

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra jakosti a spolehlivosti strojů**



## **Bakalářská práce**

**Diagnostika emisních systémů silničních vozidel  
a jejich údržba**

**Michal Penc**

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Penc

Inženýrství údržby

Název práce

Diagnostika emisních systémů silničních vozidel a jejich údržba

Název anglicky

Diagnostics of road vehicle emission systems and their maintenance

---

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je na základě literárního rozboru emisních systémů silničních vozidel porovnat jednotlivé požadavky na údržbu. V rámci praktické části bude cílem provést měření emisí vybraných silničních vozidel a porovnat naměřené hodnoty s danými parametry.

Metodika

První část práce bude řešena na základě literárního rozboru. Následně budou zvolena vozidla a na nich bude měřena a ověřována funkčnost emisního systému při laboratorním měření.

Osnova:

- 1) Úvod
- 2) Rozbor současného stavu (emise, eliminace emisí, emisní předpisy)
- 3) Cíl a metodika práce
- 4) Výsledky (volba vozidel, popis jejich emisního systému, kontrolní měření)
- 5) Závěr

**Doporučený rozsah práce**

30 – 40

**Klíčová slova**

emise, údržba, kontrola vozidel

---

**Doporučené zdroje informací**

HALDERMAN, James D.; LINDER, Jim. *Automotive fuel and emissions control systems* James D. Halderman, Jim Linder. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall, 2006. ISBN 013110442.

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

LEE, Sunggyu; SHAH, Yatish T. *Biofuels and bioenergy : processes and technologies*. Boca Raton: CRC Press, 2013. ISBN 978-1-4200-8955-4.

Předpisy, vyhlášky a firemní literatura

VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel : výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, říditelnost a ovladatelnost, životnostní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy*. Brno: Vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2023/2024 LS – TF

**Vedoucí práce**

prof. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

---

Elektronicky schváleno dne 5. 12. 2022

**prof. Ing. Martin Pexa, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2023

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 05. 02. 2024

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Diagnostika emisních systémů silničních vozidel a jejich údržba" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2024

\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce prof. Ing. Martinovi Pexovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky a Ing. Jakobovi Čedíkovi Ph.D. za pomoc při zpracování praktické části této bakalářské práce.

# Diagnostika emisních systémů silničních vozidel a jejich údržba

## Abstrakt:

Tématem bakalářské práce je diagnostika emisních systému silničních vozidel a jejich údržba. Emise jsou plyny z výfukového potrubí, částice z otěru pneumatik a brzd vozidel. V teoretické části jsou zpracovány kapitoly o vzniku emisí, vlivu emisí na lidský organismus a životní prostředí. Dále jsou zpracovány kapitoly o emisních předpisech pro osobní a nákladní vozy, jejich časový vývoj a emisní norma EURO 7. Navazující kapitoly se zabývají systémy pro snižování škodlivin ve výfukovém potrubí. Podrobně jsou rozepsány katalytické konvertory, filtry pevných částic u zážehových a vznětových motorů, EGR ventil, přívod sekundárního vzduchu do výfuku. Teoretická část je zakončena kapitolami o odvětrání klikové skříně a palivové nádrže. V následující kapitole je objasněna metodika měření emisí na stanicích technické kontroly v České republice. V rámci praktické části je provedeno měření emisí vybraných silničních vozidel a jsou porovnány naměřené hodnoty s předešlým měřením na stanicích technické kontroly.

**Klíčová slova:** motorová vozidla, emise, vznik emisí, regulace emisí, snižování emisí, katalyzátor, filtr pevných částic, DPF, SCR, STK, měření emisí

# **Diagnostics of road vehicle emission systems and their maintenance**

## **Abstract**

The topic of this bachelor thesis is diagnostics of emission systems of road vehicles and their maintenance. Emissions are gases from the exhaust manifold, particles from tyre and brake abrasion. The theoretical part includes chapters about the origin of emissions, the effect of emissions on the human body and the environment. There are also chapters on emission regulations for cars and trucks, their development over time and the EURO 7 emission standard. Subsequent chapters deal with systems for reducing pollutants in the exhaust manifold. Catalytic converters, particulate filters for spark-ignition and diesel engines, the EGR valve, and secondary air intake to the exhaust are discussed in detail. The theoretical part ends with chapters on crankcase and fuel tank ventilation. The following chapter explains the methodology of emissions measurement at technical inspection stations in the Czech Republic. In the practical part, the emissions of selected road vehicles are measured and the measured values are compared with the emission standard that the vehicle model should meet.

**Keywords:** motor vehicles, emissions, emission formation, emission control, emission reduction, catalytic converter, diesel particulate filter, DPF, SCR, STK, emission measurement

## Obsah

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Úvod .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Rozbor současného stavu .....</b>  | <b>2</b>  |
| 2.1       | Emise motorových vozidel .....  | 2         |
| 2.1.1     | Vznik emisí .....   | 3         |
| 2.1.2     | Vliv emisí na lidský organismus a životní prostředí .....   | 4         |
| 2.2       | Emisní předpisy pro osobní a nákladní vozy v Evropě, jejich časový vývoj a budoucí norma EURO 7 ..... | 7         |
| 2.3       | Systémy pro snižování škodlivin ve výfukovém potrubí .....  | 14        |
| 2.3.1     | Katalytické konvertory .....  | 14        |
| 2.3.2     | Filtr pevných částic DPF, GPF .....   | 18        |
| 2.3.3     | Zpětné vedení výfukových plynů: EGR ventil .....  | 22        |
| 2.3.4     | Přívod sekundárního vzduchu do výfuku .....   | 26        |
| 2.3.5     | Odvětrávání klikové skříně .....  | 27        |
| 2.3.6     | Odvětrávání palivové nádrže .....   | 29        |
| <b>3.</b> | <b>Cíl práce .....</b>  | <b>30</b> |
| <b>4.</b> | <b>Metodika .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>5.</b> | <b>Vlastní práce s výsledky a diskuse .....</b>   | <b>39</b> |
| 5.1       | Škoda Octavia AXR .....   | 39        |
| 5.2       | Škoda Rapid CAYC .....  | 41        |
| 5.3       | Škoda Superb DTUA .....   | 43        |
| 5.4       | Škoda Fabia AWY .....   | 45        |
| 5.5       | BMW B58 B30B .....  | 47        |
| <b>6.</b> | <b>Závěr .....</b>  | <b>50</b> |
| <b>7.</b> | <b>Seznam použitých zdrojů .....</b>  | <b>52</b> |
| <b>8.</b> | <b>Přílohy .....</b>  | <b>55</b> |



## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1: Produkce emisí v závislosti na součiniteli přebytku vzduchu $\lambda$ a) zážehový motor<br>b) vznětový motor [7] .....   | 4  |
| Obrázek 2: Vyobrazení velikosti pevných částic PM1, PM2,5, PM10 ve srovnání s lidským<br>vlásem a zrnkem písku [11] .....   | 6  |
| Obrázek 3: Schéma Evropského stacionárního cyklu [15].....  | 9  |
| Obrázek 4: Evropský dynamický cyklus [16] .....   | 10 |
| Obrázek 5: Činnost redukčního katalyzátoru [27].....  | 15 |
| Obrázek 6: Konstrukce třicestného katalyzátoru [29] .....   | 16 |
| Obrázek 7: Činnost systému SCR [29].....  | 17 |
| Obrázek 8: Schéma a znázornění cyklu filtru pevných částic [31] .....   | 19 |
| Obrázek 9: Příklady materiálů pro výroby vložek DPF filtru [32].....  | 20 |
| Obrázek 10: Dávkování aditiva pro snižování teploty hoření sazí do palivové nádrže [34]....   | 21 |
| Obrázek 11: DPF filtr s předřadným oxidačním katalyzátorem (CRT) [34].....  | 22 |
| Obrázek 12: Vliv podílu recirkulovaných spalin na HC a CO a vliv podílu recirkulovaných<br>spalin na koeficient přebytkového vzduchu $\lambda$ , obsahu sazí a na spotřebě paliva [23]..... | 23 |
| Obrázek 13: Schéma vysokotlakého systému EGR [25].....  | 24 |
| Obrázek 14: Schéma nízkotlakého EGR [24].....   | 25 |
| Obrázek 15: Schéma kombinovaný EGR [25] .....   | 26 |
| Obrázek 16: Schéma systému sekundárního vzduchu [1] .....   | 27 |
| Obrázek 17: Schéma odvětrávání klikové skříně a místa, kde dochází k netěsnostem [21] ....  | 28 |
| Obrázek 18: Schéma odvětrání palivové nádrže [22].....  | 29 |
| Obrázek 19: Opacimetr Brain Bee OPA-100 [autor] .....   | 35 |
| Obrázek 20: Analyzátor výfukových plynů Brain Bee AGS-200 [autor] .....   | 36 |
| Obrázek 22: Zavedení měřící sondy do výfukového potrubí [autor] .....   | 37 |
| Obrázek 21: Připojení snímače otáček přes autobaterii a magnetický snímač klepaní [autor] ..  | 37 |
| Obrázek 23: Předepsané hodnoty pro měření emisí na STK pro motor AXR [32].....  | 39 |
| Obrázek 24: Vstupní údaje pro test kouřivosti u motoru AXR [autor] .....  | 40 |
| Obrázek 25: Naměřené hodnoty kouřivosti u motoru AXR [autor].....   | 40 |
| Obrázek 26: Předepsané hodnoty otáček a kouřivosti při měření emisí na STK pro motor CAYC<br>[32].....  | 41 |

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 27: Vstupní hodnoty pro měření kouřivosti u motoru CAYC [autor].....                       | 42 |
| Obrázek 28: Výsledky měření kouřivosti u motoru CAYC [autor] .....                                 | 42 |
| Obrázek 29: Předepsané hodnoty otáček a kouřivosti pro měření emisí na STK u motoru DTUA [32]..... | 43 |
| Obrázek 30: Vstupní údaje pro měření kouřivosti u motoru DTUA [autor] .....                        | 44 |
| Obrázek 31: Výsledky měření kouřivosti u motoru DTUA [autor] .....                                 | 44 |
| Obrázek 32: Předepsané hodnoty pro měření emisí na STK pro motor AWY [32].....                     | 45 |
| Obrázek 33: Vstupní údaje pro měření koncentrace emisí u motoru AWY [autor].....                   | 46 |
| Obrázek 34: Výsledek měření koncentrace emisí u motoru AWY [autor] .....                           | 46 |
| Obrázek 35: Předepsané hodnoty pro měření emisí u motoru B58 B30B [32].....                        | 47 |
| Obrázek 36: Vstupní hodnoty pro měření emisí u motoru B58 B30B [autor] .....                       | 48 |
| Obrázek 37: Výsledky měření emisí u motoru B58 B30B [autor] .....                                  | 48 |

## Seznam tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1: Emisní norma EURO 6 [13] .....  | 7  |
| Tabulka 2: Vývoj emisního předpisu EURO pro vozy kategorie M [14] .....  | 8  |
| Tabulka 3: Vývoj emisních limitů EURO pro vozidla kategorie N <sub>1</sub> a N <sub>2</sub> [14] .....   | 8  |
| Tabulka 5: Emisní norma EURO 7 pro výfukové plyny vozidel kategorie M1 a N1 [20] ....  | 12 |
| Tabulka 4: Emisní norma EURO 7 pro výfukové plyny vozidel kategorie M2, M3, N2 a N3 [20] .....   | 12 |
| Tabulka 7: Mezní hodnoty pro emise částic z brzd pro kategorie vozidel M1 a N1 od 1.1.2035 [20] .....  | 13 |
| Tabulka 6: Mezní hodnoty emisí částic z brzd pro kategorie vozidel M1 a N1 při standardním jízdním cyklu platné do 31.12.2029 podle technologie hnacího ústrojí [20] ..... | 13 |
| Tabulka 8: Rozlišení a přesnost měřidel Brain Bee [autor] .....  | 36 |

## Seznam použitých zkratk

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| AlO <sub>4</sub>                  | Oxidoperoxy(oxo)alumane                                    |
| BaO                               | Oxid barnatý   |
| CO <sub>x</sub>                   | Oxidy uhlíku   |
| CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> | Močovina   |
| CR                                | Common Rail  |
| ČZU                               | Česká zemědělská univerzita v Praze                        |
| DNA                               | Deoxyribonukleová kyselina                                 |
| DPF                               | Diesel Particulate Filter                                  |
| EGR ventil                        | Ventil, který přepouští část výfukových plynů zpět do sání |
| EHK                               | Evropská hospodářská komise                                |
| ESC                               | Evropský stacionární cyklus                                |
| ETC                               | Evropský dynamický cyklus                                  |
| EURO                              | Emisní norma EU  |
| FSI                               | Vrstvené vstřikování paliva                                |
| GPF                               | Gasoline Particulate Filter                                |
| HC                                | Nespálené uhlovodíky                                       |
| H <sub>2</sub> O                  | Voda   |
| Kategorie M                       | Osobní vozidla   |
| Kategorie N <sub>1</sub>          | Nákladní vozidla do 3,5 tuny                               |
| Kategorie N <sub>2</sub>          | Nákladní vozidla do 12 tun                                 |
| KO <sub>x</sub>                   | Oxidy draslíku   |
| λ                                 | Součinitel přebytkového vzduchu                            |
| LPG                               | Liquified Petroleum Gas                                    |
| NH <sub>3</sub>                   | Amoniak  |

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| NO <sub>x</sub>               | Oxidy dusíku                             |
| OBD                           | On-board diagnostics                     |
| PAH                           | Polycyklické aromatické uhlovodíky       |
| Pb                            | Olovo                                    |
| PD                            | System Pumpen-Duse                       |
| PEMS                          | Přenosné systémy měření emise            |
| PM                            | Pevné částice                            |
| RDE                           | Real Driving Emissions                   |
| SCR                           | Selektivní katalytická redukce           |
| SiO <sub>4</sub>              | Křemíko-kyslíkový tetraedr               |
| SO <sub>x</sub>               | Oxidy síry                               |
| VIN                           | Vehicle Identification Number            |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Oxid vanadičný                           |
| WHCS                          | Světově harmonizovaný stacionární cyklus |
| WHO                           | World Health Organization                |
| WTHC                          | Světově harmonizovaný přechodový cyklus  |

# 1. Úvod

Emise jsou plyny z výfukového potrubí, částice z otěru pneumatik a brzd vozidel. Plynné emise vznikají nedokonalým spalováním paliva, ke kterému dochází při běžném provozu mimo testovací provoz. Nežádoucí emise v motorech jsou velmi problematické v rámci kvality ovzduší a lidského zdraví. Proto musí motorová vozidla splňovat emisní předpisy. Složky spalin, které jsou omezovány legislativou, jsou nespálené uhlovodíky, oxid uhelnatý, oxidy dusíku a pevné částice. Nejhorší vliv na lidský organismus mají polycyklické aromatické uhlovodíky, které mají prokazatelný rakovinotvorný účinek [1], [8].

Pro provoz vozidla na území evropské unie je zapotřebí, aby vozidlo splňovalo homologační emisní předpis EURO, který je následně ověřován na stanicích technické kontroly jako koncentrace CO a rozptylu součinitele přebytečného vzduchu  $\lambda$  u zážehových motorů a hodnota kouřivosti u vznětových motorů [12].

Emisní systémy jsou souborem technických řešení pro snižování škodlivin ve výfukovém potrubí a jejich transformace na méně škodlivé látky jako je oxid uhličitý, voda a dusík. Díky použití těchto technických souborů splňují vozidla přísné emisní předpisy a přispívají k čistšímu a zdravějšímu životnímu prostředí. Vývoj těchto technologií je nepřetržitý proces, který reaguje na rostoucí potřebu snížit znečištění ovzduší. Nejčastějšími zástupci emisních systémů jsou katalytické konvertory, filtry pevných částic u zážehových i vznětových motorů, EGR ventil, přívod sekundárního vzduchu do výfuku, odvětrání klikové skříně a palivové nádrže [23].

V praktické části této bakalářské práce proběhne měření emisí podle metodiky stanice technické kontroly. Měřeno bude pět různých automobilů, které mají různé emisní systémy a pokrývají většinu vývoje těchto systémů až do dnešní doby. Výsledky měření budou porovnány s předešlými měřeními na stanici technické kontroly.

## 2. Rozbor současného stavu

### 2.1 Emise motorových vozidel

Pod slovem emise si lze představit proces, při kterém dochází k uvolňování škodlivých nebo nežádoucích látek do životního prostředí, zpravidla do ovzduší, ale může se jednat také o vodu nebo půdu. Emise z motorových vozidel jsou plyny z výfukových potrubí, částice z otěru pneumatik a brzd vozidel, které jsou emitovány do ovzduší z různých zdrojů a v různém množství. Nežádoucí emise v motorech s vnitřním spalováním jsou velmi znepokojivé, protože mají negativní vliv na kvalitu ovzduší, lidské zdraví a globální oteplování. Z tohoto důvodu musí motorová vozidla po celém světě splňovat emisní předpisy. Složky výfukových plynů lze rozdělit do čtyř základních skupin:

- Složky spalin, které jsou celosvětově omezované legislativou
  - a) nespálené uhlovodíky (HC) neboli nespálené palivo při nedokonalém hoření, nebo vedlejší produkty částečné oxidace,
  - b) oxid uhelnatý (CO) jedovatý bezbarvý plyn,
  - c) oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) plyny vznikající při vysoké teplotě s dostatkem času pro oxidaci. nejvíce vzniká při částečném zatížení motoru,
  - d) pevné částice (PM) se vyskytují v pevném skupenství (karbon, saze, popel) a kapalném skupenství (aerosoly, mikrokapky nespáleného paliva nebo oleje, který se dostal do spalovacího prostoru),
- Škodliviny, které jsou snižovány nepřímou cestou například snižováním spotřeby paliva (oxid uhličitý CO<sub>2</sub>) nebo obsahem síry a olova v palivu (oxid siřičitý SO<sub>2</sub> a olovo Pb).
- Sloučeniny, které nejsou legislativně omezovány, avšak mají velký vliv na životní prostředí, kvalitu ovzduší a živé organismy. Mezi těmito látkami je například benzen, sirovodík, formaldehyd, 1,3-butadien.
- Organické sloučeniny, které mají největší vliv na lidský organismus, avšak ve výfukových plynech jsou zastoupeny pouze ve stopovém množství. Tyto látky mají velký vliv na vznik rakoviny nebo dokonce na mutaci DNA. Jejich zástupci jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) nebo jejich nitrované deriváty (N-PAH) [1].

### 2.1.1 Vznik emisí

**Nespálené uhlovodíky** (HC) jsou produktem takzvaného nedokonalého spalování paliva, ke kterému dochází při provozu studeného motoru a zároveň bohaté směsi. [2] Na obsah nespálených uhlovodíků může mít vliv konstrukce spalovacího prostoru, konstrukce pístu a konstrukce chladicí soustavy, která může přispět ke snížení obsahu uhlovodíků rychlým dosažením provozní teploty motoru. Ideální směšovací poměr pro dosažení nejnižší hodnoty nespálených uhlovodíků je v oblasti chudé směsi se součinitelem přebytku vzduchu  $\lambda = 1,1$ — $1,2$ . K vytvoření polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH), které jsou nejvíce nebezpečné pro lidský organismus dochází, při spalování molekul paliva s obsahem dvou a více atomů uhlíku [3].

**Oxid uhelnatý** (CO) je bezbarvý a jedovatý plyn už při nízkých koncentracích. Jeho nejvyšší koncentrace u zážehových motorů je při nedokonalé oxidaci. K nedokonalé oxidaci dochází při nedostatku kyslíku ve spalinách, takzvaně motor pracuje s bohatou směsí  $\lambda < 1$ . U vznětových motorů s nedokonalou oxidací problém není, o obsah přebytkového kyslíku ve výfukových plynech je u vznětových motorů vždy větší než 1. Oxid uhelnatý (CO) oxiduje s přebytkovým vzduchem v katalyzátoru na oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) [3].

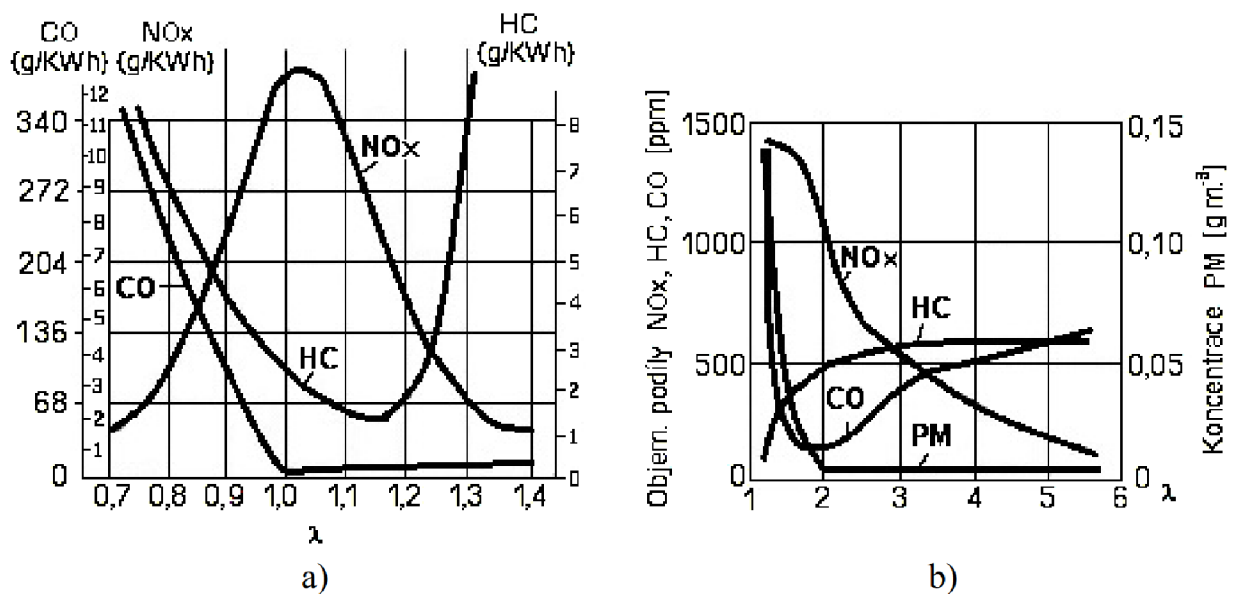
**Oxidy dusíku** (NO<sub>x</sub>) jsou souborem několika oxidů, které vznikají při vysokém tlaku a teplotě. Při oxidaci (spalování) paliva se vzduchem, který je bohatý na dusík, vzniká oxid dusnatý (NO), oxid dusný (N<sub>2</sub>O) a oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>). Oxidy dusíku vznikají při teplotách nad 1370 °C [4]. Podmínkou však pro vznik oxidů dusíku je i dostatečný přebytek kyslíku, proto je nejvyšší obsah NO<sub>x</sub> při  $\lambda = 1,05$  až  $1,1$ . Koncentrace NO<sub>x</sub> s vyšším součinitelem přebytkového vzduchu klesá kvůli ochlazení směsi ve válci vzduchem [3].

**Pevné částice** (PM) jsou kombinací sazí a dalších kapalných a pevných fází materiálů. Pevné částice lze rozdělit na rozpustnou a nerozpustnou organickou frakci. Pevné částice se skládají z jadra, ve kterém jsou saze. Tyto saze jsou obaleny adsorbovanými (shromážděnými) kapalnými fázemi materiálů a uhlovodíky na povrchu. Okolo celé molekuly je tvořen řetězec rozpustných organických frakcí, který je tvořen z aldehydů, alkanů a alkenů. Další složky jako mazací oleje a částečně zoxidované palivo lze také přiřadit k rozpustným organickým frakcím. Tvorba sazí probíhá při procesu nazývaném pyrolýza



(změna molekulární struktury organických sloučenin při vysokých teplotách a nedostatku kyslíku). Ve vznětovém motoru saze nejvíce vznikají při teplotě v rozmezí 750 °C do 2500 °C a při tlaku 50 až 100 barů [5],[6].

Plynné emise neboli soubor emisí CO, HC a NO<sub>x</sub> jsou nejvíce závislé na hmotnostním poměru paliva a vzduchu. Ideální hmotnostní poměr paliva a vzduchu při kterém dochází k „dokonalému spalování“ se nazývá stechiometrický. Jeho hodnota je 14,7 kg vzduchu vůči 1 kg paliva. Z důvodu lambda regulace je pro tento poměr vytvořena nová veličina, a to součinitel přebytkového vzduchu  $\lambda$ . Stechiometrický poměr je tedy touto novou veličinou vyjádřen jako  $\lambda = 1$ . Závislost velikosti emisí a poměru paliva vůči vzduchu je znázorněna na obrázku 1. Čím vyšší hodnota  $\lambda$ , tím chudší směs ve válci motoru [7].



Obrázek 1: Produkce emisí v závislosti na součiniteli přebytku vzduchu  $\lambda$  a) zážehový motor b) vznětový motor [7]

## 2.1.2 Vliv emisí na lidský organismus a životní prostředí

**Uhlovodíky** (HC), které se nacházejí ve fosilních palivech a ve spalinách mají nejmenší přímý vliv na lidský organismus. Jejich hygienická přípustná hodnota se určuje podle čichového prahu, nikoliv podle toxických účinků. Aldehydy mají silné dráždivé účinky na sliznice a oči, na které působí už v malých koncentracích a při krátké době působení těchto látek. Formaldehydu byl prokázán účinek mutagenní a je testován pro karcinogenní účinky. Nejnebezpečnějším uhlovodíkem a nejnebezpečnější látkou z celé

škály výfukových plynů jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), které mají prokazatelný rakovinotvorný účinek [8].

Složky uhlovodíků, nejvíce ketony a aldehydy mají roli v tvorbě letního smogu (fotochemický smog). Fotochemický smog vzniká za určitých klimatických podmínek a jeho tvorba je jedním z nejvýznamnějších negativních vlivů na životní prostředí co mohou emise způsobovat. Škodlivost uhlovodíků se pak usuzuje podle jejich reaktivity na tvorbu smogu. Reaktivita uhlovodíků roste s velikostí molekuly. Například molekula metanu má stokrát menší reaktivitu než molekula etanu. Z toho důvodu se někdy používá hodnocení dopadu uhlovodíků na metan a nemetanové uhlovodíky [9].

**Oxid uhelnatý** (CO) patří k nejběžnější látce ve výfukových plynech. Negativní vliv na lidský organismus je jeho schopnost vazby na krevní hemoglobin a následné snižování vazební kapacity hemoglobinu na kyslík. Negativní účinky lze rozřadit do čtyř hlavních typů:

- a) srdečněcévní (srdeční infarkt nebo mozková mrtvice),
- b) neuropsychické (Alzheimerova nemoc nebo Tourettův syndrom),
- c) účinky na srážlivost krve,
- d) účinky na plod v těle matky [9].

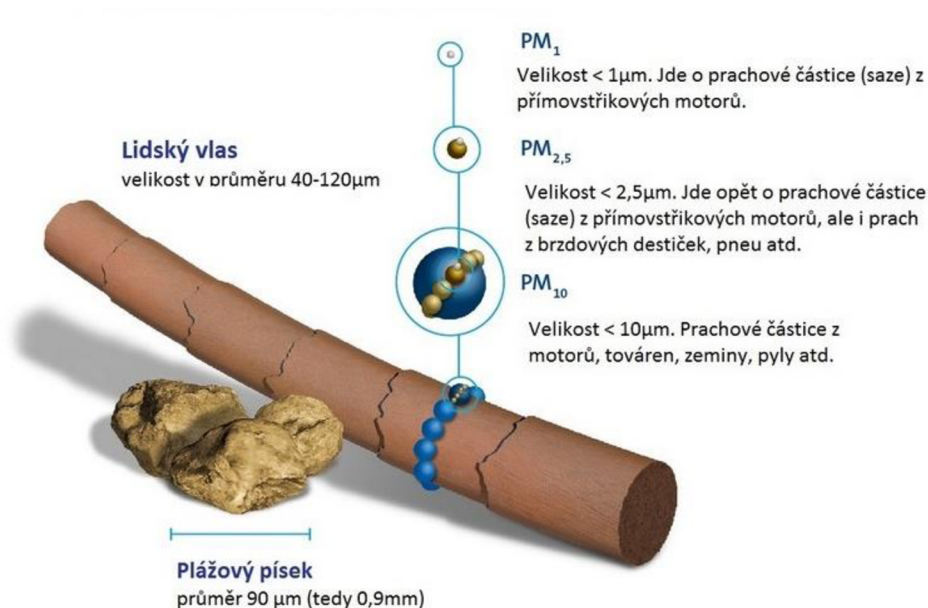
**Oxidy dusíku** (NO<sub>x</sub>) jsou tvořeny netoxickým oxidem dusným (N<sub>2</sub>O) a toxickým oxidem dusičitým (NO<sub>2</sub>) a oxidem dusnatým (NO). Oxidy dusíku jsou tvořeny z 95 % NO. Oxid dusičitý, který vzniká oxidací oxidu dusného za přítomnosti atmosférických oxidantů (ozónu) má nejvýznamnější vliv na lidský organismus. Světová zdravotní organizace (WHO) stanovuje přípustnou koncentraci vystavení NO<sub>x</sub> po určitou dobu a to následovně:

- Po dobu 1 hodiny by neměla koncentrace NO<sub>x</sub> přesáhnout 400 µg/m<sup>3</sup> a pro expozici po dobu 24 hodin by neměla přesáhnout 150 µg/m<sup>3</sup>. V ČR je stanoven limit pro celodenní expozici 100 µg/m<sup>3</sup> a pro celoroční expozici 80 µg/m<sup>3</sup> [9].

Při přímé expozici NO<sub>2</sub> dochází k větší náchylnosti na infekci respiračního ústrojí a k celkovému zhoršení dýchání. Krátkodobá expozice NO<sub>2</sub> způsobuje respirační problémy (rýma, kašel, bolest v krku) a představuje riziko převážně pro alergiky a astmatiky. Oxidy dusíky jsou také prekurzory (sloučenina přispívající k chemické reakci pro tvorbu jiných

sloučenin) k tvorbě fotochemické smogu a dále nitrovaných polycyklických aromatických uhlovodíků, které mají nejsilnější mutagenní účinky [3].

**Pevné částice** (PM) lze rozdělit podle velikosti a zároveň škodlivosti na člověka. Platí, že čím drobnější částice tím hlouběji do těla se dostanou a způsobují horší zdravotní problémy.  $PM_{10}$  jsou částice s průměrem menším než  $10\ \mu\text{m}$ . Tyto částice se zachycují v dolních dýchacích cestách. Dále  $PM_{2,5}$  které pronikají do průdušek a  $PM_1$ , které pronikají až do plicních sklípků. Z krátkodobého hlediska vystavení pevným částicím je zaznamenáno zánětlivým onemocnění plic, nepříznivé účinky na kardiovaskulární systém a zvýšení spotřeby léčiv. Při dlouhodobé expozici pevnými částicemi lze pozorovat snížení plicní funkce, onemocnění dolních cest dýchacích, zvýšení chronických obstrukčních onemocnění plic a srdečněcévní onemocnění [10].



Obrázek 2: Vyobrazení velikosti pevných částic  $PM_1$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$  ve srovnání s lidským vlasem a zrnkem písku [11]

## 2.2 Emisní předpisy pro osobní a nákladní vozy v Evropě, jejich časový vývoj a budoucí norma EURO 7

První emisní norma na území Evropy byla norma EHK 15 z roku 1971. Až v roce 1992 přišla první emisní norma z řady EURO a to EURO 0. Ta se postupně modernizovala až do aktuální verze EURO 6. Podle této normy jsou vozidla rozdělena do několika emisních kategorií M (osobní vozidla) N<sub>1</sub> (nákladní vozidla do 3,5 tuny) N<sub>2</sub> (nákladní vozidla do 12 tun) a také se rozdělují podle spalovaného paliva. Pro osobní automobily a nákladní vozidla do 3,5 tun je norma značena arabskými číslicemi a pro nákladní vozidla do 12 tun se používají římské číslice [12].

Následující tabulka číslo 1 zobrazuje aktuální podobu emisních limitů pro vozidla kategorie M, N<sub>1</sub> a N<sub>2</sub> pro emisní normu EURO 6: kde jednotlivá označení v tabulce znamenají:

- 1) Před používáním mezní hodnoty 4,5 bude zavedená revidovaná metoda měření.
- 2) Před používáním této mezní hodnoty bude zavedena nová metoda měření.
- 3) Norma je použita pouze u motorů s přímým vstřikem paliva.
- 4) Před používáním této mezní hodnoty bude zavedena nová metoda měření a počet částic pro zážehové motory byl stanoven na  $6 \times 10^{11}$ .

| Kat.           | Tř. | Referenční hmotnost RM [kg] | Mezní hodnoty |     |             |    |                              |    |                          |     |                              |     |                     |       | Počet částic [# / km] (2) |
|----------------|-----|-----------------------------|---------------|-----|-------------|----|------------------------------|----|--------------------------|-----|------------------------------|-----|---------------------|-------|---------------------------|
|                |     |                             | Hmotnost CO   |     | Hmotnost HC |    | Hmotnost nemetan. uhlovodíků |    | Hmotnost NO <sub>x</sub> |     | Hmotnost THC+NO <sub>x</sub> |     | Hmotnost částic (1) |       |                           |
|                |     |                             | [mg/km]       |     |             |    |                              |    |                          |     |                              |     |                     |       |                           |
|                |     |                             | Z             | VZ  | Z           | VZ | Z                            | VZ | Z                        | VZ  | Z                            | VZ  | Z (3)               | VZ    | VZ (4)                    |
| M <sub>1</sub> | -   | Všechna                     | 1000          | 500 | 100         | -  | 68                           | -  | 60                       | 80  | -                            | 170 | 5/4,5               | 5/4,5 | 6x10 <sup>11</sup>        |
| N <sub>1</sub> | I   | ≤1305                       | 1000          | 500 | 100         | -  | 68                           | -  | 60                       | 80  | -                            | 170 | 5/4,5               | 5/4,5 | 6x10 <sup>11</sup>        |
|                | II  | 1305 < RM ≤ 1760            | 1810          | 630 | 130         | -  | 90                           | -  | 75                       | 105 | -                            | 195 | 5/4,5               | 5/4,5 | 6x10 <sup>11</sup>        |
|                | III | 1760 < RM                   | 2270          | 740 | 160         | -  | 108                          | -  | 82                       | 125 | -                            | 215 | 5/4,5               | 5/4,5 | 6x10 <sup>11</sup>        |
| N <sub>2</sub> | -   | -všechna                    | 2270          | 740 | 160         | -  | 108                          | -  | 82                       | 125 | -                            | 215 | 5/4,5               | 5/4,5 | 6x10 <sup>11</sup>        |

Tabulka 1: Emisní norma EURO 6 [13]

Ke konci 80. let vznikl předpis EHK 83, jakožto silně přepracovaný nástupce předešlé normy. Na počátku 90. let ve státech Evropské unie vyšly nové emisní předpisy podle

jednotné legislativy, pro které byl základem předpis EHK 83. Tato moderní směrnice už nesla nový název EURO x, kde x představovalo číslici předpisu. Tabulka číslo 2 znázorňuje vývoj emisní normy EURO od roku 1992 [19].

| předpis   | Rok a měsíc | CO g/km | HC g/km | HC+NO <sub>x</sub> g/km | NO <sub>x</sub> g/km | PM g/km | Množství částic Počet/km |
|-----------|-------------|---------|---------|-------------------------|----------------------|---------|--------------------------|
| Euro 1    | 1992/07     | 2,72    | -       | 0,97                    | -                    | 0,14    | -                        |
| Euro2 IDI | 1996/01     | 1       | -       | 0,7                     | -                    | 0,08    | -                        |
| Euro 2 DI | 1996/01     | 1       | -       | 0,9                     | -                    | 0,1     | -                        |
| Euro 3    | 2000/01     | 0,64    | -       | 0,56                    | 0,5                  | 0,05    | -                        |
| Euro 4    | 2005/01     | 0,5     | -       | 0,3                     | 0,25                 | 0,025   | -                        |
| Euro 5a   | 2009/09     | 0,5     | -       | 0,23                    | 0,18                 | 0,005   | -                        |
| Euro 5b   | 2011/09     | 0,5     | -       | 0,23                    | 0,18                 | 0,005   | 6,0x10 <sup>11</sup>     |
| Euro 6    | 2014/09     | 0,5     | -       | 0,17                    | 0,08                 | 0,005   | 6,0x10 <sup>11</sup>     |

Tabulka 2: Vývoj emisního předpisu EURO pro vozy kategorie M [14]

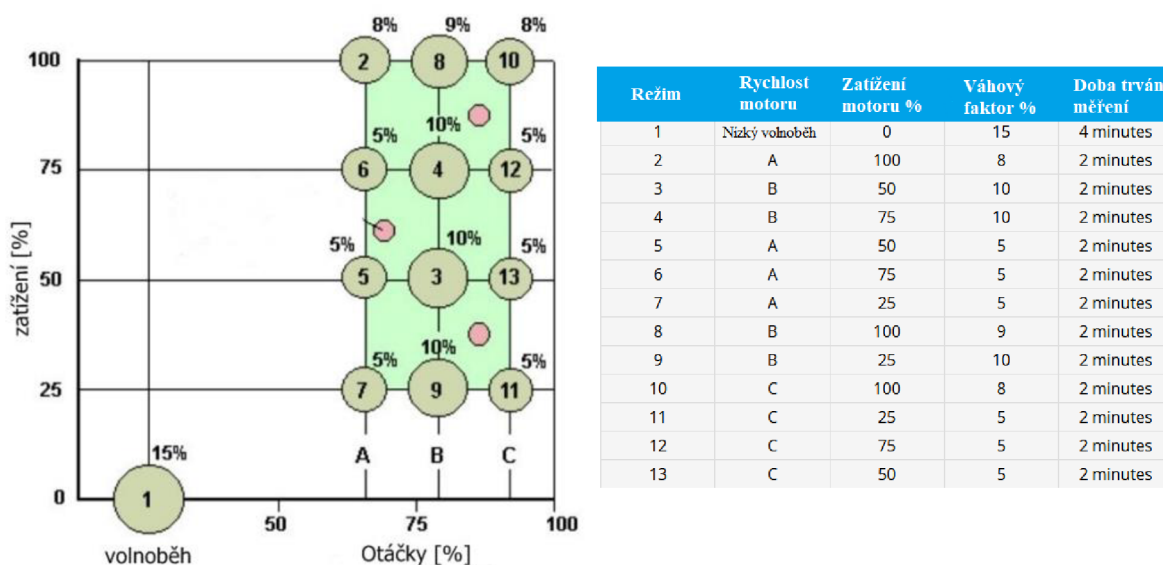
Následující tabulka číslo 3 zachycuje vývoj emisního předpisu EURO od roku 2005 pro vozidla kategorie N<sub>1</sub> a N<sub>2</sub> se vznětovým motorem. Hodnoty částic jsou uváděné v g/km: kde jednotlivá označení v tabulce znamenají:

- Neplatí pro motory spalující zemní plyn.
- Platí pro sumu všech uhlovodíků vznětových motorů.
- Jsou platné pouze pro motory spalující zemní plyn, pro EURO VI platné i pro LPG.

| Předpis a rok | CO  |     | NO <sub>x</sub> |      | PM <sup>a</sup> |      | HC   | Nemetan. uhlovodíky | CH <sub>4</sub> <sup>c</sup> |
|---------------|-----|-----|-----------------|------|-----------------|------|------|---------------------|------------------------------|
|               | ESC | ETC | ESC             | ETC  | ESC             | ETC  | ESC  | ETC                 | ETC                          |
| EURO IV 2005  | 1,5 | 4,0 | 3,5             | 3,5  | 0,02            | 0,46 | 0,03 | 0,55                | 1,10                         |
| EURO V 2008   | 1,5 | 4,0 | 2,0             | 2,0  | 0,02            | 0,46 | 0,03 | 0,55                | 1,10                         |
| EURO VI 2013  | 1,5 | 4,0 | 0,4             | 0,46 | 0,01            | 0,13 | 0,01 | 0,16 <sup>b</sup>   | 0,50                         |

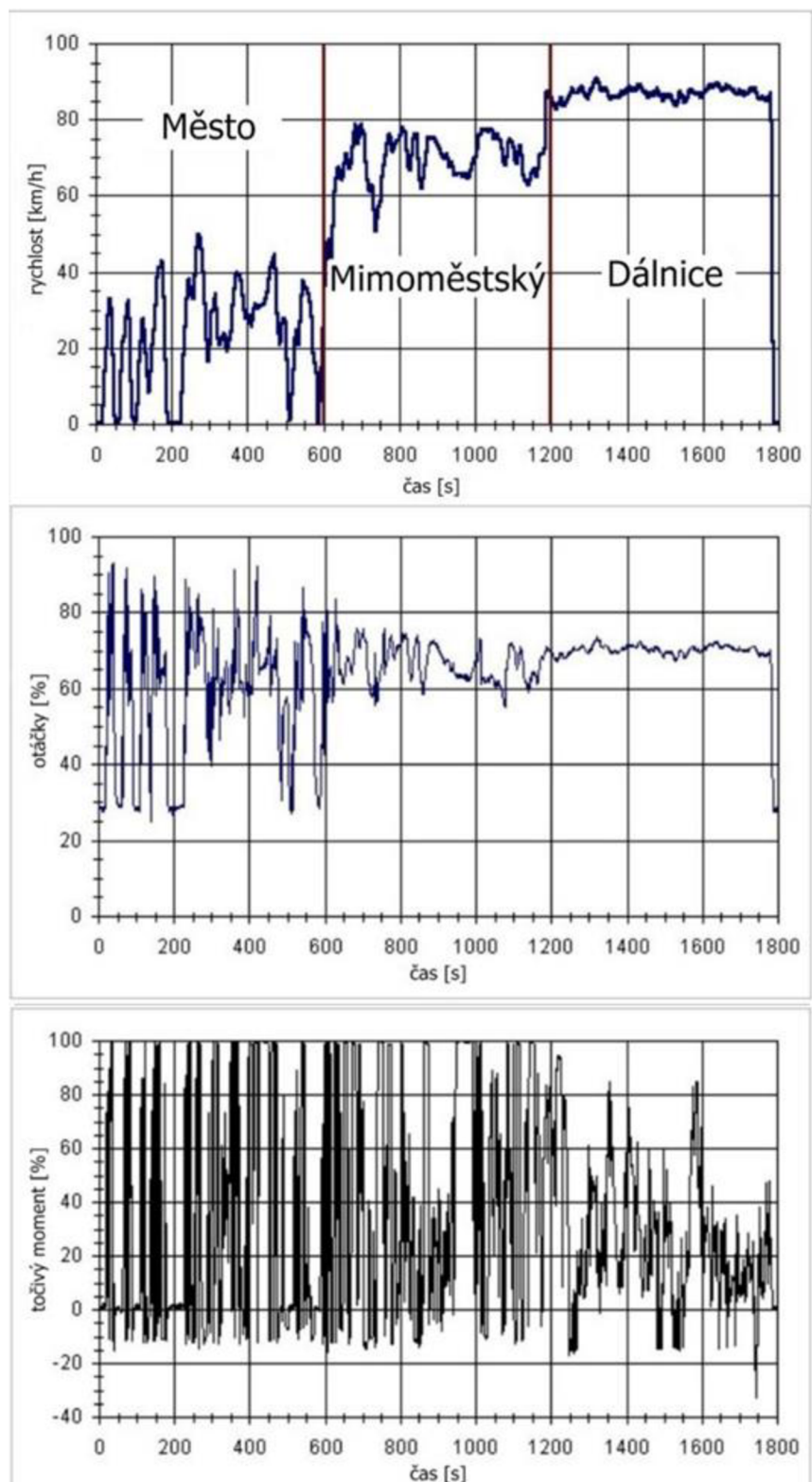
Tabulka 3: Vývoj emisních limitů EURO pro vozidla kategorie N<sub>1</sub> a N<sub>2</sub> [14]

Pro užitkové vozy do roku 2013 a emisní normy EURO 5 byly v roce 2000 vytvořeny dva testovací cykly ESC (Evropský stacionární cyklus) a ETC (Evropský dynamický cyklus). Při stacionárním cyklu je zkoušena samotná hnací jednotka instalována na dynamometru. Při zkoušce se měří emise za předepsaných režimů ve 13-ti bodech. U tohoto měření se postupně mění otáčky a zatížení motoru. Ke každému předepsanému režimu je i předepsán váhový faktor, který potom spolu s naměřenými emisemi slouží pro výpočet měrných emisí v g/kWh [15]. Obrázek číslo 3 popisuje Evropský stacionární cyklus v závislosti na zatížení motoru vůči otáčkám motoru a z časového hlediska:



Obrázek 3: Schéma Evropského stacionárního cyklu [15]

Dynamický cyklus je tvořen 1800sekundovým intervalem, který se dělí na tři 600sekundové měření v rozdílných režimech. První část představuje městský provoz s maximální rychlostí 50 km/h s častými rozjezdy, zastavováním a volnoběhem. Druhá část představuje mimoměstský provoz, úsek začíná prudkým zrychlením a průměrná rychlost je 72 km/h. Třetí část představuje jízdu po dálnici s průměrnou rychlostí 88 km/h [16]. Obrázek 4 popisuje kompletně Evropský dynamický cyklus:



Obrázek 4: Evropský dynamický cyklus [16]

Nové zkušební cykly WHCS (Světově harmonizovaný stacionární cyklus) a WTHC (Světově harmonizovaný přechodový cyklus), nahradily po roce 2013 s nástupem emisní normy EURO 6 stávající zkušební cykly [16]. WHSC i ESC jsou testovací cykly ve stacionárním stavu. Rozdíly, které porovnávají, jsou vztaženy na body v palivové mapě motoru. Rozdíl mezi těmito měřeními je způsoben tím, že WHSC zahrnuje v průběhu cyklu i vnitřní tření ve vztahu k efektivní práci výstupní hřídele z testovaného motoru [17].

WTHC na rozdíl od ETC má dodatečnou zkoušku se studeným startem, nižší průměrnou cyklickou práci, zapříčiněnou nižší průměrnou rychlostí a interval mezi studeným a teplým startem při kterém dochází k ohřívání chladící kapaliny při zvýšeném tlaku a vypnutém motoru [17].

RDE (Real Driving Emissions) je zkouška ke kvantifikaci emisí z lehkých užitkových vozidel pomocí přenosných systémů měření emisí (PEMS) při běžných provozních podmínkách vozidla. Tato zkouška byla vytvořena za účelem měření emisí oxidů dusíku u vznětových motorů pro nesrovnalosti s laboratorním měřením. Zkouška RDE hrála velkou roli v plošném nasazení filtru pevných částic u vozidel se zážehovým motorem [18].

Návrh nadcházející emisní normy EURO 7 ze dne 21. prosince 2023, jako první emisní norma se zmiňuje o emisích částic z brzd, emisích amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) pro vozidla kategorie M a emisích oxidu dusného ( $\text{N}_2\text{O}$ ) pro takzvané těžké vznětové motory (vozidla kategorie  $\text{M}_2$ ,  $\text{M}_3$ ,  $\text{N}_2$  a  $\text{N}_3$ ). Rovněž stanovuje mezní hodnoty životnosti baterie u elektromobilů. Předběžná dohoda zachovává mezní hodnoty emisí z výfukový plynů u vozidel kategorie  $\text{M}_1$  a  $\text{N}_1$ , avšak omezuje pevné částice o průměru 10 nm (PN10) namísto 23 nm [20]. Hodnoty emisí pro „lehká“ a „těžká“ vozidla jsou vyobrazeny v tabulkách číslo 4 a 5.

Emise z brzd jsou zatím omezeny pouze na vozidla kategorie  $\text{M}_1$  a  $\text{N}_1$  kromě třetí třídy u kategorie  $\text{N}_1$ . Jejich velikost je ovlivňována vlastností pohonné jednotky, kterou je vozidlo poháněno [20]. Hodnoty emisí jsou vyobrazeny v následujících tabulkách číslo 6 a 7.



|   | Oxidy dusíku (NOx) | Pevné částice (PM) | Oxid dusný (N <sub>2</sub> O) | Oxid uhelnatý (CO) | Součet neokysličených a oksyločených uhlovodíků s výjimkou metanu (NMOG) | Amoniak (NH <sub>3</sub> ) | Methan (CH <sub>4</sub> ) | Počet částic (PN10) |
|---|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|--|----------------------------|---------------------------|---------------------|
|   | mg/kWh             |                    |                               |                    |  |                            |                           | x/kWh               |
| Množství emisí podle WHSC (VZ) a WHTC (Z+VZ)      | 200                | 8                  | 200                           | 1500               | 80   | 60                         | 500                       | 6x10 <sup>11</sup>  |
| Množství emisí podle RDE (REAL Driving Emissions) | 260                | -                  | 260                           | 1950               | 105  | 85                         | 650                       | 9x10 <sup>11</sup>  |

Tabulka 4: Emisní norma EURO 7 pro výfukové plyny vozidel kategorie M2, M3, N2 a N3 [20]

| Kat.           | Tř. | Referenční hmotnost RM [KG] | Mezní hodnoty                  |     |                                     |    |   |    |                             |     |  |     |                              |     |                     |                    |
|----------------|-----|-----------------------------|--------------------------------|-----|-------------------------------------|----|---|----|-----------------------------|-----|--|-----|------------------------------|-----|---------------------|--------------------|
|                |     |                             | Hmotnost oxidu uhelnatého (CO) |     | Hmotnost celkových uhlovodíků (THC) |    | Hmotnost nemetanových uhlovodíků (NMHC) |    | Hmotnost oxidů dusíku (NOx) |     | Součet hmotností celkových uhlovodíků a oxidů dusíku (THC + NOx) |     | Hmotnost pevných částic (PM) |     | Počet částic (PN10) |                    |
|                |     |                             | (mg/km)                        |     |                                     |    |   |    |                             |     |  |     |                              |     |                     |                    |
|                |     |                             | Z                              | VZ  | Z                                   | VZ | Z                                       | VZ | Z                           | VZ  | Z  | VZ  | Z                            | VZ  | Z                   | VZ                 |
| M <sub>1</sub> | -   | Všechna                     | 1000                           | 500 | 100                                 | -  | 68                                      | -  | 60                          | 80  | -  | 170 | 4,5                          | 4,5 | 6x10 <sup>11</sup>  | 6x10 <sup>11</sup> |
| N1             | I   | RM≤1280                     | 1000                           | 500 | 100                                 | -  | 68                                      | -  | 60                          | 80  | -  | 170 | 4,5                          | 4,5 | 6x10 <sup>11</sup>  | 6x10 <sup>11</sup> |
|                | II  | 1280<RM≤1735                | 1810                           | 630 | 130                                 | -  | 90                                      | -  | 75                          | 105 | -  | 195 | 4,5                          | 4,5 | 6x10 <sup>11</sup>  | 6x10 <sup>11</sup> |
|                | III | 1735≤RM                     | 2270                           | 740 | 160                                 | -  | 108                                     | -  | 82                          | 125 | -  | 215 | 4,5                          | 4,5 | 6x10 <sup>11</sup>  | 6x10 <sup>11</sup> |

Tabulka 5: Emisní norma EURO 7 pro výfukové plyny vozidel kategorie M1 a N1 [20]

| <b>Emisní limity částic z brzd<br/>mg/km</b> | <b>Kategorie vozidel M1, N1, kromě N1, III*</b> |   |   |  |   |
|--|---|---|---|--|---|
| <b>Technologie pohonné<br/>jednotky</b>      | <b>čistě elektrické<br/>vozidlo</b>             | <b>Vozidlo s hybridním<br/>pohonem s možností<br/>extrelního dobíjení</b> | <b>Vozidla s dvěma různými měniči<br/>energie a zásobníky energie bez<br/>možnosti externího dobíjení</b> | <b>Vozidlo s elektickým<br/>hnacím ústojím a<br/>palivovými články</b> | <b>Vozidlo s čistě<br/>spalovacím motorem</b> |
| <b>Emise částic z brzd (PM10)</b>            | <b>3</b>  | <b>7</b>  | <b>7</b>  | <b>7</b>   | <b>7</b>                                      |

*Tabulka 6: Mezní hodnoty emisí částic z brzd pro kategorie vozidel M1 a N1 při standardním jízdním cyklu platné do 31.12.2029 podle technologie hnacího ústrojí [20]*

| <b>Mezní hodnoty emisí v mg/km na<br/>vozidlo</b> | <b>Vozidla M<sub>1</sub>, N<sub>1</sub></b> | <b>Vozidla M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub></b> | <b>Vozidla N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub></b> |
|---|---|---|---|
| <b>Emise částic z brzd (PM<sub>10</sub>)</b>      | 3   |   |   |
| <b>Emise částic z brzd (PN)</b>                   |   |   |   |

*Tabulka 7: Mezní hodnoty pro emise částic z brzd pro kategorie vozidel M1 a N1 od 1.1.2035 [20]*

## 2.3 Systémy pro snižování škodlivin ve výfukovém potrubí

Systémy pro snižování škodlivin ve výfukovém potrubí jsou klíčovou technologií pro zlepšení kvality ovzduší a ochranu životního prostředí. Tyto systémy transformují škodlivé emise z motorů na méně škodlivé látky, jako je dusík, voda a oxid uhličitý. Použitím těchto systémů vozidla a průmyslová zařízení splňují přísné emisní normy a přispívají k čistějšímu a zdravějšímu životnímu prostředí. Vývoj a implementace těchto technologií je neustálý proces, který reaguje na rostoucí potřebu snižování znečištění ovzduší.

### 2.3.1 Katalytické konvertory

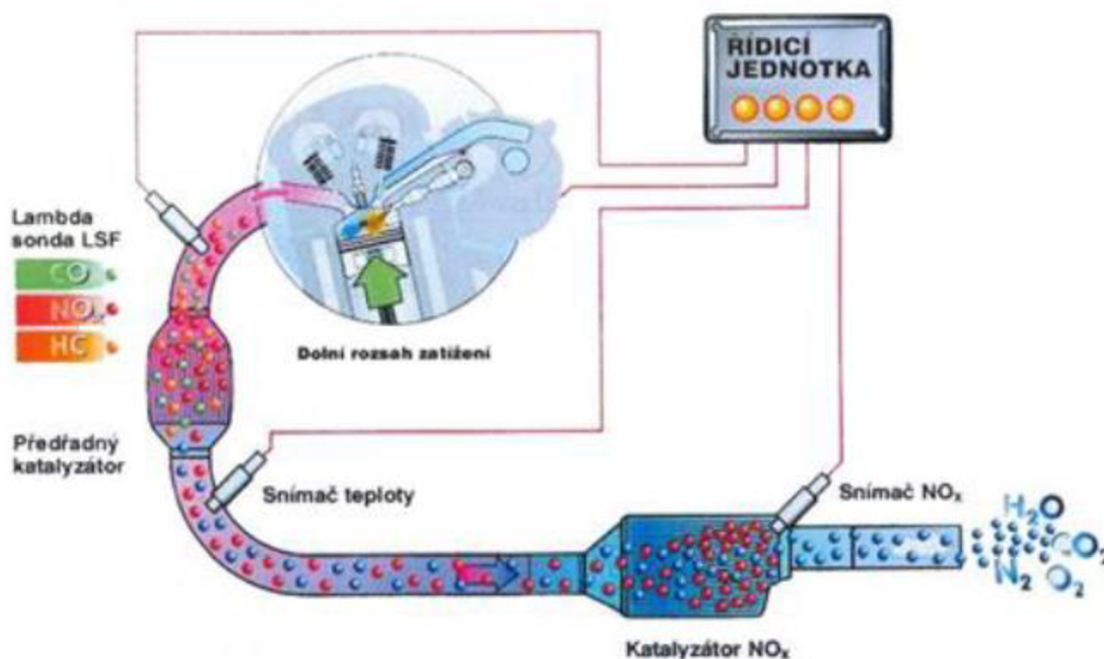
Katalyzátory ve výfukových systémech vozidel fungují jako zařízení pro chemickou transformaci. Tyto zařízení nejsou filtry zachycující nečistoty, ale spíše pracují na principu chemické katalýzy (katalyzátor vstupuje do chemické reakce a beze změny jí opouští), kdy pomocí vrstev vzácných kovů, jako jsou platina a rhodium, dochází k urychlení chemických reakcí mezi produkty nedokonalého spalování, zbytkovým kyslíkem a oxidy dusíku, aniž by se samy katalyzátory chemicky měnily nebo se spotřebovávaly. Platina se obvykle využívá pro urychlení oxidačních reakcí, zatímco rhodium je klíčové pro urychlení redukčních procesů. Jedinou metodou údržby u oxidačních, redukčních a třicestných katalyzátorů je porovnání součinitele přebytkového vzduchu  $\lambda$  před a za katalyzátorem. U SCR katalyzátoru lze údržbu provést porovnáním koncentrace škodlivých oxidů dusíku před a za katalyzátorem. Pokud je vyhodnocena porucha je potřeba celý katalyzátor vyměnit za nový [23].

Katalyzátory lze rozdělit podle provedení do čtyř skupin:

- a) Oxidační (dvoucestné): snižující emise CO a nespálených uhlovodíků,
- b) Redukční (zásobníkové): snižující  $\text{NO}_x$ ,
- c) Kombinované (třicestné): snižující emise CO,  $\text{NO}_x$  a nespálených uhlovodíků,
- d) Selektivní (SCR katalyzátor): pro snižování  $\text{NO}_x$ .

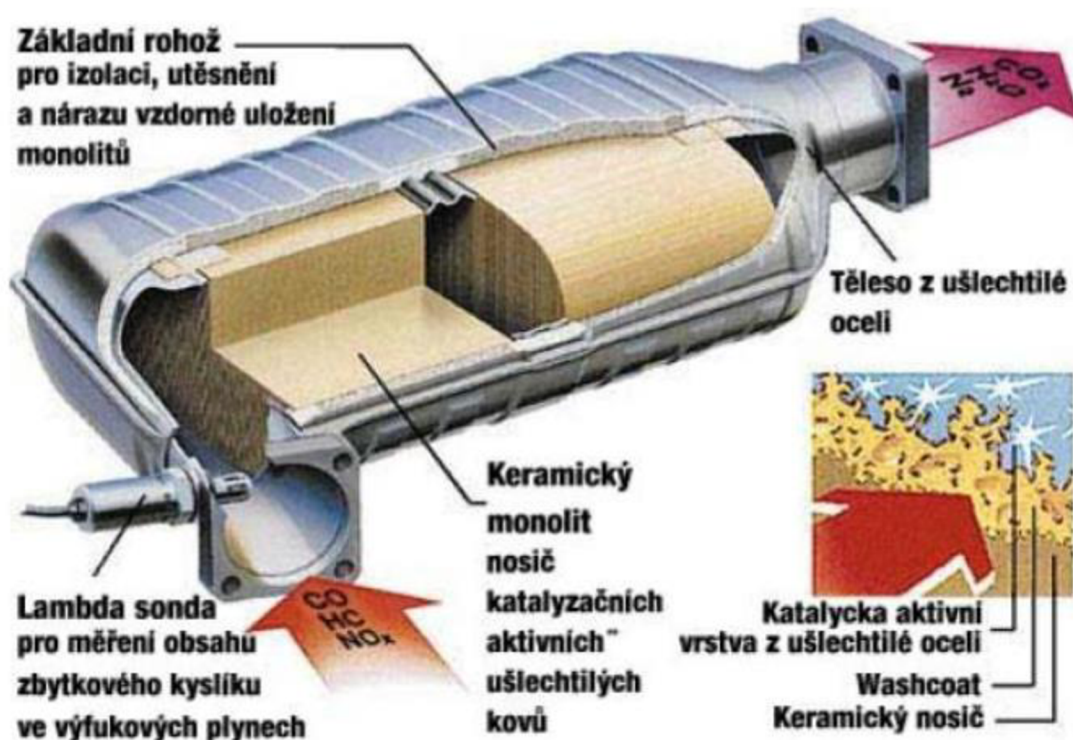
Oxidační katalyzátor pracuje s přebytkovým kyslíkem obsaženým ve výfukových plynech pro dodatečnou oxidaci (hoření) oxidu uhelnatého (CO) na oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a nespálené uhlovodíky (HC) na oxid uhličitý a vodu ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Přebytkový kyslík potřebný k oxidaci se u motorů s přímým vstřikem získá přes lehké ochuzení směsi  $\lambda > 1$ . Oxidy dusíku oxidačním katalyzátorem pouze prochází, protože je snadou tyto oxidy redukovat [26].

Redukční katalyzátor je nejvíce používán u zážehových motorů s přímým vstříkem konkrétně se systémem vstřikování vrstvené směsi (FSI). U tohoto typu motoru se při částečném zatížení přepne motor do režimu s vrstvenou směsí. U tohoto režimu je směs ve válci velmi chudá, takže hodnota součinitele přebytečného vzduchu může vystoupat až na hodnotu  $\lambda = 4$ . Proto není redukce oxidů dusíku třícestným katalyzátorem možná a je potřeba za tento katalyzátor nasadit redukční katalyzátor. Tento katalyzátor se skládá z keramického nosiče, na kterém je nanese vrstva materiálu se schopností zadržování oxidů dusíku a tím je oxid barnatý (BaO) a oxid draselný (K<sub>2</sub>O). Díky přítomnosti přebytečného kyslíku při spalování chudé směsi je katalyzátor schopný adsorbovat oxidy dusíku v podobě dusičnanů. Ve chvíli, kdy je jeho adsorbční schopnost vyčerpána je potřeba katalyzátor zregenerovat. Tato regenerace je prováděna krátkým obohacením směsi, kdy jsou nashromážděné dusičnany redukovány za pomoci CO na dusík [27]. Tato činnost je znázorněna na obrázku 5:



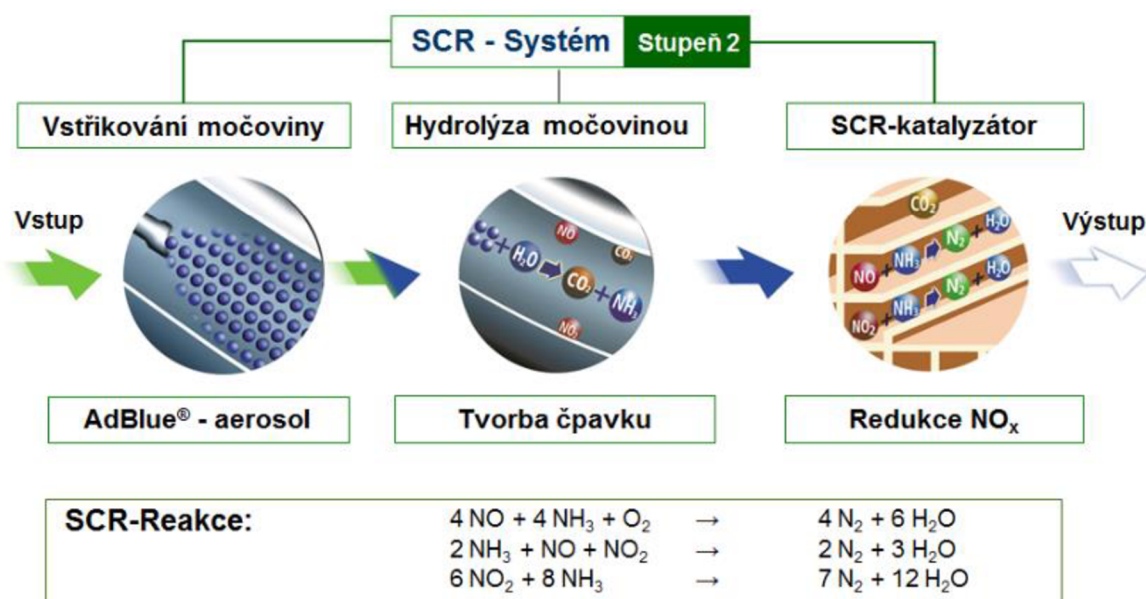
Obrázek 5: Činnost redukčního katalyzátoru [27]

Třícestný katalyzátor je kombinací dvou předešlých konstrukcí. To znamená, že je schopen konvertovat oxid dusnatý ( $\text{CO}$ ), oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ) a nespálené uhlovodíky ( $\text{HC}$ ). Přeměny látek mají na svědomí dvě chemické reakce, které probíhají současně. V první (oxidační) reakci je oxid uhelnatý konvertován na oxid uhličitý a nespálené uhlovodíky na vodu a oxid uhličitý. V druhé (redukční) reakci je kyslík potřebný k oxidaci odebírán oxidům dusíku, které mohou být díky tomu redukovány. Pro dosažení maximálního konverzního poměru musí být škodlivé látky ve spalinách v rovnováze. Tato podmínka je splněna při stechiometrickém poměru  $\lambda = 1$  s minimální odchylkou  $\lambda = (0,99 \text{ až } 1,02)$ . Z tohoto důvodu je potřeba lambda regulace a s tím i spojena nutnost nepřímého vstřiku paliva. V současnosti je třícestný katalyzátor nejúčinnější metodou čištění spalin pro zážehový motor. U stechiometrického poměru lze konvertovat emise oxidu uhelnatého, nespálených uhlovodíků a oxidů dusíku až z 98 % [28]. Konstrukce katalyzátoru je znázorněna na obrázku 6:



Obrázek 6: Konstrukce třícestného katalyzátoru [29]

V SCR katalyzátoru dochází k reakci oxidů dusíku a amoniaku ( $\text{NH}_3$ ). Při této reakci je výsledkem rozklad oxidů dusíku na vodu a dusík. Amoniak, známý také jako čpavek ( $\text{NH}_3$ ) se produkuje chemickými reakcemi. Konkrétně termolýzou a hydrolyzou přímo ve výfukovém systému z kapalného aditiva AdBlue, které se do katalyzátoru vstříkuje. Aditivum AdBlue, je 32,5 procentní roztok močoviny  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  s destilovanou vodou. Po jeho vstříknutí do výfukového systému se voda vypaří, což umožňuje, aby se AdBlue hydrolytickým rozkladem přeměnilo na amoniak ( $\text{NH}_3$ ) [29]. Chemické reakce rozloženého amoniaku a oxidů dusíku jsou popsány na následujícím obrázku číslo 7:



Obrázek 7: Činnost systému SCR [29]

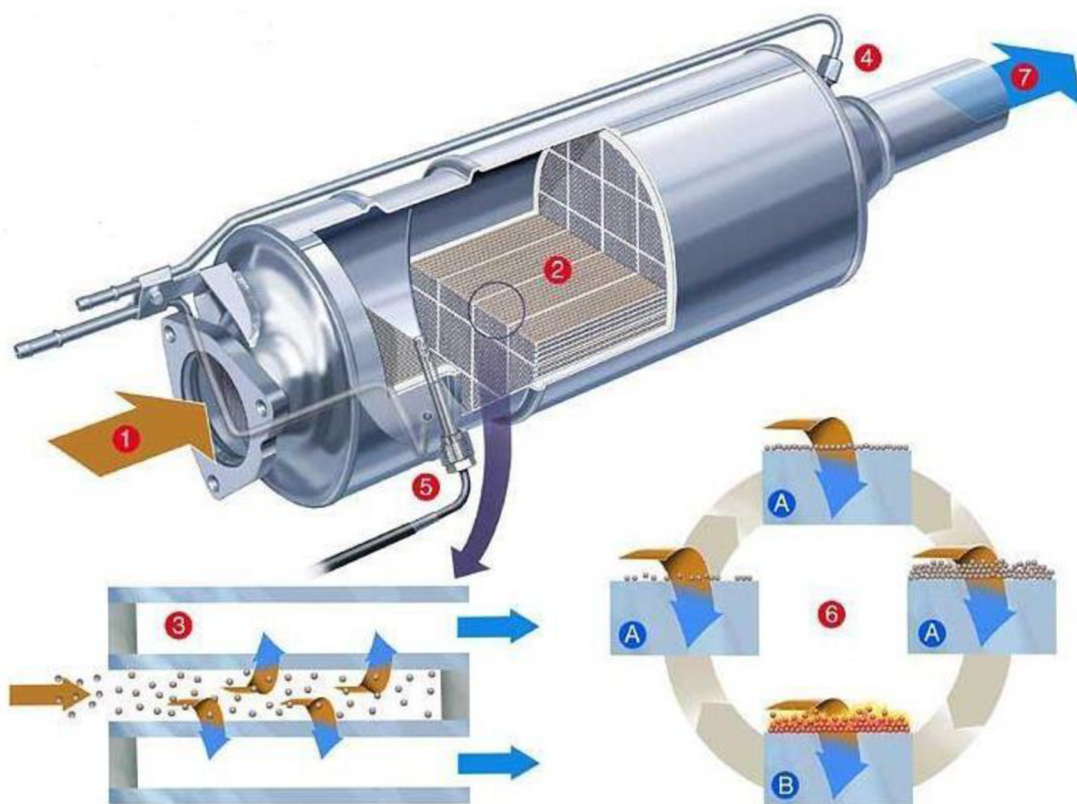
SCR katalyzátor může mít dvě různé konstrukce. Jedna verze používá titanový nosič s vrstvou katalyzátoru, která je pokryta vanadem ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ). Druhá verze využívá nosič ze zeolitu (složení  $\text{SiO}_4$  a  $\text{AlO}_4$ ) s vrstvou katalyzátoru obsahující měď. Při nadbytečném vstřikování AdBlue se při chemické redukci nespoteřebuje veškerý amoniak, který následně opouští výfukové potrubí a dostává se do atmosféry, což je nežádoucí vzhledem k jeho toxicitě. Z tohoto důvodu se za SCR katalyzátor přidává další oxidační katalyzátor, ve kterém přebytečný amoniak oxiduje na vodu  $\text{H}_2\text{O}$  a dusík  $\text{N}_2$ . Největší nevýhodou tohoto systému je vysoká teplota krystalizace amoniaku a to  $11\text{ }^\circ\text{C}$ . Z tohoto důvodu je v systému potřebný ohřev samotné nádrže, tak i celého vedení AdBlue [29].

### 2.3.2 Filtr pevných částic DPF, GPF

Pevné částice nelze konvertovat klasickými katalyzátory, a proto byl zkonstruován DPF (Diesel Particulate Filter) a GPF (Gasoline Particulate Filter) filtr pevných částic. Problematika pevných částic se spíše týká vznětových motorů, avšak v dnešní době je i pro vozidla s přímým vstřikováním benzínu povinný. Pro snížení tvorby sazí ve válci je nejdůležitější dokonalé mísení paliva a vzduchu. Z tohoto důvodu se kladl důraz na nové řešení v oblasti vstřikovacího systému. Ze starých rotačních vstřikovacích čerpadel, které byly mechanicky ovládané se přešlo na revoluční systém Pumpe-Duse (Čerpadlo-Tryska), který přinesl skok ve vstřikovacím tlaku, a to až nad 2000 bar. Systém PD však měl jednu velkou nevýhodu. Nebylo možné rozdělovat přivedené palivo na vícero dávek kvůli konstrukčnímu řešení, kdy vačková hřídel tlačila na tělo vstřikovače a tím vytvářela požadovaný tlak, avšak pouze v jedné dávce. Rozdělení palivové dávky je důležité pro dokonalější smíchání paliva se vzduchem. Tento problém vyřešil až systém CR (Common Rail), kde je natlakované palivo uschované v zásobníku tlaku (Railu) a čeká na otevření vstřikovače elektronicky ovládaným ventilem. Tímto způsobem lze takřka neomezeně upravovat poměr paliva a vzduchu s ohledem požadavku na výkon, a přitom pracovat s vysokým tlakem až 2000 bar. DPF zachycuje saze, které jsou následně při naplněném filtru vypáleny při takzvané regeneraci. Z hlediska údržby jsou DPF filtry na diagnostiku velmi těžké, protože závady na filtru pevných částic jsou z velké části sekundárním příznakem závady jiné komponenty například únik oleje do výfukového potrubí, nebo opotřebované palivové vstřikovače, které způsobí nedokonalé smíchání paliva a vzduchu. Diagnostiku DPF filtru lze provést měřením rozdílu tlaku před a za filtrem. [30].

Z konstrukčního hlediska jsou filtry vyráběny ve dvou variantách. Prvním řešením je uzavřený filtr, který má voštinovou konstrukci, kdy jednotlivé komory jsou od sebe odděleny pórovitými kanálky o tloušťce 300 až 400  $\mu\text{m}$ . Mezi těmito kanálky procházejí spaliny, které obsahují pevné částice. Samotné částice jsou mezi kanálky zachycovány a hromaděny na stěnách kanálků. Tato konstrukce DPF filtru má vysokou účinnost regenerace, avšak za cenu vyššího protitlaku ve výfukovém potrubí [30]. Na následujícím obrázku číslo 8 je vyznačená konstrukce uzavřeného DPF filtru s jeho pracovním cyklem:

- 1) směr průtoku předčištěných výfukových plynů,
- 2) příčný řez vložkou filtru,
- 3) prostup spalín přes komory filtru,
- 4) senzor tlaku,
- 5) teplotní čidlo,
- 6) cyklus filtru,
- A) filtrační fázi,
- B) regenerační fázi.

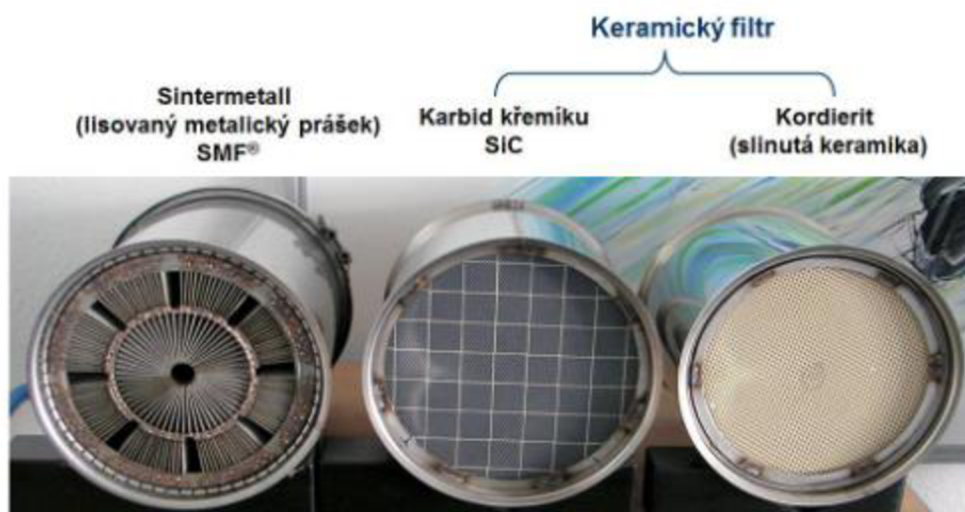


Obrázek 8: Schéma a znázornění cyklu filtru pevných částic [31]

Druhé řešení je otevřený filtr. Tato možnost je bez velkého protitlaku ve výfukovém potrubí, bohužel pouze s padesátiprocentní účinností regenerace oproti uzavřené konstrukci [30].



Pro výrobu obalu filtru se používá nejčastěji žáruvzdorná nerezová ocel. Takto vyrobený obal bývá většinou nerozebíratelný. Filtrační vložka musí odolávat vysokým teplotám, mít vysokou tvrdost a mít dobré filtrační vlastnosti. Tyto požadavky splňuje například kordierit (slinutá keramika) [33]. Příklady materiálů pro výrobu vložek do DPF filtru jsou ukázány na obrázku 9:



Obrázek 9: Příklady materiálů pro výroby vložek DPF filtru [32]

Když je filtr pevných částic zcela zaplněn, je nutné odstranit nahromaděné částice, aby nedošlo k ucpání výfukového systému. Odstranění částic se provádí jejich spálením, což je proces aktivovaný řídicí jednotkou motoru na základě analýzy dat z čidel měřících tlak před a za filtrem. Protože teplota potřebná k zapálení sazí, přibližně 550 °C, se za normálních jízdních podmínek nedosahuje snadno, je zapotřebí buď uměle zvýšit teplotu výfukových plynů, nebo snížit teplotu při které dojde k zapálení sazí [30].

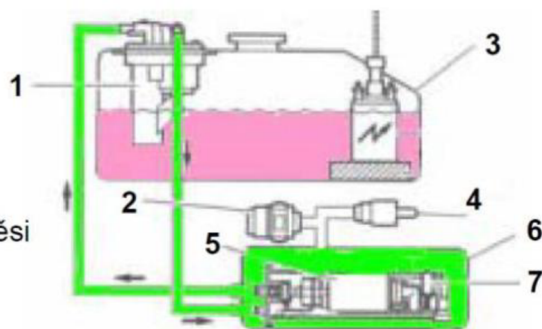
Pro spálení zachycených spalin v DPF filtru existují dvě metody:

1. Oxidace sazí pomocí přebytkového kyslíku ve spalinách. Pro tento typ oxidace je zapotřebí umělé zvýšení teploty spalin na teplotu cca 550 °C.
2. Oxidace sazí pomocí oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>). Při této oxidaci sazí je zapotřebí vytvoření potřebného oxidu dusíku z předchozích úprav spalin. Oxid dusičitý snižuje teplotu hoření sazí na hodnotu 250 °C [30].

Regenerace DPF filtru se dělí na dva typy:

1. Aktivní regenerace, u které je případ nedostatečné teploty spalin a je za potřeby ji nějakým způsobem zvýšit. V první fázi po vyhodnocení rozdílného tlaku před a za filtrem pevných částic je řídicí jednotka motoru nucena provést několik kroků, které vedou ke zvýšení teploty spalin. Například vypnutí zpětného vedení výfukových plynů, regulace množství nasávaného vzduchu, aby nedocházelo k ochlazení spalin a přidáním dodatečné dávky paliva do válce takzvaný dovstřík [32].
2. Pasivní regenerace je případ regenerace, u které je teplota výfukových plynů dostatečná a probíhá bez elektronického zásahu do řízení motoru. Pasivních regenerací lze dosáhnout snížením zápalné teploty sazí (mokrý cesta), nebo zvýšení teploty výfukových plynů (suchá cesta). Mokrý cesta neboli systém pro snížení zápalné teploty sazí využívá aditivum s obchodním názvem EOLYS, které je automaticky přimícháváno do nádrže s palivem. Toto aditivum snižuje teplotu hoření sazí o cca 100 °C. Tím se snižuje využití oxidačního katalyzátoru před DPF filtrem, avšak za cenu ukládání spáleného aditiva v DPF filtru ve formě popílků, který snižuje jeho životnost. Pro slabý účinek aditiva na teplotu hoření sazí je tato regenerace pro městský provoz nedostatečná, a proto je kombinovaná s regenerací aktivní [30]. Na obrázku 10 je popsáno schéma systému snižování teploty hoření sazí.

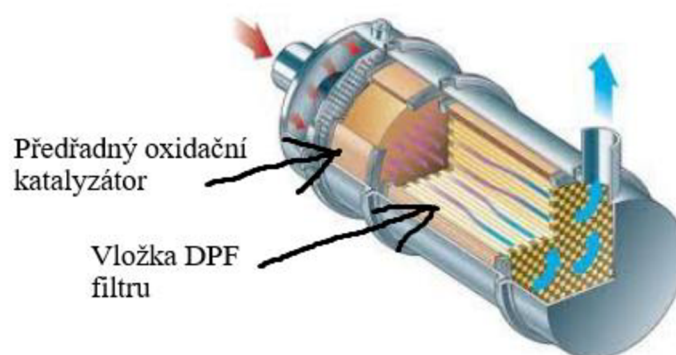
1. Vstřikovací ventil příměsi
2. Přepadový uzávěr
3. Palivová nádrž
4. Pojistný ventil
5. Čerpadlo pro vstřikování příměsi
6. Nádrž na příměs
7. Snímač hladiny příměsi



Obrázek 10: Dávkování aditiva pro snižování teploty hoření sazí do palivové nádrže [34]

Druhý případ pasivní regenerace je takzvaná suchá cesta. Při které dochází k ohřevu výfukových plynů pro tuto činnost se využívá předřadný oxidační katalyzátor umístěný těsně před DPF filtrem. Takovéto řešení umožňuje neustálou pasivní regeneraci filtru při nižších teplotách výfukových plynů v rozsahu (250 až 400 °C) Předřadný oxidační katalyzátor zvyšuje teplotu spalin oxidací nespálených uhlovodíků (HC), oxidu uhelnatého (CO) a oxidu dusíku (NO<sub>x</sub>) z 95 % tvořen oxidem dusnatým (NO).

Nejdůležitější oxidací ze zmíněných je konverze oxidu dusnatého na oxid dusičitý pro jeho schopnost snížení teploty hoření sazí na 200 °C [30]. Na obrázku 11 je vyobrazena konstrukce filtru pevných částic s předřadným katalyzátorem

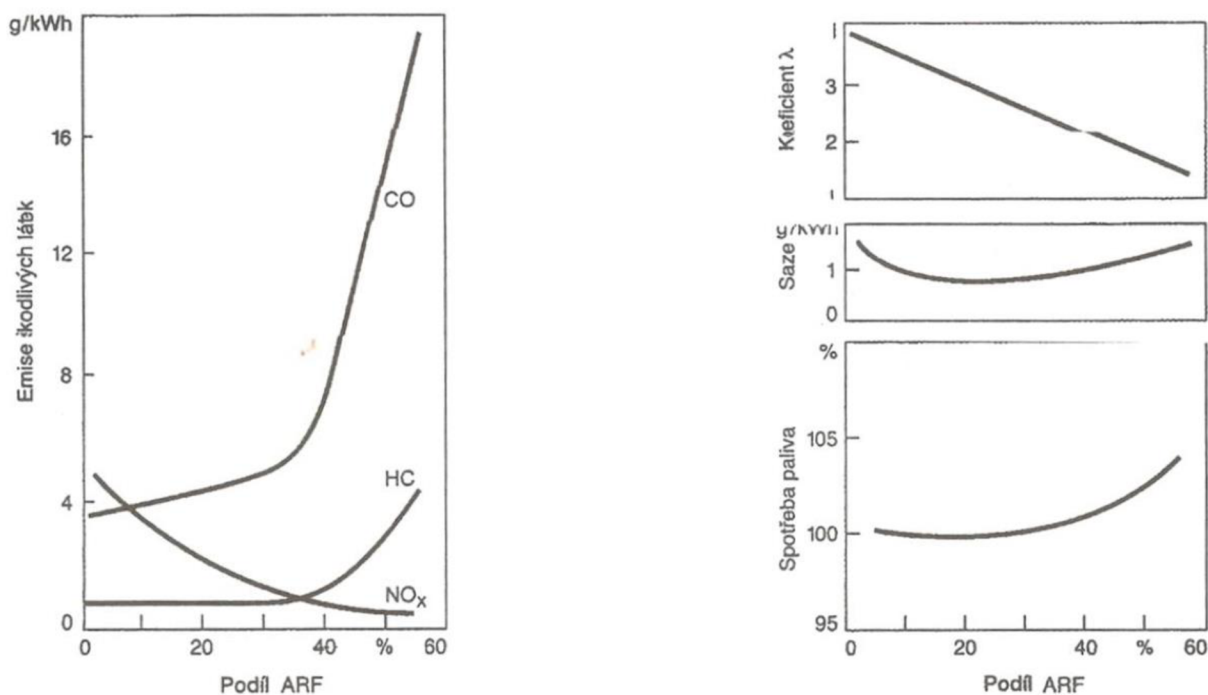


Obrázek 11: DPF filtr s předřadným oxidačním katalyzátorem (CRT) [34]

### 2.3.3 Zpětné vedení výfukových plynů: EGR ventil

Zpětné vedení výfukových plynů je technologie, která se používá u zážehových i vznětových motorů pro snížení emisí oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>). EGR ventil pracuje na principu prepouštění části výfukových plynů zpět do sání a jejich opětovnému spálení. Tím pádem se v nasávaném vzduchu objevuje méně molekul kyslíku, což má za následek menší teplotu hoření. Tato teplota je velice důležitá pro vznik zmiňovaných oxidů dusíku. Systém recirkulace spalin je nejvíce aktivní v pásmu částečného zatížení, protože je zde dostatek času pro vznik oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>) a dostatečný počet molekul kyslíku k oxidaci. Podíl prepouštěných plynů do sání má vliv na spotřebu paliva a na ostatní složky spalin. Při překročení kritického podílu prepouštěných plynů dochází ke snížení výkonu motoru, zvýšení spotřeby paliva a zvýšení

koncentrace nespálených uhlovodíků (HC) oxidu uhelnatého (CO) a tvorbě sazí. Dalším negativním faktorem, který se projeví na výkonu motoru je postupné narůstání vrstvy sazí v sacím potrubí. To má za následek výrazné zmenšení objemu nasávaného vzduchu a snížení výkonu ve vyšších otáčkách [23]. V následujícím obrázku číslo 12 je znázorněn vliv podílu recirkulovaných spalín na emisích vozidla a spotřebě paliva:

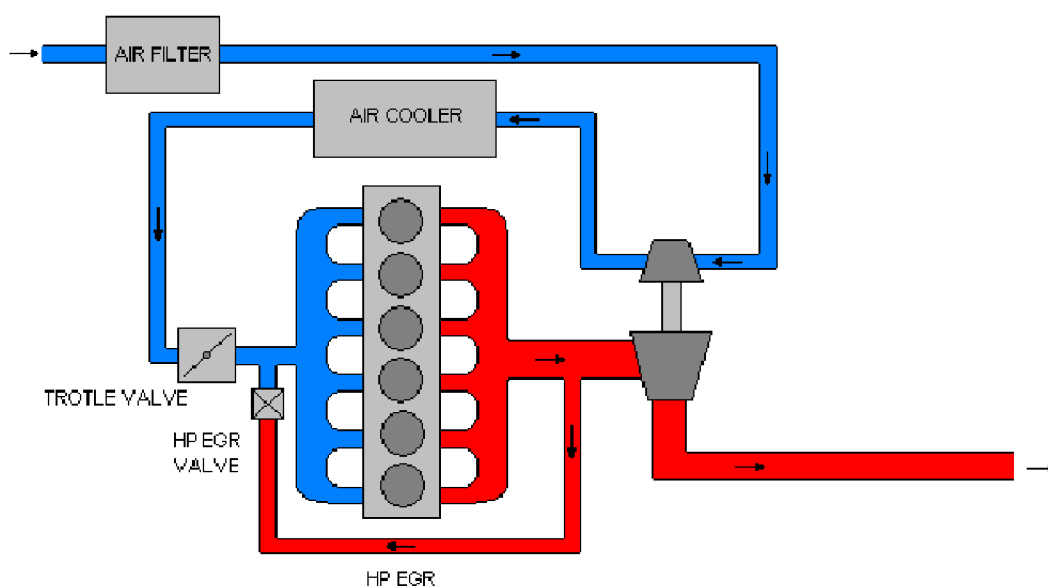


Obrázek 12: Vliv podílu recirkulovaných spalín na HC a CO a vliv podílu recirkulovaných spalín na koeficient přebytečného vzduchu  $\lambda$ , obsahu sazí a na spotřebě paliva [23]

Ke zpětnému vedení výfukových plynů slouží EGR ventil. Tento ventil udává množství recirkulovaných spalín. Ventil bývá namontován na výfukovém potrubí, sání nebo je umístěn na potrubí spojující výfukovou a sací část. EGR ventily jsou rozděleny podle ovládání na pneumatické a elektronické. Pneumatické ventily jsou ovládaný prostřednictvím vakua pomocí elektromagnetického ventilu. Ovládací ventily lze rozdělit na jednoduché přepínací ventily, které mají pouze plně otevřeno nebo zavřeno a ventily s elektropneumatickým snímačem tlaku, kdy je EGR ventil plynule nastavitelný. Ovládací podtlak je odebírán ze sacího potrubí nebo uměle vytvářen vývěvou. Elektronické ventily jsou ovládaný přímo z řídicí jednotky motoru. Údržba zpětného vedení výfukových plynů se nejčastěji provádí jako vyčištění sacího potrubí

od usazených sazí, které se přes EGR ventil do něj dostávají. U samotného EGR ventilu si lze prověřit, zda ventil správně a dostatečně otevírá. U ventilu ovládaného pneumaticky můžeme diagnostiku provádět vakuovou pumpičkou, která simuluje ovládací podtlak při běžném provozu. Kontrolu elektronicky ovládaného EGR lze provést přes sériovou diagnostiku v sekci akčních členů a s následným pozorováním rozdílu požadované a reálné hodnoty otevření ventilu [24], [25].

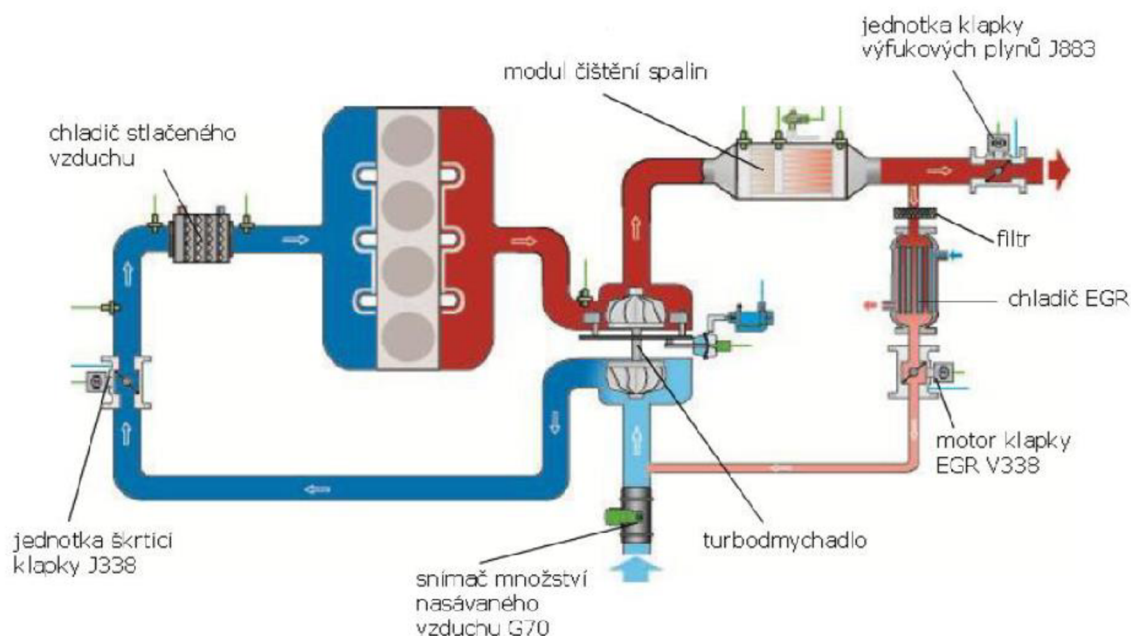
U vysokotlakého systému recirkulace spalin je EGR ventil umístěn hned za motorem. U přeplňovaných motorů turbodmychadlem se EGR ventil nachází mezi turbínou a motorem. Jeho vývod je až za škrtkící klapkou motoru. Tento systém je konstrukčně osvědčený a lze jej používat při vysokém zatížení, avšak má své nedostatky. Hlavními nedostatky systému je, že nasávané spaliny nejsou odfiltrovány od sazí a tyto saze poté zanášejí sací potrubí. Dalším nedostatkem je vysoká teplota spalin, která má za následek nižší hustotu nasávaného vzduchu a tím nižší hodnotu  $\lambda$ , která má vliv na výrazně vyšší spotřebu paliva [24], [25]. Na obrázku 13 je znázorněna konstrukce vysokotlakého systému:



Obrázek 13: Schéma vysokotlakého systému EGR [25]

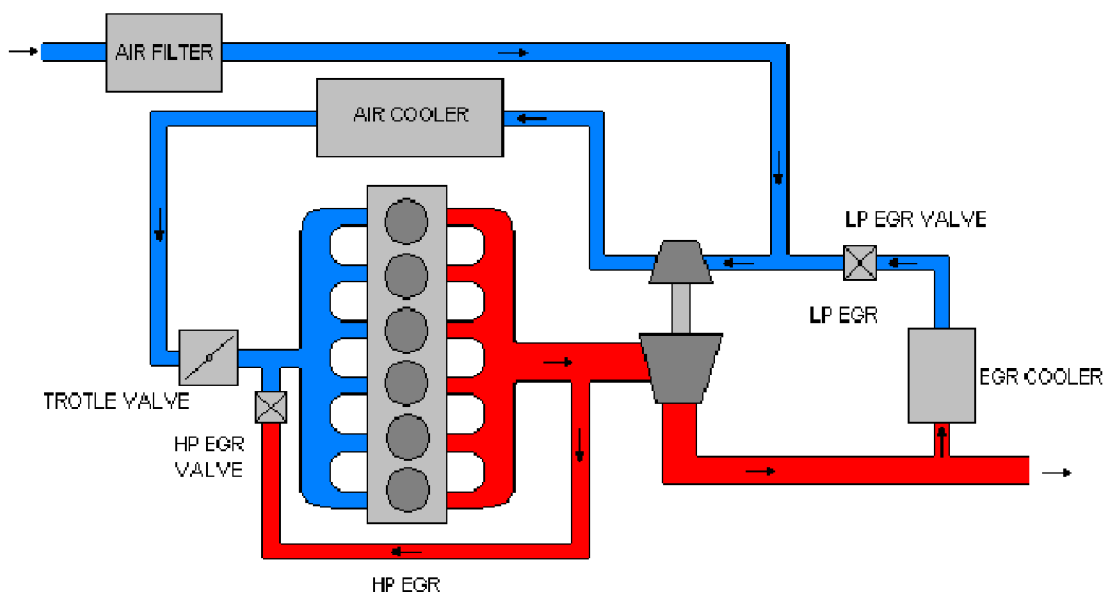
U nízkotlakého systému EGR jsou výfukové plyny nabírány až za turbodmychadlem a filtrem pevných částic a jsou vyvedeny před dmychadlo na sací straně, tím pádem jsou spaliny zbaveny sazí. Z toho důvodu se sací potrubí nezanáší sazemi. Dále jsou výfukové plyny chladnější a lze mít v systému menší chladič pro spaliny. Proto je hustota nasávaného vzduchu vyšší a lze zachovat objemovou účinnost plnění motoru. Největší nevýhodou tohoto systému je

nutnost měření nízkotlaké části a kondenzace vzdušné vlhkosti v celém prostoru nízkoteplotní části systému [24], [25]. Na obrázku číslo 14 je schéma nízkotlakého systému EGR:



Obrázek 14: Schéma nízkotlakého EGR [24]

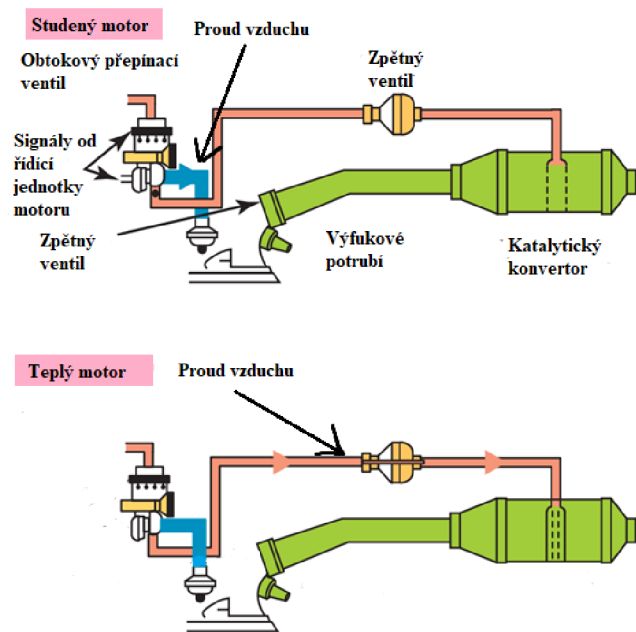
Kombinovaný EGR je kombinací předešlých konstrukcí. Jeho výhodou jsou vyšší podíl spalin v nasávané směsi bez ztráty výkonu a přesnější regulace přísávaní spalin. U vozidel vybavených turbodmychadlem s variabilní geometrií lopatek je účinnost EGR vysoká. Největší význam tohoto systému bude v budoucím plnění emisních norem pro snižování spotřeby paliva a tím i spojené emise [25]. Na obrázku 15 je vyobrazeno konstrukční schéma kombinovaného systému EGR:



Obrázek 15: Schéma kombinovaný EGR [25]

### 2.3.4 Přívod sekundárního vzduchu do výfuku

Tato konstrukce pomáhá ke snižování hodnot nespálených uhlovodíků (HC), oxidů uhelnatého (CO) a výjimečně i oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ). Používá se u zážehových motorů, kde se přivádí dodatečný vzduch do výfukového potrubí přímo za válec nebo do katalyzátoru. Sekundární vzduch se do výfukového potrubí při studeném motoru přivádí za účelem dodatečného hoření nespálených uhlovodíků se vzduchem. To má za následek zvýšení teploty výfukových plynů, které poté ohřívají další systémy regulace emisí na provozní teplotu. Těmito systémy jsou myšleny lambda sondy a třicestný katalyzátor. Při teplém motoru je sekundární vzduch přiváděn přímo do katalyzátoru za účelem snížení hodnot emisí oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ) [1]. Schéma systému sekundárního vzduchu lze vidět na obrázku číslo 16:



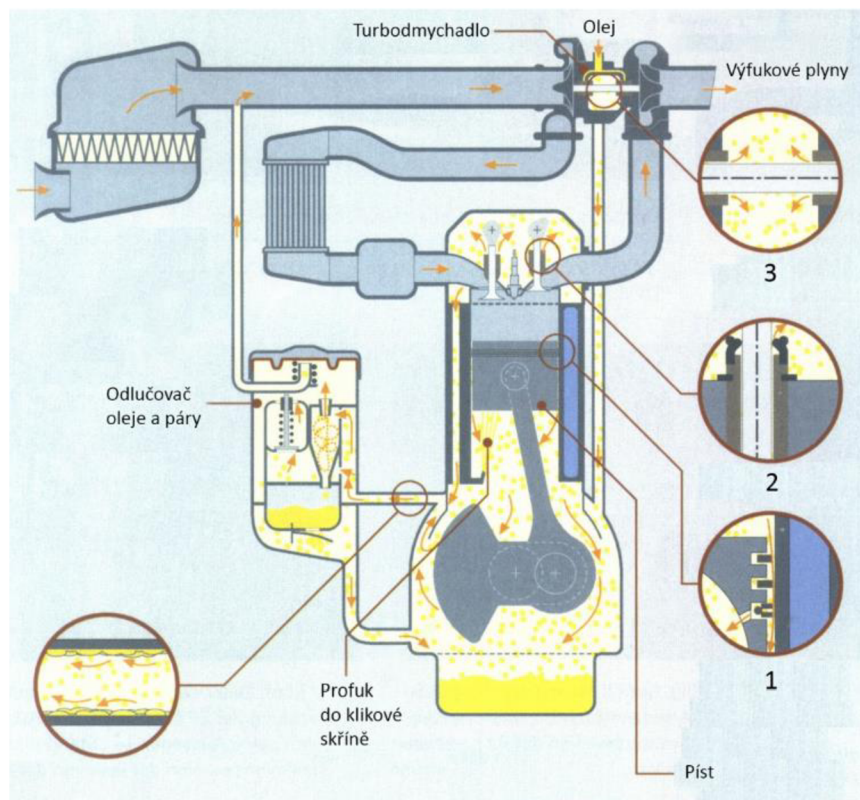
Obrázek 16: Schéma systému sekundárního vzduchu [1]

### 2.3.5 Odvětrávání klikové skříně

Odvětrání klikové skříně je systémem pro snížení emisí nespálených uhlovodíků (HC) a oxidu uhelnatého (CO). Při provozu motorů s válcovým spalovacím prostorem uniká malé množství plynů ze spalovacího prostoru okolo pístních kroužků do klikové skříně motoru. Dalším zdrojem uniklých plynů do klikové skříně je netěsnost mezi ventilem a jeho vodítkem. To má za následek profuk kolem dřívku ventilu. Posledním zdrojem plynů u vozidel vybavených turbodmychadlem je netěsnost mezi hřídelí turbodmychadla a jeho mazacím ústrojím. Postupně se plyny ze všech zdrojů shromažďují v klikové skřině. Uniklé plyny do klikové skříně jsou tvořeny směsí paliva, vzduchu, vzdušnou vlhkostí a olejem. Tento soubor plynů nemůže být odvětrán přímo do atmosféry, špatný vliv na životní prostředí. Proto jsou tyto plyny odvětrány u starých motorů přes ventil nebo otvor zpět do sání. U moderních motorů vybavených turbodmychadlem a vstřikováním paliva je ventil nahrazen separátorem olej/pára nebo olej/voda. Separátor olej/pára umožňuje akumulaci oleje a jeho navrácení zpět do klikové skříně. Separátor olej/voda akumuluje vodu a zabraňuje jejímu zamrznutí při nízkých teplotách. Diagnostika v tomto systému je minimální. Nejčastější poruchy je přicpání zpětného vedení



plynů zpět do sání [1],[21]. Na následujícím obrázku číslo 17 je vyobrazeno schéma odvětrávání klikové skříně a místa, kde dochází k netěsnostem:



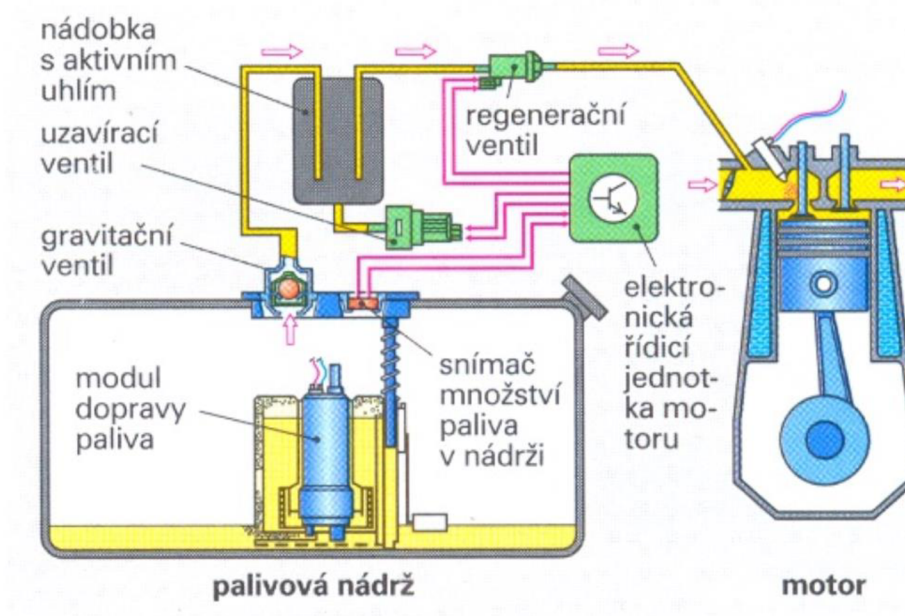
Obrázek 17: Schéma odvětrávání klikové skříně a místa, kde dochází k netěsnostem [21]

### 2.3.6 Odvětrávání palivové nádrže

Účelem tohoto systému je zachycovat a zadržovat odpařené uhlovodíky (HC) z palivové nádrže a následně tyto uhlovodíky přivádět do sání. Na velikost odpařování paliva v nádrži má vliv několik příčin:

- rychlost odpařování (těkavost),
- velikost palivové nádrže, resp. její plocha,
- hladina paliva,
- teplota okolí,
- teplota paliva, které se přivedlo zpět vedením do nádrže,

Nejhlavnější komponenty je nádoba s aktivním uhlím, která dokáže adsorbovat odpařené molekuly paliva, regenerační ventil, který ovládá přísávání nashromážděného paliva do sání motoru a další ventily, jejich účelem je utěsnění palivové nádrže při vypnutém motoru nebo utěsnění nádoby s aktivním uhlím od palivové nádrže v případě, že je regenerační ventil otevřený. Nejčastějšími závadami na tomto systému je netěsnost a následný únik uhlovodíku do atmosféry a nefunkční regenerační ventil [22]. Na obrázku číslo 18 je zobrazeno schéma tohoto systému:



Obrázek 18: Schéma odvětrávání palivové nádrže [22]

### **3. Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je na základě literárního rozboru emisních systémů silničních vozidel porovnat jednotlivé požadavky na údržbu. V rámci praktické části provést měření emisí vybraných silničních vozidel a porovnat naměřené hodnoty s měřením emisí z poslední návštěvy stanice technické kontroly.

## 4. Metodika

K vypracování rešeršní části bakalářské práce budou využity dostupné tuzemské i zahraniční literární zdroje. Vlastní měření bude probíhat v laboratoři Katedry vozidel a pozemní dopravy ČZU v Praze. Měření emisí probíhalo podle metodiky stanice technické kontroly pro vznětové motory s řízenými systémy přes OBD a zážehové motory s řízenými systémy přes OBD.

Pro definování metodiky měření emisí na stanicích technické kontroly, musí všechna vozidla před emisním měřením, splňovat obecné dílčí postupy podle metodiky:

- Identifikace vozidla
  - a) Kontrola identifikačních údajů vozidla, která spočívá ve shodě identifikačních údajů (VIN kód) vozidla s údaji uvedených v technickém průkazu a v osvědčení o registraci vozidla, případně s jinou dokumentací k vozidlu. Na stanici měření emisí se poté zjistí, zda disponuje příslušným vybavením pro měření daného vozidla.
  - b) Kontrola shody typu motoru, kde je s ohledem na zákonné požadavky nezbytné do poznámky protokolu vždy uvést typ motoru instalovaného ve vozidle, který buď souhlasí nebo nesouhlasí s typem motoru uvedeným v dokladech. Při kontrole se postupuje podle pokynů a dokumentace výrobce. Dále proběhne kontrola typu motoru, která odpovídá údajům v technickém průkazu. Pokud z nějakého důvodu není typ motoru vyznačen, je nutno se řídit příslušenstvím vozu, přiloženou dokumentací anebo samotnými zkušenostmi technika. Příklady příslušenství vozu jsou: používané palivo, uspořádání a provedení palivové soustavy, počet válců a jejich uspořádání, nainstalované emisní systémy.
  - c) Přiřazení diagnostických parametrů vozidla, kde na základě provedené identifikace vozidla provedeme přiřazení diagnostických parametrů a limitů měření podle údajů výrobce vozidla nebo ze schválených databází. V případě, že výrobce vozidla limity nestanovuje, použijí se obecné limity podle vyhlášky č. 211/2018 [31].
- Vizuální kontrola

- a) Probíhá kontrola systému a jejich dílů ovlivňující tvorbu emisí. Kontroluje se úplnost a těsnost příslušných soustav, těsnost motoru, nepřípustné modifikace a nepřiměřené opravy. Skupiny, na které je potřeba se zaměřit jsou: těsnost palivové soustavy a soustava obecně, sání motoru, výfukový systém, odvětrání palivové nádrže, odvětrání klikové skříně, stav elektroinstalace a přídavných elektronických zařízení třetích stran, stav SCR katalyzátoru a hladina močoviny v systému a zástavba komponent plynového pohonu.
- Diagnostika systému řízení motoru
  - a) Provádí se identifikace softwarové verze řídicí jednotky motoru a je porovnávána s verzí systému, kterou předepisuje výrobce. Probíhá vizuální kontrola funkčnosti kontrolky chybné funkce motoru. Její chování je závislé na emisní normě, kterou musí auto splňovat. Dále probíhá kontrola Readiness kódu. To jsou stavové kódy přiřazené určitým komponentám a jejich podsystémům, kde je jejich výstupem test správné funkčnosti dané komponenty. Následuje vyčtení paměti závad. To znamená kontrola, zda nejsou v systému auta některé závady, které by byly pro měření překážkou [31].

Samotný postup měření výfukových plynů je u zážehových motorů a vznětových motorů odlišný. U zážehových motorů je potřeba se pohybovat v oblasti volnoběžných otáček a zvýšeném volnoběhu. U vznětových motorů je potřeba motor dostat do pásma referenčních otáček (omezovače). Měření emisí zážehového motoru probíhá schváleným měřicím programem pro úřední měření. Řadící páka převodovky je nastavena do neutrální polohy. U vozidel se systémem start-stop je provedena ruční deaktivace. Motor vozidla musí být minimálně 5 minut nastartovaný a mít provozní teplotu minimálně 75 °C. Na měřicím přístroji je zvolen správný druh používaného paliva.

Samotné měření probíhá několika kroky. První část měření je kontrola regulace volnoběhu. Při ustáleném volnoběhu je potřeba zapnout všechny významné elektrické spotřebiče (vyhřívání, osvětlení). U vozidel s klimatizací zapneme klimatizaci, u vozidel s hydro-mechanickým řízením otáčíme volantem. Volnoběžné otáčky nesmí spadnout pod spodní hranici otáčkového pásma na dobu delší než tři sekundy. Po vypnutí spotřebičů se musí hodnota volnoběhu vrátit zpět do stanoveného otáčkového pásma. Pokud se tak nestane i po pěti minutách pokusů, auto je vyhodnoceno jako nevyhovující. Druhé měření se týká zvýšeného

volnoběhu, kdy se po dobu patnácti sekund ustálí otáčky motoru ve zvýšeném pásmu otáček. Poté je pět sekund měření vynecháno, aby odezněl předchozí stav. Výsledek je brán z průměrné hodnoty koncentrace plynných emisí a otáček motoru ve zbylých deseti sekund měření. Pokud měření proběhlo úspěšně, auto pokračuje v dalším měření. Pokud auto nesplnilo měření, je možné toto měření do doby pěti minut opakovat, jestli se však stane, že auto nedokáže být naměřeno i po této době, je ustanoveno jako nevyhovující. Třetí a zároveň poslední měření probíhá v oblasti základního volnoběhu. Po poklesu otáček z minulého měření zpět na otáčky volnoběžné, se třicet sekund měření vynechá z důvodu odeznění minulého měření a po uplynutí tohoto času následuje deseti sekundová prodleva, ve které se vyhodnocuje opět průměrná hodnota obsahu emisí a otáček motoru. Měření se může opakovat do doby pěti minut. Po této době je měření ukončeno [31].

Nestanoví-li výrobce vozidla hodnoty plynných emisí, je maximální povolená hodnota plynných emisí stanovena podle data první registrace u těchto typů motorů:

- Zážehové motory s neřízeným emisním systémem včetně vozidel vybavených neřízeným katalyzátorem:
  - a) vozidla registrovaná do roku 1985: 4,5 % oxidu uhelnatého a 1 200 ppm nespálených uhlovodíků,
  - b) vozidla registrovaná od roku 1986: 3,5 % oxidu uhelnatého a 800 ppm nespálených uhlovodíků.
- Zážehové motory s řízeným emisním systémem a katalyzátorem:
  - a) vozidla registrovaná do roku 2002: 0,5 % oxidu uhelnatého při volnoběžných otáčkách, 0,3 % oxidu uhelnatého při zvýšených otáčkách, součinitel přebytku vzduchu lambda přitom musí dosahovat hodnoty  $1 \pm 0,03$ ,
  - b) vozidla registrovaná od roku 2002: 0,3 % oxidu uhelnatého při volnoběžných otáčkách, 0,2 % oxidu uhelnatého při zvýšených otáčkách, součinitel přebytku vzduchu lambda přitom musí dosahovat hodnoty  $1 \pm 0,03$  [31].

Při měření kouřivosti u vznětového motoru jsou podmínky měření stejné jako u měření zážehového motoru. Samotné měření se dělí do několika kroků: při prvním měření probíhá kontrola regulace volnoběhu a probíhá stejně jako u zážehového motoru. Druhé měření znamená kontrolu omezovače (referenčních otáček) postupným sešlapováním plynového pedálu do doby, než se akcelerace ustálí okolo pásma referenčních otáček, které však nesmí

přesáhnout. Před třetím měření je doporučeno propláchnutí výfuku. Toto opatření by mělo být provedeno u vozidel, která jsou uvedena do provozu nejpozději do roku 2011. Propláchnutí spočívá v provedení tří akcelerací motoru, ze základního volnoběhu, do plného sešlápnutí plynového pedálu. Pedál je uvolněn při dosažení dvou třetin otáček maximálního výkonu motoru. Třetí měření je kontrola kouřivosti volnou akcelerací. Plynový pedál je plynule a rychle sešlápnut do maximální polohy a držen v této poloze, dokud není dosaženo tolerančního pásma referenčních otáček. Po dosažení požadovaného pásma lze pedál uvolnit. Výstupem měření je nejvyšší hodnota kouřivosti během akcelerace. Čtvrté měření se týká kontroly doby akcelerace. Pokud je doba akcelerace motoru delší než pět sekund (deset sekund pro vozidla vyrobená nebo uvedená do provozu nejpozději do roku výroby 1980), měření není platné, avšak započítává se do počtu provedených měření. Po poklesu otáček zpět do volnoběžného pásma následuje pauza v délce minimálně patnácti sekund [31].

Počet opakování třetího a čtvrtého měření je rozděleno na tři skupiny:

- a) Vozidla homologována podle předpisu 715/2007/ES a jeho novějších verzí neboli vozidla vybavena DPF filtrem, mohou postoupit pouze jedno platné měření, pokud má vozidlo všechny Readiness kódy naměřeny a hodnota kouřivosti nepřesahuje limit.
- b) Vozidla homologována podle předpisu 2005/55/ES a novějších verzí neboli vozidla vybavena OBD, je přípustné provést dvě platná měření za předpokladu, že všechny Readiness kódy jsou nastaveny, hodnota kouřivosti nepřesahuje povolený limit a rozdíl hodnot nepřesahuje  $0,25 \text{ m}^{-1}$ . Výsledná hodnota se určí jako aritmetický průměr z obou měření.
- c) Ostatní vozidla, která buď nesplnila stanovené podmínky, nebo nelze určit jejich homologační předpis. Měření se skládá ze čtyř měření kouřivosti a jejich výsledná hodnota je dána aritmetickým průměrem.

Měření je prohlášeno za úspěšně, pokud rozptyl kouřivosti nepřekročí hodnotu  $0,25 \text{ m}^{-1}$  a pro vozidla vyrobená do roku 1980 včetně je hodnota rozptylu kouřivosti  $0,5 \text{ m}^{-1}$ . Pokud měření nelze vyhodnotit je možné třetí a čtvrté měření opakovat až desetkrát, avšak v případě, že průměrná hodnota nepřesahuje dovolenou míru kouřivosti o více než  $0,5 \text{ m}^{-1}$ . Dovolená hodnota kouřivosti pro motorová vozidla podle vyhlášky č. 211/2018 Sb., která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu osob a pro motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu nákladů:

- a) u vozidel registrovaných do roku 1979:  $4,0 \text{ m}^{-1}$ ,
- b) u vozidel s motory s atmosférickým sáním nebo u vozidel registrovaných do roku 2008:  $2,5 \text{ m}^{-1}$ ,
- c) u vozidel s přeplňovaným motorem registrovaných do roku 2008:  $3,0 \text{ m}^{-1}$ ,
- d) u vozidel registrovaných do roku 2014:  $1,5 \text{ m}^{-1}$ ,
- e) u vozidel registrovaných od roku 2015:  $0,7 \text{ m}^{-1}$ ,
- f) u vozidel s emisními limity EURO 6:  $0.25 \text{ m}^{-1}$  [31].

Pro měření kouřivosti u vznětových motorů byl použit opacimetr Brain Bee OPA-100, který mi byl poskytnut Katedrou jakosti a spolehlivosti strojů. Pro všechna měření vznětových motorů byl použit oficiální test přímo z možností samotného přístroje. Tento test se skládal z měření kouřivosti při volnoběžných otáčkách a následného měření kouřivosti v pásmu přeběhových otáček, které se skládalo ze čtyř hned po sobě jdoucích pokusů. Dané pokusy se od sebe nesměly lišit o hodnotu kouřivosti, kterou udává samotný výrobce pohonné jednotky.



Obrázek 19: Opacimetr Brain Bee OPA-100 [autor]



Pro měření emisí ve výfukovém potrubí u zážehových motorů byl použit analyzátor výfukových plynů s infračervenou technologií Brain Bee AGS-200, který mi byl poskytnut Katedrou jakosti a spolehlivosti strojů. Pro všechna měření zážehových motorů byl vybrán oficiální test nabízený samotným měřidlem. Tento test se skládal z měření koncentrací jednotlivých složek ve výfukových plynech při volnoběhu a poté při zvýšeném volnoběhu. Pásma otáček odpovídajícím těmto stavům byly nalezeny u výrobce dané pohonné jednotky.



Obrázek 20: Analyzátor výfukových plynů Brain Bee AGS-200 [autor]

Rozlišení a přesnost měření u kalibrovaných měřidel je znázorněna v tabulce číslo 8, která byla zpracována z dat od výrobce.

| Složky výfukových plynů | Rozlišení       | Přesnost   |
|-------------------------|-----------------|--|
| CO                      | 0.01 % objemové | 0.03 % . objemové nebo 5 % měřené hodnoty                        |
| CO <sub>2</sub>         | 0.1 % objemové  | 0.5 % objemové nebo 5 % měřené hodnoty                           |
| HC                      | 1 ppm objemové  | 10 ppm objemové nebo 5 % měřené hodnoty                          |
| O <sub>2</sub>          | 0.01 % objemové | 0.1 % objemové nebo 5 % měřené hodnoty                           |
| NO                      | 1 ppm           | 10 ppm objemové nebo 5 % měřené hodnoty                          |
| Opacita                 | 0.1 %           | 20 mg m <sup>-3</sup> = 6 % přepočít z funkce přiložené výrobcem |
| Teplota                 | 1 °C            | 2.5°C  |

Tabulka 8: Rozlišení a přesnost měřidel Brain Bee [autor]

U všech vozidel byla zavedena sonda od měřicího zařízení přímo do výfukového potrubí a připojen snímač otáček motoru, který pracuje na principu snímání impulsů z autobaterie a ze snímače klepání v podobě magnetu. Zavedení sondy a připojení snímače je znázorněné na následujících obrázcích číslo 21 a 22.



*Obrázek 22: Připojení snímače otáček přes autobaterii a magnetický snímač klepání [autor]*



*Obrázek 21: Zavedení měřicí sondy do výfukového potrubí [autor]*

Je důležité poznamenat, že měřicí přístroje byly naposledy oficiálně zkalibrovány u opacimetru v roce 2010 a u analyzátoru výfukových plynů v roce 2011, avšak před čtyřmi lety proběhla neoficiální kontrola měřidel pomocí kalibračního plynu. Měřidla kontrole vyhověla a pro účely tohoto komparačního měření dosahovala dostatečné přesnosti

## 5. Vlastní práce s výsledky a diskuse

### 5.1 Škoda Octavia AXR

Jako prvním zástupcem u vznětových motoru je řadový příčně uložený přeplňovaný čtyřválcový motoru o objemu 1,9 litru se vstřikovacím systémem Pumpe-Duse splňující emisní normu EURO 3. Tento vůz je vybavený vysokotlakým EGR ventilem bez chlazení recirkulovaných spalin a oxidačním katalyzátorem ve výfukovém potrubí. Hodnota kouřivosti a pásma otáček při kterých se kouřivost má měřit je vidět na následujícím obrázku číslo 23.

|   | Kód motoru ATD<br>pohon všech kol |                     |
|---|-----------------------------------|---------------------|
|   | MR 01 ➤<br>MR 02                  | MR 03 ➤             |
| Teplota oleje <sup>1)</sup>                     | min. 80 °C                        |                     |
| Volnoběžné otáčky                               | 800...1000 min <sup>-1</sup>      |                     |
| Přeběhové otáčky                                | 4600...5000 min <sup>-1</sup>     |                     |
| Korigovaný součinitel<br>absorbce <sup>2)</sup> | 0,8 m <sup>-1</sup>               | 0,7 m <sup>-1</sup> |
| Číslo sondy                                     | 1                                 |                     |
| Modus měření                                    | B                                 |                     |
| Podíl času měření                               | 0,5 s                             |                     |

Obrázek 23: Předepsané hodnoty pro měření emisí na STK pro motor AXR [32]

Vstupní údaje a výsledky měření jsou znázorněny na obrázcích 24 a 25.

OpalWin

OFICIÁLNÍ TEST Technology Garage s.r.o. **OPUSTIT**

**ÚDAJE O ZAKAZNÍKVI:**

REG. ZNAČKA : XXX7879

ZÁKAZNÍK : XXX

VÝROBCE : ŠKODA

MODEL : OCTAVIA 1

KAROSERIE Č. : XXX

Km : 98000

SÁNÍ : 2 ( 1=atm.sání / 2=turbo )

**PŘEDEPS. HODNOTY**

KOUŘIVOST max. : 0.8 [ l x m<sup>-1</sup> ]

DELTA K : 0.25 [ l x m<sup>-1</sup> ]

TEPLOTA min. : 80 [ °C ] ALTERNATIVNÍ

SONDA : 1 ( 1=10mm / 2=27mm )

VOLNOBĚH : 800 - 1000 [ min / max ]

MAXIMÁLNÍ OTÁČKY : 4600 - 5000 [ min / max ]

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

F8

Obrázek 24: Vstupní údaje pro test kouřivosti u motoru AXR [autor]

OpalWin

OFICIÁLNÍ TEST - VÝSLEDKY Technology Garage s.r.o. **OPUSTIT**

**NAMĚŘ. HODNOTY**

|             | k[1/m] | Min[ot.] | Max[ot.] | t[s] | Tepl.[C°] |
|-------------|--------|----------|----------|------|-----------|
| VOLNOBĚH    | --     | 902      | --       | --   | --        |
| ZVÝŠENÉ OT. | --     | --       | 4768     | --   | --        |
| AKCEL. 1 :  | 0.13   | 900      | 4770     | 3.60 | 85        |
| AKCEL. 2 :  | 0.20   | 910      | 5100     | 1.28 | 85        |
| AKCEL. 3 :  | 0.14   | 910      | 5330     | 2.24 | 85        |
| AKCEL. 4 :  | 0.13   | 910      | 5080     | 1.70 | 85        |

**PRŮMĚRNÁ KOUŘIVOST** K = 0.15 [m<sup>-1</sup>] Delta = 0.07 [m<sup>-1</sup>]

KOUŘIVOST max. 0.8 [ l x m<sup>-1</sup> ] VOLNOBĚH 800 / 1000 [ min/max ]

DELTA K 0.25 [ l x m<sup>-1</sup> ] ZVÝŠENÉ OT. 4600 / 5000 [ min/max ]

TEPLOTA min. 80 [ °C ]

**VÝSLEDEK TESTU** **NEVYHOVUJÍCÍ**

K.NÁLEPKA • VYLEPENA • NEVYLEPENA

MĚŘENÍ PROV. :

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

F8

Obrázek 25: Naměřené hodnoty kouřivosti u motoru AXR [autor]

U tohoto měření byl výsledek podle oficiálního testu vyhodnocen jako nevyhovující z důvodu překročení maximálního rozsahu otáček při měření kouřivosti v pásmu přeběhových otáček, avšak hodnoty kouřivosti při testu nedosáhly ani nad hodnotu  $0,2 \text{ m}^{-1}$ . Tudíž lze předpokládat, že by vozidlo při dodržení předepsaných otáček rozhodně měřením prošlo. Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření v rámci této práce bylo 0,07. V porovnání s měřením z poslední návštěvy stanice technické kontroly v květnu 2023 vyšla hodnota kouřivosti  $0,59 \text{ m}^{-1}$  při otáčkách  $4960 \text{ min}^{-1}$  a rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření vyšlo  $0,16 \text{ m}^{-1}$  (Příloha 1).

## 5.2 Škoda Rapid CAYC

Tento zástupce vznětových motorů je vybaven příčně uloženým přeplňovaným řadovým čtyřválcovým motorem o objemu 1,6 litru se vstřikovacím systémem Common Rail splňující emisní normu EURO 5. Z pohledu emisních systémů je vybaven vysokotlakým EGR ventilem s chlazením recirkulovaných spalin, filtrem pevných částic, se kterým je v jednom obalu obsažen oxidační katalyzátor. Hodnota kouřivosti a pásma otáček při kterých se má tato hodnota měřit je uvedena na následujícím obrázku číslo 26.

| Kód motoru  | CAYC                               |
|---|------------------------------------|
| Filtr pevných částic  | x                                  |
| PR číslo  | 7MJ                                |
| Teplota motoru  | min. $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Doporučené volnoběžné otáčky (1/min)                          | 730 ... 880                        |
| Maximální regulované otáčky (1/min)                           | 2300 ... 2700                      |
| Korigovaný součinitel absorpce (1/m)<br>- homologační hodnota | 0,6                                |
| Číslo sondy   | 1                                  |
| Modus měření  | B                                  |
| Podíl času měření   | 0,5 s                              |

Obrázek 26: Předepsané hodnoty otáček a kouřivosti při měření emisí na STK pro motor CAYC [32]

Vstupní hodnoty a výsledky testu jsou vyobrazeny na obrázcích číslo 27 a 28.

Obrázek 27: Vstupní hodnoty pro měření kouřivosti u motoru CAYC [autor]

|             |       | k[l/m] | Min[ot.] | Max[ot.] | t[s] | Tepl.[C°] |
|-------------|-------|--------|----------|----------|------|-----------|
| VOLNOBĚH    |       | --     | 780      | --       | --   | --        |
| ZVÝŠENÉ OT. |       | --     | --       | 2440     | --   | --        |
| AKCEL.      | 1 * : | 0.00   | 780      | 2570     | 0.86 | 90        |
| AKCEL.      | 2 * : | 0.01   | 780      | 2580     | 0.85 | 90        |
| AKCEL.      | 3 * : | 0.01   | 780      | 2570     | 0.89 | 90        |
| AKCEL.      | 4 * : | 0.02   | 780      | 2570     | 0.80 | 90        |

PRŮMĚRNÁ KOUŘIVOST K = 0.01 [m<sup>-1</sup>] Delta = 0.02 [m<sup>-1</sup>]

KOUŘIVOST max. 0.25 [l x m<sup>-1</sup>] VOLNOBĚH 730 / 880 [min/max ]  
 DELTA K 0.25 [l x m<sup>-1</sup>] ZVÝŠENÉ OT. 2300 / 3300 [min/max ]  
 TEPLOTA min. 80 [°C]

**VÝSLEDEK TESTU VYHOVUJÍCÍ**

K.NÁLEPKA ◉ VYLEPENA ◉ NEVYLEPENA

MERENÍ PROV. :

Obrázek 28: Výsledky měření kouřivosti u motoru CAYC [autor]

U druhého vozidla byl výsledek měření podle oficiálního testu z opacimetru vyhodnocen jako vyhovující. Hodnota kouřivosti dosáhla maximální hodnoty 0,02 m<sup>-1</sup>. Tato hodnota je výrazně vzdálena od 0,25 (maximální přípustná hodnota kouřivosti). Hodnota rozpětí kouřivosti mezi jednotlivými pokusy byla 0,02 m<sup>-1</sup>. Z tohoto výsledku vyvozují, že filtr pevných částic je v tomto vozidle ve velice dobrém stavu. Na poslední návštěvě STK v květnu 2022 vyšla hodnota kouřivosti 0,01 a proběhlo pouze jedno platné měření (Příloha 2).

### 5.3 Škoda Superb DTUA

Jako poslední zástupce vznětových motorů je příčně uložený přeplňovaný čtyřválcový motor o objemu 2,0 litrů se vstřikovacím systémem Common Rail splňující emisní normu EURO 6d. Tento motor je vybavený dvojitým vstřikováním močoviny s dvěma SCR katalyzátory. První z nich je spojený s filtrem pevných částic a oxidačním katalyzátorem, tento SCR katalyzátor zajišťuje čistotu spalin při nízkém zatížení. Druhý SCR katalyzátor je umístěný pod podlahou vozidla a jeho funkce je snižování oxidů dusíku při vysokém zatížení, kdy teplota spalin přímo u motoru je vyšší, než je efektivní teplota reakce AD-blue s oxidy dusíku. Tento motor pro co nejvyšší účinnost snižování oxidů dusíku je také vybaven kombinovaným EGR ventilem. Hodnota kouřivosti a pásma otáček při kterých měření probíhalo je znázorněno na obrázku číslo 29.

|   |                         |
|---|-------------------------|
| <b>Kód motoru</b>   | <b>DTUA</b>             |
| <b>Filtr pevných částic</b>   | <b>ano</b>              |
| <b>Teplota motoru</b>   | <b>min 80 °C</b>        |
| <b>Doporučené volnoběžné otáčky</b>                                     | <b>700 - 900 1/min</b>  |
| <b>Maximální regulované otáčky u vozidel s manuální převodovkou</b>     | <b>2300 -2700 1/min</b> |
| <b>Maximální regulované otáčky u vozidel s automatickou převodovkou</b> | <b>5100-5400 1/min</b>  |
| <b>Korigovaný součinitel absorpce (1/m)</b>                             | <b>0,27</b>             |

*Obrázek 29: Předepsané hodnoty otáček a kouřivosti pro měření emisí na STK u motoru DTUA [32]*



Vstupní hodnoty a výsledky měření jsou vyobrazeny na obrázcích 30 a 31.

**OFICIÁLNÍ TEST** Technology Garage s.r.o. **OPUSTIT**

**UDAJE O ZAKAZNIKOVÍ:**

REG. ZNAČKA : XXX8347  
 ZÁKAZNÍK : XXX  
 VÝROBCE : ŠKODA  
 MODEL : SUPERB 3  
 KAROSERIE Č. : xxx  
 Km : 146000  
 SÁNÍ : 2 ( 1=atm.sání / 2=turbo )

**PŘEDEPS. HODNOTY**

KOUŘIVOST max. : 0.27 [ l x m<sup>-1</sup> ]  
 DELTA K : 0.25 [ l x m<sup>-1</sup> ]  
 TEPLOTA min. : 80 [ °C ] ALTERNATIVNÍ  
 SONDA : 1 ( 1=10mm / 2=27mm )  
 VOLNOBĚH : 700 - 900 [ min / max ]  
 MAXIMÁLNÍ OTÁČKY : 5100 - 5700 [ min / max ]

Obrázek 30: Vstupní údaje pro měření kouřivosti u motoru DTUA [autor]

**OFICIÁLNÍ TEST - VÝSLEDKY** Technology Garage s.r.o. **OPUSTIT**

**NAMĚŘ. HODNOTY**

|              | k[l/m] | Min[ot.] | Max[ot.] | t[s] | Tepl.[C°] |
|--------------|--------|----------|----------|------|-----------|
| VOLNOBĚH     | --     | 815      | --       | --   | --        |
| ZVÝŠENÉ OT.  | --     | --       | 5122     | --   | --        |
| AKCEL. 1 * : | 0.07   | 810      | 5250     | 1.75 | 90        |
| AKCEL. 2 * : | 0.02   | 810      | 5260     | 1.36 | 90        |
| AKCEL. 3 * : | 0.02   | 840      | 5270     | 1.43 | 90        |
| AKCEL. 4 * : | 0.02   | 810      | 5280     | 1.35 | 90        |

**PRŮMĚRNÁ KOUŘIVOST** K = 0.03 [m<sup>-1</sup>] Delta = 0.05 [m<sup>-1</sup>]

KOUŘIVOST max. 0.27 [ l x m<sup>-1</sup> ] VOLNOBĚH 700 / 900 [ min/max ]  
 DELTA K 0.25 [ l x m<sup>-1</sup> ] ZVÝŠENÉ OT. 5100 / 5700 [ min/max ]  
 TEPLOTA min. 80 [ °C ]

**VÝSLEDEK TESTU** **VYHOVUJÍCÍ**

K.NÁLEPKA ◦ VYLEPENA ◦ NEVYLEPENA

MĚŘENÍ PROV. :

Obrázek 31: Výsledky měření kouřivosti u motoru DTUA [autor]

U vozu Škoda Superb s motorem DTUA dopadl oficiální test podle metodiky STK z opacimetru jako vyhovující. Hodnota kouřivosti dosáhla maximální hodnoty 0,07 m<sup>-1</sup>. Maximální přípustná hodnota kouřivosti pro toto vozidlo je 0,27 m<sup>-1</sup>. Rozpětí kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření vyšlo 0,05 m<sup>-1</sup>. Z těchto výsledků vyvozují, že filtr pevných částic je těsně na hranici regenerace, ale jinak je v dobrém stavu. Pro kontrolu hodnot oxidů dusíku by bylo potřeba dodat měřící sondu na oxidy dusíku. Toto vozidlo nelze porovnat s předešlým měřením na STK, protože vozidlo nebylo na STK z důvodů malého stáří.

## 5.4 Škoda Fabia AWY

Jako první vozidlo se zážehovým motorem je příčně uložený atmosférický tříválcový motor o objemu 1,2 litru se systémem vstřikování Simos 3PD (vícebodové vstřikování benzínu) splňující emisní normu EURO 4. Tento motor je vybaven pouze třicestným katalyzátorem. Koncentrace škodlivých látek a pásma otáček při kterých se koncentrace měří jsou na obrázku číslo 32.

| Kód motoru                                       | AWY                      |
|--|--------------------------|
| Modelový rok                                     | MR02 ➤                   |
| Teplota oleje                                    | min. 80 °C               |
| Doba ohřevu katalyzátoru                         | 2 min.<br>při 2500 1/min |
| Volnoběžné otáčky (1/min)                        | 600 ... 800              |
| Obsah CO při volnoběhu (měřeno za katalyzátorem) | 0,0 ... 0,5%             |
| Zvýšené volnoběžné otáčky (1/min)                | 2400 - 2600              |
| Lambda-hodnota při 2850 - 2900 1/min             | 0,97 ... 1,03            |
| Obsah CO při 2850 - 2900 1/min                   | max. 0,3%                |
| Otáčky pro zkoušení regulačního obvodu (1/min)   | 500 ... 900              |
| Provedení Lambda-sondy                           | skoková                  |
| Napěťový skok (V)                                | 0,3                      |
| DELTA-Lambda                                     | 0,03                     |
| Kontrolní otáčky                                 | volnoběžné otáčky        |

Obrázek 32: Předepsané hodnoty pro měření emisí na STK pro motor AWY [32]

Vstupní hodnoty a výsledky měření jsou na následujících obrázcích číslo 33 a 34.

| OFICIÁLNÍ TEST - DATA VOZU |   | Technology Garage s.r.o. | OPUSTIT |
|----------------------------|---|--------------------------|---------|
| REG. ZNAČKA                | : XXX1263   |                          | F1      |
| ZÁKAZNÍK                   | : xxx   |                          | F2      |
| VÝROBCE                    | : ŠKODA   |                          | F3      |
| TYP VOZIDLA                | : FABIA 1   |                          | F4      |
| KAROSERIE Č.               | : xxx   |                          | F5      |
| KÓD MOTORU                 | : AWY   |                          | F6      |
| Km                         | : 98000   |                          | F7      |
| PALIVO                     | : 1 (1=BENZIN / 2=LPG / 3=METHAN)                                 |                          | F8      |
| POČET VÁLCŮ                | : 3 (1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 8)                                   |                          |         |
| MOTOR                      | : 2 (0=BEZ KATALYZÁTORU, 1=NEŘÍZ. KATALYZÁTOR, 2=ŘÍZ.KATALYZÁTOR) |                          |         |
| MĚŘENÍ TEPLoty             | : ALTERNATIVNÍ  |                          |         |
| DATUM VÝROBY VOZU          | : 2004  |                          |         |
| VOLNOBĚH                   | : 600 min 800 max   |                          |         |
| ZVÝŠENÉ OTÁČKY             | : 2400 min 2700 max   |                          |         |

Obrázek 33: Vstupní údaje pro měření koncentrace emisí u motoru AWY [autor]

| OFICIÁLNÍ TEST - TISK VÝSLEDKŮ                   |         | Technology Garage s.r.o. | OPUSTIT |
|--|---------|--------------------------|---------|
| <b>VOLNOBĚŽNÝ TEST</b>                           |         |                          | F1      |
| OTÁČKY [ 1/min ]                                 | : 800   |                          | F2      |
| TEPL [ °C ]                                      | : 90    |                          | F3      |
| CO [ %Vol ]                                      | : 0.01  |                          | F4      |
| CO <sub>2</sub> [ %Vol ]                         | : 3.0   |                          | F5      |
| HC [ ppmVol ]                                    | : 7     |                          | F6      |
| O <sub>2</sub> [ %Vol ]                          | : 16.7  |                          | F7      |
| NO [ ppmVol ]                                    | : 0     |                          | F8      |
| CO <sub>cor</sub> [ %Vol ]                       | : 0.01  |                          |         |
| LAMBDA [-]                                       | : 4.893 |                          |         |
| <b>TEST PŘI ZVÝŠENÝCH OT.</b>                    |         |                          |         |
| OTÁČKY [ 1/min ]                                 | : 2540  |                          |         |
| TEPL [ °C ]                                      | : 90    |                          |         |
| CO [ %Vol ]                                      | : 0.00  |                          |         |
| CO <sub>2</sub> [ %Vol ]                         | : 6.4   |                          |         |
| HC [ ppmVol ]                                    | : 9     |                          |         |
| O <sub>2</sub> [ %Vol ]                          | : 11.4  |                          |         |
| NO [ ppmVol ]                                    | : 0     |                          |         |
| CO <sub>cor</sub> [ %Vol ]                       | : 0.00  |                          |         |
| LAMBDA [-]                                       | : 2.255 |                          |         |
| <b>VÝSLEDEK TESTU: NEVYHOVUJÍCÍ</b>              |         |                          |         |
| <b>K.NÁLEPKA: VYLEPENA • NEVYLEPENA</b>          |         |                          |         |
| POZOR:   |         |                          |         |
| MĚŘENÍ PROV                                      |         |                          |         |
| <b>POZOR:</b> ● NEVYHOVUJÍCÍ ● NEPOROVNÁVÁN ● OK |         |                          |         |

Obrázek 34: Výsledek měření koncentrace emisí u motoru AWY [autor]

Čtvrté měřené vozidlo a zároveň první vozidlo se zážehovým motorem byla Škoda Fabia první generace s motorem AWY. Oficiální test dle metodiky STK z analyzátoru výfukových plynů vyšel jako nevyhovující. Nejdůležitějšími parametry u měření emisí u zážehových motoru je koncentrace oxidu dusnatého (CO) a součinitele přebytkového vzduchu  $\lambda$ . U tohoto vozidla vyšla hodnota koncentrace CO 0,01 % objemových u měření během volnoběhu a 0,00 % objemových u měření zvýšeného volnoběhu, což je v rámci přípustných hodnot. Naměřená velikost koeficientu  $\lambda$  vyšla během měření volnoběhu 5 a při zvýšeném volnoběhu 2,2. Z tohoto výsledku pozoruji nejspíše špatné kyslíkové čidlo v měřicím zařízení, protože před každým měřením byl proveden úspěšný test těsnosti výfukové sondy. Pro porovnání s minulým měřením na stanici technické kontroly z května 2022 byla hodnota koncentrace CO jak při volnoběhu, tak při zvýšených otáčkách nulová. Hodnota součinitele  $\lambda$  byla v předepsaných mezích konkrétně 1,012. (Příloha 3)

## 5.5 BMW B58 B30B

Tento zástupce zážehových motorů je vybaven podélně uloženým přeplňovaným šestiválcovým motorem o objemu 3 litrů s přímým vstřikováním splňující emisní normu EURO 6 AP. U tohoto motoru najdeme třicestný katalyzátor, vnitřní EGR systém a filtr pevných částic pro zážehové motory takzvaný GPF filtr. Koncentrace emisí a pásma otáček potřebné pro měření jsou na následujícím obrázku 35.

|  |                          |
|--|--------------------------|
| <b>Kód motoru</b>                            | <b>B58 B30B</b>          |
| <b>Teplota oleje</b>                         | <b>min 80 °C</b>         |
| <b>volnoběžné otáčky</b>                     | <b>660 - 950 1/min</b>   |
| <b>Obsah CO při volnoběhu</b>                | <b>0,10%</b>             |
| <b>Zvýšené volnoběžné otáčky</b>             | <b>2300 - 2700 1/min</b> |
| <b>Hodnota lambda při zvýšeném volnoběhu</b> | <b>0,97 - 1,03</b>       |
| <b>Obsah CO při zvýšeném volnoběhu</b>       | <b>0,10%</b>             |

*Obrázek 35: Předepsané hodnoty pro měření emisí u motoru B58 B30B [32]*

Vstupní hodnoty a výsledky měření jsou znázorněny na obrázcích číslo 36 a 37.

| OFICIÁLNÍ TEST - DATA VOZU |   | Technology Garage s.r.o. | OPUSTIT |
|----------------------------|---|--------------------------|---------|
| REG. ZNAČKA                | : XXX4129   |                          | F1      |
| ZÁKAZNÍK                   | : XXX   |                          | F2      |
| VÝROBCE                    | : BMW   |                          | F3      |
| TYP VOZIDLA                | : M440 IXDRIVE  |                          | F4      |
| KAROSERIE Č.               | : XXX   |                          | F5      |
| KÓD MOTORU                 | : B58 B30B  |                          | F6      |
| Km                         | : 90000   |                          | F7      |
| PALIVO                     | : 1 (1=BENZIN / 2=LPG / 3=METHAN)                                 |                          | F8      |
| POČET VÁLCŮ                | : 6 (1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 8)                                   |                          |         |
| MOTOR                      | : 2 (0=BEZ KATALYZÁTORU, 1=NERÍZ. KATALYZÁTOR, 2=RÍZ.KATALYZÁTOR) |                          |         |
| MĚŘENÍ TEPLoty             | : ALTERNATIVNÍ  |                          |         |
| DATUM VÝROBY VOZU          | : 2022  |                          |         |
| VOLNOBĚH                   | : 660 min 950 max   |                          |         |
| ZVÝŠENÉ OTÁČKY             | : 2300 min 2900 max   |                          |         |

Obrázek 36: Vstupní hodnoty pro měření emisí u motoru B58 B30B [autor]

| OFICIÁLNÍ TEST - TISK VÝSLEDKŮ  |         | Technology Garage s.r.o. | OPUSTIT |
|---|---------|--------------------------|---------|
| <b>VOLNOBĚŽNÝ TEST</b>  |         |                          | F1      |
| OTÁČKY [1/min]  | : 660   |                          | F2      |
| TEPL [°C]   | : 90    |                          | F3      |
| CO [%Vol]   | : 0.02  |                          | F4      |
| CO <sub>2</sub> [%Vol]  | : 10.5  |                          | F5      |
| HC [ppmVol]   | : 3     |                          | F6      |
| O <sub>2</sub> [%Vol]   | : 6.64  |                          | F7      |
| NO [ppmVol]   | : 0     |                          | F8      |
| CO <sub>cor</sub> [%Vol]  | : 0.02  |                          |         |
| LAMBDA [-]  | : 1.442 |                          |         |
| <b>TEST PŘI ZVÝŠENÝCH OT.</b>   |         |                          |         |
| OTÁČKY [1/min]  | : 2900  |                          |         |
| TEPL [°C]   | : 90    |                          |         |
| CO [%Vol]   | : 0.01  |                          |         |
| CO <sub>2</sub> [%Vol]  | : 9.6   |                          |         |
| HC [ppmVol]   | : 5     |                          |         |
| O <sub>2</sub> [%Vol]   | : 7.92  |                          |         |
| NO [ppmVol]   | : 0     |                          |         |
| CO <sub>cor</sub> [%Vol]  | : 0.01  |                          |         |
| LAMBDA [-]  | : 1.578 |                          |         |
| <b>VÝSLEDEK TESTU: NEVYHOVUJÍCÍ</b>   |         |                          |         |
| <b>K.NÁLEPKA: VYLEPENA • NEVYLEPENA</b>   |         |                          |         |
| POZOR:  |         |                          |         |
| MĚŘENÍ PROV   |         |                          |         |
| POZOR: <span style="color:red">●</span> NEVYHOVUJÍCÍ <span style="color:cyan">●</span> NEPOROVNÁVÁN <span style="color:green">●</span> OK |         |                          |         |

Obrázek 37: Výsledky měření emisí u motoru B58 B30B [autor]

Poslední měřené vozidlo bylo BMW M440i xDrive s motorem B58 B30B. Z oficiálního testu vyšlo vozidlo jako nevyhovující. Stejně jako u Fabie vyšla koncentrace CO v mezích, ale velikost součinitele  $\lambda$  byla nesmyslně vysoká. Tímto měřením se moje úvaha o vadném

kyslíkovém čidlu ještě více utvrdila. Zároveň toto vozidlo nelze porovnat s předešlým měřením, protože vozidlo není starší 4 let.

S rostoucím povědomím o změně klimatu a jejích možných katastrofických důsledcích se svět stále více zaměřuje na snižování emisí skleníkových plynů. V této souvislosti hrají elektrická vozidla (EV) klíčovou roli jako alternativa k vozidlům na fosilní paliva, která se na celkových emisích CO<sub>2</sub> podílejí významnou měrou. Přejít na elektromobily by mohl významně přispět k dekarbonizaci dopravy, která je nezbytná pro dosažení globálních cílů v oblasti klimatu. Tento přechod však přináší také výzvy a problémy, které je třeba řešit.

Jednou z klíčových výzev je zajistit, aby celkový dopad elektromobilů na životní prostředí byl skutečně nižší než u tradičních vozidel. To zahrnuje nejen emise během provozu, ale také celý životní cyklus vozidla – od těžby surovin potřebných k výrobě baterií, přes výrobu a provoz vozidla až po jeho recyklaci. Kvalita měření těchto emisí a dopadů se stává klíčovou, protože poskytuje základ pro informovaná rozhodnutí tvůrců, politiků, výrobců a spotřebitelů.

Další výzvou je nabíjecí infrastruktura. Šíření elektromobilů vyžaduje rozsáhlou a dostupnou síť dobíjecích stanic, která je pro udržitelný rozvoj elektromobilů klíčová. Tento aspekt souvisí také s potřebou zvýšit podíl obnovitelných zdrojů v elektrické síti, aby bylo zajištěno, že elektrina používaná k nabíjení elektromobilů bude skutečně udržitelná.

## 6. Závěr

Tématem bakalářské práce byla diagnostika emisních systému silničních vozidel a jejich údržba. Emise jsou plyny z výfukového potrubí, částice z otěru pneumatik a brzd. Nežádoucí emise v motorech jsou velmi problematické v rámci kvality ovzduší a lidského zdraví. Proto musí motorová vozidla splňovat emisní předpisy.

V teoretické části byly zpracovány kapitoly o vzniku emisí, vlivu emisí na lidský organismus a životní prostředí. Dále byly zpracovány kapitoly o emisních předpisech pro osobní a nákladní vozy a jejich časový vývoj. Zároveň byl v této kapitole zpracován budoucí emisní předpis EURO 7, který byl v čase psaní bakalářské práce (03/2024) v pracovní verzi a jeho úplné znění bude objasněno v budoucnu. Navazující kapitoly řešily systémy pro snižování škodlivin ve výfukovém potrubí. Podrobně byly rozepsány katalytické konvertory, filtry pevných částic u zážehových a vznětových motorů, EGR ventil, přívod sekundárního vzduchu do výfuku. Teoretická část byla zakončena kapitolami o odvětrání klikové skříně a palivové nádrže.

V následující kapitole byla objasněna metodika měření emisí na stanicích technické kontroly v České republice. Cílem bakalářské práce byl rozbor emisních systémů silničních vozidel. V rámci praktické části bylo provedeno měření emisí vybraných silničních vozidel podle metodiky stanice technické kontroly. Pro měření kouřivosti a složek výfukových plynů byly Katedrou jakosti a spolehlivosti strojů poskytnuty měřicí přístroje od společnosti Brain-Bee, na kterých byla všechna měření prováděna. Měřidla byla zkalibrována a správně nastavena. Jediná špatná komponenta na analyzátoru bylo špatné kyslíkové čidlo, které vyhodnocovalo vysoké hodnoty součinitele přebytečného vzduchu  $\lambda$ . Při prvním měření u vozidla se vznětovým motorem konkrétně škody Octavie byly překročeny maximální otáčky v pásmu přeběhových otáček, avšak měření nebylo opakováno, protože hodnoty kouřivosti nedosáhly ani nad hodnotu  $0,2 \text{ m}^{-1}$  z dovolených  $0,8 \text{ m}^{-1}$  a rozpětí čtyř po sobě jdoucích měření byla na hodnotě  $0,07 \text{ m}^{-1}$  z přípustných  $0,25 \text{ m}^{-1}$ . U druhého vozu se vznětovým motorem což byla škoda Rapid vyšly hodnoty kouřivosti při přeběhových otáčkách  $0,02 \text{ m}^{-1}$ . Maximální přípustná hodnota kouřivosti u tohoto motoru je  $0,25 \text{ m}^{-1}$ . Třetím zástupcem vznětových motorů byla škoda Superb. Pro tento vůz vyšla nejvyšší hodnota kouřivosti v přeběhových otáčkách  $0,05 \text{ m}^{-1}$  a jejich rozptyl  $0,05 \text{ m}^{-1}$ . Povolená hodnota kouřivosti při přeběhových otáčkách je  $0,27 \text{ m}^{-1}$ . Jako čtvrté měřené vozidlo a první zástupce zážehových motorů byla škoda Fabia, u

které vyšla koncentrace CO 0,01 % objemových při volnoběhu a 0,00 % objemových při zvýšeném volnoběhu. Přípustné hodnoty koncentrací CO jsou 0,0 - 0,5 % při volnoběhu a maximálně 0,3 % u zvýšeného volnoběhu. Pro zážehové motory je předepsaná i hodnota rozptylu součinitele  $\lambda$ , která je konkrétně pro tento motor nastavena na rozptyl 0,97 – 1,03  $\lambda$ . Při měření v pásmu zvýšeného volnoběhu vyšla tato hodnota  $\lambda$  2,25. Jako druhé měřené vozidlo se zážehovým motorem a zároveň celkově poslední vůz, byl značky BMW s označením M440 i xDrive. Výsledek koncentrace CO byl 0,02 % objemových v pásmu volnoběžných otáček a 0,01 % objemových ve vyšším volnoběhu. Přípustné hodnoty koncentrace CO pro tento motor je u volnoběhu a vyšším volnoběhu stejná a to 0,1 % objemových. Výsledná hodnota součinitele  $\lambda$  byla při měření zvýšeného volnoběhu 1,5. Přípustná hodnota  $\lambda$  se pohybuje v rozptylu 0,97 – 1,03.

Bakalářská práce splnila požadované cíle. Výsledkem je porovnání naměřených hodnot emisí s předešlým měřením na stanicích technické kontroly.



## 7. Seznam použitých zdrojů

- [1] SHARAF, Juhi. Exhaust Emissions and Its Control Technology for an Internal Combustion Engine. International Journal of Engineering Research and Applications [online]. 2013, 3(4), 947-960 [cit. 2024-02-14]. ISSN 2248-9622. Dostupné z: [www.ijera.com](http://www.ijera.com).
- [2] ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. Spalovací motory – základní přehled [online]. 1. ČZU v Praze, 2019 [cit. 2024-02-29]. ISBN 978-80-213-2984-3. Dostupné z: [https://katedry.czu.cz/storage/258/7579\\_Skripta-Pechout-draft-8.pdf](https://katedry.czu.cz/storage/258/7579_Skripta-Pechout-draft-8.pdf).
- [3] MATUŠŮ, Radim. Emise spalovacích motorů při transienčních režimech. Suchdol (Praha), 2011. Teze doktorské disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- [5] S. MOHANKUMAR a P. SENTHILKUMAR. Particulate matter formation and its control methodologies for diesel engine: A comprehensive review. Elsevier [online]. 2017, -( ), 1227-1238 [cit. 2024-02-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403211730761X>.
- [6] TREE, Dale R. a Kenth I. SVENSSON. Soot processes in compression ignition engines. ELSEVIER [online]. 2007, -( ), 272-309 [cit. 2024-02-15]. Dostupné z: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128506000608?ref=cra\\_js\\_challenge&fr=RR-1](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128506000608?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1).
- [7] JANTAČ, František. Metodika měření škodlivin ve výfukových plynech osobních automobilů a jejich hodnocení dle norem Euro. Brno, 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [8] TAKÁTS, M. Měření emisí spalovacích motorů, Praha, vydavatelství ČVUT. 1997. 111 s. ISBN 80-01-01632-3.
- [9] BAREK, Jiří, Vladimír BENCKO, Josef CVAČKA a Miroslav ŠUTA. Znečištění životního prostředí automobilovými emisemi. Chemické listy [online]. 1998, -(92), 794-798 [cit. 2024-02-20]. Dostupné z: [https://gcms.cz/labrulez-bucket-strapi-h3hsga3/2663\\_Article\\_Text\\_2663\\_1\\_11\\_20171204\\_d213499529/2663-Article-Text-2663-1-11-20171204.pdf](https://gcms.cz/labrulez-bucket-strapi-h3hsga3/2663_Article_Text_2663_1_11_20171204_d213499529/2663-Article-Text-2663-1-11-20171204.pdf)
- [10] ŠUTA, Miroslav. Účinky výfukových plynů z automobilů na lidské zdraví. 3., dopl. vyd. Brno: ZO ČSOP. Veronica, c2010. ISBN 978-80-87308-01-1.

- [11] DPF-CAT, Systems s.r.o. Jak moc jsou velké aneb porovnání velikostí pevných částic – PM. IČO: 05338247. [online]. DIČ: CZ 05338247. Dostupné na: [https://www.dpf-cat.cz/images/s.1.6.4.Kabinov%C3%A9\\_filtry\\_foto2.jpg](https://www.dpf-cat.cz/images/s.1.6.4.Kabinov%C3%A9_filtry_foto2.jpg).
- [12] SAJDL, Jan. Stránky s vozidlovou tematikou – Emisní norma EURO. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/emisni-norma-euro/>.
- [13] RSA. The introduction of Euro 5 and Euro 6 emission regulations for light passenger and commercial vehicles. European emission standards. Strana 6.
- [14] ANNEX. Emission standards for light – and heavy-duty vehicles. Rok 2012, strana 470-471.
- [15] DIESEL NET. Technická příručka – Cyklus ESC [online]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/esc.php>.
- [16] DIESEL NET. Technická příručka – Cyklus ETC [online]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/etc.php>.
- [17] VERBEEK, R.P, N.E LIGTERINK a H.J DEKKER. Correlation Factors between European and World Harmonised Test Cycles for heavy-duty engines. TNO Science and Industry [online]. 2008, (-), 51 [cit. 2024-02-28]. Dostupné z: [https://circabc.europa.eu/sd/a/39f9819e-ea5f-4b8d-9c2d-acd606daa84d/report\\_whtc\\_correlation\\_en.pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/39f9819e-ea5f-4b8d-9c2d-acd606daa84d/report_whtc_correlation_en.pdf).
- [18] DIESEL NET. Technická příručka – Cyklus RDE [online]. 2024. Dostupné z: [https://dieselnet.com/standards/eu/ld\\_rde.php#limits](https://dieselnet.com/standards/eu/ld_rde.php#limits).
- [19] HROMÁDKO, Jan. Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [20] EUROPEAN COMMISSION. Regulation on type-approval of motor vehicles and engines and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles, with respect to their emissions and battery durability (Euro 7). Brussel. In: 2023.
- [21] UWE MEINIG, SIEGHARD PIETSCHNER a THOMAS MAY. Crankcase Ventilation in Current and Future Vehicle Engines. Part 1: Current Ventilation Systems. Atz online [online časopis]. 2004, 10 [cit. 2024-03-01]. Dostupné z:

<http://www.atzonline.com/Artikel/3/2380/Crankcase-Ventilation-in-Current-and-Future-Vehicle-Engines-Part-1-Current-Ventilation-Systems.html>.

[22] GSCHEIDLE, R. a kol. 2001: Příručka pro automechanika. Sobotales, Praha, 629 str., ISBN: 80-85920-76-X.

[23] VLK, František. Příslušenství vozidlových motorů. Brno: František Vlk, 2002. ISBN 80-238-8755-6.

[24] BOSCH. Automotive handbook. 6th rev. and extended. London: Professional Engineering. Pub., 2004. ISBN 1-86058-474-8.

[25] KREJČÍ, Jan. Systém odvodu kondenzátu pro nízkotlaký chlazený systém EGR. Liberec, 2011. Diplomová práce. Technická Univerzita v Liberci.

[26] GSCHEIDLE, Rolf. a kol.: Příručka pro automechanika. Praha : Sobotáles, 2002. ISBN 80-85920-83-2.

[27] STŘEDNÍ ŠKOLA POLYTECHNICKÁ KYJOV, příspěvková organizace, 697 01, Kyjov, Havlíčkova 1223/17. Vstřikování paliva u zážehového motoru [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <http://sossoukyjov.cz/studovna/>.

[28] BAUER, H. Gasoline-engine management. 2nd ed., completely rev. and extended. Bury St. Edmunds: Professional Engineering, c2004. ISBN 1-86058-434-9.

[29] VŠCHT. Znečištění ovzduší z dopravy [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchop/velebudice/ovzdusi/doprava.html>.

[30] MAŠEK, Zdeněk. Studijní materiál – Vybrané diagnostické testy na vznětovém motoru. [online]. Pardubice [cit. 2024-03-03].

[31] MINISTERSTVO DOPRAVY. Metodický postup měření emisí vozidel ve stanicích měření emisí (SME), ve stanicích technických kontrol (STK) a při technických silničních kontrolách (TSK). Vydání: prosinec 2020. 1/2020-150-ORG3/13. [online]. Schválil: Ing. Bc. Ivan Novák. [cit. dne.: 13-02-2024]. Dostupné na: [https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Ministerstvo/Vestniky-dopravy/Vestniky-dopravy-2020/Vestnik-dopravy-13-2020/Priloha-k-Instrukci-c-7-2020-Metodicky-postup-mereni-emisi-vozidel-12\\_2020.pdf.aspx](https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Ministerstvo/Vestniky-dopravy/Vestniky-dopravy-2020/Vestnik-dopravy-13-2020/Priloha-k-Instrukci-c-7-2020-Metodicky-postup-mereni-emisi-vozidel-12_2020.pdf.aspx).

[32] STK Horoměřice, Jistab a.s. Odborný technik [ústní sdělení]. Praha, 20.3.2024.

## **8. Přílohy**

|  |   |
|--|---|
| Příloha 1 – Protokol o měření emisí vozidla Škoda Octavia..... | 1 |
| Příloha 2 – Protokol o měření emisí vozidla Škoda Rapid.....   | 3 |
| Příloha 3 – Protokol o měření emisí vozidla Škoda Fabia .....  | 5 |

# Příloha 1 – Protokol o měření emisí vozidla Škoda Octavia



SME č. 42.10.24  
Tel.: 724534238  
E-mail: servis@abhcar.cz

Název provozovatele:  
ABH CAR Praha s.r.o.  
Sídlo firmy:  
Novosuchdolská 860, Praha 6 - Suchdol, 16500  
Adresa provozovny:  
Suchdolská 682, Horoměřice 25262

IČO: 62912097  
DIČ: CZ62912097

ID: 15030413

## PROTOKOL č. CZ-421024-23-05-1325 o měření emisí vozidla se vznětovým motorem s řízeným systémem s OBD

|                                       |                   |                            |                  |
|---------------------------------------|-------------------|----------------------------|------------------|
| D.1 Tovární značka:                   | ŠKODA             | 1. Druh vozidla:           | OSOBNÍ AUTOMOBIL |
| D.2 Obchodní označení (typ):          | OCTAVIA           | J. Kategorie vozidla:      | M1               |
| E. VIN (č. karoserie):                | TMBDS41UX98854934 | A. Registrační značka:     | 1AV7879          |
| 7. Typ motoru:                        | AXR               | B. Datum první registrace: | 20.05.2009       |
| Výrobní č. motoru *):                 |                   | Typ emisního systému:      | Řízený s OBD     |
| Stav počítáče ujeté vzdálenosti (km): | 96382             | Druh paliva:               | NM               |

### KONTROLA:

|   |             |               |          |
|---|-------------|---------------|----------|
| Výsledek vizuální kontroly:   |             | vyhovuje      |          |
| Výsledek kontroly readiness kódů:   |             | nastavené     |          |
| Výsledek kontroly závad řídicí jednotky motoru:                           |             | MIL: nesvítlí |          |
| Výhodnocení stavu řídicí jednotky:  |             | ---           |          |
| Otáčky [min <sup>-1</sup> ]   |             | bez závad     |          |
|   | Předepsané  | Naměřené      |          |
| Volnoběžné  | 800 - 1000  | 900           |          |
| Přeběhové   | 4600 - 5000 | 4960          |          |
| Korigovaný součinitel absorpce [m <sup>-1</sup> ]                         |             | 0,80          |          |
| Hodnota kouřivosti naměřená [m <sup>-1</sup> ]                            |             | 0,59          |          |
| Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření [m <sup>-1</sup> ] |             | dovolené      | max 0,25 |
|   |             | naměřené      | 0,16     |

Použitý kouřoměr (výrobce, typ): AVL DiTEST GmbH, AVL DiSmoke 480, AVL OBD 1000, V2.5.2 09/2022, V2.4 08/2008  
Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření kouřoměru.

Poznámky jsou uvedeny v příloze.

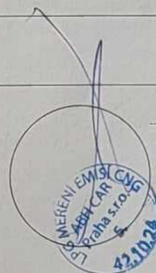
Vozidlo z hlediska měření emisí vyhovuje  
Vylepena ochranná nálepka č.  
Měření emisí provedl kontrolní technik, osvědčení č.: KTE01646

Datum provedení měření emisí: 29.05.2023  
Protokol vystaven dne: 29.05.2023

Za správnost:

Podpis

\*) Pouze, je-li uvedeno v TP vozidla



Datum a čas měření:  
29.05.2023 08:49:00

Č. protokolu:  
CZ-421024-23-05-1325

VIN:  
TMBDS41UX98854934

**ZÁVADY ZJIŠTĚNÉ NA VOZIDLE:**

LEHKÉ (A) (počet závad) 0

VÁŽNÉ (B) (počet závad) 0

NEBEZPEČNÉ (C) (počet závad) 0

Poznámky: Použity data z databáze hodnot DEKRA DATA SME - Škoda - Octavia - AXR (20346)  
Detailní výpis výsledků kontroly emisí je uveden v příloze tohoto protokolu  
Hodnoty stanovené výrobcem vozidla čerpány z el. databáze Dekra  
Typ motoru instalovaného ve vozidle souhlasí s typem motoru uvedeným v dokladech

Komunikační protokol: ISO 9141

Identifikační řetězec:

CALID: 038906019PF 2152

CVN: ---

VIN: TMBDS41UX98854934

Stav Readiness (údaje mimo J1939):

|             | Comp | Fuel | Misf | EGR/<br>VVT | DPF | EGS | A/C | Boost | Reserve | NOx | NMHC |
|-------------|------|------|------|-------------|-----|-----|-----|-------|---------|-----|------|
| Podporované | √    | √    | x    | √           | x   | x   | x   | x     | x       | x   | x    |
| Otestované  | √    | √    | √    | √           | √   | √   | √   | √     | √       | √   | √    |

Výpis DTC: ---. Celkem 0 závad.

Vzdálenost ujetá při aktivní DTC: 0 km

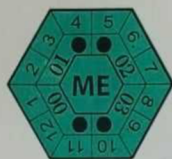
Stav MIL: nesvítil

Palivo: NM

| Platné měření                   | n_vol<br>[min <sup>-1</sup> ] | n_ref<br>[min <sup>-1</sup> ] | t_acc<br>[s] | k<br>[m <sup>-1</sup> ] | TPS<br>[%] |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------|------------|
| 1                               | 900                           | 4930                          | 1,41         | 0,54                    | 99         |
| 2                               | 910                           | 4930                          | 1,17         | 0,55                    | 64         |
| 3                               | 900                           | 4960                          | 1,43         | 0,58                    | 99         |
| 4                               | 900                           | 4950                          | 1,11         | 0,70                    | 99         |
| Průměr posledních<br>4 platných | 902                           | 4942                          | 1,28         | 0,59                    | 90         |
| Limit                           | 800 - 1000                    | 4600 - 5000                   | max 5        | max #0,80               | —          |



## Příloha 2 – Protokol o měření emisí vozidla Škoda Rapid



SME č. 42.10.24  
Tel.: 724534238  
E-mail: servis@abhcar.cz

Název provozovatele:  
ABH CAR Praha s.r.o.  
Sídlo firmy:  
Novosuchdolská 860, Praha 6 - Suchdol, 16500  
Adresa provozovny:  
Suchdolská 682, Horoměřice 25262

IČO: 62912097  
DIČ: CZ62912097

ID: 12245609

### PROTOKOL č. CZ-421024-22-05-1563

#### o měření emisí vozidla se vznětovým motorem s řízeným systémem s OBD

|                                       |                   |                            |                  |
|---------------------------------------|-------------------|----------------------------|------------------|
| D.1 Tovární značka:                   | ŠKODA             | 1. Druh vozidla:           | OSOBNÍ AUTOMOBIL |
| D.2 Obchodní označení (typ):          | RAPID (NH)        | J. Kategorie vozidla:      | M1               |
| E. VIN (č. karoserie):                | TMBEL6NH2E4539248 | A. Registrační značka:     | 4AC2683          |
| 7. Typ motoru:                        | CAY               | B. Datum první registrace: | 03.06.2014       |
| Výrobní č. motoru *):                 |                   | Typ emisního systému:      | Řízený s OBD     |
| Stav počítače ujeté vzdálenosti (km): | 134679            | Druh paliva:               | NM               |

#### KONTROLA:

|   |               |           |
|---|---------------|-----------|
| Výsledek vizuální kontroly:   | vyhovuje      |           |
| Výsledek kontroly readiness kódů:   | nastavené     |           |
| Výsledek kontroly závad řídicí jednotky motoru:                           | MIL: nesvítil |           |
| Vyhodnocení stavu řídicí jednotky:  | ---           |           |
|   |               | bez závad |
| Otáčky [min <sup>-1</sup> ]   | Předepsané    | Naměřené  |
| Volnoběžné  | 730 - 880     | 780       |
| Přeběhové   | 2300 - 2700   | 2600      |
| Korigovaný součinitel absorpce [m <sup>-1</sup> ]                         |               | 0,25      |
| Hodnota kouřivosti naměřená [m <sup>-1</sup> ]                            |               | 0,01      |
| Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření [m <sup>-1</sup> ] | dovolené      | max 0,25  |
|   | naměřené      | 0,00      |

Použitý kouřoměr (výrobce, typ): AVL DiTEST GmbH, AVL DiSmoke 480, AVL OBD 1000, V2.5.0 10/2021, V2.4 08/2008  
Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření kouřoměru.

Poznámky: Detailní výpis výsledků kontroly emisí je uveden v příloze tohoto protokolu  
Hodnoty stanovené výrobcem vozidla čerpány z el. databáze Dekra  
Typ motoru instalovaného ve vozidle souhlasí s typem motoru uvedeným v dokladech

Vozidlo z hlediska měření emisí vyhovuje  
Vylepena ochranná nálepka č.  
Měření emisí provedl kontrolní technik, osvědčení č.: KTE00560

Datum provedení měření emisí: 30.05.2022  
Protokol vystaven dne: 30.05.2022

Za správnost:

Podpis

\*) Pouze, je-li uvedeno v TP vozidla



Datum a čas měření:  
30.05.2022 09:24:00

Č. protokolu:  
CZ-421024-22-05-1563

VIN:  
TMBEL6NH2E4539248

**ZÁVADY ZJIŠTĚNÉ NA VOZIDLE:**

**LEHKÉ (A) (počet závad)**

0

**VÁŽNÉ (B) (počet závad)**

0

**NEBEZPEČNÉ (C) (počet závad)**

0

Komunikační protokol: ISO 15765

Identifikační řetězec:

CALID: 03L906023LM 9978

CVN: 0C D5 56 48

VIN: TMBEL6NH2E4539248

Stav Readiness (údaje mimo J1939):

|             | Comp | Fuel | Misf | EGR/<br>VVT | DPF | EGS | A/C | Boost | Reserve | NOx | NMHC |
|-------------|------|------|------|-------------|-----|-----|-----|-------|---------|-----|------|
| Podporované | √    | √    | x    | √           | √   | √   | x   | √     | x       | x   | x    |
| Otestované  | √    | √    | √    | √           | √   | √   | √   | √     | √       | √   | √    |

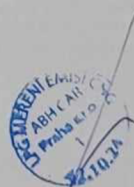
Výpis DTC: ---. Celkem 0 závad.

Vzdálenost ujetá při aktivní DTC: 0 km

Stav MIL: nesvíí

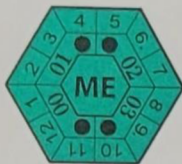
Palivo: NM

| Platné měření                        | n_vol<br>[min <sup>-1</sup> ] | n_ref<br>[min <sup>-1</sup> ] | t_acc<br>[s] | k<br>[m <sup>-1</sup> ] | TPS<br>[%] |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------|------------|
| 1                                    | 780                           | 2610                          | 0,77         | 0,01                    | 89         |
| Průměr posledního<br>platného měření | 780                           | 2610                          | 0,77         | 0,01                    | 89         |
| Limit                                | 730 - 880                     | 2300 - 2700                   | max 5        | max #0,25               | ---        |





### Příloha 3 – Protokol o měření emisí vozidla Škoda Fabia



SME č. 42.10.24  
Tel.: 724534238  
E-mail: servis@abhcar.cz

Název provozovatele:  
ABH CAR Praha s.r.o.  
Sídlo firmy:  
Novosuchdolská 860, Praha 6 - Suchdol, 16500  
Adresa provozovny:  
Suchdolská 682, Horoměřice 25262

IČO: 62912097  
DIČ: CZ62912097

ID: 12027675

**PROTOKOL č. CZ-421024-22-05-0408**  
**o měření emisí vozidla se zážehovým motorem s řízeným systémem s OBD**

|                                       |                   |                            |                  |
|---------------------------------------|-------------------|----------------------------|------------------|
| D.1 Tovární značka:                   | ŠKODA             | 1. Druh vozidla:           | OSOBNÍ AUTOMOBIL |
| D.2 Obchodní označení (typ):          | FABIA (6Y)        | J. Kategorie vozidla:      | M1               |
| E. VIN (č. karoserie):                | TMBPW46Y344056322 | A. Registrační značka:     | 4A11263          |
| 7. Typ motoru:                        | AWY               | B. Datum první registrace: | 27.09.2004       |
| Výrobní č. motoru *):                 |                   | Typ emisního systému:      | Řízený s OBD     |
| Stav počítáče ujeté vzdálenosti (km): | 92492             | Druh paliva:               | BA               |

**KONTROLA:**

|  |                             |                            |       |
|--|-----------------------------|----------------------------|-------|
| Výsledek vizuální kontroly:                        |                             | vyhovuje                   |       |
| Výsledek kontroly readiness kódů:                  |                             | nastavené                  |       |
| Výsledek kontroly závad řídicí jednotky motoru:    |                             | MIL: nesvítil              |       |
| Vyhodnocení stavu řídicí jednotky:                 |                             | ---                        |       |
| Výsledek kontroly těsnosti plynového zařízení **): |                             | bez závad                  |       |
|  |                             | ---                        |       |
| Měřené parametry                                   |                             | Naměřené hodnoty s palivem |       |
|  |                             | základním                  |       |
|  |                             | alternativním              |       |
| Při volnoběhu                                      | Otáčky [min <sup>-1</sup> ] | 600 - 800                  | 760   |
|  | Obsah CO [%]                | max 0,50                   | 0,00  |
| Při zvýšených otáčkách                             | Otáčky [min <sup>-1</sup> ] | 2400 - 2600                | 2540  |
|  | Obsah CO [%]                | max 0,30                   | 0,00  |
|  | λ - lambda [1]              | 0,970 - 1,030              | 1,012 |

Použitý analyzátor (výrobce, typ): AVL DiTEST GmbH, AVL DiGas 480, AVL OBD 1000, V2.5.0 10/2021, V1.6 01/2009  
Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření analyzátoru.

Poznámky jsou uvedeny v příloze.

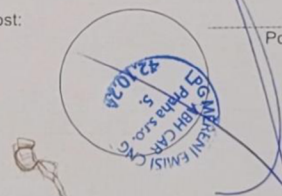
Vozidlo z hlediska měření emisí vyhovuje  
Vylepena ochranná nálepka č.  
Měření emisí provedl kontrolní technik, osvědčení č.: KTE01646

Datum provedení měření emisí: 09.05.2022  
Protokol vystaven dne: 09.05.2022

Za správnost:

Podpis

\*) Pouze, je-li uvedeno v TP vozidla  
\*\*) Pouze pro vozidla vybavená zařízením pro plynový pohon



Datum a čas měření:  
09.05.2022 10:38:00

Č. protokolu:  
CZ-421024-22-05-0408

VIN:  
TMBPW46Y344056322

ZÁVADY ZJIŠTĚNÉ NA VOZIDLE:

LEHKÉ (A) (počet závad) 0

VÁŽNÉ (B) (počet závad) 0

NEBEZPEČNÉ (C) (počet závad) 0

Poznámky: Detailní výpis výsledků kontroly emisí je uveden v příloze tohoto protokolu  
Hodnoty stanovené výrobcem vozidla čerpány z el. databáze Dekra  
E04 - systém odvětrání nádrže zcela neprístupný, zapouzdřen v podbehu kola  
Typ motoru instalovaného ve vozidle souhlasí s typem motoru uvedeným v dokladech

Komunikační protokol: ISO 9141

Identifikační řetězec:

CALID: 03D906032Q 1508

CVN: ---

VIN:

Stav Readiness (údaje mimo J1939):

|             | Comp | Fuel | Misf | EGR/<br>VVT | O2S<br>Heat | O2S<br>Func | A/C | SAS | Evap | HCat | Cat<br>Func |
|-------------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-----|-----|------|------|-------------|
| Podporované | √    | √    | √    | √           | √           | √           | x   | x   | √    | x    | √           |
| Otestované  | √    | √    | √    | √           | √           | √           | √   | √   | √    | √    | √           |

Výpis DTC: ---. Celkem 0 závad.

Vzdálenost ujetá při aktivní DTC: 0 km

Stav MIL: nesvíťí

Palivo: BA

| Status | n<br>[min <sup>-1</sup> ] | vyústění | CO<br>[%] | CO <sub>2</sub><br>[%] | HC<br>[ppm] | Lambda<br>[-] | O <sub>2</sub><br>[%] | CO <sub>corr</sub><br>[%] | NO <sub>x</sub><br>[ppm] |
|--------|---------------------------|----------|-----------|------------------------|-------------|---------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
| Měřeno | 760                       | 1        | 0,00      | 14,80                  | 0           | 1,033         | 0,69                  | 0,00                      | 0                        |
| Limit  | 600 - 800                 | ---      | max 0,50  | ---                    | ---         | 0 - 0         | ---                   | ---                       | ---                      |
| Měřeno | 2540                      | 1        | 0,00      | 15,00                  | 1           | 1,012         | 0,25                  | 0,00                      | 0                        |
| Limit  | 2400 - 2600               | ---      | max 0,30  | ---                    | ---         | 0,970 - 1,030 | ---                   | ---                       | ---                      |

