



**Hodnocení účinnosti brzdového systému osobního
automobilu**
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Adam Polcar, Ph.D.

Vypracoval:
Bc. Michal Putna

Zadání diplomové práce

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „**Hodnocení účinnosti brzdového systému osobního automobilu**“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Adamu Polcarovi, Ph.D. za vedení, rady a odbornou pomoc, kterou mi v průběhu zpracování mé práce poskytoval.

Abstrakt

Práce je zaměřena na brzdové soustavy osobních automobilů. V teoretické části jsou popsány druhy brzd používaných u osobních vozidel. Dále jsou v práci zmíněny konstrukční prvky bubnových a kotoučových brzd. V práci rovněž nechybí popis elektronického systému ABS a možnosti měření brzdného účinku na válcových a plošinových zkušebnách brzd.

Praktická část diplomové práce je zaměřena na měření brzdné síly v závislosti na čase u vozidla Škoda Superb. Měření bylo provedeno s deaktivovaným i aktivním systémem ABS. Dále bylo provedeno porovnání průběhu brzdění s vozidlem Volkswagen Golf Variant. Pro hodnocení účinnosti byla zvolena velikost brzdné síly a pokles rychlosti vozidla v závislosti na čase. Výsledky měření poukazují na to, že systém ABS významně ovlivňuje brzdění. Dochází k prodloužení brzdné dráhy vozidla, ale zároveň je zachována jeho říditelnost.

Klíčová slova: vozidlo, ABS, kola, brzdová soustava, brzdění

Abstract

This work focuses on car braking systems. The theoretical part describes types of brakes used in vehicles, construction parameters of drum and disc brakes. This work also describes the electronic system ABS and possibilities of its braking effects on cylinder and platform braking test rooms.

Practical part of this diploma thesis focuses on measuring of the braking forces of Škoda Superb in time. The measurement was performed with both active and inactive systém ABS. The results where compared with the braking results of a Volkswagen Golf Variant. Amount of force and deceleration in time measured were used for results evaluation. Results show that the systém ABS has a significant effect on braking. The length of braking is increased, but the car keeps its maneuverability.

Key words: vehicle, ABS, wheels, braking system, braking

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍL PRÁCE	9
3	VÝVOJ BRZDOVÝCH SOUSTAV	10
4	HYDRAULICKÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA.....	12
4.1	Hlavní brzdový válec	13
4.2	Bubnová brzda	15
4.2.1	Druhy bubnových brzd.....	16
4.3	Kotoučová brzda	18
4.3.1	Kotoučová brzda s pevným třmenem	19
4.3.2	Kotoučová brzda s plovoucím třmenem.....	19
4.3.3	Brzdové kotouče.....	20
4.3.4	Brzdové obložení.....	23
4.4	Brzdový posilovač.....	25
4.4.1	Podtlakový brzdový posilovač	25
4.4.2	Hydraulický posilovač.....	26
4.5	Rozdělení brzdné síly	27
4.6	Protiblokovací systém ABS	28
5	KONTROLA ÚČINNOSTI BRZDOVÝCH SOUSTAV	31
5.1	Pomaloběžná válcová zkušebna.....	32
5.2	Rychloběžná válcová zkušebna.....	37
5.3	Plošinové zkušebny brzd.....	38
6	METODIKA MĚŘENÍ.....	41
6.1	Konstrukční řešení vozidlového dynamometru 4VDM E120-D	42
6.2	Měřené vozidlo.....	45
6.3	Vlastní měření	46
6.3.1	Dynamická metoda.....	48

6.3.2	Statická metoda	49
7	VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....	49
8	DISKUZE	64
9	ZÁVĚR	66
10	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67
11	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	70
12	SEZNAM TABULEK	72
13	SEZNAM PŘÍLOH.....	73

1 ÚVOD

Díky moderním technologiím a materiálům dosáhla konstrukce automobilů daleko vyšší technické úrovně než na svém počátku. Všechny materiály a výrobní postupy se neustále vyvíjí, aby výsledný produkt byl co nejlepší. Proto i vývoj jednotlivých komponentů brzdové soustavy se neustále zdokonaluje. Uživatelé, kteří si v dnešní době pořizují vozidla, je chtějí mít komfortní, bezpečná a v neposlední řadě také úsporná. I přesto, že jsou vozidla moderní, komfortní tak samozřejmě způsobují nehody, jelikož jsou stále řízena člověkem, který je označován jako nejslabší článek a je nejčastěji viníkem dopravní nehody. Za řadou dopravních nehod je nepozornost řidiče nebo nepřizpůsobení rychlosti jízdy technickému stavu vozovky. Proto jsou dnes vyvíjeny elektronické systémy, které výrobci implementují do nových vozidel, aby řidiči pomáhali při jízdě.

Brzdovou soustavou musí být vybaveno každé vozidlo. Úkolem brzd je zpomalení a následné zastavení vozidla. Funkce této soustavy musí být bezchybná a rychlá, proto je důležitá její kontrola. Všechny součásti brzdového systému musí odpovídat homologačním předpisům stanovených příslušným orgánem. Tak jako motor vozidla, tak i brzdy prochází vývojem, který se snaží zdokonalit současné komponenty používané ve vozidlech, s následným nahrazením za stávající.

Abychom zachovali bezpečnost po celou dobu životnosti vozidla je nutné brzdy neustále kontrolovat, zda splňují předepsané parametry. Mezi základní kontroly brzdové soustavy patří samozřejmě vizuální kontrola. Další možností je soustavy testovat a zkoušet na válcových zkušebnách, kde lze provádět zkoušky staticky i dynamicky při různých rychlostech. Tento způsob zkoušení brzdových soustav je prováděn při vývoji a také při pravidelné kontrole na STK. Pomocí válcových zkušeben lze odhalit poruchy brzdového systému.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je popsat jednotlivé části brzdových soustav osobních vozidel. V dalším kroku bylo rovněž úkolem zmínit možnosti kontroly správné funkce brzdových soustav. Cílem praktické části bylo vypracovat metodiku měření brzdových systémů osobních vozidel, které bylo následně vyhodnoceno.

3 VÝVOJ BRZDOVÝCH SOUSTAV

Jedny z prvních brzd měly vozy tažené koňmi, jednalo se o poměrně primitivní brzdové systémy, které byly v té době velice rozšířeny. Koně byly schopny s vozem dosáhnout vyšší rychlosti, než jakou byly potom schopny ubrzdít, proto se používaly jednoduché pákové mechanismy. Na konci tohoto mechanismu byl upevněn dřevěný hranol, který se po zatažení páky dotýkal ráfku kola. Tento princip se používal i na prvních automobilech, které byly opatřeny železnou obručí (TipCars, 2017).

První bubnové brzdy se objevily na začátku 20. století. Jednalo se hned o dvě varianty konstrukce této brzdy. Jedna varianta byla, že na brzdový buben byl navlečen ocelový pás, který se vyvinutou silou na páky napínal až do zastavení vozidla. Nevýhodou byla nadměrná opotřebení pásu a zanesení nečistotami. Druhou variantou byl brzdový buben v podobě, kterou používáme dodnes (TipCars, 2017).

Kotoučové brzdy byly vynalezeny o trochu dříve než brzdy bubnové a to v roce 1898. Ale jejich patentování proběhlo až v roce 1902. Kotoučové brzdy se ve větším množství na vozidlech začaly používat až v 50. letech 20. století. Bylo to dané tím, že první kotoučové brzdy neměly žádné brzdové obložení, proto vydávaly hlasitý „skřípot“ a při prudkém brzdění docházelo až k prasknutí. S vývojem nových materiálů se ale jejich použití stalo konstrukčně přijatelnější (TipCars, 2017).

Existuje několik kritérií podle, kterých se dají brzdové soustavy rozdělit:

a) Brzdové soustavy podle účelu

- Provozní brzda

Slouží ke zpomalování vozidla až do jeho zastavení, přičemž se vozidlo nesmí odchýlit z přímého směru jízdy. Tato brzda je ovládána nohou řidiče, brzdná síla musí působit na všechna kola vozidla a musí být regulovatelná (Jan a kol., 2009).

- Nouzová brzda

Brzda slouží k brzdění v případě poruchy provozní brzdy. Musí být zajištěno brzdění alespoň jednoho kola na každé straně vozidla. Může se jednat o jeden funkční okruh dvouokruhové brzdové soustavy nebo ruční brzdu (Automonti, 2017).

- Parkovací brzda

Parkovací brzda slouží k zamezení pohybu vozidla, které stojí v klidu na místě nebo ve svahu a to i za nepřítomnosti řidiče (Jan a kol., 2009); (Vlk, 2000).

- Odlehčovací brzda

Odlehčovací brzda se využívá při dlouhém a táhlém klesání vozidla, je určena pouze ke snížení rychlosti. Při použití této brzdy se ostatní výše zmíněné druhy brzd nepoužívají (Jan a kol., 2009).

b) Brzdové soustavy podle způsobu přenosu energie

- Přímochánná brzdová soustava

Jak nám název napovídá, jedná se o soustavu přímo ovládanou silou řidiče, která je přenášena mechanicky nebo hydraulicky na kola vozidla (Jan a kol., 2003).

- Brzdová soustava s posilovačem

Síla řidiče je posílena podtlakovým nebo hydraulickým posilovačem. Pokud je posilovač poškozen nesmí to omezit brzdny účinek vozidla a síla, kterou řidič vyvíjí na brzdový pedál, nemůže být větší jak 800 N (Jan a kol., 2003).

- Nepřímochánná brzdová soustava

U této soustavy je použit jiný způsob přenosu energie než ve dvou předešlých. Je zde pro přenos využíván tlak vzduchu, který je ovládán řidičem (Jan a kol., 2003).

c) Brzdové soustavy podle zdroje energie

- Vzduchotlaké soustavy

Tento typ brzd se používá u nákladních vozidel, kde na zpomalení nebo zastavení nestačí pouze síla řidiče. Celá brzdová soustava je ovládána stlačeným vzduchem, který řidič dávkuje sešlápnutím brzdového pedálu a o zbytek se postará stlačený vzduch. Ten potom působí na bubnové nebo kotoučové brzdy (AUTOŠKOLA POHODLNĚ, 2017).

Vzduchové brzdy se rozdělují na část plnicí a část brzdící. Plnicí část se skládá ze vzduchového filtru, kompresoru, vysoušeče vzduchu, odlučovače oleje, regulátoru tlaku, pojistného ventilu, vzduchojemů, tlakoměrů, potrubí a hadic. Část brzdící se skládá z ručního ventilu parkovací brzdy, dvouokruhového pedálového brzdíče,

zátěžového regulátoru, brzdíče přívěsu a vzduchového brzdového válce (AUTOŠKOLA POHODLNĚ, 2017).

- Hydraulické soustavy

Zde je celá soustava ovládána tlakem brzdové kapaliny, jejíž tlak je ovládán silou sešlápnutí brzdového pedálu řidičem. Celá soustava je sestavena z brzdového pedálu, dvouokruhového brzdového válce, brzdového potrubí a hadic, kolových brzdových válečků a brzd na každém kole (Jan a kol., 2009).

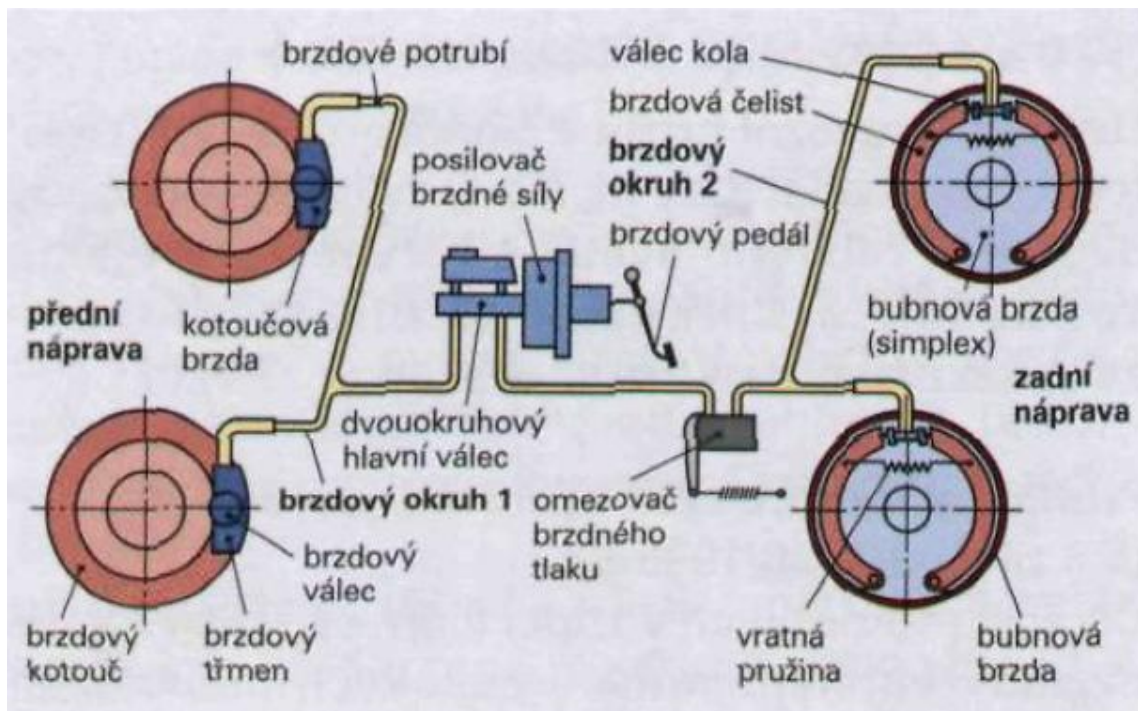
4 HYDRAULICKÁ BRZDOVÁ SOUSTAVA

V dnešní době se jedná o nejrozšířenější a nejpoužívanější typ brzdové soustavy osobních vozidel.

Konstrukce

Hydraulická soustava je složena z několika součástí, kterými je brzdový pedál, hlavní brzdový válec, brzdové potrubí a hadice, kolové brzdové válečky a samotnými brzdami na každém kole vozidla (Jan a kol., 2009).

V dnešní době jsou vozidla ve většině případů vybavena kotoučovými brzdami na všech kolech, ale u nižších tříd vozidel se i dnes ještě můžeme setkat s bubnovými brzdami na zadní nápravě vozidla viz. obr.1.



Obr. 1 Dvouokruhová brzdová soustava, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

Z hlediska bezpečnosti jsou dnešní vozidla vybavena dvěma brzdícími okruhy. Pokud nastane porucha na jednom okruhu, tak druhý okruh zajistí bezpečné zastavení vozidla (Gscheidle a kol., 2001).

Činnost

Funkčnost hydraulických brzd je založena na Pascalově zákoně: „Tlak vyvolaný vnější silou, která působí na povrch kapaliny v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný“ (Jan a kol., 2003).

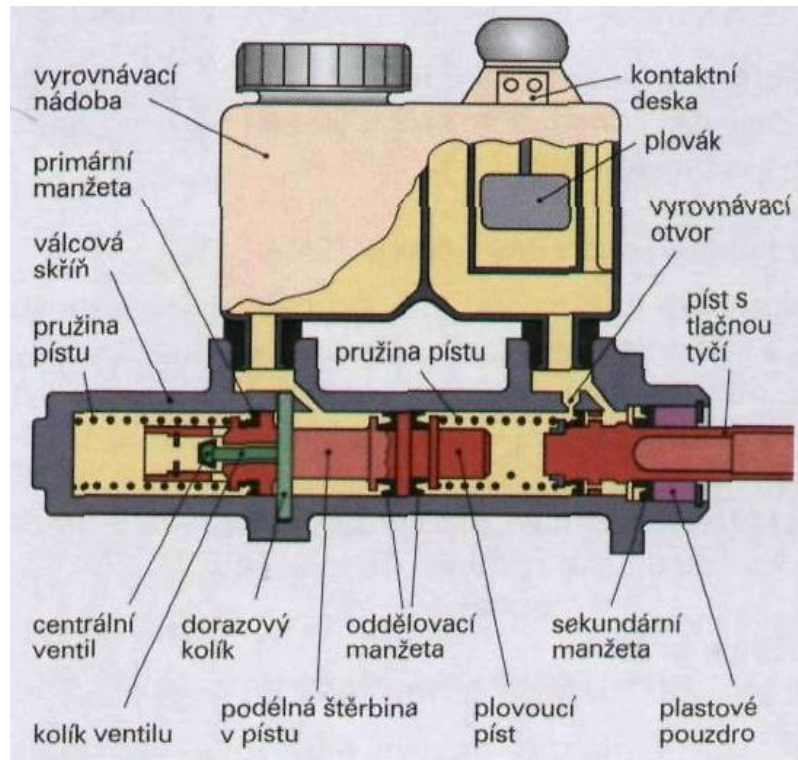
Tlak v brzdové kapalině vznikne po sešlápnutí brzdového pedálu a ten tlačí na píst v hlavním brzdovém válci. Síla přenesená v kapalině působí na pístky v kolových válečkách. Na všechny pístky je vyvinuta stejná síla, ale pokud je plocha pístku větší je i síla větší (Jan a kol., 2003).

4.1 Hlavní brzdový válec

Hlavním úkolem brzdového válce je zajistit rychlý nárůst tlaku při brzdění a hlavně rychlý pokles tlaku při odbrzdění. Dalším úkolem je zajistit vyrovnání objemu kapaliny při změně teploty (Gscheidle a kol., 2001).

Konstrukce

Dvouokruhový brzdový válec je tvořen společným tělem pro oba okruhy. Ve válci jsou umístěny dva písty za sebou. První píst je na pevno a je ovládán tyčkou od brzdového pedálu umístěného ve vozidle, druhý píst je plovoucí. Oba písty jsou utěsněny těsnicí manžetou proti úniku kapaliny a opatřeny pružinou. Mezi pístky je umístěna oddělovací manžeta, která je znázorněna na obr. 2 (Jan a kol., 2003).

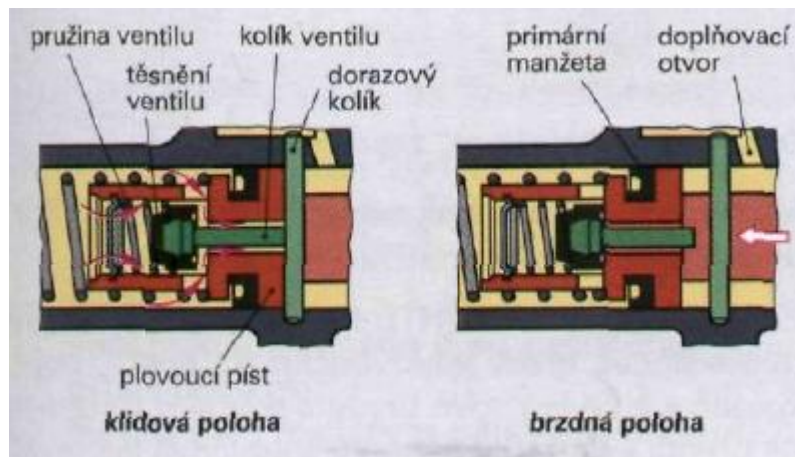


Obr. 2 Dvouokruhový brzdový válec, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

Princip činnosti

Klidová poloha – vyrovnávací otvory odkryty, pístky propojeny s vyrovnávací nádobkou kvůli změně objemu kapaliny vlivem teploty. Pokud není vyrovnávací otvor otevřen, tak při zahřátí kapaliny dojde k přibrzdění (Jan a kol., 2003).

Brzdění – při sešlápnutí pedálu se uvede do pohybu tlačný píst, kterým je uzavřen vyrovnávací otvor a v prvním okruhu dochází k nárůstu tlaku, jak je patrné z obr. 3. Po nárůstu tlaku dochází k posunu pístku a plovoucí píst taktéž uzavře vyrovnávací otvor. V druhém okruhu dojde také k nárůstu tlaku a na kolech je vytvořena dostatečná brzdná síla (Jan a kol., 2003).



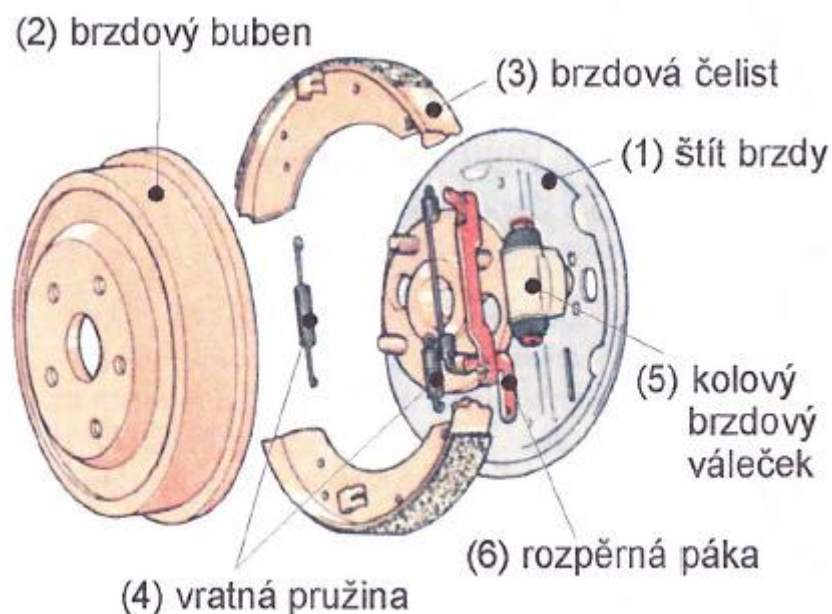
Obr. 3 Centrální ventil, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

Okamžité odbrzdění – písky zpět do klidové polohy vrací vratné pružiny. Nadzdvihnutím primární manžety dochází k toku brzdové kapaliny do zvětšujícího se tlakového prostoru. Je nežádoucí, aby došlo ke vzniku sání, kterým by mohl vniknout vzduch do brzdového válce. Doraz plovoucího kolíku zatlačí na kolík centrálního ventilu a ten je opět otevřen. Dochází k úbytku tlaku v brzdovém válci a brzdy jsou okamžitě povoleny (Gscheidle a kol., 2001).

4.2 Bubnová brzda

Bubnové brzdy se v dnešní době používají na zadních nápravách vozidel. Většina moderních vozů používá na obou nápravách kotoučové brzdy, a bubnové brzdy se objevují zpravidla už jen na vozech nižší kategorie.

Bubnová brzda je složena z brzdového bubnu, vratných pružin, brzdových čelistí, rozpěrné páky, kolového brzdového válečku a štítu brzdy jak je znázorněno na obr. 4.



Obr. 4 Bubnová brzda – popis, Zdroj: Jan a kol., 2009

Kolo vozidla je spojeno s brzdovým bubnem a společně se otáčejí. Štít brzdy je pevně spojen s vozidlem a na něm jsou připevněny brzdové čelisti a další součásti brzdy. Rozpěrné ústrojí vytlačuje čelisti na vnitřní plochu bubnu. Brzdové čelisti jsou opatřeny obložením, mezi obložením a vnitřní plochou bubnu vzniká tření a je vyvolána potřebná síla pro brzdění. Přítlačná síla může být vyvozena několika způsoby a to hydraulicky kolovým brzdovým válečkem, mechanicky (rozpěrnou pákou) nebo brzdovým klíčem (Jan a kol., 2009).

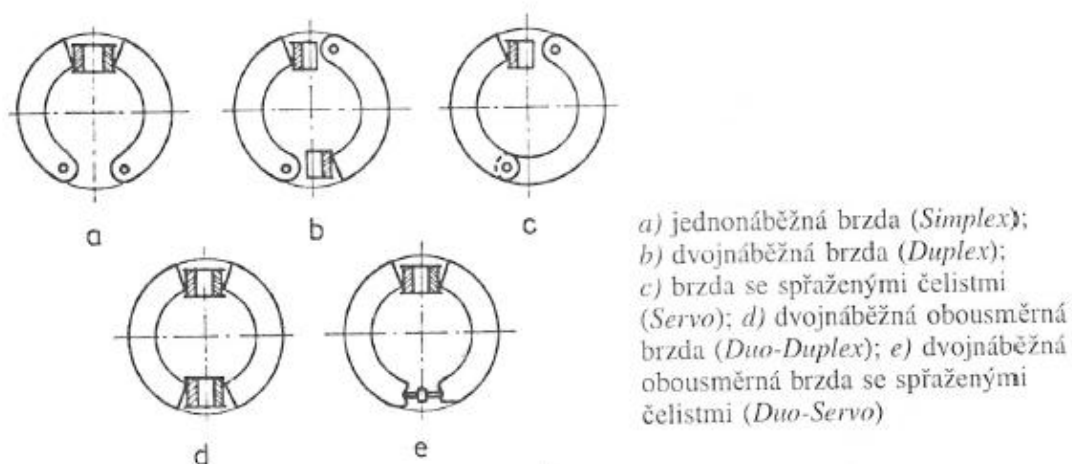
Vlastnosti

Celá brzdová konstrukce je chráněna proti nečistotám brzdovým bubnem. Z tohoto důvodu brzdové obložení vykazuje i vysokou životnost. Výměna starého obložení za nové je náročná a nákladná. V případě dlouhodobého brzdění u bubnové brzdy dochází k nadměrnému zahřívání z důvodu špatného odvodu tepla. V takovém případě potom dochází k selhání brzdného účinku. Realizace parkovací brzdy je snadná (Gscheidle a kol., 2001).

4.2.1 Druhy bubnových brzd

Z hlediska ovládání rozeznáváme několik druhů bubnových brzd jedná se o jednonáběžné (Simplex), dvounáběžné (Duplex), dvounáběžné obousměrné (Duo-

duplex), se spřaženými čelistmi (Servo) a obousměrné dvounáběžné se spřaženými čelistmi (Duo-servo), které jsou zobrazeny na obr.5 (Jan a kol., 2009).



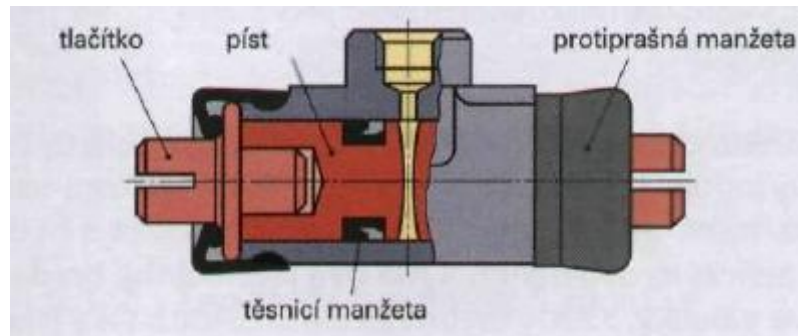
Obr. 5 Druhy bubnových brzd, Zdroj: Pilárik, Pabst, 1997

Bubnové brzdy se tedy dělí na:

- jednonáběžná (*Simplex*) – jedna čelist náběžná, druhá úběžná, ovládána společným zařízením (Vlk, 2000),
- dvounáběžná (*Duplex*) – v přímém směru jízdy se jedná o dvě náběžné čelisti, každá čelist ovládána svým zařízením (Vlk, 2000),
- dvounáběžné obousměrné (*Duo-duplex*) – brzda je osazena dvěma dvoupístkovými válečky a její účinek je v obou směrech jízdy totožný (Jan a kol., 2003),
- se spřaženými čelistmi (*Servo*) – čelisti jsou uzpůsobeny tak, že na sebe navzájem působí. V přímém směru vozidla jsou náběžné a při couvání úběžné (Jan a kol., 2003),
- obousměrné dvounáběžné se spřaženými čelistmi (*Duo-servo*) – brzdové čelisti spojeny pohyblivým uložením a na štítu je váleček se dvěma pístkami. Je zde stejný účinek při jízdě vpřed i vzad (Jan a kol., 2003).

Na štítu brzdy je šroubem připevněn kolový brzdový váleček, který může být v provedení s jedním nebo dvěma pístkami. Na pístkách působí tlak vyvolaný hlavním brzdovým válcem a tím je vytvořen potřebný tlak pro roztažení brzdových čelistí. Pístkami jsou chráněny prachovými manžetami proti vniknutí nečistot do válečku viz. obr. 6.

Uvnitř válečku jsou písty a pro lepší těsnost opatřeny těsnicí manžetou (Jan a kol., 2003).



Obr. 6 Brzdový váleček, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

4.3 Kotoučová brzda

Kotoučové brzdy se v dnešní době využívají u osobních vozidel na přední i zadní nápravě. U vozidel, které jsou dnes ve většině případů vybaveny elektronickou stabilizací podvozku (ESP), je žádoucí mít kotoučové brzdy na všech kolech vozidla. U kotoučových brzd je dosaženo větší brzdné síly než je tomu v případě bubnových brzd a i odvod tepla je zde mnohem lepší (AUTA 5P, 2017).

Kotoučové brzdy jsou vyráběny s pevným třmenem nebo plovoucím třmenem. V těchto třmenech, které jsou nasazeny na brzdovém kotouči jsou umístěny brzdové pístky. Tyto pístky jsou při brzdění přitlačovány na brzdový kotouč z obou stran (Gscheidle a kol., 2001).

Kotoučová brzda se skládá z brzdového kotouče, třmenu brzdy kde jsou umístěny pístky a brzdových destiček, kotoučová brzda je uvedena na obr. 7.



Obr. 7 Kotoučová brzda, Zdroj: Studijní Stránky, 2017

U kotoučové brzdy probíhá automatické vymezení vůle mezi kotoučem a destičkou. Konstrukce parkovací brzdy na zadní nápravě je složitější, proto se používá kombinace kotouče s bubnem, kde je umístěna parkovací brzda. Kotoučová brzda má výborné chladicí vlastnosti nedochází k vadnutí brzd. Díky velkým odstředivým silám je zajištěna čistota. Je zde jednoduchá údržba a snadná výměna brzdového obložení (Gscheidle a kol., 2001).

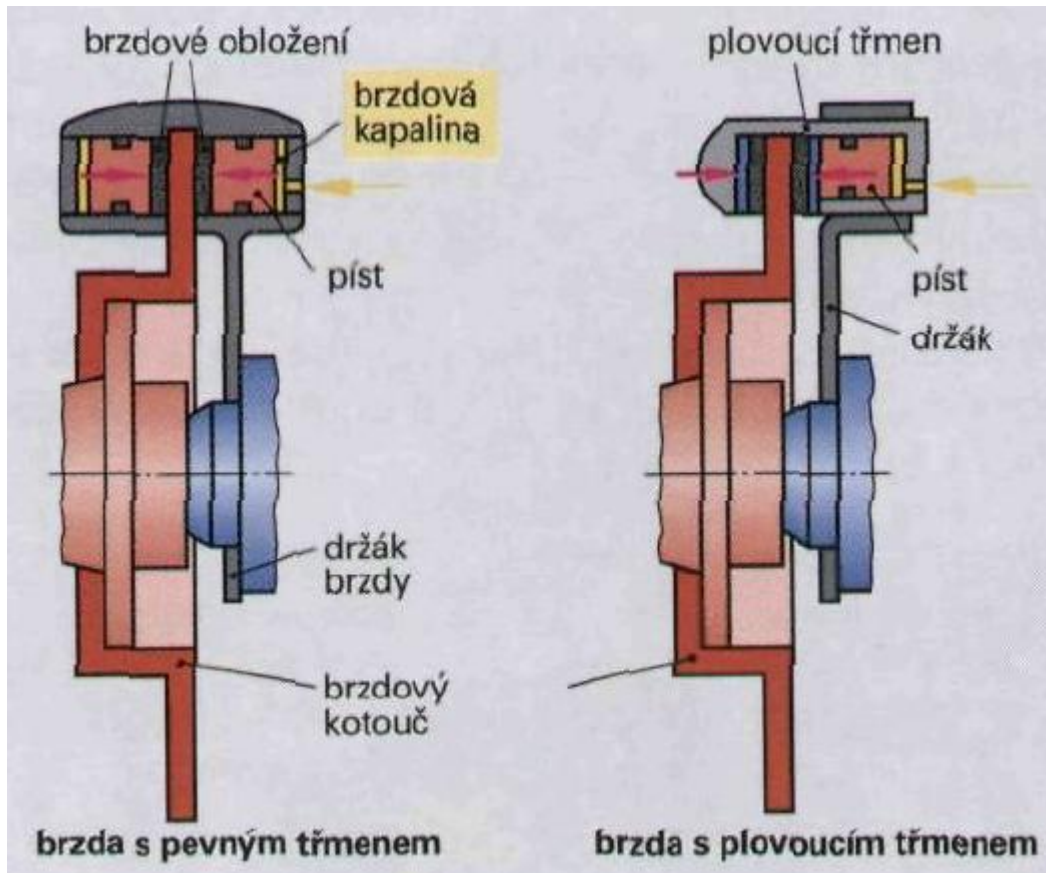
4.3.1 Kotoučová brzda s pevným třmenem

Tato brzda může být v provedení dvoupístkovém nebo čtyřpístkovém. Pevný třmen je nasazen na kotouči a je sestaven ze dvou částí a to z víka a přírubové skříně, které jsou spojeny šrouby. Obě části třmenu mají dutinu, ve které se nachází brzdový váleček spolu s brzdovými pístky. Jejich čistotu zajišťují pryžové těsnící kroužky a protiprachové manžety. Válečky jsou propojeny brzdovým potrubím (Jan a kol., 2009).

4.3.2 Kotoučová brzda s plovoucím třmenem

Brzdy s plovoucím třmenem mají pístek nebo pístky umístěny jen na jedné straně třmenu, jak je znázorněno na obr. 8. Držák brzdy je pevně spojen s vozidlem. V tomto držáku jsou drážky pro vodící čepy, které umožňují surný pohyb plovoucího třmenu. Při brzdění začne píst tlačit na vnitřní destičku proti brzdovému kotouči. Aby byla

uvědlena v činnost i druhá brzdová destička je potřebná reakční síla, při které se třmen posune (Jan a kol., 2009); (AutoZnalosti, 2017).



Obr. 8 Pevný a plovoucí brzdový třmen, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

Vracení pístů do výchozí polohy

Píst je osazen těsněním ve tvaru kruhu a jeho vnitřní průměr je menší než velikost pístu. Mezi nimi je předpětí. Při pohybu pístu je těsnicí kroužek deformován. Po odbrzdění klesá tlak brzdové kapaliny, těsnění se vrací do svého přirozeného tvaru a tím vrátí i píst do původní polohy (AutoZnalosti, 2017).

4.3.3 Brzdové kotouče

Brzdové kotouče se vyrábí v několika tvarech: plochý kotouč, hrncový kotouč nebo odvětrávaný kotouč. Nejčastější materiály, ze kterých se kotouče vyrábí je litina, ocelolitina a temperovaná litina. Pro větší zatížení se kotouče vyrábí s vnitřním chlazením. Kotouč je dutý a uvnitř jsou radiálně uspořádané kanálky, jejichž tvar je takový, že při jízdě vzniká ventilační efekt (Gscheidle a kol., 2001).

Z hlediska zabezpečení konstantního brzdného účinku rozeznáváme hned několik druhů kotoučů jako kotouče s vnitřním chlazením, vrtané kotouče nebo kotouče s drážkami. U kotoučů s vnitřním chlazením vzniká ventilační efekt, který byl zmíněn výše. Tento typ kotoučů se dnes hojně používá na přední nápravě osobních vozidel. Vrtané kotouče se používají u výkonnějších vozidel, protože vyvrtáním děr jsou odlehčeny a ventilační efekt je posílen právě o vyvrtané díry. Kotouče s drážkami mají za úkol zajistit odvod vlhkosti a nečistot, aby brzdové obložení zůstalo ve styku s kotoučem. Samozřejmě existují kombinace těchto druhů kotoučů jako např. vrtané kotouče s drážkami, hladké kotouče s drážkami. Na obr. 9 je ukázka vrtaných a drážkovaných kotoučů (Autofun, 2017).



Obr. 9 Druhy brzdových kotoučů, Zdroj: ASC Tuning Imports, 2017

Základní materiály kotoučů byly již zmíněny výše. Pro výkonná vozidla jsou vyráběny kotouče ze speciálních materiálů, které si každý výrobce vyvíjí sám.

Brzdové kotouče z materiálu uhlík-keramika zobrazen na obr. 10, se vyrábí hned z několika materiálů. Základem jsou uhlíková vlákna a fenolové pryskyřice, které jsou pečené v přesné formě. Poté co pryskyřice vyhoří, je do kotouče infiltrován tekutý křemík, který kotouči dodá tuhost, tepelnou odolnost a nízkou hmotnost. Díry jsou vyvrtané ultrazvukovými nástroji a kotouč dostane ochranný nástřík (CAR AND DRIVER, 2017).



Obr. 10 Brzdový kotouč uhlík-keramika, Zdroj: CAR AND DRIVER, 2017

Dalším typem je kombinace litinového kotouče s ocelovou středovou částí zobrazen na obr. 11, která snižuje hmotnost a náklady na výrobu. Kotouč a středová část jsou spojeny kombinací upínání s radiálním zablokováním, které nevyžaduje žádné další upevňovací prvky. Tento druh kotoučů používá Mercedes-Benz na svých modelech (CAR AND DRIVER, 2017).



Obr. 11 Brzdový kotouč litina-ocel, Zdroj: CAR AND DRIVER, 2017

Americká vozidla s nejvýkonnějšími motory Hellcat používají brzdové kotouče v kombinaci litina a středová část je z hliníku. Kotouč a středová část jsou spojeny

nerozovými spojovacími prvky a šrouby. Jak je vidět na obr. 12 kotouč je drážkovaný a je zde zlepšená konstrukce odvodu tepla (CAR AND DRIVER, 2017).



Obr. 12 Brzdový kotouč litina-hliník, Zdroj: CAR AND DRIVER, 2017

4.3.4 Brzdové obložení

Obložení brzdových čelistí je přinýtováno nebo přilepeno. Brzdové destičky kotoučových brzd mají obložení přilepeno. Brzdové obložení musí být teplotně i mechanicky stálé. Nesmí být náchylné na vodu a rovněž i jiné nečistoty, je kladen důraz na dlouhou životnost. Při zahřátí si musí udržet stálý součinitel tření (Jan a kol., 2009).

Materiál pro obložení je organický a u vysoce namáhaných je použito spékaných práškových kovů. U organických obložení jsou použity materiály minerální, kovové, keramické a organická pojiva (pryskyřice, kaučuk). Azbest se v současnosti nevyužívá a je nahrazen za uhlíková, ocelová a skleněná vlákna. Součinitel tření bývá více jak 0,4 a odolá teplotám kolem 800 °C (Jan a kol., 2009).

Druhy obložení brzdových destiček

Každý výrobce používá odlišnou směs pro výrobu svých brzdových destiček. Materiál určuje následně výchozí vlastnosti např. změnu součinitele tření při brzdění. Ale můžeme je rozdělit podle používaného materiálu na:

- Semi metallic – jak je z názvu patrné tak jejich třecí materiál je metalický a to ze 30 – 60 %. Tento materiál je tvořen nasekanou mědí, železným prachem a ocelovými vlnami, které jsou smíchány s modifikátory tření. Tato směs zajišťuje tepelnou vodivost a dobrou životnost. Je zde ale větší opotřebení brzdového kotouče se zvýšenou hlučností. Při nižších teplotách je jejich účinnost snížena.
- Non-asbestos – známé spíše pod názvem „organic“ nebo NAO. Zde jsou použity pro výrobu organické látky jako je uhlík, guma, sklo, kevlar, které mají vysokou tepelnou odolnost. Proti ostatním typům jsou tišší a měkčí což má za následek rychlejší opotřebení a prašnost destiček.
- Low-metallic Nao – zde je použito pro výrobu stejných látek jako u organických, s tím rozdílem, že je do směsi přidáno 10 – 20 % mědi nebo ocelové vaty, aby byla zvýšena tepelná vodivost. Tento přídavek ve směsi se potom projevuje větší hlučností.
- Ceramic – tento typ brzdových destiček je drahý, je tvořen keramickými vlákny a plnidly. Při provozu jsou tiché a čisté se skvělým brzdícím účinkem, jsou zobrazeny na obr. 13 (Autodíly MJauto, 2017).



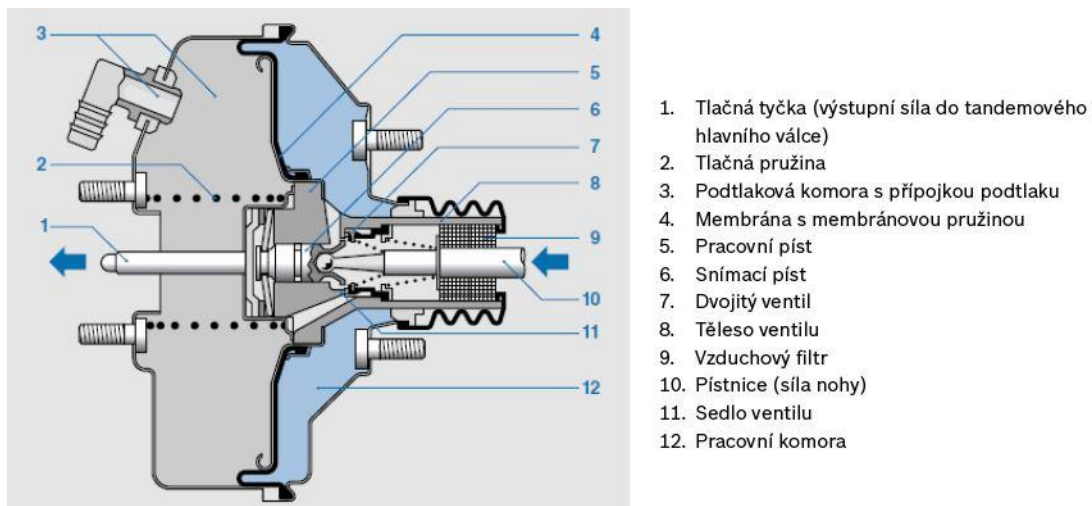
Obr. 13 Brzdové destičky - keramické, Zdroj: Super Street, 2017

4.4 Brzdový posilovač

Brzdové posilovače zvyšují sílu nohy řidiče při snížení síly, kterou musí vynaložit řidič vozidla. Brzdový posilovač je umístěn mezi pedálem a hlavním brzdovým válcem a je součástí brzdové soustavy vozidla. U osobních vozidel se používají dva druhy posilovačů a to podtlakový a hydraulický brzdový posilovač (MotoFocus EU, 2017).

4.4.1 Podtlakový brzdový posilovač

Dnešní podtlakové posilovače využívají podtlak 0,5 – 0,9 bar, kterým zesilují sílu řidiče. Tento podtlak je vytvořený u zážehových motorů v sání vozidla a u vznětových a hybridních vozidel je použito podtlakové čerpadlo. Podtlaková komora je od pracovní komory oddělena membránou viz. obr. 14. Sílu vyvinutou řidičem na brzdový pedál pístnice přeneše na pracovní píst a tato zesílená síla tlačí na tlačnou tyčku v hlavním brzdovém válci (MotoFocus EU, 2017).



Obr. 14 Podtlakový posilovač, Zdroj: MotoFocus EU, 2017

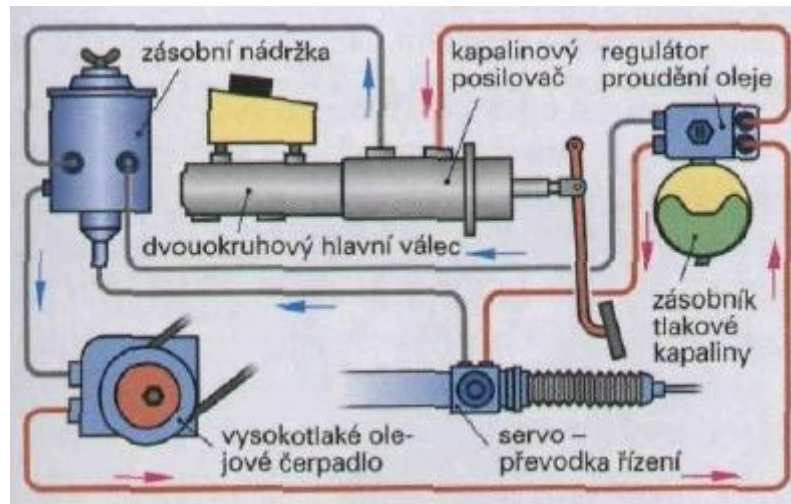
Princip činnosti

V klidové poloze je v posilovači kanálky propojena podtlaková a pracovní komora. Podtlaková přípojka slouží pro obě komory. Jakmile se začne brzdít, pístnice se posouvá k podtlakové komoře kde je tlačena manžeta dvojitého ventilu proti sedlu ventilu. Dojde k oddělení podtlakové a pracovní komory. Při dalším pohybu dochází k pohybu pístnice a ta zvedne snímací píst z manžety dvojitého ventilu. Poté proudí vzduch s atmosférickým tlakem do pracovní komory. V pracovní komoře je vyšší tlak než v podtlakové komoře. Tento tlak působí skrz membránu na talíř membrány, na který tato membrána dosedá. Díky tomu se zvýší síla nohy řidiče. Teď už tlačná síla nohy a podpůrná síla tlačí na talíř membrány proti síle tlačné pružiny. Tlačná tyčka se pohybuje vpřed a vstupní síla je přenesena na hlavní brzdový válec. Po odbrzdění jsou opět komory vzájemně propojeny a obě budou mít podtlak (MotoFocus EU, 2017).

4.4.2 Hydraulický posilovač

Hydraulický posilovač je méně prostorově náročný, a dokáže vytvořit větší posilovací sílu než podtlakový posilovač. Velikost tlaku je rovnoměrná, nezávisí zde na chodu motoru. Pokud je zjištěna porucha, tak tlak vystačí ještě na cca 12 brzdění. V případě poklesu tlaku v zásobníku jsou brzdy stále funkční, ale bez posílení (Jan a kol., 2009).

Jednotlivé části posilovače jsou uvedeny na obr. 15.



Obr. 15 Hydraulický posilovač, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

Jak je z obr. 15 patrné posilovač je sestaven z vysokotlakého olejového čerpadla servořízení, akumulátoru tlaku, tlakem řízeného regulátoru proudění oleje a hydraulického posilovače brzdné síly s dvouokruhovým hlavním válcem a zásobní nádržkou oleje (Gscheidle a kol., 2001).

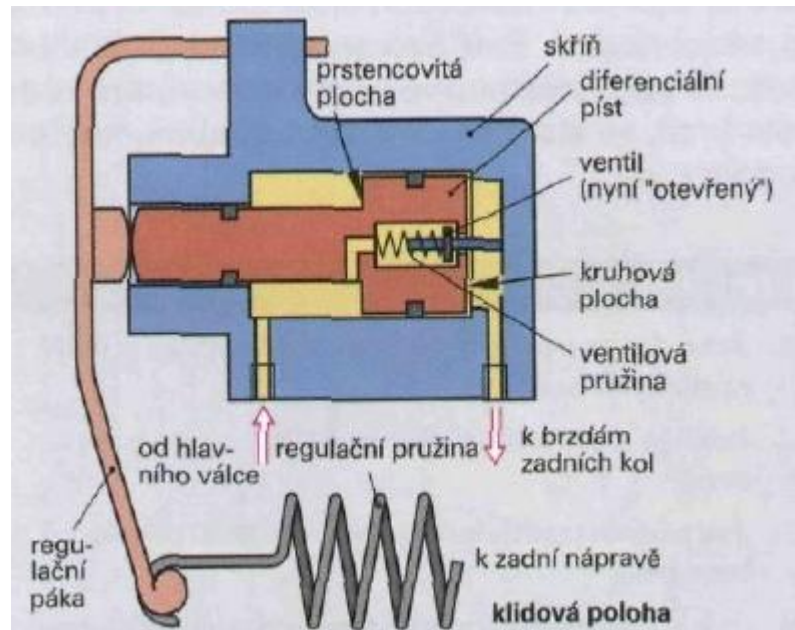
Princip činnosti

Olej je pomocí vysokotlakého olejového čerpadla dopraven do zásobníku tlaku. V zásobníku je membrána, přes kterou olej stlačuje dusík a je vytvořen potřebný tlak. Kapalinový posilovač a zásobník jsou spojeny potrubím. Při brzdění, je píst posilovače brzdné síly ostříknut tlakovým olejem a tím je vyvozena pomocná síla, která posílí sílu tlačné tyče v hlavním brzdovém válci. Po odbrzdění olej teče zpět do zásobní nádrže (Gscheidle a kol., 2001).

4.5 Rozdělení brzdné síly

V okamžiku jakmile začne vozidlo brzdit, dojde ke změně zatížení náprav. Tyto změny se projevují v závislosti na výšce těžiště, umístění nákladu ve vozidle. Pokud jede vozidlo rovně a je zahájeno brzdění je více zatěžována přední náprava a zadní náprava je odlehčena. Pokud se brzdí v zatáčce, jedná se o stranové zatížení, kde je více zatížena venkovní strana vozidla a vnitřní je odlehčena. Brzdové soustavy osobních vozidel jsou dimenzovány podle tlaku brzdové kapaliny. Vozidlu zůstane při průměrném brzděném zpomalení a zatížení jeho stabilita a říditelnost. Pokud se vozidlo odchýlí od nastavených hodnot, dojde k blokaci zadních kol, kdy dojde ke smyku. Dále může nastat blokace předních kol a vozidlo je neřiditelné. Zamezení blokování zadních

kol se může předejít omezovačem brzdné síly, který je na obr. 16 nebo regulátorem brzdné síly (Jan a kol., 2003).



Obr. 16 Omezovač brzdného tlaku, Zdroj: Gscheidle a kol., 2001

Omezovač brzdné síly

Nejčastěji je umístěn hned za výstupem z hlavního brzdového válce. Jeho funkcí je přepouštět tlak na zadní nápravu do stanovené hodnoty poté se již tlak na zadní nápravě nezvyšuje. V brzdovém vedení k zadní nápravě je tlak snížen. Při prudkém brzdění, kdy nastává odlehčení kol zadní nápravy, snižuje riziko jejich přebrzdění (Vlk, 2000).

Regulátor brzdné síly

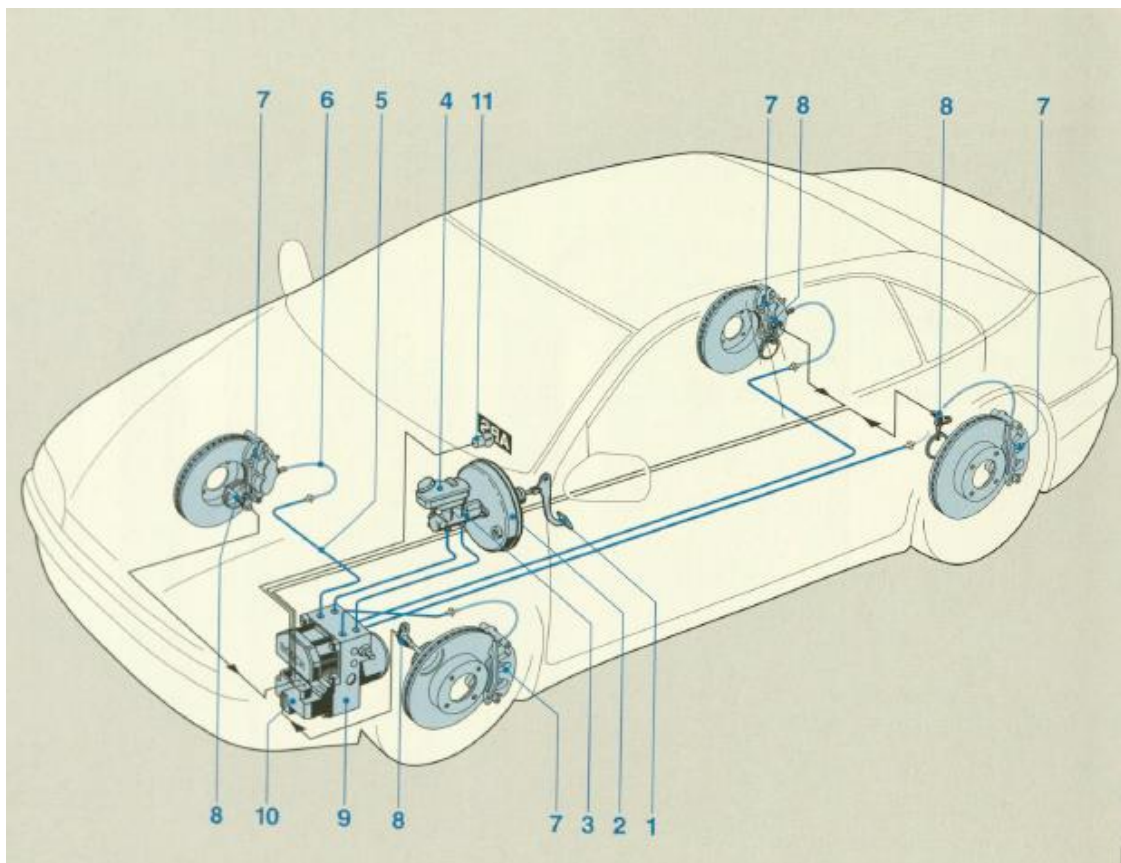
Vozidlo je tímto regulátorem vybaveno místo omezovače. Jakmile vozidlo dosáhne přepínacího tlaku, tak nárůst tlaku na zadní nápravě je stanoven poměrem k tlaku na přední nápravě. Tlak zadní nápravy je tedy stanoven v závislosti na tlaku přední nápravy (Vlk, 2000).

4.6 Protiblokovací systém ABS

Tento systém se řadí mezi aktivní prvky bezpečnosti vozidla. Zabraňuje zablokování kola při náhlém nebo panickém brzdění. Díky tomuto systému se kolo otáčí a je ve stálém styku s vozovkou. Kolo, které se stále točí, zachovává stabilitu,

ovladatelnost a řiditelnost vozidla i v kritických situacích. Kolo, které se neodvaluje, nepřenáší žádnou boční sílu a nelze s ním zatočit (autolexicon, 2017).

Hlavním úkolem systému je zajistit regulaci brzdné síly každého kola v závislosti na adhezi s podložkou, aby nedošlo k blokaci kola. Řiditelná kola jsou pouze ta, která se odvalují a přenáší boční síly. Velikost brzdné síly je regulována 2 – 6 krát za sekundu, záleží i na adhezi kola s vozovkou. Systém ABS nemá zkrátit brzdovou dráhu, ale musí zajistit řiditelnost a stabilitu vozidla (Gscheidle a kol., 2001); (Pilárik, Pabst, 1997).



Obr. 17 Protiblokovací systém ABS, Zdroj: Post a kol., 2004; 1 – brzdový pedál, 2 – posilovač brzd, 3 – hlavní válec; 4 – vyrovnávací nádržka; 5 – brzdové potrubí; 6 – brzdová hadice; 7 – brzda kola s brzdovým válečkem kola; 8 – snímač otáček kola; 9 – hydraulická jednotka; 10 – řídicí jednotka ABS; 11 – kontrolka ABS (Post a kol., 2004)

Jak je z obr. 17 patrné, systém ABS je rozšíření stávajícího brzdového systému vozidla. Brzdová soustava je doplněna o snímače otáček, hydraulickou jednotku a řídicí jednotku ABS.

- Snímač otáček kol (obr. 18) – je základním vstupním údajem pro správnou regulaci. Z otáček kola je zjištěna jeho obvodová rychlost a řídicí jednotce jsou

předány elektrické signály. U osobních vozidel se používají varianty se dvěma, třemi a čtyřmi snímači (Post a kol., 2004).

- Řídicí jednotka – řídicí jednotka má za úkol vyhodnotit signály, které přišly ze snímačů na kolech. Vyhodnocení je založeno na matematických algoritmech (Post a kol., 2004).
- Hydraulická jednotka – hydraulická jednotka na povel řídicí jednotky reguluje tlak na kolech. V jednotce jsou zabudovány elektromagnetické ventily, kterými lze otevřít nebo zavřít tlakové vedení mezi dvouokruhovým brzdovým válcem a brzdovými válečky kol. Všechna kola vozidla jsou vybavena párem elektromagnetických ventilů. Nárůst tlaku zabezpečuje vstupní ventil umístěn mezi dvouokruhovým válcem a brzdovým válečkem kola. Naopak o pokles tlaku se stará výstupní ventil umístěn mezi válečkem kola a zpětným čerpadlem (Post a kol., 2004).



Obr. 18 Snímač otáček kola, Zdroj: AMD Netolický, 2017

Požadavky na systém ABS

System musí zajistit ovladatelnost a stabilitu vozidla na jakémkoliv povrchu (led, sníh, šterk). Dále musí být co nejdříve využita adheze mezi kolem a jeho podložkou, stabilita a řiditelnost vozidla je na prvním místě před zkrácením brzdne dráhy. Není důležité, zda řidič sešlápl brzdový pedál prudce nebo pozvolna zvětšoval tlak na pedál. Při jízdě na vozovce kde se budou nacházet ledové plochy, musí regulace velice rychle

reagovat na odlišnou přilnavost jednotlivých kol. V takovém případě musí být zajištěna regulace kol ve velmi krátkých intervalech se zachováním ovladatelnosti a stability vozidla. Průjezd zatáčkou, zvlněná vozovka nebo akvaplaning na tyto všechny situace musí systém ABS vhodně reagovat, aby vozidlo zůstalo stále ovladatelné a stabilní. Bezchybnou funkci systému ABS kontroluje sledovací obvod. Jakmile bude zjištěna závada, okamžitě dojde k odpojení systému za předpokladu, že brzdová soustava je stále funkční jen bez ABS a na palubní desce dojde k rozsvícení kontrolky ABS (Post a kol., 2004).

Činnost

Otáčky kol jsou pomocí snímačů převedeny na elektrické signály, které vstupují do řídicí jednotky. Pokud je při brzdění zjištěno možné zablokování kol, tak hydraulická jednotka sníží velikost brzdného tlaku blokujícího kola, aby jeho brzdná síla byla taková, při které nedojde k jeho blokaci. Po skončení nebezpečné situace se úhlová rychlost kola opět zvýší a je vydán opačný signál řídicí jednotky. Tlak brzdové kapaliny je zvětšen a je mnohem intenzivnější. Tato situace trvá pouze několik tisícín sekundy (Pilárik, Pabst, 1997).

5 KONTROLA ÚČINNOSTI BRZDOVÝCH SOUSTAV

Z hlediska bezpečnosti je na brzdové soustavy kladen důraz. Požadavky na jejich funkčnost jsou dány zákonem a v ČR vyhláškami č. 102/1995 Sb. a č. 176/1960 Sb. Všechny požadavky musí být v souladu s homologačními předpisy EHK č. 13 (Vlk, 2000).

Všechna vozidla musí být vybavena dvěma na sobě nezávislými brzdovými zařízeními. Jedno zajišťuje provozní brzdění a druhé parkovací brzdění. Při provozním brzdění musí být zajištěno bezpečné zastavení vozidla při jakékoliv situaci. Nouzové brzdění musí umožnit zastavení v případě poruchy provozního brzdění. Parkovací brzdění zajišťuje nehybnost stojícího vozidla (Vlk, 2000).

Všechny požadavky na provozní a nouzové brzdění jsou na následujícím obr. 19.

Kategorie vozidel podle EHK – R 13 (druh, max. hmotnost m)		Přeprava osob			Přeprava nákladu		
		Osobní automobily M1	Autobusy		Nákladní automobily		
			m ≤ 5 t M2	m > 5 t M3	m ≤ 3,5 t N1	3,5 > m ≤ 12 t N2	m > 12 t N3
Provozní brzdění	Počáteční rychlost v_0	80 km/h	60 km/h		70 km/h	50 km/h	40 km/h
	Max. brzdná dráha s	$0,1 \cdot v_0 + v_0^2/150$ $s = 50,7$ m	$0,15 \cdot v_0 + v_0^2/130$ $s = 36,7$ m		$0,15 \cdot v_0 + v_0^2/115$ $s = 53,1$ m $s = 29,2$ m $s = 19,9$ m		
	Max. nožní síla F_a	500 N	700 N		700 N		
	Max. prodleva t_I	0,36 s	0,54 s		0,54 s		
	Zpomalení a	5,8 m/s ²	5 m/s ²		4,4 m/s ²		
Nouzové brzdění	Max. brzdná dráha s	$0,1 \cdot v_0 + 2v_0^2/150$ $s = 93,4$ m	$0,15 \cdot v_0 + 2v_0^2/130$ $s = 64,4$ m		$0,15 \cdot v_0 + 2v_0^2/115$ $s = 95,7$ m $s = 51,0$ m $s = 33,8$ m		
	Max. ruční síla F_r	400 N	600 N		600 N		

Obr. 19 Požadavky na brzdny účinek, Zdroj: Vlk, 2000

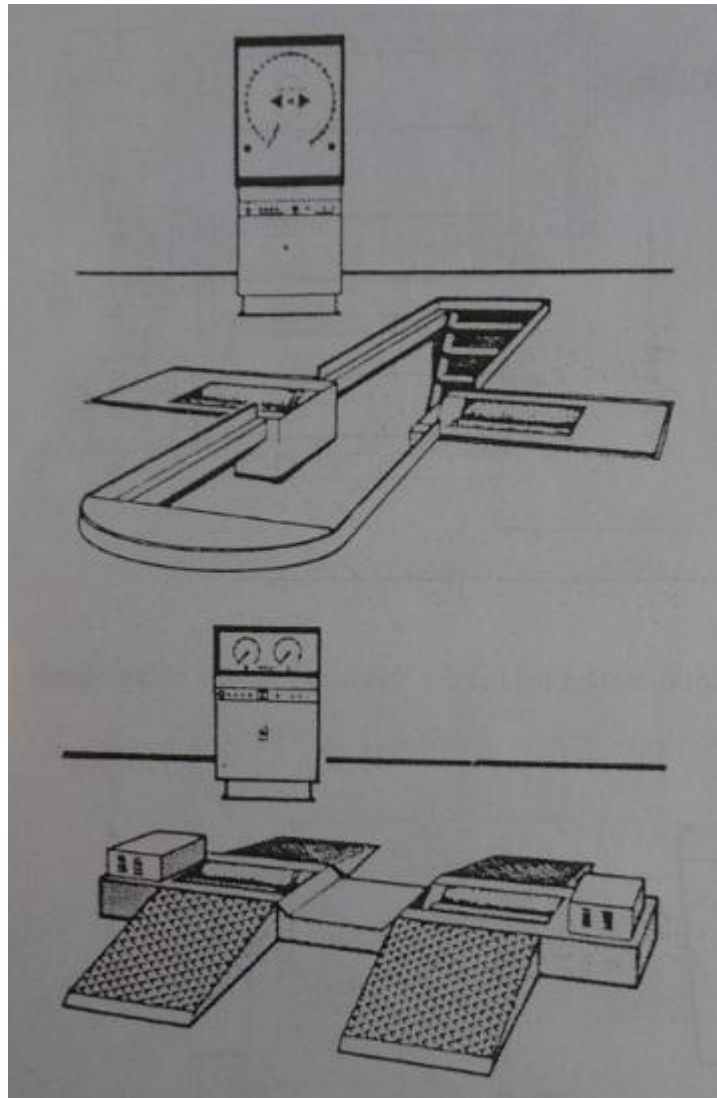
Účinnost brzdových soustav je možné kontrolovat pomocí:

- Pomaloběžné válcové zkušebny
- Rychloběžné válcové zkušebny
- Plošinové zkušebny

5.1 Pomaloběžná válcová zkušebna

Tento typ zkušeben je využívám pro zkoušení brzdových soustav vozidel na stanici technické kontroly. Zkouška probíhá při malých rychlostech do 10 km/h. Nelze zde zjistit chování brzd při vyšších rychlostech, ale pro základní ověření funkce brzd je tato zkušebna dostačující.

Pro zobrazení brzdnych sil se využívají analogové nebo digitální přístroje. Pomaloběžné válcové zkušebny mohou být vybudovány pod úrovní podlahy nebo taky nad úrovní podlahy doplněné o nájezdy viz obr. 20. V některých případech je zkušebna vyhotovena i s montážní jámou dohromady. Dnešní válcové zkušebny jsou vybaveny moderní výpočetní technikou. Pomaloběžné válcové zkušebny lze ovládat dálkovým ovladačem z měřeného vozidla. Všechny výsledky měření lze vytisknout. Válce jsou vyráběny s co největším koeficientem přilnavosti a jsou schopny snést tíhu až 15 tun (Vlk, 2003).



Obr. 20 Umístění pod a nad úrovní podlahy, Zdroj: Vlk, 2001

Válcová zkušebna se skládá ze dvou párů hnacích válců, jak je znázorněno na obr. 21. Dvojce válců má vždy svůj elektromotor. Jeden válec je poháněn elektromotorem a druhý válec se otáčí pomocí řetězu, kterým je propojen s prvním válcem. Mezi elektromotor a první poháněný válec je umístěna převodová skříň se stálým převodem. Osa převodovky a poháněného kola jsou totožné a převodovka se otáčí kolem podélné osy, protože není pevně spojena s rámem. Dále je zde tlakový snímač síly, který je spojen s převodovou skříní pomocí momentového ramena (Vlk, 2001).



Obr. 21 Pomaloběžná válcová zkušebna, Zdroj: autor

Pomaloběžná válcová zkušebna Motex 7553, která je určena pro osobní vozy a stanice STK měří brzdné síly s okamžitým vyhodnocením rozdílu brzdné síly mezi koly. Tato zkušebna umožňuje i grafické vyhodnocení vzrůstajících a klesajících brzdných sil. Povrchová úprava válců je z protismykové hmoty. Pohon zkušebny se nerozjede, pokud nebudou obě kola vozidla stát na zkušebních válcích (Vlk, 2006).

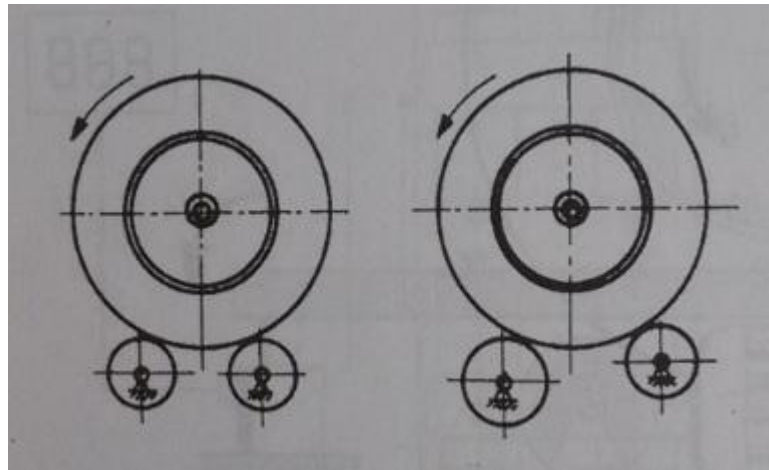
Zkouška probíhá tak, že na válce se najede nejprve koly přední nápravy a poté zadní nápravou, tak že na jednom páru válců je vždy jedno kolo vozidla. Zkouška probíhá při nastartovaném motoru, kola jsou roztočena válci, které jsou poháněny elektromotory. Elektromotor válce roztočí na konstantní rychlost, která se nezmění ani při brzdění. Velikost síly, kterou je brzděno vyvolá reakční moment a ten působí proti smyslu otáčení válce a odpovídá brzdné síle kola (Vlk, 2001).

Brzdnou sílu je možné měřit dvěma způsoby a to jak mechanicky tak i elektricky. U mechanického způsobu je záznamové zařízení propojeno se snímačem, na který působí rameno. U elektrického způsobu je síla zaznamenána pomocí wattmetru, který měří příkon elektromotoru. Zde je měřen příkon, který je potřeba k udržení stálé rychlosti válců (Vlk, 2006).

Pohonem válcových zkušeben jsou elektromotory o velkém příkonu. Je to z důvodu měření velkých brzdných sil a kvůli zkušebním rychlostem. Proto se u pomaloběžných zkušeben používají rychlosti do 20 km/h. Při zkoušce je nežádoucí blokování kola, na

kterém by došlo k poškození jeho dezénu. Z tohoto důvodu je mezi hlavními válci umístěn třetí malý válec. Ten je roztáčen rychlostí kola, na které je přitlačován pomocí pružiny. V případě překročení přípustné meze skluzu je třetí válec vybaven snímačem, ze kterého předá signál a dojde k vypnutí elektromotoru (Vlk, 2003).

Povrch válců je upraven tak, aby součinitel přilnavosti s pneumatikou byl co největší. Z tohoto důvodu se nepoužívají hladké válce, proto se používají válce rýhované a žebrované. Hnací válce se vyrábí v průměrech od 150 do 300 mm. Osy válců nemusí být vždy ve stejné vodorovné rovině, v některých provedeních je zadní válec výše než přední viz. obr. 22. Tímto uspořádáním válců je zabráněno vyjetí vozidla směrem dozadu, které může nastat při prudkém zabrzdění (Vlk, 2001).



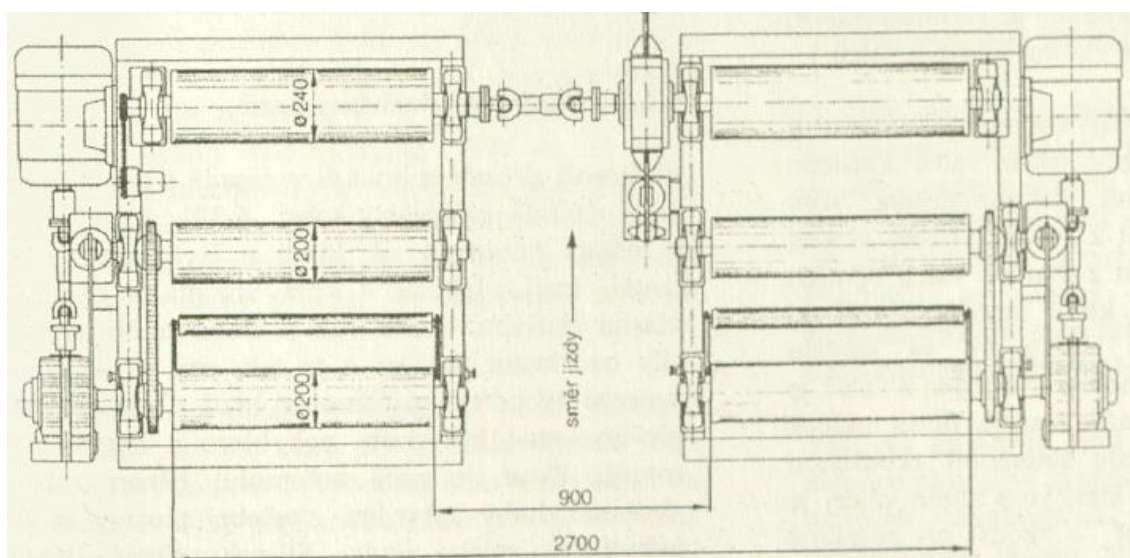
Obr. 22 Rozdílná výška válců, Zdroj: Vlk, 2006

U vozidel se stálým pohonem všech kol je točivý moment rozdělen mezi kola vozidla. Potom má takové vozidlo tendenci vyjet ze zkušebny. Při měření brzdné síly je nežádoucí přenos brzdných momentů spojovacím hřídelem mezi přední a zadní nápravou. Pokud je možné odpojit pohon kol jedné nápravy je průběh zkoušky stejný jako u běžného vozidla (Vlk, 2006).

Pokud je vozidlo vybaveno pohonem všech kol s viskózní spojkou, tak jsou za běžných podmínek poháněna kola jedné nápravy. V případě prokluzu kol je uvedena do provozu i druhá náprava právě viskózní spojkou, která přenáší hnací moment na tuto nápravu. Aby se zamezilo vyjetí vozidla z válců tak se každé kolo na jedné nápravě točí v opačném směru, ale jejich rychlost otáčení musí být totožná. V takovém případě nedojde k otočení spojovací hřídele a druhá náprava není zapojena (Vlk, 2001).

Jestliže je vozidlo s pohonem všech kol vybaveno viskózní spojkou dochází k přenosu síly již při nepatrném otočení spojovací hřídele. Aby nedošlo k přenosu sil na kola, musí se točit totožně. Kola musí být udržena v rozmezí vůlí rozvodovky, na pneumatiky jsou umístěny odrazky a na každé straně válců jsou umístěny snímače. Vůle se potom určuje pootáčením jednoho kola, dokud nedojde k pohybu druhého kola, které je zpožděno o vůli zubů rozvodovky. Mezní poloha na opačném kole se určí stejným způsobem, tedy pootáčením druhého kola. Brzdný účinek je závislý na směru otáčení kola, je nutné provést zkoušku na jedné nápravě dvakrát, vždy pro kola točící se ve směru jízdy. Síla působící na pedál musí být vždy stejná, proto se využívá pedometr (Vlk, 2003).

Brzdný účinek lze měřit i na sdružených válcových zkušebnách (obr. 23), válce s průměrem 200 mm jsou k měření brzdných sil a přední válce jsou určeny k měření výkonu. Skluz kola je měřen úzkým válcem a v případě blokování kola zajistí vypnutí elektromotorů (Vlk, 2001).



Obr. 23 Sdružená válcová zkušebna, Zdroj: Vlk, 2006

Zkušební rychlosti pomaloběžných válcových zkušeben jsou 0,5 – 5 km/h a nejsou schopny vyhodnotit správnou funkci brzdové soustavy. Při rychlosti nad 5 km/h je lepší vypovídací hodnota, proto mají při zkoušení vozidel větší význam rychloběžné válcové zkušebny. Avšak pro kontrolu jsou pomaloběžné zkušebny dostačující (Vlk, 2003).

5.2 Rychloběžná válcová zkušebna

U zkoušení na rychloběžných válcových zkušebnách jsou podmínky zkoušení nejbližší reálným podmínkám v provozu. Rychlost, při které zkoušky probíhají, se pohybuje v rychlostech nad 100 km/h. Rozlišujeme tři druhy zkušeben:

- a) válce zkušebny jsou poháněny elektromotory, měření probíhá totožně jako u pomaloběžných zkušeben,
- b) pohon válců se po dosažení určené rychlosti vypne, brzděním dochází ke zpomalení válců a zároveň probíhá měření dráhy a času,
- c) jedná se o kombinaci obou předchozích typů (Vlk, 2006).

Uspořádání rychloběžné válcové zkušebny je trochu odlišné od pomaloběžné, které jsou jen se dvěma páry válců. Rychloběžné zkušebny mohou být v provedení, kde je možné zkoušet všechna kola vozidla najednou viz. obr.24.



Obr. 24 Rychloběžná válcová zkušebna, Zdroj: BRISTLE CONSULTING ENGINEER, 2017

U rychloběžné zkušebny má jeden válec na každé straně pohon elektromotoru. Pro případ vyjetí vozidla ze zkušebních válců, má druhý válec z dvojice volnoběžné

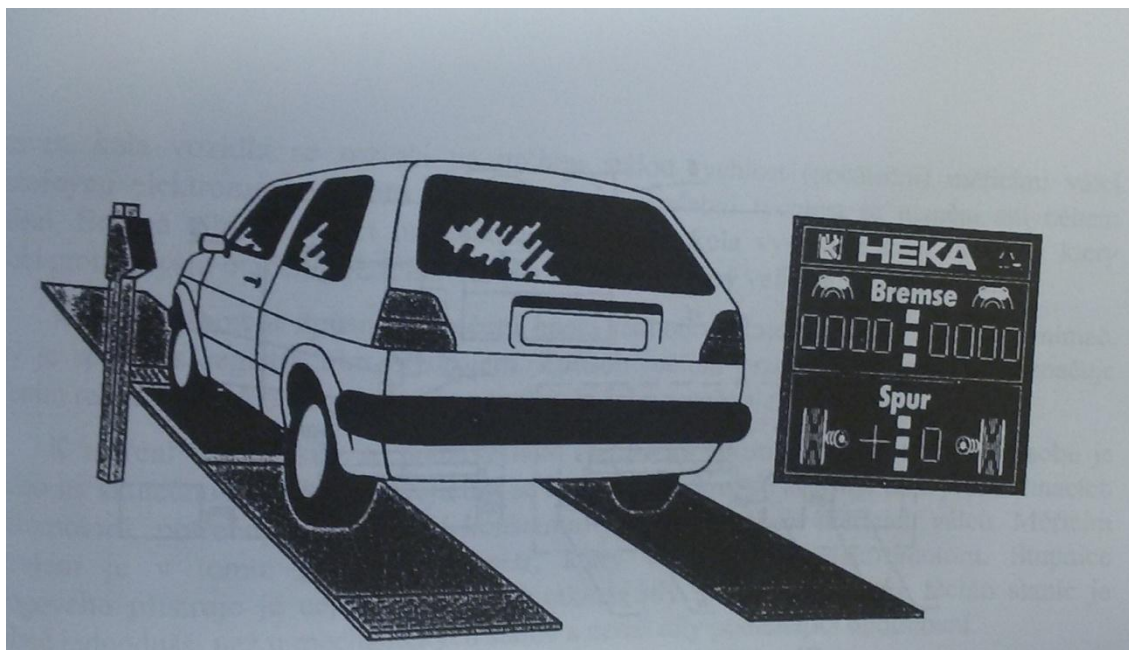
zařízení, které se otáčí pouze ve směru jízdy vozidla. Jeden válec je opatřen snímačem z důvodu zaznamenávání otáček válců. V případě jednonápravové zkušební vozidlo najede předními koly na válec a zadní kola jsou zajištěny klíny proti pohybu. Je zde vysoké riziko vyjetí vozidla mimo válec. Po dosažení předepsané rychlosti řidič sešlápne brzdový pedál, poté se vypnou elektromotory válců a dochází k pohlcení energie válců koly vozidla. Průběh otáček je od začátku do konce brzdění zaznamenám počítadlem a tyto údaje jsou důležité pro správné vyhodnocení. V případě dvounápravové zkušební je postup zkoušky stejný jen s tím rozdílem, že obě nápravy jsou zkoušeny současně (Vlk, 2006).

Válcové zkušebny mají mnoho výhod, zejména:

- bezproblémová opakovatelnost měření,
- zkoušky nejsou ovlivněny vnějšími vlivy,
- možnost zahřátí brzd před zkouškou,
- kontrola ovality kotoučů,
- možnost seřízení ruční brzdy,
- měření přípojných a vícenápravových vozidel (Vlk, 2001).

5.3 Plošinové zkušebny brzd

Plošinové zkušebny jsou vyráběny v provedení dvou nebo čtyř plošinové viz. obr. 25. Na těchto plošinách se měří brzdná síla. U čtyř plošinové zkušebny má každé kolo vozidla svoji zkušební dráhu. Plošiny jsou pohyblivé ve směru přímé jízdy vozidla. Po zabrzdění vozidla se plošiny pohybují směrem dopředu. Každá plošina má tenzometrický snímač a jeho výstup je převeden na elektrické signály. Pro vysokou přesnost je žádoucí vysoká frekvence měření. Na zkušební plošiny vozidlo najíždí rychlostí 10 – 15 km/h, v okamžiku najetí koly na plošiny řidič zabrzdí. Pro větší přesnost je dobré využít celou délku zkušebny (Vlk, 2003).



Obr. 25 Plošinová zkušebna brzd, Zdroj: Vémola, 2006

V případě dvou plošinové zkušebny se nejprve měří přední náprava a poté zadní náprava. Pro správnost měření je použit pedometr, aby byla stejná brzdná síla jak u přední nápravy, tak u zadní nápravy (Vlk, 2003).

Dráha pro rozjezd na plošinovou zkušebnu je v rozmezí 8 – 10 m. U čtyř plošinové zkušebny se celá její délka pohybuje okolo 5 metrů. Z hlediska bezpečnosti se před plošinami nechává cca 2 metry volného prostoru. Délka brzdové plošiny je 1 500 mm i více. Plošiny mohou být montovány pod podlahou nebo přímo na podlahu a jejich tloušťka je 50 mm (Vlk, 2001).

Mezi předními a zadními plošinami může být umístěna ještě další plošina, která měří sbíhavost/rozbíhavost kol. Před plošinovou zkušebnou je zabudována váha pro měření hmotnosti na jednotlivé nápravy. Hmotnost je poté využita pro výpočet zbrzdění (Vlk, 2001).

Výsledky brzdných sil jsou interpretovány pomocí digitálního ukazatele nebo monitoru, ze kterého lze vytvářet grafické záznamy. Měření na plošinových zkušebnách se řadí mezi dynamické metody. Při brzdění vozidla dochází k přenosu váhy na přední nápravu, zadní náprava je nadzvednuta při brzdění. Při prudkém a intenzivním brzdění na přední nápravu připadá až 80 % váhy vozidla, zatím co u válcové zkušebny jde o statické rozložení váhy. Při opakování měření je rovněž důležitá stejná ovládací síla na brzdový pedál (Vlk, 2003).

Jednou z výhod plošinové zkušebny je dynamika měření, při které je možno posoudit funkčnost omezovače brzdných sil zadní nápravy. Není zde žádné omezení pro vozidla s pohonem 4x4. Konstrukční řešení zkušebny je jednoduché a provedení měření probíhá také velmi rychle (Vlk, 2006).

6 METODIKA MĚŘENÍ

Pro splnění výše uvedených cílů diplomové práce bylo provedeno měření. Měření probíhalo na vozidlové zkušebně Mendelovy univerzity v Brně v listopadu 2016. Vozidlová zkušebna se nachází na Ústavu techniky a automobilové dopravy v budově „R“. Jedná se o vozidlový dynamometr MEZ 4VDM E120-D.

Vozidlová zkušebna se skládá z:

- vozidlového dynamometru,
- emisní analýzy,
- zařízení pro měření spotřeby,
- čidla tlaků a senzory teploty (MZLU, 2003).

Na válcovém dynamometru jsou prováděny zkoušky hnacího ústrojí a brzdové soustavy, dále kalibrační testy a různé doplňkové zkoušky. Základní parametry zkušebny jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Základní mechanické vlastnosti dynamometru MEZ 4VDM E120-D, Zdroj: MZLU, 2003

Max. zkušební rychlost [km.h ⁻¹]	200
Max. výkon na nápravu [kW]	240
Max. hmotnost na nápravu [kg]	2 000
Průměr válců [m]	1,2
Šířka válců [mm]	600
Mezera mezi válci [mm]	900
Povrch válců	zdrsnění RAA 1,6
Setrvačná hmotnost válců (každá náprava) [kg]	1 130
Min. rozvor [mm]	2 000
Max. rozvor [mm]	3 500
Zatížitelnost krytí	
v místě jízdy [kg]	2 000
v místě chůze [kg]	500
Tlakový vzduch [bar]	min. 4
Rozsah měření rychlosti [km.h ⁻¹]	0 - 200
Rozsah měření sil [kN]	4x 0 - 5
Přesnost měření rychlosti [km.h ⁻¹]	± 0,05
Přesnost měření sil [%]	± 1,5
Přesnost regulace rychlosti [%]	± 1,5
Přesnost regulace síly [%]	± 2,5

Na dynamometru lze provádět pomaloběžné zkoušky, které jsou totožné se zkouškami na STK, rozšířené o měření brzdné síly na obou nápravách současně. Dále to jsou rychloběžné zkoušky, které jsou shodné, ale probíhají při rychlostech až 200 km/h a zkouší se staticky i dynamicky. Lze provádět i zkoušku systému ABS, která probíhá totožně jako rychloběžná zkouška. U této zkoušky je vyhodnoceno reálné chování systému ABS (MZLU, 2003).

6.1 Konstrukční řešení vozidlového dynamometru 4VDM E120-D

Konstrukčně je zkušebna tvořena tuhými základními rámy, na kterých jsou umístěna ložiska válců o průměru 1,2 m, stojin a základních ráků s elektrickými dynamometry. Rámy dohromady se stojinami tvoří základní bloky jednotlivých os.

Blok přední osy je pevný, blok zadní osy je rozměrově nastavitelný podle rozvoru vozidla, dohromady s přední osou vozidlového dynamometru VDU E120 – T. Levý a pravý válec má společný pohon elektricky ovládanou frikční spojkou. Při dynamickém měření brzdných sil ve vysokých rychlostech je možné měřit pravé a levé kolo zvlášť.

Sjednocení válcových jednotek s elektrickými dynamometry SDS 225 5604 je zabezpečeno ozubenými řetězy. Všechny válce jsou vybaveny pneumatickými brzdami pro bezpečné najetí vozidla a bezpečnostní zabrzdění. Každá válcová jednotka má svoje pneumaticky ovládané nájezdové a středící zařízení a měřící rolny s odsouvatelným krytem. Obě osy jsou situovány na konstrukci z ocelových profilů připevněných na základním rámu, který je zabetonován na dně montážní jámy (MZLU, 2003).

Podpěry pevného a posuvného krytí vozidlového dynamometru jsou spojeny se základním rámem. Pro upevnění vozidla úvazky jsou v podlaze montážní jámy zality kotvící drážky. Celý vozidlový dynamometr je překryt ocelovými plechy v rovině podlahy. Do montážní jámy je přiváděn vzduch z důvodu chlazení a jeho vyústění je pod jednotlivými osami uprostřed (v zapuštěném kanálu). Z kabiny vozidla je ovládán pomocí klávesnice ventilátor náporového chlazení, který je umístěn před vozidlem. Schéma vozidlového dynamometru je uvedeno na obr. 26 (MZLU, 2003).



Obr. 26 Schéma vozidlové zkušebny, Zdroj: MZLU, 2003

Jak je patrné z obr. 26, tak je zkušebna složena z vozidlového dynamometru 4VDM – E120D a traktorového dynamometru VDU – E270T – E150T.

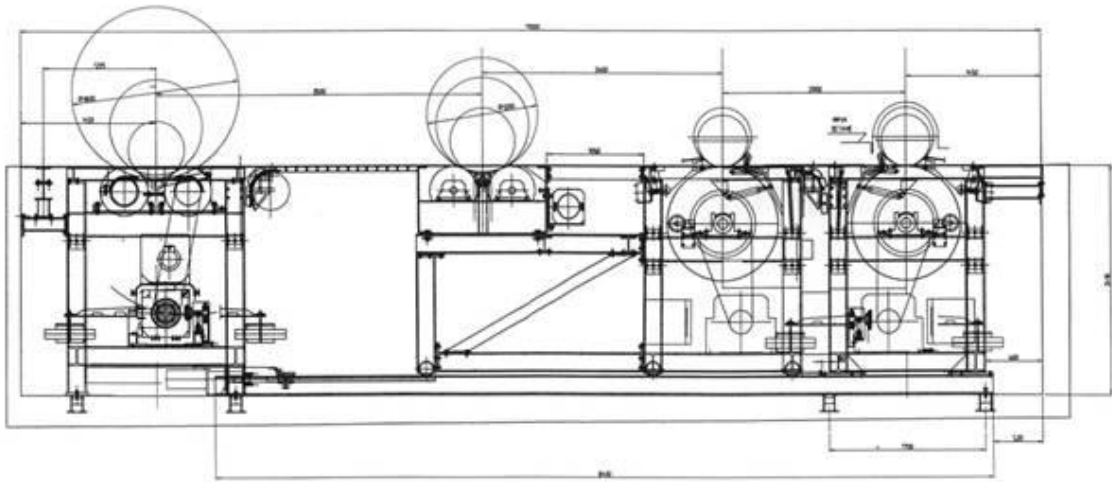
Zkušebna je rozdělena na tyto části:

- pevná část – dvojce předních samostatných válců pro osobní vozidla,
- posuvná část – dvojce zadních samostatných válců pro osobní vozidla a dvojce předních dvouválců pro traktory a nákladní vozidla,
- pevná část s dvouválci pro zadní nápravu traktoru nebo nákladního vozidla,
- pojezdové profily a jejich pohon,
- posuvné a pevné podlahy a kryty,
- upevňovací zařízení pro osobní vozidla, traktory, včetně bezpečnostních zábran (MZLU, 2003).

Vozidlový dynamometr s pevnou a posuvnou částí se dělí na:

- rám,
- válce se spojkou,
- hnací řemeny a brzdu,
- dynamometry s ventilací,
- snímací rolny,
- nastavovací zařízení (MZLU, 2003).

Kompletní schéma zkušebny osobních vozidel a traktorů je rozkresleno na následujícím obr. 27.



Obr. 27 Schéma zkušebny osobních vozidel a traktorů, Zdroj: MZLU, 2003

Nedílnou součástí vozidlové zkušebny je vzduchotechnika a odvod spalin. Regulace podtlaku v místnosti je v rozmezí od 5 do 300 Pa, kde celkové vyměněné množství vzduchu činí až 25 000 m³/h. Výfukové plyny je možné regulovat ručně nebo v závislosti na odebíraném výkonu až do 24 000 m³/h (MZLU, 2003).

6.2 Měřené vozidlo

Měření probíhalo na vozidle Škoda Superb 2.0 TDI CR 4x4, technické údaje vozidla jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Technické parametry vozidla Škoda Superb, Zdroj: Škoda-auto, 2017

Vozidlo	Škoda Superb 4x4 2.0 TDI CR
Délka	4 838 mm
Šířka	1 817 mm
Výška	1 462 mm
Světlá výška	139 mm
Rozvor	2 761 mm
Rozchod přední	1 545 mm
Rozchod zadní	1 518 mm
Provozní hmotnost	1 647 kg
Celková přípustná hmotnost	2 210 kg
Motor	vznětový přeplňovaný čtyřválec
Zdvihový objem	1 968 cm ³
Maximální výkon	125/4 200 kW při 1/min
Nejvyšší točivý moment	350/ 1 750 - 2 500 Nm při 1/min
Kompresní poměr	16.5:1
Vrtání/Zdvih	81/95,5 mm
Maximální rychlost	219 km/h
Zrychlení 0 - 100 km/h	9,0 s
Hnaná náprava	přední i zadní
Typ převodovky/ počet stupňů	manuální / 6

Naměřené hodnoty vozidla Škoda Superb byly porovnány s vozidlem Volkswagen Golf Variant 1.9 TDI, které bylo na vozidlové zkušebně rovněž měřeno. Porovnávané vozidlo bylo vybráno z důvodu, že některé typy zkoušek vozidel Škoda Superb a Volkswagen Golf byly totožné provedením i měřenými parametry.

V následující tab. 3 je základní technická specifikace vozidla Volkswagen Golf Variant.

Tab. 3 Technické parametry vozidla Volkswagen Golf Variant, Zdroj: Katalog automobilů, 2017

Vozidlo	Volkswagen Golf Variant 1.9 TDI
Délka	4 397 mm
Šířka	1 735 mm
Výška	1 485 mm
Rozvor	2 502 mm
Provozní hmotnost	1 397 kg
Celková přípustná hmotnost	1 890 kg
Motor	vznětový přeplňovaný čtyřválec
Zdvihový objem	1 896 cm ³
Maximální výkon	66/3 750 kW při 1/min
Nejvyšší točivý moment	210/ 1 900 Nm při 1/min
Kompresní poměr	19.5:1
Vrtání/Zdvih	79.5/95,5 mm
Maximální rychlost	180 km/h
Zrychlení 0 - 100 km/h	12,6 s
Hnaná náprava	přední
Typ převodovky/ počet stupňů	manuální/ 5

6.3 Vlastní měření

Úkolem měření na vozidle Škoda Superb bylo hodnocení brzdného účinku brzdové soustavy. Pro hodnocení účinnosti byla zvolena velikost brzdné síly a pokles rychlosti vozidla v závislosti na čase.

Před samotným měřením na válcové zkušebně byla nejprve nutná celková kontrola vozidla.

Pneumatiky vozidla před najetím na válcový dynamometr musí být zbaveny nečistot a zkontrolován jejich tlak. Ještě před samotným měřením bylo nutné vozidlo zvážit, aby byla známá rozložení hmotnosti na nápravy. V tab. 4 jsou uvedeny hmotnosti připadající na jednotlivé nápravy jak vozidla Škoda Superb tak i vozidla Volkswagen Golf Variant. Před najetím vozidla na válce je potřeba nastavit vzdálenost předních a zadních válců podle rozvoru kol vozidla.

Tab. 4 Hmotnosti náprav a rozvor vozidel

	Škoda Superb	Volkswagen Golf
přední náprava	950 kg	950 kg
zadní náprava	720 kg	1 010 kg
rozvor	2 761 mm	2 502 mm

Po najetí vozidla na válce se musí z důvodu bezpečnosti zajistit proti pohybu a vyjetí vozidla během zkoušky z válců zkušebny. Na zkoušeném vozidle Škoda Superb byly demontovány přední i zadní nárazník a na jejich místo byla připevněna speciální konstrukce pro přesné a pevné uchycení na válcové zkušebně. Dalším krokem byla příprava ocelových nosníků pro uchycení vozidla, které jsou v přední a zadní části zkušebny. Ocelové nosníky jsou vybaveny dorazy a jsou výškově i stranově polohovatelné pro různá vozidla. Po dotažení všech komponentů se ke každému kolu vozidla upevní tzv. bezpečnostní „ohrádky“ viz. obr. 28. Poté dojde k ustavení vozidla na válcích. Dále se připojí snímače otáček do motorové části vozidla. Před automobil je umístěn ventilátor z důvodu chlazení, k výfuku je umístěn podtlakový ventilátor pro odvod spalin.



Obr. 28 Upevnění vozidla na válcové zkušebně, Zdroj: autor

Dalším důležitým krokem pro spuštění samotného měření je zadání všech důležitých údajů a parametrů o vozidle do počítače válcové zkušebny. Jedná se o všechny technické údaje, které jsou potřeba pro správnost měření na válcové

zkušebně. Do počítače se zapisují parametry vozidla, typ vozidla, specifikace motoru, otáčky motoru. Také se zaznamenává typ a nahuštění pneumatik, na zkoušeném vozidle Škoda Superb byly pneumatiky značky Pirelli P ZERO ROSSO 225/45 R17 94 W, nahuštění pneumatik bylo na přední nápravě 2,2 bar, na zadní nápravě 2,3 bar. Na vozidle Volkswagen Golf Variant byly pneumatiky o rozměru 195/65 R15 91 T, kde přední i zadní náprava byla nahuštěna na tlak 1,9 bar.

Jednalo se zejména o velikost síly, které brzdy vozidla dosahovaly při statických a dynamických zkouškách. Z hlediska statistické průkaznosti byly zkoušky několikrát opakovány, aby výsledky měli lepší vypovídací hodnotu, jak vozidlo při konkrétní zkoušce brzdilo. Neméně důležitým parametrem byl i čas, za který bylo vozidlo schopno zcela zastavit. Dalším měřeným parametrem byla i rychlost, která byla podstatná z hlediska typu zkoušky, některé zkoušky byly prováděny za konstantní rychlosti 20 km/h a jiné naopak při rychlosti 130 km/h.

V průběhu zkoušky bylo po celou dobu nutné mít nastartovaný motor z důvodu správné funkce brzdové soustavy a systému ABS. Proto je důležitý odvod spalin od vozidla. Kola vozidla jsou roztáčeny pomocí válců zkušebny na požadovanou rychlost.

Samotné měření probíhalo dvěma způsoby a to statickou a dynamickou metodou. U dynamické metody byla rychlost 130 km/h, kde bylo provedeno měření se zapnutým a vypnutým ABS. U statické metody byla použita rychlost 20 km/h a 130 km/h.

6.3.1 Dynamická metoda

Dynamická zkouška se používá jako simulace reálných stavů motorových vozidel, válce zkušebny jsou schopny roztočit kola vozidla na rychlost přes 200 km/h. V průběhu testu bylo vozidlo rozjeto pomocí elektromotorů válců zkušebny na rychlost 130 km/h, válce udržují konstantní rychlost a z této rychlosti bylo vozidlo brzděno až do úplného zastavení. Tato metoda byla použita pro měření s funkcí ABS a poté bez funkce ABS.

Postup měření s ABS:

- zapsání všech technických údajů do počítače zkušebny,
- rozběh válců zkušebny na požadovanou rychlost 130 km/h,
- sešlápnutí brzdového pedálu řidičem, obvodová rychlost kol se snižuje,
- řidič působí silou na pedál, dokud se kola vozidla nezastaví,

- zaznamenávání dat z průběhu měření.

Postup měření bez ABS:

- celý postup měření je totožný s předchozím, pouze s tím rozdílem, že bylo deaktivováno ABS. Systém ABS byl deaktivován vyjmutím pojistky ABS z pojistkové skříně vozidla. Po sešlápnutí brzdového pedálu, bylo nutné po dosažení meze skluzu pneumatik na vozidle, pedál ihned uvolnit, z důvodu zablokování kol na válcové zkušebně a následného poškození pneumatik i válců zkušebny.

6.3.2 Statická metoda

Statická metoda je používána na stanici technické kontroly pro kontrolu funkčnosti brzd při malých rychlostech, ale u válcové zkušebny je možné u této metody použít i vyšší rychlosti. Test probíhal ve dvou režimech a to v pomaloběžném a rychloběžném. Kola vozidla byla rozjeta elektromotory válců zkušebny na požadovanou rychlost a poté je opět vozidlo brzděno řidičem, válce zkušebny stále drží stanovenou rychlost na začátku měření. Tento typ zkoušek je prováděn s deaktivovaným systémem ABS.

Postup měření:

- měření bylo provedeno pomaloběžným způsobem při rychlosti 20 km/h a rychloběžným způsobem při rychlosti 130 km/h,
- po signalizaci počítače byl brzdový pedál pozvolně zatěžován silou řidiče, tím se zvyšovala brzdná síla na kolech vozidla, která se držela po určitou dobu, poté bylo vozidlo odbrzděno, aby nedošlo k zablokování kol vozidla na válcích a následné deformaci pneumatik, válce potom zastaví kola vozidla.

7 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Před samotným uvedením grafických vyjádření, budou zde uvedeny a popsány zkratky, které byly použity v grafech a jsou to:

- LP – levé přední kolo
- PP – pravé přední kolo
- LZ – levé zadní kolo
- PZ – pravé zadní kolo

Výsledky statické metody

Jak již bylo zmíněno výše, byly použity dva způsoby měření. První způsob byl pomaloběžný, kde byl pozorován nárůst brzdné síly na kolech vozidla až do dosažení mezního stavu skluzu kola a následného uvolnění tlaku na brzdový pedál. Byla zde výchozí rychlost 20 km/h s deaktivovaným systémem ABS. Jako druhý způsob byl použit rychloběžný s rychlostí 130 km/h opět s deaktivovaným systémem ABS.

V následujících tab. 5 a 6 jsou uvedeny hodnoty z měření. Díky vysoké vzorkovací frekvenci byla do tabulky vybrána jen určitá část hodnot.

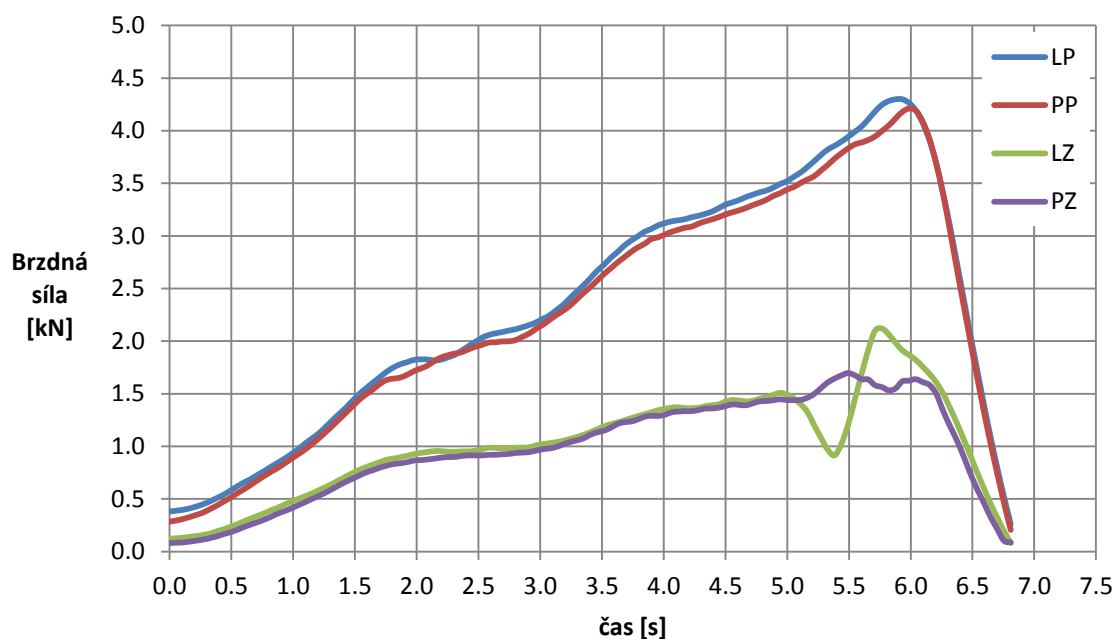
Tab. 5 Naměřená data, statická metoda, rychlost 20 km/h

Statická metoda, rychlost 20 km/h				
čas [s]	LP [kN]	PP [kN]	LZ [kN]	PZ [kN]
0,00	0,38	0,28	0,12	0,08
0,55	0,62	0,55	0,26	0,21
1,21	1,12	1,08	0,58	0,53
1,87	1,78	1,65	0,90	0,84
2,53	2,03	1,96	0,97	0,91
3,19	2,34	2,29	1,05	1,02
3,85	3,04	2,93	1,31	1,28
4,50	3,30	3,21	1,43	1,38
5,16	3,65	3,54	1,33	1,46
5,82	4,28	4,05	2,06	1,53
6,48	2,07	2,01	0,92	0,75
6,81	0,26	0,21	0,08	0,09

Tab. 6 Naměřená data, statická metoda, rychlost 130 km/h

Statická metoda, rychlost 130 km/h				
čas [s]	LP [kN]	PP [kN]	LZ [kN]	PZ [kN]
0,00	1,06	0,87	0,13	0,07
0,44	1,44	1,35	0,46	0,46
0,99	2,42	2,16	0,97	0,90
1,54	2,81	2,67	1,23	1,22
2,09	3,07	2,90	1,31	1,40
2,64	3,35	3,36	1,51	1,37
3,19	3,91	3,87	1,78	1,50
3,74	4,29	4,29	1,72	1,92
4,28	4,49	4,44	1,92	1,77
4,83	4,33	4,26	1,90	1,70
5,38	1,52	1,41	0,32	0,31
5,55	0,83	0,73	0,32	0,30

Na obr. 29 je grafické vyjádření hodnot brzdění obou náprav vozidla při konstantní rychlosti 20 km/h a následného brzdění do úplného zastavení kol vozidla.

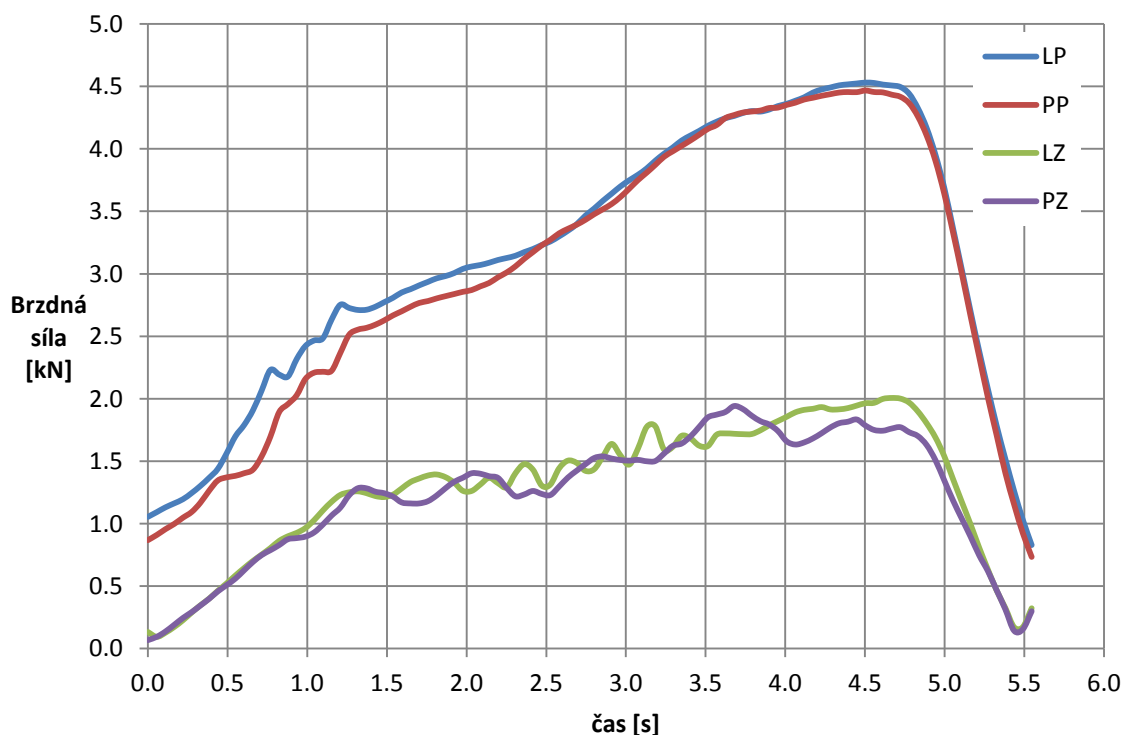


Obr. 29 Statická zkouška, brzdná síla v závislosti na čase při rychlosti 20 km/h

Jak je z obr. 29 patrné, tak na první pohled je zde rozdíl v brzdě síle mezi přední a zadní nápravou vozidla. Tento rozdíl je dán opatřením, které zabezpečí dostatečný účinek brzdění a stabilitu při brzdění. V důsledku dynamiky jízdy vozidla dochází

k přesunu tíhy vozidla na přední část, kde se nachází motor. Z tohoto důvodu je vyšší brzdné síly dosahováno na přední nápravě. Na obrázku je vidět symetrie brzdných sil u levého a pravého kola přední nápravy. Největší brzdná síla přední nápravy je 4,3 kN, které vozidlo dosáhlo v čase 5,88 s. U zadní nápravy je hodnota brzdné síly kolem 1,5 kN. Vozidlo bylo rozjeto na konstantní rychlost 20 km/h a zahájeným následným brzděním bylo uvedeno do klidového stavu v čase 6,8 s.

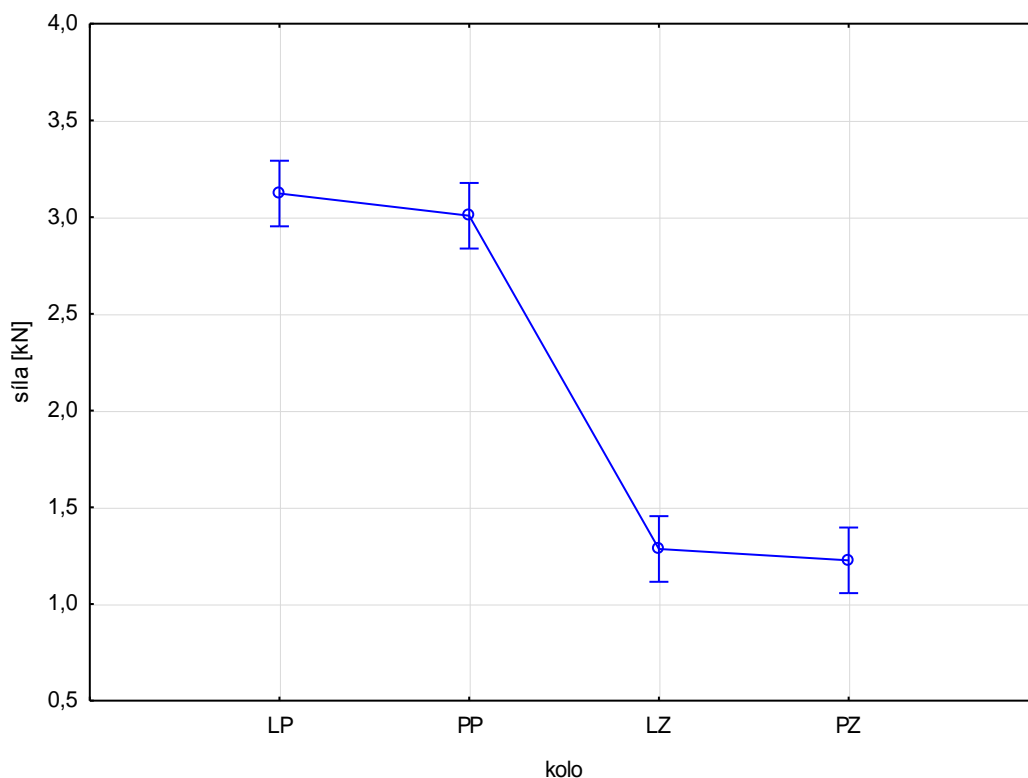
Na obr. 30 je grafické vyjádření statické zkoušky, která probíhala při rychlosti 130 km/h, ze které se zpomalovalo až do úplného zastavení.



Obr. 30 Statická zkouška, brzdná síla v závislosti na čase při rychlosti 130 km/h

Na obr. 30 je také viditelný rozdíl brzdných sil mezi přední a zadní nápravou. Největší rozdíl dosahuje hodnoty 2,5 kN. Tato rychloběžná zkouška probíhala při konstantní rychlosti 130 km/h, poté následovala decelerace až do dosažení meze skluzu kol vozidla. Na obrázku je vidět, že při rychlosti 130 km/h je vozidlo schopné zastavit za 5,5 s. Největší brzdná síla byla na přední nápravě v čase 4,5 s, kde její hodnota dosahovala 4,5 kN a ve stejném čase na zadní nápravě byla brzdná síla 2 kN.

Pro statistické hodnocení byl vytvořen graf průměrných hodnot brzdných sil mezi přední a zadní nápravou s vyznačením intervalu spolehlivosti na hladině významnosti 0,95 %, který je znázorněn na obr. 31.



Obr. 31 Rozdíl brzdných sil mezi nápravami, statická metoda, rychlost 130 km/h

Je zde na první pohled viditelný rozdíl v brzdných silách mezi přední a zadní nápravou, který jenom potvrdil správnost grafického znázornění na obr. 30, kde je tento rozdíl také patrný, jde tedy o statisticky významný rozdíl. Rozdíl brzdných sil mezi pravým a levým kolem jedné nápravy není nijak zásadně odlišný, nejedná se tedy o statisticky významný rozdíl. Z čehož lze usuzovat, že kola vozidla brzdí symetricky.

Výsledky dynamické metody

U dynamické metody byla výchozí rychlost 130 km/h. Byl pozorován nárůst brzdné síly za čas, kde byly provedeny zkoušky s deaktivovaným a aktivovaným systémem ABS. Systém ABS byl deaktivován vyjmutím pojistky ABS z pojistkové skříně, která je umístěna v kabině vozidla.

V následujících tab. 7 a 8 jsou hodnoty, které byly rovněž vybrány díky vysoké vzorkovací frekvenci z celkového spektra cca 400 hodnot, uvedené hodnoty v tabulkách

vypovídají o celkovém průběhu brzdění s deaktivovaným a aktivovaným systémem ABS.

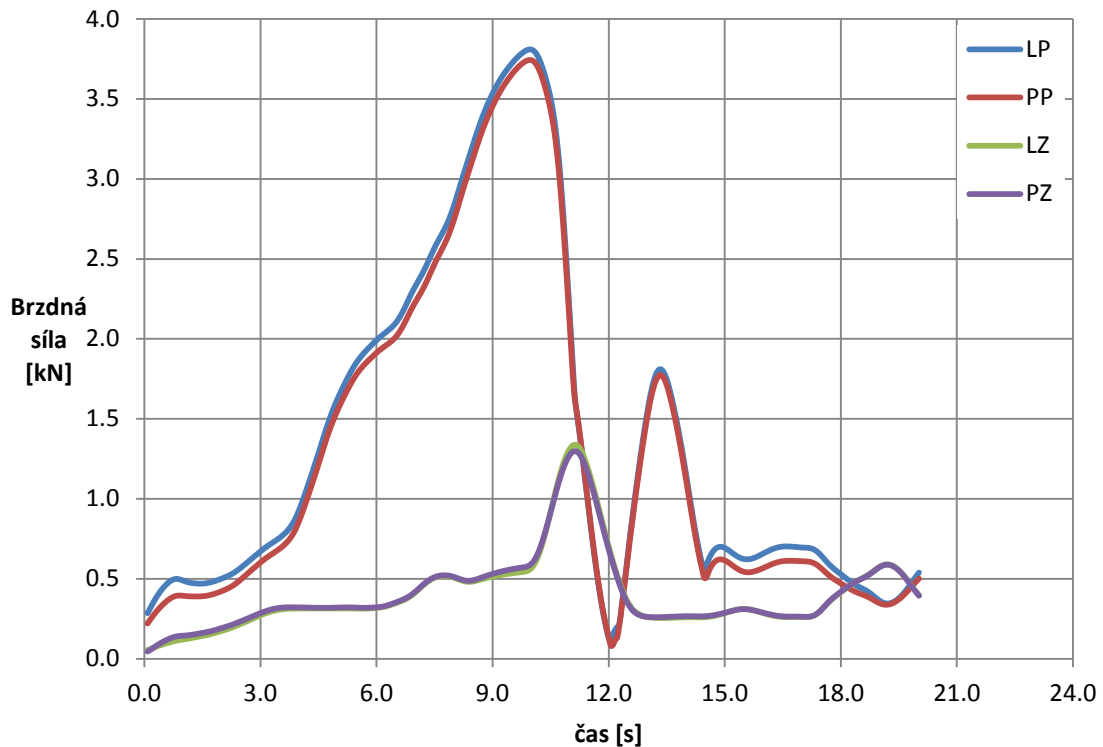
Tab. 7 Naměřená data, dynamická metoda, bez ABS, rychlost 130 km/h

Dynamická metoda, bez ABS, rychlost 130 km/h				
čas [s]	LP [kN]	PP [kN]	LZ [kN]	PZ [kN]
0,08	0,29	0,22	0,06	0,05
4,86	1,55	1,48	0,32	0,32
9,80	3,79	3,73	0,54	0,57
14,75	0,68	0,61	0,27	0,27
19,69	0,43	0,41	0,50	0,50
24,63	0,54	0,50	0,23	0,22
29,58	0,48	0,45	0,23	0,22
34,52	0,30	0,25	0,09	0,09
39,43	0,31	0,25	0,19	0,19
44,38	0,81	0,78	0,49	0,48
48,55	0,95	0,91	1,11	1,10

Tab. 8 Naměřená data, dynamická metoda, monitorování funkce ABS, rychlost 130 km/h

Dynamická metoda, monitorování funkce ABS, rychlost 130 km/h				
čas [s]	LP [kN]	PP [kN]	LZ [kN]	PZ [kN]
0,07	0,10	0,05	0,04	0,02
2,32	0,55	0,48	0,32	0,36
4,57	2,69	2,64	1,32	1,35
6,82	1,22	1,16	1,57	1,61
9,08	0,57	0,46	1,83	1,81
11,33	1,52	1,40	1,98	1,94
13,58	0,89	0,86	1,22	1,15
15,83	0,17	0,15	0,89	0,82
18,08	0,46	0,42	0,26	0,27
20,34	0,80	0,82	0,86	0,88
22,45	0,45	0,49	0,60	0,59

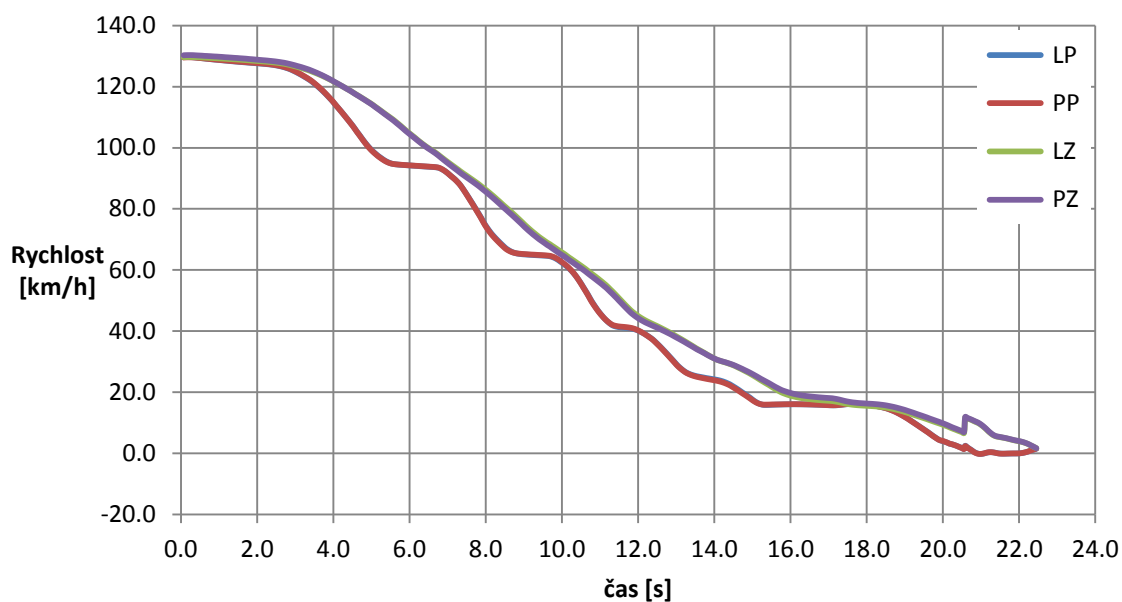
Na obr. 32 je grafické vyjádření hodnot dynamické brzdové zkoušky s deaktivovaným systémem ABS, brzdění probíhalo z výchozí rychlosti 130 km/h.



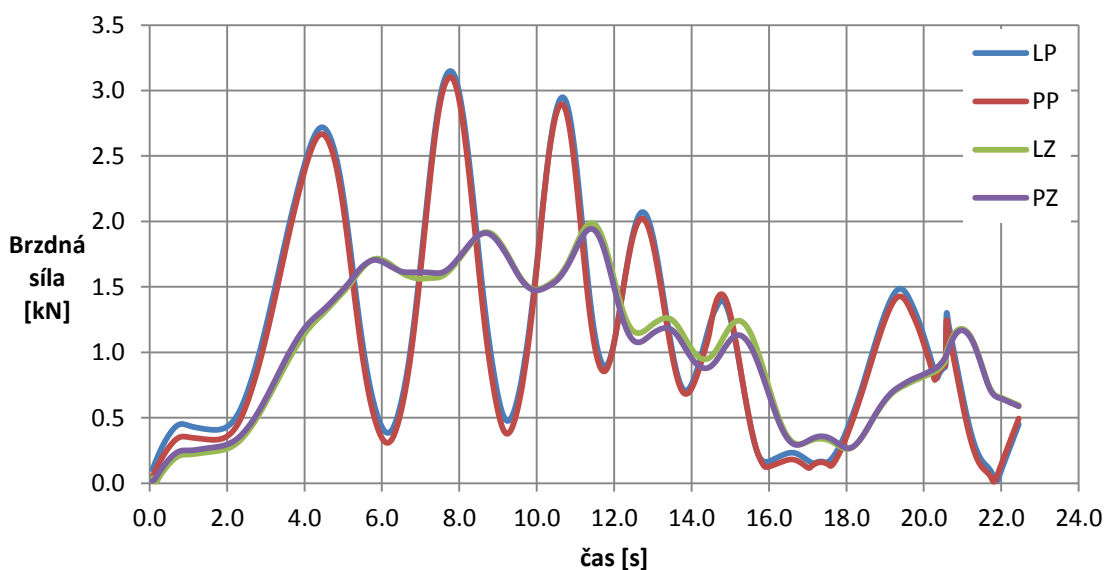
Obr. 32 Dynamická zkouška, brzdná síla v závislosti na čase při rychlosti 130 km/h bez ABS

Na obr. 32 je vidět průběh brzdné síly, kde probíhala decelerace z konstantní rychlosti 130 km/h. V okamžiku sešlápnutí brzdového pedálu je strmý nárůst brzdné síly na přední nápravě, na zadní nápravě je nárůst pozvolnější. Po strmém nárůstu následoval velký pokles brzdné síly, což bylo dáno tím, že zkouška probíhala s vypnutým systémem ABS. Bylo nutné uvolnit brzdu z důvodu zablokování kol vozidla na zkušebně, aby nedošlo k poškození nebo zničení pneumatik vozidla. Po uvolnění následovalo opět sešlápnutí brzdového pedálu a pokračovalo se až do zastavení kol vozidla. Největší brzdná síla 3,8 kN byla v čase 9,8 s u přední nápravy, u zadní nápravy to bylo 1,34 kN v čase 11,12 s. Zde je vidět, že zadní náprava brzdí rovněž menší silou než přední náprava a i nárůst brzdné síly je pomalejší.

Na obr. 33 a 34 je grafické vyjádření dynamické zkoušky, při výchozí rychlosti 130 km/h, která je zaměřena na monitorování funkce ABS.



Obr. 33 Dynamická metoda, monitorování funkce ABS, rychlost v závislosti na čase, rychlost 130 km/h

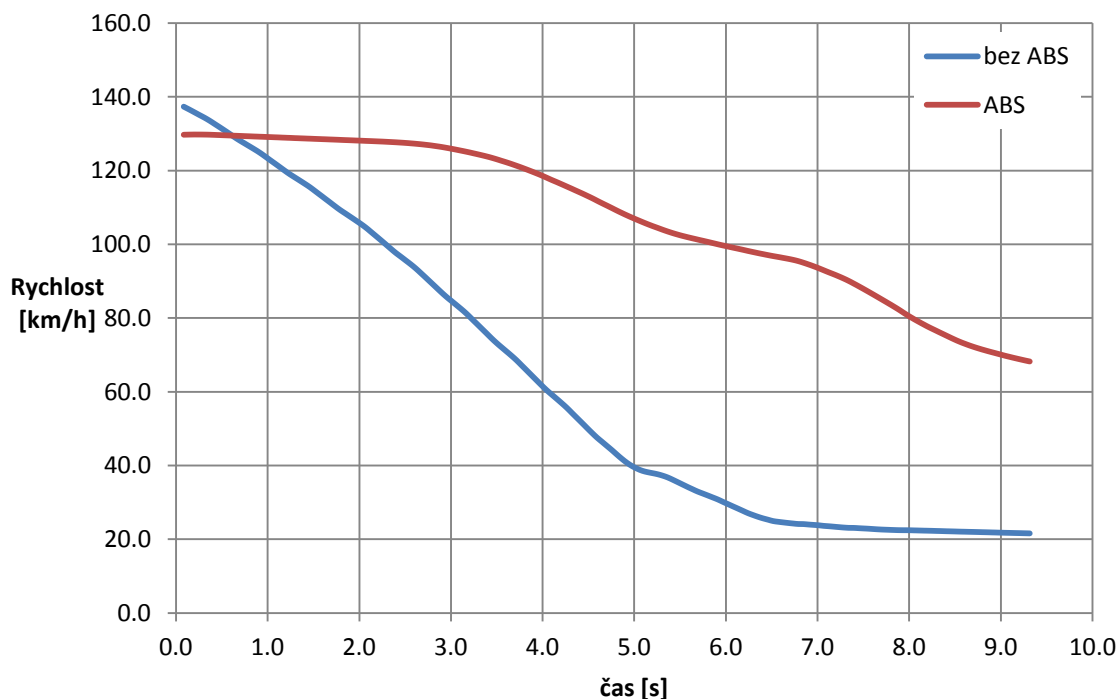


Obr. 34 Dynamická metoda, monitorování funkce ABS, brzdná síla v závislosti na čase, rychlost 130 km/h

Na obr. 33 a 34, je zaznamenán průběh z monitorování funkce ABS. Toto monitorování probíhalo při deceleraci z konstantní rychlosti 130 km/h. Na obrázku 33 je znázorněno snižování rychlosti až do úplného zastavení. Je zde vidět, že přední a zadní náprava snižují svoji rychlost totožně. Na obrázku 34 je zaznamenána funkce ABS resp. brzdná síla v závislosti na čase. Srovnáním těchto dvou obrázků vidíme, jakou brzdou silou vozidlo brzdilo v určitém čase a rychlosti. Od začátku brzdění ze 130 km/h do

40 km/h vozidlo brzdilo největší brzdou silou na přední nápravě, která se pohybovala mezi 2,7 – 3,1 kN, poté byla brzdná síla postupně snižována. U zadní nápravy je průběh brzdě síly stejný, kde se síla v čase 6 – 12 s pohybovala mezi 1,5 – 2 kN, poté se postupně snižovala.

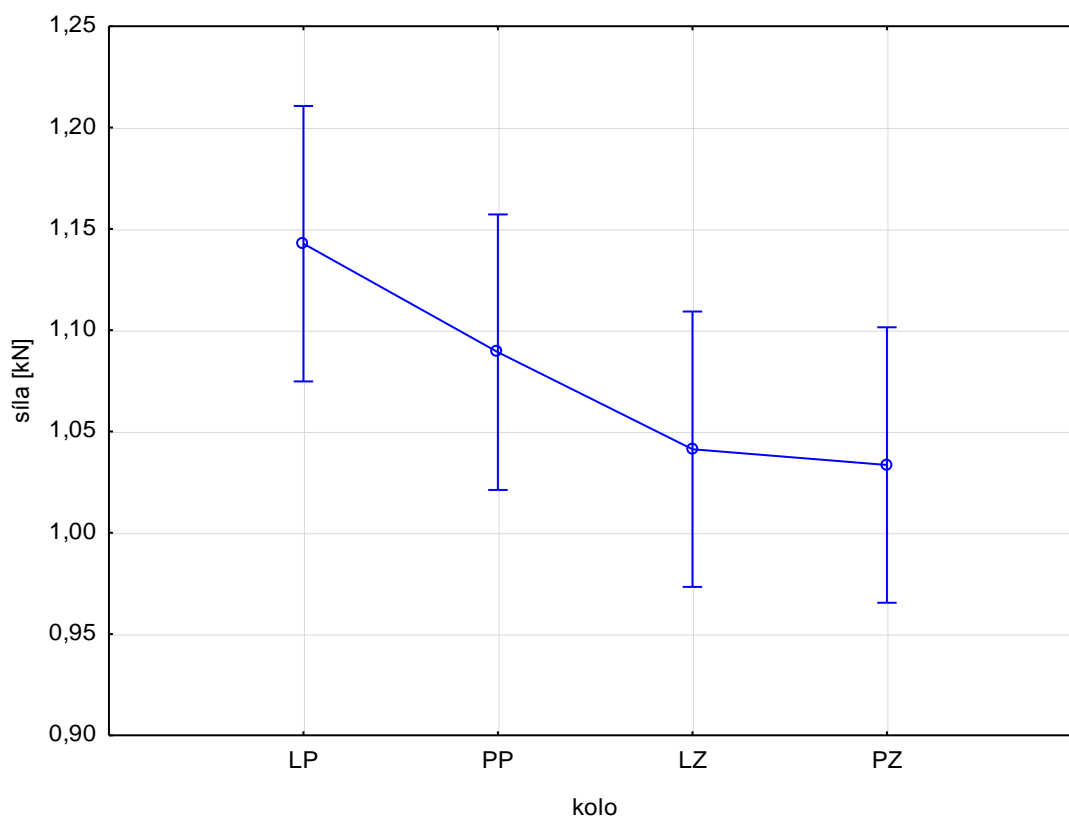
Na následujícím obr. 35 je grafické znázornění snižování rychlosti vozidla v závislosti na čase s deaktivovaným a aktivním systémem ABS.



Obr. 35 Snižování rychlosti v závislosti na čase

Z grafu je patrné, že vozidlo při zkoušce s deaktivovaným systémem ABS rychleji snižovalo rychlost než vozidlo s aktivním systémem. Musíme ale mít na paměti, že vozidlo s vypnutým systémem ABS, se v okamžiku prudkého sešlápnutí brzdového pedálu dostává do smyku a vozidlo se stane neovladatelným, protože dojde k blokaci kol přední nápravy. U vozidla se zapnutým systémem se rychlost sice snižuje o něco pomaleji, ale manévrovatelnost vozidla zůstává a tak se lze vyhnout např. překážce na vozovce.

Na obr. 36 je grafické znázornění dynamické zkoušky s monitorováním ABS při rychlosti 130 km/h.



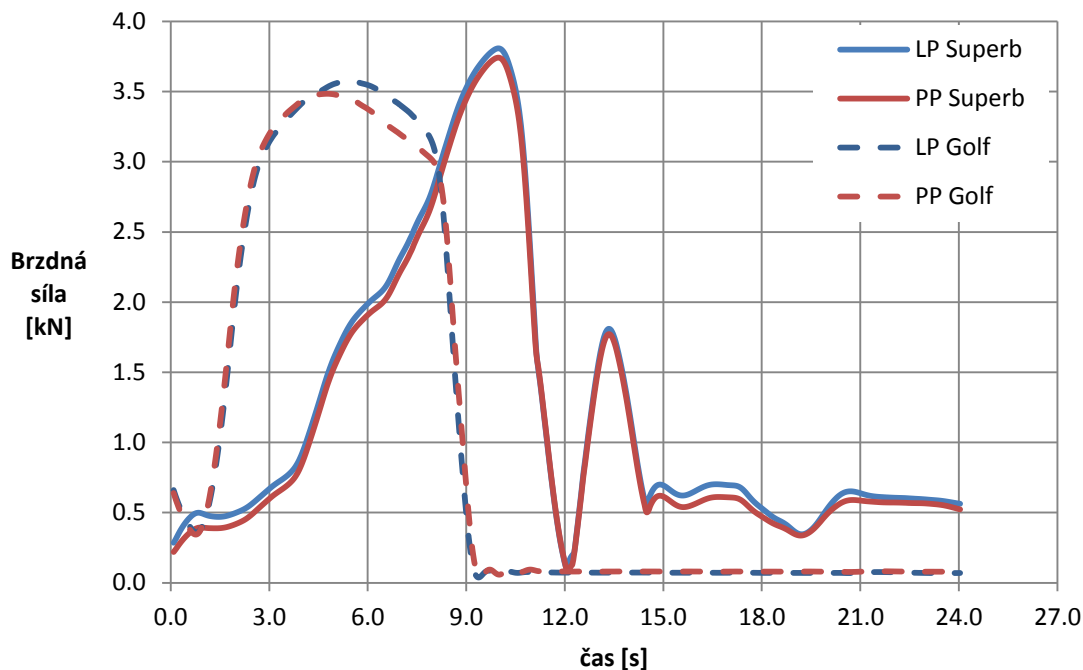
Obr. 36 Rozdíl brzdných sil, dynamická zkouška, monitorování funkce ABS

Rozdíly v brzdění mezi přední a zadní nápravou se výrazně statisticky neliší. Na grafu je vidět, že celkově levá strana vozidla brzdila větší silou než pravá strana vozidla. Vyšší brzdná síla na levé straně mohla být způsobena přítomností řidiče (resp. jeho hmotností), který při zkoušce seděl v kabině vozidla. Mohlo tak dojít k lepšímu přenosu brzdné síly, která vychází z toho, že brzdná síla je součinem tíhy vozidla a součinitele adheze.

V následující části je provedeno srovnání dynamických zkoušek s deaktivovaným a aktivním systémem ABS při monitorování funkce ABS. Vozidlo Škoda Superb bylo porovnáno s vozidlem Volkswagen Golf Variant, na kterém byly provedeny stejné zkoušky. U vozidel byly porovnávány brzdné síly na jejich předních nápravách. Brzdné síly na zadních nápravách obou vozidel se nijak zásadně neodlišovaly.

Pro lepší orientaci v následujících grafických znázorněních bylo levé a pravé kolo předních náprav obou vozidel označeno stejnou barvou. Pro odlišení vozidel byla potom zvolena čárkovaná čára u vozidla Volkswagen Golf Variant.

Na obr. 37 je grafické porovnání předních náprav při dynamické zkoušce s deaktivovaným systémem ABS při rychlosti 130 km/h na vozidlech Škoda Superb a Volkswagen Golf Variant.



Obr. 37 Porovnání brzdných sil přední nápravy, dynamická zkouška bez ABS, rychlost 130 km/h

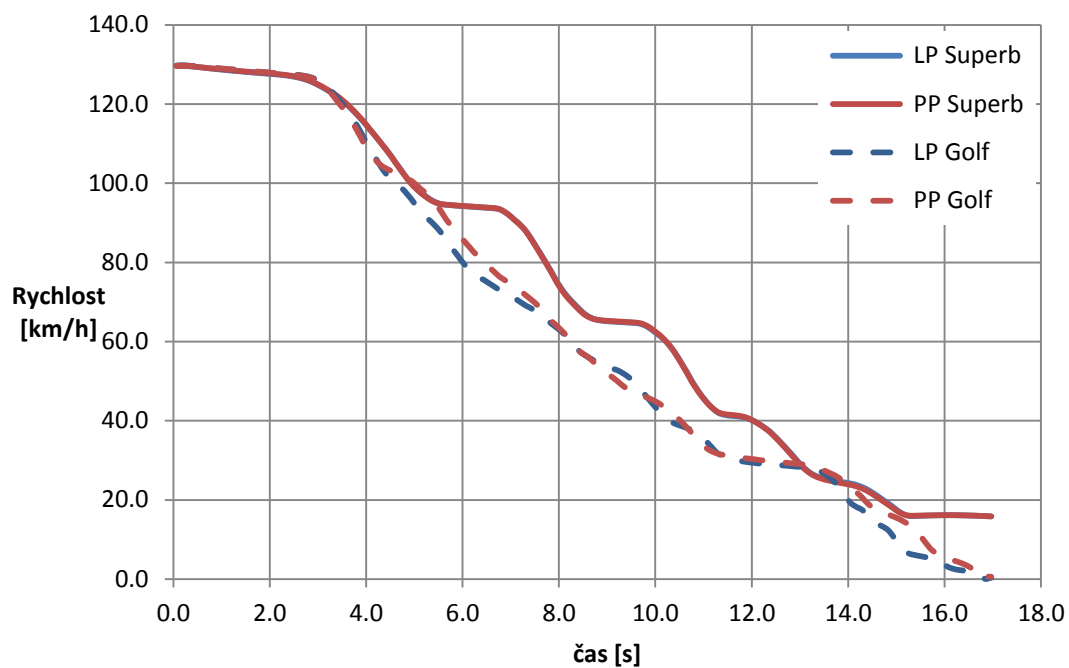
Co se týče výsledků měření na vozidle Volkswagen Golf, tak samotné měření probíhalo na přední i zadní nápravě. Přední náprava dosáhla maximální brzdovou sílu v čase 5,5 s a její hodnota byla 3,6 kN, na zadní nápravě byla maximální brzdná síla 1,47 kN v čase 5,6 s. Rozdíl brzdných sil mezi přední a zadní nápravou u tohoto vozidla byl 2,13 kN, nárůst brzdné síly mezi nápravami odlišný.

Po sešlápnutí brzdového pedálu zde dochází ke strmému nárůstu brzdné síly na přední nápravě. Pedál je sešlápnut do okamžiku dosažení meze skluzu pneumatiky, poté je pedál povolen, aby nedošlo k blokaci kol. Tím by došlo k jejich poškození nebo zničení.

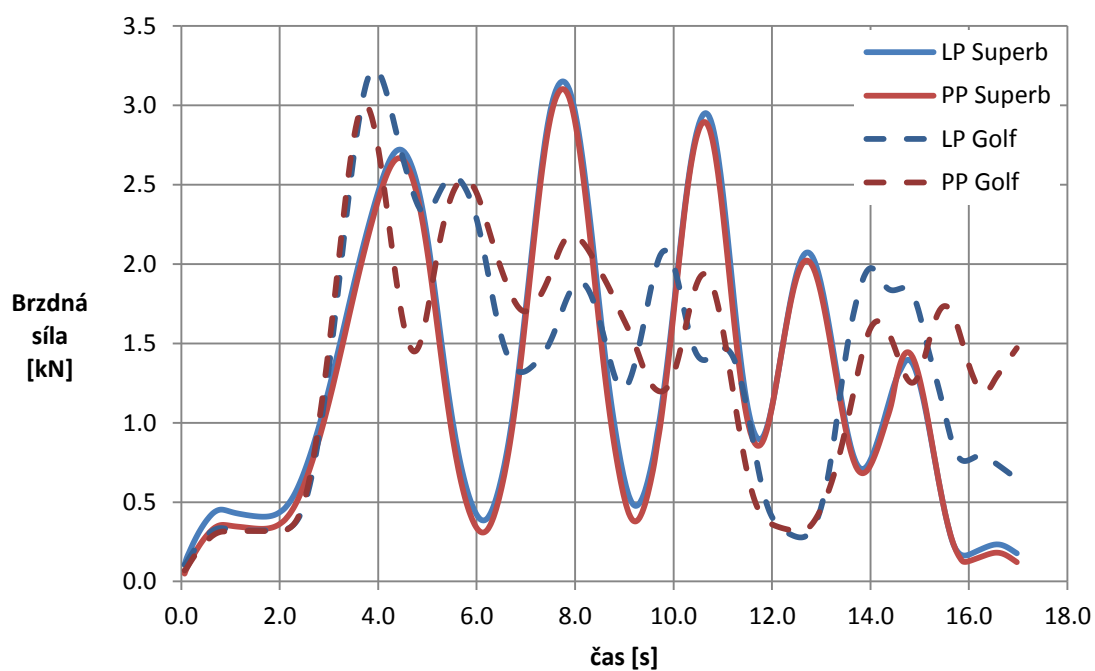
Pro hodnocení byl vytvořen srovnávací graf viz. obr. 37 předních náprav zkoušených vozidel. Z grafu je patrné, že u vozidla Škoda Superb je nárůst brzdné síly pozvolnější než u vozidla Volkswagen Golf, kde brzdná síla strmě vzrostla. Pomalejší nárůst mohl být způsoben pomalým sešlapováním pedálu řidičem. Superb i s jeho pomalejším nástupem dosahoval větší maximální brzdné síly, která byla 3,8 kN v čase

9,8 s. Tého síly bylo dosaženo o 4,3 s později než svoji maximální hodnotu dosáhl Volkswagen Golf.

Na následujících dvou grafických vyjádřeních jsou vyobrazeny průběhy z měření předních náprav vozidel Škoda Superb a Volkswagen Golf Variant (obr. 38 a 39), na kterých byla provedena zkouška monitorování funkce ABS.



Obr. 38 Monitorování funkce ABS, rychlost 130 km/h



Obr. 39 Monitorování funkce ABS, brzdná síla v závislosti na čase

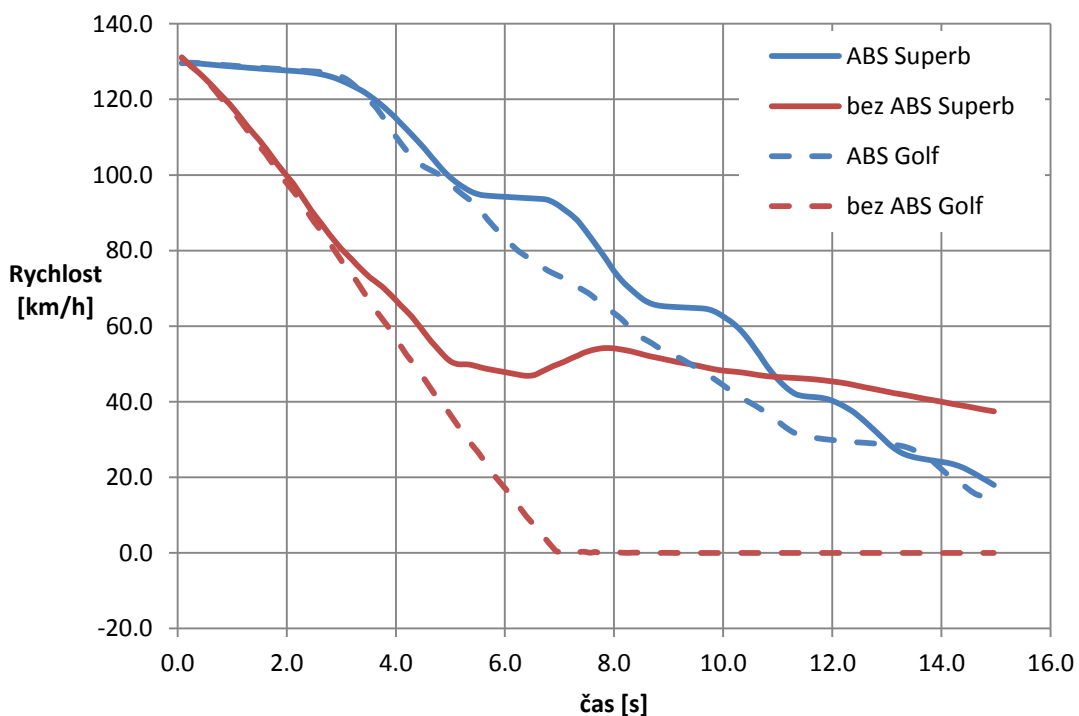
Co se týče výsledků měření vozidla Volkswagen Golf, tak tato zkouška proběhla s měřením obou náprav. Maximální brzdné síly na přední nápravě bylo dosaženo v čase 4 s a síla byla 3,2 kN. Na zadní nápravě byla dosažena maximální hodnota v čase

6,03 s a síla byla 1,79 kN. Rozdíl v brzdných silách mezi přední a zadní nápravou byl 1,41 kN.

Z obr. 38 je patrné, že pravé i levé kolo přední nápravy u vozidla Škoda Superb snižovalo svoji rychlost totožně. U vozidla Volkswagen Golf můžeme vidět, že snižování rychlosti probíhalo mírně odlišně, ale celkově vozidlo svoji rychlost snižovalo rychleji než Škoda Superb.

Na obr. 39 je vidět, že maximální brzdná síla se mezi oběma vozy lišila pouze o 0,1 kN. Z grafu je patrná celková menší brzdná síla přední nápravy vozidla Volkswagen Golf. Největší brzdná síla byla 3,2 kN na počátku brzdění, poté brzdná síla postupně klesala. Naopak je tomu u vozidla Škoda Superb, kde se brzdná síla pohybovala mezi 2,5 – 3,1 kN stabilně po dobu cca 10 s, to bylo dáno správnou regulací systému ABS.

Na obr. 40 je grafické znázornění snižování rychlosti u předních náprav při dynamické zkoušce se zapnutým a vypnutým systémem ABS.

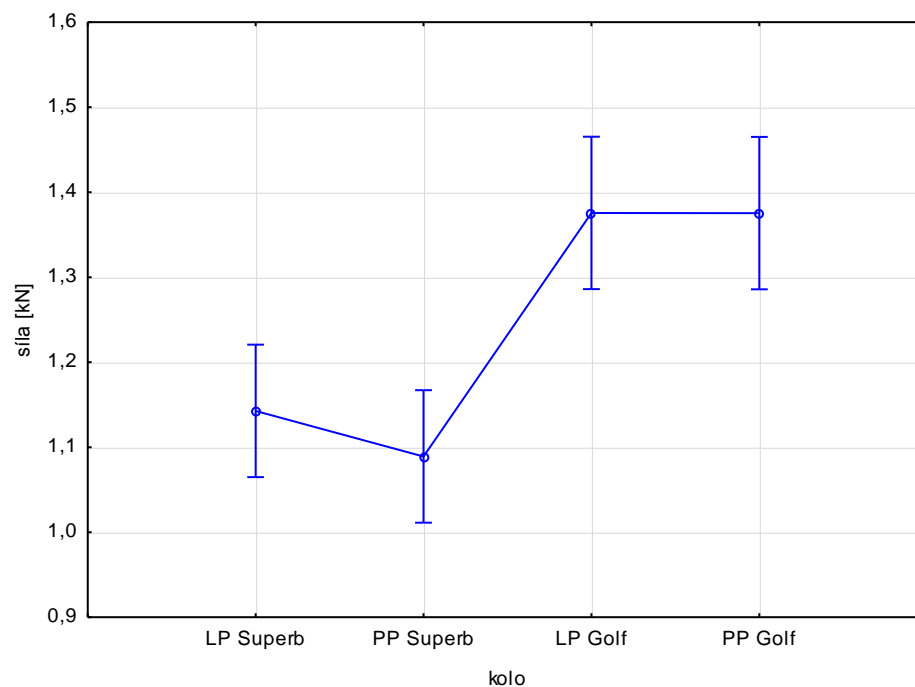


Obr. 40 Snižování rychlosti v závislosti na čase u přední nápravy

Při porovnání snižování rychlosti obou vozidel je zřejmé, že obě vozidla s aktivním systémem ABS svoji rychlost na přední nápravě snižují obdobně. Jejich začátek je totožný do cca 4 s. Při deaktivovaném systému ABS je prudké snížení rychlosti,

u vozidla Volkswagen Golf bylo zpomalení velmi rychlé. Z grafu je patrné, že s aktivním ABS vozidla svoji rychlost snižují pozvolněji a pomaleji. Jak již bylo zmíněno je zde zajištěna říditelnost vozidla po celou dobu brzdění. Při deaktivovaném systému ABS by vozidlo dosáhlo rychlejšího snižování rychlosti, nicméně by vozidlo nebylo říditelné z důvodu blokace kol přední nápravy.

Na obr. 41 je grafické znázornění dynamické zkoušky s monitorováním funkce ABS při rychlosti 130 km/h.



Obr. 41 Rozdíl brzděných sil, monitorování funkce ABS

Z grafu je patrný rozdíl mezi brzděnými silami předních náprav vozů Superb a Golf. U obou vozidel je vidět, že kola přední nápravy brzdí symetricky, rozdíl mezi oběma koly přední nápravy nebyl statisticky významný. Z grafu tedy vyplývá, že je statisticky významný rozdíl mezi přední nápravou vozidla Volkswagen Golf Variant a přední nápravou Škoda Superb.

8 DISKUZE

U statické metody bylo provedeno měření pomaloběžným a rychloběžným způsobem a vždy s deaktivovaným systémem ABS. Rozdíl mezi maximálními brzdnými silami byl u přední nápravy jen 0,2 kN i když rozdíl zkušební rychlosti byl 110km/h. Z toho vyplývá, že rychlost měření neměla zásadní vliv na velikost brzdné síly.

Dynamická metoda, která byla provedena, se nejvíce přibližuje reálným situacím v provozu. Při deaktivovaném systému ABS byl zaznamenán prudký nárůst brzdné síly, ale jen do okamžiku dosažení meze skluzu, kde se muselo brzdění přerušit z důvodu zablokování kola. Naopak tomu bylo při aktivním ABS, kde byl sešlápnut brzdový pedál a o zbytek se postarala řídicí jednotka ABS až do zastavení vozidla. Po celou dobu byla zajištěna řiditelnost vozidla. V čase do cca 10 s bylo u monitorování funkce ABS dosaženo dvakrát maximální brzdné síly a u zkoušky s deaktivovaným ABS byla maximální brzdná síla dosažena pouze jednou bez možnosti jakéhokoli manévru. Je zde potvrzení toho, že vozidlo s aktivním ABS sice snižuje svoji rychlost pozvolněji, ale za to bezpečně pro všechny účastníky silničního provozu.

Při porovnání brzdných sil mezi vozidly Škoda Superb a Volkswagen Golf Variant, byla porovnávána přední náprava obou vozidel.

Obě vozidla dosahovala téměř stejných maximálních hodnot, jen s mírně odlišnými časy dosažení. Na grafu monitorování funkce ABS je patrná pravidelná regulace brzdné síly vozidla Škoda Superb, zatímco u vozidla Volkswagen Golf je spíše klesající tendence brzdné síly. Z tohoto pohledu považují brzdění vozidla Škoda Superb za kvalitnější a efektivnější.

Z výsledků měření bylo potvrzeno, že zadní náprava je při brzdění nadlehčována a tíha vozidla je přenesena na přední nápravu. Bylo zajištěno, že při žádné provedené zkoušce brzdná síla na přední nápravě nepřesáhla hodnotu 4 kN, na zadní nápravě se hodnota brzdné síly pohybovala do 2 kN.

Z naměřených hodnot je dále patrné, že Volkswagen Golf začal brzdit o něco dříve než Superb. Rozdíl v účinku brzdění porovnávaných vozidel mohl být způsoben odlišnými materiály brzdových destiček a kotoučů na vozidlech. Touto problematikou

se ve své diplomové práci zabýval Večeřa (2014), který porovnával různé brzdové kotouče a destičky od několika výrobců z hlediska účinnosti brzdné síly. V průběhu měření byly tyto komponenty měněny a kombinovány mezi sebou a zjišťováno které z nich mají nejlepší brzdný účinek. Z provedeného měření vyplynulo, že různé materiály mají významný vliv na brzdný účinek.

9 ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabýval účinností brzdových soustav u osobních automobilů. Jsou v ní popsány konstrukční prvky brzdových soustav a dále možnost zkoušení jejich účinnosti, kterou lze provádět na válcových nebo plošinových zkušebnách. Dalším úkolem bylo také vypracovat metodiku měření, podle které bylo provedeno měření. Měření probíhalo na vozidlové zkušebně Mendelovy univerzity v Brně. Toto měření probíhalo staticky a dynamicky. U dynamického měření bylo provedeno měření se zapnutým a vypnutým systémem ABS.

Brzdová soustava má zásadní vliv na bezpečnost jak posádky, tak ostatních účastníků silničního provozu. V dnešní době kdy se výkony osobních vozidel neustále zvyšují, nemělo by se zapomínat na brzdy vozidel. Pokud má vozidlo vysoký výkon, musí mít i odpovídající brzdovou soustavu, která je schopna tento výkon zpomalit a následně zastavit. Proto jsou dnes vyvíjeny nové materiály, které mají zvyšovat životnost při vysoké účinnosti brzdění. Velmi důležitou složkou jsou i elektronické systémy, kterými jsou brzdy doplněny jako např. ABS, ESP, ASR. Protiblokovací systém ABS nám zajistí ovladatelnost vozu při prudkém brzdění. Dalším systémem je elektronický stabilizační program ESP, který zajistí stabilitu vozu při rychlém průjezdu zatáčkou. A posledním jmenovaným je regulace prokluzu ASR a ten zajistí, aby nedošlo k prokluzu kol za žádné situace. Tyto systémy velice ulehčují řidiči jeho práci v krizových situacích, protože jsou schopny reagovat na nebezpečnou situaci mnohem dříve než řidič, což je obrovská výhoda dnešních moderních vozidel.

Aby brzdy byly vždy v dobrém stavu je důležitá jejich pravidelná kontrola spojená s údržbou, protože jen dostatečná tloušťka brzdového obložení a kotouče je schopna brzdit tak kvalitně jak má. Proto by neměla být údržba brzdové soustavy v žádném případě podceňovaná, její špatný technický stav by mohl mít fatální následky nejen pro řidiče ale i pro ostatní účastníky silničního provozu. V posledních letech je velice používána elektronická indikace brzdového obložení. Jedná se o brzdovou destičku, do které je při výrobě zabudován kontakt a v případě opotřebení dojde k přepálení tohoto kontaktu a rozsvítí se kontrolka na palubní desce.

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AMD NETOLICKÝ S.R.O.: *Snímač otáček kola BOSCH* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.amd-nahradnidily.cz/zbozi/snimac-otacek-kola-bosch-bo-0265007879/232769/>

ASC TUNING IMPORTS: *StopTech sportovní kotouč - Hyundai Genesis Coupe* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.asc-tuningimports.cz/product/genesis-coupe/brzdova-soustava/stoptech-sportovni-brzdovy-kotouc---hyun/9165>

AUTA 5P: *Podvozek - brzdy* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://auta5p.eu/informace/podvozek/podvozek3.php>

AUTODÍLY MJAUTO: *Třetí materiály brzdových destiček* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.mjauto.cz/treci-materialy-brzdovych-desticek>

AUTOFUN: *Průvodce tuningem: Lepší brzdy stojí za to!* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://autofun.blesk.cz/brzdy-11251/>

AUTOLEXICON: *ABS (Anti-lockBrakingSystem)* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>

AUTOMONTI PARDUBICE S.R.O: *Brzdy a brzdový systém automobilu* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.automonti.cz/pdf/brzdy-brzdovy-system.pdf>

AUTOŠKOLA POHODLNĚ: *Popište princip činnosti vzduchové brzdy, vyjmenujte její hlavní části* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.schroter.cz/ouvskc3/ouv-c-ot31mpks.htm>

AUTOZNALOSTI: *Brzdy I* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.autoznalosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/33-brzdyi.html>

BRISTLE CONSULTING ENGINEER: *Charakterizace válcových zkušeben nové generace* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.bristle.cz/wp/wp-content/uploads/br4vdm18.jpg>

CAR AND DRIVER: *What's Stopping You? Také Our Deep Dive into Brake System Materials to FindOut* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.caranddriver.com/flipbook/whats-stopping-you-take-our-deep-dive-into-brake-system-materials-to-find-out?src=socialflowFB&mag=cdb&dom=fb#2>

GSCHEIDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. Praha: Sobotáles, 2001. ISBN 80-859-2076-X.

JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Aleš VÉMOLA. *Automobily: pneumatiky a kola: zavěšení kol, nápravy: odpružení: řídicí ústrojí: brzdové soustavy*. Brno: CERM, 2003. ISBN 80-720-4262-9.

JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2009. ISBN 978-80-87143-11-7.

KATALOG AUTOMOBILŮ: *Volkswagen Golf IV Variant 1.9 TDI 66kW* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://volkswagen.katalog-automobilu.cz/automobil/volkswagen-golf-iv-variant-1-9-tdi-66kw>

MOTOFOCUS EU S.R.O.: *BOSCH: Posilovač brzd je významným pomocníkem* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://motofocus.cz/technika/6020,bosch-posilovac-brzd-je-vyznamnym-pomocnikem>

MZLU: *Ústav základů techniky a automobilové dopravy: Vozidlová zkušebna* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://zkusebna.wz.cz/index.html>

PILÁRIK, Milan a Jiří PABST. *Automobily pro 2. a 3. ročník SOU*. Vyd. 3., přeprac. Praha: Informatorium, 1997. ISBN 80-860-7302-5.

POST, Wulf. *Konvenční a elektronické brzdové soustavy*. Praha: Robert Bosch, 2004. Technické vzdělávání. ISBN 80-903-1326-4.

STUDIJNÍ STRÁNKY: *Brzdy (zapojení brzd, pásová brzda, kotoučové brzdy, parkovací brzda)* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: http://www.uceni.wz.cz/slovník_autopojmu.htm#_Toc70482022

SUPER STREET: *ATE CeramicPads - Tuner News* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.superstreetonline.com/features/news/eurp-1105-ate-ceramic-pads/>

ŠKODA - AUTO: *Škoda Superb - návody k obsluze* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: http://cs.skoda-auto.com/mini-apps/owners-manuals/pages/superb-3t.aspx?requestOwnersManualOnlineVersion=cz/Superb_3T/05-2009/Manual/Superb/online&requestOwnersManualLanguage=cz&requestOwnersManualEditionDate=05-2009#!pageId=00542

TIPCARS: *Co možná nevíte o svém automobilu: Brzdy aneb zastavit se nakonec musí (7. díl)* [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin-co-mozna-nevite-o-svem-automobilu-brzdy-aneb-zastavit-se-nakonec-musi-7-dil-7409.html>

VÉMOLA, Aleš. *Diagnostika automobilů: [diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]*. Brno: Littera, 2006. Technické vzdělávání. ISBN 80-857-6331-1.

VLK, František. *Diagnostika motorových vozidel: [diagnostické testery, motortestery, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]*. Brno: František Vlk, 2006. Technické vzdělávání. ISBN 80-239-7064-X.

VLK, František. *Dynamika motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. Technické vzdělávání. ISBN 80-239-0024-2.

VLK, František. *Podvozky motorových vozidel: pneumatiky a kola: zavěšení kol, nápravy : odpružení : řídicí ústrojí : brzdové soustavy*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5274-4.

VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno: Vlk, 2001. Technické vzdělávání. ISBN 80-238-6573-0.

11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Dvouokruhová brzdová soustava.....	13
Obr. 2 Dvouokruhový brzdový válec	14
Obr. 3 Centrální ventil	15
Obr. 4 Bubnová brzda – popis	16
Obr. 5 Druhy bubnových brzd	17
Obr. 6 Brzdový váleček	18
Obr. 7 Kotoučová brzda.....	19
Obr. 8 Pevný a plovoucí brzdový třmen	20
Obr. 9 Druhy brzdových kotoučů	21
Obr. 10 Brzdový kotouč uhlík-keramika	22
Obr. 11 Brzdový kotouč litina-ocel	22
Obr. 12 Brzdový kotouč litina-hliník.....	23
Obr. 13 Brzdové destičky - keramické	25
Obr. 14 Podtlakový posilovač.....	26
Obr. 15 Hydraulický posilovač	27
Obr. 16 Omezovač brzdného tlaku	28
Obr. 17 Protiblokovací systém ABS.....	29
Obr. 18 Snímač otáček kola.....	30
Obr. 19 Požadavky na brzdny účinek	32
Obr. 20 Umístění pod a nad úrovní podlahy.....	33
Obr. 21 Pomaloběžná válcová zkušebna	34
Obr. 22 Rozdílná výška válců.....	35
Obr. 23 Sdružená válcová zkušebna	36
Obr. 24 Rychloběžná válcová zkušebna	37
Obr. 25 Plošinová zkušebna brzd	39
Obr. 26 Schéma vozidlové zkušebny.....	43
Obr. 27 Schéma zkušebny osobních vozidel a traktorů.....	44
Obr. 28 Upevnění vozidla na válcové zkušebně.....	47
Obr. 29 Statická zkouška, brzdná síla v závislosti na čase při rychlosti 20 km/h	51
Obr. 30 Statická zkouška, brzdná síla v závislosti na čase při rychlosti 130 km/h	52
Obr. 31 Rozdíl brzdnyh sil mezi nápravami, statická metoda, rychlost 130 km/h	53

Obr. 32 Dynamická zkouška, brzdná síla v závislosti na čase při rychlosti 130 km/h bez ABS.....	55
Obr. 33 Dynamická metoda, monitorování funkce ABS, rychlost v závislosti na čase, rychlost 130 km/h	56
Obr. 34 Dynamická metoda, monitorování funkce ABS, brzdná síla v závislosti na čase, rychlost 130 km/h	56
Obr. 35 Snižování rychlosti v závislosti na čase	57
Obr. 36 Rozdíl brzdných sil, dynamická zkouška, monitorování funkce ABS	58
Obr. 37 Porovnání brzdných sil přední nápravy, dynamická zkouška bez ABS, rychlost 130 km/h	59
Obr. 38 Monitorování funkce ABS, rychlost 130 km/h	61
Obr. 39 Monitorování funkce ABS, brzdná síla v závislosti na čase	61
Obr. 40 Snižování rychlosti v závislosti na čase u přední nápravy	62
Obr. 41 Rozdíl brzdných sil, monitorování funkce ABS	63

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Základní mechanické vlastnosti dynamometru MEZ 4VDM E120-D	41
Tab. 2 Technické parametry vozidla Škoda Superb	45
Tab. 3 Technické parametry vozidla Volkswagen Golf Variant	46
Tab. 4 Hmotnosti náprav a rozvor vozidel	47
Tab. 5 Naměřená data, statická metoda, rychlost 20 km/h	50
Tab. 6 Naměřená data, statická metoda, rychlost 130 km/h	51
Tab. 7 Naměřená data, dynamická metoda, bez ABS, rychlost 130 km/h	54
Tab. 8 Naměřená data, dynamická metoda, monitorování funkce ABS, rychlost 130 km/h	54

13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Protokol monitorování funkce ABS při rychlosti 130 km/h