

**ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.**

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

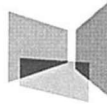
Studijní obor: 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality

**ANALÝZA JÍZDNÍHO CYKLU PŘI EMISNÍCH  
ZKOUŠKÁCH AUTOMOBILŮ**

**Bakalářská práce**

**Josef LIKAVEC**

Vedoucí práce: Ing. Josef Bradáč, Ph. D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Josef Likavec**

Studijní program: Ekonomika a management

Obor: Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality

Název tématu: **Analýza jízdního cyklu při emisních zkouškách automobilů**

Cíl: Cílem bakalářské práce je popsat a analyzovat změny v jízdních cyklech související s přechodem z NEDC na WLTP a posoudit vliv jednotlivých faktorů na výsledné hodnoty jízdních zkoušek.

Rámcový obsah:

1. Emise a emisní zkoušky vozidel v automobilovém průmyslu
2. Charakteristika zkoušek podle legislativy R83 (NEDC) a 1151 (WLTP)
3. Analýza vlivu vybraných faktorů na výsledné hodnoty zkoušek
4. Zhodnocení analýzy a shrnutí výsledků

Rozsah práce: 25 – 30 stran


Seznam odborné literatury:


1. HROMÁDKO, J. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: Komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilových škol*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
2. KOVANDA, J. – A KOLEKTIV AUTORŮ. *Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05893-0.
3. FIRST, J. – A KOLEKTIV. *Zkoušení automobilů a motocyklů.: Příručka pro konstruktéry*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008. ISBN 978-80-254-1805-5.

Datum zadání bakalářské práce: únor 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: prosinec 2019

L. S.

  
**Ing. Josef Bradáč, Ph.D.**  
Vedoucí práce

  
**Mgr. Petr Šulc**  
Prorektor ŠAVŠ

  
**prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.**  
Vedoucí katedry

  
**Josef Ljkavec**  
Autor práce

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 11. 12. 2019

Děkuji Ing. Josefu Bradáčovi, Ph. D. za odborné vedení závěrečné práce, poskytování rad a informačních podkladů. Dále děkuji panu Josefu Žaludovi a Ing. Luboši Trnkovi, DiS. za poskytnutí cenných rad a informací. V neposlední řadě bych rád poděkoval Ing. Martině Votroubkové a Ing. Marku Kubíčkoví za poskytnutí výsledků z emisních zkoušek vozidel.

## Obsah

Úvod.....	7
1 Emise a emisní zkoušky vozidel v automobilovém průmyslu.....	8
1.1 Výfukové plyny .....	8
1.2 Prostředky pro snížení emisí.....	13
1.3 Emisní limity dle EU .....	18
1.4 Emisní zkoušky vozidel Škoda Auto.....	19
2 Charakteristika zkoušek dle legislativy NEDC a WLTP .....	21
2.1 NEDC.....	21
2.2 WLTP .....	23
2.3 RDE.....	25
3 Analýza vybraných faktorů na výsledné hodnoty zkoušek.....	27
3.1 Charakteristika jednotlivých faktorů.....	27
3.2 Zohlednění faktorů v rámci laboratorní zkoušky.....	31
4 Analýza emisních zkoušek vybraných vozidel .....	32
4.1 Laboratorní zkoušky vozidel.....	32
Laboratorní zkouška vozidel se zážehovým agregátem .....	33
4.2 Zpracování výsledků laboratorních zkoušek .....	36
4.3 Shrnutí výsledků laboratorních zkoušek.....	39
Závěr .....	40
Seznam literatury .....	42
Seznam obrázků a tabulek.....	44

## **Seznam použitých zkratek a symbolů**

NEDC	New European Driving Cycle
WLTP	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedures
WLTC	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycles
RDE	Real Drive Emission
PEMS	Portable Emissions Measurement System
SCR	Selective Catalytic Reduction
CVS	Constant Volume Sampling
EGR	Exhaust Gas Recirculation
THC	Total Hydrocarbon emissions
NMHC	Non-Methane Hydrocarbon emissions

## Úvod

Vzhledem k stále rostoucímu znečištění ovzduší v hustě osídlených oblastech a stále se zpřísnujícím emisním normám jsou emise výfukových plynů čím dál ostřeji sledované téma. Výrobci automobilů se musí tomuto trendu technologicky přizpůsobit, což znamená vyšší investice do vývoje úspornějších agregátů a alternativních pohonů vozidel. Změnu však nepocítují pouze automobilky, ale i koncový zákazník tím, že se konstantně zvyšují ceny automobilů.

Cílem bakalářské práce je popsat a analyzovat změny v jízdních metodikách související s přechodem z NEDC na WLTP a posoudit vliv jednotlivých faktorů na výsledné hodnoty jízdních zkoušek.

Teoretická část se zabývá emisemi a emisními zkouškami vozidel v automobilovém průmyslu, přičemž jsou popsány jednotlivé složky výfukových plynů, jejich dopad na životní prostředí a vliv na lidský organismus. Dále jsou zde popsány jednotlivé prostředky pro snižování emisí instalované ve vozidlech a v neposlední řadě jsou zde také zmíněny emisní normy EURO a průběh homologačních a laboratorních emisních zkoušek ve Škoda Auto a.s. Další část se zabývá charakteristikou jednotlivých jízdních metodik NEDC a WLTP a jejich nejdůležitějšími rozdíly, přičemž je zde okrajově zmíněna metodika RDE, doplňující již zmíněnou metodiku WLTP.

Praktická část se zabývá charakteristikou jednotlivých metodik a analýzou vybraných faktorů na výsledné hodnoty laboratorních emisních zkoušek, přičemž jsou popsány jednotlivé faktory mající přímý nebo nepřímý vliv na emise výfukových plynů a spotřebu vozidla. Tyto faktory byly dále zadány do speciálního měřicího přístroje, na kterém se měřilo celkem šest zkušebních vozidel, a to dle metodik NEDC i WLTP. Výsledné hodnoty ze všech laboratorních zkoušek byly následně zpracovány a analyzovány jednotlivě podle metodiky NEDC i WLTP, přičemž předmětem zájmu byly především rozdíly v hodnotách mezi jednotlivými metodikami.



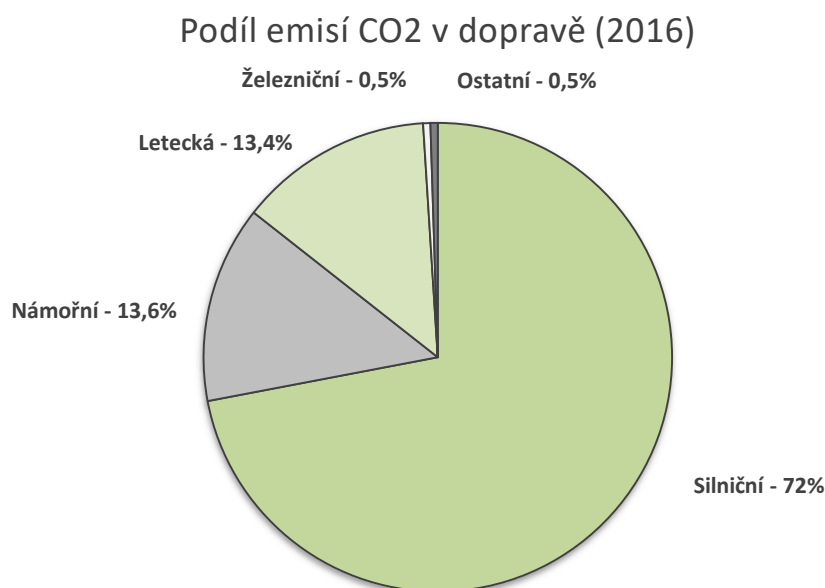
## 1 Emise a emisní zkoušky vozidel v automobilovém průmyslu

Výfukové plyny jsou produkovány spalovacími motory spalováním fosilních paliv. Sledované jsou převážně ty složky, které jsou škodlivé pro životní prostředí. Převážně emise osobních automobilů jsou hlavním tématem v mnohých velkých (nejen) evropských městech (viz Obr 2).

Výfukové plyny jsou směs chemických látek, které vznikají spalováním fosilních paliv ve spalovacích motorech. Jejich složení závisí převážně na druhu paliva, stavu motoru a kondici zařízení pro snižování emisí.

### 1.1 Výfukové plyny

Dle průzkumu EEA, více než 30 % všech emisí oxidu uhličitého vzniká právě v dopravě. Z toho silniční doprava (viz Obr 1) přispívá více než 72 % (Europarl, 2019).



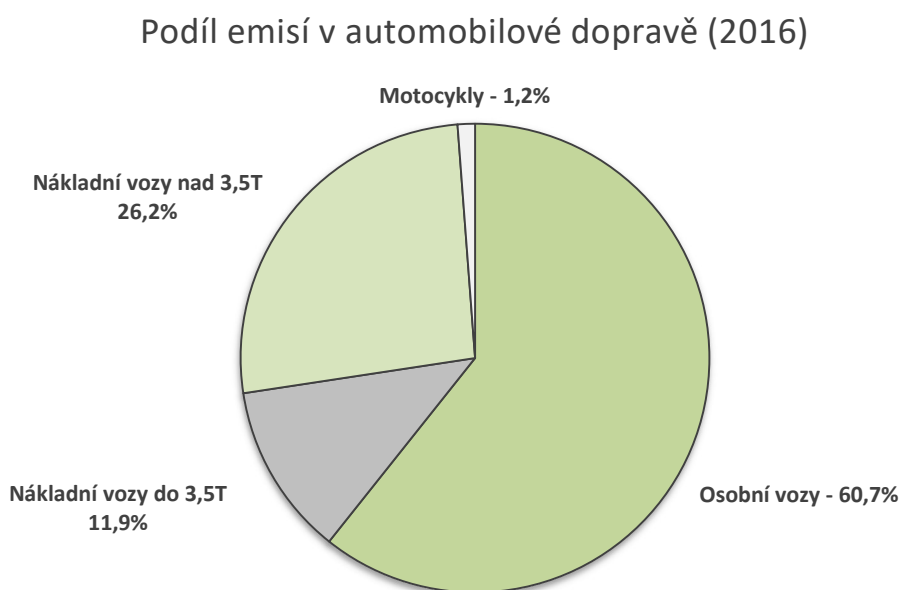
(Europarl, 2019)

#### **Obr 1 Podíl emisí CO<sub>2</sub> v dopravě pro rok 2016**

V současnosti se i vlivem emisních norem agregáty stále více zdokonalují a zefektivňují, což nemá vždy pozitivní přínos. Splodiny vycházející z výfuků nových dieslových i benzínových vozidel sice vzhledem k historickým hodnotám mají nižší hodnoty oxidu uhličitého a oxidů dusíku, zároveň však vyšší podíl pevných částic.

Přeplňováním vznětových i zážehových motorů sice dochází k vyšší účinnosti a nižší spotřebě paliva, ale ve válcích dochází k nedokonalému smísení paliva se vzduchem a výsledná směs při kompresi neshoří dokonale. Výsledkem jsou pak zvýšené emise pevných částic. Vzhledem k procentu emisí výfukových plynů osobních vozů v automobilové dopravě v Evropské Unii (viz Obr 2) se jedná o nezanedbatelný fakt.

Nejvíce diskutované jsou v současnosti výše zmíněné emise oxidu uhličitého. Právě oxid uhličitý významným dílem přispívá k tvorbě skleníkových plynů. Emise oxidu uhličitého však nejsou jedinou součástí výfukových plynů.



(Europarl, 2019)

**Obr 2 Podíl emisí CO<sub>2</sub> v automobilové dopravě pro rok 2016**

### **Oxid Uhelnatý (CO)**

Plyn s nejvyšší koncentrací ve výfukových plynech. Je bezbarvý, nedráždivý, bez chuti a bez zápachu a ve vyšší koncentraci také vysoce výbušný. Vzniká nedokonalým spalováním fosilních paliv, a zejména v uzavřených prostorech (např. garáž) dokáže být pro lidský organismus velmi nebezpečný. Vyskytuje se však i ve výrobních halách s přítomností otevřeného ohně, na vysoce frekventovaných ulicích ve velkoměstech aj.

Příznaky otravy oxidem uhelnatým jsou bolesti hlavy, závratě, otupění, které později přechází až ke zvracení, zvýšení tepové frekvence a vede až k bezvědomí. Při příliš vysoké koncentraci oxidu uhelnatého v krvi dochází k fatálnímu selhání životních funkcí a ke smrti zasaženého člověka (Bezpecnostprace.info, 2017).

### **Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)**

Jedná se o bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který je běžnou součástí zemské atmosféry (0,04%). Mezi nejvýznamnější antropogenní zdroje uhlíku patří jakékoliv spalování uhlíkatých látek (od dopravy, průmyslu, k domácím topeništím) a jeho úniky z výrobků, ve kterých je obsažen.

V atmosféře oxid uhličitý pohlcuje infračervené záření vycházející z povrchu země a přispívá tak ke vzniku tzv. skleníkového efektu. Převážně působením člověka se koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře neustále zvyšuje.

Koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší je nízká a nepředstavuje pro zdraví organismu závažné riziko. Při vysoké koncentraci v uzavřených prostorech však může i krátkodobé vystavení způsobit bolesti hlavy, dýchací potíže nebo zvracení. Při dlouhodobém vystavení může dojít k celkové křeči, následnému bezvědomí a v krajním případě i smrti (Müllerová, Šváb, Beneš, 2006).

### **Uhlovodíky (HC)**

Jedná se v podstatě o všechny sloučeniny obsahující ve svém vzorci uhlík a vodík. Charakteristickým znakem je jejich schopnost odolávat procesu rozkladu a šíření vzduchem, v extrémním případě i skrze pokožku člověka. Vznikají nedokonalým spalováním veškerých paliv či materiálů obsahujících uhlík, např. při nedostatku kyslíku, nízké teplotě atd.

Tato skupina látek se běžně používá v několika průmyslových odvětvích, a to na výrobu paliv (motorová nafta) nebo pro silniční povrchy (asfalt, dehet). V přírodě se však běžně nevyskytují a jejich koncentrace je tedy minimální.

Ve 20. století vznikla celá řada studií dokazujících toxický vliv uhlovodíků na organismus a životní prostředí. Ten největší je schopnost vyvolání rakovinotvorných buněk. Dalšími dopady jsou toxický vliv na vodní prostředí, schopnost narušit zdravý vývoj plodu a poškození reprodukční schopnosti člověka (Müllerová, Šváb, Beneš, 2006).

## **Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>)**

Dusík je látka přirozeně se vyskytující v přírodě. Je nezbytný pro správný růst rostlin a prospívá i mikroorganismům. Oxidy dusíku však vznikají spalováním nedokonalých i ušlechtilých paliv, jako motorová nafta nebo zemní plyn. Početná skupina oxidů dusíku má mnoho vlastností a podob, od bezbarvého plynu bez zápachu (NO) až po tmavěhnědý štiplavý plyn (NO<sub>2</sub>).

Vyšší koncentrace NO<sub>x</sub> přispívá ke vzniku přízemního ozonu a nemalou částí se podílí také na výskytu smogu. Společně s oxidy síry tvoří tzv. kyselé deště, které svým výskytem negativně působí především na vodní plochy a vodní prostředí, ve vyšších koncentracích však i na rostliny a stromy (Př. Jizerské hory v druhé polovině 20. století.) Motorová vozidla svým užíváním přispívají k emisím NO<sub>x</sub> až 50 %.

Vliv na zdravotní stav člověka není tak silný, ovšem dýchání koncentrovanějších dusíkatých plynů může způsobit podráždění dýchacích cest, v horším případě i omezit schopnost krve přenášet kyslík z plic (Müllerová, Šváb, Beneš, 2006).

## **Oxid Siřičitý (SO<sub>2</sub>)**

Jedná se o nehořlavý, štiplavý plyn rozpustný ve vodě. Je využíván převážně v chemickém průmyslu k výrobě kyseliny sírové a v petrochemickém průmyslu jako prostředek k rafinaci ropných produktů.

Významným zdrojem oxidů síry je spalování fosilních paliv obsahujících síru. Spalováním pevných paliv se uvolní do ovzduší zhruba 95% přítomné síry, v případě kapalných paliv je to až 100%. Ve větších zařízeních lze úniky oxidu siřičitého poměrně efektivně eliminovat pomocí odsiřovacích zařízení (např. uhelné elektrárny). U menších zdrojů (vozidla) je odsiřování mnohem složitější.

Vliv na životní prostředí je značný. Při zvýšené koncentraci spolu s oxidy dusíku tvoří výše zmíněné kyselé deště. Oxid siřičitý se však může snáze přenášet i vzduchem v podobě aerosolu a poškozovat lesní porosty i zemědělské plodiny.

Ve vyšší koncentraci je škodlivý i pro zdraví člověka, počínaje podrážděním očí a dýchacích cest, v neposlední řadě dokáže vyvolat záchvaty u slabších jedinců, jako např. astmatiků či seniorů (Müllerová, Šváb, Beneš, 2006).

## **Částice olova**

Olovo je využíváno člověkem již několik tisíc let, jeho negativní účinky na lidský organismus je však téma více probírané v posledních několika desetiletích. Pro svou snadnou tvárnost, tuhost a vysokou odolnost proti korozi se využívá např. k výrobě projektilů do střelných zbraní, v minulosti však i pro výrobu olovnatého benzínu (s přísadkou tetraethylolova), což zlepšovalo zážehové vlastnosti ve válkách (eliminovalo možnost samovznícení paliva mimo oblast válce).

Na přelomu století došlo globálně k úpravě legislativy o možné výrobě a užívání olovnatého benzínu, což zásadně snížilo šíření olova prostřednictvím výfukových plynů do ovzduší a následně do ekosystému.

Olovo je silně toxická látka působící negativně na veškeré živé organismy. Pro člověka zvláště nebezpečné tím, že napadá krevní složky a tím způsobuje otoky dýchacích cest, které mohou přejít v rakovinu plic, bronchitidu apod. (Müllerová, Šváb, Beneš, 2006).

## **Pevné částice (PM)**

Pevné částice, neboli „polétavý prach“, jsou malé částice hmoty, které mohou být jak pevného, tak i kapalného skupenství a jsou menší než 20  $\mu\text{m}$  (mikrometrů). Vznikají nedokonalým spalováním ve vznětových i zážehových agregátech a jsou snadno unášené větrem. Čím menší částice je, tím déle zůstane v ovzduší.

Částice se mohou usazovat na povrchu listů rostlin, čímž způsobují, že rostliny nejsou schopny naplno vykonávat fotosyntézu. Příliš mnoho částic v atmosféře také může způsobit rozptýlení slunečních paprsků a má vliv i na tvorbu mraků.

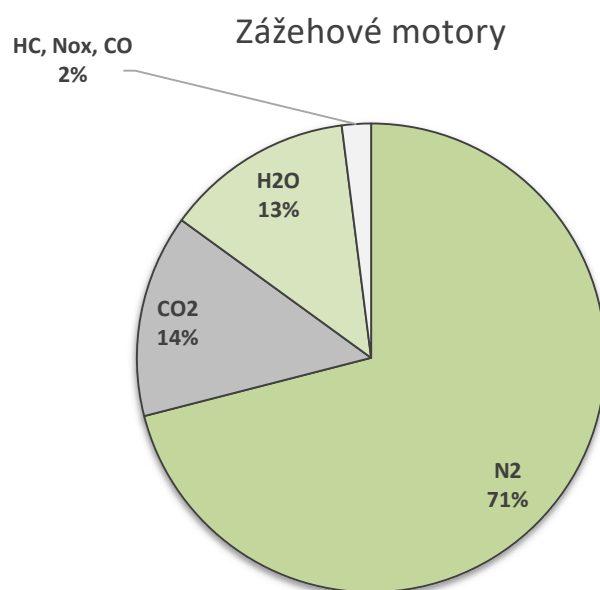
Pevné částice se usazují především v dýchacích cestách a dle velikosti se usazují v různých částech plic. Pokud částice absorbují toxické sloučeniny, může docházet k chronickému onemocnění plic nebo k nádorovým onemocněním (Müllerová, Šváb, Beneš, 2006).

## 1.2 Prostředky pro snížení emisí

Vzhledem ke stále přísnějším emisním normám jsou výrobci automobilů nuceni vyrábět vozy se stále efektivnějšími agregáty, které produkují méně emisí. Z hlediska zákaznických nároků již samostatný neupravený spalovací motor není schopný splnit nejnovější emisní limity. Proto je důležité podstoupit několik kroků, které množství emisí vycházející z výfuků značným způsobem redukuje.

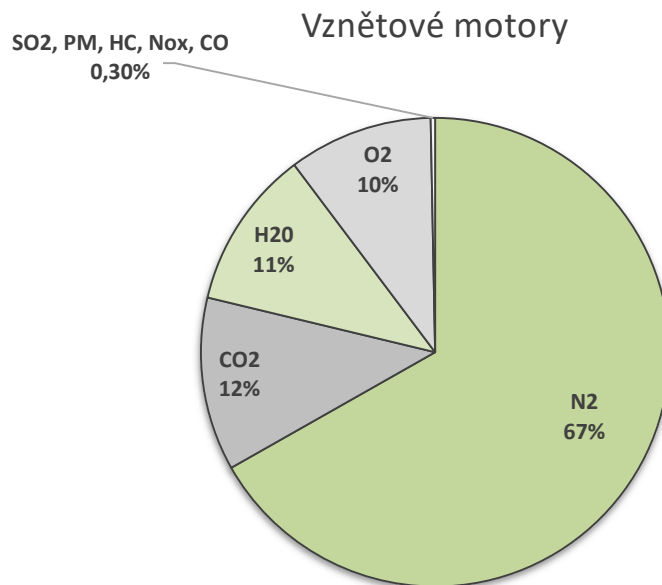
Mezi složením výfukových plynů ze zážehových a vznětových motorů jsou malé rozdíly a je nutné brát na tento fakt při použití prostředků ke snížení emisí ohled. Zatímco zážehové motory produkují vyšší koncentrace oxidu uhelnatého (viz Obr 3), produkují jen malé množství oxidů dusíku a nespálených uhlovodíků.

Vznětové motory naopak produkují menší koncentrace oxidu uhelnatého (viz Obr 4), v porovnání se zážehovými agregáty však produkují více oxidů dusíku. Navíc se při nedokonalém spalování nafty uvolňují do ovzduší také oxidy síry a pevné částice, některé i menší než 5  $\mu\text{m}$ .



(Hromádka, 2011)

**Obr 3 Složení výfukových plynů zážehových motorů**



(Hromádko, 2011)

**Obr 4 Složení výfukových plynů vznětových motorů**

### Kompresní poměr

První z metod, jak snížit emise výfukových plynů, je úprava kompresního poměru. U zážehových motorů se kompresní poměr pohybuje mezi hodnotami 8:1 až 14:1, u vznětových motorů je to mezi 14:1 až 23:1. Vše záleží na několika faktorech, např. na obsahu motoru nebo na množství vstříkovaného paliva.

Všeobecně platí, že čím optimálnější je u spalovacích motorů kompresní poměr, tím vyšší je jeho účinnost a tím i efektivnější spalování. Pokud je kompresní poměr příliš nízký, vlivem nižších teplot se zvyšuje reálná spotřeba paliva a tím i množství vyprodukovaných emisí. Pokud je kompresní poměr příliš vysoký, vlivem vyšších teplot se snižuje množství emisí, avšak prudce zvedá spotřeba a dochází také k rychlejšímu opotřebení částí motoru (Hromádko, 2011).

### Směšovací poměr

Další metodou pro nižší spotřebu paliva a částečné snížení emisí může být správný směšovací poměr. Jedná se o přesný poměr paliva a oxysličovadla (vzduchu) a nazývá se stechiometrický. Zjednodušeně udává, že k co nejefektivnějšímu spálení 1 kg benzínu je potřeba cca 14,8 kg vzduchu a 1 kg motorové nafty cca 14,5 kg vzduchu.

Směšovací poměr se označuje řeckým písmenem lambda [ $\lambda$ ] a v případě stechiometrického poměru má hodnotu 1. Poměr se však pohybuje od vysoce koncentrované (bohaté) směsi  $\lambda > 1$  po velmi řídkou (chudou) směs  $\lambda < 1$ .

Pokud je směs příliš bohatá, dochází k nedokonalému spalování paliva a následně ke smívání olejového filmu uvnitř válce, což způsobí vyšší opotřebení stěn válce. Výrazně stoupne také spotřeba paliva, motor má však paradoxně nižší výkon. Pokud je směs příliš chudá, vyšší teplota uvnitř válce způsobuje jeho přehřívání, což může vést až k zadření pístu. Motor má krátkodobě vyšší výkon, životnost válců je však několikanásobně nižší.

U novějších motorů zajišťuje úpravu směšovacího poměru tzv. lambda regulace (pomocí lambda sondy). Ta udržuje poměr  $\lambda = 0,99 - 1,01$ . Výsledkem je vznik takového množství škodlivin, které jsou dále zachytitelné (Hromádko, 2011).

### **Redukční katalyzátor**

Při optimálním spalování se sice sníží množství vyprodukovaných emisí, ovšem na splnění současných emisních norem to nestačí. Proto se začaly využívat katalyzátory, které se dělí na dvě skupiny podle využití pro zážehové a vznětové motory.

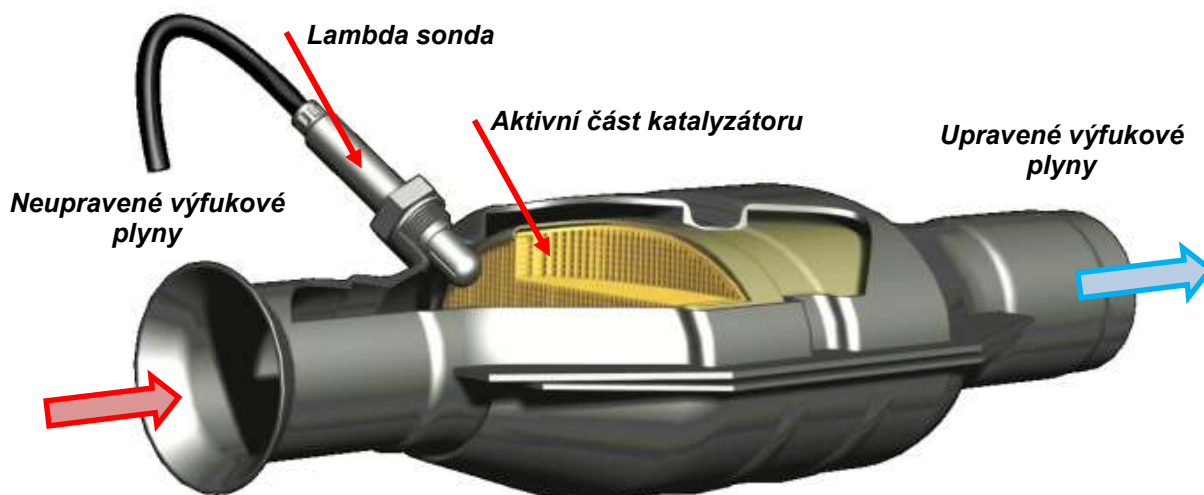
Všechny katalyzátory pracují na principu přeměny škodlivých látek na látky přirozeně se vyskytující v ovzduší. Reakce probíhající v redukčním katalyzátoru:



Zážehový agregát využívá tzv. oxidačně-redukční katalyzátor. Katalyzátor plní svou funkci pouze tehdy, je-li dosaženo stechiometrického poměru  $\lambda = 0,99 - 1,01$ , kdy výfukové plyny obsahují dostatečné množství vzduchu nutného pro oxidaci, ale zároveň dostatek oxidu uhelnatého pro redukci ostatních škodlivin. Oxidačně-redukční katalyzátor úzce spolupracuje s lambda sondou, umístěnou před katalyzátorem, která měří úroveň  $\lambda$  (viz Obr 5).

Vznětové agregáty ve své podstatě využívají pouze oxidační katalyzátory pro snížení obsahu oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků. Katalyzace probíhá pomocí jemných vrstev drahých kovů (převážně paladium s platinou), které reagují s výše uvedenými sloučeninami a mění je na oxid uhličitý a vodu (Hromádko, 2011).





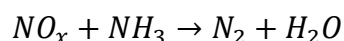
(Autolexicon, 2011)

**Obr 5 Schéma katalyzátoru**

### **SCR katalyzátor**

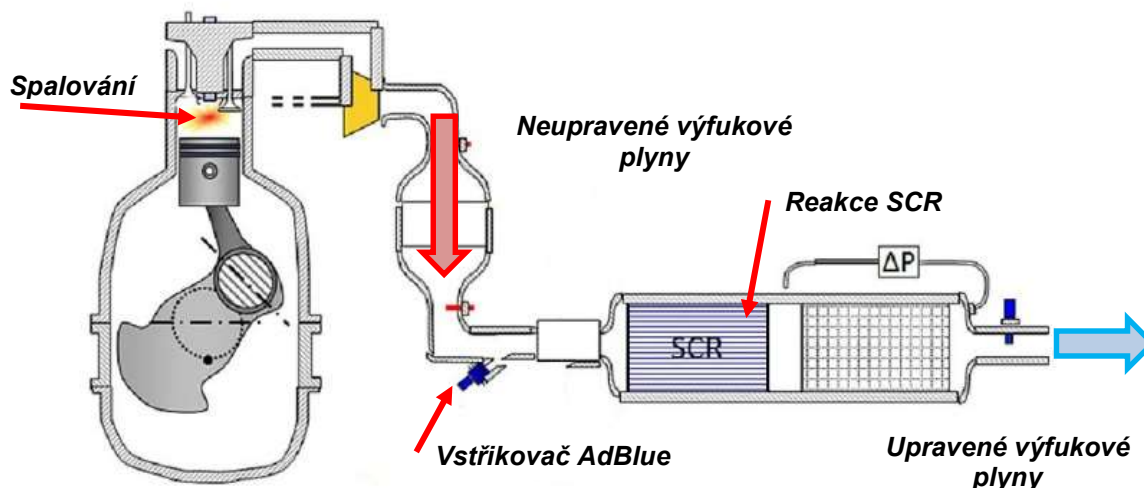
Další technologií, jak snížit emise výfukových plynů, je použití selektivní katalytické redukce. Jedná se o novější technologii, která umožnila výrobcům automobilů splnit emisní limity EURO V a EURO VI.

Motor je v základu upraven na produkci co nejmenší koncentrace pevných částic, přičemž se paradoxně uvolňuje vyšší koncentrace oxidů dusíku. Snížení této koncentrace pod limity EURO se provádí vstřikováním kapaliny se všeobecným názvem AdBlue (syntetické močoviny) do výfuku (viz Obr 6), která v určitém teplotním rozmezí rozkládá oxidy dusíku na dusík a vodu:



Reakce je velmi účinná a dokáže velmi efektivně plnit současnou normu EURO VI. Navíc také kombinuje redukci  $NO_x$  s nízkou spotřebou paliva a s tím i s nižšími emisemi oxidu uhličitého, protože SCR katalyzátor nepotřebuje pravidelnou regeneraci, jak je tomu u oxidačních katalyzátorů (Hromádko, 2011).

Nevýhodou AdBlue je, že při nízkých teplotách (přesněji od  $-11\text{ °C}$ ) zmrzne. Při zamrznutí však neztrácí své původní vlastnosti, po rozmrazení zůstává efektivnost směsi neměnná. Pro rozmrazení směsi v chladném počasí se používá elektrické vyhřívání nádoby, fungující při provozu vozidla.



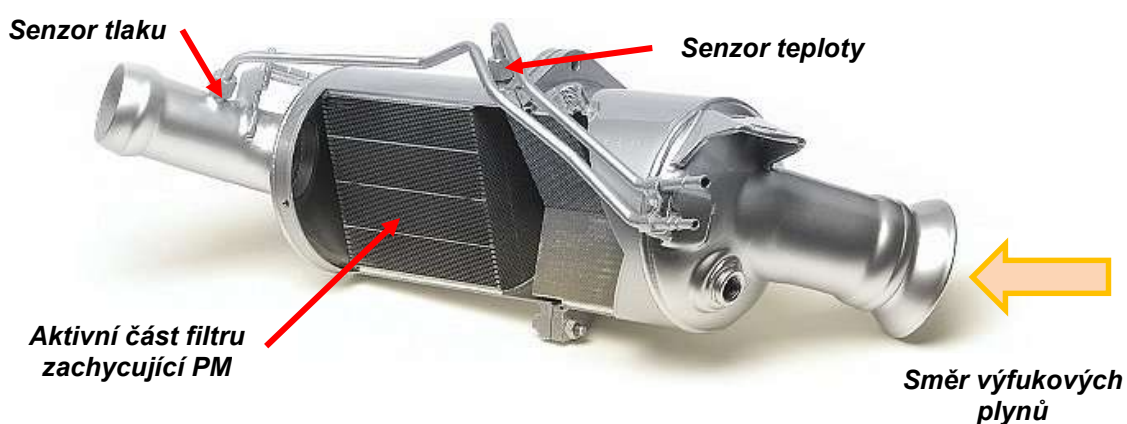
(Čermák, 2017)

**Obr 6 Reakce selektivní katalytické redukce**

### Filtr pevných částic

Filtry se používají pro mechanické zachycení pevných částic, které neshoří při spalovacím procesu a unikly by tak výfukovým potrubím do ovzduší. Pro zachycení co nejvyššího množství pevných částic se využívá filtr se speciální porézní strukturou tvořenou převážně oxidem křemičitým, který je schopný dosáhnout snížení emisí pevných částic až 90%.

Pro správnou funkčnost je třeba filtr pravidelně regenerovat. Regenerace se provádí spalováním zachycených částic za vysoké teploty, která přesahuje 550°C. Agregát se pro regeneraci speciálně nastaví, stechiometrický poměr se nastaví tak, aby palivová směs byla chudá  $\lambda > 1$ , čímž se docílí vyšší teploty (Hromádko, 2011).



(Velecký, 2014)

**Obr 7 Filtr pevných částic**

## EGR ventil

EGR funkce, neboli funkce recirkulace výfukových plynů, je využívána tam, kde se nevyužívá reakce SCR. Jedná se o využití ventilu, který je umístěn mezi sací a výfukové potrubí, kde ve správný čas otevře ventil z výfukového potrubí a přepustí část výfukových plynů do sacího potrubí motoru.

V praxi to znamená, že se smíchají výfukové plyny s právě nasávaným vzduchem a palivem a jsou vháněny do pístu opětovně. Snižuje se tím teplota hoření směsi a tím i emise výfukových plynů.

EGR ventil má však tendenci časem snižovat svou účinnost, jelikož se v útrokách ventilu usazují pevné částice a mastnota, které mohou ventil ucpat a omezit tak jeho funkčnost. Motor s ucpaným EGR ventilem obvykle nelze nastartovat. Pokud ano, výkon bude značně omezen.

### 1.3 Emisní limity dle EU

Cílem EU je do roku 2030 (ve srovnání s rokem 1990) snížit emise CO<sub>2</sub> v dopravě vyprodukované osobními automobily o 37,5% a u dodávek o 31%, celkem pak do roku 2050 snížit emise CO<sub>2</sub> v dopravě o 60%. Evropská Unie proto zavádí stále nové úrovně snižování emisí CO<sub>2</sub>, jejichž cílem je přimět výrobce automobilů k postupnému snižování emisí výfukových plynů u nově vyrobených osobních automobilů a dodávek.

Veškeré hodnoty v následujících tabulkách pochází z předpisů EC Evropské Unie o emisních limitech.

*Tab 1 Emisní norma EURO pro zážehové motory*

Norma	CO (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	HC (g/km)	HC + NO <sub>x</sub> (g/km)
EURO 1	3,16	X	X	1,13
EURO 2	2,20	X	X	0,50
EURO 3	2,30	0,15	0,20	X
EURO 4	1,00	0,08	0,10	X
EURO 5	1,00	0,06	0,10	X
EURO 6	1,00	0,06	0,10	X

Současný způsob limitování emisí zajišťují evropské emisní předpisy EURO (viz Tab 1 a Tab 2). První norma EURO vznikla již v roce 1992 a její nejaktuálnější verze je EURO 6 z roku 2014. Každá aktualizovaná norma EURO je přísnější a umožňuje automobilům vypouštět do ovzduší stále méně výfukových plynů. Emisní limity existují pro motory zážehové (viz Tab 1) a vznětové (viz Tab 2).

**Tab 2 Emisní norma EURO pro vznětové motory**

Norma	CO (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)	PM (g/km)	HC + NO <sub>x</sub> (g/km)
EURO 1	3,16	X	0,18	1,13
EURO 2	1,00	X	0,10	0,90
EURO 3	0,64	0,50	0,05	0,56
EURO 4	0,50	0,25	0,025	0,30
EURO 5	0,50	0,18	0,005	0,23
EURO 6	0,50	0,08	0,005	0,17

#### 1.4 Emisní zkoušky vozidel Škoda Auto

Měření emisí se provádí ve specializovaném zařízení za specifických podmínek. Při platnosti NEDC měření probíhalo pouze v laboratoři, nová metodika WLTP je však doplněna i o zkoušku RDE, tedy zkoušku z reálného provozu. Následně se vypočítá, o kolik se laboratorní hodnoty liší od hodnot z reálného provozu.

Laboratorní zkouška dle WLTP probíhá ve společnosti Škoda Auto a.s. v nové budově Emisní centrum jih (viz Obr 8) v oblasti technického vývoje, areál motorového centra. Budova poskytuje tři zkušební boxy pro testování vozů se spalovacím, hybridním a elektrickým agregátem, u kterých se mimo emisí bude měřit také kapacita baterie a výkon elektromotorů.

V této budově se nachází i místnost, ve které se vozidla temperují na teplotu požadovanou do zkoušky WLTP. Tato místnost se nazývá přípravná a celoročně se zde udržuje teplota 23 stupňů Celsia.

Laboratoř je dimenzována i na speciální klimatické zkoušky. Ve zkušebních boxech může být teplota nastavena v rozpětí od -40 do +65 stupňů celsia a s rozpětím vlhkosti vzduchu od 10 do 95% se jedná o jedno z mála míst v ČR, kde je možné tyto druhy zkoušek provádět.



(skoda-storyboard.com, 2019)

**Obr 8 Škoda Auto: Emisní centrum jih**

Ve zkušebních boxech je k dispozici válcový dynamometr (viz Obr 9). Toto zařízení, převážně využívané k měření výkonu jednotlivých vozidel, konkrétně umožňuje simulaci jednotlivých druhů jízdy, od jízdy ve městě po dálniční jízdu. Vůz je možné zrychlit až na 250 km/h, což umožňuje simulaci jízdy i pro nejvýkonnější modely Škoda. Jízdní odpory jsou v tomto případě nahrazeny působením brzdících elektromotorů, které brzdí vozidlo silou až 220 kW na každou nápravu, což umožňuje testování vozidel dle metodiky WLTP (Škoda Auto a.s, 2019).



(skoda-storyboard.com, 2019)

**Obr 9 Škoda Auto: Emisní laboratoř**

## 2 Charakteristika zkoušek dle legislativy NEDC a WLTP

V roce 2018 došlo k zásadní změně emisního testování osobních automobilů uplatněním nové metodiky WLTP, která nahradila zastaralou legislativu NEDC. Skutečná spotřeba paliva a množství emisí se v některých případech mohlo lišit od údajů uvedených výrobcem.

Nová metodika slouží ke zjišťování reálnější spotřeby paliva a emisí výfukových plynů na základě komplexnějšího zkoušení testovaných vozidel. Při měření hodnot zásadně záleží na jízdním stylu nebo na výbavě vozidla. Záleží také, pokud vozidlo jezdí převážně v městském, příměstském nebo dálničním provozu.

Všechna data v této kapitole pocházejí z předpisů R83 (NEDC) a 1151 (WLTP) jízdních metodik, volně přístupných na portálu Eur-lex.eu

### 2.1 NEDC

Metodika NEDC se začala vyvíjet již v 80. letech dvacátého století, v průběhu desetiletí byla několikrát aktualizována, naposledy však v roce 1997. Měření probíhalo v umělých podmínkách laboratoří, kde bylo velmi snadné nastavit podmínky tak, aby výsledné hodnoty byly co nejpozitivnější. Metodika nezahrnovala ani testování v reálném provozu.

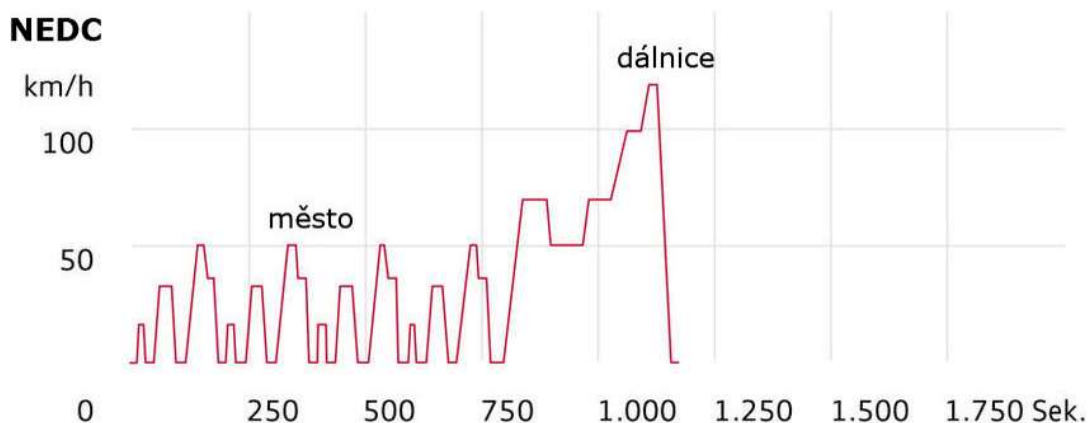
Proto byla několikrát zpochybněna správnost naměřených hodnot ve vztahu k reálnému provozu a ke stupni výbav jednotlivých modelů. Kauza Dieselgate v roce 2015 navíc ukázala, že současný stav emisního testování automobilů již není dostačující, a proto byla v roce 2017 metodika NEDC nahrazena.

Jízdní cyklus dle metodiky NEDC se skládá ze dvou samostatných částí (viz Tab 3) a dohromady trvá přesně 19 minut a 40 sekund. Městská část se navíc skládá ze čtyř identických, po sobě jdoucích dílčích cyklů.

**Tab 3 Složení jízdního cyklu NEDC**

	Městská část	Mimoměstská (dálniční) část
Trvání	Cca 13 minut	Cca 7 minut
$V_{MAX}$ (km/h)	50	120
$L_{CELKOVÁ}$ (m)	4052	6955

V průběhu zkoušky jsou na vozidle zapnutá pouze zařízení nezbytná ke správnému vykonání zkoušky. Pomocná zařízení, jako jsou světla, klimatizace, nebo stěrače, jsou během zkoušení vypnuta. Vozidlo je ofukováno vzduchem z ventilátoru, jehož rychlost je přímo úměrná rychlosti válců dynamometru.



(Audi.cz, 2018)

#### **Obr 10 Složení jízdního cyklu NEDC**

Během zkoušky je vozidlo připojeno na systém CVS, který ředí výfukový plyn vzduchem. Následně se zředěný výfukový plyn nasbírává do jednoho nebo více speciálních inertních vaků a uschovává se k analýze. Analýzu je nutné provést nejdéle do 20 minut po jízdní zkoušce.

V laboratorních podmínkách je dodržení těchto parametrů jedním z hlavních aspektů pro správné ukončení zkoušky. Další rámcové podmínky nutné pro správné dodržení zkoušky jsou:

- Vozidlo před zkouškou musí být zajeté dle pokynů a standardů výrobce automobilů a musí mít najeto minimálně 3.000 km
- Vozidlo je před zkouškou temperováno na teplotu 20–30 °C.
- Pro zkoušku se využívá referenční palivo. V podstatě se jedná o běžné palivo se specifickou hustotou a složením, vyrobené především pro účel zkoušky.
- Zkouška začíná nastartováním motoru v bodě 0 (viz Obr 10).
- V průběhu zkoušky je nutné vozidlo rozpohybovat dle rychlostní tolerance  $\pm 2$  km/h a časové tolerance  $\pm 1$  sekunda.

Dále přichází na řadu samotné vyhodnocení zkoušky. Na základě analýzy výfukových plynů a výpočtů udávaných předpisem R83 se vypočítají emise oxidu uhličitého a ostatních škodlivin, jednotlivě pro městskou část a mimoměstskou část. Z emisí oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků se vypočítají také spotřeby paliva, jednotlivě pro městskou část a mimoměstskou část.

Hlavními výstupy homologačního měření jsou tedy spotřeba paliva a emise oxidu uhličitého. Z výsledných hodnot spotřeby paliva se dále váženým průměrem vypočítá kombinovaná spotřeba paliva. Udává se ve formátu l/100 km (litr paliva na 100 kilometrů) a zaokrouhuje se na jedno desetinné místo. Z výsledných hodnot emisí oxidu uhličitého se dále váženým průměrem vypočítají kombinované emise oxidu uhličitého. Udává se ve formátu g/km (gram emisí na kilometr) a zaokrouhuje se na celé číslo.

Z výtahu metodiky NEDC vyplývá, že spotřeba paliva v reálném provozu a s tím i emise výfukových plynů se budou lišit od hodnot získaných v laboratoři. Právě z tohoto důvodu vstoupila v platnost nová metodika WLTP.

## 2.2 WLTP

V září roku 2017 bylo v reakci na nedostačující metodiku NEDC zavedeno homologační zkoušení vozidel podle WLTP. Metodika má být zavedena celosvětově, svou premiéru však zažívá v Evropě.

Nový standard byl vyvinut dle jízdních dat získaných z celého světa a zahrnuje všechny jízdní situace, od městského provozu až po jízdu po dálnici. Dále zohledňuje vyšší míru akcelerace, decelerace, dynamičtější způsob jízdy, vyšší maximální rychlost a vyšší průměrnou rychlost (Eurlex, 2019).

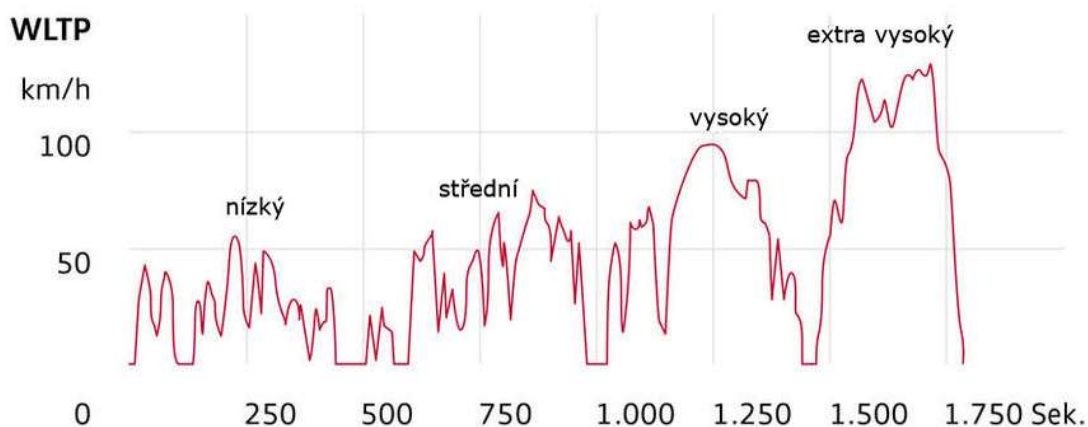
Jízdní cyklus dle metodiky WLTP se skládá ze čtyř částí (viz Tab 4).

**Tab 4 Složení jízdního cyklu WLTP**

	Nízký	Střední	Vysoký	Extra vysoký
<b>Trvání (s)</b>	<b>589</b>	<b>433</b>	<b>455</b>	<b>323</b>
<b>V<sub>MAX</sub> (km/h)</b>	<b>56,5</b>	<b>76,6</b>	<b>97,4</b>	<b>131,3</b>
<b>L<sub>CELKOVÁ</sub> (m)</b>	<b>3095</b>	<b>4756</b>	<b>7162</b>	<b>8254</b>



Z Tabulky (viz Tab 4) je patrné, že jízdní cyklus je více podobný reálnému provozu. Maximální rychlost se oproti NEDC zvýšila o více než 11 km/h, doba zkoušky je delší o 10 minut a celková ujetá vzdálenost se navýšila na 23 kilometrů. Zvýšilo se také % stání, které simuluje stále hustší městský provoz.



(Audi.cz, 2018)

#### **Obr 11 Složení jízdního cyklu WLTP**

Významnou změnu přinesla metodika WLTP v případě řazení. Zatímco během NEDC bylo předem definováno řazení pouze u agregátů s manuální převodovkou, u WLTP jsou body řazení přesně definované pro všechny typy převodovek. Částečně se tím eliminuje skutečnost, že každý člověk má jiný jízdní styl a výsledné hodnoty zkoušky by mohly být lehce zavádějící.

Dalším důležitým aspektem zkoušky je zahrnutí mimořádných výbav do emisních zkoušek. Aby mohlo být vozidlo homologováno, musí být testované všechny motorizace se všemi kombinacemi výbavových stupňů včetně mimořádných výbav, které mohou mít vliv na valivý odpor, aerodynamiku nebo hmotnost vozidla. Konkrétně pro značku Škoda se jedná o zásadní problém, jelikož konfigurací mimořádných výbav se všemi motorizacemi může být pro dražší modely několik stovek.

Další vliv na hodnoty emisí výfukových plynů má spotřeba elektrické energie v průběhu jízdy. Funkční klimatizace či topení nezanedbatelně zvyšuje spotřebu paliva a tím i množství vyprodukovaných emisí. Klimatizace má však v aktuální fázi WLTP prozatimní vyjímku z testování.

V laboratorních podmínkách je dodržení těchto parametrů jedním z hlavních aspektů pro správné ukončení zkoušky. Další rámcové podmínky odlišné od metodiky NEDC jsou:

- Pneumatiky nesmí být starší než 2 roky a nesmí být chemicky ani jinak ošetřeny a musí mít najeto minimálně 200 km. Dále musí být nahuštěné minimálně 50% nad minimální hodnotou udávanou výrobcem.
- Všechny přístroje a zařízení nutné ke zkoušce se nainstalují tak, aby byl eliminován jejich vliv na aerodynamiku vozidla.
- Vozidlo je temperováno na přesnou teplotu  $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
- Válcový dynamometr musí být suchý a bez přítomnosti cizích předmětů a nečistot, které by mohli způsobit prokluz pneumatik.

Po samotné laboratorní zkoušce přichází na řadu vyhodnocení. Na základě analýzy výfukových plynů a výpočtů udávaných předpisem 1151 se vypočítají emise oxidu uhličitého a ostatních škodlivin, jednotlivě pro jízdní části nízká, střední, vysoká a extra vysoká. Z emisí oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků se vypočítají také spotřeby paliva, jednotlivě pro nízkou, střední, vysokou a extra vysokou jízdní část.

## 2.3 RDE

RDE jsou emisní testy v reálném provozu. Jde o jízdní zkoušku doplňující a kontrolující laboratorní test WLTP, jejichž hodnoty jsou při konečných výsledcích porovnávány.

K vozidlu je připojen systém PEMS (viz Obr 12), který sleduje hodnoty reálně vycházející z výfukového potrubí v průběhu jízdy. V této fázi WLTP se jedná zejména o oxid uhelnatý a oxidy dusíku, obsažené ve výfukových plynech. Zařízení obsahují průtokoměry výfukových plynů, plynové analyzátory, systém GPS se 4G mobilním připojením a mobilní meteostanici (teploměr, barometr, hydrometr, ...).

**Tab 5 Složení jízdního cyklu RDE**

	Městská část	Mimoměstská část	Dálniční část
Rychlost	15–30 km/h	60–90 km/h	Ø 145 km/h
Teoretický čas	10 min	10 min	10 min

Zkouška RDE je co se pravidel a předpisů týče volnější, než WLTP. Je navržena tak, aby se simulovala jízda ve třech částech provozu: Městská část, mimoměstská část a dálniční jízda (viz Tab 5). Venkovní teplota musí být v rozmezí od -7 °C do +30 °C a nadmořská výška v průběhu zkušební jízdy nesmí přesáhnout 700 m. n. m. V průběhu zkoušky je také doporučeno nepřekročit výškový rozdíl o více než 100 metrů.

Výsledné hodnoty naměřené podle WLTP a RDE následně projdou tzv. faktorem shody, který udává o kolik se jednotlivé naměřené hodnoty mohou lišit. Zkouška je platná, zdali hodnoty naměřené během zkoušky nepřekročí hodnoty naměřené v laboratoři během zkoušky WLTP o 50 %.



(skoda-storyboard.com, 2019)

**Obr 12 Vůz Škoda Karoq se zařízením PEMS při emisní zkoušce RDE**

### **3 Analýza vybraných faktorů na výsledné hodnoty zkoušek**

Pro správně provedené měření je nutné zajistit, aby vozidlo bylo ve stálém prostředí ovlivňováno minimálním množstvím fyzikálních nebo jiných vlivů. Pokud při zkoušce nebude dodržena stálost prostředí dána předpisem NEDC nebo následně WLTP, zkouška se vyhodnotí jako neplatná.

#### **3.1 Charakteristika jednotlivých faktorů**

Na vozidlo působí celá řada faktorů, které se musí během vyhodnocení zkoušky zohlednit. Pokud by se tyto faktory při závěrečném výpočtu hodnot nezohlednily, výsledky by zdaleka neodpovídaly realitě. Napříč celou modelovou paletou Škoda Auto je mnoho druhů vozů s odlišnou karoserií, motorizací, pohonem a elektrifikací. Každé z těchto vozidel má řadu parametrů, které individuálně nemalým způsobem ovlivňují výsledné hodnoty.

#### **Jízdní odpory**

Vozidlo při pohybu „brzdí“ součet fyzikálních sil, které dohromady tvoří celkový jízdní odpor vozidla. Některé odpory působí výrazněji, jiné méně výrazně, vše záleží na okolních podmínkách. Pro účely laboratorní zkoušky je nutné znát průměrné hodnoty valivého odporu, odporu vzduchu (přesněji aerodynamického), odporu zrychlení a odporu stoupání.

Vozidlo se vždy pohybuje po silničním, popř. jiném povrchu. Kontakt vozidla s povrchem zajišťují pneumatiky. Jejich složení, rozměr a tlak nemalým způsobem ovlivňují emise škodlivých látek a pevných částic. Jízdní odpor plynoucí z kontaktu pneumatik a vozovky se nazývá valivý odpor. Pro jeho výpočet je nutné znát přesnou hmotnost vozidla, tíhové zrychlení a za předpokladu jízdy po nakloněné rovině i úhel nakloněné roviny.

Aerodynamický odpor působí na čelní stranu vozidla v případě dopředného pohybu. V průběhu zatáčení či couvání aerodynamický odpor působí i na ostatní části vozu, které se však v laboratorní zkoušce nezohledňují. Aerodynamický odpor brání vozidlu konstantně zrychlovat tím, že hustota okolního prostředí „tlačí“ na vozidlo směrem proti pohybu vozidla. Pro výpočet aerodynamického odporu je nutné znát hustotu vzduchu, čelní plochu zkoušeného vozidla, součinitel aerodynamického odporu a rychlost vzduchu proudící kolem vozidla.

Vozidlo se však nemůže pohybovat konstantní rychlostí. V závislosti na řidiči vozidlo akceleruje nebo deceleruje. Síla, působící na vozidlo, které se při akceleraci a deceleraci pohybuje směrem vpřed, se nazývá odpor zrychlení (přesněji setrvačný). Vozidlo, které dosáhlo určité rychlosti, ale dál nezrychluje, posouvá vpřed setrvačná síla. Pro výpočet setrvačného odporu je nutné znát odpor setrvačnosti pohybujících se částí a odpor zrychlení posuvných hmot.

Při pohybu vozidla do kopce je nutné brát v úvahu také odpory stoupání. Pro účely laboratorní zkoušky je však vůz akcelerován a brzděn na relativní rovině, tudíž se síla působící na vozidlo během stoupání při zkoušce nezohledňuje.

Valivý odpor, aerodynamický odpor a odpor zrychlení jsou v celkovém součtu odporovými silami, které se vyjadřují koeficienty [F0], [F1] a [F2]. Koeficient [F0] vyjadřuje konstantu odporové síly v newtonech [N], [F1] vyjadřuje konstantu odporové síly v newtonech kilometr za hodinu [N/(km/h)] a [F2] vyjadřuje konstantu odporové síly (v newtonech kilometr za hodinu na druhou [N/(km/h)<sup>2</sup>]).

### **Setrvačnost rotujících dílů**

Tímto se rozumí vliv rotace jednotlivých kol na dynamiku vozidla. Zatímco při testování dle metodiky NEDC byla zohledňována pouze dvě otáčející se kola (resp. čtyři, v závislosti na typu pohonu), dle metodiky WLTP jsou nezávisle na typu pohonu zohledňována všechna čtyři otáčející se kola.

Hodnoty setrvačných sil při akceleraci a deceleraci vozidla se v závislosti na složitost procesu vypočítají během jiné, nezávislé laboratorní zkoušky. Pro účel emisní zkoušky jsou poskytnuty emisní laboratoři.

### **Hmotnost vozidla**

Hmotnost vozidla během zkoušky se udává jako referenční hmotnost (RW). Během testování dle metodiky NEDC se zkouška řídí dle tabulky intervalů referenčních hmotností (viz Tab 6) a pro nastavení dynamometrů se používá hodnota ekvivalentní setrvačné hmotnosti odpovídající intervalu referenční hmotnosti vozidla. Pro vozy s hmotností vyšší než 2610 kilogramů se použije nejvyšší možná hodnota ekvivalentní setrvačné hmotnosti násobena koeficientem dle daného předpisu.

**Tab 6 Požadavky na simulovanou ekvivalentní setrvačnou hmotnost**

<b>Referenční hmotnost vozidla RW (kg)</b>	<b>Ekvivalentní setrvačná hmotnost (kg)</b>
<b>RW ≤ 480</b>	<b>455</b>
<b>480 &lt; RW ≤ 540</b>	<b>510</b>
<b>540 &lt; RW ≤ 595</b>	<b>570</b>
<b>595 &lt; RW ≤ 650</b>	<b>625</b>
<b>...</b>	<b>...</b>
<b>2380 &lt; RW ≤ 2610</b>	<b>2270</b>
<b>2610 &lt; RW</b>	<b>2270</b>

Metodika WLTP přinesla zásadní změnu v určování ekvivalentní setrvačné hmotnosti vozidel. Vychází se z tabulky ekvivalentních setrvačných hmotností z předpisu R83 NEDC (viz Tab 6), ovšem samotná ekvivalentní setrvačná hmotnost se vypočítá v přímé závislosti na přesnou hmotnost vozidla.

Hmotnosti pro jednotlivé vozy se stanovují celkem tři: reálná hmotnost vozidla při zkoušce, reálná hmotnost vozidla při zkoušce s řidičem a reálná hmotnost vozidla bez připojených zařízení potřebných ke zkoušce.

### **Klimatické podmínky zkoušky**

Na výsledné hodnoty zkoušky má rovněž velký vliv vzduch foukaný na přední část vozu. Vozidlo je během zkoušky ofukováno ventilátorem, který v podstatě kopíruje jízdu vozidla a podle rychlosti dynamometru se síla ofuku zvyšuje či snižuje. Správná teplota foukaného vzduchu je důležitá pro dodržení požadavků zkoušky, kdy vzduch musí mít konstantní teplotu a rychlost, jinak je zkouška neplatná a musí se opakovat.

Teplota ve zkušební komoře musí být temperována přesně na 23°C, na přání výrobce je však možné teplotu v průběhu zkoušky nastavit v rozmezí od 20 - 25°C. Vozidlo samotné je temperováno na teplotu 23°C, kdy nejdůležitější je dodržet teplotu motoru na 23°C (čímž se rozumí teplota všech provozních náplní a částí motoru před zahájením zkoušky) s povolenou odchylkou  $\pm 2^\circ\text{C}$ , což odpovídá standardům pro správné dodržení laboratorní zkoušky.

Teplota 23°C je zde nastavena na tuto hodnotu z důvodu efektivnosti spalovacího procesu. Při vyšších nebo nižších teplotách je proces spalování paliva méně efektivní a hodnoty emisí výfukových plynů jsou vyšší. Výsledkem mohou být zkreslené hodnoty emisí, proto metodika WLTP udává tuto hodnotu, aby všichni výrobci automobilů měli stejné podmínky.

Vlhkostí vzduchu se rozumí množství vody v plynném stavu v celkovém složení ovzduší. Pokud je vlhkost vzduchu příliš nízká, efektivnost spalovacího procesu klesá a hodnoty emisí uhlíkatých sloučenin jsou vyšší. Pokud je vlhkost vzduchu příliš vysoká, spalovací proces produkuje více oxidů dusíku, avšak pro agregát samotný je výhodou snížené přehřívání a méně emisí uhlíkatých sloučenin.

Ideální vlhkost vzduchu pro stabilní proces spalování je 30% vlhkost. Pro výrobce automobilů je proto důležité, aby se vlhkost vzduchu ve zkušební komoře co nejvíce blížila této hodnotě. Dodržením 30% vlhkosti vzduchu se docílí nejlepších výsledků naměřených hodnot.

## **Použité pneumatiky**

Pneumatiky jsou pro emisní zkoušky velmi důležitým faktorem pro zohlednění. Typ pneumatik použitých pro zkoušku nemálo ovlivní výsledné hodnoty. Pro správně vykonanou zkoušku je nutné co nejlépe vybrat správný rozměr pneumatik, dále nastavit jejich správný tlak a zohlednit také technický stav a výšku běhounu pneumatiky.

Zatímco při testování dle metodiky NEDC nebylo blíže předepsáno na jakou hodnotu mají být nahuštěny pneumatiky pro zkušební hmotnost vozidla, u testování dle metodiky WLTP se použije nejnižší doporučený tlak pneumatik. Pro výpočet jízdního zatížení (odporu) se vypočítá průměrný tlak pneumatik [ $P_{avg}$ ] jako průměr minimálního a maximálního tlaku povoleného u zvoleného typu pneumatik.

$$P_{avg} = \frac{P_{max} + P_{min}}{2}$$

*$P_{max}$  – průměr maximálních tlaků zvolených pneumatik na přední a zadní nápravě*

*$P_{min}$  – průměr minimálních tlaků zvolených pneumatik na přední a zadní nápravě*

Pro řádný průběh zkoušky je nutné zohlednit také předpis hloubky běhounu zvoleného druhu pneumatik. U metodiky NEDC byla minimální povolená hloubka

běhounu 50% oproti stavu nové pneumatiky. Metodika WLTP však povoluje minimální hloubku běhounu 80%, což je rozdíl v průměru o 2 mm mezi oběma postupy. Odpovídající odpor působící na vozidlo se pro výpočet jízdního zatížení stanoví dle vzorce:

$$TTD = \left(2 \frac{0,1 \times RM_n \times 9,81}{1000}\right)$$

$RM_n$  – referenční hmotnost vozidla

### **Stav nabití baterie**

Dalším faktorem ovlivňujícím průběh zkoušky může být kolísání proudu v elektrickém rozvodu vozidla. Pro správné dodržení laboratorní zkoušky musí být počáteční stav nabití baterie vyšší než 99% kapacity. Toto platí pro všechny typy laboratorních zkoušek.

Pokud by byla použita baterie, jejíž nižší počáteční hodnota nabití by mohla způsobit kolísání proudu a tím ovlivnit výsledné hodnoty zkoušky, zkouška se prohlásí za neplatnou.

### **3.2 Zohlednění faktorů v rámci laboratorní zkoušky**

Pro účely zkoušky se veškeré parametry jízdních faktorů zohlední v průběhu měření. Měření probíhá za pomoci poloautomatizovaného systému, který pracuje se všemi zadanými hodnotami. Do systému se zadají koeficienty jízdních odporů [F0], [F1] a [F2] specifické pro zkoušené vozidlo a dále ostatní parametry, jako druh a rozměr pneu (tlak pneumatik je pro určené vozidlo s určeným rozměrem pneu přednastaven), jednotlivé hmotnosti vozu (v závislosti na výbavovém stupni nebo složení agregátu motor/převodovka), kapacita baterie a další, systémem požadované hodnoty.

Proměnné veličiny, jako je teplota okolního prostředí ve zkušebním boxu, teploty jednotlivých částí vozu, převážně však motorových komponentů a výfukové soustavy nebo vlhkost vzduchu ve zkušebním boxu jsou měřeny v reálném čase a v průběhu zkoušky systémově vyhodnocovány měřícím programem.

Výsledné hodnoty jsou dále poskytnuty odborným útvarům k vyhodnocení. Úkolem je vytvořit z výsledných hodnot souhrnná data, která zobrazují jednotlivé složky výfukových plynů vyprodukované během zkoušky.



## 4 Analýza emisních zkoušek vybraných vozidel

Vyhodnocování emisních zkoušek je velmi rozsáhlý, komplexní proces, který se vyhodnocuje pomocí specializovaného měřicího systému, fungujícího výhradně pro potřeby homologačních emisních zkoušek. Program vyhodnocuje veškeré emise výfukových plynů, jejichž poměrná část pomocí soustavy hadic a trubicového systému proudí skrz specializovaný měřicí systém do připravených inertních vaků.

Tento postup se nazývá CVS, při kterém se část obsahu inertních vaků naředí vzduchem s přesným složením a následně se tato směs vzduchu a výfukových plynů analyzuje pomocí vysoce přesných měřících zařízení. Tato zařízení musejí být před jednotlivou homologační i laboratorní zkouškou kalibrovány a certifikovány na specifický typ zkoušky.

Po konzultaci se specialisty na laboratorní emisní zkoušky a homologační emisní zkoušky bylo pro účely bakalářské práce vybráno celkem šest vozů se šesti různými motorizacemi (viz Tab 7). Všechny vozy byly zkoušeny dle metodiky NEDC i WLTP. Vozy A, B a C, tedy vozy výhradně se zážehovým agregátem, jsou vozidla nižší střední třídy karoserie hatchback, všechny s manuální převodovkou (viz Tab 7) Vozidla X, Y a Z, tedy vozy výhradně se vznětovým agregátem, jsou vozidla vyšší střední třídy, kde vozidla X a Y jsou karoserie sedan s manuální převodovkou a vozidlo Z je karoserie limuzína s automatickou převodovkou DSG (viz Tab 7).

**Tab 7 Vozy zkoušené pro účely práce prostřednictvím laboratorní zkoušky**

Zážehové agregáty		Vznětové agregáty	
<b>A</b>	1.0L/44kW	<b>X</b>	1.6/85kW
<b>B</b>	1.0L/59kW	<b>Y</b>	2.0/110kW
<b>C</b>	1.6L/81kW	<b>Z</b>	2.0/140kW

### 4.1 Laboratorní zkoušky vozidel

Předmětem laboratorní zkoušky bylo vyhodnotit emise vybraných výfukových plynů, které jsou relevantní k tématu znečišťování ovzduší a porovnat jejich hodnoty ve vztahu k metodikám NEDC a WLTP. Vypočítané a naměřené vstupní hodnoty (viz Tab 8) byly zadány do systému, spolu s dalšími hodnotami specifickými pro dané vozidlo. Z hodnot naměřených během laboratorních zkoušek byly poté vybrány

emise jednotlivých sloučenin (viz Tab 9) vybrané pro účely práce. Všechny hodnoty pocházejí z interních laboratorních měření Škoda Auto a.s., konkrétně oddělení EPS/1 – aplikace řídicích systémů motoru a také EPS/2 – aplikace platformových agregátů.

Během měření vozů se zážehovým agregátem se pro účely zkoušky použily vstupní hodnoty zvláště pro metodiku NEDC (viz Tab 10 a 14) a WLTP (viz Tab 11 a 15). Každé vozidlo bylo zkoušeno podle předem připravených vstupních hodnot pro konkrétní vůz.

Rozdíl mezi metodikami NEDC a WLTP má být převážně v realističtějších hodnotách vycházejících z homologačních měření. Jelikož se cyklus WLTP více blíží reálnému zákaznickému provozu, předpokladem tedy byly vyšší hodnoty emisí výfukových plynů a vyšší spotřeba paliva.

**Tab 8 Vstupní hodnoty laboratorní zkoušky**

Vstupní hodnoty			
Hmotnosti	F0	F1	F2
kg	N	N/(km/h)	[N/(km/h) <sup>2</sup> ]

**Tab 9 Výstupní hodnoty laboratorní zkoušky**

Výstupní hodnoty					
THC	NMHC	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Spotřeba paliva
mg/km	mg/km	mg/km	mg/km	g/km	l/100km

## Laboratorní zkouška vozidel se zážehovým agregátem

**Tab 10 Vstupní hodnoty jízdních faktorů vozidel se zážehovým agregátem dle NEDC**

Vstupní hodnoty				
Vozidlo	Hmotnost (kg)	F0 (N)	F1 [N/(km/h)]	F2 [(N/(km/h)) <sup>2</sup> ]
<b>A</b>	1247	88,2	0,5530	0,03680
<b>B</b>	1409	92,1	0,4840	0,03990
<b>C</b>	1700	174,4	0,5290	0,03590

**Tab 11 Vstupní hodnoty jízdních faktorů vozidel se zážehovým agregátem dle WLTP**

Vstupní hodnoty				
Vozidlo	Hmotnost (kg)	F0 (N)	F1 [N/(km/h)]	F2 [(N/(km/h)) <sup>2</sup> ]
A	1291	88,2	0,6370	0,03558
B	1360	110,7	0,4610	0,03890
C	1703	195,8	0,5920	0,03750

Z tabulek vstupních hodnot (viz Tab 10 a 11) lze pozorovat zřejmý rozdíl převážně v hmotnostech zkoušených vozů a v jízdních odporech F0. Metodika WLTP předpokládá vyšší zatížení vozu v reálném provozu, proto je rozdíl mezi metodikou WLTP a NEDC převážně v zatížení vozu.

**Tab 12 Výstupní hodnoty emisí vozidel se zážehovým agregátem dle NEDC**

Výstupní hodnoty						
Vozidlo	THC (mg/km)	NMHC (mg/km)	NO <sub>x</sub> (mg/km)	CO (mg/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Spotřeba (l/100km)
A	28,81	26,60	10,05	255,34	135,76	5,96
B	39,22	37,13	10,48	155,26	134,56	5,79
C	23,19	21,84	5,63	217,64	182,01	7,83

**Tab 13 Výstupní hodnoty emisí vozidel se zážehovým agregátem dle WLTP**

Výstupní hodnoty						
Vozidlo	THC (mg/km)	NMHC (mg/km)	NO <sub>x</sub> (mg/km)	CO (mg/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Spotřeba (l/100km)
A	33,58	31,31	11,65	225,26	138,47	6,11
B	34,04	31,72	12,49	187,83	139,28	6,00
C	19,43	17,57	11,03	295,49	189,01	8,16

Z tabulek výstupních hodnot (viz Tab 12 a 13) lze pozorovat zřejmý rozdíl převážně ve spotřebě paliva, dále pak zvýšení i snížení jednotlivých emisí v řádu jednotek.

## Laboratorní zkouška vozidel se vznětovým agregátem

**Tab 14 Vstupní hodnoty jízdních faktorů vozidel se vznětovým agregátem dle NEDC**

Vstupní hodnoty				
Vozidlo	Hmotnost (kg)	F0 (N)	F1 [N/(km/h)]	F2 [(N/(km/h)) <sup>2</sup> ]
X	1360	57,7	0,6630	0,03397
Y	1590	123,2	0,2450	0,03553
Z	1810	126,0	0,5700	0,03100

**Tab 15 Vstupní hodnoty jízdních faktorů vozidel se vznětovým agregátem dle WLTP**

Vstupní hodnoty				
Vozidlo	Hmotnost (kg)	F0 (N)	F1 [N/(km/h)]	F2 [(N/(km/h)) <sup>2</sup> ]
X	1556	96,9	0,6440	0,02521
Y	1741	154,5	0,1740	0,03737
Z	1972	198,3	0,4570	0,04107

Z tabulek vstupních hodnot (viz Tab 14 a 15) lze pozorovat, že největší rozdíl je v hmotnostech vozidel. Jízdní odpory F0 pro WLTP jsou oproti vozidlům se zážehovým agregátem také řádově vyšší oproti hodnotám pro NEDC. Tento fakt je dán tím, že pro laboratorní zkoušky vozidel se vznětovým agregátem byla vybrána vozidla vyšší střední třídy s objemově větším agregátem, která jsou těžší a u kterých je přechod z WLTP na NEDC kvůli odlišnému navážení vozidel znatelnější.

**Tab 16 Výstupní hodnoty emisí vozidel se vznětovým agregátem dle NEDC**

Výstupní hodnoty						
Vozidlo	THC (mg/km)	NMHC (mg/km)	NO <sub>x</sub> (mg/km)	CO (mg/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Spotřeba (l/100km)
X	12,41	8,37	47,54	119,83	102,60	3,91
Y	7,34	3,31	23,36	75,27	112,87	4,29
Z	10,98	6,90	36,74	73,57	134,18	5,10

**Tab 17 Výstupní hodnoty emisí vozidel se vznětovým agregátem dle WLTP**

Výstupní hodnoty						
Vozidlo	THC (mg/km)	NMHC (mg/km)	NO <sub>x</sub> (mg/km)	CO (mg/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Spotřeba (l/100km)
X	4,37	2,52	33,51	36,24	127,55	4,87
Y	2,26	2,26	9,86	3,66	151,44	5,77
Z	5,92	4,70	20,13	26,24	163,59	6,24

Výsledky měření zkušebních vozidel během laboratorní zkoušky (viz Tab 12, 13 a 16, 17) jsou simulované převážně pro účely bakalářské práce, tudíž se jedná o hodnoty se statusem vývojového stavu. Výsledné hodnoty pro koncové zákazníky se mohou v mnoha aspektech lišit.

## 4.2 Zpracování výsledků laboratorních zkoušek

Naměřená data z laboratorních zkoušek vcelku splnila očekávání. Přesto, že se jednalo o simulované měření a výsledné hodnoty mohly být zkreslené, vliv rozdílu metodiky WLTP oproti NEDC je znatelný na první pohled.

U vozů se zážehovým agregátem (viz Tab 18) můžeme pozorovat menší odchylky mezi výslednými hodnotami, celkově jsou naměřené hodnoty z těchto laboratorních zkoušek dobře porovnatelné.

**Tab 18 Rozdíl ve výsledných hodnotách emisí mezi metodikou NEDC a WLTP**

Výsledné hodnoty zážehové agregáty						
Vozidlo	THC (mg/km)	NMHC (mg/km)	NO <sub>x</sub> (mg/km)	CO (mg/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Spotřeba (l/100km)
A	+4,77	+4,71	+1,60	-30,08	+2,71	+0,15
B	-5,18	-5,42	+2,00	+32,57	+4,72	+0,21
C	-3,77	-4,27	+5,40	+77,85	+7,00	+0,33
Průměr	-1,39	-1,66	+3,00	+26,78	+4,81	+0,23

U vozů se vznětovým agregátem (viz Tab 19) se naměřené hodnoty liší více. Důvodem mohou být zřetelně vyšší hmotnosti vozidel (viz Tab 14 a 15) ovlivňující celkové jízdní vlastnosti v průběhu zkoušky nebo odlišné nastavení zkoušky dle WLTP a NEDC pro vznětové agregáty oproti zážehovým agregátům.

**Tab 19 Rozdíl ve výsledných hodnotách emisí mezi metodikou NEDC a WLTP**

Výsledné hodnoty vznětové agregáty						
Vozidlo	THC (mg/km)	NMHC (mg/km)	NO <sub>x</sub> (mg/km)	CO (mg/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Spotřeba (l/100km)
X	-8,04	-5,85	-14,03	-83,59	+24,95	+0,96
Y	-5,08	-1,05	-13,50	-71,61	+38,57	+1,48
Z	-5,06	-2,20	-16,61	-47,33	+29,41	+1,14
<b>Průměr</b>	<b>-6,06</b>	<b>-3,03</b>	<b>-14,71</b>	<b>-67,51</b>	<b>+30,98</b>	<b>+1,19</b>

### Hodnoty THC a NMHC

Rozdíly v naměřených emisích celkových uhlovodíků a z toho odvozených emisí uhlovodíků bez přítomnosti metanu pro zážehové agregáty (viz Tab 18) jsou smíšené. U vozidla A došlo ke zvýšení hodnot u měření dle WLTP oproti NEDC, celkově jsou však hodnoty emisí uhlovodíků dle WLTP v průměru o 1,39 mg/km nižší než dle metodiky NEDC. Hodnoty emisí uhlovodíků bez metanu jsou v průměru nižší o 1,66 mg/km, i přes fakt, že u vozu A došlo dle metodiky WLTP ke zvýšení emisí oproti NEDC.

U všech vozidel se vznětovým agregátem (viz Tab 19) došlo ke snížení hodnot celkových emisí uhlovodíků a uhlovodíků bez metanu. Naměřené hodnoty emisí u vozidel se vznětovým agregátem jsou v průměru o 6,06 mg/km nižší dle metodiky WLTP oproti NEDC, uhlovodíky bez metanu jsou nižší v průměru o 3,03 mg/km.

### Hodnoty NO<sub>x</sub>

Výsledné hodnoty oxidů dusíku u vozidel se zážehovým agregátem (viz Tab 18) naměřené během laboratorní zkoušky nedosahují zásadních rozdílů mezi metodikami NEDC a WLTP. Lze zde pozorovat menší nárůst hodnot emisí NO<sub>x</sub> mezi NEDC a WLTP, a to v průměru o 3 mg/km.

U všech vozidel se vznětovým agregátem (viz Tab 19) lze pozorovat snížení hodnot celkových emisí oxidů dusíku. Naměřené hodnoty emisí u vozidel se vznětovým agregátem jsou v průměru o 14,71 mg/km nižší dle metodiky WLTP oproti NEDC.

### **Hodnoty CO**

Hodnoty oxidu uhelnatého zkoušeného dle metodiky WLTP se u vozů se zážehovým agregátem (viz Tab 18) v průměru zvýšili o 26,78 mg/km oproti NEDC. U vozu A došlo k lehkému snížení hodnot mezi metodikou NEDC a WLTP, u vozů B a C však došlo k velkému zvýšení v řádu desítek mg/km.

U všech vozidel se vznětovým agregátem (viz Tab 19) však lze pozorovat snížení hodnot oxidu uhelnatého v řádu desítek mg/km, přesněji o 67,51 mg/km v průměru.

### **Hodnoty CO<sub>2</sub>**

U vozů se zážehovým agregátem (viz Tab 18) zkoušených dle metodiky WLTP došlo k nepatrnému zvýšení hladiny oxidu uhličitého ve výfukových plynech oproti NEDC, v průměru o 4,7 g/km. K mírnému navýšení došlo u vozu A, B i C.

Zvýšení hodnot u všech zkoušených automobilů lze pozorovat i u vozů se vznětovým agregátem (viz Tab 19), v řádech desítek g/km se snížily hodnoty emisí u vozů zkoušených podle WLTP oproti NEDC, v průměru o 30,98 g/km.

### **Spotřeba paliva**

Průměrná spotřeba paliva pro vozidla se zážehovým agregátem v průměru vzrostla o 0,23 l/100km. K lehkému zvýšení spotřeby došlo u vozů A, B i C.

K výraznějšímu zvýšení spotřeby paliva, v průměru o 1,19 l/100 km došlo u vozidel se zážehovým agregátem.

### **4.3 Shrnutí výsledků laboratorních zkoušek**

Výsledky laboratorních zkoušek reflektují, v čem se nejvíce liší metodika WLTP oproti NEDC a jak změna jízdní metodiky ovlivnila hodnoty emisí výfukových plynů a průměrnou spotřebu paliva.

U vozidel se vznětovým agregátem se změnou metodiky z NEDC na WLTP snížila hodnota emisí uhlovodíků, ale naopak zvýšila hodnota emisí oxidů dusíku (řádově o desítky mg/km), oxidu uhelnatého a uhlíčitého.

U vozidel se zážehovým agregátem se naopak zvýšily pouze hodnoty emisí oxidu uhlíčitého. Emise oxidu uhelnatého, oxidů dusíku a uhlovodíků se řádově snížili o jednotky až desítky mg/km.

U vozidel se zážehovým i vznětovým agregátem se také zvýšila průměrná spotřeba paliva. U vozidel se zážehovým agregátem pouze o desetiny l/100 km, u vozidel se vznětovým agregátem však v řádech jednotek l/100 km.



## Závěr

Tlak EU na výrobce automobilů ohledně snižování emisí automobilů narůstá, což znamená, že se automobilky musí vypořádat s mnohdy nereálnými limity. Přechodem z metodiky NEDC na WLTP se navíc zpřísnilo emisní testování vozidel, které má zákazníkovi ukázat emise výfukových plynů v reálnějších hodnotách.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo pomocí laboratorních zkoušek šesti vozidel (se vznětovým a zážehovým agregátem napříč paletou nabídky vozů Škoda) porovnat výsledné hodnoty emisí výfukových plynů a průměrné spotřeby paliva dle metodiky NEDC a WLTP.

Teoretická část popisuje jednotlivé složky výfukových plynů a jejich následný možný dopad na životní prostředí a na zdraví lidského organismu. Dále nejvyužívanější prostředky pro snižování emisí instalované ve vozidlech. Další část popisuje jízdní metodiky NEDC a WLTP a zabývá se jejich nejdůležitějšími rozdíly v laboratorní zkoušce, přičemž je zde zmíněna i doplňující metodika RDE, která doplňuje právě aktuální metodiku WLTP.

Výsledky provedených laboratorních zkoušek ukázaly, že problematika přechodu z NEDC na WLTP měla významný dopad na výsledné hodnoty emisí výfukových plynů a spotřeby paliva pro jednotlivá vozidla. Výsledné hodnoty se sice ve většině případů lišily v řádu jednotek (emise CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), rozdíl ve spotřebě paliva však byl více znatelný.

Změnou jízdního cyklu a rozšířením laboratorní jízdní zkoušky v časovém horizontu se však poskytl prostor měřit emise výfukových plynů značně přesněji. Díky delší laboratorní zkoušce jsou naměřené hodnoty více ustálené a výsledné emise výfukových plynů tak více odpovídají skutečným podmínkám.

Delší časový cyklus laboratorní zkoušky také umožnil ustálit hodnoty oxidu uhličitého, které se zvýšily při přechodu z NEDC na WLTP u vozidel se zážehovým agregátem v průměru o 4,81 g/km a u vozidel se vznětovým agregátem v průměru o 31,98 g/km. Vlivem přechodu na metodiku WLTP tedy výsledné hodnoty emisí oxidu uhličitého z laboratorních zkoušek více reflektují skutečné hodnoty emisí z reálného provozu.

Průměrná spotřeba paliva se při přechodu z NEDC na WLTP zvýšila u vozidel se zážehovým agregátem v průměru o 0,23 l/100 km a u vozidel se vznětovým agregátem v průměru o 1,19 l/100 km. Ke zvýšení průměrné spotřeby paliva došlo bez výjimky u všech vozidel se zážehovým i vznětovým agregátem. Zkoušení vozidel dle metodiky WLTP tedy zobrazuje reálnější hodnoty oproti metodice NEDC.

Měření emisí výfukových plynů a z toho vycházející výpočet průměrné spotřeby paliva podle metodiky WLTP tedy koncovému zákazníkovi umožňuje nahlédnout na reálnější hodnoty emisí a spotřeby paliva a poskytuje prostor k objektivnějšímu rozhodování na základě daleko přesněji změřených hodnot.

## Seznam literatury

Emise CO<sub>2</sub> z aut: fakta a čísla. Evropský parlament: Zpravodajství [online]. Brusel: Europarl, 25.03.2019 [cit. 2019-10-22]. Dostupné z:

<https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika>

Oxid Uhelnatý: Jak předejít otravě, první pomoc, detektory. Bezpecnostprace.info [online]. ČR: Magazín bezpečnost práce, 22.05.2017 [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/rizika/oxid-uhelnaty-jak-predejiti-otrave-prvni-pomoc-detektor/>

MÜLLEROVÁ, M., M. ŠVÁB a P. BENEŠ. Informace o látkách zařazených do Integrovaného registru znečišťování. Integrovaný registr znečišťování [online]. ČR: Ministerstvo životního prostředí, červenec 2006 [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: [https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Oxid\\_uhlicity\\_Karta\\_latky\\_11012019.pdf](https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Oxid_uhlicity_Karta_latky_11012019.pdf)

MÜLLEROVÁ, M., M. ŠVÁB a P. BENEŠ. Informace o látkách zařazených do Integrovaného registru znečišťování. Integrovaný registr znečišťování [online]. ČR: Ministerstvo životního prostředí, červenec 2006 [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: [https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/PAU\\_PAH\\_Karta\\_latky\\_11012019.pdf](https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/PAU_PAH_Karta_latky_11012019.pdf)

MÜLLEROVÁ, M., M. ŠVÁB a P. BENEŠ. Informace o látkách zařazených do Integrovaného registru znečišťování. Integrovaný registr znečišťování [online]. ČR: Ministerstvo životního prostředí, červenec 2006 [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: [https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Oxidy\\_s%C3%ADry\\_Karta\\_latky\\_11012019.pdf](https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Oxidy_s%C3%ADry_Karta_latky_11012019.pdf)

MÜLLEROVÁ, M., M. ŠVÁB a P. BENEŠ. Informace o látkách zařazených do Integrovaného registru znečišťování. Integrovaný registr znečišťování [online]. ČR: Ministerstvo životního prostředí, červenec 2006 [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: [https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Olovo\\_a\\_jeho\\_slouceniny\\_Karta\\_latky\\_11012019.pdf](https://www.irz.cz/sites/default/files/latky/Olovo_a_jeho_slouceniny_Karta_latky_11012019.pdf)

HROMÁDKO, Jan. Spalovací motory. : Komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3475-0

Pohled do zákulisí: Škoda Storyboard [online]. ČR: Škoda Auto a.s., 8. 8. 2019 [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/skoda-svet/za-oponou/pohled-do-zakulisi-jak-se-meri-emise/>

Katalyzátor. Autolexicon.net [online]. ČR: Autolexicon, 2011 [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/katalyzator/>

ČERMÁK, Ladislav. Selektivní katalytická redukce (SCR): Jak funguje systém, který umožňuje dieselům přežít. Autobible.euro.cz [online]. ČR: autobible, 2017 [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/selektivni-katalyticka-redukce-scr-kterak-se-zly-nox-stal-hodnym-dusikem/>

VELECKÝ, Martin. Filtry pevných částic aneb DPF. Autorevue.cz [online]. ČR: Autorevue, 2014 [cit. 2019-11-05]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/filtry-pevnych-castic-aneb-dpf-3/4-7-rad-jak-predchazet-problemum>

Blíže k reálné spotřebě: WLTP nahrazuje nový evropský jízdní cyklus (NEDC). Audi [online]. ČR: Audi, 2018 [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/wltp>

## Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

Obr 1 Podíl emisí CO <sub>2</sub> v dopravě pro rok 2016.....	8
Obr 2 Podíl emisí CO <sub>2</sub> v automobilové dopravě pro rok 2016.....	9
Obr 3 Složení výfukových plynů zážehových motorů .....	13
Obr 4 Složení výfukových plynů vznětových motorů .....	14
Obr 5 Schéma katalyzátoru.....	16
Obr 6 Reakce selektivní katalytické redukce.....	17
Obr 7 Filtr pevných částic .....	17
Obr 8 Škoda Auto: Emisní centrum jih .....	20
Obr 9 Škoda Auto: Emisní laboratoř.....	20
Obr 10 Složení jízdního cyklu NEDC .....	22
Obr 11 Složení jízdního cyklu WLTP.....	24
Obr 12 Vůz Škoda Karoq se zařízením PEMS při emisní zkoušce RDE .....	26

## Seznam tabulek

Tab 1 Emisní norma EURO pro zážehové motory .....	18
Tab 2 Emisní norma EURO pro vznětové motory .....	19
Tab 3 Složení jízdního cyklu NEDC .....	21
Tab 4 Složení jízdního cyklu WLTP .....	23
Tab 5 Složení jízdního cyklu RDE.....	25
Tab 6 Požadavky na simulovanou ekvivalentní setrvačnou hmotnost.....	29
Tab 7 Vozy zkoušené pro účely práce prostřednictvím laboratorní zkoušky.....	32
Tab 8 Vstupní hodnoty laboratorní zkoušky .....	33
Tab 9 Výstupní hodnoty laboratorní zkoušky .....	33
Tab 10 Vstupní hodnoty jízdních faktorů vozidel se zážehovým agregátem dle NEDC ....	33
Tab 11 Vstupní hodnoty jízdních faktorů vozidel se zážehovým agregátem dle WLTP ....	34
Tab 12 Výstupní hodnoty emisí vozidel se zážehovým agregátem dle NEDC.....	34
Tab 13 Výstupní hodnoty emisí vozidel se zážehovým agregátem dle WLTP .....	34
Tab 14 Vstupní hodnoty jízdních faktorů vozidel se vznětovým agregátem dle NEDC .....	35
Tab 15 Vstupní hodnoty jízdních faktorů vozidel se vznětovým agregátem dle WLTP .....	35
Tab 16 Výstupní hodnoty emisí vozidel se vznětovým agregátem dle NEDC.....	35
Tab 17 Výstupní hodnoty emisí vozidel se vznětovým agregátem dle WLTP .....	36
Tab 18 Rozdíl ve výsledných hodnotách emisí mezi metodikou NEDC a WLTP .....	36
Tab 19 Rozdíl ve výsledných hodnotách emisí mezi metodikou NEDC a WLTP .....	37

## ANOTAČNÍ ZÁZNAM

<b>AUTOR</b>	<b>JOSEF LIKAVEC</b>		
<b>STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE</b>	<b>6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality</b>		
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	<b>ANALÝZA JÍZDNÍHO CYKLU PŘI EMISNÍCH ZKOUŠKÁCH AUTOMOBILŮ</b>		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Ing. Josef Bradáč Ph. D.</b>		
<b>KATEDRA</b>	<b>KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality</b>	<b>ROK ODEVZDÁNÍ</b>	<b>2019</b>
<b>POČET STRAN</b>	<b>45</b>		
<b>POČET OBRÁZKŮ</b>	<b>12</b>		
<b>POČET TABULEK</b>	<b>19</b>		
<b>POČET PŘÍLOH</b>	<b>0</b>		
<b>STRUČNÝ POPIS</b>	<p>Cílem bakalářské práce je popsat a analyzovat změny v jízdních metodikách související s přechodem z NEDC na WLTP a posoudit vliv jednotlivých faktorů na výsledné hodnoty jízdních zkoušek. Teoretická část se zabývá emisemi a emisními zkouškami vozidel v automobilovém průmyslu, přičemž jsou popsány jednotlivé složky výfukových plynů, jejich dopad na životní prostředí a vliv na lidský organismus. Další část se zabývá charakteristikou jednotlivých jízdních metodik NEDC a WLTP a jejich nejdůležitějšími rozdíly. Praktická část se zabývá charakteristikou jednotlivých metodik a analýzou vybraných faktorů na výsledné hodnoty laboratorních emisních zkoušek. Výsledné hodnoty ze všech laboratorních zkoušek byly následně zpracovány a analyzovány jednotlivě podle metodiky NEDC i WLTP, přičemž předmětem zájmu byly především rozdíly v hodnotách mezi jednotlivými metodikami.</p>		
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	<b>Emise, emisní zkoušky, výfukové plyny, emise výfukových plynů</b>		

## ANNOTATION

<b>AUTHOR</b>	<b>JOSEF LIKAVEC</b>		
<b>FIELD</b>	<b>6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management</b>		
<b>THESIS TITLE</b>	<b>DRIVING CYCLE ANALYSIS DURING VEHICLE EMISSION TESTS</b>		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Ing. Josef Bradáč Ph. D.</b>		
<b>DEPARTMENT</b>	<b>KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management</b>	<b>YEAR</b>	<b>2019</b>
<b>NUMBER OF PAGES</b>			
	<b>45</b>		
<b>NUMBER OF PICTURES</b>			
	<b>12</b>		
<b>NUMBER OF TABLES</b>			
	<b>19</b>		
<b>NUMBER OF APPENDICES</b>			
	<b>0</b>		
<b>SUMMARY</b>	<p>The bachelor's thesis aims to analyze and describe changes about driving methodology that related to transition from NEDC to WLTP, and evaluate the effect of the individual factors on driving tests results. The theoretical part aims to emission and emission tests in car industry and describes individual components of the exhaust gases, its environmental impact and impact on the human beings. The other part of the theoretical part describes individual methodologies NEDC and WLTP and its most important differences. The practical part contains characteristics of individual methodologies and describes analysis of selected factors on laboratory emission tests results. Laboratory tests results were individually processed and analyzed according to the NEDC and WLTP methodology, while subjects of interests were primarily differences between NEDC and WLTP tests results.</p>		
<b>KEY WORDS</b>	<b>Emission, emission tests, exhaust gases, exhaust emissions</b>		