MENDELOVA UNIVERZITA
V BRNĚ

Ústav techniky a automobilové dopravy

Analýza vybraných parametrů ovlivňující množství emisí spalovacího motoru

Diplomová práce

Vedoucí práce:
doc. RNDr. Stanislav Bartoň, CSc.

Vypracoval:
Bc. Zeno Řezáč

Brno 2015

Agronomická fakulta

Ústav techniky a automobilové dopravy
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel :	**Bc. Zeno Řezáč**
Studijní program:	Zemědělská specializace
Obor:	Zemědělské inženýrství
Konzultant:	Ing. Marek Žák
Název tématu:	**Analýza vybraných parametrů ovlivňujících množství emisí spalovacího motoru**
Rozsah práce:	50 – 70 stran

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte stručný přehled odborné literatury, souvisící s řešeným problémem.
   V přehledu se zaměřte na:
   1. Souvisící legislativu
   2. Materiál a metody
2. Vyberte vhodné měřící zařízení a zdůvodněte jeho výběr
3. Vyberte vhodný typ spalovacího motoru a zdůvodněte jeho výběr
4. Proveďte výběr sledovaných parametrů a zdůvodněte jejich výběr
5. Vypracujte metodiku měření, proveďte měření a měření vyhodnoďte.

Mendelova univerzita v Brně

Seznam odborné literatury:

1. MARTYR, A J. – PLINT, M A. *Engine testing theory and practice.* 3. vyd. Oxford: Burlington, MA, 2007. 442 s. ISBN 978-0-7680-1850-9.
2. VOLKSWAGEN, A. *Alternative Antriebe, Elektro -, Hybrid – und Brennstoffzellenfahrzeuge.* Wolfsburg: VOLKSWAGEN AG, 2001.
3. PETRÁS, Z. – RŮŽIČKA, A. *Měření emisí.* 1. vyd. Praha: Robert Bosch, 1997. 63 s.
4. HROMÁDKO, J. *Spalovací motory.* Praha: Grada, 2011. 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0.
5. FERENC, B. *Spalovací motory : karburátory, ostřikování paliva a optimalizace parametrů motoru.* 3. vyd. Brno: Computer Press, 2009. 388 s. ISBN 978-80-251-2545-8.
6. MUSIL, M. *Polutanty emitované vozidly při měření onější otáčkové charakteristiky.* Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2013. 58 s.

Datum zadání diplomové práce: květen 2014

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2015

L.S.

Agronomická fakulta Mendelova univerzita v Brně -6-

Bc. Zeno Řezáč
Autor práce

doc. RNDr. Stanislav Bartoň, CSc.
Vedoucí práce

doc. Ing. Jiří Čupera, Ph.D.
Vedoucí ústavu

doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: „ANALÝZA VYBRANÝCH PARAMETRŮ OVLIVŇUJÍCÍ MNOŽSTVÍ EMISÍ SPALOVACÍHO MOTORU“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

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

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

V Brně dne:……..

……..

podpis

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu doc. RNDr. Stanislavu Bartoňovi, CSc. za odborné vedení, vstřícnost při volbě tématu, cenné rady, připomínky a konzultace při psaní mé diplomové práce.

Abstrakt

ŘEZÁČ, Z. Analýza vybraných parametrů ovlivňující množství emisí spalovacího motoru. Brno, 2015. 57 s. Diplomová práce. Mendelova univerzita.

Diplomová práce „Analýza vybraných parametrů ovlivňující množství emisí spalovacího motoru“ se zabývá emisemi vznikajícími při spalování pohonných látek ve spalovacích motorech. Práce charakterizuje složení emisí, přístroje pro měření, metodiku měření a samotné vlivy konstrukce motorů na množství produkovaných emisí. Práce obsahuje i vybrané emisní normy. Cílem práce je analýza naměřených dat a vyhledání atributů ovlivňujících množství produkovaných emisí CO_2 a možnost predikovat technický stav motoru na základě produkovaných emisí.

Klíčová slova: Konstrukce spalovacích motorů, emise, spalování paliva, složení emisí, metodika měření, emisní analyzátory, technické prostředky pro snižování emisí.

Abstract:

ŘEZÁČ,Z.. Analysis of selected parameters affecting the emissions of internal combustion engine. Brno, 2014. 57 p. Diploma thesis. Mendel University.

Diploma thesis „Analysis of selected parameters affecting the emissions of internal combustion engine“ is primarily deals with the emission resulting from the combustion of fuels in internal combustion engines. The thesis describes the composition of emissions, measuring, measurement metodology and the achal effects of engine design on the amount of emissions produced. The diploma thesis also includes selected emission standards. The aim of the thesis is to analyze the measured data and search attributes affecting the amount of CO_2 emissions produced and the ability to predict the technical condition of the engine based on the emissions produced.

Key words: Construction of combustion engines, emissions, fuel combustion, composition of emissions, metodology for measuring emissions, emission analyzers, technical means to reduce emissions.

Obsah

1. ÚVOD 9
2. CÍL PRÁCE 10
3. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU 11
3.1. Konstrukce zážehových a vznětových motorů 11
3.2. Složení výfukových plynů 14
3.2.1. Oxid uhelnatý (CO) 15
3.2.2. Oxid uhličitý (CO_2) 15
3.2.3. Oxid siřičitý (SO_2) 16
3.2.4. Oxidy dusíku (NOx) 16
3.2.5. Uhlovodíky (HC) 16
3.2.6. Pevné částice (PM) 16
3.2.7. Olovo (Pb) 17
3.3. Evropské emisní limity 17
3.3.1. Vozidla pro silniční provoz 17
3.3.2. Vývoj emisních norem 20
3.3.3. EURO 1 20
3.3.4. EURO 2 20
3.3.5. EURO 3 21
3.3.6. EURO 4 21
3.3.7. EURO 5 22
3.3.8. EURO 6 22
3.3.9. Homologační zkoušky 23
3.4. Způsoby snižování emisí 23
3.4.1. Aktivní prostředky 24
3.4.2. Aktivní prostředky 28
4. MATERIÁL A METODIKA 33
4.1. Charakteristika vozidel 37
4.2. Měřící zařízení a metodika měření 39
5. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ 41
5.1. Tabulky naměřených hodnot 42
5.2. Grafické zpracování naměřených hodnot 44
5.2.1. Grafy 44
5.2.2. Porovnání výsledků 45

6. ZÁVĚR 49
7. LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE 51
8. SEZNAM OBRÁZKŮ 55
9. SEZNAM TABULEK 56
10. SEZNAM GRAFŮ 57

1. ÚVOD

Automobilní průmysl i samotná automobilová doprava je nedílnou součástí dnešní moderní doby. Se vzrůstající životní úrovní a růstem počtu obyvatel narůstá i počet osobních a nákladních automobilů. Rovněž většina nákladů je přepravována po silnici.

Hlavní hybnou sílu automobilům dává spalovací motor. Jde o relativně složitý celek mechanických součástí, ve kterém dochází ke spalování benzínu, nafty, etanolu, propan – butanu (LPG), případně zemního plynu (CNG). Výslednou činností spalovacího motoru je přeměna energie chemické na energii tepelnou, posléze na energii tlakovou a finálně s různou účinností (efektivitou) na energii mechanickou. Motory jsou konstruovány pro různé typy používaných paliv, různých velikostí, výkonů atd. Existuje však několik úskalí či problémů, která nastávají při provozu spalovacích motorů. Jedná se především o účinnost, která je i přes značnou snahu moderních konstrukcí, vzhledem k potenciálu paliva, poměrně nízká, [2]. K dalším problematickým vlastnostem patří vedlejší produkty - „spaliny“, které vznikají spalovacím procesem, [39]. Produkované spaliny jsou v automobilovém průmyslu nazývány výfukovými plyny. Tyto plyny obsahují řadu látek, které jsou pro lidský (potažmo jakýkoli živý) organismus nebezpečné a mají i negativní dopad na životní prostředí, [1, 23].

2. CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce na téma „Analýza vybraných parametrů ovlivňující množství emisí spalovacího motoru“ je popis konstrukce a fungování spalovacího motoru, produkce emisí a jejich měření, popis měřících metod, vývoj a historie legislativních norem.

Hlavním cílem práce je analýza naměřených hodnot a zjištění závislostí množství produkovaných emisí CO_2 na technickém stavu motorů, hodnoceného dle servisní historie.

3. PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

V této kapitole je uveden popis konstrukce různých typů spalovacích motorů, mechanismus produkce emisí a jejich složení. Je popsána historie legislativních norem upravujících množství produkovaných emisí. Dále jsou popsány zařízení snižující množství produkovaných emisí, metodika měření a vyhodnocení zjištěných údajů.

3.1. Konstrukce zážehových a vznětových motorů

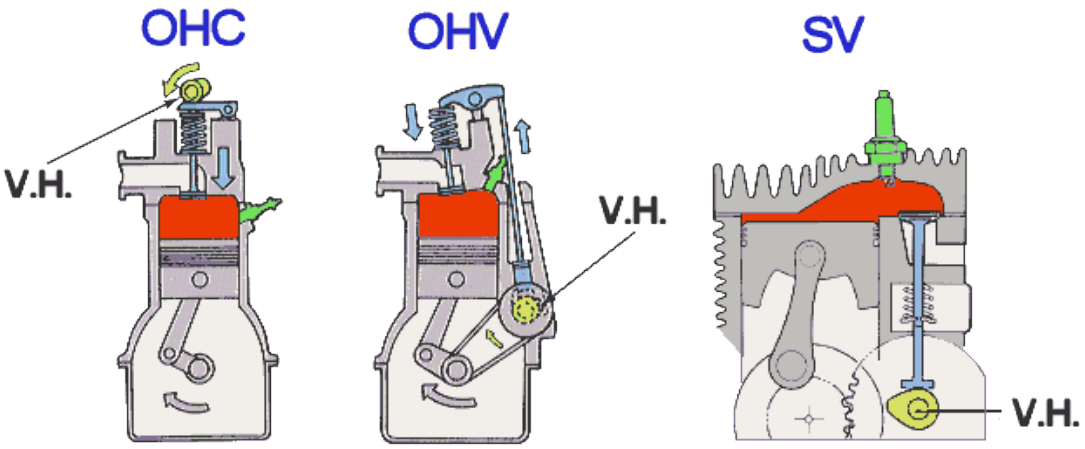
Základním kamenem spalovacího motoru je blok motoru, který je ve většině případů vyroben odlitím (tlakový odlitek). Do tohoto bloku jsou vloženy válce, které jsou nejčastěji z temperované litiny. Jednotlivé válce mohou mít různý počet, různé konfigurace (uspořádání) – vidlicový, řadový. Konfigurace motoru má vliv na setrvačné síly působící na klikovém ústrojí. Pokud je vnější povrch vložky válce v kontaktu s chladícím médiem, jedná se o tzv. mokrou vložku, [4].

Pokud vnější povrch válce do kontaktu s chladícím médiem nepřichází, hovoříme o tzv. vložce suché. Základní vlastností motorového bloku je tuhost a pevnost. Blok motoru musí být odolný vůči provozní zátěži, rovněž by měl tlumit možné vibrace. Kliková hřídel převádí reciproční pohyb pístu ve válci na pohyb rotační. Kliková hřídel je spojena s pístem ojnicí, [27]. Ojnice je členěna na oko, kterým se pomocí pístního čepu spojuje s pístem, dřík a hlavu, která ojnici propojuje s klikovou hřídelí. Píst zachycuje rozpínající se tlak plynu ve spalovacím prostoru. Síla vznikající působením plynů na plochu pístů je přenášena ojnicí na klikovou hřídel, [5]. Píst rovněž odvádí teplo vznikající hořením spalované směsi dále do stěn válce, čímž je značně tepelně zatížen. Píst je tedy významně mechanicky a tepelně zatíženou komponentou motoru. Válec, vzhledem ke svému ochlazování, se tepelně roztahuje několikanásobně méně. Z tohoto důvodu je nutné umístit píst s dostatečnou vůlí a současně zachovat dostatečnou těsnost spalovacího prostoru, [28]. Proto jsou těsnící pístní kroužky pružné a adaptují se různým dilatacím pístu. Je rovněž nezbytné zabránit průsaku mazacího oleje do spalovacího prostoru a tím tedy jeho zahoření. Tomuto jevu brání různý počet pístních kroužků, které ze stěn válců stírají přebytečný olej, který nadbytečně ulpěl na ploše válce. Zanechávají vrstvu pouze nezbytně nutnou, [4].

Kliková hřídel má různý počet zalomení odvíjející se od počtu a uspořádání válců. Hřídel je v bloku motoru uložena v hlavních čepech (zpravidla za každým,

případně v každém druhém zalomení), [18]. Součástí klikového ústrojí je setrvačník, který svou akumulovanou energií pomáhá překonat nepracovní cykly motoru (eliminuje změny úhlové rychlosti klikového hřídele). Společně s řemenicí působí jako tlumič torzních kmitů a rovněž se společně dynamicky vyvažují. Zapalovací svíčka je užívána u zážehových (benzínových) motorů. Produkuje elektrickou jiskru, která zapaluje (zažehává) směs paliva se vzduchem v přechodu mezi kompresí a expanzí. Jiskra musí přijít v konkrétní přesně stanovenou chvíli, což zaručuje zapalovací systém, který je elektronický (o správné časování se stará řídící jednotka), nebo je doba přeskočení jiskry (předstih zapalování) řízena prostřednictvím odstředivé a podtlakové regulace rozdělovačem v závislosti na provozních podmínkách motoru, [4].

U vznětových motorů se používá svíček žhavících, které usnadňují start studeného motoru tím, že předehřívají nasávaný vzduch v sacím potrubí, aby došlo snadněji k dosažení teploty samovznícení. Řízení otevírání a uzavírání ventilů je ovládáno rozvody motoru (obr. 1). Rozeznáváme základní 3 typy – OHC (Over Head Camshaft), OHV (Over Head Valves) a SV (Side Valve), [12, 13].

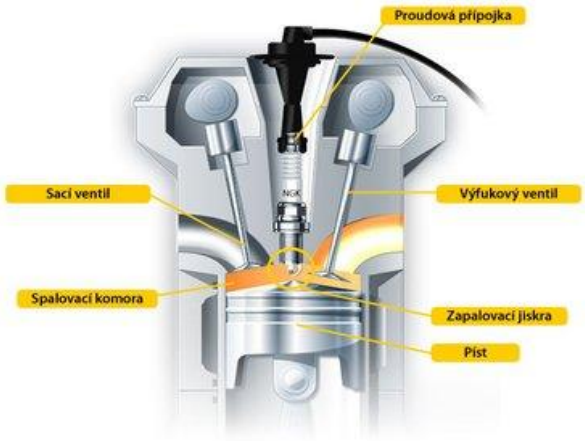


Obr. 1: Rozvody motoru, [www.auta5p.eu1

K zajištění optimálního plnění válce směsí, je zapotřebí otevření nebo uzavření ventilu v optimální dobu (jedná se o tzv. Ottův cyklus). Toto zajišťuje systém zdvihátek, vahadel, nebo i přímo vačkovým hřídelem, který je poháněn klikovým hřídelem prostřednictvím ozubeného řetězu, řemene či ozubenými kol v poměru 2 : 1, [17].

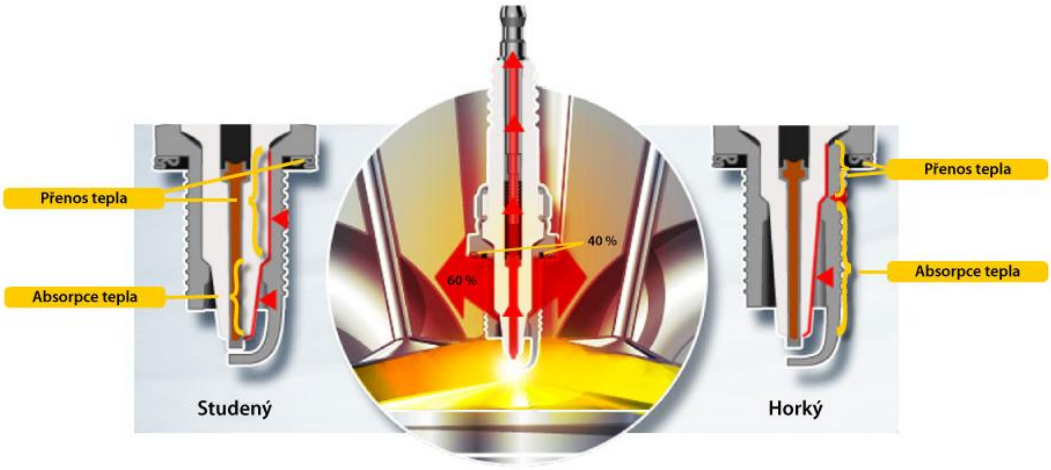
Ventily (sací a výfukové) jsou silně namáhanými součástmi motoru, jsou umístěny ve vodítkách v hlavě válců, která uzavírají spalovací prostor. Hlava válců se vyrábí jako komplexní, funkční odlitek (obr. 2, 4). Jsou v ní předlity sací a výfukové kanály, chladící kanálky a rovněž jsou v ní umístěny prostory pro zapalovací nebo žhavící svíčky (svíčky světových značek Champion, NGK, Bosch (Obr. 3), Brisk,…), [38].

K bloku motoru je hlava připevněna prostřednictvím šroubů nebo svorníků. Zatímco kompresní poměr u vznětových motorů se pohybuje mezi 8 : 1 až 12 : 1, zážehové motory pracují s kompresními poměry v rozsahu 14 :1 až do 25 : 1, [49].



Obr. 2: Zapalování, [www.ngk.de]

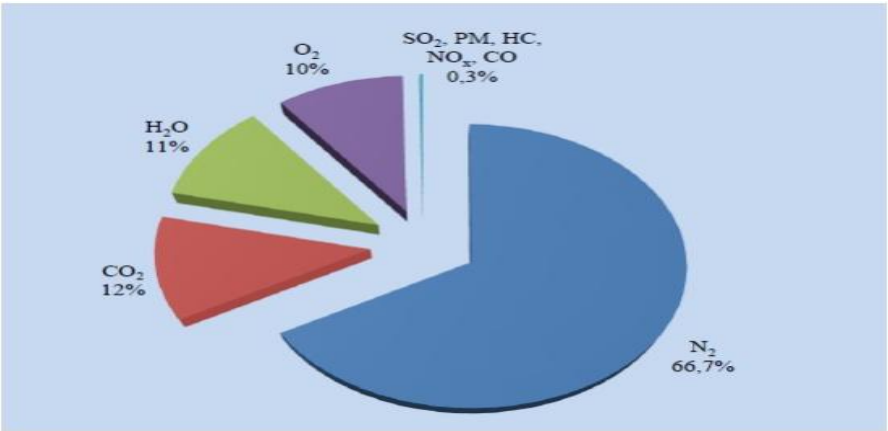
Obr. 3: Zapalovací svíčka, [www.bosch.cz]



Obr. 4: Zapalování, [www.ngk.de]

3.2. Složení výfukových plynů

Výfukové plyny jsou komplexní chemickou směsí látek, které jsou produkovány spalováním uhlovodíkových paliv ve spalovacích motorech. Dílčí prvky této směsi vznikají chemickou reakcí převážně kyslíku s dalšími složkami obsaženými v palivu. Množství výfukových zplodin emitovaných z výfukového potrubí závisí na mnoha faktorech, zejména na typu paliva, tvaru spalovacích prostor, způsobu tvoření směsi, typu a stavu spalovacího zařízení a na typu použitého zařízení ke snížení emisí. Mezi nejvýznamnější složku spalin patří dusík (N_2). Při dokonalém spalování vznik oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O). V reálném procesu spalování jsou však emitovány i složky nedokonalého spalování, především oxid uhelnatý (CO), nespálené uhlovodíky (HC), oxidy dusíku (NO_X), oxidy síry (SO_X) a makroskopické pevné látky (PM), [35].



Obr. 5: Složení výfukových plynů, [www. zavolantem.cz]

3.2.1. Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý je hořlavý, bezbarvý a prudce jedovatý plyn, bez chuti a zápachu. V běžných koncentracích v ovzduší relativně brzy oxiduje na oxid uhličitý (CO_2). Vzniká při spalování uhlíkatých paliv (což jsou dnes veškerá paliva vyjma vodíku) za nízké teploty a nedostatku spalovacího vzduchu (kyslíku), kdy nedochází k úplné oxidaci uhlovodíků (případně uhlíku) na oxid uhličitý a vodní páru (vzniká kupříkladu vulkanickou činností). Dalším důvodem produkce emisí mohou být konstrukční chyby či závady na spalovacím zařízení, [35].

3.2.2. Oxid uhličitý (CO_2)

Oxid uhličitý je rovněž bezbarvým plynem bez chuti a zápachu. Pro člověka není jedovatý, resp. jeho toxicita nebyla prokázána. Zvyšuje ovšem účinky oxidu uhelnatého a podílí se na vzniku skleníkového efektu. Množství oxidu uhličitého, emitovaného do ovzduší prostřednictvím spalovacích motorů, je přímo určeno spotřebou paliva. Snižování emisí CO_2 je tedy možné pouze snižováním spotřeby paliva motoru a je tedy značně problematické, [35]. Při rovnovážném poměru směšovacím je hodnota CO_2 maximální a dosahuje hodnoty cca 14,7 %. Toto množství je ekvivalentní dokonalému spalování. Hodnota CO_2 vypovídá o mechanickém stavu motoru a jeho dílčích komponentech. Například je-li hodnota CO_2 nízká a jsou-li rovněž nízké i hodnoty CO a HC, je zřejmé, že výfukové potrubí automobilu vykazuje netěsnosti a dochází tak k rozředění výfukových plynů. Hodnoty CO_2, CO a HC slouží rovněž ke stanovení vlastností a funkčnosti katalyzátoru. Oxid uhličitý však vzniká i oxidačním procesem v samotném katalyzátoru. Při těchto procesech dochází k redukci obsahu škodlivých složek výfukových plynů. V případě ideální funkce katalyzátoru, může hodnota CO_2 dosahovat hodnot vyšších než při dokonalém spalování. Z provedeného měření rovněž vyplývá, že při vzrůstajících otáčkách vzrůstá i produkce CO_2. Zvyšující se podíl oxidu uhličitého v atmosféře je jednou z významných příčin skleníkového efektu. Podíl dopravy na rozvoji skleníkového efektu je odhadován od 10% do 15 %. Spálením jednoho litru benzínu vzniká 2,4 kg CO_2, a spálením jedno litru nafty vzniká dokonce 2,7 kg CO_2. Obecně lze konstatovat, že se zvyšujícími se otáčkami narůstá i spotřeba paliva, potažmo produkce emisí CO_2.

3.2.3. Oxid siřičitý (SO_2)

Oxid siřičitý vzniká spalováním paliva s obsahem síry, je to bezbarvý štiplavě páchnoucí jedovatý plyn. Množství oxidu siřičitého ve výfukových plynech není omezeno, či definováno žádnou legislativní úpravou, ale normy Evropské unie stanovují maximální přípustné množství síry v motorové naftě, kde mezní hodnoty jsou vyšší u motorové nafty než u benzínu (typicky BA95), [35].

3.2.4. Oxidy dusíku (NOx)

Oxidy dusíku je souhrnné označení pro oxid dusnatý (NO, bezbarvý plyn bez zápachu) a oxid dusičitý (NO_2, červenohnědý plyn štiplavého zápachu). Emise oxidů dusíku jsou aktuálním vážným problémem, jelikož jsou spjaty se spalováním i „ušlechtilých“ paliv a biomasy. Emise oxidů dusíku mají navíc v dnešní době rostoucí charakter. Spalováním „ušlechtilých“ paliv ve spalovacích motorech je dosahováno vysoké teploty hoření, proto dochází k oxidaci vzdušného dusíku (N_2) na zmiňované oxidy dusíku (NOx), dle dosaženého stupně oxidace, [35].

3.2.5. Uhlovodíky (HC)

Toto komplexní označení zahrnuje nespálené uhlovodíky z paliva, produkty jejich oxidace a uhlovodíky, které vznikly termochemickými reakcemi během spalování. Do této skupiny řadíme alkany, alkoholy, aldehydy, ketony a aromatické uhlovodíky. Stejně jako oxid uhelnatý vznikají uhlovodíky při nedokonalém spalování. Spolu s oxidy dusíku se podílejí na tvorbě smogu a přízemního ozonu. Další skupinou uhlovodíků vyskytujících se ve spalinách, jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Jsou bílé příp. nažloutlé barvy, slabě rozpustné, příp. nerozpustné ve vodě, mají silné karcinogenní účinky. Mezi PAU řadíme např.: naftalen, fluoren, fenantren, antracen, acenaftylen a pyren, [35].

3.2.6. Pevné částice (PM)

Pevné částice zahrnují substance pevného a kapalného materiálu o velikosti v řádech nanometrů až po 0,5 mm, které setrvávají po určitou dobu v ovzduší. Jsou označovány jako PM z anglického výrazu „Particulate matter“. V atmosféře se s nimi lze setkat v podobě komplexní směsi ohledem na velikost částic i s ohledem na jejich chemické složení. Množství (počet částic či hmotnost částic na 1 metr krychlový vzduchu) a fyzikální, chemické vlastnosti částic v ovzduší jsou závislé na zdrojích a vstupech do

ovzduší, mechanismu vzniku a transformování částic v atmosféře, vzdálenosti od zdrojů a podmínkách počasí, [35].

3.2.7. Olovo (Pb)

Olovo je jedovatý těžký kov, který bývá rovněž řazen mezi tzv. kumulativní jedy. Dnes se již v palivech nevyskytuje, jeho mazací vlastnosti mechanických komponent motorů byly nahrazeny aditivy. Dříve tzv. „olovnaté benziny“ obsahovaly olovo v podobě tetraetylolova, [35]. Bylo přidáváno do paliva (benzínu) jako tzv. antidetonátor. Sloučeniny olova jsou vysoce jedovaté látky dostávající se do krve, kostní dřeně a nervového systému. Emise olovnatých sloučenin pocházející z dopravy v ČR neustále klesají. Je to dáno absencí olovnatého benzínu a snížením maximální koncentrace olova v benzínu. V roce 1994 ČR spotřebovala 24 % bezolovnatého benzínu z celkové spotřeby 1 230 tisíc tun benzínu, například v roce 1989 šlo pouze o 0,3 % z 1 205 tisíc tun benzínu.

Od 1. ledna 2001 se již sloučeniny na bázi olova do benzínu nepřidávají.

3.3. Evropské emisní limity

Ekologické požadavky a nároky na nově vyvíjené spalovací motory a dopravní prostředky obecně, došlo ze strany Evropské unie k zavedení závazných emisních norem pro spalovací motory. Jejich hlavním cílem je dosažení snížení emisí produkovaných spalovacími motory a rovněž zavádění přísnějších norem. Tyto limity upravují emise oxidu uhelnatého, uhlovodíků, oxidu dusíku a mikroskopických pevných částic, [46].

3.3.1. Vozidla pro silniční provoz

Evropské emisní normy pro vozidla určená pro silniční provoz byly zpracovány do několika úrovní definovaných jako EURO 1 až EURO 6. Rovněž bývá značena římskými číslicemi tedy jako EURO I až EURO VI. Toto označení je duplicitní, voleno zvykově. Jedná se o dvojí označení téhož. Efektivní způsob snižování emisí a tedy zlepšení kvality ovzduší přináší standardy, které jsou známé jako evropské emisní předpisy (nebo normy EURO) a byly stanoveny v sadě směrnic Evropské unie. Pro účely emisních norem a dalších předpisů pro motorová vozidla, jsou motorová vozidla zařazena do kategorií, které jsou uvedeny v následující tabulce č.1.

Kategorie	Popis
M	Motorová vozidla s nejméně čtyřmi koly určená pro přepravu osob.
M_1	Vozidla určená pro dopravu osob s nejvýše 8 sedadly kromě řidiče.
M_2	Vozidla určená pro dopravu osob s více než 8 sedadly kromě sedadla řidiče a s maximální hmotností 5 tun.
M_3	Vozidla určená pro dopravu osob, s více než 8 sedadly kromě sedadla řidiče, a s max. hmotností vyšší než 5 tun.
N	Motorová vozidla s nejméně 4 koly určená pro dopravu zboží.
N_1	Vozidla určená pro dopravu nákladů s max. hmotností nepřevyšující 3,5 tuny.
N_2	Vozidla určená pro dopravu nákladů s max. hmotností vyšší než 3,5 tuny, ale nepřevyšující hmotnost 12 tun.
N_3	Vozidla určená pro dopravu nákladů s max. hmotností vyšší než 12 tun.
O	Přívěsy, včetně návěsů
G	Terénní vozidla

Tab. 1: Kategorie vozidel, [zákon č. 56/2001 Sb.]

Emisní normy pro lehká užitková vozidla platí pro veškerá vozidla kategorie M1, M2, N1 a N2 s referenční hmotností nepřesahující 2610 kg. Normy EU zavádějí různé emisní limity pro vznětové (dieselové) a zážehové (spalující benzín, CNG, LPG, Ethanol) motory, [20]. Vznětové motory mají přísnější normy emisí oxidu uhelnatého, ale mají povoleny vyšší emise oxidů dusíku, [21].

Zážehové motory byly osvobozeny od emisí pevných částic normami prostřednictvím standardu EURO 4. V roce 2000 byly standardy doplněny zavedením přísnějších regulací pohonných látek, které vyžadují minimální cetanové číslo nafty 51. Od roku 2009 je povolen maximální obsah síry v motorové naftě 10mg/km. Z porovnání maximálních hodnot emisí norem EURO je zřetelný trend postupného zpřísňování těchto hodnot. Jednotlivé přípustné hodnoty emisních složek jsou uvedeny v tabulce 2. Procentuální zastoupení škodlivin ve výfukových plynech je uvedeno v obr. 5 a 6.

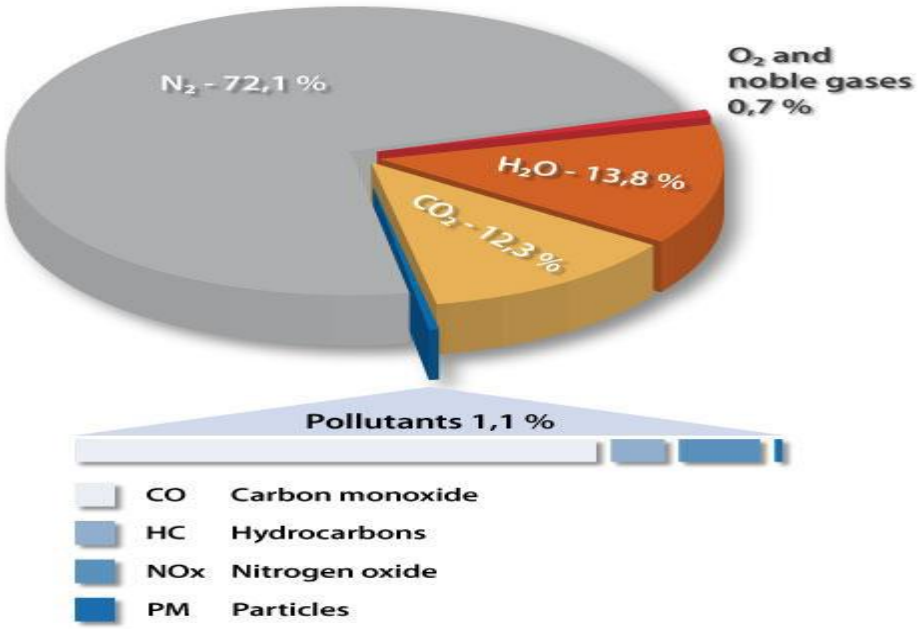
Rok/norma		CO (g/km)		NO_X (g/km)		HC + NO_X (g/km)		HC (g/km)	PČ (g/km)
1992	I	3,16	3,16	-	-	1,13	1,13	-	0,18
1996	II	2,20	1,00	-	-	0,50	0,70*	-	0,08**
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	-	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	-	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	-	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	-	0,17	0,10	0,005

BENZÍNOVÉ MOTORY, NAFTOVÉ MOTORY

* 0,90 pro motory s přímým vstřikováním paliva

** 0,10 pro motory s přímým vstřikováním paliva

Tab. 2: Limity emisních norem EURO, [www.3csad.cz]



Obr. 6: Složení výfukových plynů, [www. dieselnet.com]

3.3.2. Vývoj emisních norem

První norma zabývající se množstvím výfukových zplodin byla definována v Kalifornii v roce 1968. Na Evropském kontinentu začala platit první emisní norma až v roce 1971, jednalo se o vyhlášku EHK 15. Tato vyhláška byla několikrát přepracována a novelizována až do doby nahrazení vyhláškou EHK 83 v osmdesátých letech. Počátkem devadesátých let došlo ke sjednocení legislativy v rámci členských zemí Evropské unie, v platnost vešly nové normy na základě vyhlášky EHK 83. Tyto nové standardy byly nazvány v souladu se zvyklostmi Evropské unie, tedy normami EURO. První tato norma vznikla v roce 1992. Od tohoto roku dochází téměř pravidelně každé 4 roky k vydání nové emisní normy EURO. Čím vyšší je číselná hodnota označující normu, tím přísnější limity stanovuje, [2, 6].

3.3.3. EURO 1

V roce 1992 nabyl v členských zemích Evropské unie účinnosti předpis č. 91/441/EG, který je známější spíše jako EURO 1. Tato norma byla uvedena v platnost v roce 1995 i jako druhá revize vyhlášky EHK 83 (označena jako EHK 83.02) v dalších státech.

Tato norma stanovuje maximální hodnoty emisí oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků. Společně se zavedením normy EURO 1 došlo ke vzniku metodiky zkoušek pro zjišťování emisí výfukových zplodin. U zážehových motorů se jedná o 3 typy zkoušení – napodobení emisí z výfuku po studeném startu, emise oxidu uhelnatého při volnoběžných otáčkách a emise plynů z klikové skříně. U motorů vznětových je tomu podobně – napodobení emisí z výfuku po studeném startu a trvanlivost zařízení proti znečišťování, [31].

3.3.4. EURO 2

Od 1.1.1996 byl v platnosti v zemích Evropské unie předpis 94/12/EG a 96/69/EG, souhrnně označované jako EURO 2. Tyto normy opět definovaly přísnější hodnoty emisních limitů a v souladu s předpisy EHK vstoupily v platnost jako třetí a čtvrtá revize EHK 83 (EHK 83.03 a EHK 83.04) v roce 1996, respektive v roce 1999. Tato norma definuje limitní hodnoty oxidu uhličitého ve výfukových plynech, ale také upravuje mezní hodnoty pro uhlovodíky a oxidy dusíku. Došlo také ke zdokonalení zkušebních metod jako studený start, startování za nízkých nebo zimních teplot, trvanlivost protiemisních zařízení a emise způsobené vypařování. Vyšší zřetel je brán také na kvalitu paliva z hlediska nebezpečných látek (např. benzen), [32].

3.3.5. EURO 3

Od 1.1.2000 platí v zemích Evropské unie předpis 98/69/EG – A , resp. EURO 3 a od 1.4.2001 jako odpis EHK83.05, který je platný i v ČR. Tato norma stanovuje vyhodnocování emisí oxidů dusíku a nespálených uhlovodíků, které byly dříve vyhodnocovány společně. Ke změnám došlo v rámci uspořádání jízdního cyklu. Směrnice se vztahuje na emise z výfuku při běžné a nízké teplotě okolí, emise způsobené vypařováním, emise plynů z klikové skříně a pro životnost zařízení snižující množství škodlivin a palubní diagnostické systémy (OBD) pro motorová vozidla vybavená zážehovým motorem.

Vozidla se zážehovými motory se musí podrobit zkouškám typu I (ověření průměrných emisí z výfuku po studeném startu), typu II (emise oxidu uhelnatého při volnoběhu), typu III (emise plynů z klikové hřídele), typu IV (emise způsobené vypařováním), typu V (životnost zařízení proti znečišťujícím látkám), typu VI (ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku při studeném startu při nízkých teplotách okolí) a nově zkoušce systému OBD. Vozidla se zabudovaným vznětovým motorem se musí podrobit zkouškám typu I (ověření průměrných emisí z výfuku po studeném startu), zkoušce typu V (životnost zařízení proti znečišťujícím látkám) a kde to přichází v úvahu zkoušce systému OBD, [32].

3.3.6. EURO 4

Tato emisní norma je v platnosti od ledna roku 2005 a je definována předpisem 98/69/EG – B (EURO4). Motory akceptující tuto normu jsou povinně vybaveny dvojicí katalyzačních jednotek, mají 2 sondy lambda a disponují samočinnou palubní diagnostickou jednotkou EOBD. První ze dvojice katalyzátorů je umístěn bezprostředně za svodem výfukového potrubí z motoru (sběrným potrubím), aby došlo k jeho rychlému ohřátí na pracovní teplotu. Jeho funkce je pouze ve snižování emisí při studeném startu motoru. V tento moment je účinnost klasického třícestného katalyzátoru katalyzátoru nižší z důvodů jeho nedostatečného ohřátí na provozní, resp. funkční teplotu. Funkce druhého katalyzátoru je shodná jako u vozů s jednou katalyzační jednotkou. První sonda lambda je umístěna před vstupem do katalyzátorů a tato má řídící funkci. Sonda číslo dvě je součástí systému EOBD a je umístěna za oběma katalyzátory, kontroluje tedy jejich činnost, resp. funkčnost celého katalyzačního systému. Pozn. při měření emisí musí vykazovat číselnou hodnotu < 1. Pokud vykazuje

hodnoty rovno či větší 1, je sonda vadná a vozidlo je klasifikováno jako nezpůsobilé, [32].

3.3.7. EURO 5

Tato aktuálně platná norma nabyla účinnosti 1.9.2009. EURO 5 je zacílena více na vznětové pohonné jednotky (vznětové motory v posledních letech platnosti EURO 4 rapidně nabyly na četnosti), které srovnává v oblasti produkce emisí s motory zážehovými. Rovněž je jedním z opatření ke snížení emisí látek podporujících vznik ozonu (př. NOx, HC,…).

EURO 5 omezuje emise Nox na 60 mg u zážehových a na 180 mg u vznětových motorů. Hmotnost částic (PM) se ve srovnání s EURO 4 snížila o 80 % z 25 mg na 5 mg. Emise uhlovodíků pak u benzínových nesmí přesáhnout hodnotu 100 mg, emise uhlovodíků a oxidů dusíku u vznětových motorů 230 mg. EURO 5 zahrnuje legislativní změny a nové emisní metody pro měření pevných částic a upravuje omezení obsahu pevných částic a modifikuje rozdíly mezi výsledky při používání staré a nové metodiky, [E8].

3.3.8. EURO 6

Norma EURO 6 vešla v platnost v září roku 2014. Razantně snížila emise oxidů dusíku a pevných částic. Nová legislativa nezpřísňuje množství oxidu uhelnatého a uhlovodíků, rapidně omezuje množství pevných částic a oxidů dusíku. U oxidů dusíku je to z 0,18 g/km (EURO 5) na 0,08 g/km. Rovněž EURO 6 snižuje i množství oxidu uhličitého z hodnoty 130 g/km na 95 g/km a spotřebu paliva, [E9].

Tyto hodnoty však nejsou konečné. V návrhu Evropského parlamentu je již norma EURO 7, která by měla omezit spotřebu paliva na dnes těžko představitelných 2,7l/100km. Další vývoj v této oblasti není zcela jasný. V případě schválení této legislativní úpravy, dojde k rapidnímu navýšení výrobních nákladů na motorová vozidla. Rovněž by to znamenalo rapidní nárůst vozidel s plug-in hybridními pohony, automobily na vodík a jiné alternativní pohony. Předpovědi a analýzy naznačují, že schválením normy EURO 6 nebude mít významný dopad na emise CO_2 nebo na prodej dieselových automobilů. Snížení emisí dusíku podle normy EURO 6 zvýší zdravotní dopady přibližně o 60 – 90 % ve srovnání s EURO 5. Snižování emisí bude neustále pokračovat i po roce 2020 s tím, že starší vozidla, která více zatěžují životní prostředí,

budou postupně vyřazována z provozu. Již v dnešní době dochází k omezení provozu starších vozidel ve velkých evropských metropolích (Paříž, Stockholm a další přibývají), [6].

3.3.9. Homologační zkoušky

Ke zjištění množství emisí vycházejících z motoru se užívá celá škála zkušebních metod odpovídající dané legislativě. Metodika EHK 83 pro testování emisí motorových vozidel je pojmenována v úplném znění jako Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo. Tato metodika byla ratifikována již 20. března 1958 v Ženevě.

Předpis EHK 83 zahrnuje tyto typy zkoušek:

- Typ I – ověření průměrných emisí z výfuku po studeném startu
- Typ II – emise oxidu uhelnatého (CO) při volnoběhu
- Typ III – emise plynů z klikové skříně
- Typ IV – emise způsobené vypařováním
- Typ V – životnost zařízení proti znečišťujícím látkám
- Typ VI – ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku při nízkých okolních teplotách po studeném startu
- Zkouška systému OBD

Předpis EHK 83 určuje následující typy homologací:

- Homologace typu A – vozidla poháněná motorem spalující olovnatý benzín (zrušeno od verze předpisu 83.05)
- Homologace typu B – pro vozidla poháněná motorem spalující bezolovnatý benzín
- Homologace typu C – pro vozidla poháněná motorem spalující motorovou naftu
- Homologace typu D – pro vozidla poháněná motorem spalující LPG a CNG, [25].

3.4. Způsoby snižování emisí

Snižování emisí škodlivin ve výfukových plynech na akceptovatelné hodnoty lze realizovat více způsoby. Podle typu použitého technického prostředku je dělíme na aktivní a pasivní. Aktivní prostředky působí před nebo přímo ve spalovacím prostoru –

omezují množství vznikajících škodlivin. Pasivní prostředky redukují obsah škodlivin ve výfukových plynech a působí tedy až za spalovacím prostorem, [35].

3.4.1. Aktivní prostředky

Princip aktivních prostředků pro snižování emisí spočívá v úpravě paliva a spalovacího procesu. Použitím kvalitnější pohonné směsi dochází k rovnoměrnějšímu a vyrovnanějšímu spalování, zvyšuje účinnost paliva a klesá jeho spotřeba, emise částic a uhlovodíků. Problémem je ovšem vznik vyšších spalovacích teplot, což vede ke zvýšení produkce oxidů dusíku (NOx), [41].

3.4.1.1. Tvorba směsi

Významnou úlohu v utváření spalovací směsi hraje regulace výkonu. Principem regulace je změna výkonu od volnoběžných otáček až po otáčky maximální dle okamžitého průběhu výkonu. Regulátorem je obvykle škrtící klapka a vstřikování paliva. Zážehové motory s nepřímým vstřikováním paliva (elektronické vícebodové vstřikování) využívají kvantitativní regulaci, tedy změnu množství směsi dle aktuálního zatížení motoru při současné malé změně směšovacího poměru (poměr směsi paliva a množství vzduchu, resp. O_2). U vznětových (dieselových) a dvoudobých motorů je charakteristická regulace kvalitativní, při které dochází k omezení množství paliva. Posledním typem je smíšená regulace. U tohoto typu je upravován směšovací poměr a nasávané množství směsi. Tvorba směsi u vznětových motorů je realizována dvěma způsoby. U tzv. nedělených vznětových motorů jde o přímý vstřik paliva. Zde je do objemu spalovací komory vstřikováno palivo, které po vznícení relativně rychle shoří. U dělených pracovních prostor se jedná o nepřímé vstřikování, při kterém je palivo vstříknuto do samostatné komůrky umístěné zpravidla v hlavě válce. Komůrka je spojena s druhou částí spalovacího prostoru vytvořenou ve spodní části pístu motoru jedním příp. více kanálky malého průměru. Důležitým prvkem je rovněž kompresní poměr, který ovlivňuje teplotu spalování a tedy emise oxidů dusíku. Snížením kompresního poměru lze na jednu stranu dosáhnout poklesu spalovací teploty a tím i nižších emisí oxidů dusíku, ale rovněž dojde k poklesu termické účinnosti oběhu motoru a tímto dojde ke zhoršení startu motoru v chladných podmínkách, [51].

3.4.1.2. Vstřikování paliva

Základním předpokladem pro účinné spalování je vytvoření stejnorodé (homogenní) směsi a paliva, které musí být rozprášeno co nejjemněji. Podmínkou je tedy výkonné vstřikovací zařízení pracující s vysokými vstřikovacími tlaky a umožňující přesně regulovat počátek vstřiku a množství paliva. Důležité je rovněž geometrické rozmístění vstřikovacích otvorů. Vstřikovaný paprsek paliva musí dosáhnout i do vzdálenějších míst spalovacích prostor, ale nesmí dopadat na povrch stěn, což by vedlo k vysoké produkci emisí nespálených uhlovodíků a sazí. Pro rovnoměrné a kvalitní využití vzduchu je rovněž nutné použití trysek s více otvory, umožnění pohybu náplní a přizpůsobení tvaru vstřikovaného paprsku kompresnímu prostoru, [50].

Existují v podstatě tři používané způsoby vstřikování benzínu:

- centrální (bodové) vstřikování
- vícebodové vstřikování
- přímé vstřikování

Centrální vstřikování

U centrálního nebo - li jednobodového systému vstřikování je palivo vstřikováno pro všechny válce současně jedním vstřikovačem. Tryska centrálního vstřikování je umístěna na vlastním tělese škrticí klapky, kde není dosahováno vysokých teplot. Pro vstřikování je dostačující tlak paliva cca 0.1 MPa i méně. Konstrukce vstřikovací trysky, tím, že nemusí odolávat velmi vysokým teplotám, je mnohem jednodušší. Aby bylo dosaženo homogenního složení směsi a rovnoměrného proudění pro jednotlivé válce, musí tryska vstřikovat palivo do proudu nasávaného vzduchu, tedy mezi stěnu sacího potrubí a škrticí klapku. Vstřikovací tryska má malé rozměry a výraznou rychlost spínání. Vstřikovaná dávka paliva je vytvářena šesti radiálně uspořádanými otvory, které jsou vedeny šikmo a vytvářejí kuželový tvar vstřikované dávky paliva. K rozptýlení paliva se používá kombinace rázové a šroubové přípravy. Některé motory s větším objemem válců používají dvojité vstřikovací trysky nebo dvojice jednoduchých trysek. Změny množství směsi pro různé provozní potřeby motoru se provádí ovládáním a řízením doby vstřiku. Řídící jednotka zjišťuje správnou dobu vstřikování paliva, a to v závislosti na otáčkách a teplotě motoru, teplotě nasávaného vzduchu, poloze škrtící klapky atd.

Vícebodové vstřikování paliva

U vícebodového vstřikování je každému válci přiřazen jeden vstřikovací ventil. Palivo je vstřikováno přímo před sací ventil příslušného válce. Tlak takto vstřikovaného paliva se pohybuje od 0.25 do 0.6 MPa. Sací potrubí pouze rozvádí nasávaný vzduch, proto jeho konstrukce může být jednodušší. Palivo je vstřikováno do jednotlivých větvení sacího potrubí, kdy množství vstřikované směsi je usměrněno do oblasti sacího ventilu. Dojde-li ke vstřiku paliva a následnému otevření sacího ventilu, proud nasávaného vzduchu strhává rozprášené palivo a následujícím vířením v prostoru kolem sacího ventilu, způsobuje tvorbu kvalitně zapálitelné směsi, [10].

Díky tomuto principu je zabezpečeno rovnoměrné plnění jednotlivých válců motoru směsí. Vícebodové vstřikování je možno rozdělit na:

- přerušované - L
- kontinuální (plynulé) - K

Přímé vstřikování paliva

Při užití tohoto konstrukčního řešení dochází k přímému vstřiku paliva do spalovacího prostoru.

Do prostoru spalování proudí sacím potrubím pouze čistý vzduch. Ve srovnání s vícebodovým vstřikováním pliva do sacího potrubí, lze u přímého vstřikování dosáhnout v závislosti na otáčkách a zatížení, snížení spotřeby paliva o 5 % až 40 % a současně trvale snížit CO_2. Tímto způsobem lze snížit spotřebu paliva až o 30 %, [10]. Dřívějšímu zavedení této konstrukce bránila chybějící schopnost katalytického zpracování NOx v režimech s velmi chudou směsí. Po odstranění této překážky přímé vstřikování získalo velmi dobré předpoklady pro použití u zážehových motorů, [11].

3.4.1.3. Víření směsi

Dalším velice podstatným faktorem pro dokonalé hoření směsi je rotace směsi plnícího vzduchu ve válce (tzv. flotace). Bohužel víření s sebou přináší vyšší spotřebu energie a znamená vyšší tepelné ztráty. Neméně důležitou podmínkou pro správné víření je i vhodné tvarování sacích kanálů v hlavě válců, [14]. Nemělo by docházet ke zkřížení jednotlivých paprsků vstřikovaného paliva, protože by to vedlo ke vzniku nestejnorodé (nehomogenní) směsi a znamenalo nárůst produkce oxidu uhelnatého (CO_2),

nespálených uhlovodíků a sazí. Tvar spalovacího prostoru ve spodní části pístu hraje důležitou roli během přípravy náplně a průběhu spalování, [50].

3.4.1.4. Přeplňování

Přeplňování vznětových motorů je realizováno výhradně použitím turbodmychadel poháněných výfukovými plyny (obr. 7). Přeplňování může být jednostupňové případně dvoustupňové. Hlavním významem přeplňování je přívod většího množství vzduchu do spalovacích prostor motoru, což umožní zvýšit vstřikovaného množství paliva.

Z důvodu zvýšení objemové účinnosti motoru je plnící vzduch navíc ochlazován v mezichladiči stlačeného vzduchu, který bývá umístěn za kompresorem, vzhledem k tomu, že během stlačování vzduchu dochází k nárůstu jeho teploty. V porovnání s motory bez přeplňování (atmosféricky plněné motory) mají motory přeplňované podstatně vyšší výkon při poměrně malém zvýšení spotřeby paliva a také menší množství emisí škodlivých látek ve výfukových plynech. Nárůst plnícího tlaku způsobuje vyšší spalovací teplotu, což se pozitivně projevuje v množství emisí oxidu uhelnatého, uhlovodíků a sazí. Vyšší spalovací teploty zvyšují produkci oxidů dusíku, [51].

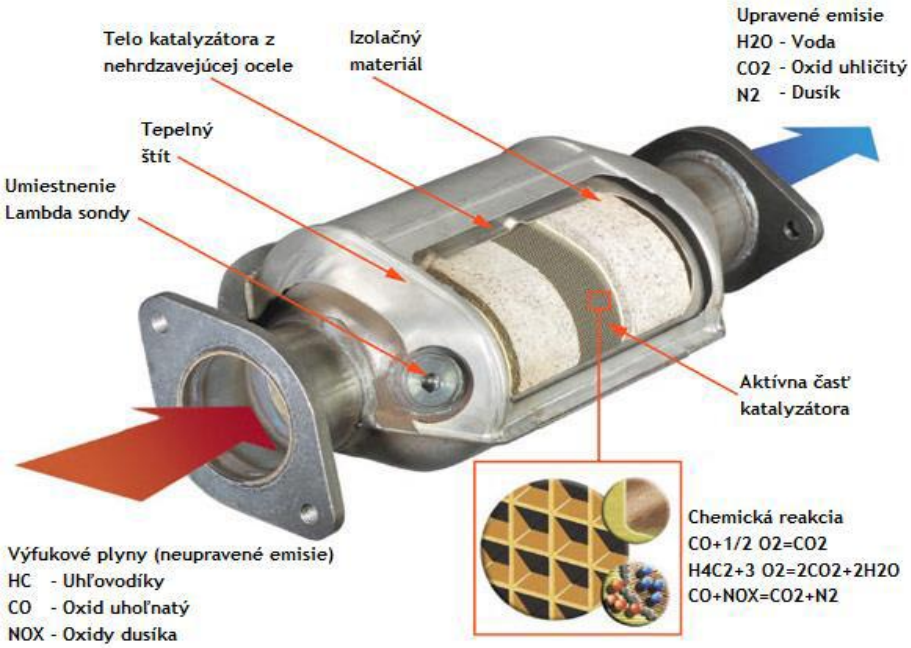
Obr. 7: Výfukové turbodmychadlo, [www. turboprovas.cz]

3.4.2. Aktivní prostředky

Pod tímto pojmem rozumíme zařízení, která jsou umístěna za spalovacím prostorem a jejich funkcí je záchyt vzniklých škodlivin, tedy emisních částic.

3.4.2.1. Katalyzátor

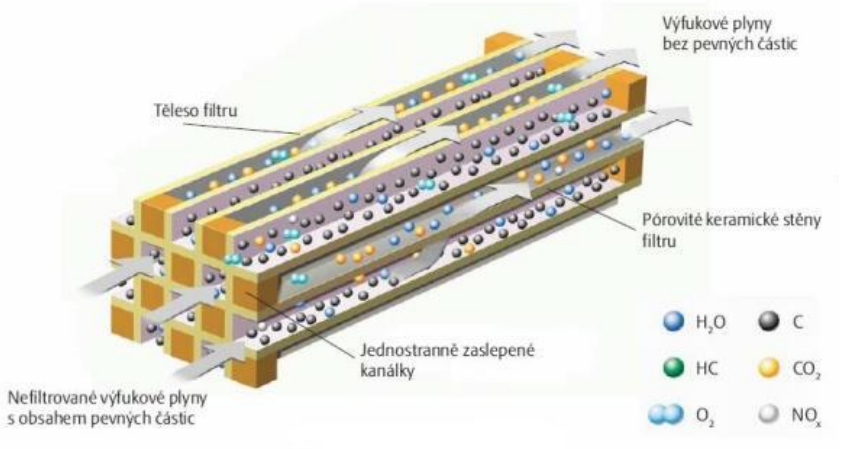
Katalyzátor je pasivní prostředek pro katalytické čištění výfukových zplodin, kterým jsou motorová vozidla již povinně vybavena. Obsahuje katalyticky účinnou látku chemického charakteru (ušlechtilý kov – např. rhodium, platina, paladium), keramický nebo kovový nosný materiál a rovněž různá regulační zařízení k řízení katalytického procesu. Dle typu katalyzátoru dochází k oxidační přeměně oxidu uhelnatého na oxid uhličitý, uhlovodíků na oxid uhličitý a vodu a k redukci oxidu dusnatého na dusík a kyslík v plynném skupenství. Moderní katalyzační zařízení snižují množství škodlivin ve výfukových plynech až o 90 %. V automobilech se zážehovými motory jsou užívány třícestné katalyzátory a u vznětových motorů tzv. oxidační katalyzátory. Oxidační katalyzátory snižují emise oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků. Dostatečný obsah kyslíku ve výfukových zplodinách je podmínkou pro správnou funkci ox. katalyzátoru. Oproti tomuto třícestný katalyzátor plní svoji funkci správně pouze v relativně úzkém poměru paliva a vzduchu, [36, 45].



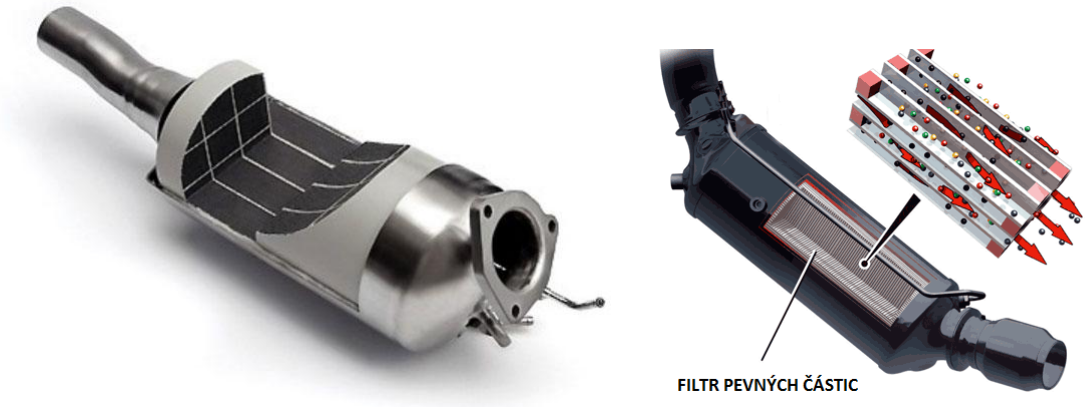
Obr. 8: Katalyzátor, [www.autorubik.sk]

3.4.2.2. Filtr pevných částic (DPF – Diesel Particulate Filter)

Vznětové motory produkují při spalování paliva poměrně vysoký obsah karcinogenních mikročástic ve výfukových plynech. Množství těchto částic je závislé na kvalitě spalování. Ta závisí na několika parametrech motoru – přívod nasávaného vzduchu, konstrukce vstřikování paliva, složení a kvalita paliva. Tyto enormně škodlivé složky nelze pomocí klasického katalyzátoru odbourat, a proto došlo k vývoji tzv. filtru pevných částic (obr. 8, 9, 11). Tento filtr je schopen zachytit více než 95% těchto uhlíkových mikročástic. Tato zařízení umožňuje dieselovým motorům snížit produkci pevných částic a tímto plnit i emisní předpisy vyšší normy. Základem filtru pevných částic je keramické těleso s voštinovou strukturou, která je tvořena karbidem křemíku. Toto těleso je uloženo v kovovém plášti. Výfukové plyny prochází přes pórovitou keramickou stěnu, ve které jsou pevné částice zachycovány (obr. 10). Zachycováním částic ve filtru dochází k jeho zanášení. Aby nedošlo k jeho úplnému zanesení, jsou částice spalovány a tím přeměněny na oxid uhličitý (CO_2) při procesu, který je nazýván jako tzv. regenerace filtru, jedná se o pyrolýzu, [37].



Obr. 9: Filtr pevných částic (DPF), [www.autolexicon.net]

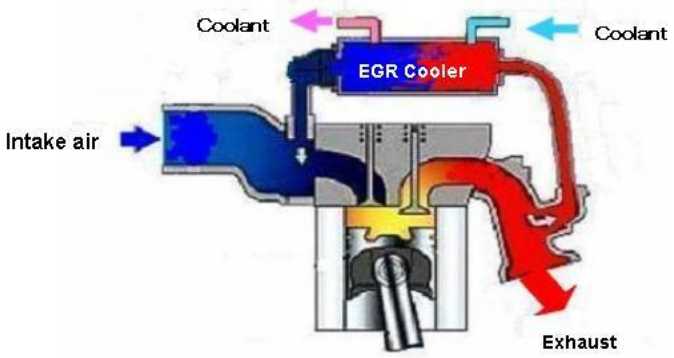


Obr. 10: Filtr pevných částic (DPF) v řezu, [www.autolexicon.net]

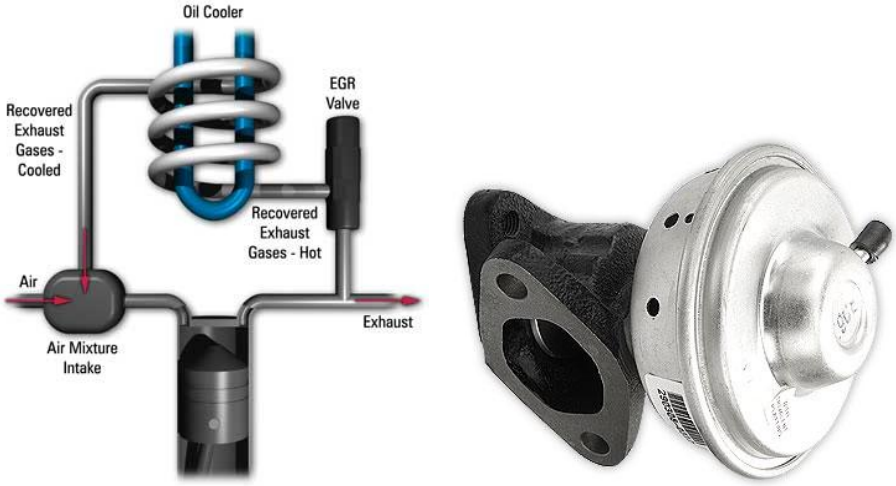
Obr. 11: Výfukový systému s DPF, KAT, [www.myturbodiesel.com]

3.4.2.3. Recirkulace výfukových plynů

Recirkulace výfukových plynů je označována zkratkou EGR (Exhaust Gas Recirculation). Principem je kontrolované zavádění výfukových plynů zpět do spalovacího prostoru (obr. 12, 13). Tímto je spalovací teplota snížena a množství oxidů dusíku je snižováno již v motoru. Tento mechanizmus je vysoce účinný, jelikož obsah oxidů dusíku se výrazně zvyšuje s rostoucí teplotou spalování. Snížení spalovací teploty a menší koncentrace kyslíku ve spalovací směsi vede ke zhoršení spalovací účinnosti a ke zvýšení spotřeby paliva. U koncepčně moderních motorů s chlazenými recirkulovanými výfukovými plyny je navýšení spotřeby paliva minimální. Metody recirkulace spalin jsou dvě. Interní recirkulace spalin probíhá v okamžiku současného otevření sacích i výfukových ventilů. Externí recirkulace probíhá prostřednictvím zpětného ventilu a dalšího externího vedení, [58].



Obr. 12: Ventil pro recirkulaci spalin (EGR ventil), [www.dailytech.com]



Obr. 13: Ventil pro recirkulaci spalin (EGR ventil), [www.machinerylubrication.com]

3.4.2.4. Evropská palubní diagnostika (EOBD)

EOBD označuje diagnostický systém integrovaný do řídícího systému vozidla samotným výrobcem. Elektronický diagnostický systém měří emise výfukových plynů v reálném provozu vozidla – zjišťuje především správnou funkci katalyzátoru a palivové soustavy. V případě zjištění parametrů odlišujících se od normálních hodnot, systém indikuje závadu na základě nadefinovaných kódů v řídící jednotce motoru. Při zjištění poruchy je řidič informován pomocí optického zobrazení – systém je doplněn kontrolkou stanoveného tvaru a barvy, která je zobrazována na palubní desce vozidla.

Optická signalizace indikuje poruchy systémů řízení ovlivňující složení výfukových plynů, pokud jsou tyto emisní hodnoty zvýšeny nad stanovenou mez. U vozidel se zážehovými motory je systém EOBD schopen zjišťovat kontrolu a činnost těchto procesů:

- poruchy pracovních cyklů válců
- správnou funkci katalyzátoru
- zapalování směsi
- poruchy činnosti lambda sondy
- odvzdušnění palivové nádrže
- celistvost elektrických spojení a propojení s dalšími kontrolními komponenty
- správnou činnost všech zařízení ovlivňujících emise výfukových zplodin

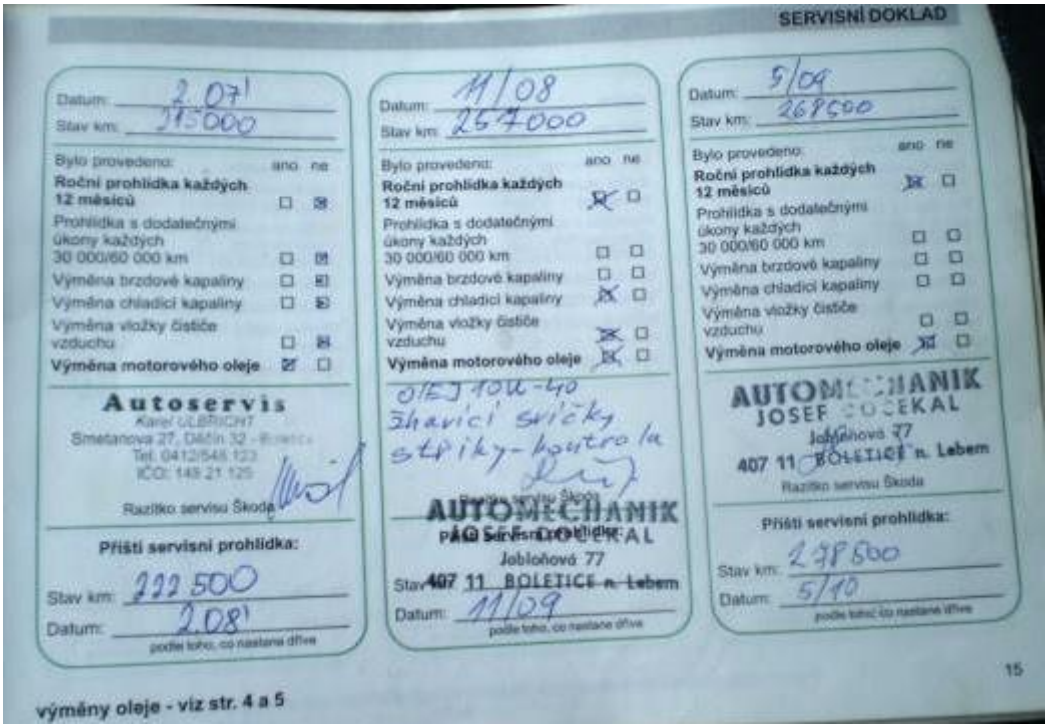
Činnost elektronického diagnostického systému musí být zajištěna po celou dobu životnosti vozidla, [24]. Dojde-li k indikaci vynechávání některého z válců, jedná se o závadu diagnostikovanou prostřednictvím snímače polohy klikového hřídele a srovnáním emisí výfukových plynů. Monitorovací systém konfrontuje prostřednictvím snímače polohy klikového hřídele, otáčivý pohyb a zrychlení otáčení klikového hřídele a díky tomu je schopen označit válec, který vynechává. Zjišťování poruch pracovních cyklů válců, jejichž příčinou je závada na zapalovacím systému, vstřikování paliva, mechanickým ústrojím motoru se provádí nezávisle na jiných monitorovacích systémech. Pro kontrolu správné funkčnosti katalyzátoru je využíváno hmotnosti nasávaného vzduchu. Zatížení motoru je monitorováno prostřednictvím měřiče hmotnosti vzduchu, [16]. V systému je zařazena ještě další lambda-sonda, která je nezbytná pro zjištění převodu složek výfukových plynů procházejících katalyzátorem. Snímač diferenčního tlaku sleduje tlak v palivové soustavě a detekuje případné úniky spojené s poklesem tlaku paliva, [48, 54].

4. MATERIÁL A METODIKA

Cílem diplomové práce Analýza vybraných parametrů ovlivňující množství emisí spalovacího motoru prostřednictvím měření emisí spalovacích motorů. Vybraným a posuzovaným parametrem je množství CO_2 ve výfukových plynech motorových vozidel značky Škoda, modelu Fabia, vybavených pohonnou jednotkou o objemu 1,4 litru, 2 ventily na válec a o maximálním výkonu 44 kw (60 hp), [7]. Vozidla Škoda Fabia (obr. 14, 15) patří mezi vůbec nejvíce používaná vozidla v ČR. I z těchto důvodů byl tento model zvolen jako reprezentativní vzorek. Technické a provozní vlastnosti jsou uvedeny v tab. 3. Dalším podstatným parametrem pro zvolení tohoto typu vozu byla podmínka známé servisní historie – úplná servisní kniha s uvedeným průběhem ujetých kilometrů (obr. 16, 17). Další podmínkou byl známý údaj o naměřené spotřebě majitelem, případně hodnota průměrné spotřeby uvedené na palubním počítači vozidla, pokud je tímto vybaveno.

Obr. 14: Škoda Fabia,I [foto z archivu autora]

Obr. 15: Škoda Fabia, motor 1,4 MPI, [foto z archivu autora]



Obr. 16: Servisní kniha vozu Škoda Fabia, [foto z archivu autora]

Obr. 17: Servisní kniha vozidel FIAT, [foto z archivu autora]

Škoda Fabia 1.4 44 kW					
Typ	Hatchback	**Motor, výkon**		**Palivo**	
Uvedení na trh	1.12.1999	Druh motoru	řadový	Druh paliva	Natural 95
Vyráběn v letech	2000 - 2007	Umístění motoru	vpředu napříč	Objem nádrže	45 litrů
Délka	3960 mm	Příprava směsi	vícebodové vstřikování	Spotřeba – komb. Cyklus	7.0 litrů na 100 km
Šířka	1646 mm	Poháněné nápravy	přední	Rozměr pneu	165/70 R 14 T
Výška	1450 mm	Převodovka	Manuální		
Pohotov. Hmotnost	1135 kg	Počet rychl. stupňů (man.)	5	**Brzdy**	
Užitečná hmotnost	440 kg	Zdvihový objem	1397 ccm	Přední brzdy	kotoučové s vnitřním chlazením
Počet dveří	5	Počet válců	4	Zadní brzdy	bubnové
Počet míst	5	Počet ventilů	8		
Rozchod kol vpředu	1435 mm	Točivý moment	118 Nm při 2600 ot./min		
Rozchod kol vzadu	1424 mm	Výkon	44/60 kW/koní při 4500 ot./min		
Rozvor náprav	2461 mm	Maximální rychlost	157 km/h		
Min. objem zav. prostoru	261 litrů	Zrychlení z 0 na 100 km/h	16.5 s		
Max. objem zav. prostoru	1016 litrů				

Tab. 3: Technická specifikace vozu Škoda Fabia 1,4 MPI, [www.skoda-auto.cz]

4.1. Charakteristika vozidel

Vlastní měření emisí bylo prováděno v souladu se zákonem č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, Vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel, ve znění pozdějších předpisů a rovněž Směrnicí Rady 96/96/ES o sbližování právních předpisů členských států týkajících se technických prohlídek motorových vozidel a jejich přípojných vozidel, ve znění pozdějších předpisů. Měřeno bylo ve stanici technické kontroly s platným oprávněním pro provozování stanice měření emisí. Manipulace s měřícím zařízením byla prováděna mechanikem s platným osvědčením vydaným Ministerstvem dopravy a spojů České republiky. Emise byly měřeny se zaměřením na obsah vyprodukovaného oxidu uhličitého CO_2 v určitých otáčkách motoru. Pro objektivnost měření byly otáčky motoru nastavovány pomocí motortesteru. Všechny operace byly prováděny za plného provozu stanice technické kontroly, [43]. Všechna zkoumaná vozidla prošla prohlídkou certifikovaného pracovníka STK, který provedl technickou prohlídku ve smyslu výše uvedených zákonů a nařízení. Zjištěné poznatky a hodnocení jsou uvedeny v následující tab. č. 4.

Za podstatné byl považován stav ujetých kilometrů, počet majitelů, pravidelnost servisních prohlídek a úkonů a celkový stav vozidel. Technický stav byl hodnocen známkami 1 až 5 (hodnocení 1 – nejlepší, 5 - nejhorší), s ohledem na výskyt technických závad a poruch, pravidelnost servisních prohlídek a celkový stav vozidla.
Vozidla, která prošla všemi servisními prohlídkami ve stanovených intervalech, obdržela známku 1. Vozidla, která neabsolvovala prohlídky žádné, příp. sporadicky, obdržela známku 5. Obdobně byla hodnocena ostatní kritéria. Čím byl vyšší výskyt poruch, tím byla udělena horší známka v technickém stavu. Nájezd kilometrů byl hodnocen v souvislosti s technickým stavem, pokud byl vysoký počet ujetých kilometrů a technický stav byl velmi dobrý, byla udělena známka č. 1.

Vůz č.	Rok výroby	Stav ujetých km	Servisní prohlídky	Počet majitelů	Výsledná známka hodnocení tech. stavu
1	2003	118153	pravidelné	1	1,5
2	2002	163386	pravidelné	1	2,3
3	2003	121756	pravidelné	1	1,2
4	2003	138164	pravidelné	1	1,2
5	2002	162212	pravidelné	1	1,8
6	2005	221311	pravidelné	1	1,6
7	2004	198108	pravidelné	2	1,4
8	2004	221963	pravidelné	2	1,3
9	2002	201236	pravidelné	1	1,2
10	2006	221394	pravidelné	2	2,1
11	2005	201366	nepravidelné	2	1,3
12	2006	189362	pravidelné	2	1,3
13	2002	228973	pravidelné	3	1,5
14	2004	231101	pravidelné	3	1,6
15	2003	129204	nepravidelné	3	2,3
16	2003	209306	pravidelné	2	1,9
17	2004	246361	pravidelné	2	1,4
18	2003	194790	pravidelné	2	1,7
19	2002	216898	pravidelné	3	1,5
20	2004	198616	pravidelné	2	1,3
21	2006	281894	pravidelné	1	2,3
22	2003	341864	nepravidelné	2	4,0
23	2004	384512	pouze v záruce	1	4,2
24	2004	364217	pouze v záruce	2	5,0
25	2003	348596	pouze v záruce	3	5,0

Tab. č. 4: Hodnocení vozidel dle def. parametrů

4.2. Měřící zařízení a metodika měření

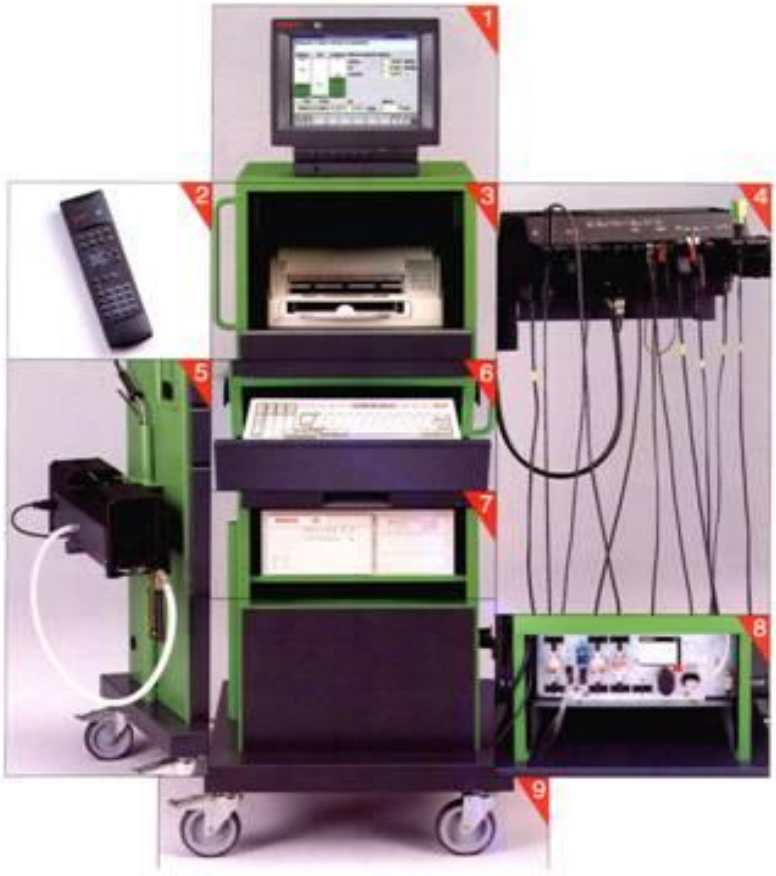
Jako zařízení pro měření emisí spalovacích motorů bylo zvoleno zařízení používané drtivou většinou stanic technických kontrol a měření emisí v ČR- Bosch ESA (Emisní Systémová Analýza). Měřící jednotka Bosch je vyvinuta a koncipována zejména pro pracoviště, které provádí měření emisí. Jednotka Bosch umožňuje provádění diagnostiky a základní seřízení parametrů motoru. ESA je modulárním systémem, jehož funkce lze přizpůsobovat dle potřeb pracoviště. Základní sestava umožňuje měření emisí zážehových (ESA 3.140), vznětových (ESA 3.110) nebo zážehových a vznětových motorů (ESA 3.250). Měření lze provádět i u motorů poháněných alternativními palivy (CNG, LPG, metanol apod.) s tím, že součinitel lambda je dopočítán dle zvoleného druhu paliva (toto umožňují pouze některé verze analyzátoru). ESA kromě plynných emisí a kouřivosti, zajišťuje měření otáček a teploty oleje, ale je schopna provádět i jednoduché funkce motortesteru (měření předstihu, dynamického předvstřiku pomocí stroboskopické lampy). Součástí řídícího a uživatelského softwaru ESA je databáze předepsaných hodnot značného množství vozidel a zákazníků. Zařízení umožňuje tisk protokolů o měření emisí se všemi náležitostmi, automaticky čísluje protokoly, hlídá platnost osvědčení techniků, umožňuje vedení a evidenci kontrolních nálepek a osvědčení. Emisní systémová analýza je určena nejen pro odborná měření emisí, ale také pro diagnostiku a základní seřízení motoru. V souladu s platnou legislativou stanice měření emisí nesmí provádět úpravy či opravy vozidel – např. opravy a seřízení motorů apod. Technik STK smí pouze provádět seřízení osvětlení a další drobné úkony, [3, 43].

Modul analyzátoru ETT 8.70 provádí měření čtyř základních složek výfukových plynů CO, HC, CO_2, O_2 a z těchto pak vypočítává hodnotu součinitele přebytku vzduchu lambda pro právě měřené palivo (benzín, LPG, CNG a metanol). Měřící rozsah modulu analyzátoru je uveden v tab. č. 5.

Modul analyzátoru ETT 008.70	Měřící rozsah	Rozlišení
CO	0,000 - 10,00 % obj.	0,001 % obj.
CO_2	0,00 - 18,00 % obj.	0,01 % obj.
HC	0 - 9999 ppm obj.	1 ppm obj.
O_2	0,00 - 22 % obj.	0,01 % obj.
Lambda	0,500 - 1,800	0,001
Splňuje požadavky normy OIML třídy 1		
Modul opacimetru RTM 430	Měřící rozsah	Rozlišení
Kouřivost	0 - 100 %	0,10%
Opacita	0 - 10 1/m	0,01 1/m

Tab. 5: Charakteristika ESA Bosch 3.250, [http://web2.mendelu.cz/autozkusebna/html/esa.htm]

Modul ETT 8.71 je upraven pro montáž snímače měření NOx. Modul opacimetru RTM 430. Výfuková sonda s nastavitelnou délkou umožňuje připojení na výfuk i vozidel s extrémně krátkou nebo nezvykle tvarovanou koncovkou výfuku. Magnetické uchycení přijímače a vysílače zrychluje již tak velmi jednoduchou údržbu.



1 – Monitor
2 – Dálkové ovládání
3 – Inkoustová tiskárna
4 – Měřící modul MTM Plus
5 – Modul opacimetru RTM 430
6 – Klávesnice
7 – PC modul
8 – Modul analyzátoru ETT 008.70
9 – Dílenský vozík

Obr. 18: Bosch ESA 3.250, [http://web2.mendelu.cz/autozkusebna/html/esa.htm]

5. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

K měření byl použit analyzátor ETT 8.70. Měřeny byly hodnoty emisí pro CO_2 (obj. %) pro volnoběžné a zvýšené otáčky. Měřeno bylo v otáčkách motoru za minutu, a to pro hodnoty 750, 1200, 1600, 2000, 2400, 2800, 3200, 3600, 4000, 4400. Tyto rozsahy otáček byly nastaveny pomocí funkce motortesteru zařízení Bosch. Tyto rozsahy byly zvoleny i vzhledem k ohledu na pracovní otáčky a výkonové charakteristiky zkoumaného motoru 1,4 MPI. Hodnoty průměrné spotřeby paliva byly zjištěny na základě ukazatele stavu dlouhodobé spotřeby paliva, kterým byla vozidla vybavena a rovněž dle zkušeností majitelů.

Veškeré naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách č. 6 a 7.

5.1. Tabulky naměřených hodnot

Testované vozidlo č.	Otáčky motoru (ot./min.)									
CO_2 (% obj.)	750	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600	4000	4400
1	14,69	14,78	14,86	14,94	15,01	15,12	15,23	15,41	15,53	15,67
2	14,90	14,98	15,08	15,16	15,31	15,43	15,56	15,72	16,03	16,24
3	14,46	14,56	14,65	14,71	14,89	14,99	15,17	15,37	15,47	15,56
4	14,49	14,59	14,68	14,74	14,94	15,03	15,20	15,31	15,50	15,61
5	14,84	14,92	15,03	15,10	15,25	15,37	15,49	15,66	15,97	16,18
6	14,82	14,90	14,99	15,08	15,23	15,35	15,48	15,64	15,95	16,16
7	14,66	14,74	14,83	14,91	14,98	15,09	15,20	15,38	15,49	15,64
8	14,64	14,73	14,81	14,89	14,96	15,07	15,18	15,36	15,48	15,62
9	14,51	14,60	14,71	14,77	14,94	15,04	15,21	15,42	15,51	15,62
10	14,86	14,94	15,03	15,12	15,26	15,39	15,52	15,68	15,99	16,21
11	14,62	14,71	14,79	14,87	14,94	15,04	15,16	15,34	15,46	15,61
12	14,53	14,63	14,72	14,78	14,95	15,06	15,23	15,44	15,53	15,64
13	14,72	14,81	14,89	14,96	15,03	15,14	15,26	15,44	15,56	15,71
14	14,74	14,83	14,91	14,98	15,06	15,17	15,28	15,47	15,57	15,71
15	14,87	14,95	15,06	15,13	15,28	15,39	15,53	15,69	16,01	16,21
16	14,85	14,92	15,04	15,11	15,26	15,38	15,51	15,67	15,98	16,19
17	14,67	14,76	14,84	14,92	14,99	15,09	15,21	15,38	15,51	15,64
18	14,83	14,91	15,01	15,09	15,24	15,36	15,49	15,65	15,96	16,17
19	14,70	14,89	14,97	15,05	15,12	15,23	15,34	15,42	15,64	15,78
20	14,59	14,68	14,76	14,84	14,91	15,02	15,13	15,32	15,43	15,57
21	14,89	14,99	15,08	15,15	15,27	15,38	15,51	15,68	15,87	16,03
22	15,09	15,19	15,28	15,36	15,48	15,59	15,76	15,82	16,07	16,24
23	15,18	15,28	15,37	15,45	15,57	15,68	15,95	16,03	16,24	16,34
24	16,07	16,17	16,28	16,35	16,46	16,56	16,84	16,92	17,13	17,22
25	16,47	16,57	16,68	16,74	16,85	16,95	17,24	17,33	17,54	17,60

Tabulka 6: Naměřené hodnoty obsahu CO_2

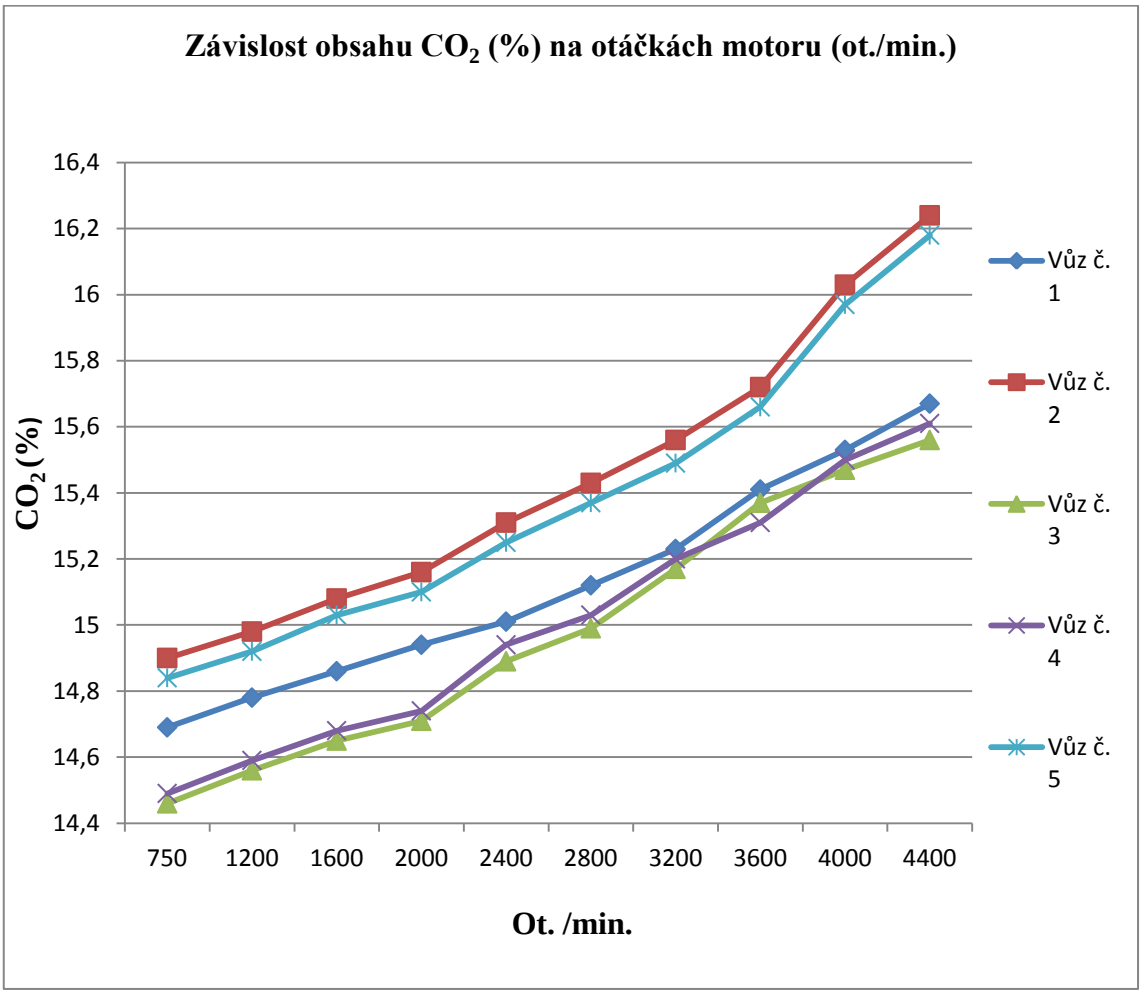
Testované vozidlo č.	Průměrné spotřeby paliva (l/100 km)
1	6,6
2	7,0
3	6,3
4	6,4
5	6,8
6	6,4
7	6,6
8	6,5
9	6,4
10	7,0
11	6,5
12	6,4
13	6,7
14	6,7
15	6,8
16	6,8
17	6,6
18	6,8
19	6,7
20	6,5
21	6,8
22	7,1
23	7,3
24	7,8
25	8,2

Tabulka 7: Zjištěné hodnoty spotřeby PHM

5.2. Grafické zpracování naměřených hodnot

Pro ilustraci je v této kapitole uvedeno grafické vyjádření závislosti množství produkovaného CO_2 v obj. procentech na vzrůstajících otáčkách motoru. Uvedeny jsou grafy pouze pro hodnoty vozidel č. 1 až 5 v grafu č.1. Ostatní grafy mají obdobný průběh křivek, liší se pouze nasazením křivky (její hodnotou pro volnoběžné otáčky v hladině 750 ot./min.) a hodnotou stoupání křivek.

5.2.1. Grafy



Graf 1: Závislost obsahu CO_2 (%) na otáčkách motoru (ot./min.)

5.2.2. Porovnání výsledků

Obzvláště zajímavým faktem je výpočet lineární závislosti v mírně modifikovaném stavu. Výpočet lineární regrese umožňuje program Excel ve své funkci LINREGRESE. Rovnice lineární závislosti má tento tvar:

$$\% \ CO_2 = CO_2 + konst. * \frac{(Ot.\ motoru - 750)}{(Ot.\ motoru - volnoběžné\ ot.)}$$

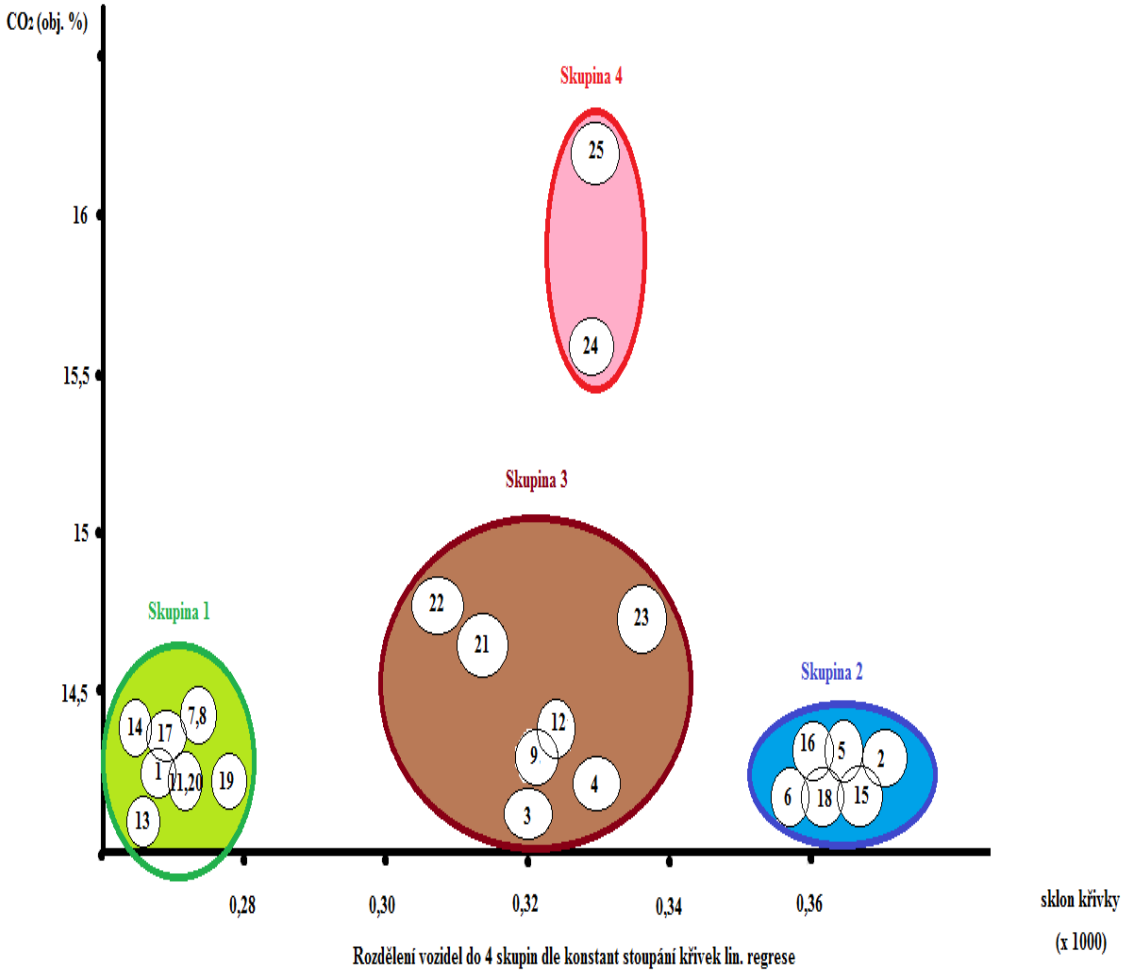
CO_2 …….hodnoty při volnoběžných otáčkách motoru (obj. %)
750 …….otáčky při volnoběhu = otáčky při volnoběhu – 750 ot./min.

Hodnoty CO_2 při volnoběhu a hodnoty konstant pro konkrétní vozidla jsou uvedeny v následující tabulce.

Vozidlo č.	CO_2 při volnoběhu [%]	Konstanta [% ot./min.]
1	14.42945973	0.0002676455753
2	14.50768424	0.0003596592501
3	14.14991818	0.0003210334585
4	14.18681612	0.0003168338658
5	14.45078686	0.0003584636365
6	14.42475481	0.0003604027723
7	14.39747912	0.0002676381027
8	14.37945973	0.0002676455753
9	14.20069383	0.0003207345551
10	14.46087653	0.0003618972893
11	14.35635712	0.0002688411889
12	14.21793757	0.0003210259859
13	14.45282520	0.0002694315231
14	14.48058174	0.0002664424891
15	14.47828672	0.0003598124381
16	14.45690859	0.0003599581535
17	14.41230623	0.0002653925909
18	14.43768424	0.0003596592501
19	14.50317099	0.0002739225467
20	14.32851090	0.0002683965701
21	14.58088887	0.0003098694166
22	14.78735022	0.0003085355602
23	14.84793644	0.0003318163986
24	15.74784677	0.0003283827458
25	16.14603934	0.0003279231818

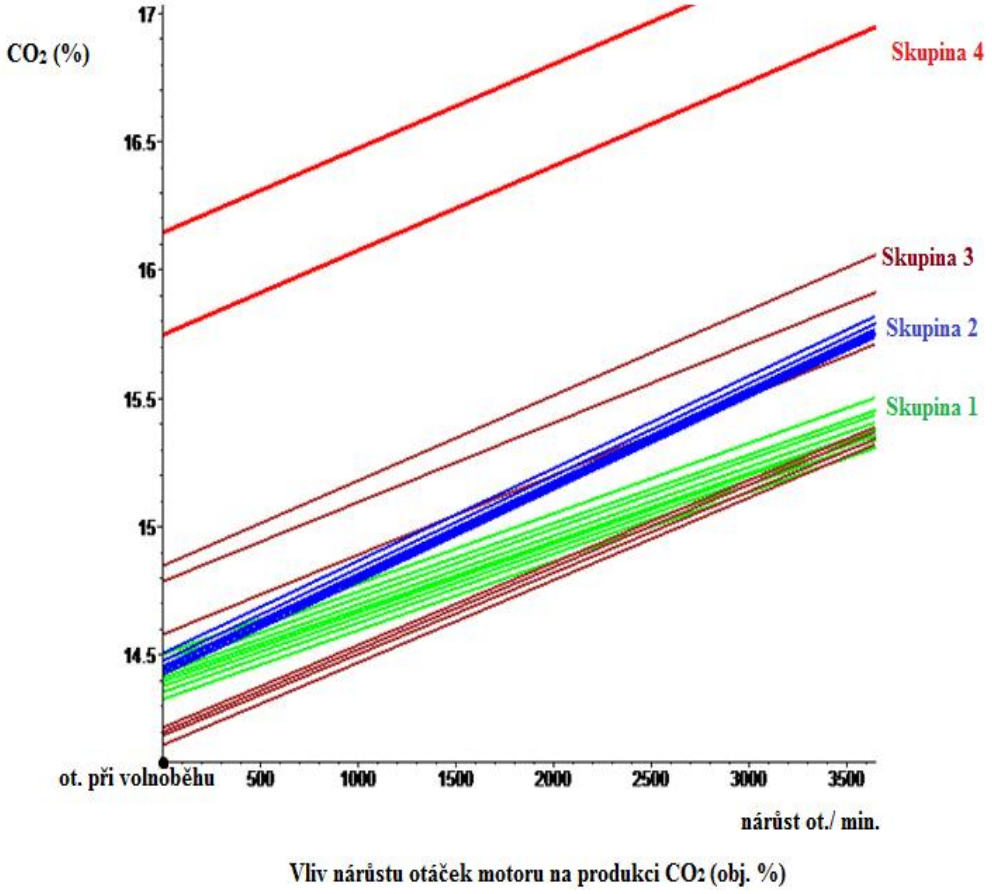
Tab. č. 8 : Hodnoty CO_2 pro volnoběh a konstanty po matematické analýze

Na základě těchto funkčních závislostí došlo k rozdělení vozidel do 4 skupin – viz. graf níže.



Graf 2: Rozdělení vozidel do 4 skupin dle konst. stoupání křivek lineární regrese

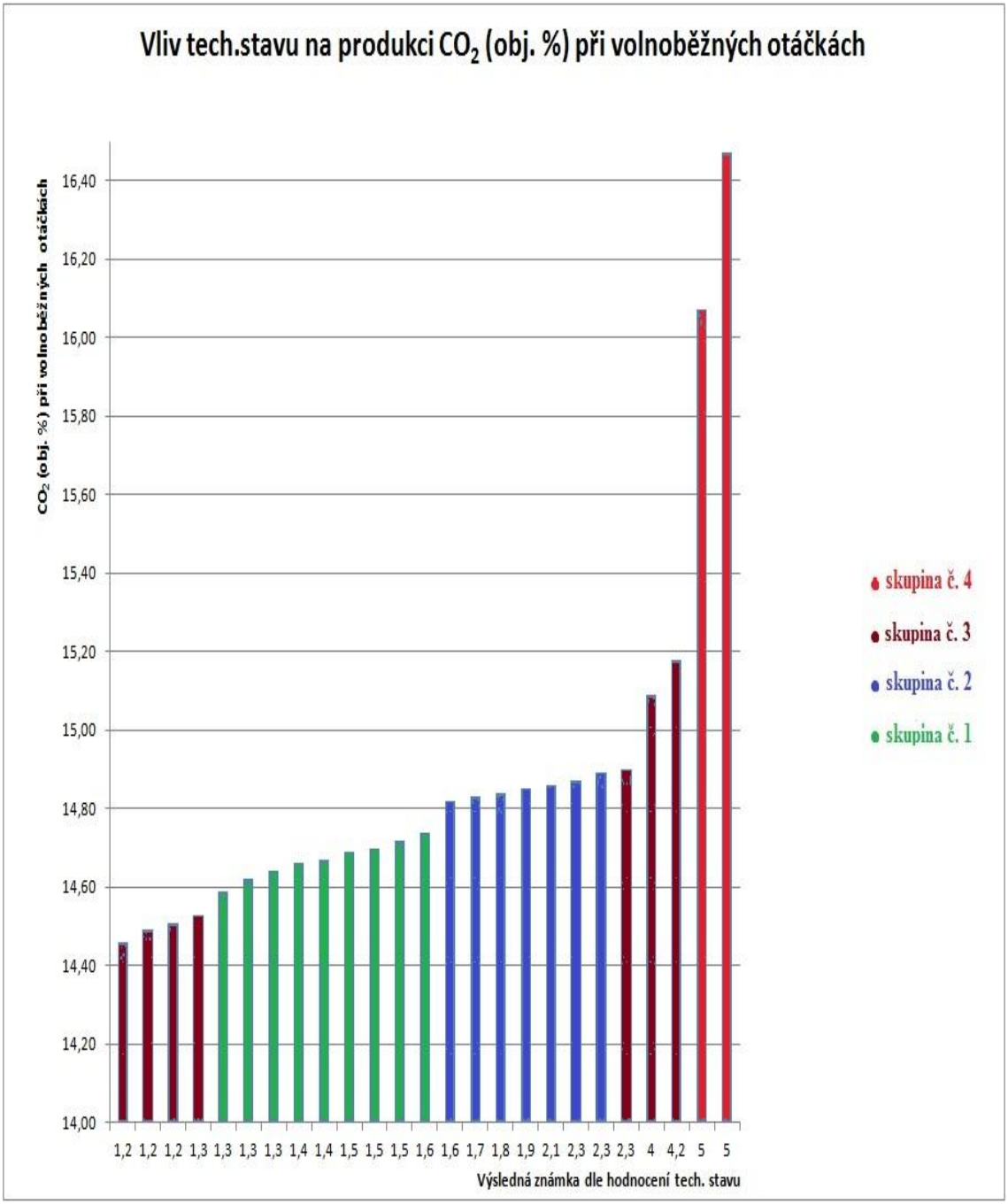
Z grafu 2 je zcela zřejmé, že testovaná skupina 25 vozidel Škoda Fabia vytvořila 4 skupiny v závislosti produkovaných emisí a konstant určujících sklon křivky volnoběžných otáček motoru. Skupina č. 1 zahrnuje vozidla č. 1, 7, 8, 11, 13, 14, 17, 19, 20 a je označena zelenou barvou. Skupina č. 2 sdružuje vozidla č. 2, 5, 6, 15, 16, 18 a je označena modře. Skupina č. 3 zahrnuje vozidla č. 3, 4, 9, 12, 21, 22, 23 a je vyznačena hnědou barvou a skupina č. 4 sdružující vozidla č. 24 a 25, která vykazuje nejhorší hodnoty je vyznačena červeně. Vytvořené skupiny jsou vysoce kompaktní, výrazně se odlišují pouze v naměřených hodnotách produkovaných emisí CO_2 (obj. %).



Graf 3: Vliv nárůstu otáček motoru na produkci CO_2 (obj. %)

Předcházející graf 3 popisuje křivky závislosti emisí CO_2 (obj. %) na otáčkách motoru (ot./min.). Křivky jsou barevně odlišeny a toto odlišení odpovídá vzniklým skupinám uvedeným v předchozím grafu 2.

Rozdělení do naprosto shodných skupin jako v případě zobrazení závislosti produkovaných emisí a konstant definujících sklona průběh křivky (graf 3) nastane, pokud sestrojíme graf vlivu technického stavu na produkci emisí CO2 (obj. %) při volnoběžných otáčkách motoru (graf 4).



Graf 4: Vliv tech. stavu na produkci CO_2 (obj. %) při volnoběžných otáčkách motoru

6. ZÁVĚR

Analýzou zjištěného technického stavu lze dojít k závěru, že vozidla č. 24 a 25 nejsou technicky způsobilá k povozu na pozemní komunikace z důvodu výskytu množství nebezpečných závad. Proto tato vozidla byla hodnocena známkou 5 i s ohledem na nedodržování servisních intervalů stanovených výrobcem a obecně s velmi špatnou servisní historií.

Rozborem vybraných parametrů spalovacího motoru – analýzou množství produkovaných emisí CO_2 (obj. %) bylo zjištěno, že 25 zkoumaných vozidel lze na základě naměřených hodnot a zjištěných poznatků rozčlenit do 4 skupin, prostřednictvím výpočtu lineární regrese. Křivky zobrazené v grafu 2 závislosti produkovaných emisí a konstant určujících sklon těchto křivek při volnoběžných otáčkách motoru vytváří výše zmiňované 4 skupiny vozidel. Tyto skupiny jsou vysoce konzistentní ve své průběhu, svým charakterem se velmi podobají, liší se pouze v absolutních naměřených hodnotách. Zde je velmi patrná odchylka vozidel č. 24 a 25(skupina 4).

Analýzou zjištěné servisní historie lze s dostatečnou jistotou tvrdit, že společným atributem všech skupin je průběh ujetých kilometrů, kde skupina č. 4 vykazovala nejvyšší nájezd (280 tis. km a více), spotřeba paliva, kdy rovněž skupina č. 4 vykazovala nejvyšší hodnoty spotřeby paliva BA 95 (Natural 95 – 7,8 – 8,3 l/100 km) a hlavně technický stav pohonných jednotek, která zahrnuje ukazatele kvality servisu, údržby atd. V tomto ohledu vykazovala nejhorší parametry rovněž skupina č. 4 (nepravidelný servis, základní údržba), která obdržela výslednou známku 5. Z hlediska technického stavu bylo možné rozdělit 4 skupiny na 2 celky.

První celek je charakterizován výsledkem vyhovující a zahrnuje skupiny č. 1 až 3. Druhý celek zahrnuje skupinu vozidel č. 4 s výsledkem nevyhovující. Toto hodnocení je rozděleno z hlediska technické způsobilosti vozidel k provozu na pozemních komunikacích, [L1].

Skupiny vozidel č. 1 – 3 technickým požadavkům vyhověly, přičemž nejlepší hodnoty byly zjištěny u skupiny č. 1 a 2, kdy skupina č. 1 vykazovala nejkompaktnější hodnoty, nejlepší technický stav bez jakýchkoli závad a nejkomplexnější servis a údržbu.

Skupina č. 2 dosáhla velmi dobrých výsledků, i když ne tak kompaktních (vozidlo č. 2 vykazovala horší hodnoty v rámci skupiny). Tato skupina vykazovala drobné závady, pravidelný servis a vyšší nájezd kilometrů. Celkově vyhověla legislativním parametrům.

Skupina č. 3 z celku hodnoceného jako vyhovující, vykazovala nejhorší parametry. Zejména vybočovala vozidla č. 22 a 23 u kterých byly zjištěny vážnější závady. Rovněž neměla zcela precizní servisní údržbu.

Obdobná měření a následné matematické korelace by bylo možné provádět i v jiných emisních parametrech např. obsahu CO (obj.%), obsahu pevných částic a příp. obsahu O_2 (obj. %).

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že pravidelné servisní prohlídky jsou významné pro dobrý technický stav, kvalitu a spolehlivost stárnoucího vozidla. Dobrý technický stav se projevuje pozitivně v oblasti produkce emisí CO_2. V neposlední řadě kvalitní servisní péče působí jako preventivní opatření proti závažným poruchám, které se mohou vyskytovat u stárnoucích vozidel. Tímto lze předejít nákladným servisním opravám a v důsledku ušetřit finanční prostředky investované do motorového vozidla.

V budoucnu lze očekávat, že při stále rostoucích cenách fosilních paliv a při stále přísnějších nárocích na množství produkovaných emisních částic spalovacími motory, budou výrobci vyvíjet neustále úspornější motory a rovněž budou hledat nové možnosti a technologie pro další vývoj (alternativní paliva a zdroje – bioetanol, CNG, elektřina apod.).

7. LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE

Literární publikace:

[1] ADAMEC, V.,2005: Vliv emisí pevných částic z dopravy na zdraví obyvatel. Praha.

[2] ADAMEC, V.,2008: Doprava, zdraví a životní prostředí. Praha, Grada publishing, 160 s.

[3] ANDRES, J., 2008: Pracoviště pro měření emisí silničních motorových vozidel. Pardubice.

[4] BEROUN, S., 2005: Vozidlové motory, Technická univerzita v Liberci, fakulta strojní, katedra strojů průmyslové dopravy, Studijní materiály k předmětu „Motorová vozidla".

[5] BRAESS, H.H.: Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik 6. Auflage Vieweg Teubner Verlag, Wiesbaden ISBN 978-3-8348-1011-3.

[6] ČUMPELÍK, J., 2011. Snižování emisí ve výfukových plynech [online]. Dostupné z: http://www.mmspektrum.com/clanek/snizovani-emisi-ve-vyfukovych-plynech.

[7] ETZOLD, H. R.: Údržba a opravy automobilů Škoda Fabia: Hatchback, Kombi, Sedan : zážehové motory, vznětové motory, 4. vyd. ISBN 978-80-7232-400-2.

[8] FERENC, B., 2004: Spalovací motory: karburátory a vstřikování paliva. 1. vyd. Praha: Computer Press, 388 s. ISBN 80-251-0207-6.

[9] GSCHEIDLE, R., 2001: Příručka pro automechanika. Sobotáles, Praha.

[10] HROMÁDKO, J., 2011: Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 296 s.

[11] JAROŠ, K., 1990: Spalovací motory II - Konstrukce spalovacích motorů. skripta VUT Brno.

[12] ŽDÁNSKÝ, J., 2010: Automobily: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 6. vyd. Brno: AVID , 179 s. ISBN 978-80-87143-15-5.

[13] KALIDE, W., 1974:. Kolben- und Strömungsmaschinen. München: Hanser.

[14] KOŽOUŠEK, J., 1983: Konstrukce spalovacích motorů I. SNTL Praha.

[15] KOŽOUŠEK, J., 1983: Konstrukce spalovacích motorů II. SNTL Praha.

[16] KOŽOUŠEK, J., 1971: Teorie spalovacích motorů. SNTL, Praha.

[17] KŘEN, K., KOŠŤÁL, J., 1972: Moderní automobil v obrazech. Praha: Naše vojsko, str. 178.

[18] MACEK, J., SUK, B., 1996: Spalovací motory I. Skripta FS ČVUT, Praha.

[19] MACEK, J., 2007: Spalovací motory I. 1. vyd. Praha: ČVUT, 260 s.

[20] MOTEJL, V., ŽDÁNSKÝ, B., 2003: Vstřikovací zařízení vznětových motorů. 1. vyd. České Budějovice, 180 s.

[21] MULLEROVÁ, M. a kol., 2006: VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, Ústav chemie ochrany prostředí.. Praha.

[22] PAPOUŠEK, M., ŠTĚRBA, P., 2007: Diagnostika spalovacích motorů. 2. aktualiz. vyd. Brno, 223 s..

[23] PETRÁS, Z., RŮŽIČKA, A., 1997: Měření emisí. Praha: Robert Bosch.

[24] PULKRABEK, W., ŠTĚRBA, P., 2004: Engineering fundamentals of the internal combustion engine, 478 s.

[25] RAUSCHER, J.: Spalovací motory.skripta VUT Brno, 1996.

[26] RAUSCHER, J., Vozidlové motory, Studijní opory, FSI VUT Brno, 2003

[27] RYBECKÝ, Vladimír. Život mezi vraky. Svět motorů, 2001, roč. 55, č. 34, str. 2 – 3.

[28] ROGERS, Ch., 1998: Diesel: vznětové motory - údržba a servis : opravy, hledání poruch a rutinní údržba vznětových motorů osobních vozů Citroën, Fiat, Ford, Mercedes-Benz, Opel, Peugeot, Renault a Volkswagen. 1. vyd. České Budějovice, 305 s.

[29] ANDERSSON, J.D., 1999: SAE 1999-01-1461; Vehicle exhaust particle size distribution measurements.

[30] ANDERSSON, J.D., 2000: SAE 2000-01-2850, Concawe particle Research Programme: Sampling and measurement experiences.

[31] SVOBODA, 2000 : Teorie dopravních prostředků. Skripta ČVUT, Praha.

[32] STAUDT, W., 2005: Handbuch Fahrzeugtechnik. Band 2, 1. Auflage. Bildungsverlag EINS, Troisdorf.

[33] SAJDL, J., 2010. Emise výfukových plynů [online].
Dostupné z: http://cs.autolexicon.net/articles/emise-vyfukovych-plynu

[34] SAJDL, J., 2010. Katalyzátor. [online].
Dostupné z: http://cs.autolexicon.net/articles/katalzator

[35] SAJDL,J., 2010. DPF (Diesel Particulate Filter). [online].
Dostupné z:< http://cs.autolexicon.net/articles/dpf-diesel-particulate-filter

[36] ŠTOSS, M.: Spalovací motory I.Skripta VUT, Brno, 1989.

[37] ŠUTA, M., 2008: Účinky výfukových plynů z automobilů na lidské zdraví. 1. vyd. Plzeň: Děti Země, 30 s.

[38] ŠMERDA T., ČUPERA J., FAJMAN M., 2013: Vznětové motory vozidel: biopaliva, emise, traktory. 1. vyd. Brno: CPress, 136 s.

[39] Šebor a kol.: Emise ze spalování motorových paliv. Výzkumná zpráva, VŠCHT Praha,

[40] TŮMA, J.: Velký obrazový atlas dopravy.ARTIA, Praha 1980.

[41] TAKÁTS, M. Měření emisí spalovacích motorů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994.

[42] TROMMELMANS J.,1992: Das Auto und seine Technik. 1. Auflage. Motorbuchverlag, Stuttgart.

[43] TECHNIKA, 2004: Katalyzátor výfukových plynů.

[44] Věstník dopravy, Ministerstvo dopravy ČR, Praha, 2004

[45] VYKOUKAL, R.: Automobilové a motocyklové motory.SNTL, Praha 1967.

[46] VLK, F. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství vlk, 2001.

[47] VLK, F., 2003: Vozidlové spalovací motory. 1. vyd. Brno, 578 s.

[48] VLK F., 2004: Přímé vstřikování benzínu, Brno.

[49] VLK, F., 2003: Automobilová technická příručka. 1. vyd. Brno, 791 s.

[50] ZELINGER, R., 1999:Škodliví pomocníci. Auto, motor a sport č. 8, s. 56 - 57.

[51] ZYWITZA, W. S.,1996: Unter Mitarb. von Martin. Bd. 2: Energieversorgungs- und Startsysteme ; Motormechanik ; Motormanagementsysteme ; Abgassysteme. 1. Aufl.

[52] Uživatelská příručka vozidla Škoda Fabia, Škoda – Auto a.s., Mladá Boleslav.

Elektronické zdroje:

[E1] www.auto.cz

[E2] www.skoda-auto.cz

[E3] www.mercedes-benz.cz

[E4] www.registr-vozidel.cz

[E5] www.auto.idnes.cz

[E6] www.europa.eu

[E7] www.bmw.cz

[E8] Emisní norma EURO 5 [online].
Dostupné z: < http://kamionaci.cz/legislativa-v-doprave/emisni-norma-euro-5>

[E9] Emisní norma EURO 6: razantní snížení škodlivých exhalací [online].
Dostupné z: < http://news.autoroad.cz/zajimavosti/36354-emisni-norma-euro-6-razantni-snizeni-skodlivych-exhalaci/>

[E10] www.volkswagen.cz

[E11] www.fiat.cz

[E12] www.merime-emise.cz

[E13] www.bosch.cz

[E14] http://web2.mendelu.cz/autozkusebna/html/esa.htm

[E15] www.alfaromeo.cz

[E16] www.ngk.com

[E17] www.svickyngk.cz

[E18] www.skoda-forum.cz

Legislativa:

[L1] Česká republika, Zákon ze dne 10. ledna 2001 o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In Sbírka zákonů, Česká republika. 2001, částka 21, s. 1961-1991.

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Rozvody motoru, [www.auta5p.eu] 12
Obr. 2: Zapalování, [www.ngk.de] 13
Obr. 3: Zapalovací svíčka, [www.bosch.cz] 13
Obr. 4: Zapalování, [www.ngk.de] 14
Obr. 5: Složení výfukových plynů, [www.zavolantem.cz] 14
Obr. 6: Složení výfukových plynů, [www.dieselnet.com] 19
Obr. 7: Výfukové turbodmychadlo , [www.turboprovas.cz] 27
Obr. 8: Katalyzátor, [www.autorubik.sk] 28
Obr. 9: Filtr pevných částic (DPF), [www.autolexicon.net] 39
Obr. 10: Filtr pevných částic (DPF) v řezu, [www.autolexicon.net] 30
Obr. 11: Výfukový systému s DPF, KAT, [www.myturbodiesel.com] 30
Obr. 12:Ventil pro recirkulaci spalin (EGR), [www.dailytech.com] 31
Obr. 13: Ventil pro recirkulaci spalin (EGR), [www.machinerylubrication.com] 31
Obr. 14: Škoda Fabia, [foto z archivu autora] 33
Obr. 15:Škoda Fabia - Motor 1,4 MPI, [foto z archivu autora] 34
Obr. 16: Servisní kniha vozu Škoda Fabia, [foto z archivu autora] 34
Obr. 17: Servisní kniha vozidel FIAT, [foto z archivu autora] 35
Obr. 18: Bosch ESA, [http://web2.mendelu.cz/autozkusebna/html/esa.htm] 40

9. SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Kategorie vozidel 18
Tab. 2: Limity emisních norem EURO 19
Tab. 3: Technická specifikace vozidla FABIA 36
Tab. 4: Hodnocení vozidel dle def. parametrů 38
Tab. 5: Charakteristika ESA Bosch 3.250 40
Tab. 6: Naměřené hodnoty CO_2 42
Tab. 7: Zjištěné hodnoty spotřeby PHM 43
Tab. 8 Hodnoty CO_2 pro volnoběh a konstanty po mat. analýze 45

10. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Závislost obsahu CO_2 (%) na otáčkách motoru (ot./min.) 44

Graf 2: Rozdělení vozidel do skupin dle konst. stoupání křivek lin. regrese 46

Graf 3: Vliv nárůstu ot. motoru na produkci CO_2 47

Graf 4: Vliv tech. stavu na produkci CO_2 ve volnoběžných ot. motoru 48