

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



## **Analýza vlivu aditiv na provozní parametry spalovacích motorů**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Autor práce: Bc. Radek Směja

Praha 2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Radek Směja

Technika a technologie v dopravě a spojích  
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Analýza vlivu aditiv na provozní parametry spalovacích motorů

Název anglicky

Analysis of the influence of additives on the operating parameters of combustion engines

---

Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na vliv aditiv na technický stav spalovacích motorů u motorových vozidel. Hlavním cílem experimentální části práce je zjistit vliv zvoleného aditiva na průběžnou změnu provozních parametrů vybraného vozidla se vznětovým spalovacím motorem.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce – popis postupu měření/testování
4. Přehled řešené problematiky – studium a analýza odborných informačních zdrojů
5. Vlastní zpracování – zjištění vlivu zvoleného aditiva na průběžnou změnu provozních parametrů vybraného vozidla se vznětovým spalovacím motorem.
6. Výsledky a diskuse
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 – 60 str. včetně obrázků, tabulek a grafů

Klíčová slova

aditivum, spotřeba paliva, kompresní tlaky, emise

---

Doporučené zdroje informací

BOTT, T. R. (CHAPTER) 14 – The Use of Additives to Mitigate Fouling . in Fouling of Heat Exchangers (ed. BOTT, T. R.) 287–356 (Elsevier Science B.V., 1995).

doi:<https://doi.org/10.1016/B978-044482186-7/50016-6>

ČSN EN 228 Motorová paliva: bezolovnaté automobilové benziny. Technické požadavky a metody zkoušení = Automotive fuels. Unleaded petrol. Requirements and test methods U6 –

ctx\_ver=Z39.88-2004&ctx\_enc=info%3Aofi%2Fenc%3AUTF-8&rfr\_id=info%3Aasid%2Fsummon.s.

ČSN 09 3521 Pístové spalovací motory: sací a výfukové ventily = Piston internal combustion engines. Inlet and exhaust valves .

FERENC, B. Spalovací motory: karburátory, vstřikování paliva a optimalizace parametrů motoru . (2009).

MATĚJOVSKÝ, V. Automobilová paliva . (2005).

RENZ, A., KÜRTEEN, D. & LEHMANN, O. WEAR of hardfaced valve spindles in highly loaded stationary lean-burn large bore gas engines. Wear 376–377, 1652–1661 (2017).

VÉMOLA, A. Diagnostika automobilů . (2006).

VLK, F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel: výkon vozidla, brzděné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, řiditelnost a ovladatelnost, životnostní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy . (2001).

---

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

---

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2018

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2020

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Analýza vlivu aditiv na provozní parametry spalovacích motorů“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne .....

Podpis autora .....

## **Poděkování**

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Veronice Hartové, Ph.D. za cenné připomínky a rady. Dále bych rád poděkoval svým nejbližším za projevenou podporu při psaní této práce a celém průběhu svého studia.

**Abstrakt:** Tato diplomová práce je zaměřena na posouzení vlivu sady aditiv na vozidlo se vznětový spalovacím motorem. Teoretická část byla zaměřena na druhy provozních kapalin a jejich rozdělení a na technické parametry měřitelné na vozidlech. Část práce se zabývá škodlivinami ve výfukových plynech spalovacích motorů. V praktické části bylo představeno zkušební vozidlo, a především aplikace použitých aditiv. Je zde popsán postup použití jednotlivých výrobků. Tato práce dále popisuje provedená měření včetně použitých aparátů. Poté jsou představeny výsledky měření a jejich zhodnocení.

**Klíčová slova:** Aditiva, emise, kompresní tlaky, spotřeba paliva

### **Analysis of the influence of additives on the operating parameters of combustion engines**

**Abstract:** This work is focused to describe the influence of chosen set of additives on the vehicle with combustion engine. The theoretical part was focused on the types of operating liquids and technical parameters measurable on the vehicles. Another part is focused on emissions. In the practical part the tested vehicle and the application of additives were presented. In the last part of the work the used apparatus and the results were described.

**Key words:** Additives, compression pressure, emission, fuel consumption

# 1 Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce.....	3
3	Metodika práce .....	4
4	Přehled řešené problematiky .....	5
4.1	Provozní kapaliny .....	5
4.1.1	Maziva .....	5
4.1.2	Paliva .....	10
4.1.3	Aditiva .....	15
4.2	Provozní parametry .....	18
4.2.1	Otáčkové charakteristiky .....	18
4.2.2	Spotřeba paliva .....	19
4.2.3	Exhalace spalovacích motorů .....	19
4.2.4	Emisní limity .....	22
4.3	Diagnostika motoru.....	23
4.3.1	Diagnostika vnitřní .....	23
4.3.2	Diagnostika vnější .....	25
4.4	Jízdní cykly .....	27
5	Vlastní zpracování .....	32
5.1	Zkušební vozidlo.....	32
5.2	Kompletní ošetření sadou Metabond ECO .....	33
5.3	Metodika měření a jeho zpracování.....	40
5.4	Použité aparáty.....	41
5.4.1	Válcový dynamometr .....	41

5.4.2	Analyzátor velikostních spekter pevných částic EEPS 3090 .....	42
5.4.3	OBD diagnostika .....	43
6	Výsledky a diskuse .....	44
6.1	Srovnání výkonových křivek .....	44
6.2	Jízdní cyklus a množství částic .....	45
6.2.1	Diskuse .....	48
7	Závěr.....	50
8	Seznam použitých zdrojů.....	52
9	Seznam Obrázků.....	57
10	Seznam Tabulek .....	58



# 1 Úvod

Dnešní doba nabízí širokou nabídku autodoplňků včetně různé autochemie. Není problém si konkrétní výrobek vybrat buď přímo ve specializované prodejně či na internetu. Výrobky se odlišují nejenom cenou, rovněž kvalitou.

V takto široké nabídce se dají nalézt různé čističe systémů vozidla, tak pomůcky pro oddálení či dočasné řešení poruch na vozidlech. Pod tuto kategorii se mohou zařadit např. různá aditiva. Ty existují buď jako jednotlivé substance nebo přímo jako kompletní sady slibující např. čištění soustav vozidla či zlepšení mazání. Použitím těchto výrobků by se dále u vozidla měla projevit např. změna provozních parametrů. Některé přípravky jsou určeny pro dotěšňování systémů vozidel.

Emise jsou velice diskutovaným tématem s ohledem na životní prostředí a globální oteplování. Spolu s růstem produkce emisí v průmyslu zákonitě roste i produkce emisí. To je způsobeno rozdělením výroby na různé subdodavatele a snahu výrobců přejít na systémy JIT/JIS. Ty jsou založeny na minimalizaci skladových zásob, k naskladnění surovin pro výrobu, tedy dochází těsně před tím, než jdou do výroby.

V osobní dopravě je růst emisí způsoben neustálým přibýváním nových vozidel. To může být zapříčiněno především menším využíváním hromadné dopravy při přepravě dětí do státních institucí, či neustálé zkracování docházkové vzdálenosti. Dříve bylo běžné, že lidé docházeli pěšky i delší trasy. V dnešní době je téměř samozřejmostí upřednostnit přepravu automobilem či jiným dopravním prostředkem před obyčejnou chůzí. Dalším faktem je množství vozidel. Je již běžné, že každý člen rodiny vlastní svůj automobil nebo jiný dopravní prostředek. Tato problematika se však prolíná i do dalších odvětví. Primárně ve velkých městech a v centrech mizí parkovací místa, což má za následek téměř neustále přeplněná parkoviště.

Aditiva by tedy alespoň částečně mohla pomoci ke snížení emisí, a to hlavně díky snížení spotřeby paliva snížením vnitřních ztrát. Další možností je snížit uhlíkovou stopu vozidla prodloužením jeho životnosti. To by snížilo uhlíkovou stopu u vozidel se spalovacími motory. U nich je totiž ve výrobní části životnosti vozidla uhlíková stopa nižší, narůstá až s provozem vozidla primárně spalováním fosilních paliv.

U elektromobilů je tomu naopak, uhlíková stopa těchto vozidel je zpočátku vysoká. Jejich smysl přichází až v případě spotřeby ekologicky vyrobené elektrické energie, kdy k dalšímu nárůstu uhlíkové stopy dochází méně.

Pro tuto práci byla vybrána sada Metabond Eco slibující komplexní zlepšení provozních parametrů vozidla, zlepšení mazání i snížení emisí. Zvoleným vozidlem pro použití této sady aditiv byl Citroen Xsara Picasso.

## 2 Cíl práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na vliv aditiv na technický stav spalovacích motorů u motorových vozidel. Hlavním cílem části práce je zjistit vliv zvoleného aditiva na průběžnou změnu provozních parametrů vybraného vozidla se vznětovým spalovacím motorem.

### 3 Metodika práce

V této diplomové práci budou nejprve popsány druhy provozních kapalin včetně nejvíce používaných paliv. V další části se práce bude zabývat technickými parametry vozidel, jako je například vnější otáčková charakteristika nebo v dnešní době aktuálním tématem – emisemi. Především svým dopadem na životní prostředí jsou velmi diskutovatelným tématem, pro nás jsou zajímavé především svým vlivem na dopravu, především tu silniční. Zejména výfukové plyny mají velmi negativní dopad, jelikož obsahují směsi různých toxických a jiných nebezpečných látek. Teoretická příprava bude zakončena zmíněním jízdních cyklů a diagnostikou vozidel.

Vlastní zpracování začne představením zkušebního vozidla spolu s popisem měřících aparátů použitých pro tuto práci. Práce bude zakončena výsledky a jejich vyhodnocením.

Potřebná měření, která budou nezbytná pro zpracování celé praktické části této práce, budou probíhat v několika intervalech. Ty se budou odvíjet od množství spotřebovaného paliva. Díky tomu budou zobrazeny postupné změny provozních parametrů osobního automobilu.

V prvním měření se začne výměnou všech filtrů. Bude se jednat o filtry paliva, oleje i nasávaného vzduchu. Taktéž bude provedena výměna olejových náplní. Poté bude měření probíhat ve dvou částech. V první části se bude měřit točivý moment motoru, ten bude sloužit pro výpočet výkonu. V další části se bude simulovat reálný provoz podle homologačního cyklu WLTC. Během simulace tohoto cyklu se budou zaznamenávat potřebná data. Bude se jednat třeba o množství výfukových plynů nebo logování z diagnostického nástroje. Záznam z válcové zkušebny bude samozřejmostí. Po ukončení měření budou aplikována příslušná aditiva dle uvedených požadavků výrobce za dodržení všech bezpečnostních pokynů. Poté budou následovat další měření, která budou probíhat obdobně. Nebudou však už aplikována aditiva do náplní. Bude se průběžně doplňovat jediné aditivum, a to do motorové nafty. Toto aditivum bude potřeba doplňovat průběžně během celého intervalu měření. Veškerá měření budou probíhat v prostorách a na vybavení dílny Technické fakulty ČZU v Praze. Všechna data budou zpracovávána v programu MS Excel, práce pak v programu MS Word.

## 4 Přehled řešené problematiky

Tato kapitola se zabývá rozdělením a popisem provozních automobilových kapalin. Dále se věnuje charakteristice provozních parametrů, diagnostice motoru a v neposlední řadě jízdním cyklům.

### 4.1 Provozní kapaliny

Provozní kapaliny pomáhají zajistit bezporuchový a bezpečný provoz automobilu. Mezi jejich funkce patří mazání, přenos energie, uvolnění energie, jízdní komfort. Podle těchto funkcí se mohou rozdělit na maziva, pohonné hmoty, brzdové kapaliny, chladicí kapaliny a ostatní. [1]

#### 4.1.1 Maziva

Mezi základní maziva patří samozřejmě oleje. Jsou to tekuté organické sloučeniny mastné povahy. Jsou specificky lehčí než voda, jelikož ve vodě jsou nerozpustné. Oleje se rozpouštějí v éteru, benzínu a jiných organických rozpouštědlech. Podle původu se oleje dají obecně rozdělit na rostlinné, živočišné, minerální a syntetické. Oleje v automobilech se dělí především na motorové oleje a na převodové oleje. [2][3]

##### a) Motorový olej

Na motorový olej je kladeno mnoho požadavků. Jednou ze základních funkcí je funkce mazání pohyblivých částí, současně pomáhá chladit tepelně namáhané součásti, jako jsou písty, válce, turbodmychadlo apod. Neméně důležitými funkcemi jsou ochrana kovových ploch před korozí, dotěšňování prostoru mezi pístními kroužky a stěnou válců. V neposlední řadě snižuje hlučnost stroje. [4][5]

Spolu s vývojem agregátů byla potřeba tyto požadavky ještě dále doplnit o přísady zamezování usazování karbonů, ochranu proti opotřebení a neutralizaci kyselin vznikající při spalování paliv obsahující různé nečistoty jako například síra. [4]

Dělení motorových olejů dle výroby:

- **Minerální (ropné) oleje**

Výroba frakční destilací ropy, popřípadě dehtů, břidlice apod. Poté probíhá čištění vzniklého produktu s cílem vytvořit základový olej. Ten je pak dále upravován a je z něj možné vyrobit další produkty. [4][2]

- **Syntetické oleje**

Výroba probíhá syntézou uhlovodíků, jako jsou například polyolefiny, aromatické sloučeniny, estery organických sloučenin a alkoholů. Tyto látky mají vlastnosti podobné ropným mazivům, avšak oproti nim mají vyšší odolnost proti vysokým teplotám, vyšší tekutost při nízkých teplotách, lepší mazivost i vyšší viskozitní index. [4][2]

- **Polosyntetické oleje**

Jedná se o minerální oleje doplněné o syntetické komponenty. Jsou to tedy směsi minerálních olejů a určitých synteticky vyrobených uhlovodíků. Disponují lepšími vlastnostmi než minerální oleje, a přitom jejich výroba je jednodušší než u syntetických olejů. [4][2]

### Dělení motorových olejů dle viskozitní klasifikace:

Dělení motorových olejů dle viskozitní klasifikace zabezpečuje předpis SAE J300 SEP 84. Jedná se o předpis ze spojených států amerických, konkrétně od Society of Automotive Engineers. Princip této klasifikace je snadný, zpravidla se uvádí pomocí sady číslic. [6]

- První číslice

První část značení určuje viskozitu motorového oleje při chladných teplotách. Dá se říci, že čím nižší je první část označení s indexem W, tím lépe bude agregát startovat při mrazech. U starších vozů se často používal motorový olej s označením 10 W, což by odpovídalo zhruba startovatelnosti motoru při teplotách  $-30^{\circ}\text{C}$ . Dnes spolu se snahou zlepšit studené starty a zároveň zlepšit mazání, respektive zkrátit čas potřebný pro oběh oleje v bloku motoru se začaly používat takzvané lehkoběžné oleje. Ty mají označení 0 W nebo 5 W a umožňují studené starty i při teplotách kolem  $-50^{\circ}\text{C}$ . [6]

- Druhá číslice

Druhá část značení odpovídá viskozitě oleje při vyšších teplotách. V našich zeměpisných šířkách se používá nejčastěji viskozita třídy 30 a 40. S rostoucí třídou viskozity si olej ponechává vyšší viskozitu i za provozních teplot. To má za následek větší vnitřní ztráty a může to znamenat i pokles výkonu. Avšak pro některé oblasti je vyšší viskozita výhodná, může například pomáhat dotěsnit pístní skupinu vytvořením mazacího filmu na honovaných stěnách válců. [6]

Pomocí tohoto označení se mohou oleje dále dělit na multigrádní a monográdní. Oleje multigrádní mají obě části značení tedy i „zimní“ index. Jsou tedy použitelné pro provoz vozidla během celého roku. Monográdní oleje mají pouze jednu část značení a jsou tedy vhodné pouze pro sezónní provoz. V oblasti osobních automobilů se však postupně z monográdních olejů stává historická záležitost.

### Dělení motorových olejů dle výkonnostní klasifikace:

Tento způsob dělení motorových olejů má největší vypovídací schopnost. Jelikož hovoří konkrétně o fyzikálních vlastnostech motorového oleje. Klasifikace, které jsou níže, hodnotí převážně vlastnosti jako například ochranu proti tvorbě usazenin, ochranu proti otěru a korozi, ochranu proti pění oleje atp. Mezi nejpoužívanější klasifikace motorových olejů patří:

- Klasifikace API (American Petroleum Institute, USA)
- Klasifikace CCMC (Comite des Constructeurs automobile du Marché Commun, EU)
- Klasifikace ACEA (Association des Constructeurs Européenes automobile, EU)
- Normy výrobců vozidel (VW, BMW, MAN)
- Klasifikace MIL-L (armáda USA) [7]

Při výběru vhodného motorového oleje je tedy lepší dbát na klasifikaci podle výše zmíněných norem než na rozdělení dle viskozity, popřípadě způsobu výroby. Dnes se nejčastěji využívá norem API, ACEA, popřípadě normy výrobců vozidel. Norma CCMC je poměrně zastaralá a již se téměř nevyužívá. Oproti tomu norma MIL-L je využívána u nákladních vozidel a těžké techniky.

#### *b) Převodový olej*

Převodové oleje jsou mazací oleje s velkou přílnavostí. Jejich funkcí je mazání ozubených kol a ložisek v převodovkách a rozvodovkách. Existuje několik druhů podle složení – jedná se o minerální oleje a oleje rafinované s přísadou pro vysoké tlaky. Dalším druhem jsou oleje syntetické. [8]



Na převodové oleje je kladeno mnoho požadavků. Je potřeba zajistit minimální opotřebení převodů, snížit ztráty v převodech, výborné nízkoteplotní vlastnosti, dlouhodobou životnost náplně, a tedy i chemickou stálost, snadné řazení, nízkou hlučnost, antikorozi vlastnosti, nízkou pěnovitost a v neposlední řadě i snášenlivost s těsnícími materiály. [8]

Převodové oleje se také liší od olejů motorových přidávanými aditivami. Vzhledem k předchozím požadavkům a konstrukci převodů je třeba dodat vyšší obsah aditiv pro vyšší tlaky, zároveň však není třeba přidávat detergenční a dispenzační přísady. [8]

Převodový olej degraduje zejména znečištěním otěrovými částicemi. U moderních převodovek je počet těchto částic tak malý, že životnost náplně u manuálních převodovek může přesahovat životnost samotné převodovky přesto, že olej není filtrován. U takových převodovek často chybí i vypouštěcí šroub.

Dělení dle použití:

- Oleje pro klasické převodovky
- Oleje pro automatické převodovky
- Oleje pro hydraulické měniče [9] [2]

Klasifikace převodových olejů:

a) Viskozitní dle SAE

Podobně jako u olejů motorových se oleje převodové označují dvojicí číslic. Dle normy SAE J306 je první část označení zakončena písmenem W. To značí oleje vhodné pro zimní provoz. Celkem existují čtyři nepoužívanější klasifikační třídy – 70 W, 75 W, 80 W, 85 W. Pro tyto oleje je důležitá maximální teplota pro dynamickou viskozitu o hodnotě 150 Pa s. K tomu je přiřazeno pět tříd takzvaně letních olejů. Ty jsou označeny hodnotami 80, 85, 90, 140, 250. Rozděleny jsou dle viskozity při 100°C. Stejně jako motorové oleje, mohou být i převodové oleje multigrádní. V tom případě se uvádí pouze okrajové hodnoty klasifikačních tříd jako například 85 W 90. [7]

b) Výkonnostní dle API

Klasifikace převodových olejů z hlediska výkonové úrovně se řídí předpisem API. Pro označení olejů v manuálních převodovkách (ty jsou stále v ČR nejrozšířenější) se používá písmen GL a číselného označení 1-5 popřípadě vyšší. [7]

Stejně jako u olejů motorových je nejpřesnější klasifikace dle předpisu výrobce. Ať už automobilu, nebo lépe výrobce samotné převodovky. Nejčastěji se vyskytujícími předpisy výrobců jsou MAN, VOLVO, VW, ZF.

#### 4.1.2 Paliva

Pro pohon spalovacích motorů se v drtivé většině stále používají fosilní paliva, jejich vlastnosti definují normy ČSN EN 228 pro benzín a pro motorovou naftu je to norma ČSN EN 590. Ve své podstatě se jedná o směsi uhlovodíků, jejichž výhřevnost je dána vazbou mezi uhlíkem a vodíkem. [10] [4]

a) Benzín ČSN EN 228

Benzín (též benzin) je kapalina ropného původu používaná hlavně jako palivo v zážehových spalovacích motorech, ale i jako rozpouštědlo, zejména pro ředění nátěrových hmot.

Skládá se především z alifatických uhlovodíků získávaných frakční destilací ropy, s přídavkem isooktanu nebo aromatických uhlovodíků toluenu a benzenu ke zvýšení oktanového čísla. Běžně se přidávají také malá množství různých aditiv, například pro zlepšení výkonu motorů a snížení škodlivých emisí. Některé směsi mohou obsahovat významné množství ethanolu jakožto částečně alternativního paliva.[11][10]

Klíčovými vlastnostmi benzínu jakožto paliva pro zážehové motory jsou odpařování i za nízkých teplot, nízký obsah těžkých frakčních podílů, nesmí působit korozi, musí být zbaven pryskyřic a ideálně musí být dobře skladovatelný. Potřebná je i chemická stálost vlivem vibrací apod. [6]

Odpařování za nízkých teplot je klíčové zejména při spouštění motoru. Tento parametr se hodnotí parametrem zvaným tlak par. Ten je definován normou ČSN EN 228 a je určen pro letní provoz hodnotami 45-60 kPa. Pro zimní provoz norma definuje vyšší tlak par, a to 60-90 kPa. [11]

Nízký podíl těžkých frakčních podílů má oproti tomu omezit ředění motorového oleje a snižovat škodlivost výfukových plynů. Tím jsou částečně zlepšeny i spalovací vlastnosti benzínu.

Vzhledem k pokročilým technologiím přípravy směsi jako například přímovstříkový systém common rail, který využívá většina moderních spalovacích motorů je důležité, aby benzín nezpůsobil korozi palivového systému. Dnes se již běžně používají nádrže vyrobené z polymerů, ty již nejsou tak citlivé na korozi jako dřívější plechové nádrže. Stále však zůstává v palivovém systému spousta součástí, které mohou vlivem působení benzínu degradovat. Jedná se zejména o pryžové těsnění či hadice, dále pak akční členy jako funkční plochy vstříkovačů či ventilů. Z tohoto důvodu je i nezbytné dodržet nízký obsah síry, ta kromě koroze zmíněných ploch negativně ovlivňuje emise a spolu s vodíkem tvoří kyselé plyny. Ty mohou poškodit katalyzátor vozidla. Stejně tak již moderní benzíny neobsahují příměs olova. Ty byly dříve přidávány do benzínu pro ochranu ventilových sedel. [3]

S předešlým odstavcem souvisí i důraz na čistotu paliva, benzín nesmí obsahovat pryskyřice, které by zanášely ventily nebo jiné cizí částice jako například prach. To je pro moderní vstříkovací systémy, stejně jako pro dnes již v automobilovém průmyslu zastaralé, karburátory nutností.

V neposlední řadě je kladen důraz na dobrou skladovatelnost benzínu. Při delším skladování se v nádržích s benzínem může objevovat voda. To má za následek, že při nízkých teplotách může docházet k zamrznání této vody a destrukci palivového systému.

#### b) Motorová nafta ČSN EN 590

Motorové nafty jsou směsí ropných kapalných uhlovodíků, vroucích převážně v rozmezí 150 až 360 °C. Používají se jako paliva pro vznětové motory, případně pro některé typy plynových turbín. Mohou obsahovat přísady ke zlepšení užitečných vlastností. Mezi hlavní výhody motorové nafty patří nižší riziko požáru a větší ekonomii provozu zvláště při částečném zatížení. [2][5][9]

Jedním z jakostních parametrů motorové nafty je označován jako bod vzplanutí. Tento parametr je určen zahříváním vzorku v předepsané nádobě určitou rychlostí a občasným přiblížením plamene k nádobě. Bod vzplanutí vzniklých par se pohybuje kolem 40 °C u zimní nafty. Pro letní naftu je toto číslo poněkud vyšší zhruba 45°C. Do této teploty tedy motorová nafta z hlediska bezpečnosti nepředstavuje riziko požáru. Z konstrukce vznětových motorů také vyplývá, že u motorové nafty není kladen důraz na tlak par. [2]

Oproti motorovému benzínu je zde kladen důraz na konec destilační křivky. Ten je dobrým ukazatelem zastoupení těžkých uhlovodíků. S rostoucím podílem těchto uhlovodíků roste i zanášení agregátu karbonem. Tento jev se projevuje o to více, kdy je spalovací motor v režimu vysokých otáček a má nižší kompresní tlaky. Vzhledem k tomu, že je složité určit přesný konec destilační křivky, používá se k jeho určování pouze bod  $T_{95}$ , což značí odpaření 95 % objemu zkoumaného vzorku. Tohoto bodu je dle normy ČSN EN 590 nutné dosáhnout před teplotou 360 °C. [4]

Stejně jako u benzínu je na motorovou naftu kladen nárok na nízký obsah síry. Ta se do motorové nafty dostává z výrobní suroviny z ropy během frakční destilace. Dříve se připouštěl obsah síry v motorové naftě až 0,4 %. To je pro dnešní motory nepřijatelné. Síra způsobuje korozi palivového systému a stejně tak negativně působí na výfukový systém. Největší nebezpečí hrozí v případě, kdy se výfukový plyn setká s kovovým povrchem, jehož teplota je nižší než rosný bod. To je případ zejména motorů v automobilové dopravě. Zde totiž dochází k neustálému zastavování, prochladnutí motoru a opětovnému startu. U moderních výfukových systémů pak dochází k poškození filtru pevných částic i selektivně redukčního katalyzátoru. [13]

Jedním z nejdůležitějších parametrů motorové nafty je teplota vylučování parafinů. To se děje z důvodu obsahu velkomolekulových uhlovodíků. Tyto uhlovodíky mají bod tání při teplotách nad nulou. V praxi to znamená, že při nižších teplotách jsou vylučovány parafíny. Tyto pevné amorfní látky zanášejí palivový filtr vozidel a snižují filtrovatelnost motorové nafty. To je velice nežádoucí a je potřeba tomuto zamezit. [14]

Z toho důvodu je používána sezónní motorová nafta. Snížením teploty, při níž dochází k vylučování parafinů se sníží i konec destilační křivky. To je přímo úměrné výtěžnosti ropy a dochází zde ke středu s ekonomii výroby. Proto se tato nafta používá výhradně pro zimní provoz. [9]

Z vlastností motorové nafty taktéž vyplývá, že obsažená voda v palivu se jen těžce usazuje. Zvláště při nízkých teplotách, kdy viskozita nafty klesá. Z toho vyplývá, že je nutné bránit vniknutí vody do paliva, jelikož se voda obsažená v palivu dostává na lapované plochy a způsobuje korozi lapovaných ploch vstřikovacího čerpadla. [15]

### 4.1.3 Aditiva

Aditiva jakožto přídatné látky se přidávají do produktů s cílem zlepšit vlastnosti základní látky. Při přidavku aditiv do základní látky je důležitý poměr přísad s ohledem na požadavek vlastností konečného produktu. Výrobci aditiv, stejně jako výrobci paliv a maziv shlukují níže popsaná aditiva do různých balíčků. To má za následek jak kombinaci dílčích účinků, tak i marketingový význam odlišující paliva splňující stejnou normu. [6] [16]

Pomocí aditiv, ať už do paliv, maziv či ostatních kapalin se mohou zlepšit kromě základních vlastností základních látek, také parametry vozidla nebo zmírnit vliv některých závad či projevů opotřebení. Konkrétní produkty specializovaných výrobců umožňují dotěsnění systémů, vyčištění nebo zlepšení mazání. Pro starší či opotřebené motory je zejména čistící schopnost velice důležitá. Pokud totiž zvolené aditivum neúčinkuje v plném rozsahu a daný systém je silně zanesený je nutná demontáž, která je pracná a nákladná. [14] [17]

Mezi aditiva se mohou také zařadit antikoroziční inhibitory a nemrznoucí směsi. Ty se již staly samozřejmostí nejenom u vozidel, ale i u dalších odvětví kde jsou stroje, jakožto i další mechanismy vystaveny povětrnostním nebo agresivním vlivům.

#### Druhy aditiv:

##### *a) Depresanty*

Depresanty snižují teplotu tuhnutí oleje. Nejčastěji to jsou polymetakryláty, které dokážou plnit i funkce viskozitních suplementů. [6]

##### *b) Antioxidanty*

Jejich funkcí je oxidační stabilita oleje. Zabraňují vzniku karbonových usazenin a koroze. Z chemického hlediska jsou to fenoly, aromatické aminy a ditiofosfáty s obsahem zinku. [6]

*c) Detergenty*

Zajišťují ochranu před tvorbou vysokoteplotních usazenin, neutralizují kyselé produkty oxidace a hoření, chrání komponenty před korozi a zamezují koroznímu opotřebení. Nejčastěji se používají sulfonáty, alkylfenoláty a alkylsalicyláty. [6]

*d) Disperzanty*

Zabraňují tvorbě kalů a usazenin v oleji, které se tvoří zejména při nižších teplotách. Ty jsou nebezpečné z hlediska zamezení cirkulace oleje či paliva. Jedno z největších nebezpečí je tvorba usazenin mezi pístními kroužky, které se mohou tzv. zapékat. Tomuto jevu zabraňují především sukcinimidy. [6]

*e) Protipěnovostní přísady*

Vzhledem k povaze klikového mechanismu v bloku motoru může docházet k nežádoucí pěnovosti motorového oleje. Tyto přísady pěnovosti oleje zabraňují a snižují její stabilitu. Tím je zaručena správná cirkulace. [6]

*f) Protikorozní přísady*

Jejich funkce je zřejmá, na třecích plochách vytvářejí film. Ten chrání důležité plochy před korozi. [6]

*g) Vysokotlaké přísady*

Poskytují ochranu povrchy při zatížení funkčních ploch vysokým tlakem. Důležitou funkcí je zajištění kontinuálního filmu na všech plochách během činnosti stroje. Jejich přítomnost je nezbytná hlavně u převodových olejů. [6]



#### *h) Modifikátory viskozity*

Přídavkem těchto aditiv se zlepší teplotní stálost kapalin s ohledem na viskozitu.[6]

##### *Výrobci aditiv*

V dnešní době není problém vybrat vhodná aditiva, neboť trh disponuje řadou produktů s rozličnými vlastnostmi. Mezi přední výrobce aditiv do provozních kapalin automobilu patří firmy Wynns, Liqui Molly, VIF, Metabond apod.

Wynns jakožto jeden z předních výrobců aditiv a autochemie se specializuje na produkty, které mají za úkol ušetřit náklady na údržbu vozidla a prodloužit jeho životnost. Nabízí kromě základního sortimentu také širokou škálu čisticích prostředků. Ty mají po aplikaci za úkol čištění zanesených ventilů, turbodmychadla či filtru pevných částic. Mezi další produkty patří přísady do motorového oleje, ty pomáhají propláchnout motorovou skříň mezi výměnami oleje nebo eliminovat negativní vlivy systému Start-stop. [18]

Liqui Molly výrobce kompletního sortimentu pro údržbu vozidel a strojů. Kromě širokého spektra produktů jako jsou různá aditiva, tak nabízí obsáhlé spektrum maziv, ředidel, lepidel, těsnění a dalších přípravků spojených s provozem techniky a strojů obecně. [19]

VIF je česká firma, která se soustředí na výrobu aditiv do paliv motorových vozidel se spalovacími motory. Kromě universálních produktů do benzínu a nafty vyrábí i specializované aditivum na ochranu ventilových sedel pro starší motory jako náhrada za benzíny obsahující olovo. To je dnes z ekologických důvodů zakázané. [20]

Sada aditiv od firmy Metabond byla použita v této práci. Jedná se o výrobce kompletního ošetření motoru, převodovky a dalších. Výhoda produktů této značky je ve snížení tření, tedy zlepšením mazání soustavy, pro kterou bylo aditivum navrženo. Snížením ztrát je možné dosáhnout snížení spotřeby paliva, což vede i ke snížení emisí spalovacího motoru. [21]

## 4.2 Provozní parametry

Během provozu motoru nebo při vzniku závad a opotřebení dochází ke změnám jeho provozních parametrů. Měření a analýza těchto změn slouží jako diagnostický parametr pro pravidelné rutinní kontroly.

### 4.2.1 Otáčkové charakteristiky

Jedná se o nejpoužívanější charakteristiky u spalovacích motorů, z těch nejznámějších je to vnější otáčková charakteristika, částečná charakteristika a zvláštní charakteristika. Znázorněny bývají formou diagramu, kde je vyjádřena závislost otáček motoru při stálé poloze regulačního zařízení na zvolených parametrech, jako je výkon motoru, točivý moment či spotřeba paliva. [22]

#### a) Vnější otáčková charakteristika

Vnější otáčková charakteristika popisuje průběh výkonu a momentu v závislosti na otáčkách motoru při plně otevřené škrticí klapce (maximální přípustí paliva u vznětových motorů). Bývá doplněna měrnou spotřebou paliva. [1]

Při opakovaném měření vnější otáčkové charakteristiky mohou být vidět změny, které jsou způsobeny záběhem (u nového stroje), opotřebením, či havárií některé ze součástí agregátu. Z těchto dat je možné důkladně sledovat stav vozidla a při doplnění například tribotechnickou diagnostikou provozních kapalin se dá přesně stanovit stav vozidla či blížící se poruchu. [15]

#### b) Částečné charakteristiky

Částečné charakteristiky svým principem odpovídají vnější otáčkové charakteristice. Hlavním rozdílem, jak již název napovídá, je pouze částečná poloha škrticí klapky či jiného regulačního zařízení. Její průběh je však nižší než při vnější otáčkové charakteristice, avšak se dá říci, že tato charakteristika může lépe přiblížit reálné hodnoty spalovacího motoru

v automobilu, jelikož v režimu maximální přípusti paliva se v reálném provozu spalovací motor nachází pouze zřídka. [15]

c) Zvláštní charakteristiky

Mezi zvláštní charakteristiky patří například charakteristika chodu naprázdno. Kdy je znázorněna závislost celkové spotřeby paliva agregátu bez zatížení na otáčkách motoru v celém rozsahu. [13]

Dalším druhem zvláštních charakteristik je charakteristika motoru s regulátorem. Tuto charakteristiku je možné ještě rozdělit dle druhu regulátoru. Používají se 2 typy – regulátor omezovací, ten samočinně řídí volnoběžné a maximální otáčky motoru. Jelikož z principu vznětového motoru vychází nutnost regulovat maximální otáčky motoru je tedy montován do většiny vznětových agregátů nejen v automobilech jako ochrana motoru před destrukcí. Druhým typem regulátoru je regulátor výkonnostní. Ten je určen primárně pro pracovní stroje, kdy je potřeba zajistit jmenovitý výkon. [13] [9]

#### 4.2.2 Spotřeba paliva

Spotřeba paliva je jedním z nejsnáze měřitelných diagnostických signálů. Je ovlivněna stejně jako vnější otáčková charakteristika, zpočátku mírně klesá spotřeba paliva, což je způsobené záběhem stroje. Poté bude mít přibližně konstantní průběh až do konce své životnosti, kde vlivem opotřebení poroste. [23] [24] [13]

#### 4.2.3 Exhalace spalovacích motorů

Exhalací spalovacích motorů se rozumí vypouštění škodlivin do ovzduší. Ty se mohou dělit na škodliviny produkované během provozu stroje a na škodliviny produkované při stání vozidla. V tomto případě se jedná o odvětrávání nádrží (olej, palivo). [24] [12] [13]

### Škodliviny ve výfukových plynech spalovacích motorů

Při spalování uhlovodíkových paliv vzniká, při dokonalé oxidaci uhlíku a vodíku z paliva oxid uhličitý a voda. Oxid uhličitý je z hygienického hlediska neškodný, avšak z globálního hlediska je příčinou tzv. skleníkového efektu. [3] [12] [13]

Koncentrace škodlivin ve výfukových plynech jsou závislé především na součiniteli přebytku vzduchu  $\lambda$ . U vznětových motorů jsou oproti zážehovým vyšší přebytky vzduchu, nižší teploty výfukových plynů a nižší emise plynných škodlivin. S klesajícím  $\lambda$  však významně roste množství sazí. Složení výfukových plynů je znázorněné v Tab. 1 [12] [13]

Tab. 1 Složení spalin

Sloučenina	Jednotka	Zážehový motor	Vznětový motor
N <sub>2</sub>	%	74-77	76-77
O <sub>2</sub>	%	0,3-8	2-18
H <sub>2</sub> O	%	3-5,5	0,5-10
CO <sub>2</sub>	%	5-12	1-10
CO	%	0-12	0-0,5
NO <sub>x</sub>	%	0-0,8	0-0,5
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	%	0,2-3	0-0,5
Aldehydy	%	0-0,2	0-0,01
PAU – <u>polyaromatické uhlovodíky</u>	mg/m <sup>3</sup>	100-400	0-100
C (saze)	g/m <sup>3</sup>	0-0,4	0,01-1,1

Zdroj: [9]

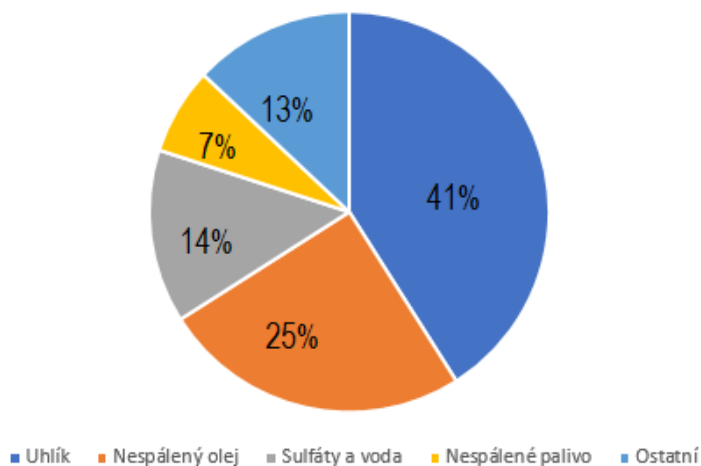
## Plynné škodliviny

Při nedokonalé oxidaci je ve spalinách i oxid uhelnatý a vodík. Za vysokých teplot vznikají oxidací vzdušného dusíku oxidy dusíku  $\text{NO}_x$ , především oxid dusnatý  $\text{NO}$  a v malé míře i oxid dusičitý  $\text{NO}_2$ . Podle bohatosti směsi jsou ve výfukových plynech, buď nespálené uhlovodíky  $\text{HC}$  – chudá směs, nebo naopak kyslík – chudá směs. [3][5]

## Pevné škodliviny

Ve výfukových plynech jsou pevné i kapalné škodliviny, především pevný uhlík – saze a další částice pevné i kapalné (prach, popel, rez, kovový otěr karbon z oleje apod.). Síra obsažená v palivu vytváří při spalování oxidy síry a některé antidetonační přísady vytváří sloučeniny olova. U zážehových motorů je tvorba částic méně významná, přičemž nejvíce se podílí popel ze spalovaného motorového oleje. Obr. 1 zobrazuje zastoupení jednotlivých složek spalin. [3][12]

Obr. 1 Graf procentuálního složení spalin



Zdroj: [25]

Z uvedených komponent se mezi sledované škodliviny zahrnují u všech motorů CO, HC a NO<sub>x</sub>. Saze (HC) vznikají především u vznětových motorů. Moderní zážehové spalovací motory jsou nyní také producenty pevných částic, avšak v menší míře. Některé látky (oxidy síry a sloučeniny olova) jsou limitovány nepřímo složením paliva.[3] [13]

#### 4.2.4 Emisní limity

Emisní limity byly stanoveny evropskou direktivou 70/220/EEC. Zasahují do všech kategorií vozidel jak osobní automobily, tak i vozidla nákladní. V současné době existuje 6 kategorií – Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6 a pomyslná kategorie Euro 0 – což zasahuje vozidla před rokem výroby 1993, kdy emisní norma nebyla tímto nařízením určena. [14]

Tento emisní předpis se však liší dle kategorií vozidel tak i podle paliva, které vozidlo spotřebovává. Byly tedy vytvořeny emisní limity jak pro vozidla se vznětovým spalovacím motorem, tak i pro vozidla zážehové. [14]

Pro motory využívající jako palivo motorovou naftu jsou přísnější limity, CO, avšak hodnoty oxidů dusíku jsou mírnější. Zážehové motory oproti tomu až do kategorie Euro 4 jsou oproštěny od limitů pevných částic. Přísnější normy jako jsou Euro 5 a Euro 6 však pamatují i na pevné částice a to v limitu 0,005g/km. [14]

Tento limit byl přijat spolu s nástupem přímo vstřikových motorů, které jsou často doplněny turbodmychadlem. Díky tomuto způsobu přípravy směsi dochází ke vzniku pevných částic i u zážehových motorů, přestože historicky se jednalo o problematiku motorů vznětových. Do těchto emisních limitů, kromě exhalací, se promítlo i evropské nařízení 2003/30/EC, které říká, že 5,75 % všech fosilních paliv by mělo být nahrazeno biopalivy do konce roku 2010. Mezičlánkem byl rok 2005, do kterého mělo být dosaženo nahrazení 2 % fosilních paliv biopalivy. Avšak s ohledem na ceny potravin a udržitelnost biopaliv došlo ke změně a to k takové, že nahrazení biopaliv bude 4 % k roku 2015 a do roku 2020 mělo dojít ke zvýšení až na 8-10 %. [14]

### 4.3 Diagnostika motoru

Diagnostika motoru slouží k určení přesného stavu, s ohledem na jeho minulost a její využití k predikci budoucího vývoje. Diagnostika motoru se dělí na diagnostiku vnitřní a na diagnostiku vnější. Při vnější diagnostice se měří produkty hoření či vnější otáčková charakteristika viz kapitola 4.2. Při vnitřní diagnostice je potřeba se zaměřit především na diagnostiku sériovou. [24]

#### 4.3.1 Diagnostika vnitřní

Vnitřní diagnostikou, přesněji diagnostikou sériovou se rozumí především komunikace s řídicími jednotkami umístěnými v automobilu a pomocí normalizovaného rozhraní s počítačem či jiným zobrazovacím zařízením. [15] [26]

Diagnostická soustava, jak je možné toto propojení nazvat, se skládá z propojovacího kabelu a zmíněného zobrazovacího zařízení. Na něm musí být nainstalován správný software právě určený pro dané rozhraní. Výjimky se dají nalézt pod kategorií aftermarketových diagnostik jako je například ELM 327, KKL USB apod.

Tyto diagnostiky však podporují pouze protokol OBD II, který slouží nejen k diagnostice emisních systémů osobních automobilů ale i k čtení závad a načítání některých provozních hodnot jako jsou otáčky motoru, množství nasávaného vzduchu apod. U osobních automobilů kategorie M1 je povinný od roku 2000 u zážehových motorů a od roku 2003 u motorů vznětových. [25]

OBD-II diagnostika poskytuje následující funkce:

- Mód 1: Měřené hodnoty, stav OBD-II, readiness kód
- Mód 2: Freeze frame
- Mód 3: Chybové kódy
- Mód 4: Výmaz chybových kódů
- Mód 5: Test lambda sond
- Mód 6: Nesouvisle monitorované testy
- Mód 7: Chybové kódy
- Mód 8: Akční členy
- Mód 9: Informace o vozidle (VIN kód, kalibrace, atd).
- Mód 10/0xA: Chybové kódy uložené v EEPROM [23]

Přípojovacím konektorem je podle normy SAE J1962 16-ti pinová diagnostická zásuvka. Dle normy je její umístění podmíněno dosahem ze sedadla řidiče. Často bývá umístěná spolu s pojistnou skříní, nebo například ve středovém panelu pod krytem. Postupem času se tento diagnostický systém natolik rozšířil, že v dnešní době umožňuje po zvolení správného softwaru (značkové nebo OEM diagnostiky) připojení ke všem řídicím jednotkám vozu jako je například řídicí jednotka převodovky, komfortní jednotka apod. Pomocí těchto diagnostických nástrojů je tedy nejen možné číst a mazat chybové kódy, ale taktéž číst, popřípadě si zobrazit graf aktivních parametrů (otáčky motoru, teplota nasávaného vzduchu a jeho množství...). [26] [1] [27]

Příkladem OEM (originální software určený výrobcem pro daný vůz) diagnostických softwarů může být například Diagbox. Což je software spolu s diagnostickým kabelem určený pro vozidla skupiny PSA, jako jsou vozidla Citroen a Peugeot. Bohužel v době měření praktické části této diplomové práce nebyl tento software k dispozici. Pro měření tedy byl použit software VCDS-VAG spolu s diagnostickým kabelem HEX-V2 USB určený pro skupinu



VW/AUDI/SEAT/ŠKODA. Tento software umožnil základní čtení a logování hodnot do souboru pomocí standartu OBD 2. [9]

Další podstatnou skupinou jsou multiznačkové diagnostiky. Jejimi zástupci jsou Bosch, Delphi, Atal a jiné. Principem těchto diagnostik je snaha o univerzální nástroj podporující vozy napříč výrobci a modely. Některé z těchto diagnostik jsou schopné se připojit i k nákladním vozům, již zmíněným speciálním strojům i motocyklům. Tato výhoda je však zaplácena vysokou pořizovací cenou a u některých výrobců i cenou za pravidelné roční aktualizace. Další nevýhodou oproti OEM diagnostikám je možná nekompatibilita s některými vozy anebo naopak úzké spektrum funkcí, které jdou pomocí této diagnostiky realizovat.

#### 4.3.2 Diagnostika vnější

Vnější diagnostika je široký pojem zahrnující např. diagnostiku paralelní, technickou ad. Tato práce se bude zaměřovat konkrétně na měření točivého momentu, ten je důležitou součástí, neboť slouží k výpočtu již zmíněného výkonu. Jeho měření je možné pomocí válcového dynamometru. Výhoda tohoto měření je absence demontáže agregátu ze stroje.

Tato výhoda je zaplácena nepřesností měření, měří se pouze moment na kolech, a ne na klikovém hřídeli. Je tedy potřeba naměřené hodnoty přepočítat (převodový poměr, ztráty).

Dalším problémem je opakovatelnost měření, a i například změna pracoviště, může ovlivnit toto měření. Ideálním měřením je tedy opakované porovnávací měření téhož vozidla na témže pracovišti. To bylo v této práci splněno. [25]

a) Technická diagnostika

Z definice technické diagnostiky je známo, že technická diagnostika je postup sledující stav vozidla či stroje obecně a zahrnuje i způsoby zkoumání určeného objektu. Předpoklady pro technickou diagnostiku jsou: [24] [15] [25]

- Bezdemontážní proces
  - To znamená, že při zkoumání vozidla nedochází k významné demontáži, a pokud ano, tak musí být zachována celistvost, alespoň celé funkční skupiny.  
: [24] [15]
  
- Nedestruktivnost
  - Během technické diagnostiky nemá dojít k poškození vozidla ani jeho částí.  
: [24] [15]

Dodržení těchto podmínek není snadné a pro zhodnocení stavu zařízení je nutné znát nejenom fungování celku, jakožto i dílčích součástí, tak i historii. : [15]

b) Diagnostika provozní

Při tomto druhu diagnostiky je důležité zaměřit se na vozidlo jako celek. Pro bližší zjištění stavu je možné demontovat části jednotlivých skupin, aby se umožnil přístup ke kontrolním bodům. Výstupem této diagnostiky je zajištění spolehlivého, tedy bezporuchového provozu pro koncového uživatele. [23] [15] [25]

c) Diagnostika dílenská

Dílenská diagnostika je oproti diagnostice provozní zaměřena spíše na konkrétní funkční celky. Demontáž z vozidla je přímo nezbytná, jelikož tento proces je nezávislý na vozidle. Jak již název napovídá je tato diagnostika určena pro odborné opravny či dílny. [23] [15] [25]

#### 4.4 Jízdní cykly

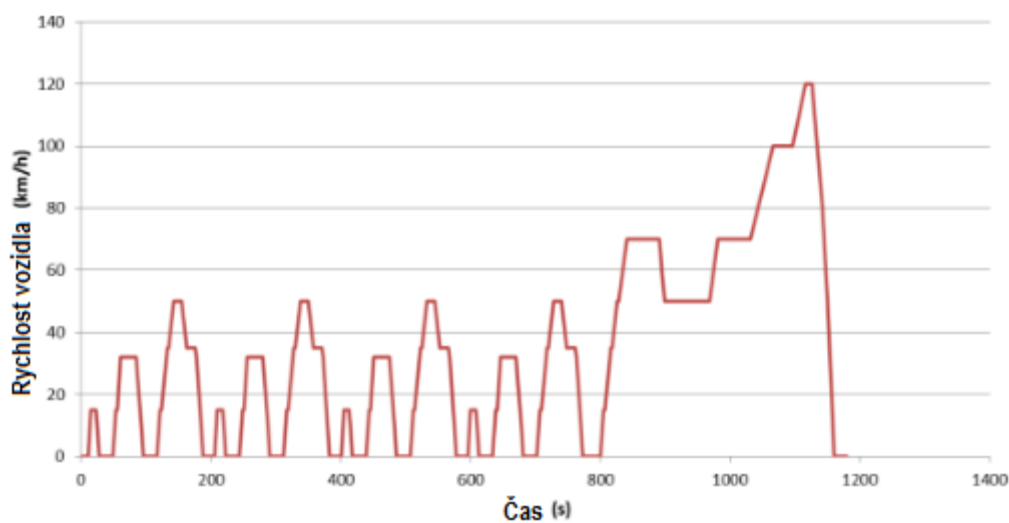
Kromě měření momentu motoru je možné měřit i spotřebu paliva, popřípadě emise pomocí normalizovaných jízdních cyklů. Z definice vyplývá, že jízdní cyklus je sérií dat prezentující závislost rychlosti na čase.

Jízdní cykly jsou vyvíjeny různými firmami jakožto i státními či mezinárodními institucemi. Slouží primárně pro srovnání vozidel a měření provozních parametrů v současné době s důrazem na emise, a s tím související spotřebu paliva. Daná měření by měla být opakovatelná. Existuje celá řada jízdních cyklů a v této práci byl použit cyklus WLTC.

##### a) NEDC

New European Driving Cycle je z dnešního pohledu historie. Vyvinut byl roku 1997 pro vyhodnocení spotřeby paliva a emisí u osobních automobilů (včetně lehkých užitkových) spojením 2 dílčích cyklů. Přesto byl do roku 2018 součástí homologačního procesu u nových vozidel. Jedná se o evropský cyklus shodný pro všechna vozidla bez rozdílu. Cyklus, což zobrazuje Obr. 2 . Cyklus je rozdělen na 2 části na městskou část, která zaujímá 66% doby trvání a kratší mimoměstskou část. [28] [15]

Obr. 2 Graf NEDC cyklu



Zdroj: <http://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/#prettyPhoto>

Jak vyplývá z Obr. 2 doba trvání cyklu je 1180 s. Během této doby vozidlo ujede pomyslných 11 km s průměrnou rychlostí 33,6 km/h. Maximální rychlosti dosáhne v mimoměstské části a to celých 120 km/h.

Přesto, že byl tento cyklus původně vyvíjen pro testování vozidel se zážehovým spalovacím motorem postupně se začal používat i pro vozidla se vznětovou alternativou či k hodnocení hybridních a elektrických vozidel. Tento cyklus byl dlouho kritizován, jelikož vypovídající schopnost hodnot ohledně zjištěné spotřeby paliva se velmi lišila od reálných hodnot. Tyto hodnoty byly v reálném provozu nedosažitelné. [29] [30]

## b) WLTP

Celým názvem Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure se od září 2017 používá pro testování nově vyvíjených osobních automobilů. Pomocí WLTP se totiž zjišťuje spotřeba paliva spolu s emisemi a nahradila tak starší cyklus NEDC. Zároveň výstupem této procedury jsou i mnohem přesnější hodnoty emisí a spotřeby paliva než v cyklu NEDC.

Samozřejmě i zde se nachází odlišnost mezi skutečnými hodnotami z provozu a touto simulovanou procedurou. Je to dáno zejména návyky řidiče, situací na komunikacích a v neposlední řadě i povětrnostními podmínkami. WLTP se skládá ze dvou částí, nejprve ze zmíněného cyklu WLTC a také z RDE. Obě části jsou více popsány níže.

- WLTC

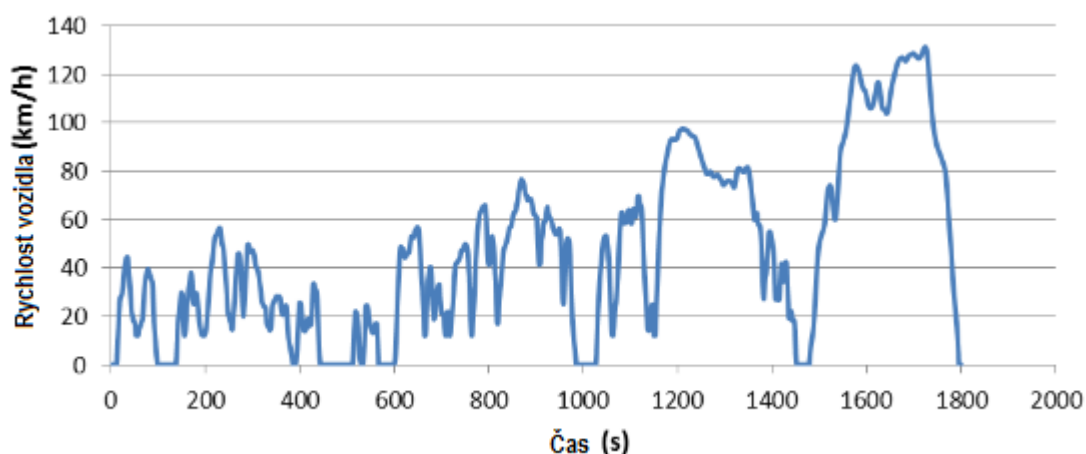
World Harmonized Light Vehicle Duty Test Cycle – jedná se o relativně nový celosvětový jízdní cyklus, sloužící k testování nových vozů. Vychází z poznatků o testování vozidel z celého světa.

Oproti svému předchůdci zohledňuje kategorie vozidel i výbavu vozidel, což by mělo vést k přesnějšímu měření emisí s ohledem na reálný provoz vozidla. Existují 3 varianty v závislosti na poměru výkonu a hmotnosti. [28]

- Kategorie 1 pro vozidla do 22 W/Kg
- Kategorie 2 pro vozidla 22-34 W/Kg
- Kategorie 3 pro vozidla nad 34 W/Kg

Na Obr. 3 je zobrazena 3. varianta vozidla. Tedy nad 34 W/Kg. Jelikož průměr poměru výkonu ku hmotnosti se u moderních vozidel pohybuje kolem 40-70 W/Kg je tato kategorie u osobních automobilů využívána nejčastěji. Z tohoto obrázku je také patrné, že cyklus je rozdělen na 4 oblasti dle průměrné rychlosti: nízká, střední, vysoká a extra vysoká. [31]

Obr. 3 Graf WLTC cyklu nad 34W/Kg



Zdroj:<http://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/#prettyPhoto>

Z Obr. 3 je patrné, že doba trvání cyklu je 1800 s, při simulaci celkové vzdálenosti 23,25 km. Průměrná rychlost je zde 46,5 km/h a maximální rychlost se v poslední části vyšplhá ke 131,3 km/h.

Z důvodu velkého spektra převodovek, které jsou v nabídce k novým vozům nebylo možné určit universální intervaly řazení. Místo toho je v testovacím cyklu WLTC pro výpočet řadicích okamžiků použitý algoritmus. [32]

- RDE

Význam zkratky RDE je Real driving emissions test. Jedná se o doplňkovou zkoušku k cyklu WLTC a vlastně ověřuje, zda-li výsledky jízdního cyklu odpovídají skutečnému provozu. Schválen byl technickým výborem pro motorová vozidla roku 2015. Nezbytností při tomto měření je montáž přenosného systému pro měření emisí.

Doba trvání tohoto testu je 90-120 minut. Rozdělen je do několika částí:

- 34 % městská část
- 33 % mimoměstská část
- 33 % dálniční část

Nevýhodou tohoto testu je množství výrobců mobilního analyzátoru. To v praxi znamená, že výsledky se mohou lišit, a to nejen z tohoto důvodu, ale i z důvodu těžké opakovatelnosti měření. Reálný provoz je ovlivněn mnoha faktory jako například nadmořskou výškou, teplotou, ale i chybou měření. Pro eliminaci těchto vlivů je určen Faktor shody. Ten pomáhá korigovat výsledky s ohledem na chybu měření. [34]

#### c) US FTP-72

Jedná se o mimoevropský jízdní cyklus, který pochází ze Spojených států Amerických. Může být označován i jako UDDS (Urban Dynamometer Driving Shedule) nebo cyklus LA-4. Tento cyklus je význačný svou simulací městského provozu s častými zastávkami. [36]

FTP-72 je složen ze 2 částí, a to 505 s simulované jízdy na válcovém dynamometru při průměrné rychlosti 41,2 km/h. Druhá část trvá 867 s. Důležitým faktorem tohoto cyklu je start první části při studeném agregátu. Dalším specifikem je aplikace hmotnostních faktorů o hodnotách 0,43 a 0,57. [36]

Cyklus FTP-72 je používán i v ostatních státech například v Austrálii pod názvem ADR 27 nebo ve Švédsku pod názvem A10 při zachování totožných hmotnostních faktorů. [36]

## 5 Vlastní zpracování

Praktická část se zabývá vlivem sady aditiv na změnu provozních parametrů vozidla. Vzhledem k tomu, že k projevení plného účinku aditiva do motorové nafty výrobce uváděl potřebu projet 500 l paliva, byl tento interval rozdělen do několika částí zhruba po 170 l. Díky tomu je možné porovnat postupné změny v měřených parametrech. Měřila se vnější otáčková charakteristika a během jízdních cyklů zmíněných v kapitole 4.4. probíhalo měření spotřeby paliva a obsah exhalací.

### 5.1 Zkušební vozidlo

Zkušebním vozidlem, zobrazené na Obr. 4, byl vybrán vůz Citroen Xsara Picasso. Jedná se o osobní automobil z roku 2001. Osazen vznětovým agregátem o zdvihovém objemu 1997 cm<sup>3</sup> a výkonu 66 kW při 4000 ot/min. Celkový nájezd na začátku měření byl 482 770 km. Zvolené vozidlo bývalo využíváno taxi službou, takže je zde předpoklad, že i přes vysoký nájezd je opotřebení navýšeno vyšším počtem motohodin. Ty se u osobních automobilů nevidují.

*Obr. 4 Zkušební vozidlo*



*Zdroj: Autor*



I přes snahu udržet vozidlo v konstantním stavu během měření došlo v průběhu k několika změnám. Ty se týkaly především chlazení vozidla, kdy se objevil problém s čidlem teploty chladicí kapaliny a následně i termostat musel být vyměněn.

## 5.2 Kompletní ošetření sadou Metabond ECO

Pro měření změn na vozidle byla použita sada výrobků s názvem Metabond ECO pro vozidla se vznětovým motorem. Její součástí jsou přípravky Metabond ECO 250 ml do motoru, Metabond CL 250 ml na vyčištění motoru, Metabond Megasel 250 ml do paliva a Metabond GT. Obsah balení je viditelný na Obr. 5.

Při aplikaci aditiv bylo nutné dbát na pokyny výrobce. Ty byly samozřejmě dodrženy. Důraz musel být kladen především na správnou teplotu, postup, stáří náplně a množství.

Obr. 5 Sada Metabond



Zdroj: [33]

a) Metabond ECO

Pro aditivaci motorového oleje bylo použito aditivum Metabond ECO pro vozidla do 3,5 t s olejovou náplní 4-8 litrů. Toto aditivum bylo určeno pro vozidla využívající pro pohon LPG, CNG, benzín i naftu.

Před aplikací bylo potřeba zajistit ohřátí aditiva na pokojovou teplotu, důkladné promísení sedlin. Samotná aplikace do náplně motorového oleje podléhá podmínce aplikace maximálně do 2000 km po výměně. Po aplikaci je nutné nechat agregát běžet 5-10 minut při volnoběžných otáčkách. Balení je zobrazeno na Obr. 6.

*Obr. 6 Aditivum do motorového oleje*



*Zdroj: Autor*

Přípravek Metabond ECO se řadí mezi zušlechťovače kovových povrchů spalovacích motorů osobních automobilů (Nafta-Benzín-LPG-CNG). Jeho obsahem jsou keramické nanočástice (h-BN). Po jeho aplikaci dle výrobce dochází k významnému snížení tření a ke zlepšení mazání. Též zamezuje vzniku opotřebení motoru při studených startech. Právě díky zušlechtění kovových povrchů a následnému snížení tření by se měla výrazně prodloužit životnost motoru. [35]

Výhody produktu:

- Snížení tření až o 60 %.
- Zvýšení výkonu motoru o 5–10 %.
- Prodloužení životnosti motoru.
- Snížení spotřeby paliva o 5–15 %.
- Snížení emisí ve výfukových plynech.
- Výrazně snižuje opotřebení motoru při studených startech. [35]

b) Metabond CL

Pro vyčištění motorové skříně po předchozích olejových náplních bylo použito výrobku Metabond CL (viz Obr. 7). Jedná se o univerzální čistící přípravek určený do spalovacích motorů, diferenciálů, manuálních převodovek a do hnacích mechanismů.

Aplikace spočívá ve smíšení se starou olejovou náplní vhodného systému ohřátého na provozní teplotu. Poté je třeba nechat běžet motor po dobu 10-15 minut. Jedno balení slouží pro ošetření 5-8 l oleje.

Obr. 7 Metabond CL



*Zdroj: Autor*

Metabond CL čistič motorů je moderní a technologicky pokročilý prostředek na vyčištění a dekarbonizaci vnitřních částí spalovacích motorů, převodovek a diferenciálů. Obsahuje rozpouštědla, která odstraňují usazeniny a nečistoty z mazacího systému. Tím se zvyšuje výkon motoru, komprese, a také prodlužuje životnost katalyzátoru. Jeho používáním se snižuje spotřeba oleje a pohonných hmot. [35]

Výhody produktu:

- Odstranění usazenin a nečistot z mazacího systému
- Prodloužení životnosti katalyzátoru
- Zvýšení účinnosti motoru
- Zvýšení komprese
- Snížení spotřeby oleje a paliva[35]

c) Metabond Megasel

Během celého měření bylo potřeba postupně přidávat aditivum do motorové nafty. Součástí celého setu bylo balení Metabond Megasel Plus. To je zobrazeno na Obr. 8 spolu s dávkovací nádobkou dodávanou výrobcem.

Obr. 8 Aditivum do paliva



*Zdroj: Autor*

Ta se vzhledem k nalévacímu hrdlu testovacího vozidla neosvědčila. Proto pro dávkování bylo použito injekční stříkačky o objemu 20 ml. Přesné dávkování je popsáno v Tab. 2.

Tab. 2 Dávkování aditiva

Palivo [l]	Aditivum [ml]
10	5
20	10
30	15
40	20
50	25

*Zdroj: Originální balení výrobku*

Metabond Megasel Plus je přísada do pohonných hmot pro vznětové motory. Čistí a maže vstříkovací systém (čerpadla, vstříkovače) a spalovací prostory (písty, válce a ventily). Odstraňuje škody vzniklé skladováním a přepravou paliva. Zamezuje znehodnocování vzniklému smícháním paliva různého původu (míchání paliva negativně ovlivňuje jeho stabilitu, zrychluje rozklad a následně znečišťuje palivový systém). Rozpouští vodu v palivu, tím pádem se voda bezpečně odvede ze zařízení.[35]

Metabond Megasel Plus zušlechťuje kovové povrchy a tím snižuje tření v místech, kde dochází ke kontaktu s palivem. Díky snížení tření se zvyšuje účinnost, snižuje spotřeba paliva a zvyšuje výkon motoru. Dále zabraňuje tvorbě sazí a redukuje množství pevných částic ve výfukových plynech. [35]

Výhody produktu:

- Snížení nároků na údržbu vznětového motoru.
- Snížení obsahu jedovatých látek ve výfukových plynech i množství pevných částic.
- Zlepšuje proces hoření.
- Zvyšuje cetanové číslo paliva.
- Čistí celý palivový systém.
- Zabraňuje usazování nečistot.
- Snižuje spotřebu paliva.
- Snižuje opotřebení motoru.
- Uvolňuje zatuhlé ventily.
- Zabraňuje vzniku koroze.
- Zabraňuje zamrznutí paliva.
- Rozpouští vodu v palivu. [35]

d) Metabond GT

Do převodového oleje bylo přidáno aditivum Metabond GT Plus (viz Obr. 9). Toto aditivum je určeno pouze pro manuální převodovky a bylo dle pokynů výrobce přimícháno v množství 90 ml, což představuje poměr 5 %. Tolerance výrobce je 4-6 % olejové náplně.

*Obr. 9 Aditivum do převodového oleje*



*Zdroj: Autor*

Metabond GT Plus je zušlechťovač kovových povrchů, který snižuje tření a zlepšuje mazání. Je určený do převodovek, diferenciálů a hnacích zařízení používaných v průmyslu. Je vhodný do nových i opotřebovaných zařízení. Snižuje tření minimálně o 60 % a následně snižuje opotřebování a hlučnost. [35]

### 5.3 Metodika měření a jeho zpracování

Měření probíhalo v několika intervalech, vždy dle množství spotřebovaného paliva. Výrobce udává, že celkový čistící účinek se projeví po projetí 500 l motorové nafty. Zvoleny byly 4 měřicí intervaly zhruba po 160 projetych litrech paliva. Tento rozestup byl zhruba dodržen, i když s malými odchylkami až do konečné hodnoty 531 ujetých litrů motorové nafty. Jejich odstup je zřetelný z Tab. 3.

Tab. 3 Počet měření

Číslo měření	Datum měření	Počet litrů paliva	Ujetá vzdálenost [Km]	Celkový nájezd [Km]
1	13.12.2018	0	0	482770
2	4.2.2019	159	3313	486083
3	16.7.2019	340	7083	489853
4	6.8.2019	531	11063	493833

*Zdroj: Autor*

První měření probíhalo s čerstvou olejovou náplní a posléze byla doplněna sada Metabond dle instrukcí výrobce. Součástí měření bylo ujetí jízdního cyklu WLTC spolu s měřením množství částic produkovaných vozidlem a následné měření výkonu na dynamometru. Pro zpracování naměřených hodnot bylo potřeba pomocí diagnostického nástroje VAG-COM logovat údaje z řídicí jednotky vozidla zejména otáčky motoru a množství nasávaného vzduchu. Po každém měření výkonu proběhlo i měření ztrátového momentu z důvodu změny světlé výšky. Ta byla způsobena úpravou během generální opravy zadní nápravy.

Při zpracování naměřených dat byl použit program MS Excel, do kterého byly postupně konvertovány naměřené hodnoty. V něm pomocí lineární interpolace došlo k synchronizaci dat mezi daty z VAG-COMu, válcové zkušebny, analyzátoru výfukových plynů a přístroje pro měření koncentrace pevných částic. Potřeba využít lineární interpolaci vychází z faktu, že data z diagnostiky VAG-COM jsou zaznamenávána po 0,5 s.



## 5.4 Použité aparáty

V této kapitole jsou uvedeny a popsány aparáty, které byly použity k měření údajů pro praktickou část této práce. Veškerá měření probíhala v prostorách fakulty.

### 5.4.1 Válcový dynamometr

Na válcové zkušebně, jejímž vlastníkem je TF ČZU probíhalo měření točivého momentu a simulaci jízdních cyklů (WLTC, NEDC). Tato válcová zkušebna je určena pro homologaci vozidel do 3500 kg. Válcový dynamometr je tvořen ze dvou propojených válců. Ty jsou opatřeny protiskluzovým povrchem. Součástí dynamometru je i sada setrvačnicků sloužící pro simulaci setrvačné hmotnosti vozidla. Válcový dynamometr je vybaven dvěma brzdnými systémy. Elektromotor o výkonu 56 kW simuluje odpor vzduchu. Pro měření výkonu je součástí i vířivá brzda s výkonem 125 kW.

Softwarovou podporu tvoří systém Datalab pracující v uživatelském prostředí ControlWeb. Tímto systémem je ovládáno celé pracoviště. Také umožňuje simulovat reálný provoz pomocí jízdních cyklů. Tento program zobrazuje nezbytné informace jako např. řazení a ovládání vozidla. Uživatelské prostředí během průběhu cyklu je zobrazeno na Obr. 10

Obr. 10 ControlWeb

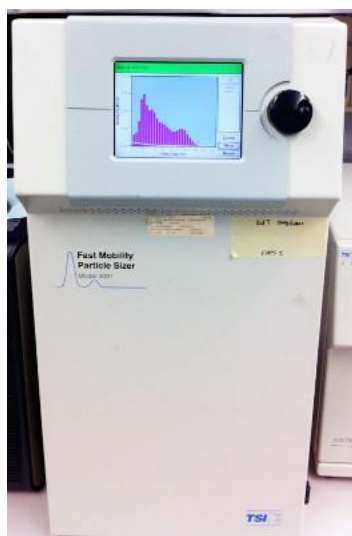


Zdroj: Vlastní foto

#### 5.4.2 Analyzátor velikostních spekter pevných částic EEPS 3090

Analyzátor velikostních spekter pevných částic EEPS se používá pro měření množství částic o rozměru 5,6 až 560 nm s frekvencí 10 Hz. Díky analýze a zobrazení dat v reálném čase je možné studium a vizualizace chování částic vyskytujících se při měření. Spektrometr je znázorněn na Obr. 11.

Obr. 11 Analyzátor velikostních spekter pevných částic EEPS 3090



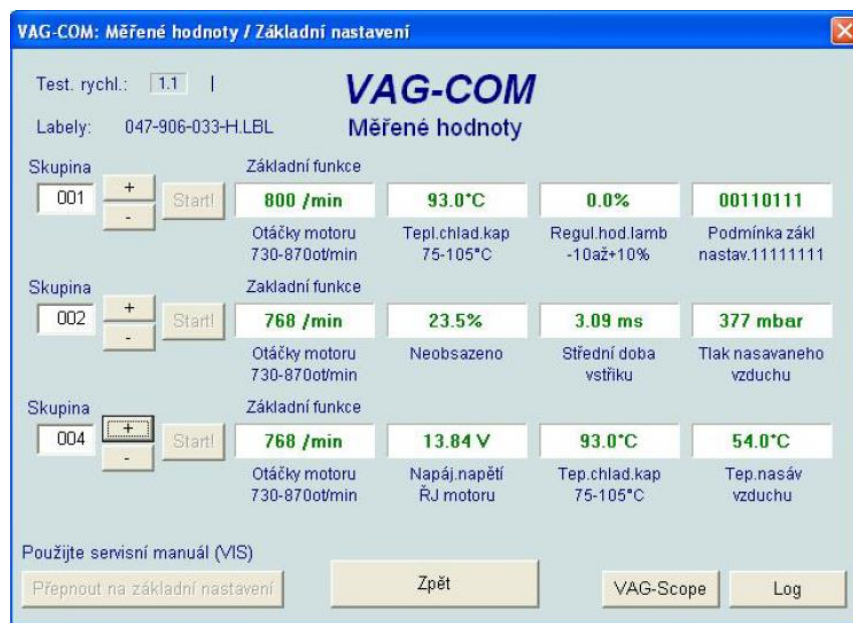
Zdroj: <https://www.labs.chem-eng.utoronto.ca/evans/wp-content/blogs.dir/21/files/sites/21/2012/10/FMPSv2.jpg>

Pro zachování přesnosti měření je nutné ředění výfukových plynů. Měření pevných částic se měřilo pomocí rotačního ředícího zařízení TSI 379020 A. Rozsah ředění plynů je mezi 15:1 až 3000:1. Kondenzaci vody zabraňují vyhřívané hadice.

### 5.4.3 OBD diagnostika

Pro logování hodnot z řídicí jednotky motoru byl použit přístroj VAG-COM. Skládá se z datového kabelu VAG-COM HEXCAN umožňující propojení s počítačem pomocí USB portu. Softwarovou součástí diagnostického systému je program VCDS. Uživatelské prostředí je zobrazeno na Obr. 12.

Obr. 12 VCDS



Zdroj: Vlastní foto

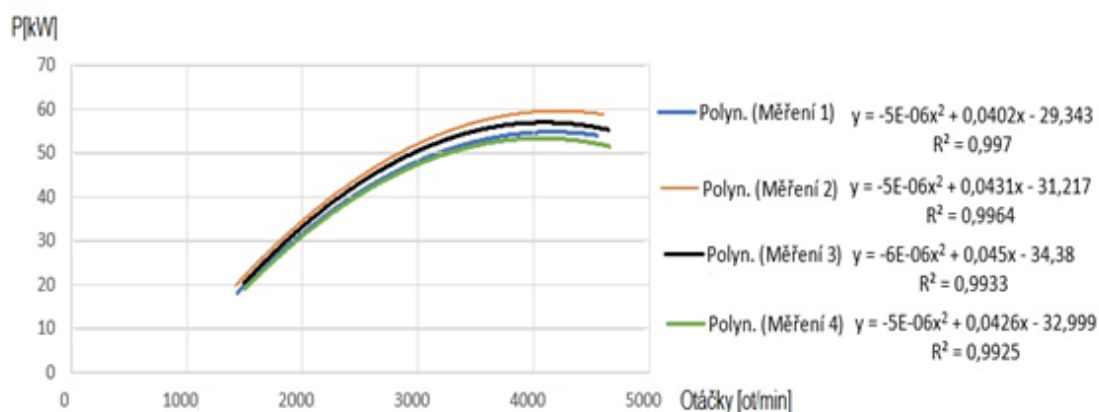
## 6 Výsledky a diskuse

Tato kapitola se věnuje shrnutí výsledků jednotlivých měření pomocí znázorněných grafů. Následná diskuse popisuje rozdíly mezi jednotlivými měřeními.

### 6.1 Srovnání výkonových křivek

Při zpracování výkonových křivek v závislosti na otáčkách bylo použito proložení polynomem druhého stupně dle rovnic. Ty zobrazuje Obr. 13. Maximální výkon byl dosažen při druhém měření a to 61 kW při 4313 ot/min. Tato hodnota je nižší než hodnota udávaná výrobcem vozidla (66 kW při 4000 ot/min), což může být způsobeno opotřebením agregátu, jelikož se jedná o vozidlo s vyšším nájездem na konci životnosti. Maximální moment motoru byl naměřen 180,1 Nm při 2554 ot/min.

Obr. 13 Graf srovnávající výkonové křivky



Zdroj: Autor

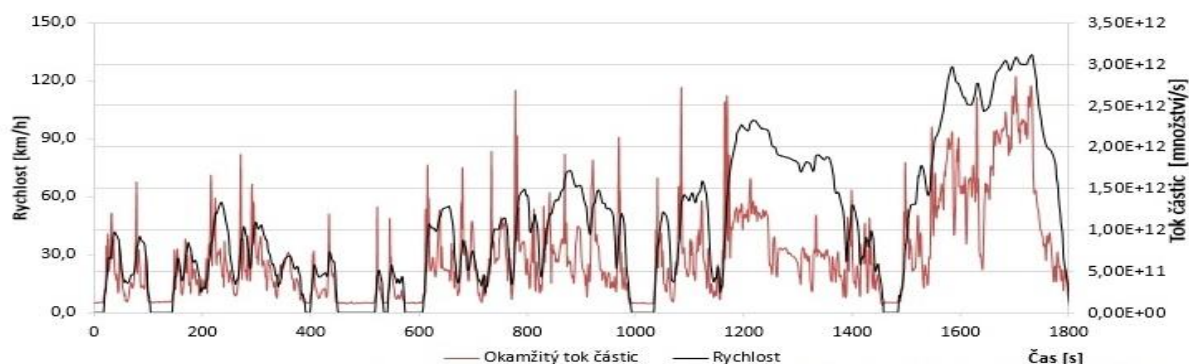
Na těchto křivkách je vidět průběh výkonu v závislosti na otáčkách. Při srovnání prvního a druhého měření je vidět znatelný nárůst výkonu, to se dá přisuzovat aplikaci aditiv do motorového a převodového oleje. Snížením tření na funkčních plochách dojde ke snížení ztrát, a tím i celkového výkonu agregátu. S dalšími měřeními dochází k pozvolnému poklesu maximálního výkonu vozidla. To může být způsobeno postupnou degradací motorového oleje.

## 6.2 Jízdní cyklus a množství částic

Při zpracování dat naměřených při projetí jízdního cyklu WLTC, který je blíže popsán v kapitole 4.4 bylo použito jako výstupu grafů zobrazujících množství exhalovaných částic, o velikosti 5,6 až 560 nm, v závislosti na čase spolu s rychlostí vozidla na čase.

Obr. 14 zobrazuje, jak změny rychlosti vozidla ovlivnily okamžitý tok částic. Zejména při prudké akceleraci je viditelný skokový nárůst, a naopak při deceleraci a brzdění motorem je vidět logický pokles částic, který je minimální při volnoběhu. To je způsobeno větším zatížením a spalovací motor se snaží o akceleraci za pomoci prodloužení vstříku, což má za následek větší spotřebu paliva i produkci emisí. Maximální hodnota částic za sekundu je 2856 miliard. Průměrná hodnota částic za sekundu se pohybuje kolem 673 miliard.

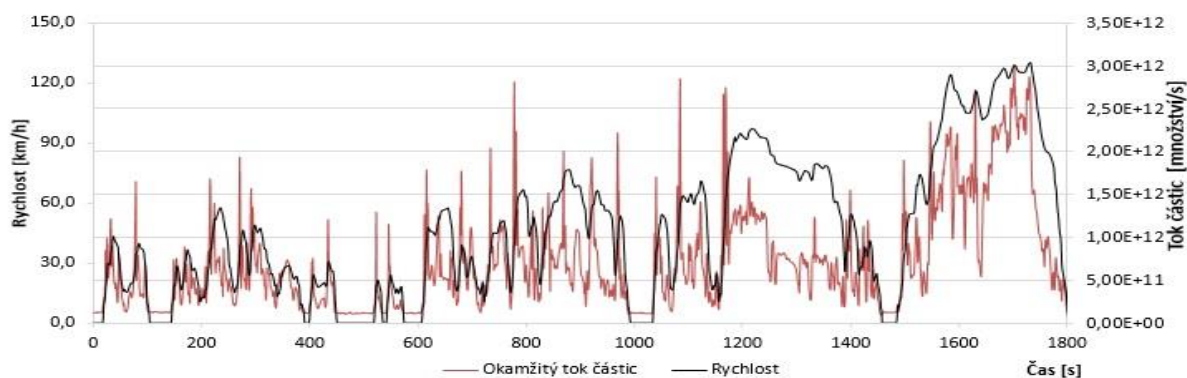
Obr. 14 Graf 1. měření WLTC



Zdroj: Autor

Při druhém měření se maximální hodnota částic za sekundu pohybovala kolem 2984 miliard. Průměrná hodnota se snížila na 697 miliard za sekundu. Grafické znázornění zobrazuje Obr. 15.

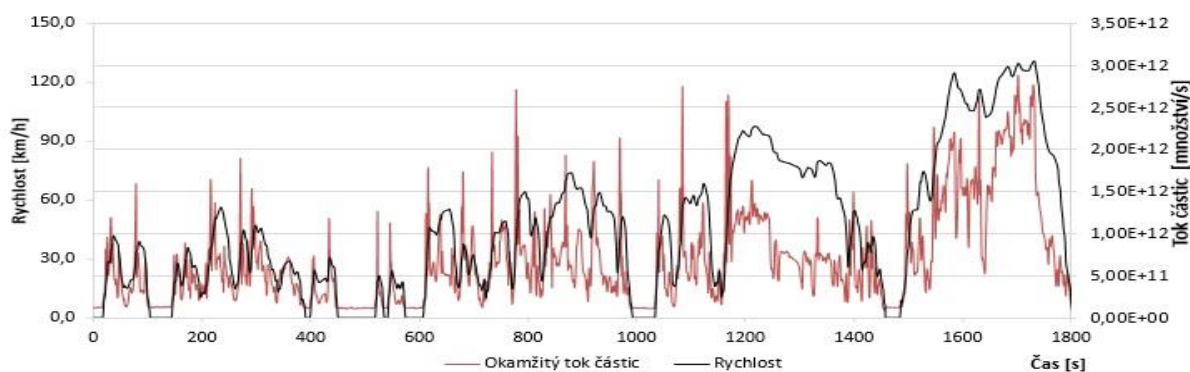
Obr. 15 Graf 2. měření WLTC



Zdroj: Autor

Třetím měřením se zjistilo, že maximální hodnota částic za sekundu pohybovala kolem 2882 miliard. Průměrná hodnota se zvýšila na 676 miliard za sekundu. Grafické znázornění zobrazuje Obr. 16.

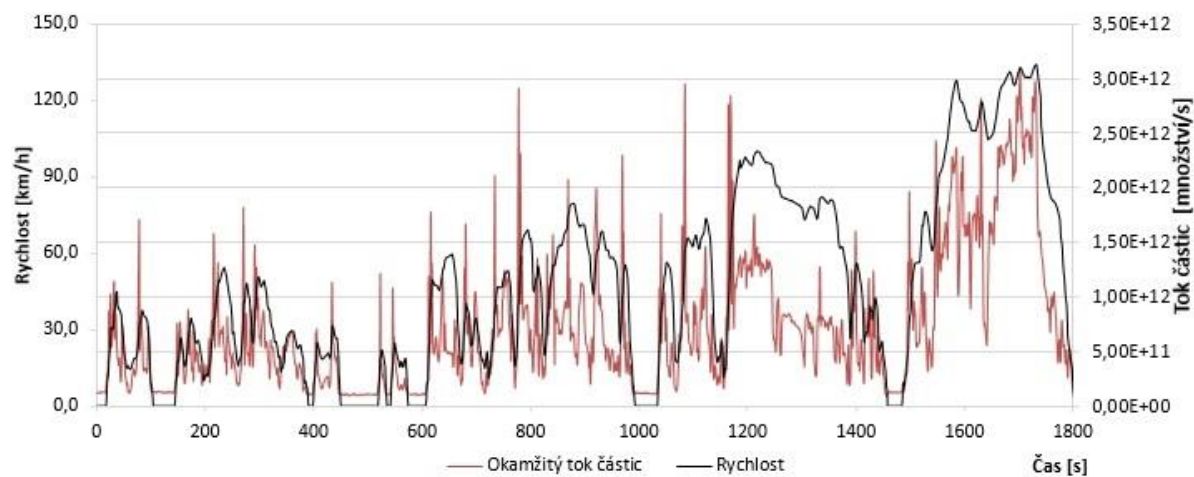
Obr. 16 Graf 3. měření WLTC



Zdroj: Autor

U posledního měření se maximální hodnota částic za sekundu pohybovala kolem 3100 miliard. Průměrná hodnota se snížila na 567 miliard za sekundu. Grafické znázornění zobrazuje Obr. 17.

Obr. 17 Graf 4. měření WLTC

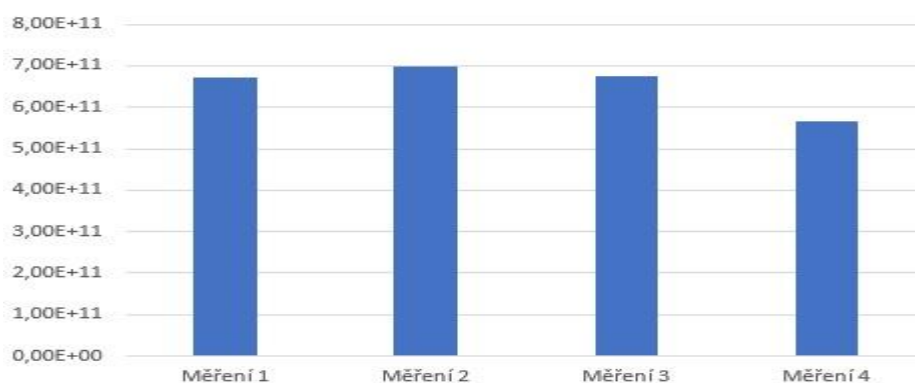


Zdroj: Autor

### 6.2.1 Diskuse

Souhrnem měření z poslední kapitoly 6.2 je Obr. 18. Ten zobrazuje průměrné množství částic za sekundu. Zpočátku toto množství stoupalo, ale ke konci je zřejmá klesající tendence. To je možné přisuzovat uvolňování nečistot z palivové soustavy a ze spalovacího prostoru.

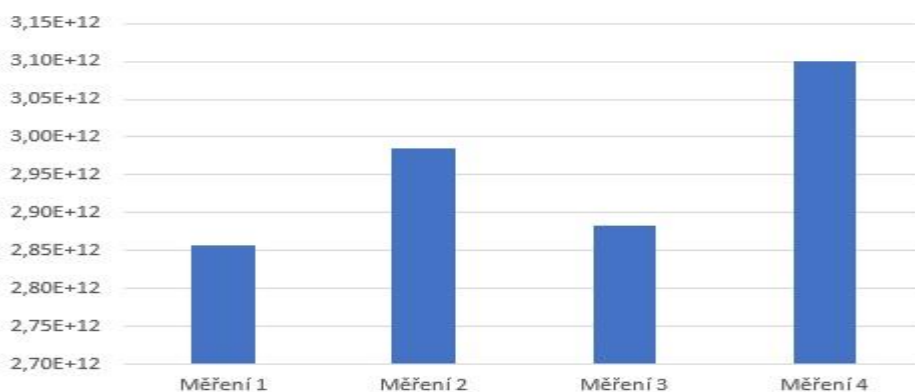
Obr. 18 Graf Průměrného množství částic za sekundu



Zdroj: Autor

Obr. 19 zobrazuje extrémní hodnoty toku částic za sekundu. Maximální tok částic byl naměřen během 4. měření. Tato hodnota dosahovala téměř 3100 miliard částic. Tento extrém může být ovlivněn poškozením výfukového potrubí či chybou měření.

Obr. 19 Graf maximálního množství částic za sekundu



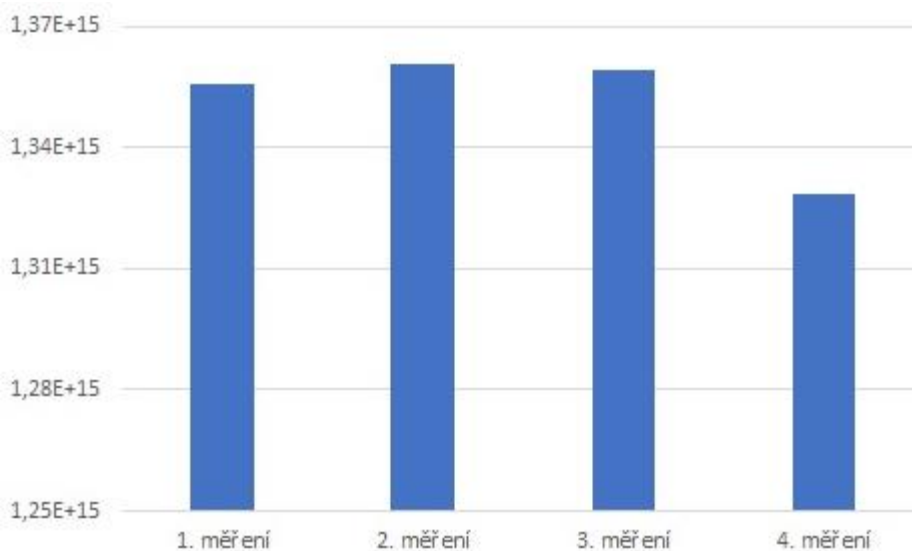
Zdroj: Autor



Za souhrn předchozích grafů se může brát Obr. 20. Ten ukazuje celkový počet částic vyprodukovaný testovacím vozidlem za 1800 s jízdního cyklu.

Po prvním měření je patrný nárůst emisí. To může být způsobeno uvolňováním nečistot ze spalovacího prostoru či palivové soustavy. Při 4. měření je viditelný úbytek emisních částic, důvodem může být několik faktorů. Toto měření proběhlo po dvou delších trasách každá 1200 km po dálnici při vyšších otáčkách motoru. Z tohoto důvodu mohlo dojít k pročištění palivové a výfukové soustavy. Dalším faktorem, který mohl mít vliv na pokles naměřených částic, je deformace výfukového potrubí, ke které došlo krátce po 3. měření. Únik nebyl vizuálně patrný, avšak se projevil zvýšeným množstvím  $O_2$  ve spalinách.

Obr. 20 Graf Celkového množství částic WLTC



Zdroj: Autor

## 7 Závěr

Z měření, jehož výsledky jsou zobrazeny v předchozí kapitole vychází, že zvolená sada Metabond má smysl. Došlo k mírnému zvýšení výkonu. To by mělo být způsobeno především snížením vnitřních třecích ztrát a lepším dotěsnění spalovacího prostoru. To vedlo i ke snížení celkových emisí, ale i ke snížení spotřeby oleje. Ta byla po aplikaci aditiva minimální.

Vliv aditiva se projevil především při opětovném přechodu na standardní mazivo doporučené výrobcem, a to na motorový olej TOTAL Quartz 9000. Kdy došlo ke zvýšení spotřeby oleje a zároveň v zimních měsících došlo k produkci modrého dýmu za nízkých teplot. To značí nedostatečné utěsnění spalovacího prostoru.

Použitím aditiva do převodového oleje došlo k subjektivnímu zlepšení řazení rychlostních stupňů zejména při nižších teplotách.

Prokázání vlivu sady Metabond na vznětový motor zvoleného vozidla byl ovlivněn několika parametry. Z těch hlavních to byla chybná informace o teplotě chladicí kapaliny, to mohlo mít vliv na řízení přípravy směsi ve válci. Dalším problémem bylo nedokonalé utěsnění chladicí soustavy. Dále pak mohlo být měření ovlivněno netěsností výfukové soustavy, to bylo bohužel zjištěno až při vyhodnocení výsledků a bylo způsobeno mírnou deformací výfukového vedení po dopravní nehodě.

K plnohodnotnému prokázání vlivu zvolených aditiv by bylo potřeba provést více měření, jak na stejném vozidle, tak i na jiných vozidlech ideálně s různým nájezdem. Takto získaná statistika by pomohla jednoznačně určit, jakým způsobem ovlivnily aditiva provozní parametry osobního automobilu.

Dalším aspektem, který ovlivnil měření je použitá motorová nafta. Po celou dobu bylo snahou zajistit doplňování paliva od stejného výrobce, což nebylo vždy možné dodržet. Zejména při tankování v cizině, kdy byla absolvována cesta do Evropy tam i zpět zkušebním vozem, nebylo možné dodržet tento postup. Co se týče technického stavu vozidla, u takto starého vozu se dá předpokládat větší náchylnost na poruchy.

Výhodou tohoto měření je absence filtru pevných částic na vozidle, což znamená, že měření není tolik zkresleno právě tímto členem s ohledem na jeho potřebu regenerace a stupně zanesení.

Z ekonomického hlediska celá sada vychází kolem 3000 Kč, což znamená zhruba 0,15 Kč/km. Při výměně oleje dle instrukcí výrobce činí na testovacím voze 20 000 km nebo jeden rok. To je vzhledem k proměnným cenám paliv zanedbatelná částka. Dle měření má přidávání aditiv smysl. Avšak při přechodu z aditivovaných kapalin zpět na kapaliny dodávané výrobcí bez dodatečné aditivace mohou nastat problémy např. zmiňované nedokonalé dotěsnění spalovacího prostoru standartním motorovým olejem.

Subjektivním hodnocením chování vozidla i zasažených systémů lze říct, že vozidlo po zasetí aditiv mělo vyrovnanější a tišší chod. Spotřeba paliva před použitím aditiv se z dlouhodobého hlediska držela na 5 l/100 km to bylo potvrzeno i předchozím majitelem, po použití aditiv se dle palubního počítače postupně ustálila na 4.7 l/100 km. Přestože údaj na palubním počítači je nezbytné brát s rezervou z důvodu, že se nejedná o přesné měření je možné tento údaj brát jako srovnávací parametr. Nutno dodat, že vozidlo bylo využíváno primárně na mimoměstské trasy a na dálniční provoz.

## 8 Seznam použitých zdrojů

- [1] REMEK B. *Provozní údržba a diagnostika vozidel*. Praha: ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02615-9.
- [2] ROGERS CH. *Diesel Vznětové motory - údržba a servis*. České Budějovice: Kopp, 1998. ISBN 80-7232-031-9.
- [3] FERENC, Bohumil. *Spalovací motory: karburátory, vstřikování paliva a optimalizace parametrů motoru* [online]. Vyd. 3. Brno : Computer Press . 2009. ISBN 8025125459;9788025125458; Dostupné z: <http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwY2AwNtIz0EUrE8ySjIHAXDDZ0Dw5LSnV1NgyxcAw0TQ5MdkgDZhmwIsvfI0CQk1dgi39oKfmgLbGQM5D1QOdZwpeMI2FtAEBWHcaGgB768zAGh20y9cJdIWTBajNDOz0mFpCTteB8y2ADVyoMUgViJsgAwtoU4EQA1NysTADN9IhgCIMgsEFiTn5ZYnJh9c>
- [4] DYK A. *Paliva a maziva pro automobily*. Praha: SNTL, 1976.
- [5] HROMÁDKO, Jan, Jiří HROMÁDKO a Vladimír HÖNIG. *Spalovací motory*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [6] HRDLIČKA Z. *Automobilové kapaliny*. B.m.: Grada Publishing, 1996. ISBN 80-7169-332-4.
- [7] *Specifikace motorových olejů* [online]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/vyrobyky/oleje-motorove-specifikace.aspx>
- [8] VLK, František. *Paliva a maziva motorových vozidel*. 2006. ISBN 8023964615.
- [9] PAPOUŠEK M. a ŠTĚRBA P. *Diagnostika spalovacích motorů*. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1697-5.

- [10] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva* [online]. 1. vyd. Praha : Grada . 2005. ISBN 9788024703503;8024703505; Dostupné z: <http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwY2AwNtIz0EURrE0wMU4FNXzNjI-NECyOTIJQ008RkUE1rYpyWYpaYAj7809coINTUJdjSD3pqDmhrDOQ8VD3QeabgJdNVyBsQjIFVfbc3zgys0UG7fJ1AVzhZAOsc9BsmSnkdb04H7QrB2oMUGXiJsJAAtpUIMTAIFwswiDiWFqSn5uflJmTX3Z4oUJBImg>
- [11] ČSN EN 228 *Motorová paliva: bezolovnaté automobilové benziny. Technické požadavky a metody zkoušení = Automotive fuels. Unleaded petrol. Requirements and test methods U6* - *ctx\_ver=Z39.88-2004&ctx\_enc=info%3Aofi%2Fenc%3AUTF-8&rfr\_id=info%3Asid%2Fsummon.s* [online]. Dostupné z: <http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwY2AwNtIz0EURrE0wMk40MktMMgdACWEWkmiSIWBoZJlkmA9u3SWkpoAleX1-jgFBT12BLP-ipOaCtMZDzUPVA55mCl0xXIW9AsAQ2JoCILzOwRgft8nUCbcSBqkSqI9wEGVhA-waEGJiSi0UYZI70BPspuPopGBIZKPjmg84JKDu8UKEgETTzIsqg4OYa4uy>
- [12] TAKÁTS, Michal. *Měření emisí spalovacích motorů*. Praha: České vysoké učení technické, 1997. ISBN 9788001016329.
- [13] HLAVŇA VLADIMÍR. *Dopravný prostředek - jeho motor, 1.vyd.* Žilina: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-7100-665-3.
- [14] SRIVASTAVA, S. P. a J. HANCOSK. *Fuels and Fuel-Additives*. New York: Wiley, 2014. ISBN 978-0470901861.
- [15] MARTYR, A. J. a M. A. PLINT. *Engine Testing: Theory and Practice*. third. Buringhton: Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8439-2.
- [16] GAD M. S., Jayaraj S. A comparative study on the effect of nano-additives on the performance and emissions of a diesel engine run on Jatropha biodiesel. *Elsevier* [online]. 2020, 267. Dostupné z: <https://www-sciencedirect->

- [17] BOTT, T R. {CHAPTER} 14 - The Use of Additives to Mitigate Fouling . In: T R BOTT, ed. *Fouling of Heat Exchangers* [online]. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 1995, Chemical Engineering Monographs, s. 287–356. ISSN 01674188. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-044482186-7/50016-6>
- [18] *Aditiva wynns* [online]. Dostupné z: <https://www.wynns.eu/>
- [19] *Liqui Moly* [online]. Dostupné z: <https://www.liqui-moly.cz/>
- [20] *Vif* [online]. Dostupné z: <http://vif.cz/>
- [21] *Metabond* [online]. Dostupné z: <https://www.metabondcz.com/Metabond-ECO-250-ml-do-motoru-do-3-5-t>
- [22] ONDRÁČEK JAROSLAV. *Mobilní energetické prostředky:(návod do cvičení), 2.vyd.* Brno: Vysoká škola zemědělská, 1989.
- [23] VÉMOLA A. *Diagnostika automobilů 2.* Brno: Littera, 2006. ISBN 80-85763-32-X.
- [24] VÉMOLA, Aleš. *Diagnostika automobilů* [online]. Vyd. 1. Brno : Littera . 2006. ISBN 808576332X;9788085763324; Dostupné z: [http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwY2AwNtIz0EUrE8zS0swSTZITk1KB1Z95srFRklGKQWJaUoppsmWKSSJ4vayvUUCoqUuwpR\\_01BzQ1hjIeah6oPNMwUumq5A2IIB2SYL2kTMDa3TQLl8n0BVOFqAT282MjY2gp-vA-aBdOIBjkCoQN0EGFtCmAiEGpuRiYQZupEMARRjEXSCr3UoysxMVEkt](http://techlib.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwY2AwNtIz0EUrE8zS0swSTZITk1KB1Z95srFRklGKQWJaUoppsmWKSSJ4vayvUUCoqUuwpR_01BzQ1hjIeah6oPNMwUumq5A2IIB2SYL2kTMDa3TQLl8n0BVOFqAT282MjY2gp-vA-aBdOIBjkCoQN0EGFtCmAiEGpuRiYQZupEMARRjEXSCr3UoysxMVEkt)
- [25] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel: výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, řiditelnost a ovladatelnost, životnostní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy* [online]. 1. vyd. Brno : Vlk . 2001. ISBN 9788023865738;8023865730; Dostupné



Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEjX%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCX  
VzLVVhc3QtMSJGMEQCIH79v2apsnH1aN4z2THpMweb9GRr3X0K4Dko7RNMax  
dgAiAI6fo3g3suolZO

- [31] *Worldwide Emission Standards and Related Regulations* [online]. 2019. Dostupné z: [www.continental-automotive.com/Powertrain](http://www.continental-automotive.com/Powertrain)
- [32] ZACHIOTIS T. A., Giakoumis G. E. Non-regulatory parameters effect on consumption and emissions from a diesel-powered van over the WLTC. *Elsevier* [online]. 2019, **74**, 104–123. Dostupné z: [https://www.sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S1361920919302731](https://www.sciencedirect.com/infodroje.czu.cz/science/article/pii/S1361920919302731)
- [33] *No Title* [online]. Dostupné z: <https://www.metabondcz.com/image/cache/data/Content obrázky/set eco/set Eco Diesel.-600x600.jpg>
- [34] *What is the real driving emissions (RDE) test? Car emissions testing facts.* [online]. 2018. Dostupné z: <http://www.caremissionstestingfacts.eu/rde-real-driving-emissions-test/#>
- [35] *No Title* [online]. Dostupné z: [https://www.metabondcz.com/?gclid=Cj0KCQjw1Iv0BRDaARIsAGTWD1sc-hltA3aGebx-wXk3gyiEmfqBdB64vbwt9i2WPLYFoD9KSVIju8waAlQ4EALw\\_wcB](https://www.metabondcz.com/?gclid=Cj0KCQjw1Iv0BRDaARIsAGTWD1sc-hltA3aGebx-wXk3gyiEmfqBdB64vbwt9i2WPLYFoD9KSVIju8waAlQ4EALw_wcB)
- [36] *Emission Test Cycles: FTP-72 (UDDS).* *DieselNet* [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.dieseln.net/standards/cycles/ftp72.php>



## 9 Seznam Obrázků

Obr. 1 Graf procentuálního složení spalin.....	21
Obr. 2 Graf NEDC cyklu.....	28
Obr. 3 Graf WLTC cyklu nad 34W/Kg.....	30
Obr. 4 Zkušební vozidlo.....	32
Obr. 5 Sada Metabond.....	33
Obr. 6 Aditivum do motorového oleje.....	34
Obr. 7 Metabond CL.....	36
Obr. 8 Aditivum do paliva.....	37
Obr. 9 Aditivum do převodového oleje.....	39
Obr. 10 ControlWeb.....	41
Obr. 11 Analyzátor velikostních spekter pevných částic EEPS 3090.....	42
Obr. 12 VCDS.....	43
Obr. 13 Graf srovnávající výkonové křivky.....	44
Obr. 14 Graf 1. měření WLTC.....	45
Obr. 15 Graf 2. měření WLTC.....	46
Obr. 16 Graf 3. měření WLTC.....	46
Obr. 17 Graf 4. měření WLTC.....	47
Obr. 18 Graf Průměrného množství částic za sekundu.....	48
Obr. 19 Graf maximálního množství částic za sekundu.....	48
Obr. 20 Graf Celkového množství částic WLTC.....	49

## 10 Seznam Tabulek

Tab. 1 Složení spalin .....	20
Tab. 2 Dávkování aditiva.....	37
Tab. 3 Počet měření .....	40