a dle účelu, pro který má být vozidlo užíváno. Součástí protokolu je i příloha obsahující protokol o technické prohlídce před schválením technické způsobilosti provedené zkušební stanicí v rámci technické kontroly vozidla. V případě potřeby dalších technických zkoušek, je vozidlo přistaveno na požadovanou zkušebnu, která vystaví technický protokol o provedené zkoušce. [41]

Po doložení požadavků stanovených rozhodnutím o povolení výroby, schvalovací orgán rozhodne o schválení technické způsobilosti jednotlivě vyrobeného silničního vozidla. Není-li doložen některý z uvedených dokladů, schvalovací orgán vydá rozhodnutí o přerušení správního řízení ve věci schválení technické způsobilosti vozidla. Schvalovací orgán rozhodne nejpozději do 60 dnů ode dne doručení písemné žádosti výrobce. [41]

Přestavba vozidla

Přestavbou silničního vozidla se rozumí změna nebo úprava podstatných částí mechanismu nebo konstrukce provozovaného vozidla. O přestavbu vozidla se jedná i v případě této diplomové práce. Pro povolení přestavby musí být vozidlo registrováno v registru silničních vozidel. Přestavbu povoluje příslušný obecní úřad s rozšířenou působností, v jehož obvodu má žadatel sídlo nebo bydliště nebo místo podnikání. [41]

Žádost o povolení přestavby vozidla musí obsahovat:

- (1) obchodní jméno, sídlo a právní formu právnické osoby a její identifikační číslo, pokud bylo přiděleno, je-li žadatelem právnická osoba, nebo jméno a příjmení, pobyt, obchodní jméno, rodné číslo a identifikační číslo fyzické osoby, pokud bylo přiděleno, je-li žadatelem fyzická osoba,
- (2) druh a kategorii silničního vozidla,
- (3) účel, pro který má být vozidlo užíváno.

Žádost musí být doložena těmito doklady:

- (1) podrobným popisem přestavby silničního vozidla,
- (2) návrhem na změnu údajů zapisovaných v technickém průkazu silničního vozidla,
- (3) technickým popisem výkresovou dokumentací systému vozidla, konstrukční části vozidla nebo samotného technického celku vozidla, pokud nebyla schválena jejich technická způsobilost typu,
- (4) technickým protokolem vydaným zkušební stanicí. [41]

Určené vozidlo musí i po přestavbě splňovat technické požadavky, které byly platné v době jeho výroby nebo musí splňovat požadavky pozdějších předpisů uvedené v předpisové základně pro daný typ vozidla. Schvalovací orgán vydá rozhodnutí o povolení přestavby, kde budou uvedeny podmínky, jejíž splnění je nutné pro schválení technické způsobilosti vozidla po provedené individuální přestavbě. Podmínky obsahují:

- (1) Vozidlo bude přestavěno výhradně dle předložené dokumentace schvalovacímu orgánu, která je součástí rozhodnutí a nesmí být již měněna.
- (2) Jsou-li na vozidle umístěny dílčí homologační značky systémů vozidla dle EHK, musí být odstraněny nebo učiněny nečitelnými.

- (3) Před schválením technické způsobilosti přestavěného vozidla, bude provedena technická kontrola vozidla ve zkušební stanici. Z této kontroly bude vystaven technický protokol, který bude předložen schvalovacímu orgánu.
- (4) Přestavěné vozidlo musí splňovat technické požadavky určené pro jeho kategorii i po provedené přestavbě.
- (5) Schvalovací orgán pro ověření, zda je vozidlo technicky způsobilé k provozu na pozemních komunikacích stanoví provedení technické prohlídky vždy, když bude přestavěné vozidlo provozováno na pozemních komunikacích.

Stanice technické kontroly poté na základě výše zmíněných dokladů provede technickou kontrolu přestavěného vozidla a vystaví technický protokol k provedené kontrole. [41]

Pokud žádost o schválení technické způsobilosti není podpořena zmíněnými doklady, schvalovací orgán vydá rozhodnutí o přerušení správního řízení ve věci schválení přestavby jednotlivého vozidla. Obecní úřad obce s rozšířenou působností je povinen rozhodnutí o schválení přestavby vozidla vydat do 60 dní ode dne doručení písemné žádosti žadatele s potřebnými doklady. Pokud úřad s rozšířenou působností rozhodne ve věci schválení přestavby vozidla kladně, obecní úřad zapíše záznam o provedené přestavbě vozidla do registru vozidel, zapíše údaj o technických změnách do technického průkazu vozidla. [41]

Na základě §80 zákona 56/2001 Sb. může ministerstvo dopravy udělit výjimku z technických požadavků v případě jednotlivě přestavěného vozidla dle návrhu uvedeného v technickém protokolu zkušební stanice, po podání žádosti žadatelem. Výjimku je možno udělit pouze za předpokladu, že konstrukce vozidla zajistí bezpečnost a ekologičnost provozu vozidla stejně dobře jako před přestavbou. Výjimku nelze udělit v případech, které se týkají technických požadavků na brzdový systém, vnější hluk, emise škodlivin výfukových plynů a odrušení vozidla od elektromagnetické kompatibility. [41]

V příloze č. 4 této práce, se nachází technický protokol G1 – změna brzdového mechanismu, který uděluje akreditovaná zkušebna, v tomto případě zkušebna společnosti DEKRA CZ a.s. Tento protokol zkušebna vystaví po provedení zkoušky přestavěného vozidla týkající se přestavby brzd. Protokol je poté nutné dopravit schvalovacímu orgánu. V příloze č. 3 této práce, se nachází Osvědčení o schválení technické způsobilosti typu konstrukční části vozidla, které vydává ministerstvo dopravy, pokud přestavba vozidla byla schválena. Na základě tohoto osvědčení schvalovací orgán zapíše přestavbu vozidla do registru vozidel a do technického průkazu vozidla.

7 PROVEDENÍ EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ

7.1 CÍL JÍZDNÍ ZKOUŠKY

Samotné experimentální měření bylo provedeno z důvodu možného porovnání, zda přestavba brzdové soustavy má smysl a přínos například pro zkrácení brzdné dráhy nebo zvýšení dosažitelného zpomalení. Zda cena přestavby brzdového systému vozidla nepřekročí nebo zda nedosahuje výše ceny námi testovaného vozidla.

Cílem bylo zjistit zda, navýšení brzdného výkonu vozidla, jsou pneumatiky schopny využít a přenést pomocí adheze v přímém směru na vozovku.

Pro účely této jízdni zkoušky byla měřena výchozí rychlost vozidla při počátku brzdění, brzdná dráha (dráha ujetá od počátku brzdění do zastavení), doba brzdění a dosažené brzdné zpomalení. Jmenované hodnoty byly měřeny a zaznamenávány pomocí decelerometru XL meter, který mi byl zapůjčen Ústavem soudního inženýrství Vysokého učení technického v Brně.

7.2 POSTUP MĚŘENÍ

Obě vozidla byla dopravena na zkušební dráhu. Více v kapitole 7.5. Měření probíhalo vždy v jednom směru, aby bylo zamezeno rozdílu v úhlu stoupání či klesání dráhy. Na čelní sklo vozidla byl pomocí přísavky umístěn decelerometr. Po zapnutí byl přístroj zkalibrován tak, aby se nacházel přesně ve vodorovné poloze.

Po zkalibrování a nastavení decelerometru, bylo provedeno osm po sobě jdoucích totožných měření s každým vozidlem, pro minimalizování možných výkyvů hodnot při měření.

Každé měření se skládalo z akcelerační rychlosti vozidla na výchozí rychlost. Z bezpečnostních důvodů, kvůli délce zkušební dráhy a potřebného prostoru pro bezpečné zastavení, byla zvolena výchozí rychlost 80 km/h. Je potřeba brát v úvahu, že ne vždy bylo přesně dosaženo této výchozí rychlosti. Z tohoto důvodu se z výsledných dat vypočítává aritmetický průměr. Po dosažení výchozí rychlosti bylo provedeno maximální brzdění vozidla až do zastavení. Po uvedení vozidla do klidu byla zkouška pomocí příslušného tlačítka na decelerometru ukončena. Po vypočtení dat přístrojem, bylo vozidlo dopraveno zpět na stejné místo, v jakém zkouška započala a byla osmkrát opakována.

Po provedení osmi měření, byl decelerometr připojen k PC a naměřená data byla přehrána a uložena do paměti. Následně byl přístroj stejným způsobem namontován do druhého vozidla a zkouška byla naprosto stejně opakována.

7.3 POUŽITÁ MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ

Pro jízdní zkoušku obou vozidel, byl použit decelerometr XL meter, který byl namontován pomocí přísavného zařízení na vnitřní stranu čelního okna vozidla.

XL meter umožňuje uložení maximálně osmi měření a po připojení pomocí USB kabelu k PC přehrání naměřených dat do PC. XL meter je důkladně popsán v kapitole 4.3.2. Tento decelerometr je schopen měřit příčné a podélné zrychlení v kladných i záporných hodnotách a je možné k němu připojit spínač umístěný na brzdovém pedálu. U této zkoušky však nebyl použit.

XL meter je schopen měřit v rozsahu od -14 do $+14$ m/s^2 s frekvencí ukládání hodnot 200 Hz. Po ukončení zkoušky XL meter vypočte brzdou dráhu, střední plné brzdné zpomalení a změří dobu brzdění a výchozí rychlost při začátku brzdění.

Přístroj XL meter je napájen pomocí tří kusů tužkových baterií, umístěných v tělese přístroje.

7.4 POUŽITÁ VOZIDLA

K jízdním zkouškám a měření na brzdové válcové zkušebně, byla použita dvě vozidla Škoda Fabia Combi generace 6Y5. První vozidlo béžové barvy je vybaveno motorem o objemu 1.2 litru HTP s výkonem 47 kW. Jeho provozní hmotnost činí 1 140 kg. Pro účely jízdní zkoušky bylo vozidlo zatíženo dvěma figuranty o hmotnosti 110 kg, aby provozní hmotnost odpovídala druhému vozidlu. Nádrž byla natankována plná, tedy 45 litry paliva. Dále byl ve vozidle přítomen řidič (100 kg).

Vozidlo Škoda Fabia Combi 1.2 HTP je vybaveno standartní brzdovou soustavou. Na přední nápravě vnitřně chlazenými kotoučovými brzdami o rozměru 256x22 mm a jednopístkovým plovoucím třmenem o průměru pístu 48 mm. Na zadní nápravě je vozidlo vybaveno brzdovými bubny s vnitřními čelistmi (typ duo-servo) o průměru 200 mm.



Obr. č. 42 - Vozidlo Škoda Fabia Combi 1.2 HTP [Vlastní zdroj]

Druhé vozidlo bílé barvy Škoda Fabia Combi 6Y5 vybaveno motorem o objemu 1.4 litru TDI se standartním výkonem 59 kW, který byl softwarově navýšen na 80 kW. Provozní hmotnost činí 1 250 kg. Nádrž byla taktéž natankována 45 litry paliva. Vozidlo řídil stejný řidič jako v předchozím případě (100 kg).

Toto vozidlo má nestandardně upravenou brzdovou soustavu. Jedná se o brzdovou soustavu použitou z výkonnějšího typu stejného modelu, konkrétně ze Škody Fabia RS 1.9 TDI 96 kW. Vozidlo je na přední nápravě vybaveno chlazenými kotoučovými brzdami o rozměru 288x25 mm s jednopístkovým plovoucím třmenem o průměru pístu 54 mm. Na zadní nápravě je vybaveno nechlazenými kotoučovými brzdami o rozměru 232x9 mm s jednopístkovým plovoucím třmenem o průměru 41 mm.



Obr. č. 43 - Vozidlo Škoda Fabia Combi 1.4 TDI [Vlastní zdroj]

Obě vozidla jsou vybavena totožným hlavním brzdovým válcem s vrtáním 20,64 mm. Obě vozidla jsou vybavena systémy ABS, MSR a aktivním přerozdělováním brzdného účinku mezi jednotlivá kola podle aktuálního zatížení.

Aby jízdní zkouška nebyla ovlivněna namontovanými koly a pneumatikami na vozidlech, byla provedena vždy dvakrát. Každé vozidlo tedy absolvovalo jízdy s dvěma sadami kol a pneumatik. První jízda byla provedena se sadou originálních litých patnáctipalcových kol, na kterých byly namontovány pneumatiky Hankook Ventus V12 EVO o rozměru 195/50 R15. Při druhé jízdě byla namontována sada šestnáctipalcových litých kol od společnosti BBS s namontovanými pneumatikami Nexen N-fera SU1 o rozměru 205/45 R16. Tímto způsobem byl odstraněn rozdíl v adhezních podmínkách.



Obr.č. 44 - Přezouvání obou vozidel mezi první a druhou jízdni zkouškou [Vlastní zdroj]



Obr.č. 45 - Přezutá vozidla, před druhou jízdni zkouškou [Vlastní zdroj]

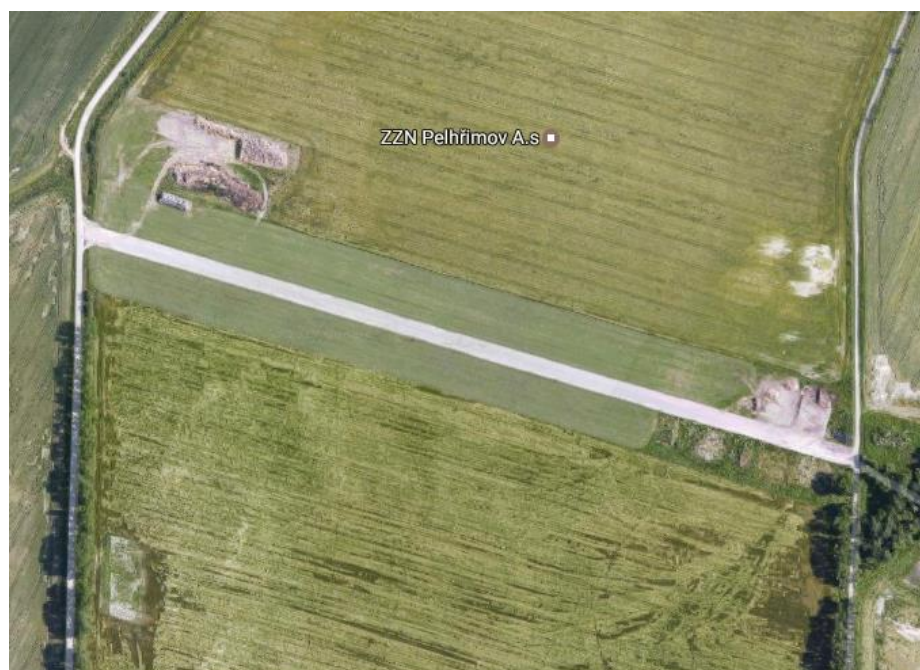


Obr.č. 46 - Porovnání rozměrů předních brzd a použitých kol [Vlastní zdroj]

7.5 MÍSTO MĚŘENÍ

Jízdní zkoušky probíhaly na uzavřeném bývalém vojenském letišti v Dyníně u Českých Budějovic. Letiště je pokryto asfaltovou rovnou plochou bez výrazného stoupání či klesání o délce přibližně 1 200 m. Plocha je pokryta vrstvou velmi hrubozrnného asfaltu. Letiště leží v nadmořské výšce 435 m n. m. [17]

Zkouška probíhala 30. dubna 2017 přibližně od 14 do 16 hodin. Během zkoušky byla teplota vzduchu 13,5 °C, nárazy větru až do 9 km/h. Asfaltová plocha byla suchá a jen mírně zaprášena. Relativní vlhkost vzduchu byla přibližně 75 %. [17]



Obr. č. 47 - Letecký pohled na letiště Dynín [15]

7.6 VLASTNÍ MĚŘENÍ BRZDNÉ DRÁHY

Bylo provedeno osm po sobě následujících brzdných zkoušek obou vozidel. Poté následovalo přezouvání a jízdní zkouška byla opakována.

Naměřená data jízdní zkouškou na vozidle Škoda Fabia Combi 1.2 HTP: V tabulkách č. 5. a 6. jsou přehledně sepsána naměřená data při jízdní zkoušce. Dále byly doplněny hodnoty maximálního dosaženého zpomalení vozidel a_{\max} a vypočten součinitel adheze μ_x .

Tab. č. 5 - Naměřené hodnoty při jízdní zkoušce vozidla Škoda Fabia Combi 1.2 HTP 195/50/15 [Vlastní zdroj]

Vozidlo	Škoda Fabia Combi (6Y5) 1.2 HTP								
pneu	Hankook 195/50 R15								
měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Ø
v_0 [km/h]	79,64	75,70	75,37	75,73	74,20	73,19	73,89	75,56	75,41
MFDD [m/s ²]	8,47	8,57	8,68	8,94	8,68	8,66	8,40	8,61	8,63
a_{\max} [m/s ²]	10,53	10,25	10,44	10,18	10,41	10,63	10,14	10,15	10,34
s [m]	30,33	27,85	27,43	28,71	27,54	26,22	27,59	27,36	27,88
t [s]	2,69	2,58	2,56	2,60	2,56	2,49	2,63	2,55	2,58
g [m/s ²]	9,81								
μ_x [-]	0,86	0,87	0,89	0,91	0,89	0,88	0,86	0,88	0,88

Tab. č. 6 - Naměřené hodnoty při jízdě zkoušce vozidla Škoda Fabia Combi 1.2 HTP
205/45/16 [Vlastní zdroj]

Vozidlo	Škoda Fabia Combi (6Y5) 1.2 HTP								
pneu	Nexen N-fera SU1 205/45 R16								
měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Ø
v_0 [km/h]	81,04	80,47	80,35	80,33	80,97	80,55	80,77	80,85	80,67
MFDD [m/s ²]	8,33	8,69	8,65	8,78	8,63	8,77	8,97	8,54	8,67
a_{\max} [m/s ²]	11,40	11,33	11,13	11,25	11,88	12,08	10,77	12,39	11,53
s [m]	31,69	30,12	30,27	29,38	30,16	30,30	30,33	30,07	30,29
t [s]	2,70	2,64	2,68	2,60	2,63	2,64	2,65	2,63	2,65
g [m/s ²]	9,81								
μ_x [-]	0,85	0,89	0,88	0,90	0,88	0,89	0,91	0,87	0,89

V tabulkách č. 7. a 8. jsou přehledně sepsána naměřená data při jízdě zkoušce vozidla Škoda Fabia Combi 1.4 TDI s upravenou brzdovou soustavou. Stejně jako v předchozím případě došlo k měření vozidla s oběma sadami kol a pneumatik. Také byly doplněny hodnoty maximálního dosaženého zpomalení vozidel a_{\max} a vypočten součinitel adheze μ_x .

Tab. č. 7 - Naměřené hodnoty při jízdě zkoušce vozidla Škoda Fabia Combi 1.4 TDI 195/50/15 [Vlastní zdroj]

Vozidlo	Škoda Fabia Combi (6Y5) 1.4 TDI								
pneu	Hankook 195/50 R15								
měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Ø
v_0 [km/h]	78,86	79,68	81,57	82,11	82,44	83,58	82,43	83,31	81,75
MFDD [m/s ²]	9,08	8,86	8,61	8,99	8,74	8,67	8,63	9,00	8,82
a_{\max} [m/s ²]	10,55	10,77	11,94	10,17	10,62	10,50	10,50	11,04	10,76
s [m]	30,52	30,96	32,07	31,95	32,60	33,96	32,54	32,70	32,16
t [s]	2,67	2,69	2,77	2,77	2,78	2,87	2,81	2,76	2,77
g [m/s ²]	9,81								
μ_x [-]	0,93	0,90	0,88	0,92	0,89	0,88	0,88	0,92	0,90

Tab. č. 8 - Naměřené hodnoty při jízdě zkoušce vozidla Škoda Fabia Combi 1.4 TDI 205/45/16 [Vlastní zdroj]

Vozidlo	Škoda Fabia Combi (6Y5) 1.4 TDI								
pneu	Nexen N-fera SU1 205/45 R16								
měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Ø
v_0 [km/h]	77,47	80,06	80,36	80,09	79,93	80,53	81,03	82,79	80,28
MFDD [m/s ²]	9,24	9,65	9,73	9,28	9,36	9,19	9,30	9,11	9,36
a_{max} [m/s ²]	10,91	10,95	11,23	11,18	10,58	10,41	11,52	11,35	11,02
s [m]	30,61	28,15	28,09	29,11	29,45	29,54	29,45	31,20	29,45
t [s]	2,60	2,46	2,50	2,56	2,58	2,60	2,60	2,71	2,58
g [m/s ²]	9,81								
μ_x [-]	0,94	0,98	0,99	0,95	0,95	0,94	0,95	0,93	0,95

V tabulce č. 9 jsou sepsány průměrné hodnoty ze všech jízdních zkoušek. Jsou seřazeny do sloupců dle vozidla a jeho obutí.

Tab. č. 9 - Souhrn naměřených průměrných hodnot [Vlastní zdroj]

Vozidlo	1.2 HTP		1.4 TDI	
pneu	195/50/15	205/45/16	195/50/15	205/45/16
v_0 [km/h]	75,41	80,67	81,75	80,28
MFDD [m/s ²]	8,63	8,67	8,82	9,36
a_{max} [m/s ²]	10,34	11,53	10,76	11,02
s [m]	27,88	30,29	32,16	29,45
t [s]	2,58	2,65	2,77	2,58
μ_x [-]	0,88	0,89	0,90	0,95

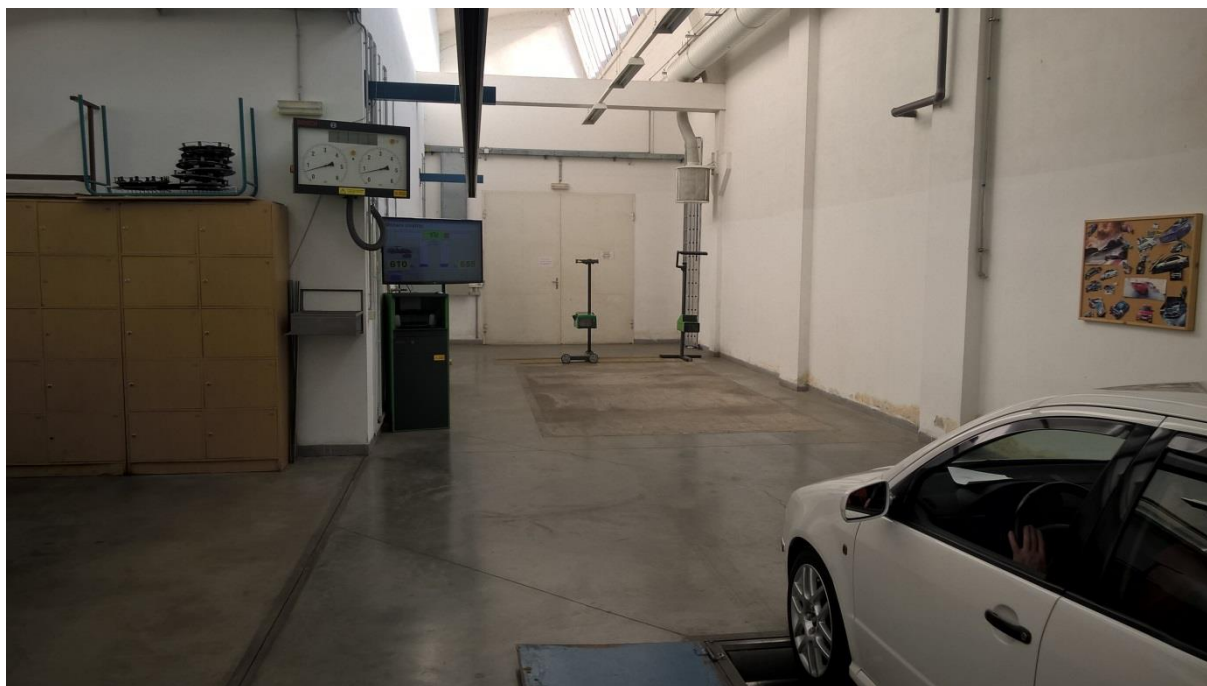
Všechny charakteristiky naměřené při jízdách zkouškách jsou součástí přílohy č. 5 na přiloženém DVD.

7.7 MĚŘENÍ NA ZKUŠEBNĚ

Vozidla byla také změřena na válcové zkušebně. Měření probíhalo obdobně jako měření brzdového systému na pravidelných kontrolách na STK. Měření probíhalo 10. dubna 2017 přibližně od 8 hodin a 30 minut. Měření bylo provedeno na Střední škole automobilní v Brně na jejich zkušebně.

Vozidla byla nejdříve zkontrolována technikem na montážní jámě. Technikem bylo usouzeno, že vozidla jsou v pořádku a bylo přistoupeno k samotné zkoušce brzd. Technik s oběma vozidly najel na brzdový válec nejprve zadní nápravou. V prvním měření byla změřena funkčnost a rozložení brzdných sil parkovací brzdy obou vozidel. Poté technik najel vozidly na brzdový válec přední nápravou. Následně byla změřena ovalita a házivost, poté brzdná síla na obou předních kolech, a nakonec rozdíl brzdných sil předních kol. V dalším kroku technik opět najel zadní nápravou na brzdový válec a stejným způsobem jako u přední nápravy byla změřena i zadní.

Totožným způsobem byla změřena obě vozidla. Následně technik vytiskl protokoly, které jsou součástí příloh č. 1. a 2. a na přiloženém DVD.



Obr. č. 48 - Ukázka měření na válcové zkušebně upraveného vozidla [Vlastní zdroj]

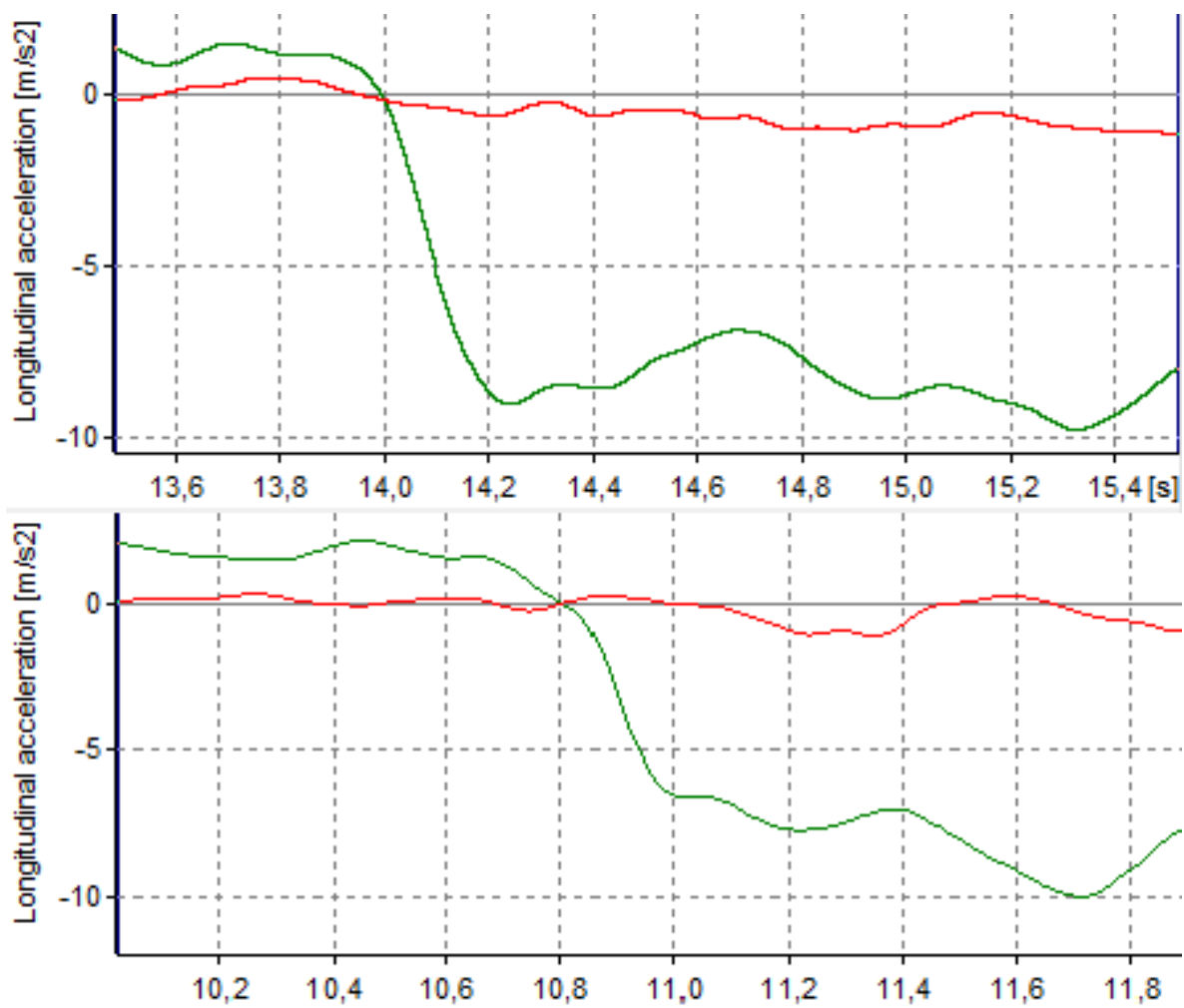
7.8 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Na začátku bych chtěl zmínit fakt, že při prvním měření standartního vozidla nebyla úplně dodržena výchozí rychlost měření. Odhad rychlosti v rozsahu několika jednotek kilometrů za hodinu pomocí palubního analogového tachometru není přesný, zároveň když se řidič soustředí na brzdový manévr. Proto hodnoty ujeté brzdné dráhy a doby brzdění nejsou v prvním měření vypovídající. Na střední průměrné zpomalení, maximální zpomalení a velikost adheze to ale vliv nemá. V první sadě měření se povedla výchozí rychlost správně určit v první jízdě, což je patrné v tabulce č. 5, kde přibližně odpovídá výchozím rychlostem v ostatních měřeních.

Dle naměřených dat je zřejmé, že na velikost středního plného zpomalení má vliv více faktorů. Faktory jako hmotnost vozidel, vzdušný odpor a valivý odpor se povedlo eliminovat, neboť hmotnost vozidel byla totožná. Vozidla byla natankována stejným množstvím pohonných hmot a lehčí vozidlo bylo dovybaveno dodatečnou hmotností 110kg, což byl dle technických parametrů rozdíl hmotností obou vozidel. Vozidla řídil stejný řidič. Vliv teploty byl taktéž eliminován, měření se odehrávalo během dvou hodin. Pneumatiky byly nahuštěny na tlaky předepsané výrobcem vozidel, tedy pneumatiky s rozměrem 195/50/15 na tlak 2,4 baru a pneumatiky 205/45/16 na tlak 2,6 baru. Tímto byl eliminován vliv huštění pneumatik a také vliv hloubky dezénu, neboť obě vozidla byla testována na obou sadách kol a pneumatik. Dále vozidla brzdila na stejném povrchu. Jedinými vlivy, které vstupují do měření, byly tedy rozměry namontovaných pneumatik a rozložení hmotnosti obou vozidel na jednotlivé nápravy.

Standartní vozidlo s namontovanými „užšími“ pneumatikami dosáhlo průměrně středního brzdného zpomalení $8,63 \text{ m/s}^2$. Maximální dosažené zpomalení bylo průměrně $10,34 \text{ m/s}^2$. Brzdná dráha se pohybovala průměrně na hodnotě 27,88 m za 2,58 s, což ale bylo způsobeno nižší výchozí rychlostí. V prvním měření, které mělo správnou výchozí rychlost, vozidlo zastavilo po 30,33 m za 2,69 s. Tyto hodnoty jsou vhodnější pro porovnání.

Vozidlo s upravenou brzdovou soustavou na stejných pneumatikách, tedy „užších“, dosáhlo průměrně středního brzdného zpomalení $8,82 \text{ m/s}^2$. Maximální zpomalení bylo $10,76 \text{ m/s}^2$. Upravené vozidlo zastavilo průměrně na dráze 32,16 m za 2,77 s.



Obr.č. 49 - Rozdíl náběhů brzd standartního a upraveného vozidla [Vlastní zdroj]

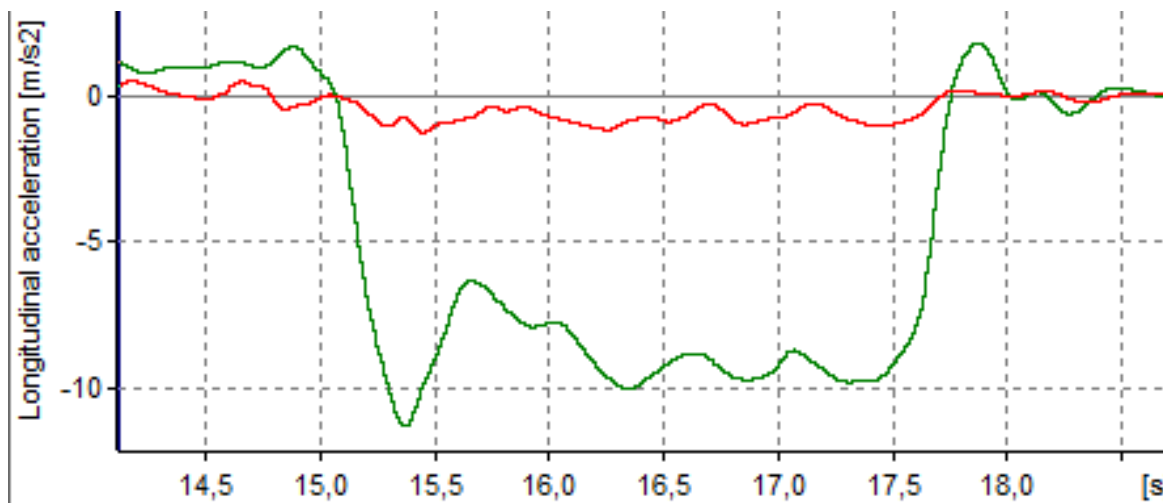
Upravené vozidlo s výkonnější brzdovou soustavou dosáhlo vyššího středního brzdného zpomalení a vyššího maximálního zpomalení, avšak delší brzdné dráhy a doby brzdění. Na obrázku č. 49 jsou přiblíženy charakteristiky brzdného zpomalení, konkrétně z oblasti prodlevy a náběhu brzd. V horní části je graf standartního vozidla a v dolní upraveného vozidla. Rozdíl v brzdné dráze a době brzdění má na svědomí právě náběh brzd. Po náběhu totiž upravené vozidlo už brzdí s vyšším zpomalením než vozidlo standartní. Na grafu je patrný pozvolnější náběh brzd upraveného vozidla. Limitován je pravděpodobně možnostmi systému ABS, který není nastaven pro výkonnější brzdy a snaží se zregulovat brzdnu sílu výkonnějších brzd, tak aby nedošlo ke skluzu. Patrné je to v čase okolo 11 s na spodním grafu obrázku č. 49, kde se nachází pokles brzdného zpomalení. Úprava softwaru v jednotce ABS není možná, neboť Škoda Fabia Combi s motorizací 1.4 TDI, nikdy nebyla vyráběna s kotoučovými brzdami na zadní nápravě a s brzdami s průměrem kotouče 288 mm na přední

nápravě. Kolové brzdové válce mají u upraveného vozidla větší vrtání, tím jsou schopny vyvinout větší brzdnou sílu, která vyvolá větší brzdné zpomalení. Na druhou stranu kvůli většímu vrtání kolového válce, urazí brzdový píst kratší dráhu, neboť hlavní brzdový válec je u obou vozidel stejný, dráha brzdové pedálu taktéž a tlak kapaliny je ve všech místech systému stejný. Vysvětleno je to v kapitole 2.3.4 a na obrázku č. 21. Svou roli v tom také hraje fakt, že čerpadlo podtlakového posilovače brzd potřebuje více času na vyvození dostatečného podtlaku, pro posílení tlaku kapaliny v brzdovém okruhu, který obsahuje objemnější kolové brzdové válce. Tímto je způsoben pomalejší náběh brzdného účinku. I přes to, že výkonnější brzdy upraveného vozidla jsou schopny vyvinout vyšší brzdnou sílu a vyšší zpomalení. Vozidlo je také limitováno namontovanými pneumatikami, přesněji adhezí pneumatik k vozovce. Velikost adheze je vidět v tabulkách č. 5 a 7. Velikost adheze se liší až v řádu tisícin, pohybuje se okolo 0,88.

Druhé měření obou vozidel probíhalo s pneumatikami v rozměru 205/45/16. Výsledky všech osmi měření jsou přehledně znázorněny v tabulkách č. 6 a 8. Z naměřených hodnot, byl stejně jako v předchozím případě vypočten aritmetický průměr, pro jednodušší srovnání výsledků obou vozidel. Standardní vozidlo s „širšími“ pneumatikami dosáhlo průměrně středního plného brzdného zpomalení o velikosti $8,67 \text{ m/s}^2$, průměrného maximálního zpomalení $11,53 \text{ m/s}^2$. Z výchozí rychlosti zastavilo na dráze 30,29 m za čas 2,65 s. Pokud hodnoty srovnáme s předchozím měřením standardního vozidla s namontovanými „úzkými“ pneumatikami, konkrétně s první jízdou, která má relevantní údaje výchozí rychlosti, zjistíme, že širší pneumatiky mají pouze o setinu vyšší hodnotu adheze, přesně 0,89. Naměřené hodnoty jsou velice podobné, jen mírně lepší, právě kvůli vyšší adhezii a vyššímu součiniteli valení širších pneumatik. O závislosti součinitele adheze na zatížení nápravy pojednává bakalářská práce Adheze pneumatik a její měření v kapitole 5.4. O závislosti součinitele valení a valivého odporu na rozměr pneumatik pojednává diplomová práce s názvem Jízdní odpory v kapitole 5.1. Standardní vozidlo dokáže lépe využít přilnavost širších pneumatik, větší valivý odpor pneumatik a zastaví za kratší čas, na kratší dráze s vyšším brzdým zpomalením. Hodnoty se však liší pouze mírně.

Pokud porovnáme standardní vozidlo s širokými pneumatikami a upravené vozidlo s úzkými pneumatikami, tak upravené vozidlo i přes deficit úzkých pneumatik, dosáhlo vyššího středního plného brzdného zpomalení. Rozdíl činil $0,15 \text{ m/s}^2$ ve prospěch výkonnějších brzd. Avšak podobně jako v první sadě měření na kratší brzdné dráze a za kratší

čas, zastavilo standartní vozidlo s širokými pneumatikami. Důvodem je opět pozvolnější náběh výkonnějších brzd upraveného vozidla.



Obr. č. 50 - Charakteristika zpomalení standartního vozidla s širokými pneumatikami (8.jízda) [Vlastní zdroj]

U měření standartního vozidla s širokými pneumatikami, bych chtěl ještě zmínit fakt, že dosáhlo průměrně nejvyšší hodnoty maximálního brzdného zpomalení. Dosáhlo hodnoty $11,53 \text{ m/s}^2$. Nejvyšší naměřené maximální zpomalení bylo dokonce $12,39 \text{ m/s}^2$, konkrétně v osmé jízdě tohoto měření. Takto vysoké zpomalení je způsobeno naklopením karoserie během brzdného manévru v podélné ose (zaboření přední části a nadzdvihnutí zadní části) a přitížení přední nápravy. Vlivem zvýšeného zatížení předních kol, jsou pneumatiky schopny dosáhnout vyšší adheze než 1 a vyššího valivého odporu (vysvětleno v kapitolách 5.1 a 5.4) a v první fázi brzdění dosáhnout takto vysokého zpomalení. Po vyrovnání působících sil na vozidlo, opět klesne zpomalení, což je zřejmé z charakteristiky na obrázku č. 50.

Naposled bylo změřeno upravené vozidlo osazené výkonnějším brzdovým systémem a s namontovanými širokými pneumatikami. Při tomto měření bylo dosaženo nejvyššího středního plného brzdného zpomalení $9,36 \text{ m/s}^2$, vozidlo zastavilo na nejkratší dráze 29,45 m a za nejkratší čas 2,58 s. Hodnota maximálního brzdného zpomalení byla však nižší, než u standartního vozidla s totožnými pneumatikami a to průměrně $11,02 \text{ m/s}^2$. V sedmém měření upravené vozidlo dosáhlo dokonce hodnoty $11,52 \text{ m/s}^2$. Nižší hodnota maximálního zpomalení je zapříčiněna citelně menšími náklony karoserie v podélné ose upraveného vozidla, neboť toto vozidlo je dovybaveno sportovním podvozkem s tlumiči Bilstein B6

a kratšími a tvrdšími pružinami Eibach Pro kit. Takto je zamezeno náklonům karoserie a přední náprava proto není dotížena tak, jako v případě standartního vozidla.

Upravené vozidlo se stejným obutím dosáhlo výrazně vyššího středního plného brzdného zpomalení, než vozidlo standartní (9,36 proti 8,67 m/s², rozdíl 0,69 m/s²). Zastavilo na dráze kratší o 0,84 m v čase kratším o 0,07 s. Tento rozdíl zapříčinila pouze upravená výkonnější brzdová soustava. Výrazný rozdíl je patrný taktéž v porovnání upraveného vozidla s širokými pneumatikami a s úzkými pneumatikami, kde rozdíl zpomalení činí 0,54 m/s², rozdíl v brzdné dráze nezanedbatelných 2,71m a rozdíl v době brzdění 0,19 s. Tento rozdíl mají za následek pouze namontované širší pneumatiky.

U výše popsaného je patrné, že výkonnější brzdová soustava má markantnější vliv na velikost brzdného zpomalení, právě kvůli většímu vrtání kolových brzdových válců, které vyvinou větší brzdnu sílu a větších kotoučů, které se méně zahřívají. Naopak zapříčiňují pozvolnější náběh brzdné síly. Vliv mají také výkonnější brzdy zadní nápravy, i když zadní náprava se na brzdění podílí asi okolo 20 %. Adheze nebo také širší rozměr pneumatik více působí a zkracuje brzdnu dráhu a dobu brzdění. Samozřejmě zlepšuje i hodnotu brzdného zpomalení, ale v nižší míře.

Při zkoušce na brzdových válcích, se nejvíce projevil rozdíl v brzdných silách. Na přední nápravě dosahovalo vozidlo s upravenou brzdovou soustavou průměrně o 127 N vyšší brzdnu sílu než vozidlo se standartní brzdovou soustavou. Na zadní nápravě byl rozdíl markantnější. Upravené vozidlo dosáhlo průměrně o 208 N vyšší brzdné síly. Největší rozdíl byl paradoxně naměřen u parkovací brzdy, který činil průměrně 267 N. Konkrétní hodnoty naměřených brzdných sil, jsou znázorněny v přílohách č. 1 a 2 a přehledně sepsány v tabulce č. 10.

Tab. č. 10 - Naměřené brzdné síly na válcové zkušebně

Vozidlo	1.2 HTP		1.4 TDI	
	Levá	Pravá	Levá	Pravá
Brzdná síla [N]				
Přední	2 518	2 529	2 648	2 653
Zadní	1 562	1 570	1 765	1 784
Parkovací	1 544	1 412	1 735	1 756

V zásadě testování na brzdových válcích potvrdilo to, že výkonnější brzdy dosahují vyšší brzdné síly, což se prokázalo také při jízdách zkouškách. Na jízdy měly vliv také namontované pneumatiky, rozměr pneu způsoboval rozdíl v adhezi a valivém odporu vozidla a zkracoval brzdnou dráhu. Výstupem této práce by tedy bylo tvrzení, že namontování výkonnějších brzd pomůže zvýšit brzdné zpomalení a zkrátit brzdnou dráhu, ovšem markantněji se rozdíl projeví v kombinaci s namontováním větších kol s širšími pneumatikami.

8 ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na analýzu brzdění vozidla s nestandardním zásahem do brzdové soustavy. Tímto zásahem se rozumí záměna kolových brzd z výkonnějšího typu vozidla stejného modelu. V první části této práce je podrobně rozebrána problematika konstrukce a popis funkce různých typů brzdových systémů. Zaměřena je hlavně na kapalinové brzdové soustavy a třecí brzdy osobních vozidel. Také je v této části podrobně probrána problematika pomocných elektronických systému, které napomáhají bezpečnosti silničního provozu a zapojují se nejen během brzdění.

Druhá část je zaměřena na rozdělení typů zkoušení osobních vozidel, zejména rozdělení zkušeben. V této části jsou popsány plošinové a válcové zkušebny brzd. Dále jsou zde popsány druhy jízdních zkoušek. Velká část je věnována měřicím přístrojům, které jsou používány při jízdních zkouškách a přístroj, který byl použit pro měření této diplomové práce.

Třetí část je zaměřena především na popis vlastností, které ovlivňují brzdění vozidla, jako vliv pneumatik, vliv huštění, vliv dezénu a další vnější vlivy jako teplota atd. Tato část obsahuje především rozbor odborných prací, které se zabírají touto problematikou a hlavně výsledky, ke kterým práce dospěly.

Čtvrtá část práce je zaměřena na technické předpisy, zejména předpisy týkající se zkoušení brzdových soustav osobních automobilů. Dále homologačních předpisů pro uvedení vozidel do silničního provozu. V této části jsou také popsány předpisy týkající se povolení přestavby a samotné přestavby brzdové soustavy, především je vysvětlen legislativní rámec získání povolení této přestavby a poté postup získání povolení přestavby. Nakonec postup zapsání do dokumentace vozidla a povolení k provozu upraveného vozidla.

Pátá část je zaměřena na popis provedení experimentálního měření. Je vysvětlen cíl jízdních zkoušek a postup měření. V této části jsou také popsána obě vozidla použitá při měření, zejména rozdíl mezi standardní a upravenou brzdovou soustavou. Jsou přiblíženy podmínky měření a místo, na kterém probíhalo měření. Hlavním obsahem této části je provedení experimentálního měření. Je zde uveden popis měření vozidel na válcové zkušebně s podrobnými výsledky měření. Zaměřena je také na popis jízdních zkoušek a na výčet naměřených dat. Dále je zde uvedeno vyhodnocení jednotlivých hodnot a rozdíly naměřených dat mezi standardním vozidlem a vozidlem upraveným.

V této práci bylo zjištěno, že taková přestavba brzdové soustavy je legislativně možná. Orgán státní správy, může povolit tuto přestavbu, za podmínek stanovených předpisem EHK č.13, uvedené v části sedm tohoto předpisu, dále zákonem č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích (§75 a §76) a vyhláškou č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích (§31 a §32). Povolení přestavby představuje podání žádosti o povolení přestavby. Žádost musí být doložena technickým protokolem od zkušební stanice, proto je povinnost dostavit se na akreditovanou zkušebnu, která vozidlo důkladně prověří a otestuje. Pokud vozidlo splní podmínky předpisu, Orgán vydá rozhodnutí o povolení přestavby a úprava bude zapsána do dokumentace vozidla.

Bylo dokázáno, že úprava brzdové soustavy, má kladný vliv na velikost brzdného zpomalení a na zkrácení brzdné dráhy. Všechny hodnoty jsou sepsány v tabulkách č. 5 – 9 v kapitole 7.6. Upravené vozidlo na pneumatikách 195/50/15 dosáhlo středního plného brzdného zpomalení $8,82 \text{ m/s}^2$ a standartní vozidlo na totožných pneumatikách dosáhlo pouze $8,63 \text{ m/s}^2$. Obdobné výsledky vozidla dosáhla i v případě maximálního zpomalení. Upravené vozidlo $10,76 \text{ m/s}^2$ a standartní vozidlo $10,34 \text{ m/s}^2$. Brzdná dráha a doba brzdění však byla horší z důvodů pomalejšího náběhu brzdného tlaku, který je podrobně popsán v kapitole 7.8. Konkrétní hodnoty jsou v případě upraveného vozidla $32,16 \text{ m}$ a v případě standartního vozidla $27,88 \text{ m}$ (vozidlo brzdilo z rychlosti o 5 km/h nižší, tedy 75 km/h). Doba brzdění byla u upraveného vozidla $2,77 \text{ s}$ a u standartního vozidla $2,58 \text{ s}$. Ve druhé sadě měření byla na vozidlech namontována šestnácti palcová kola s pneumatikami 205/45/16. Bylo dokázáno, že upravené vozidlo s výkonnější brzdovou soustavou lépe využije zvýšenou adhezi širších pneumatik a naměřené rozdíly byly lepší. Upravené vozidlo na širších pneumatikách dosáhlo středního plného brzdného zpomalení $9,36 \text{ m/s}^2$ a standartní vozidlo na totožných pneumatikách $8,67 \text{ m/s}^2$. V případě maximálního brzdného zpomalení dosáhlo vyšší hodnoty vozidlo standartní $11,53 \text{ m/s}^2$ proti vozidlu upravenému $11,02 \text{ m/s}^2$. Důvod je ve větším náklonu karoserie a přetížení přední nápravy standartního vozidla. Problematika je podrobně popsána v kapitole 7.8. Brzdná dráha byla kratší u upraveného vozidla, tedy $29,45 \text{ m}$, oproti vozidlu standartnímu, které dosáhlo dráhy $30,29 \text{ m}$. Kratší doba brzdění i přes slabší náběh výkonnějších brzd byla naměřena vozidlu upravenému, konkrétně $2,58 \text{ s}$, proti $2,65 \text{ s}$ standartního vozidla.

Rozdíl mezi standartní a upravenou brzdovou soustavou se také prokázal při měření na válcové zkušebně, kde je eliminován vliv adheze. Vozidlo s upravenou brzdovou soustavou zde bylo schopno vyvinout brzdnu sílu na přední nápravě průměrně o 127 N vyšší než vozidlo standartní. Na zadní nápravě byl rozdíl 208 N ve prospěch upraveného vozidla. Na válcové zkušebně byla změřena brzdná síla parkovací brzdy, která byla v případě upraveného vozidla o 267 N vyšší.

Bylo zjištěno, že výkonnější brzdy mají vliv hlavně na velikost brzdného zpomalení. Výkonnější brzdová soustava obsahuje na přední nápravě brzdové válce s větším vrtáním, které jsou schopny vyvinout vyšší brzdnu sílu. Nevýhodou je však pomalejší náběh brzdné síly, který záporně ovlivňuje brzdnou dráhu a dobu brzdění. Rozměr použitých pneumatik při obou sadách měření ovlivňuje hlavně součinitel adheze a součinitel odporu valení. Výkonnější brzdy mají dostatek brzdné síly, aby dokázaly lépe využít adhezi širších pneumatik a rozdíl naměřených hodnot obou vozidel byl markantnější, než u vozidel s užšími pneumatikami. Za ideálních podmínek bych doporučil úpravu brzdového systému spojit i s montáží větších kol se širšími pneumatikami, nebo montáž kvalitnějších pneumatik s vyšší přilnavostí, neboť s touto kombinací úprav vozidlo dosáhne kratší brzdné dráhy, zastaví v kratším čase a dosáhne výrazně vyššího zpomalení.

Při samotném měření bylo dokázáno, že vozidlo s upravenou brzdovou soustavou je ve všech měřených parametrech stejné nebo lepší než vozidlo se standartní brzdovou soustavou. Standartní vozidlo bylo takto homologováno a splňuje podmínky pro provoz na pozemních komunikacích. Proto lze usoudit, že upravené vozidlo dosahující obdobných případně lepších parametrů, by těmito homologačními zkouškami také prošlo.

Důležitou charakteristikou této problematiky je také cena provedené úpravy vozidla. V závislosti na výši amortizace vozidla nepřipadá v úvahu nákup nových brzdových komponent. Jejich cena by mohla překročit hodnotu samotného vozidla a výsledná úprava by nebyla ekonomická. Aplikace použitých dílů je ekonomičtější, ale servisně náročná, neboť je třeba brzdové komponenty repasovat a postarat se o jejich správnou funkčnost. Další položkou jsou servisní práce potřebné při přestavbě brzdové soustavy. Poslední položkou je cena povolení přestavby, homologačních zkoušek a zápisu provedené úpravy do dokumentace vozidla. Tyto aspekty musí každý úpravce zvážit a rozhodnout se, zda má provedená úprava brzdové soustavy ekonomický smysl. Funkčnost úpravy byla prokázána při experimentálním měření, obsažené v této práci

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] JAN, Z., B. ŽDÁNSKÝ aj. ČUPERA. *Automobily*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2009. ISBN 978-80-87143-11-7.
- [2] Brzdové destičky Ferodo Thermo Quiet. *FATE Praha, s.r.o.* [online]. Praha, 2006 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: www.fate.cz/ferodo-thermo-quiet.asp
- [3] VLK, F. *Brzdové systémy motocyklů*. Dot. 1. vyd. Brno: CERM, 1999, s. 254-267. ISBN 80-7204-133-9.
- [4] BRŮNA, T. *Brzdový systém formule SAE*. Brno, 2009. Diplomová práce. VUT, FSI. Vedoucí práce Blažák, O.
- [5] *Brzdy* [online]. Brno [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: files.strojarna.webnode.cz/200000017-4dbca4eb70/brzdy.pdf
- [6] BLAŽÁK, O. *Brzdy* [online]. Brno [cit. 2017-05-18]. Prezentace. VUT FSI.
- [7] Bugatti Veyron rear retractable spoiler. *Autogratis.sk* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.autogratis.sk/files/articles/2005_2015_Bugatti_Veyron_rear_retractable_spoiler_in-article_AUTOGRATIS.jpg
- [8] DANĚK, R. Bugatti Veyron: zrození d'ábla se blíží. *Autorevue* [online]. Praha, 2005 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.autorevue.cz/bugatti-veyron-zrozeni-dabla-se-blizi_1
- [9] VÉMOLA, A. *Diagnostika automobilů*. Brno: Littera, 2006. ISBN 80-857-6331-1.
- [10] VLK, F. *Diagnostika motorových vozidel: [diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]*. Brno: F. Vlk, 2006. ISBN 80-239-7064-X.
- [11] STODOLA, J. *Diagnostika motorových vozidel - sylabus k přednáškám*. Brno, 2003.

- [12] VLK, F. *Dynamika motorových vozidel*- 2. vyd. Brno: F. Vlk, 2003. ISBN 80-239-0024-2.
- [13] HAVEL, T. *Elektromagnetická vozidlová brzda*. Praha, 2010. Bakalářská práce. ČVUT, FEKT. Vedoucí práce Kocourek, P.
- [14] HALLIDAY, D., R. RESNICK aj. WALKER, DUB, P., ed. *Fyzika*. 2., přeprac. vyd. Brno: VUTIUM, c2013. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-4123-1.
- [15] Google maps. *Google* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/place/Leti%C5%A1t%C4%9B+%C4%8Cesk%C3%A9+Bud%C4%9Bjovice/@49.1287132,14.6310532,698m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47735aa7de93a173:0xba77efad2eb2916e!8m2!3d48.950604!4d14.4441083>
- [16] HOLÝ, P. *Hydraulické brzdy*. *Informační web* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://saopovrch.wordpress.com/servis-a-opravy/hydraulicke-brzdy>
- [17] In-počasí. *In-poasi.cz* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.in-pocasi.cz/archiv/archiv.php?historie=30-04-2017&stanice_kraj=1&klima_kraj=1
- [18] Plošinové zkušebny brzd. *Heka.cz* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: www.heka.cz
- [19] Podvozek. *Auta5p.eu* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://auta5p.eu/informace/podvozek/podvoz_21.gif
- [20] VÉMOLA, A. a M. SEIDL. *Podvozky*. Brno. Prezentace. VUT, ÚSI.
- [21] VLK, F. *Podvozky motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-239-0026-9.
- [22] *Předpis EHK č. 13 - Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorií M, N a O z hlediska brzdění*. In: - EHK 13.
- [23] ZANTEN, A. *Regulace jízdní dynamiky ESP*. Praha: Robert Bosch, 2001. *Jízdní bezpečnost motorových vozidel*. ISBN 80-902-5858-1.

- [24] BRADÁČ, A. *Soudní inženýrství*. Dot. 1. vyd. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-720-4133-9.
- [25] VALA, M. a M. TESAŘ. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-719-4503-X.
- [26] VÉMOLA, A. a M. SEIDL. *Užitkové automobily*. Brno. Presentace. VUT, ÚSI.
- [27] MOTL, J. *Vliv okamžité hmotnosti vozidel na jejich brzdovou dráhu*. Brno, 2010. Diplomová práce. VUT, ÚSI. Vedoucí práce Vémola, A.
- [28] *Výkonové vlastnosti, hospodárnost* [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/skripta/vlab/vozidla/ka01-02.htm>. VUT, FSI.
- [29] Významné projekty. *Maha.cz* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.maha-cz.cz/cz/reference/vyznamne-projekty/man-rousinov/>
- [30] Zadní brzdy Lamborghini. *Pixabay* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/lamborghini-kolo-auto-brzdy-rychle-650274/>
- [31] VLK, F. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno: Vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0.
- [32] VÉMOLA, A. a J. MOTL. *Zkoušení brzd*. Brno. Presentace. VUT, ÚSI.
- [33] PANÁČEK, V. *Zkoušení vozidel*. Brno, 2012. ISBN 978-80-214-4569-7.
- [34] VOJTA, F. *Zpomalovací brzdové systémy motorových vozidel*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Mendelova univerzita, Agronomická fakulta. Vedoucí práce Bauer, F.
- [35] VÉMOLA, A. a J. KOVAŘÍK *Teorie vozidel- sylabus k přednáškám*. Brno. VUT, ÚSI.
- [36] PRACHAŘ, R. *Jízdní odpory vozidel*. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Tomáš Rochla.
- [37] VOPAVA, L. *Adheze pneumatik a její měření*. Praha, 2013. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Ing. Tomáš Mičunek, Ph. D.

- [38] TOUFAR, P. *Vliv parametrů a vlastností pneumatik na jízdní dynamiku vozidel*. Brno, 2011. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Vladimír Panáček.
- [39] Šachl (st.), J., Šachl (ml.), J., *Adheze pneumatik v analýze silničních nehod*, Praha, ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav soudního znalectví v dopravě, 2008
- [40] Typově schvalovaná výbava vozidla. *Dekra.cz* [online]. [cit. 2017-09-11]. Dostupné z: <https://dekra-automobil.cz/vnitrek/stranky/seznam-tech-listu/dokumenty/typove-schvalovana-vybava.pdf>
- [41] Legislativní postupy pro schválení. *Dekra.cz* [online]. [cit. 2017-09-11]. Dostupné z: <https://dekra-automobil.cz/vnitrek/stranky/seznam-tech-listu/dokumenty/prehled-legislativy.pdf>
- [42] Legislativní rámec. *Dekra.cz* [online]. [cit. 2017-09-11]. Dostupné z: <https://dekra-automobil.cz/vnitrek/stranky/seznam-tech-listu/dokumenty/upravy-nad-ramec.pdf>

10 SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA Č. 1 - Protokol ze zkušebny vozidla Fabia 1.2 HTP

PŘÍLOHA Č. 2 - Protokol ze zkušebny vozidla Fabia 1.4 TDI

PŘÍLOHA Č. 3 - Osvědčení o schválení technické způsobilosti typu konstrukční části vozidla

PŘÍLOHA Č. 4 – Technický protokol G1 – změna brzdového mechanismu

PŘÍLOHA Č. 5 - Naměřené charakteristiky při jízdách zkouškách na DVD

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 - Nestabilní stav [12]	11
Obr. č. 2 - Stabilní stav [12]	12
Obr. č. 3 - Elektromagnetická vířivá brzda – červeně označený pólový kotouč, žlutě budící vynutí, modře chladící komory [28]	13
Obr. č. 4 - Hydrodynamický retardér Voith, 1-stator, 2-hnací hřídel, 3-připojení hnacího hřídele, 4-rotor, 5-tepelný výměník, 6-odtok oleje, 7-olejová nádrž [12]	15
Obr. č. 5 - Výsuvná aerodynamická brzda vozu Bugatti Veyron 16.4 [7]	17
Obr. č. 6 - Špalíková loukoťová brzda [5]	18
Obr. č. 7 - Výtahová bubnová brzda s vnějšími čelistmi [5]	19
Obr. č. 8 - Schéma bubnové brzdy s vnitřními čelistmi [5]	20
Obr. č. 9 - Typy uchycení čelistí – a) otočné, b) volně plovoucí, c) volně nakotvené [6]	20
Obr. č. 10 - Typy bubnových brzd [20]	21
Obr. č. 11 - Pásová brzda [19]	22
Obr. č. 12 - Zjednodušené schéma kotoučové brzdy [3]	23
Obr. č. 13 - Zadní brzdy Lamborghini Galardo se samostatným brzdovým třmenem parkovací brzdy [30]	24
Obr. č. 14 - Kotoučová brzda s pevným třmenem [21]	25
Obr. č. 15 - Kotoučová brzda s volným, plovoucím třmenem [21]	25
Obr. č. 16 - Kotoučová brzda s výkyvným třmenem [4]	26
Obr. č. 17 - Typy brzdových kotoučů – a) plochý kotouč, b) hrncovité kotouče, c) kotouč s vnitřním chlazením [6]	27
Obr. č. 18 - Brzdová destička – 1) Materiál snižující hlučnost, 2) Vrstva minimalizující prostup tepla, 3) Třecí plocha destičky [2]	28
Obr. č. 19 - Zjednodušené schéma dvouokruhové vzduchotlaké soustavy [27]	29
Obr. č. 20 - Schéma dvouokruhové dvouhadicové brzdové soustavy [26]	31
Obr. č. 21 - Princip přenosu energie u kapalinových brzd [16]	32
Obr. č. 22 - Schéma dvouokruhové kapalinové brzdové soustavy typu K [20]	33
Obr. č. 23 - Regulační obvod ABS [21]	35
Obr. č. 24 - Křivka přilnavosti [21]	36
Obr. č. 25 - Elektronické řízení výkonu motoru ASR [1]	37

Obr. č. 26 - Zásah ESP: vlevo: 1 - s ESP, 2 - bez ESP, 3 - brzdná síla, 4 - vyrovnání nedotáčivosti; vpravo: 1 - bez ESP, 2 - s ESP, 3 - brzdná síla, 4 - vyrovnání přetáčivosti [21].....	38
Obr. č. 27 - Regulační soustava ESP (Bosch): 1 - snímač stáčivé rychlosti bočního zrychlení, 2 - snímač úhlu natočení volantu, 3 - snímač neregulovaného brzdného tlaku, 4 - snímač otáček, 5 - řídicí jednotka ESP, 6 - hydraulická jednotka, 7 - brzdy, 8 - řídicí jednotka motoru, 9 – úhel zážehu, 10 – vstřikování paliva, 11 – škrtecí klapka [21].....	39
Obr. č. 28 - Průběh Losiho testu dle normy VDA [23].....	40
Obr. č. 29 – Plošinová zkušebna HEKA [18]	43
Obr. č. 30 - Válcová zkušebna brzd [29]	44
Obr. č. 31 - Schéma elektrického způsobu měření na pomaluběžné válcové zkušebně [32] ..	45
Obr. č. 32 - XL meter po kalibraci, šipky vyznačují směry kalibrace podélného a příčného zpomalení [33]	50
Obr. č. 33 - Ukázka grafického znázornění brzdě zkoušky vozidla Škoda Fabia Combi 1.4 TDI [Vlastní zdroj].....	51
Obr. č. 34 - Vlečné kolo [32]	52
Obr. č. 35 - Optický snímač rychlosti [32]	53
Obr. č. 36 - Záznam brzdě zkoušky pneumatik Goodyear [38].....	55
Obr. č. 37- Závislost součinitele adheze na rychlosti a výšce vzorku [37].....	57
Obr. č. 38 - Závislost součinitele adheze na rychlosti jízdy [25].....	58
Obr. č. 39 - Vliv brzdě skluzu na součinitel adheze [12].....	59
Obr. č. 40 - Závislost součinitele adheze na teplotě [37].....	59
Obr. č. 41 - Závislost součinitele adheze na zatížení kola [25]	60
Obr. č. 42 - Vozidlo Škoda Fabia Combi 1.2 HTP [Vlastní zdroj].....	74
Obr. č. 43 - Vozidlo Škoda Fabia Combi 1.4 TDI [Vlastní zdroj].....	75
Obr.č. 44 - Přezouvání obou vozidel mezi první a druhou jízdní zkouškou [Vlastní zdroj] .	76
Obr.č. 45 - Přezutá vozidla, před druhou jízdní zkouškou [Vlastní zdroj]	76
Obr.č. 46 - Porovnání rozměrů předních brzd a použitých kol [Vlastní zdroj]	77
Obr. č. 47 - Letecký pohled na letiště Dynín [15].....	77
Obr. č. 48 - Ukázka měření na válcové zkušebně upraveného vozidla [Vlastní zdroj].....	82
Obr.č. 49 - Rozdíl náběhů brzd standartního a upraveného vozidla [Vlastní zdroj].....	84
Obr. č. 50 - Charakteristika zpomalení standartního vozidla s širokými pneumatikami (8.jízda) [Vlastní zdroj]	86

12 SEZNAM TABULEK

Tab.č. 1 - Součinitel adheze pro různé povrchy [24].....	42
Tab .č. 2 - Předpisy pro provozní brzdění [22].....	64
Tab. č. 3 - Předpisy pro nouzové brzdění [22]	65
Tab. č. 4 - Předpisy pro parkovací brzdění [22]	65
Tab. č. 5 - Naměřené hodnoty při jízdě zkoušce vozidla Škoda Fabia Combi 1.2 HTP 195/50/15[Vlastní zdroj]	78
Tab. č. 6 - Naměřené hodnoty při jízdě zkoušce vozidla Škoda Fabia Combi 1.2 HTP 205/45/16[Vlastní zdroj]	79
Tab.č. 7 - Naměřené hodnoty při jízdě zkoušce vozidla Škoda Fabia Combi 1.4 TDI 195/50/15[Vlastní zdroj]	80
Tab.č. 8 - Naměřené hodnoty při jízdě zkoušce vozidla Škoda Fabia Combi 1.4 TDI 205/45/16[Vlastní zdroj]	81
Tab.č. 9 - Souhrn naměřených průměrných hodnot [Vlastní zdroj].....	81
Tab.č. 10 - Naměřené brzdné síly na válcové zkušební.....	88

PŘÍLOHA Č. 1 - Protokol ze zkušebny vozidla Fabia 1.2 HTP

BOSCH

SDL260
V 3.78

10.04.2017 08:29:14

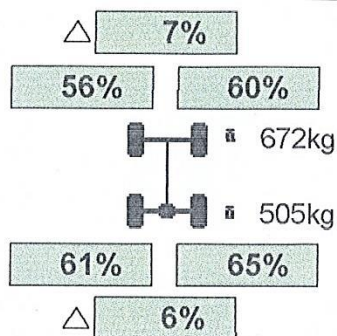
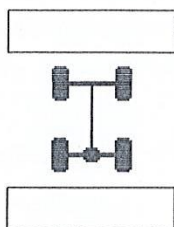
Zákazník

Servisní místo

SPZ 6C1 4557
Stav kilometrů

Celk.dovol.hmot. ----

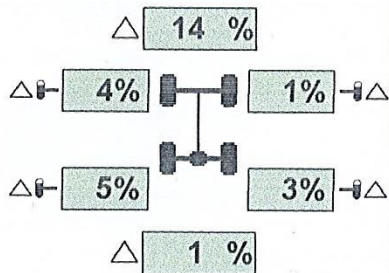
Zkuš. technik
Číslo zakázky



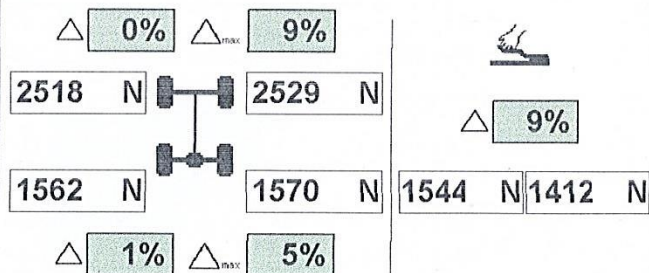
Směrová odchylka:
Neprovedeno

Zavěšení kol:
V pořádku

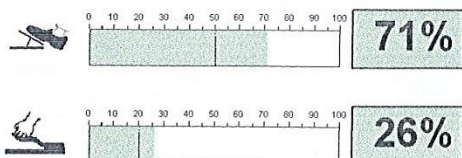
Pasiv.brzdná síla/ovalita



Brzdné síly



Zbrzdění

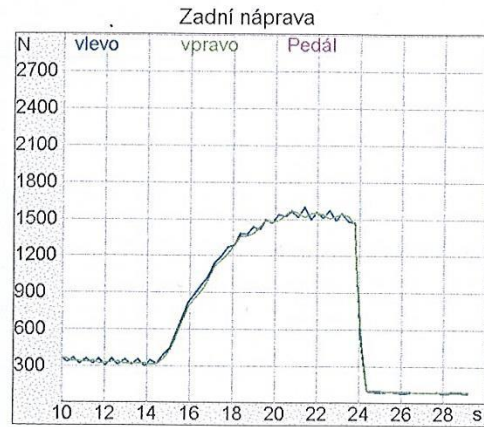
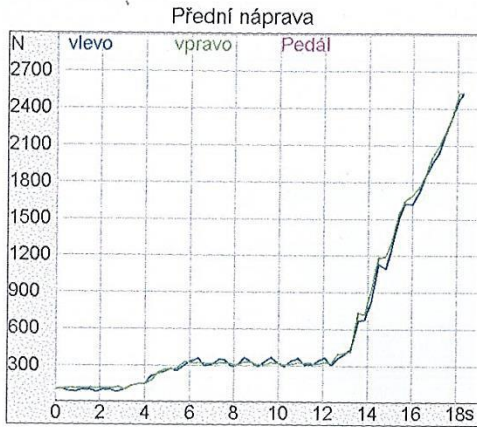


Brzdy:
V pořádku

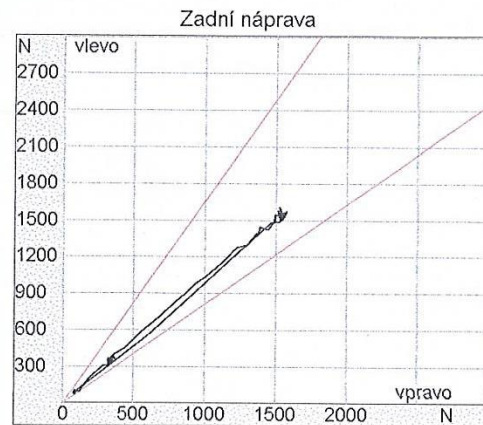
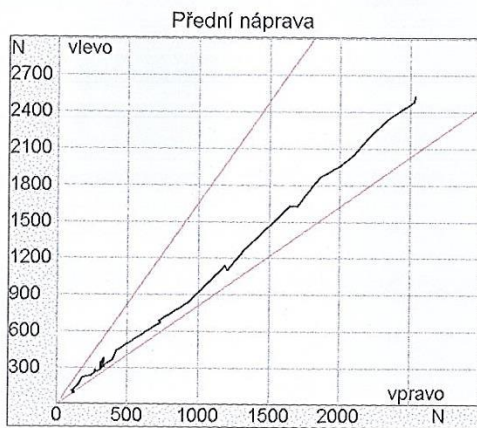
POZNÁMKY

Protokol brzdná síla/čas

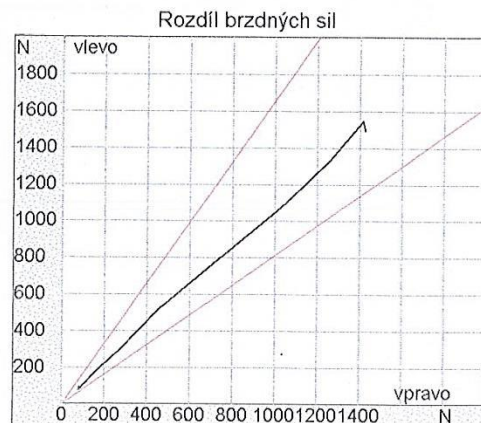
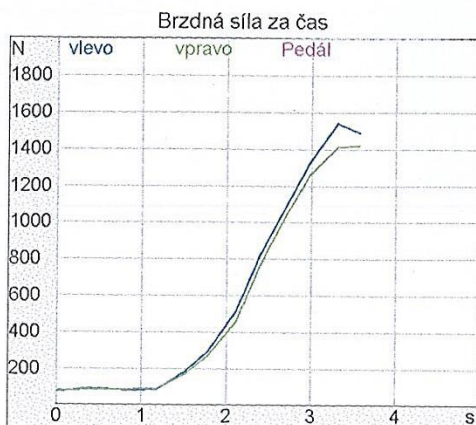
Brzdná síla za čas



Rozdíl brzdných sil



Parkovací brzda



PŘÍLOHA Č. 2 - Protokol ze zkušebny vozidla Fabia 1.4 TDI

BOSCH

SDL260
V 3.78

10.04.2017 08:59:28

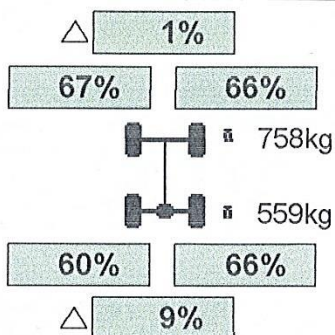
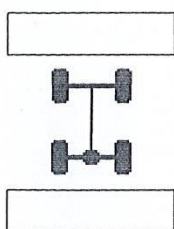
Zákazník

Servisní místo

SPZ 6C3 4868
Stav kilometrů

Celk.dovol.hmot. ----

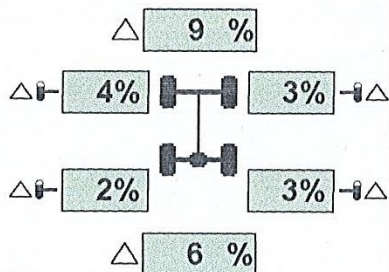
Zkuš. technik
Číslo zakázky



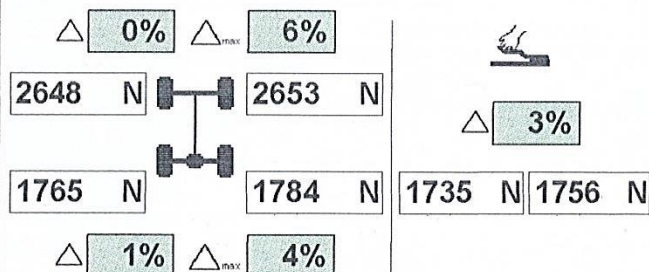
Směrová odchylka:
Neprovedeno

Zavěšení kol:
V pořádku

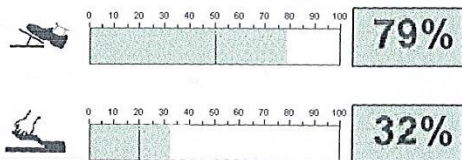
Pasiv.brzdná síla/ovalita



Brzdné síly



Zbrzdění

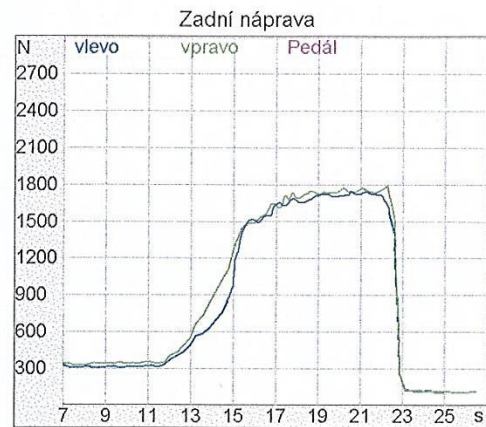
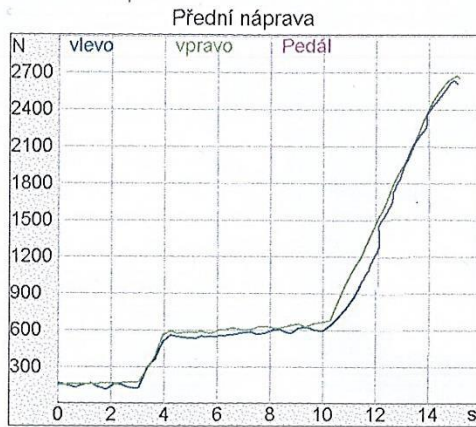


Brzdy:
Není v pořádku

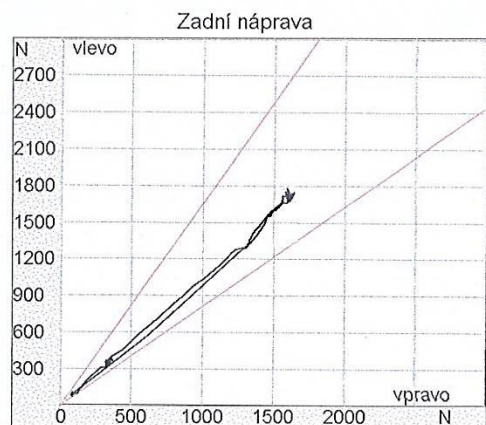
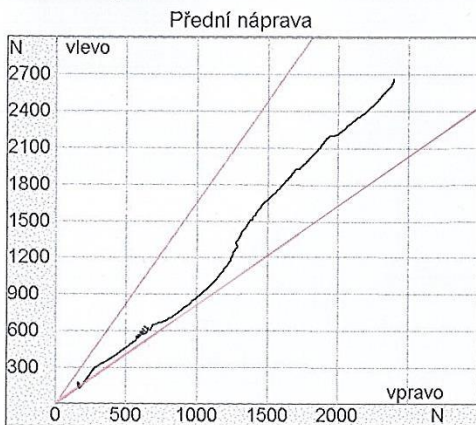
POZNÁMKY

Protokol brzdná síla/čas

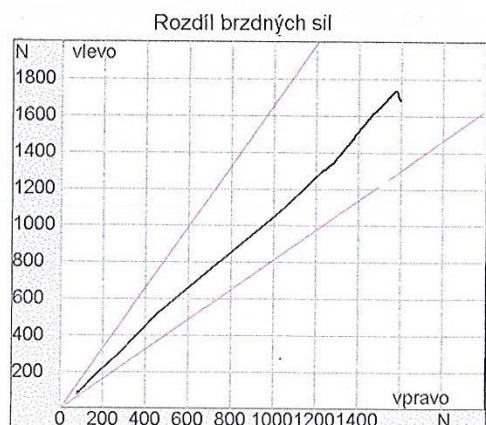
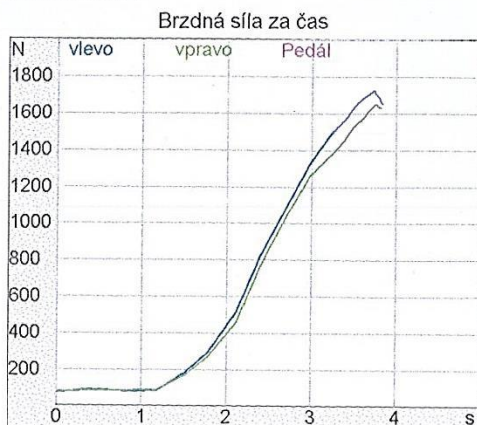
Brzdná síla za čas



Rozdíl brzdných sil



Parkovací brzda



PŘÍLOHA Č. 3 – Osvědčení o schválení technické způsobilosti typu konstrukční části vozidla

MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY

Č. j.: [REDACTED]

V Praze dne 22.02.2005

OSVĚDČENÍ

O SCHVÁLENÍ TECHNICKÉ ZPŮSOBILOSTI TYPU
KONSTRUKČNÍ ČÁSTI VOZIDLA NEBO VÝBAVY VOZIDLA č.

3 007

Ministerstvo dopravy České republiky podle ustanovení § 19 zákona č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. a prováděcích předpisů o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích **vydává** osvědčení o schválení technické způsobilosti typu.

Druh: ELEKTRICKÉ A ELEKTRONICKÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ VOZIDEL

Tovární značka:

Typ (typová řada): [REDACTED]

Obchodní označení: [REDACTED]

Výrobce:

[REDACTED]

Držitel:

[REDACTED]

Toto osvědčení je přílohou rozhodnutí MD ČR o schválení technické způsobilosti výše uvedeného typu vydaného dne 22.02.2005 pod stejným číslem jednacím a je nepřenosné.



MDL 1008

PŘÍLOHA Č. 4 – Technický protokol G1 – změna brzdového mechanismu

TECHNICKÝ LIST	č. G1
Charakteristika úpravy na vozidle : <ul style="list-style-type: none">- změna na brzdovém mechanismu	
Dotčená předpisová základna : <ul style="list-style-type: none">- EHK č. 13 Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel kategorií M,N,O z hlediska brzdění- EHK č. 13H Jednotná ustanovení pro homologaci osobních automobilů z hlediska brzdění	
Výčet technických zkoušek : <ul style="list-style-type: none">a) bez zkouškyb) zkouška provozní brzdy, zkouška nouzové brzdy bez posíleníc) zkouška provozní brzdy v obou stavech naložení, nouzová, parkovací brzda, ohřáté brzdyd) zkouška provozní brzdy v obou stavech naložení, nouzová, parkovací brzda, ohřáté brzdy, adhezni křivky	
Stručný popis možného rozsahu úpravy : <ul style="list-style-type: none">a) výměna brzdového obložení, které je homologované dle předpisu EHK č. 90 (musí být označeno homologační značkou např. E8 90R 01 1234), výměna brzdového kotouče za kotouč stejných rozměrůb) dodatečná montáž posilovače brzdného účinkuc) výměna kotouče za kotouč s jinými rozměry či děrovaný, výměna brzdových třmenů, výměna brzdových válečků, jiné zapojení systému brzd, pokud má vozidlo ABSd) výměna kotouče za kotouč s jinými rozměry či děrovaný, výměna brzdových třmenů, výměna brzdových válečků, jiné zapojení systému brzd, pokud vozidlo nemá ABS	
Zápis údajů do TP : např. 1. náprava je vybavena brzdovými třmeny xxxx, kotouči xxxx, je dodatečně namontován posilovač brzdného účinku, vozidlo má odlišné zapojení systému brzd od schváleného provedení	
Poznámky : údaje do TP jsou zapsány do poznámek	