

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

**Vliv aditivace motorové nafty na produkci emisí
osobního automobilu v reálném provozu**

Diplomová práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Jindra, Ph.D.

Autor práce: Bc. Karel Tříška

PRAHA 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Karel Tříška

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Vliv aditivace motorové nafty na produkci emisí osobního automobilu v reálném provozu

Název anglicky

Influence of diesel fuel additives on passenger car emissions under real drive conditions

Cíle práce

Zjistit vliv vybraných aditiv pro motorovou naftu na produkci škodlivých emisí osobního automobilu v reálném provozu.

Metodika

1. Úvod
2. Současný stav sledované problematiky – emise, aditiva
3. Cíl práce
4. Metodika práce – měření v provozu
5. Praktická část práce
6. Výsledky a diskuse
7. Závěr

Doporučený rozsah práce

40 – 50

Klíčová slova

Pevné částice, NO_x, CO, CO₂, HC, měření v provozu

Doporučené zdroje informací

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA JAKOSTI A SPOLEHLIVOSTI STROJŮ, – PEXA, M. – ALEŠ, Z. *Technická diagnostika [elektronický zdroj] : cvičení.*

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, – TAKÁTS, M. *Měření emisí spalovacích motorů.* PRAHA: ČVUT, 1997. ISBN 80-01-01632-3.

HROMÁDKO, J. *Spalovací motory : komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol.* Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.

PULKRABEK, Willard W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. *Journal of Chemical Information and Modeling* [online]. 2013, 53(9), 1689–1699. ISSN 1098-6596. Dostupné z: doi:10.1017/CBO9781107415324.004

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Petr Jindra, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Konzultant

Ing. Martin Pechout, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv aditivace motorové nafty na produkci emisí osobního automobilu v reálném provozu 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:

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomohli nebo mě jakkoli podpořili při psaní této diplomové práce. Zejména bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce panu Ing. Petru Jindrovi, Ph.D., který mi pomohl při výběru téma mé diplomové práce. Dále bych mu chtěl poděkovat za pomoc při měření a za konzultace při psaní této diplomové práce. A nakonec děkuji svým rodičům, příbuzným a kamarádům za podporu při magisterském studiu.

Vliv aditivace motorové nafty na produkci emisí osobního automobilu v reálném provozu

Abstrakt

Tento text je určen všem zájemcům z řad široké veřejnosti. Cílem diplomové práce je analýza složení výfukových plynů, jejich škodlivých emisí a redukce těchto emisí. Dále se práce zabývá měřením emisí, emisními normami Evropské unie a aditivu. V praktické části se práce zabývá vlivem vybraných aditiv pro motorovou naftu na produkci emisí osobního automobilu v reálném provozu a v laboratorních podmínkách. Text je doplněn názornými obrázky, tabulkami a grafy pro lepší představivost. V závěru práce jsou shrnuty výsledky měření.

Klíčová slova

Pevné částice, NO_x, CO, CO₂, HC, měření v provozu

Influence of diesel fuel additives on passenger car emissions under real drive conditions

Abstract

This text is intended for all interested person from general public. The aim of the thesis is analysis of the composition of exhaust gases, their harmful emissions and reduction of these emissions. Furthermore, the work deals with emission measurement, European Union emission standards and additives. In the practical part, the thesis deals with the influence of selected additives for diesel on the production of passenger car emissions in real traffic and in laboratory conditions. The text is completed with illustrative pictures, tables and graphs for better imagination. The results of the measurement are summarized in the conclusion.

Keywords

Solid particles, NO_x, CO, CO₂, HC, traffic measurement

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Současný stav sledované problematiky.....	2
2.1	Emise a složení výfukových plynů	2
2.1.1	Popis výfukových plynů	3
2.2	Vznik emisí ve spalovacím motoru	6
2.2.1	Oxid uhelnatý	6
2.2.2	Oxidy dusíku	6
2.2.3	Pevné částice	6
2.2.4	Nespálené uhlovodíky	7
2.3	Opatření ke snižování emisí u spalovacích motorů	8
2.3.1	Opatření před motorem.....	8
2.3.2	Opatření u motoru.....	9
2.3.3	Opatření za motorem	12
2.4	Emisní norma EURO	16
2.5	Měření emisí	18
2.5.1	Měření na válcové zkušebně	18
2.5.2	Měření emisí v reálném provozu.....	20
2.6	Aditiva	21
3	Cíl práce	22
4	Metodika práce.....	23
4.1	Měření v reálných podmínkách	23
4.1.1	Trasa	24
4.2	Měření na válcové zkušebně.....	25

5	Praktická část	27
5.1	Přístrojové vybavení	27
5.1.1	Emisní analyzátor VMK.....	27
5.1.2	Spektrální analyzátor MG-5 (FTIR).....	28
5.1.3	Válcová zkušebna.....	29
5.1.4	Ventilátor FILCAR AL-1500/C	30
5.2	Softwarové vybavení	30
5.2.1	VAG-COM VCDS Standard	30
5.2.2	ControlWeb	31
5.3	Zkušební vozidlo.....	32
5.4	Zkoušená paliva	33
6	Výsledky	35
6.1	Měření za provozu	35
6.2	Měření na válcové zkušebně.....	37
7	Závěr	41
8	Seznam obrázků	43
9	Seznam tabulek	45
10	Seznam použité literatury	46

1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá vlivem aditivace motorové nafty na produkci emisí osobního automobilu v reálném provozu. Osobní automobily a jiné dopravní prostředky patří k našemu každodennímu životu. Většina vozidel, která jezdí v silničním provozu, je poháněna spalovacími motory, které produkují výfukové plyny. Jelikož některé složky výfukových plynů jsou škodlivé, a v dnešní době jezdí po silnicích čím dál více vozidel, došlo se k závěru, že je nutnost tyto škodlivé plyny redukovat, aby nedocházelo k znečišťování životního prostředí, a bylo tak zachováno i pro budoucí generace.

Aby se dosáhlo snížení škodlivých emisí, byly zavedeny po celém světě různé emisní limity. Pro Evropskou unii byly zavedeny normy EURO, které udávají maximální limity produkovaných škodlivých emisí, které musí výrobci vozidel dodržovat.

Emisní limity a normy donutily výrobce osobních automobilů a jiných vozidel, vymyslet různá opatření pro snížení emisí. Ať už opatření jako zlepšení spalování palivové směsi v motoru nebo různá zařízení ve výfukovém potrubí, která snižují koncentraci škodlivých emisí vstupujících do ovzduší.

Mezi další opatření ke snížení škodlivých emisí, která znečišťují ovzduší, patří používání co nejkvalitnějších paliv k pohonu spalovacích motorů. Nejen že spalováním kvalitních paliv dojde ke snížení produkce emisí, ale zároveň dochází k prodloužení životnosti spalovacího motoru a jeho komponentů. Z tohoto důvodu se začala vyrábět různá aditiva do pohonných hmot, aby se tak zlepšily jejich vlastnosti.

2 Současný stav sledované problematiky

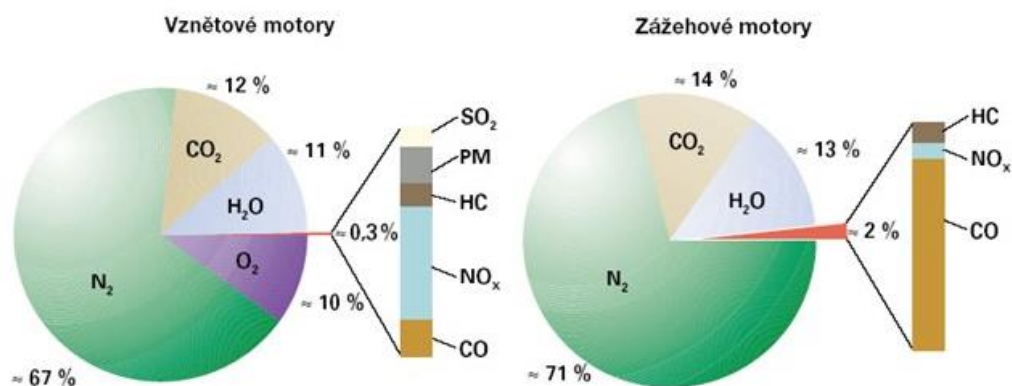
Tato kapitola se zabývá složením a popisem výfukových plynů vznětových a zážehových spalovacích motorů, vznikem škodlivých emisí při spalování a opatřeními pro snižování emisí. Dále tato kapitola popisuje emisní normy Evropské unie, měření emisí, jízdní cykly a aditiva. Ke zpracování této teoretické části byly použity pečlivě vybrané internetové zdroje a odborné texty, které byly vypůjčeny z Národní technické knihovny v Dejvicích. Nejvíce byla využita kniha autorů Jana Hromádka, Jiřího Hromádka, Vladimíra Höniga a Petra Milera s názvem Spalovací motory. Dalším významným pomocníkem při zpracování této části byla internetová stránka www.autolexicon.net.

2.1 Emise a složení výfukových plynů

Všechny spalovací motory, které při svém provozu spalují uhlovodíková paliva vytvářejí produkt, který nazýváme výfukové plyny. Některé výfukové plyny jsou škodlivé a přinášejí tak nepříznivé podmínky jak pro lidi, tak pro životní prostředí, a proto se je snažíme při spalování redukovat. Tyto výfukové plyny nazýváme emise.

Mezi hlavní složky výfukových plynů patří oxid uhličitý (CO_2), voda (H_2O), kyslík (O_2), oxid uhelnatý (CO), dusík (N_2), nespálené uhlovodíky (HC), oxidy dusíku (NO_x), oxidy síry (SO_x) a pevné částice (PM). Vznětové a zážehové motory mají rozdílné složení výfukových plynů, které máme znázorněné na Obrázku 1. [1]

Obrázek 1: Složení výfukových plynů [1]



2.1.1 Popis výfukových plynů

Dusík

N_2 – nitrogen

Dusík je bezbarvý, bez zápachu, nehořlavý a nejedovatý plyn, tudíž není nijak nebezpečný pro člověka. Dusík je hlavní součástí vzduchu (cca 78 %). Většina nasátého dusíku se po skončení procesu spalování vrací do ovzduší. Zbytek se přemění na oxidy dusíku (NO_x). [10]

Kyslík

O_2 – oxygen

Kyslík je nejedovatý bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu, který je potřebný pro fungování spalovacího motoru. [21]

Oxid uhelnatý

CO – carbon monoxide

Pro lidské tělo je jedovatý. Při styku oxidu uhelnatého a krevního barviva vzniká karboxyhemoglobin, který snižuje přenos kyslíku mezi plícemi a krevním oběhem. Díky sníženému množství kyslíku v krvi dochází k poškození životně důležitých orgánů. Dále se oxid uhelnatý podílí na vzniku smogu. [1]

Oxid uhličitý

CO_2 – carbon dioxide

Vzniká při dokonalé oxidaci při spalování paliva se vzduchem. Oxid uhličitý je bezbarvý plyn, bez zápachu, dále je velmi stabilní a málo reaktivní. Stejně jako oxid uhelnatý je škodlivý pro lidský organismus. Oxid uhličitý patří mezi skleníkové plyny, které zamezují výměnu tepla země s okolím. To způsobuje oteplování země, tání ledovců a zvyšování hladiny oceánů. [22]

Oxidy dusíku

NO_x – nitrogen oxide

Samotný oxid dusný není škodlivý pro organizmy a životní prostředí, ale po delší době v atmosféře se přeměňuje pomocí oxidace na oxid dusičitý, který už je pro organizmy škodlivý. Na stěnách sliznice se při vdechování vytváří kyselina dusičná (HNO₃), která způsobuje pocit dušení a nucení ke kašli. Dále se oxidy dusíku podílejí na vzniku smogu a kyselých dešťů. [1]

Nespálené uhlovodíky

HC – hydrocarbon

Skládají se z různých skupin uhlovodíků. Nespálené uhlovodíky vznikají spalováním paliva v motoru, nebo se do oxidačního procesu dostávají v samotném palivu. Některé uhlovodíky se řadí mezi rakovinotvorné látky a mají tak vysokou škodlivost. Tyto uhlovodíky se vážou na pevné částice, které lze pak snadno vdechnout, a tak se mohou dostat do lidského organismu, kde mohou uškodit. Nespálené uhlovodíky vytvářejí charakteristický zápach výfukových plynů. V lidském organismu poškozují sliznice a dýchací cesty. [1, 20]

Oxidy síry

SO_x – sulphur oxide

Nejvíce vznikají u vznětových motorů. Jelikož se obsah síry v motorové naftě snažíme snižovat, tak po spálení paliva v motoru vznikají minimální emise oxidů síry. Vysoké koncentrace oxidů síry mohou způsobit vážné poškození plic a dýchacích cest. [1, 23]

Pevné částice

PM – particulate matter

Především vznikají u vznětových motorů. Základem je pevný uhlík a popel. Pevné částice vznikají v různých velikostech, ty nejmenší mohou mít dokonce méně než 0,1 μm . Pevné částice lze snadno vdechnout. V lidském organismu se zachytávají v dýchacích cestách, dále se mohou dostat do plic a ty nejmenší částice se zvládnou dostat až do krve. [1, 24]

Voda

H₂O – dihydrogen oxide

Voda je nasávaná spolu se vzduchem do sání jako vodní pára. Dále vzniká kondenzací při běhu studeného motoru na stěnách sání, válce a výfuku.

2.2 Vznik emisí ve spalovacím motoru

V této kapitole je popsán vznik škodlivých emisí u spalovacích motorů.

2.2.1 Oxid uhelnatý

Vzniká při nedokonalé oxidaci paliva. Hlavní příčinou jeho vzniku je provoz motoru v bohaté směsi, tedy když je součinitel přebytku vzduchu λ větší než 1. To znamená, že ve spalovacím prostoru je nedostatek kyslíku. Proto se snažíme udržovat spalovací směs stechiometrickou tedy $\lambda = 1$. U vznětových motorů, které mají velký přebytek vzduchu, se oxid uhelnatý (CO) přeměňuje pomocí oxidace na oxid uhličitý (CO₂). Proto je u vznětových motorů obsah oxidu uhelnatého ve výfukových plynech mnohem menší než u zážehových motorů. [1]

2.2.2 Oxidy dusíku

Oxidy dusíku (NO_x) vznikají za velmi vysokých teplot (1900 – 2000 °C) a dostatečné doby k vytvoření, pokud není dostatek času k tvorbě oxidů dusíku nedochází. Nejvyšších teplot při spalování dochází při spalování lehce bohaté směsi. Nejvyšší obsah oxidů dusíku je při $\lambda = 1,05 - 1,1$. U vznětových motorů je oproti zážehovým motorům nižší obsah oxidů dusíku, protože mají větší přebytek vzduchu, který se mísí s oxidy dusíku a zároveň snižuje teplotu spalování. Dále nejvyšší obsah oxidů dusíku je u motorů s přímým vstříkem, kde dochází k pomalejšímu hoření směsi. [1]

2.2.3 Pevné částice

Pevné částice (PM) vznikají při hoření nedokonale rozprášených kapek paliva ve spalovacím prostoru za vysoké teploty s minimálním přístupem vzduchu. Proto koncentrace pevných částic závisí na dokonalosti rozprášení paliva ve spalovacím prostoru a na množství přiváděného vzduchu do válce. Dále pevné částice vznikají ze spalování mazacího oleje, který zůstává na stěnách válců. [1]

2.2.4 Nespálené uhlovodíky

Nespálené uhlovodíky (HC) vznikají při předčasně ukončených oxidačních reakcích. Nejčastěji vznikají v okolí stěn válce, které jsou chladnější než zbytek spalovacího prostoru, nebo vznikají při vynechávání nebo poruchách spalování. Na vytváření nespálených uhlovodíků má vliv teplota motoru, konstrukce motoru a konstrukce pístu, ale také technický stav a seřízení motoru. Dále má vliv na vytváření uhlovodíků směšovací poměr směsi. Optimální směšovací poměr pro vytváření nejmenšího množství uhlovodíků je $\lambda = 1,1 - 1,2$ tedy lehce chudá směs. Vyšší či nižší směšovací poměr koncentraci nespálených uhlovodíků zvyšuje. [1]

2.3 Opatření ke snižování emisí u spalovacích motorů

Emise u spalovacích motorů můžeme snižovat mnoha způsoby.

Dělíme je na:

- a) opatření před motorem
- b) opatření u motoru
- c) opatření za motorem

Opatření před motorem znamená, že se staráme o upravení směsi paliva a vzduchu, aby byla optimální. Opatření u motoru ovlivňují průběh spalování směsi ve spalovacím prostoru. A nakonec opatření za motorem, zde se zabýváme výfukovými plyny, které prochází výfukovým potrubím ven do ovzduší. [1]

2.3.1 Opatření před motorem

2.3.1.1 Vznětové motory

Ke snižování emisí opatřeními před motorem u vznětových motorů patří zejména kvalita vstříknutí a rozprášení paliva ve spalovacím prostoru. Cílem je dosáhnout v co nejkratší době dokonalého rozprášení paliva a jeho kompletní promísení se vzduchem ve válci. A tak docílit optimálního průběhu při spalování. U přeplňovaných motorů záleží na chlazení stlačeného vzduchu, aby vzduch přicházející do válce nedosahoval vysokých teplot a tím můžeme dosáhnout snížení emisí oxidu dusíku (NO_x). [1]

2.3.1.2 Zážehové motory

Jedním ze způsobů, jak u zážehových motorů snížit emise, je vhodná volba směšovacího poměru. Hlavní překážkou u volby směšovacího poměru je, že když zvolíme směšovací poměr tak, aby byly hodnoty nespálených uhlovodíků (HC) a oxidu uhelnatého (CO) co nejnižší, tak nám narostou hodnoty oxidu dusíku (NO_x) na maximum. Při zvýšení směšovacího poměru do chudé směsi může docházet k výpadkům zapalování a tím pádem ke zvýšení koncentrace nespálených uhlovodíků. Nejlepších podmínek tedy dosáhneme při dodržování stechiometrického poměru a při dokonalé rozprášeném palivu ve vzduchu. U přeplňovaných zážehových motorů můžeme, stejně jako u vznětových motorů, využít chlazení vzduchu přiváděného do motoru a díky tomu snížit oxidy dusíku (NO_x). [1]

2.3.2 Opatření u motoru

2.3.2.1 Vznětové motory

U vznětových motorů můžeme snížit emise nastavením vhodného úhlu předvstříku paliva do spalovacího prostoru. Pozdějším vstříknutím paliva do válce můžeme docílit snížení emisí oxidů dusíku (NO_x). Pozdější vstřík paliva se často používá pro snížení emisí, a tak splnění emisních limitů, ale nevýhodou pozdějšího vstříku paliva je zvýšení spotřeby paliva motoru, zvýšení kouřivosti a zvýšení produkce oxidu uhelnatého (CO). Emise nespálených uhlovodíků (HC) můžeme snížit vhodným provedením vstříkovací soustavy. Nejvíce nespálených uhlovodíků vzniká při dostřiku paliva po skončení vstříku, proto se ho snažíme odstranit vhodnou konstrukcí vstříkovačů. Dále, jak už bylo zmíněno výše, ke snížení emisí pomáhá dokonalé rozprášení paliva ve vzduchu, kterého dosáhneme vysokými vstříkovacími tlaky. U systému Common rail až 2000 barů. [1]

2.3.2.2 Zážehové motory

Opatření u motoru znamená ovlivňování průběhu spalování směsi ve spalovacím prostoru. Ovlivňováním spalování můžeme snížit koncentraci nespálených uhlovodíků (HC) a oxidů dusíku (NO_x). Snížení koncentrace oxidů dusíku (NO_x) dosáhneme snížením teploty při spalování. [1]

Ke snížení emisí u zážehových motorů používáme tato opatření:

- a) Volba kompresního poměru
- b) Volba předstihu zážehu

Volba kompresního poměru

Pokud dojde k dostatečnému snížení kompresního poměru, dojde ke snížení maximální teploty spalování a to vede ke snížení koncentrace oxidů dusíku (NO_x). Nevýhodou nízkého kompresního poměru je snížení výkonu motoru, zhoršení tepelné účinnosti motoru a zvýšení měrné spotřeby paliva.

Snížení koncentrace nespálených uhlovodíků (HC) dosáhneme zvolením vhodného tvaru spalovacího prostoru a potlačení zhášecích zón. Nejvhodnější prostor pro spalování je kompaktní prostor s malým poměrem povrchu k objemu. [1]

Volba předstihu zážehu

Nejvhodnější bod zapálení směsi ve válci by byl ten, který by splňoval následující požadavky: maximální točivý moment, nízká měrná spotřeba paliva, nedochází ke klepání motoru a minimální produkce škodlivých emisí. Těchto požadavků bohužel nelze dosáhnout současně v jednom bodě, protože při snížení úhlu předstihu zapalování směsi se snižuje měrná spotřeba paliva, a naopak se zvyšují emise motoru. Při zvýšení úhlu předstihu zvýšíme maximální točivý moment motoru, ale také zvýšíme klepání motoru, které je nechtěné, a dále zvyšujeme teplotu spalování, která má za následek tvorbu oxidů dusíku (NO_x) a nespálených uhlovodíků (HC). Proto volíme optimální kompromis předstihu zapálení tak, aby byl optimální výkon motoru a minimální emise. [1]

2.3.2.3 Recirkulace výfukových plynů

Recirkulace výfukových plynů nebo taky EGR (Exhaust Gas Recirculation) se používá jak u vznětových, tak i u zážehových motorů.

Recirkulace výfukových plynů může výrazně snížit obsah oxidů dusíku (NO_x) ve výfukových plynech. Principem recirkulace výfukových plynů je zpětné vedení části výfukových plynů zpátky do sacího potrubí, kde se smíchá s nasávaným vzduchem a jde do spalovacího prostoru válce, kde se opět spálí. Smícháním části výfukových plynů s nasávaným vzduchem se snižuje teplota při spalování a tím i tvorba oxidů dusíku (NO_x), které vznikají při vysokých teplotách. [1]

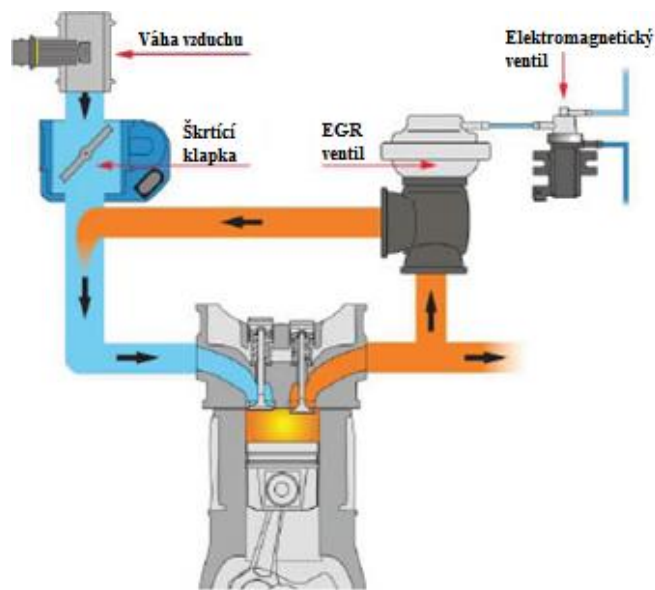
Existují dva druhy recirkulace výfukových plynů:

- a) vnitřní
- b) vnější

Princip vnitřní recirkulace výfukových plynů je založen na překrytí otevřeného výfukového a sacího ventilu. V okamžiku výměny náplně válce, když se píst pohybuje do horní úvrati, vytlačuje spaliny do výfukového ale i do sacího potrubí. Při pohybu pístu do dolní úvrati pak píst nasává ze sání vzduch smíchaný se spalinami, ale zároveň nasává část výfukových plynů z výfukového potrubí. [1]

Při vnější recirkulaci výfukových plynů jsou z výfuku nasávány výfukové plyny do sání přes elektropneumatický ventil, který je řízený pod tlakem, viz. Obrázek 2. Množství recirkulovaných výfukových plynů je závislé na otáčkách motoru, množství nasátého vzduchu a množství vstříkovaného paliva. Recirkulace výfukových plynů je aktivní, jestliže teplota motoru je vyšší než 50 °C. Při nadměrném množství recirkulace výfukových plynů může docházet k nadměrné kouřivosti a snížení výkonu motoru. [2]

Obrázek 2: Recirkulace výfukových plynů (upraveno) [3]



2.3.3 Opatření za motorem

2.3.3.1 Vznětové motory

Vznětové motory nejčastěji ke snižování emisí za motorem (ve výfukovém potrubí) využívají oxidačních katalyzátorů, které snižují množství oxidu uhelnatého (CO) a nespálených uhlovodíků (HC). Dále ke snižování emisí využívají vznětové motory filtrů pevných částic a selektivní katalytické redukce. [1]

Oxidační katalyzátor

Oxidační katalyzátor, viz. Obrázek 3, slouží ke snížení oxidu uhelnatého (CO) a nespálených uhlovodíků (HC). Katalyzátor je tvořen z velkého množství kanálek, které slouží jako nosič pro vzácné kovy (platina a paladium). Díky velkému množství kanálek vzniká velká plocha, která je důležitá pro chemickou reakci a to oxidaci. Při oxidaci jsou emise oxidu uhelnatého (CO) přeměněny na oxid uhličitý (CO₂) a nespálené uhlovodíky jsou přeměněny na vodu (H₂O) a oxid uhličitý (CO₂). [4]

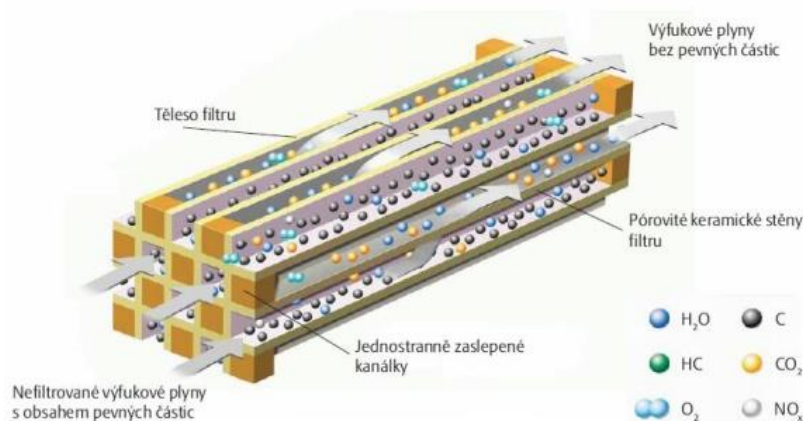
Obrázek 3: Oxidační katalyzátor [5]



Filtr pevných částic

Filtr pevných částic jinak také DPF (Diesel particulate filter) je umístěn na výfukovém potrubí a slouží k zachytávání pevných částic (sazí), které vznikají při spalování, aby se zamezilo jejich uvolnění do ovzduší. Filtr je složen z keramické vložky (tělesa) s voštinovou strukturou, která je vytvořena z karbidu křemíku. Polovina kanálků tělesa je zaslepená ze strany vstupu a druhá polovina kanálků je zaslepená na straně výstupu. To způsobuje procházení výfukových plynů skrze pórovité keramické stěny, na nichž se zachytávají pevné částice, viz. Obrázek 4. Filtrační schopnost filtru pevných částic je až 98 %. [6]

Obrázek 4: Princip filtru pevných částic [7]



Díky zachytávání částic na stěnách filtru dochází k jeho zaplnění a časem by mohlo dojít až k ucpání filtru, proto dochází k regeneraci filtru. Cílem regenerace je filtr vyčistit, aby mohl být dále používán. Regenerace je proces, jenž probíhá automaticky po dobu několika minut. Aby mohla proběhnout regenerace, dojde pomocí systému řídicí jednotky ke změně spalovacího procesu, který způsobí zvýšení teploty výfukových plynů na 600 °C, a tak dojde k vypálení pevných částic zachycených ve filtru. Bohužel tento proces regenerace nelze opakovat do nekonečna, protože nelze spálit všechny pevné částice ve filtru. Potom se musí celý filtr vyměnit za nový, nebo ho nechat strojně vyčistit. [6]

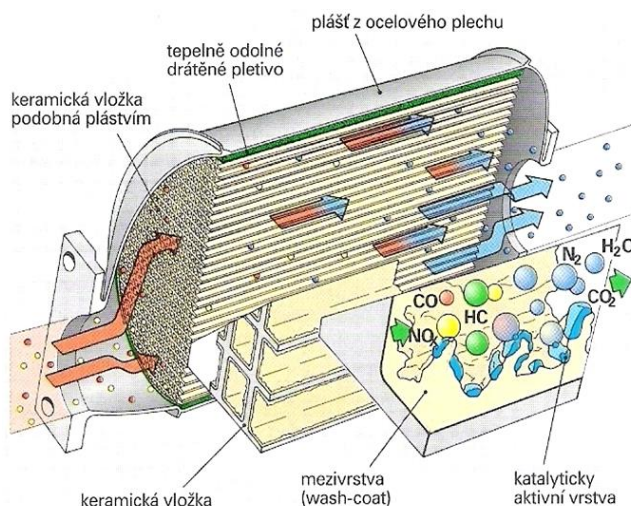
2.3.3.2 Zážehové motory

Hlavními opatřeními, které se používají při snižování emisí za motorem u zážehových motorů, tedy ve výfukovém potrubí, jsou katalyzátory.

Třícestný katalyzátor

Three way catalyst (TWC) někdy se také užívá název oxidačně-redukční katalyzátor. V tomto katalyzátoru dochází ke dvěma chemickým reakcím, a to k oxidaci a redukcí. Aby katalyzátor co nejlépe fungoval, musí být složení směsi stechiometrické, tedy $\lambda = 1$. Při spalování této směsi obsahují spaliny dostatek kyslíku pro oxidaci, ale také dostatek oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků pro redukcí. Na Obrázku 5 je znázorněn řez třícestným katalyzátorem.

Obrázek 5: Řez třícestným katalyzátorem [1]



Stejně jako u oxidačního katalyzátoru se i třícestný katalyzátor skládá z kanálek pokrytých drahými kovy (paladium, platina, rhodium), které vytvářejí a urychlují chemickou reakci. Katalyzátor je funkční až od teploty 250 °C, dokud nedosáhne této teploty, je nefunkční. [1]

Sběrný katalyzátor NO_x

Sběrný katalyzátor se využívá u zážehových motorů s přímým vstřikováním paliva do válců. U těchto motorů vzniká velké množství oxidů dusíku (NO_x), které třícestný katalyzátor není schopný odstranit. Sběrný katalyzátor pomocí oxidů baria ukládá na svém povrchu oxidy dusíku.

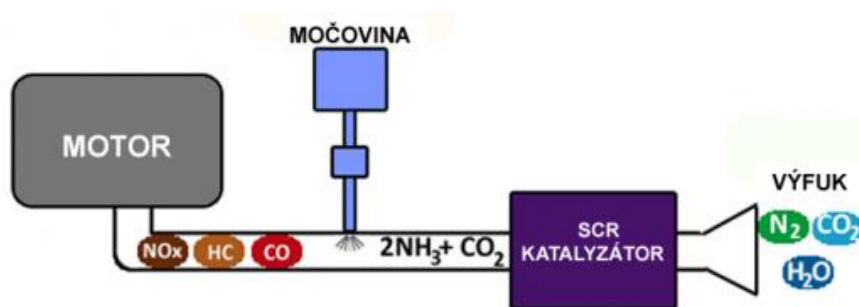
Stejně jako filtr pevných částic má sběrný katalyzátor omezenou kapacitu, proto dochází k automatickému procesu čištění. Proces řídí řídicí jednotka, která obohatí směs, a tak vznikne po spálení směsi větší množství oxidu uhelnatého (CO), který začne reagovat se zachycenými oxidy dusíku (NO_x) v katalyzátoru. [1]

2.3.3.3 Selektivní katalytická redukce

Selektivní katalytická redukce, jinak také SCR (Selective catalytic reduction), slouží, stejně jako recirkulace výfukových plynů, ke snižování emisí oxidu dusíku (NO_x) především u vznětových motorů.

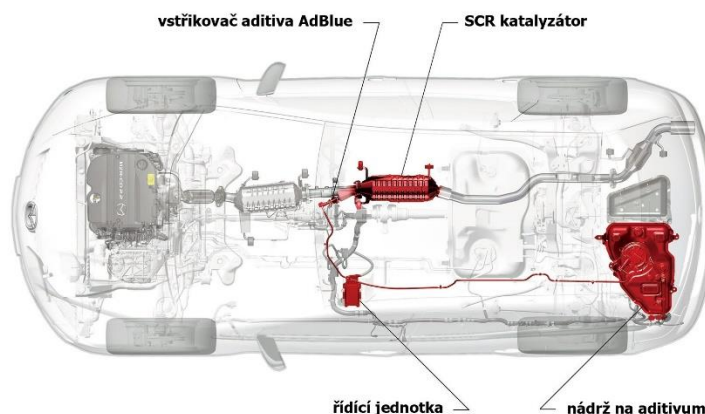
Principem selektivní katalytické redukce je vstřikování redukčního činidla AdBlue, což je roztok složený z 32,5% močoviny a 67,5% vody, do výfukového potrubí. Vstříknuté AdBlue se přemění ve výfukovém potrubí na čpavek. Výsledný čpavek začne reagovat s emisemi oxidu dusíku (NO_x), které rozloží na neškodný dusík a vodní páru. Na Obrázku 6 je znázorněn princip selektivní katalytické redukce. [8]

Obrázek 6: Princip selektivní katalytické redukce [13]



SCR, stejně jako třícestný katalyzátor, funguje, až když je výfuk dostatečně zahřátý. Hlavní nevýhoda tohoto systému je ta, že některá vozidla bez dostatečného množství AdBlue nelze nastartovat. [8]

Obrázek 7: Umístění součástí SCR ve vozidle Mazda CX-7 [9]



2.4 Emisní norma EURO

Postupem času, jak přibývala vozidla na silnicích a zvyšovalo se množství výfukových plynů a tím i škodlivých emisí v ovzduší, přišla Evropská unie v roce 1992 s emisní normou EURO. Norma EURO je závazná norma pro všechny státy Evropské unie a stanovuje limitní hodnoty emisí výfukových plynů. Limity, které určuje norma, se vztahují na vozidla, která se nově uvádí na trh. Předchůdcem emisní normy EURO jsou předpisy EHK 15 a EHK 83, které byly přepracovány a vzešla z nich norma EURO 1. [11]

Norma EURO určuje maximální množství oxidu uhelnatého (CO), nespálených uhlovodíků (HC), pevných částic (PM) a oxidů dusíku (NO_x). Tyto maximální hodnoty se uvádějí v gramech na ujetý kilometr. Norma neurčuje maximální hodnoty pro oxid uhličitý (CO₂).

Emisní norma EURO rozděluje předpisy pro osobní vozidla (značené arabskými číslicemi) a pro nákladní vozidla a autobusy (značené římskými číslicemi).

Od roku 1992 dodnes vyšlo již šest verzí emisní normy EURO. S každou verzí normy se emisní limity zpřísňují. V následujících tabulkách jsou emisní limity pro jednotlivé normy EURO osobních automobilů a nákladních automobilů. [12]

Tabulka 1: Emisní limity pro vznětové motory osobních automobilů [1]

Norma	Platnost	CO (g/km)	HC (g/km)	HC+NO _x (g/km)	NO _x (g/km)	PM (g/km)
EURO 1	1992	2,72	-	0,97	-	0,14
EURO 2	1996	1	-	0,7	-	0,08
EURO 3	2000	0,64	-	0,56	0,5	0,05
EURO 4	2005	0,5	-	0,3	0,25	0,025
EURO 5	2009	0,5	-	0,23	0,18	0,005
EURO 6	2014	0,5	-	0,17	0,08	0,005

Tabulka 2: Emisní limity pro zážehové motory osobních automobilů [1]

Norma	Platnost	CO (g/km)	HC (g/km)	HC+NO _x (g/km)	NO _x (g/km)	PM (g/km)
EURO 1	1992	2,72	-	0,97	-	-
EURO 2	1996	2,2	-	0,5	-	-
EURO 3	2000	1,2	0,2	-	0,15	-
EURO 4	2005	1	0,1	-	0,08	-
EURO 5	2009	1	0,1	-	0,06	0,005
EURO 6	2014	1	0,1	-	0,06	0,005

Tabulka 3: Emisní limity pro nákladní automobily a autobusy [1]

Norma	Platnost	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)
EURO I	1992	4,5	1,1	8	0,35
EURO II	1996	4	1,1	7	0,15
EURO III	2000	2,1	0,66	5	0,1
EURO IV	2005	1,5	0,46	3,5	0,02
EURO V	2008	1,5	0,46	2	0,02
EURO VI	2013	1,5	0,13	0,4	0,01

Nejdůležitější změna přišla s normou EURO 4, která vyšla v roce 2005, a to povinnost, aby nově schvalovaná vozidla byla vybavena palubní diagnostikou OBD. [12]

2.5 Měření emisí

Druhy měření:

- a) Na válcové zkušebně
- b) Za provozu

2.5.1 Měření na válcové zkušebně

Při měření emisí na válcové zkušebně se využívá normalizovaných měřicích (zkušebních) cyklů. Tyto cykly se postupem času měnily, aby co nejlépe simulovaly reálný provoz na pozemních komunikacích.

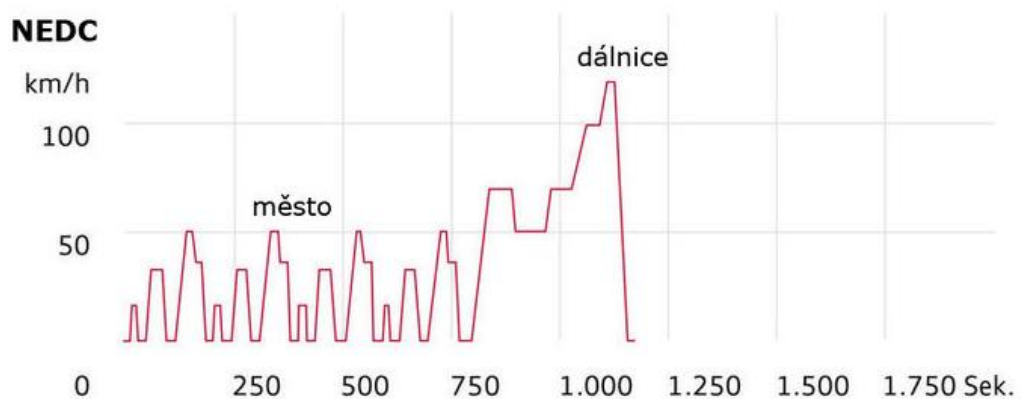
Mezi hlavní cykly patří:

- a) New European Driving Cycle (NEDC)
- b) Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (WLTP)
- c) US06 Supplemental Federal Test
- d) Japanese JC08 Cycle

2.5.1.1 New European Driving Cycle

New European Driving Cycle (Nový evropský jízdní cyklus), zkráceně NEDC, je hlavním homologačním testovacím cyklem pro osobní automobily v Evropě, viz. Obrázek 8. Používal se od roku 1992 do roku 2017, kdy byl nahrazen cyklem WLTP. [26]

Obrázek 8: New European Driving Cycle [14]



Skládá se ze 2 částí, a to z městského cyklu (ECE-15), který se čtyřikrát opakuje a z cyklu mimo město (EUDC). Délka trasy cyklu je 11 kilometrů a doba cyklu je přibližně 20 minut s průměrnou rychlostí 33,6 km/h. Maximální dosahovaná rychlost při cyklu je 120 km/h. [16]

2.5.1.2 Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle

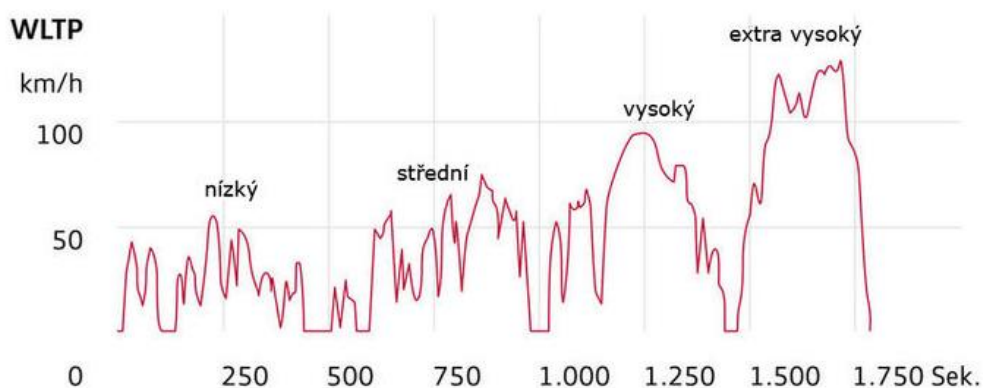
Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle, zkráceně WLTP je náhradou za cyklus NEDC, kvůli jeho přesnější simulaci reálného provozu. Cyklus je používán od roku 2018. Cyklus WLTP má více kategorií, dělí se podle toho, jaký poměr výkon/hmotnost má vozidlo, které je testováno. Tyto kategorie jsou znázorněny na Obrázku 9. [25]

Obrázek 9: Kategorie WLTP [25]

Category	PMR, W/kg	v_max, km/h	Speed Phase Sequence
Class 3b	PMR > 34	v_max ≥ 120	Low 3 + Medium 3-2 + High 3-2 + Extra High 3
Class 3a		v_max < 120	Low 3 + Medium 3-1 + High 3-1 + Extra High 3
Class 2	34 ≥ PMR > 22	-	Low 2 + Medium 2 + High 2 + Extra High 2
Class 1	PMR ≤ 22	-	Low 1 + Medium 1 + Low 1

Nejčastěji používaný cyklus 3b se skládá ze čtyř částí, viz. Obrázek 10. Délka cyklu trasy je 23 kilometrů a doba cyklu je přibližně 30 minut. Maximální dosahovaná rychlost je 130 km/h. [16]

Obrázek 10: Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle [15]

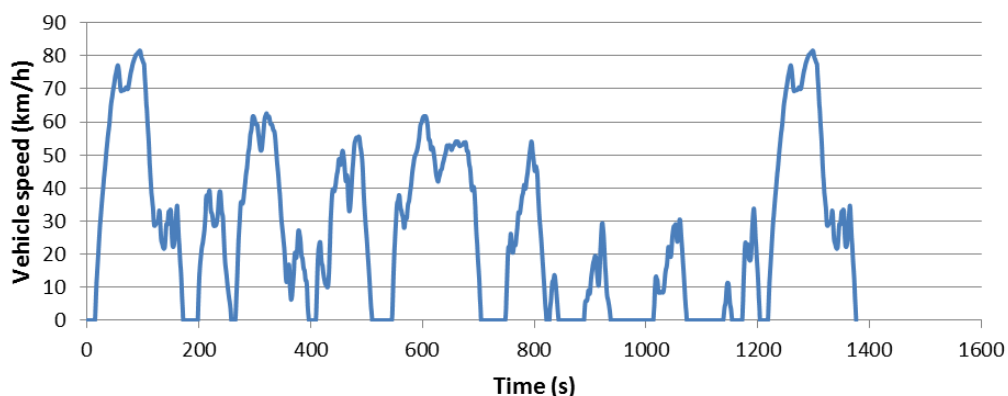


2.5.1.3 Ostatní cykly

US06 Supplemental Federal Test - homologační test pro USA

Japanese JC08 Cycle - homologační test pro Japonsko (od roku 2008), viz. Obrázek 11

Obrázek 11: Japanese JC08 Cycle [17]



2.5.2 Měření emisí v reálném provozu

Kromě testů na válcových zkušebnách se provádí měření emisí v reálném provozu (RDE). Měření se provádí pomocí přenosného zařízení na měření emisí, které je nainstalované na tažném zařízení vozidla, viz. Obrázek 12, nebo může být nainstalované v interiéru vozidla.

Obrázek 12: Měření emisí v reálném provozu [18]



Trasa testu v reálném provozu by měla trvat 90 až 120 minut. Trasa musí obsahovat tři základní segmenty provozu a to městskou část, mimoměstskou část a dálnici, přitom každý ze segmentů by měl mít minimálně 16 kilometrů. [19]

2.6 Aditiva

Aditiva jsou příměsi, které se přidávají do paliv. Aditiva slouží ke změně složení a vlastností paliva. Na čerpacích stanicích se dají natankovat kromě čisté motorové nafty nebo benzínu také paliva, která už v sobě mají přimíchána aditiva od distributorů pohonných hmot, viz. Obrázek 13. Tato aditivovaná paliva jsou dražší než čistá paliva.

Obrázek 13: Stojan na pohonné hmoty [32]



Kromě aditivovaných paliv z čerpacích stanic lze zakoupit aditiva, která si uživatel přimíchá k natankovanému palivu sám. Výrobců a typů aditiv je velké množství, viz. Obrázek 14. Nejvíce se používají aditiva k vyčištění a zamezení usazování palivové soustavy a vstřikovačů.

Obrázek 14: Aditiva [33]



Mezi nejznámější aditiva motorové nafty patří VIF pro letní a zimní období. Aditivum VIF slouží k zvýšení cetanového čísla, zlepšení spalování, ale hlavně slouží k vyčištění vstřikovačů a zabránění tvorby úsad v palivovém potrubí. VIF pro zimní období má stejné vlastnosti jako pro letní období, plus navíc zabraňuje zamrznutí motorové nafty.

3 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je měření vlivu aditivace motorové nafty na produkci emisí osobního vozidla za provozu. Výsledkem tohoto měření je zjištění, zdali provozování osobního automobilu na aditivovanou naftu sníží či zvýší škodlivé emise ve výfukových plynech nebo se nijak nezmění. Pro měření byla vybrána tři paliva, a to čistá motorová nafta, motorová nafta + aditivum VIF – Super Diesel Aditiv pro letní období a motorová nafta + aditivum Liqui Moly Pro-line Diesel System Reiniger.

Měření se provádělo v reálném provozu na vybrané trase ve Středočeském kraji v okolí Prahy, Kralup nad Vltavou a Slaného. Během měření za provozu bylo rozhodnuto, že se vybraná aditiva změří i v laboratorních podmínkách na válcové zkušební pomoci měřících jízdních cyklů, a to proto, aby bylo možné naměřená data porovnat. K měření za reálného provozu a v laboratorních podmínkách byly využívány prostory a zařízení laboratoří Technické fakulty, Katedry vozidel a pozemní dopravy na České zemědělské univerzitě.

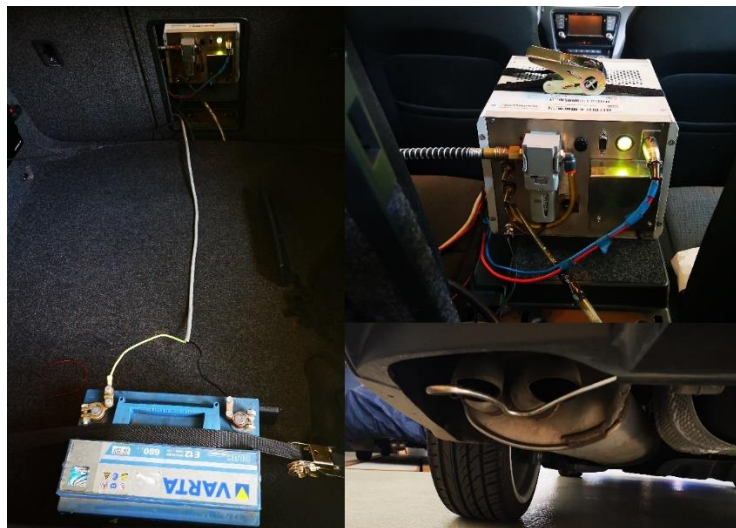
4 Metodika práce

V této kapitole jsou popsány postupy, jakými probíhala měření za provozu a na válcové zkušebně.

4.1 Měření v reálných podmínkách

Při měření v reálném provozu byl do vozidla na zadní sedadla nainstalován mobilní analyzátor VMK, který byl napájen z externí 12V autobaterie umístěné v kufru, viz. Obrázek 15. Sonda od analyzátoru na odběr výfukových plynů byla vytažena z vozidla podél kabelového svazku k zásuvce tažného zařízení a vsunuta do koncovky výfuku a zabezpečena proti vypadnutí. Stejným místem byla vyvedena i hadička pro odvod zkondenzované vody z analyzátoru. Dále byl k vozidlu přes zásuvku OBD připojen počítač s programem VCDS, kde byly logovány tyto parametry: otáčky motoru, rychlost vozidla, poloha plynového pedálu, hmotnostní množství vzduchu a spotřeba paliva. Deset minut před samotným měřením byl zapnut emisní analyzátor, aby došlo k jeho zahřátí.

Obrázek 15: Zapojení přístrojů ve vozidle (archiv autora)

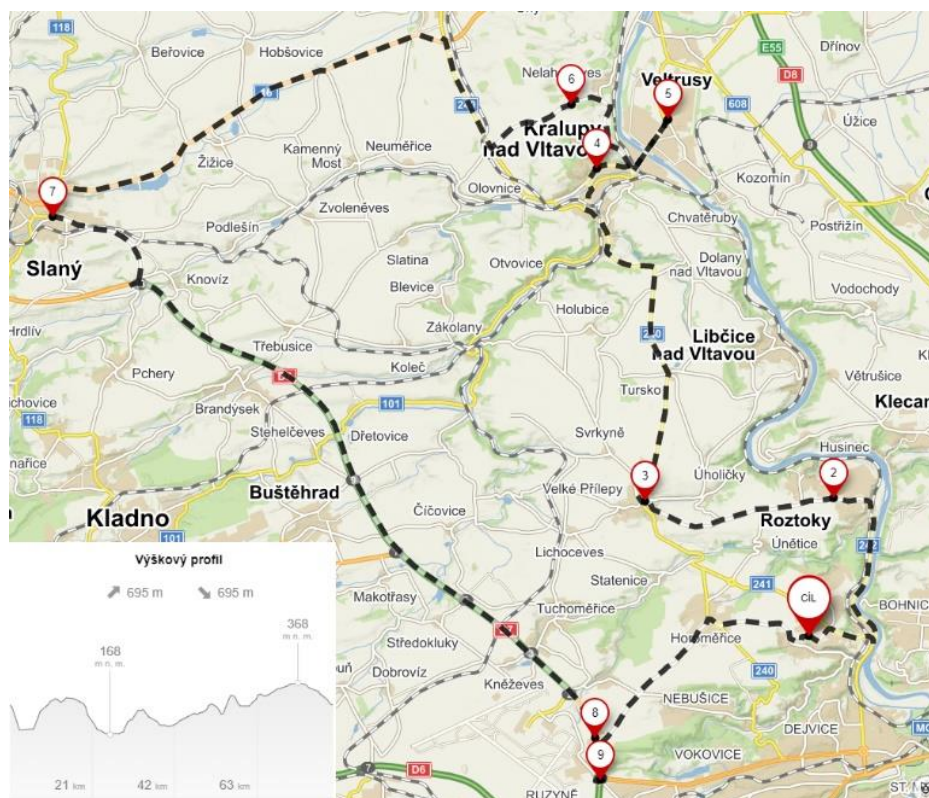


Jako první se odměřila čistá motorová nafta. Před druhým měřením se do nádrže nalilo aditivum VIF a ujelo cca 600 km (jedna nádrž) a následně se odměřilo. Při třetím měření se provedlo to samé i s aditivem Liqui Moly. Při každém měření se vybraná trasa projela 2krát, aby se vyloučila chyba měření. Jako poslední měření se odjela ještě jedna trasa na čistou naftu. Při jízdě se dodržovaly dopravní předpisy a udržovala se klidná rovnoměrná jízda.

4.1.1 Trasa

Vybraná trasa pro měření v reálných podmínkách, byla zvolena tak, aby co nejvíce splňovala podmínky pro měření v běžném provozu (RDE). Měřicí trasa vedla od laboratoří Technické fakulty do Roztok, pak do Kralup nad Vltavou, dále do Slaného a ze Slaného zpátky k laboratořím Technické fakulty po dálnici D7 přes Ruzyň. Vybraná trasa pro měření a její výškový profil jsou znázorněny na Obrázku 16.

Obrázek 16: Trasa [34]

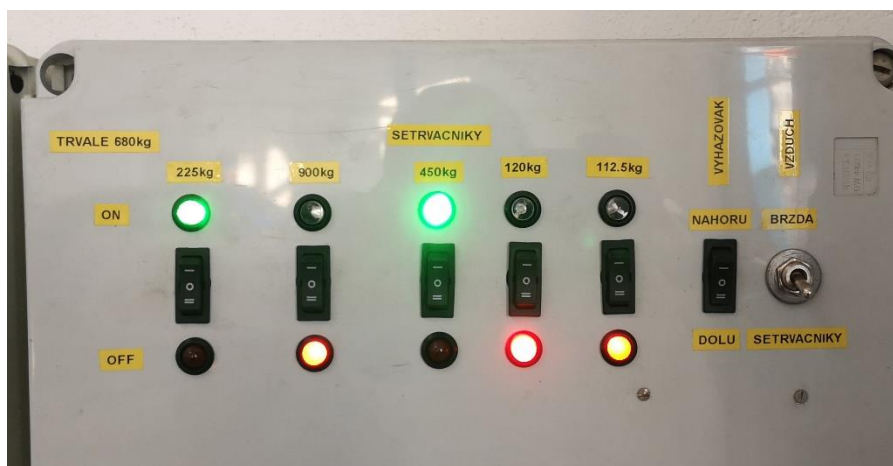


Trasa měřila 82 kilometrů a trvala přibližně 1 hodinu a 30 minut. Skládala se z 32 % (26 km) městské jízdy, z 42 % (35 km) venkovské jízdy a z 26 % (21 km) jízdy po dálnici. Převýšení během trasy bylo 695 metrů.

4.2 Měření na válcové zkušebně

Při měření na válcové zkušebně bylo vozidlo ustaveno hnacími koly na válce, a důkladně zajištěno popruhy, aby nedošlo k jeho pohybu po válcích. Dále byla u vozidla zatažena ruční brzda, aby nedošlo k vyjetí vozidla z válců. Před čelní sklo na místě řidiče byl umístěn monitor od počítače, který ovládal válcovou zkušebnu a ventilátor pomocí programového prostředí ControlWeb. Ventilátor byl umístěn před vozidlo tak, aby vytvořený proud vzduchu ochlazoval chladič motoru a odváděl teplo od motoru a výfukového potrubí. Do výfuku vozidla byla zasunuta sonda spektrálního analyzátoru (FTIR), který se následně připojil k počítači, do něhož se ukládala naměřená data. Dále byl k vozidlu připojen přes diagnostickou zásuvku OBD počítač s programem VCDS, kde byly logovány tyto parametry: otáčky motoru, rychlost vozidla, poloha plynového pedálu, hmotnostní množství vzduchu a spotřeba paliva. Jako poslední se nastavila optimální kombinace sepnutých setrvačnicků. Jejich hmotnost by měla být co nejbližší k hmotnosti vozidla. V našem případě byla hmotnost vozidla 1 332 kg a hmotnost sepnutých setrvačnicků byla 1 355 kg, viz. Obrázek 17.

Obrázek 17: Nastavení setrvačnicků (archiv autora)



Před začátkem každého měření byl do spektrálního analyzátoru doplněn kapalným dusíkem, jenž slouží v analyzátoru k chlazení. Následně byl analyzátor zapnut za účelem zahřátí na pracovní teplotu. Na počítačích připojených k analyzátoru a k OBD zásuvce bylo spuštěno zaznamenávání dat a byl spuštěn ventilátor. Dále se spustil v programu ovládající válcovou zkušebnu měřený cyklus, který se vykreslil na monitoru před řidičem.

Na každé palivo byly odjety dva jízdní cykly, a to cykly NEDC a WLTP. Každý z cyklů byl odjet 3krát, aby byla vyloučena chyba při měření. Měření na válcové zkušebně bylo vždy odměřeno v následujícím týdnu po měření za provozu, z toho plyne, že pořadí použitých paliv je stejné jako při měření za provozu. Jako první byla změřena čistá motorová nafta, následně byla změřena motorová nafta + VIF a nakonec byla změřena motorová nafta + Liqui Moly. Na Obrázku 18 je zobrazeno ustavení vozidla na válcové zkušebně a spektrální analyzátor (FTIR).

Obrázek 18: Měření na válcové zkušebně (archiv autora)



5 Praktická část

5.1 Přístrojové vybavení

V této kapitole jsou uvedeny a popsány všechny přístroje, které byly použity při měření za provozu a v laboratorních podmínkách. Všechno vybavení pro měření bylo poskytnuto Katedrou vozidel a pozemní dopravy. Měření na válcové zkušebně bylo provedeno na Technické fakultě v laboratořích Katedry vozidel a pozemní dopravy.

5.1.1 Emisní analyzátor VMK

Emisní analyzátor VMK je speciální pětisložkový emisní analyzátor určený pro mobilní měření, viz. Obrázek 19. Přístroj snímá s frekvencí 1 Hz a ukládá okamžité měřené hodnoty emisí oxidu uhelnatého (CO), oxidu uhličitého (CO₂), nespálených uhlovodíků (HC), oxidů dusíku (NO_x) a kyslíku (O₂). Uhlíkaté složky emisí jsou vyhodnocovány metodou NDIR, pro snímání emisí oxidu dusíku (NO_x) a kyslíku (O₂) jsou použity elektrochemické články. Přesnost tohoto přístroje znázorňuje následující tabulka.

Tabulka 4: Přesnost analyzátoru VMK

Měřená složka	Rozsah	Rozlišení	Nejistota měření
CO	0 - 10 % vol.	0,001 % vol.	0 - 0,67%: 0,02% absolutně
			0,67 - 10%: 3% z naměřené hodnoty
CO ₂	0 - 16 % vol.	0,01 % vol.	0 - 10%: 0,3% absolutně
			10 - 16%: 3% z n.h.
HC	0 - 20 000 ppm	1 ppm	10 ppm or 5% z n.h.
NO _x	0 - 5 000 ppm	1 ppm	0 - 1000 ppm: 25 ppm
			1000 - 4000 ppm: 4% z n.h.
O ₂	0 - 22 % vol.	0,1 % vol.	0 - 3%: 0,1%
			3 - 21%: 3% z n.h.

Dále je zařízení vybaveno integrovaným systémem GPS Garmin, které je při mobilním měření schopné ukládat okamžité údaje o poloze a rychlosti měřeného vozidla s frekvencí až 5 Hz.

Obrázek 19: Emisní analyzátor VMK (archiv autora)



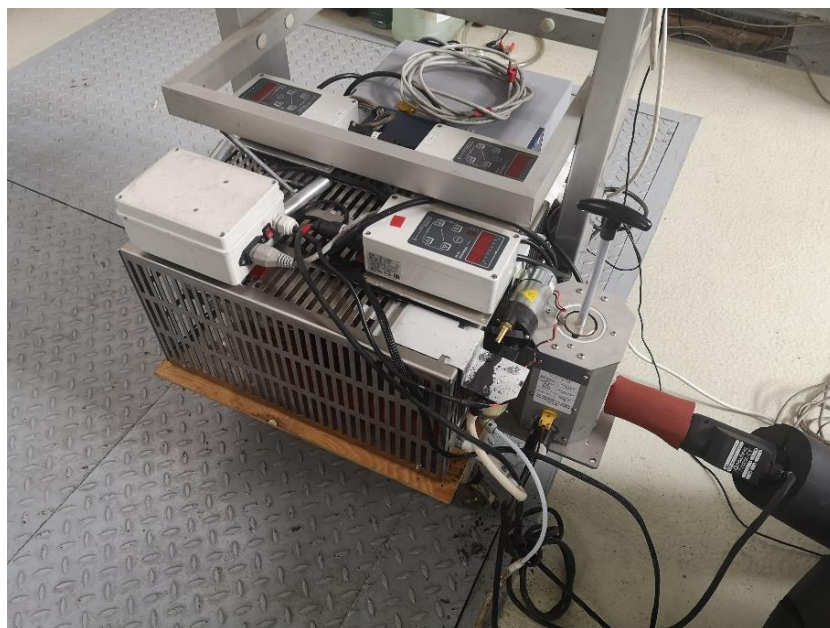
5.1.2 Spektrální analyzátor MG-5 (FTIR)

Spektrální analyzátor MG-5, viz. Obrázek 20, měří koncentraci plynných složek výfukových plynů. Analyzátor pracuje na základě absorpce infračerveného záření při průchodu výfukovými plyny. V následující tabulce jsou popsány parametry přístroje.

Tabulka 5: Parametry analyzátoru MG-5

Parametr	Hodnota
Spektrální rozsah	650 - 5000 cm ⁻¹
Rychlost skenování	až 32 spekter/s při D _s =4 cm ⁻¹ až 5 spekter/s při D _s =0,5 cm ⁻¹
Rozlišení	lepší než 1 cm ⁻¹
Přesnost měření vlnové délky	lepší než 0,01 cm ⁻¹
Fotometrická přesnost	lepší než 0,1% T
Interferometr	Rocksolid TM , s permanentním zaostřováním
Detektor	MCT
A/D převodníky	24b
Délka měřicí cely	2 m
Příkon pro vyhřívání cely	220 W
Příkon spektrometru	65 W
Interface	Ethernet
Software	OPUS spectroscopy software

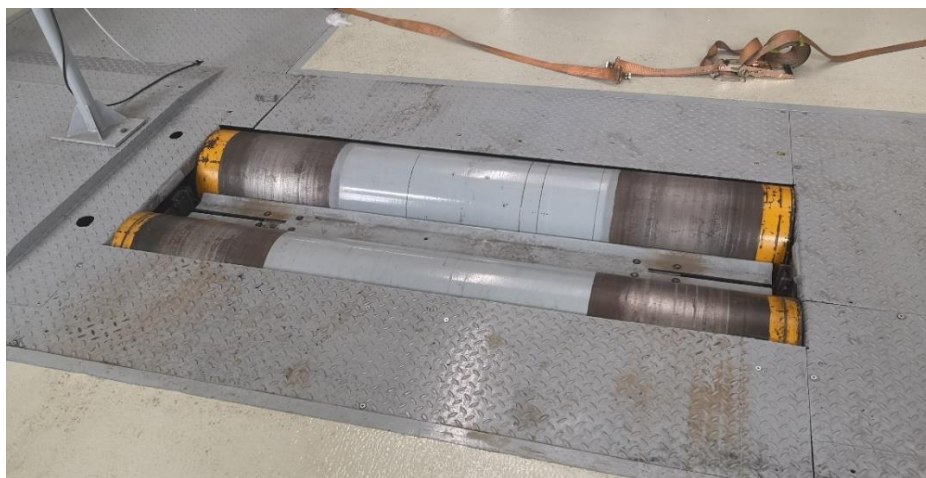
Obrázek 20: Spektrální analyzátor MG-5 (archiv autora)



5.1.3 Válcová zkušebna

Válcová zkušebna v laboratořích Katedry vozidel a pozemní dopravy na Technické fakultě, viz. Obrázek 21, je konstruována pro měření vozidel s jednou hnanou nápravou. Válcová zkušebna se skládá ze dvou válců. Z jedné strany je k válcům připojena soustava setrvačníků, jejich kombinací se nastaví simulovaná přibližná hmotnost měřeného vozidla. Z druhé strany válců je připojen stejnosměrný motor o výkonu 56 kW a vířivý dynamometr o výkonu 125 kW.

Obrázek 21: Válcová zkušebna (archiv autora)



5.1.4 Ventilátor FILCAR AL-1500/C

Při měření na válcové zkušebně byl dále použit ventilátor, který vytvářel proud vzduchu kvůli chlazení chladiče, motoru vozidla a výfukového potrubí. Motor ventilátoru má třífázové napájení 400 V. Výkon motoru je 11 kW a maximální otáčky jsou 2 800 otáček za minutu. Maximální sací výkon ventilátoru je 12 000 m³/h a hlučnost je 89 dB. Použitý ventilátor je na Obrázku 22.

Obrázek 22: Ventilátor FILCAR AL-1500/C (archiv autora)



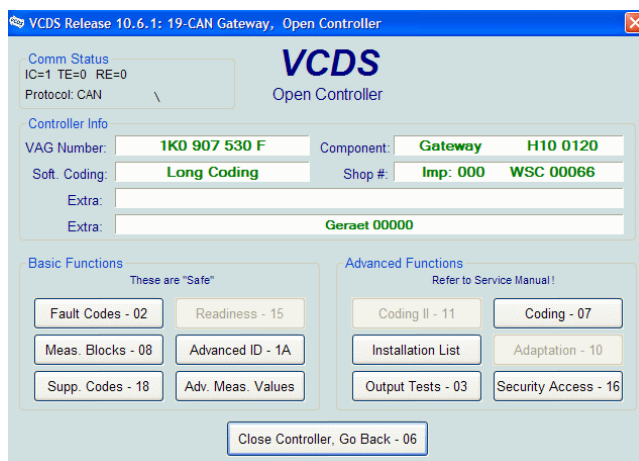
5.2 Softwarové vybavení

Při měření praktické části diplomové práce byly použity programy VAG-COM VCDS Standard a ControlWeb.

5.2.1 VAG-COM VCDS Standard

VCDS je diagnostický program používaný k diagnostice vozů koncernu VW, viz. Obrázek 23. Slouží pro funkce jako je např. čtení a mazání závad, čtení měřených hodnot, kódování atd. Při měření byl využit k zaznamenávání a ukládání okamžitých hodnot otáček motoru, rychlosti, polohy plynového pedálu, hmotnostního množství vzduchu a spotřeby paliva.

Obrázek 23: VCDS [31]



5.2.2 ControlWeb

ControlWeb je programovací prostředí pomocí něhož zaměstnanci Katedry vozidel a pozemní dopravy vytvořili program k zaznamenávání a vykreslování jízdních cyklů. Dále program slouží k ovládání válcové zkušebny a chladicího ventilátoru. Vzhled programu je znázorněn na Obrázku 24.

Obrázek 24: ControlWeb (archiv autora)



5.3 Zkušební vozidlo

Jako testované vozidlo byla použita ŠKODA Octavia III. generace s motorem 2.0 TDi. Použité zkušební vozidlo je na Obrázku 25. V následujících tabulkách jsou popsány bližší informace o vozidle a motoru.

Tabulka 6: Specifikace testovaného vozidla

Specifikace vozidla	
Výrobce	ŠKODA
Model	Octavia
Rok výroby	2015
Druh vozidla	osobní automobil
Typ vozidla	liftback
Počet dveří	5
Počet míst k sezení	5
Stav tachometru	47 000 km
Poháněná náprava	přední
Převodovka	manuální (6 stupňů)
Zrychlení (0-100 km/h)	8,4 s
Maximální rychlost	218 km/h
Brzdy	kotoučové
Rozměr pneu	225/35 R19
Objem nádrže	50 l
Délka vozidla	4 659 mm
Šířka vozidla	1 814 mm
Výška	1 460 mm
Rozvor	2 667 mm
Hmotnost	1 332 kg

Tabulka 7: Specifikace motoru testovaného vozidla

Specifikace motoru	
Druh paliva	motorová nafta (diesel)
Objem nádrže	1 968 ccm
Druh motoru	přeplňovaný řadový motor s přímým vstřikem
Počet válců	4
Počet ventilů na válec	4
Výkon	110 kW (150 PS)
Točivý moment	340 Nm
Emisní norma	EURO 6
Řízení emisí	redukční katalyzátor a filtr pevných částí
Spotřeba	kombinovaná - 4,1 l/100 km město - 5 l/100 km mimo město - 3,7 l/100 km

Obrázek 25: Testovací vozidlo (archiv autora)



5.4 Zkoušená paliva

Při měření byla odměřena v provozu i na válcové zkušebně tři paliva.

- a) motorová nafta
- b) motorová nafta + VIF (letní)
- c) motorová nafta + Liqui Moly Pro-Line

Motorová nafta

Jako první palivo byla použita čistá motorová nafta. Aby se zabránilo odchylkám kvality a složení motorové nafty, byla po celou dobu měření nafta tankována na čerpací stanici Texaco, viz. Obrázek 26, která se nachází v ulici Chlumecká, Rajská zahrada, Praha 9 směr centrum.

Obrázek 26: Čerpací stanice Texaco (archiv autora)

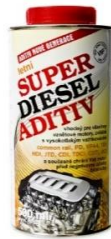


Motorová nafta + VIF

Jako druhé palivo byla použita motorová nafta, která se aditivovala aditivem VIF – Super Diesel Aditiv pro letní období. Aditivum VIF bylo dle výrobce dávkováno v poměru 1:1000.

Super Diesel Aditiv je multifunkční přísada do motorové nafty, která má dle výrobce zvyšovat cetanové číslo, zlepšit spalování a snížit hlučnost motoru. Dále má aditivum protikoroziční účinky, zabraňuje zanášení vstřikovacích trysek a potlačuje pěnivost paliva. [27]

Obrázek 27: Aditivum VIF [29]



Motorová nafta + Liqui Moly

Jako třetí palivo byla použita motorová nafta, která se aditivovala aditivem Liqui Moly Pro-line Diesel System Reiniger. Aditivum Liqui Moly bylo dávkováno dle výrobce, a to 500 ml aditiva na 70 l nafty.

Liqui Moly Pro-line Diesel System Reiniger snižuje obsah škodlivých látek ve výfukových plynech, optimalizuje jejich složení, snižuje tvorbu kouře a optimalizuje spalovací proces. Dále aditivum čistí vstřikovací trysky a palivový systém od usazenin. [28]

Obrázek 28: Aditivum Liqui Moly [30]



6 Výsledky

Tato kapitola se zabývá vyhodnocením naměřených dat a jejich porovnáním. Ke zpracování dat a vytvoření grafů byl použit program MS Excel.

6.1 Měření za provozu

V Tabulce 8 jsou vypočítané průměrné hodnoty rychlosti při jednotlivých jízdách za provozu, které byly zaznamenány pomocí GPS Garmin. Jelikož vypočtené průměrné rychlosti se od sebe nijak výrazně neliší, lze z nich usoudit, že měřené jízdy za provozu si byly velmi podobné.

Tabulka 8: Průměrná rychlost při měření za provozu

Palivo	Průměrná rychlost [km/h]
Nafta 1	53,04
Nafta 2	51,09
Nafta + VIF 1	50,20
Nafta + VIF 2	53,14
Nafta + Liqui Moly 1	48,54
Nafta + Liqui Moly 2	54,33
Nafta konec	53,00

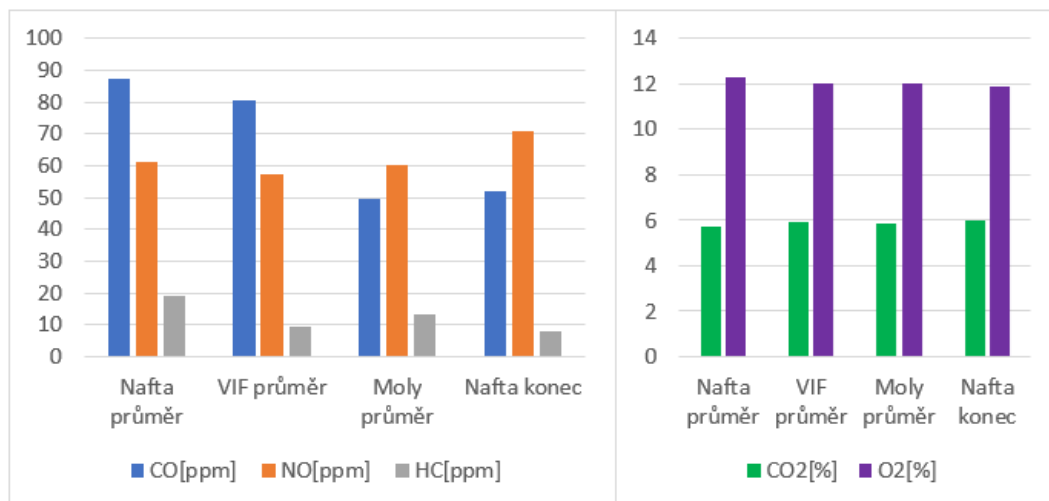
Naměřená data z měření za provozu byla rozdělena na jednotlivé jízdy. Z každé jízdy byly vypočteny průměrné hodnoty jednotlivých složek emisí, které byly změřeny emisním analyzátozem VMK. Z jízd na stejné palivo byly vypočteny průměrné hodnoty emisí. Vypočtené hodnoty emisí ze všech jízd za provozu i jejich průměrné hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 9: Průměrné hodnoty emisí při měření za provozu

	CO [ppm]	NO [ppm]	HC [ppm]	CO₂ [%]	O₂ [%]
Nafta 1	54,385	71,442	14,881	5,888	11,859
Nafta 2	120,213	51,110	23,061	5,517	12,756
Nafta průměr	87,299	61,276	18,971	5,703	12,308
VIF 1	34,313	67,267	4,571	5,952	11,856
VIF 2	127,208	47,014	13,957	5,836	12,197
VIF průměr	80,761	57,141	9,264	5,894	12,027
Moly 1	58,171	53,067	14,175	5,706	12,179
Moly 2	40,611	67,214	12,359	5,944	11,819
Moly průměr	49,391	60,140	13,267	5,825	11,999
Nafta konec	52,019	70,875	7,757	5,990	11,879

V Tabulce 9 jsou zaznamenány měřené emise, a to oxid uhelnatý (CO), oxid dusnatý (NO), nespálené uhlovodíky (HC), oxid uhličitý (CO₂) a kyslík (O₂) při jízdách na určité palivo. Z těchto vypočtených dat byl pro lepší přehlednost vytvořen graf, který je na Obrázku 29.

Obrázek 29: Graf průměrných hodnot emisí za provozu



Z průměrných hodnot emisí zjišťujeme, že emisní složky oxidu uhličitého (CO₂), kyslíku (O₂) a oxidu dusnatého (NO) nejsou přidávanými aditivami nijak ovlivněny. Obsah oxidu uhelnatého (CO) ve výfukových plynech při jízdě na aditivum VIF, oproti jízdě na čistou naftu, klesl o necelých 7 ppm a při jízdě na Liqui Moly klesl o 38 ppm. Nespálené uhlovodíky (HC) při jízdě na aditivum VIF klesly o 9 ppm a při jízdě na Liqui Moly klesly o 5 ppm.

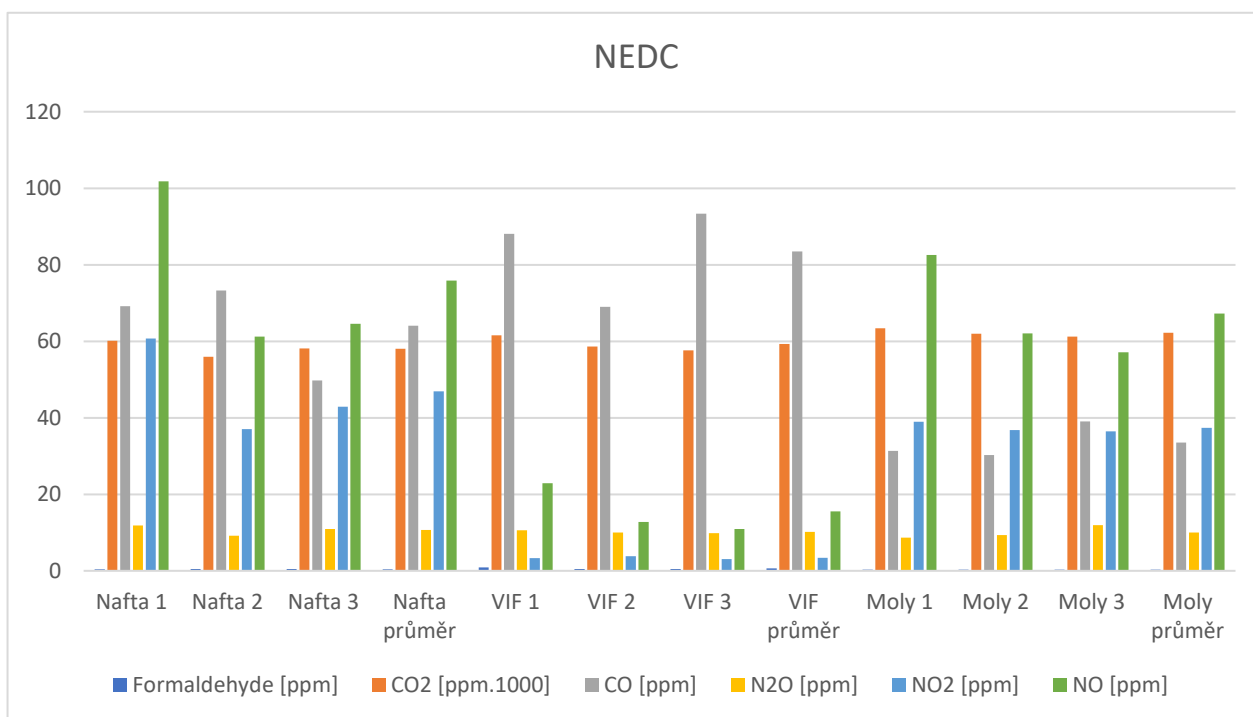
6.2 Měření na válcové zkušebně

Data, která byla naměřena při měřeních na válcové zkušebně, se rozdělila na jednotlivé jízdní cykly. Pro každou jízdu byly vypočítány průměrné hodnoty emisních složek. Z těchto hodnot se vypočítaly průměrné hodnoty pro jednotlivé jízdní cykly (NEDC a WLTP) při určitém palivu. Z vypočtených průměrných hodnot emisí měřených na válcové zkušebně byly vytvořeny tabulky a grafy, v nichž jsou zaznamenány emisní složky: formaldehyd, oxid uhličitý (CO_2), oxid uhelnatý (CO), oxid dusný (N_2O), oxid dusičitý (NO_2) a oxid dusnatý (NO). Hodnoty oxidu uhličitého (CO_2) jsou v tabulkách zaznamenány v procentech (%), ale v grafech, pro lepší zobrazení a přehlednost, jsou zaznamenány v 1000.ppm.

Tabulka 10: Průměrné hodnoty emisí při měření na válcové zkušebně - NEDC

NEDC	Formaldehyd [ppm]	CO [ppm]	N ₂ O [ppm]	NO ₂ [ppm]	NO [ppm]	CO ₂ [%]
Nafta 1	0,358	69,141	11,834	60,762	101,783	6,010
Nafta 2	0,479	73,234	9,207	37,032	61,264	5,596
Nafta 3	0,449	49,799	10,935	42,918	64,611	5,810
Nafta průměr	0,429	64,058	10,659	46,904	75,886	5,805
VIF 1	0,878	88,099	10,627	3,292	22,922	6,158
VIF 2	0,493	69,035	10,040	3,810	12,794	5,865
VIF 3	0,479	93,319	9,881	3,075	10,929	5,764
VIF průměr	0,617	83,484	10,183	3,392	15,548	5,929
Moly 1	0,344	31,324	8,705	38,997	82,533	6,342
Moly 2	0,318	30,294	9,351	36,813	62,073	6,197
Moly 3	0,315	39,037	11,966	36,428	57,102	6,121
Moly průměr	0,326	33,552	10,008	37,413	67,236	6,220

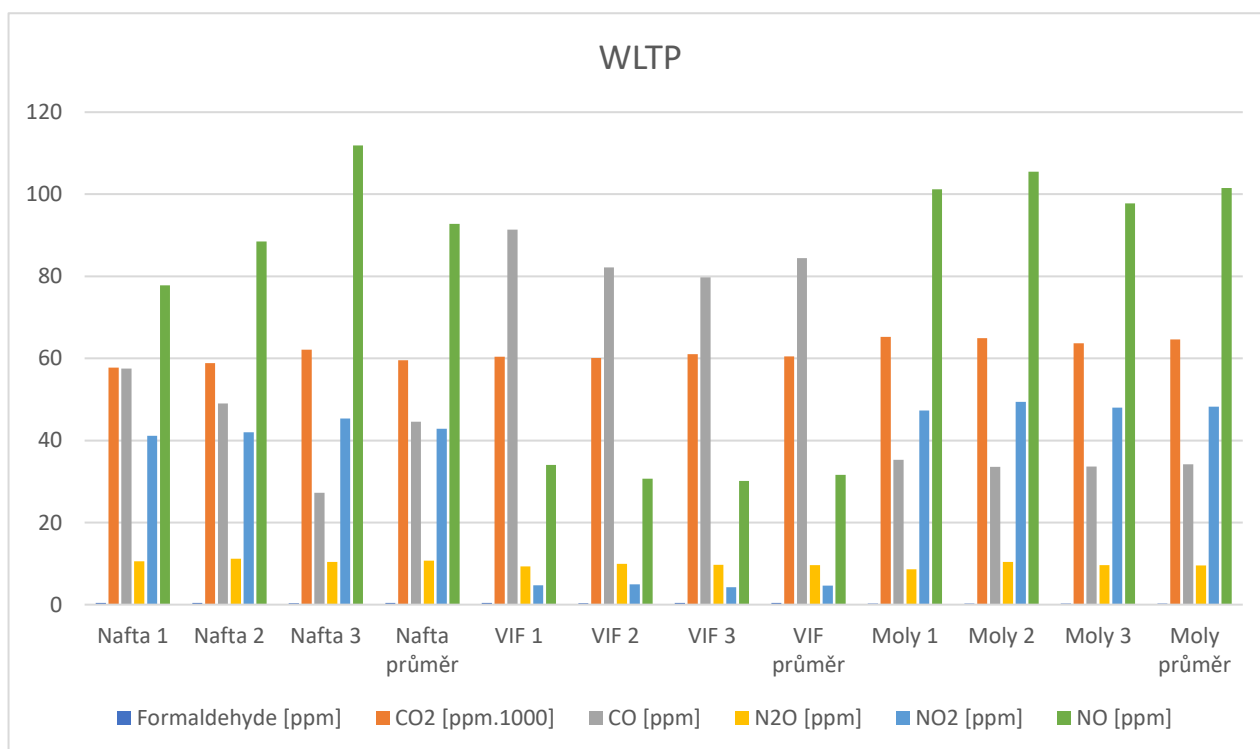
Obrázek 30: Graf průměrných hodnot emisí na válcové zkušebně - NEDC



Tabulka 11: Průměrné hodnoty emisí při měření na válcové zkušebně - WLTP

WLTP	Formaldehyd [ppm]	CO [ppm]	N ₂ O [ppm]	NO ₂ [ppm]	NO [ppm]	CO ₂ [%]
Nafta 1	0,436	57,543	10,591	41,155	77,841	5,777
Nafta 2	0,428	49,002	11,166	42,016	88,506	5,882
Nafta 3	0,386	27,278	10,388	45,374	111,892	6,210
Nafta průměr	0,417	44,608	10,715	42,848	92,746	5,956
VIF 1	0,417	91,369	9,348	4,726	34,047	6,038
VIF 2	0,369	82,170	9,927	4,968	30,697	6,011
VIF 3	0,397	79,718	9,714	4,212	30,159	6,107
VIF průměr	0,395	84,419	9,663	4,635	31,634	6,052
Moly 1	0,299	35,317	8,607	47,289	101,170	6,521
Moly 2	0,293	33,598	10,402	49,432	105,511	6,496
Moly 3	0,296	33,674	9,650	48,005	97,807	6,369
Moly průměr	0,296	34,196	9,553	48,242	101,496	6,462

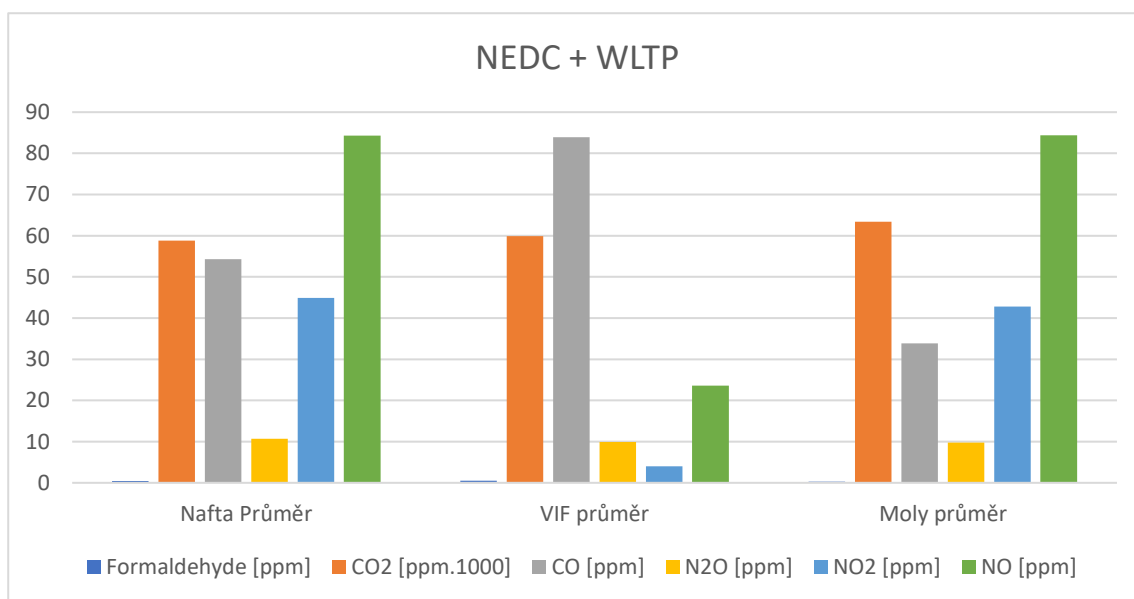
Obrázek 31: Graf průměrných hodnot emisí na válcové zkušebně - WLTP



Tabulka 12: Průměrné hodnoty emisí při měření na válcové zkušebně - NEDC+WLTP

NEDC+WLTP	Formaldehyd [ppm]	CO [ppm]	N ₂ O [ppm]	NO ₂ [ppm]	NO [ppm]	CO ₂ [%]
Nafta průměr	0,423	54,333	10,687	44,876	84,316	5,881
VIF průměr	0,506	83,952	9,923	4,014	23,591	5,990
Moly průměr	0,311	33,874	9,780	42,827	84,366	6,341

Obrázek 32: Graf průměrných hodnot emisí na válcové zkušebně - NEDC+WLTP



Z vytvořených Tabulek 10 - 12 a Obrázků 30 - 32 je možné vidět, že oxid uhličitý (CO₂) se po přidání aditiva VIF zvedne o 1000 ppm (0,1 %) a po přidání aditiva Liqui Moly se zvedne o 4 600 ppm (0,46 %). Oxid uhelnatý (CO) má při jízdě na naftu hodnotu 54,3 ppm, při jízdě na VIF se zvýší na 84 ppm a na aditivum Liqui Moly má hodnotu necelých 33,9 ppm. Oxid dusný (N₂O) a formaldehyd se po přidání aditiv výrazně nemění. Oxid dusičitý (NO₂) a oxid dusnatý (NO) mají při jízdě na čistou naftu a při jízdě na naftu + Liqui Moly přibližně stejné hodnoty. Pouze při jízdě na aditivum VIF oxid dusičitý (NO₂) klesá na hodnotu 4 ppm a oxid dusnatý (NO) klesá na hodnotu 23,6 ppm.

Z vypočtených průměrných hodnot při měření za provozu a při měření na válcové zkušebně lze říci, že naměřená data jsou u obou typů měření s použitím stejného paliva velmi podobná. Z tohoto pohledu lze usoudit, že měření za provozu a měření na válcové zkušebně proběhla v pořádku.

7 Závěr

První částí této diplomové práce bylo vytvořit teoretickou rešerši v oblasti emisí spalovacích motorů osobních automobilů. Tato část práce se zabývala složením výfukových plynů spalovacích motorů, vznikem škodlivých emisí a opatřeními pro jejich snižování před motorem, u motoru a za motorem. Dále se tato část věnovala emisním normám EURO, které platí pro Evropskou unii. Na jejím konci bylo popsáno měření emisí, základní jízdní cykly pro válcové zkušebny, měření emisí v reálném provozu a aditiva. Teoretická část byla doplněná obrázky, které posloužily lepší představivosti popisovaného tématu.

Cílem praktické části této diplomové práce bylo změřit vliv aditivace motorové nafty na produkci emisí osobního vozidla za provozu. K tomu bylo použito osobní vozidlo Škoda Octavia 3. generace, 2.0 TDi. Pro měření byla vybrána tři paliva. Jako první byla použita čistá motorová nafta. Jako druhé palivo byla použita směs motorové nafty a aditiva VIF – Super Diesel Aditiv pro letní období. A jako poslední palivo byla použita motorová nafta s přidaným aditivem Liqui Moly Pro-line Diesel Systém Reiniger. V této části diplomové práce byla popsána metodika všech použitých měření a popis a parametry všech používaných přístrojů, které byly zapůjčeny Katedrou vozidel a pozemní dopravy na Technické fakultě, a vybraná paliva. Vybraná paliva se odměřila v provozu i na válcové zkušebně. Při měření v provozu se vybrala trasa dlouhá 82 km v okolí Suchdola, Kralup nad Vltavou a Slaného. Uvedená trasa byla absolvována dvakrát na každé měřené palivo. Měření na válcové zkušebně probíhalo v laboratořích Technické fakulty na České zemědělské univerzitě. Na válcové zkušebně se každé testované palivo odměřilo třikrát, a to při měřících cyklech NEDC a WLTP.

Z naměřených a vypočtených dat lze říci, že aditivace motorové nafty nemá velký vliv na snížení emisí spalovacího motoru osobního vozidla. Pouze u motorové nafty s příměsí aditiva VIF – Super Diesel Aditiv bylo zjištěno jiné složení emisí než u čisté motorové nafty, ale koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) zůstala i po přidání aditiv stejná.

Dle mého názoru by se vliv aditivace motorové nafty na snížení emisí projevilo při dlouhodobém měření, které v rámci diplomové práce nebylo možné provést. Dalším faktorem, který by mohl ovlivnit vliv aditivace motorové nafty, je provést měření na starším vozidle než na Škodě Octavia 3. generace, která je vybavena redukčním katalyzátorem a filtrem pevných částic, a z toho plyne, že má s těmito opatřeními sama o sobě nízké emise. Každopádně mým názorem je, že aditivace motorové nafty má kladný vliv na chod a životnost motoru a jeho součástí.

8 Seznam obrázků

Obrázek 1: Složení výfukových plynů [1].....	2
Obrázek 2: Recirkulace výfukových plynů (upraveno) [3].....	11
Obrázek 3: Oxidační katalyzátor [5]	12
Obrázek 4: Princip filtru pevných částic [7].....	13
Obrázek 5: Řez třicestným katalyzátorem [1]	14
Obrázek 6: Princip selektivní katalytické redukce [13].....	15
Obrázek 7: Umístění součástí SCR ve vozidle Mazda CX-7 [9]	16
Obrázek 8: New European Driving Cycle [14]	18
Obrázek 9: Kategorie WLTP [25]	19
Obrázek 10: Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle [15]	19
Obrázek 11: Japanese JC08 Cycle [17]	20
Obrázek 12: Měření emisí v reálném provozu [18].....	20
Obrázek 13: Stojan na pohonné hmoty [32]	21
Obrázek 14: Aditiva [33]	21
Obrázek 15: Zapojení přístrojů ve vozidle (archiv autora).....	23
Obrázek 16: Trasa [34]	24
Obrázek 17: Nastavení setrvačníků (archiv autora).....	25
Obrázek 18: Měření na válcové zkušebně (archiv autora)	26
Obrázek 19: Emisní analyzátor VMK (archiv autora).....	28

Obrázek 20: Spektrální analyzátor MG-5 (archiv autora).....	29
Obrázek 21: Válcová zkušebna (archiv autora).....	29
Obrázek 22: Ventilátor FILCAR AL-1500/C (archiv autora).....	30
Obrázek 23: VCDS [31]	31
Obrázek 24: ControlWeb (archiv autora)	31
Obrázek 25: Testovací vozidlo (archiv autora)	33
Obrázek 26: Čerpací stanice Texaco (archiv autora).....	33
Obrázek 27: Aditivum VIF [29]	34
Obrázek 28: Aditivum Liqui Moly [30]	34
Obrázek 29: Graf průměrných hodnot emisí za provozu	36
Obrázek 30: Graf průměrných hodnot emisí na válcové zkušebně - NEDC.....	38
Obrázek 31: Graf průměrných hodnot emisí na válcové zkušebně - WLTP.....	39
Obrázek 32: Graf průměrných hodnot emisí na válcové zkušebně - NEDC+WLTP...	40

9 Seznam tabulek

Tabulka 1: Emisní limity pro vznětové motory osobních automobilů [1]	17
Tabulka 2: Emisní limity pro zážehové motory osobních automobilů [1]	17
Tabulka 3: Emisní limity pro nákladní automobily a autobusy [1]	17
Tabulka 4: Přesnost analyzátoru VMK	27
Tabulka 5: Parametry analyzátoru MG-5	28
Tabulka 6: Specifikace testovaného vozidla	32
Tabulka 7: Specifikace motoru testovaného vozidla	32
Tabulka 8: Průměrná rychlost při měření za provozu	35
Tabulka 9: Průměrné hodnoty emisí při měření za provozu	35
Tabulka 10: Průměrné hodnoty emisí při měření na válcové zkušebně - NEDC	38
Tabulka 11: Průměrné hodnoty emisí při měření na válcové zkušebně - WLTP	39
Tabulka 12: Průměrné hodnoty emisí při měření na válcové zk. - NEDC+WLTP	40

10 Seznam použité literatury

[1] HROMÁDKO, Jan. Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada, 2011. ISBN 9788024734750.

[2] KAMEŠ, Josef. Speciální motorová vozidla: část: Spalovací motory. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN 8021308958.

[3] Www.premierautotrade.com.au [online]. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <http://www.premierautotrade.com.au/news/images/egr-systems-pt1-5.jpg>

[4] Www.autolexicon.net [online]. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/katalyzator/>

[5] Www.autolexicon.net [online]. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_katalyzator_006.jpg

[6] Www.autolexicon.net [online]. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/dpf-diesel-particulate-filter/>

[7] Www.autolexicon.net [online]. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_dpf_001.jpg

[8] Www.autolexicon.net [online]. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/scr-selective-catalytic-reduction/>

[9] Www.autolexicon.net [online]. [cit. 2019-02-17]. Dostupné z: http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_scr_001.jpg

[10] Www.autolexicon.net [online]. [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emise-vyfukovych-plynu/>

[11] Přehled emisních norem [online]. 27.9.2018 [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <https://www.srovnator.cz/clanky/prehled-emisnich-norem/>

[12] Www.autolexicon.net [online]. [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>

- [13] Www.mocovinavosobaku.cz [online]. [cit. 2019-02-21]. Dostupné z:
<https://www.mocovinavosobaku.cz/obrazek/2/schema-fungovani-scr-katalyzatoru/>
- [14] Www.audi.cz [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z:
https://www.audi.cz/media/FullWidthSlider_Detail_Image_Component/50368-439254-278383-439257-278384-image/dh-724-d7c8a4/fd61ba21/1532355319/nefz-1920x1080.jpg
- [15] Www.audi.cz [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z:
https://www.audi.cz/media/FullWidthSlider_Detail_Image_Component/50368-439254-278383-439257-278385-image/dh-724-d7c8a4/5758828f/1532355737/wltp-1920x1080.jpg
- [16] Www.audi.cz [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/wltp>
- [17] Www.car-engineer.com [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <http://www.car-engineer.com/wp-content/uploads/2012/12/JC08.png>
- [18] Assets.bosch.com [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z:
https://assets.bosch.com/media/global/stories/real_driving_emission/rde-measuring-device-16x9.jpg
- [19] Www.dieselnet.com [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z:
<https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php>
- [20] BAUMRUK, Pavel. Příslušenství spalovacích motorů. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999. ISBN 80-01-02062-2.
- [21] Www.prvky.com [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z:
<http://www.prvky.com/8.html>
- [22] Www.ucebnicechemie.wz.cz [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z:
http://www.ucebnicechemie.wz.cz/index.php?sloucenina=oxid_uhlicity
- [23] Www.arnika.org [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z:
<https://www.arnika.org/oxidy-siry>

[24] Www.umwelt-plakette.de [online]. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <https://www.umwelt-plakette.de/cz/informace-o-nemecka-ekologicka-plaketa/pevne-castice-a-skodlive-latky/pevne-castice-skodlive-latky.html>

[25] Www.dieselnet.com [online]. [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/wltp.php>

[26] Www.dieselnet.com [online]. [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.php

[27] Www.vif.cz [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <http://www.vif.cz/produkty/aditiva-do-nafty/super-diesel-aditiv-letni.html>

[28] Www.liqui-moly.cz [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.liqui-moly.cz/rada-pro-line/prisady-do-pohonnych-hmot/pro-line-cistic-dieselovych-systemu-893.html>

[29] Www.vif.cz [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <http://www.vif.cz/obrazek.php?id=97-10-11-2015.jpeg%20title=>

[30] Www.liqui-moly.cz [online]. [cit. 2019-03-02]. Dostupné z: <https://www.liqui-moly.cz/rada-pro-line/prisady-do-pohonnych-hmot/pro-line-cistic-dieselovych-systemu-893.html>

[31] Www.myturbodiesel.com [online]. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.myturbodiesel.com/images/a5/cangateway.png>

[32] Www.petrol.cz [online]. [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.petrol.cz/media/151151/stojan-male.jpg>

[33] Www.auto.cz [online]. [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://img2.auto.cz/img/31/article/1890727-img-test-zimnich-aditiv-v0.jpg?v=0>

[34] Www.mapy.cz [online]. [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: <https://www.mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&x=14.2626551&y=50.1851444&z=12>