

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

EMISE ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ

IGNITION ENGINE EMISSIONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Semela

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Lukáš Semela**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Emise zážehových motorů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Obsahem závěrečné bakalářské práce je komplexní studium problematiky vzniku, měření, možností snižování a legislativy emisí zážehových motorů.

Cíle bakalářské práce:

Cílem závěrečné bakalářské práce je přehledný, ucelený soubor poznatků týkajících se vzniku, měření, možností snižování a legislativy emisí zážehových motorů. Součástí práce bude vlastní kritické hodnocení jednotlivých zavedených, resp. připravovaných přístupů.

Seznam doporučené literatury:

ISERMANN, R. Combustion Engine Diagnosis, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017, 303 s., ISBN: 3662494663.

TAKÁTS, M. Měření emisí spalovacích motorů, Praha, ČVUT, 1997, ISBN 80-01-01632-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá emisemi zážehových motorů. Na úvod je čtenář seznámen s historií a dozví se, proč je důležité tuto problematiku řešit. Dále je zde vysvětlen pojem emise, popsáno jeho chemické složení, vliv na životní prostředí a lidský organismus. Zmíněn je také princip měření. Výklad pokračuje platnou legislativou v Evropské unii. Práce je zakončena informacemi o dodatečné úpravě emisí a kapitolou, která nastiňuje vyhlídky automobilů do budoucna s ohledem na životní prostředí.

KLÍČOVÁ SLOVA

zážehový motor, emise, spalování, rizika, katalyzátor, oxid uhličitý, elektromobil

ABSTRACT

This thesis deals with emissions of ignition engines. The introduction acquaints the reader with the history and lays out the reasons why it is a crucial topic to be dealt with. Furthermore, the term emission is being explained as well as the description of its chemical composition, the impact on the environment and human organism. The method of measuring is also mentioned in this thesis. Then the explanation continues with European Union's current legislation. The whole thesis is concluded with information on the additional modification of emissions and chapter that outlines the future of automobiles regarding the environment.

KEY WORDS

ignition engine, emissions, combustion, risks, catalytic converter, carbone dioxide, electric car

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SEMELA, Lukáš. *Emise zážehových motorů*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124617>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 42 s. Vedoucí práce Zdeněk Kaplan.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Zdeňka Kaplana, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. června 2020

.....

Lukáš Semela

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Zdeňku Kaplanovi, CSc. za cenné rady, trpělivost a čas, které mi poskytnul při vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za morální podporu při psaní této práce.

Úvod	9
1. Vývoj problematiky škodlivých emisí	10
2. Spalování – proces, při kterém vznikají emise	12
2.1. Benzín	12
2.1.1. Vlastnosti benzínu	12
2.1.2. Spalování benzínu.....	12
3. Jak vznikají emise.....	14
3.2 Chemické složení	16
3.1.1. Oxid uhličitý.....	16
3.1.2. Oxid uhelnatý	16
3.1.3. Nespálené uhlovodíky	17
3.1.4. Oxidy dusíku	17
3.1.5. Pevné částice	17
3.3 Vliv na životní prostředí.....	18
3.4 Vliv na lidské zdraví	19
4. Měření emisí.....	21
5. Legislativa	23
5.1. Začátek platnosti emisních předpisů v Evropě	23
5.2. Zavedení EURO norem	23
5.1. Současnost a norma EURO 6	24
6. Možnosti snížení emisí	26
6.1. Snímač přebytku kyslíku – lambda sonda	26
6.2. Katalytický konvertor.....	29
6.3. EGR ventil	31
6.4. Filtr pevných částic	32
7. Motory z pohledu budoucnosti	33
8. Závěr	35
Seznam použité literatury	36
Seznam obrázků, tabulek a grafů	40
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	41

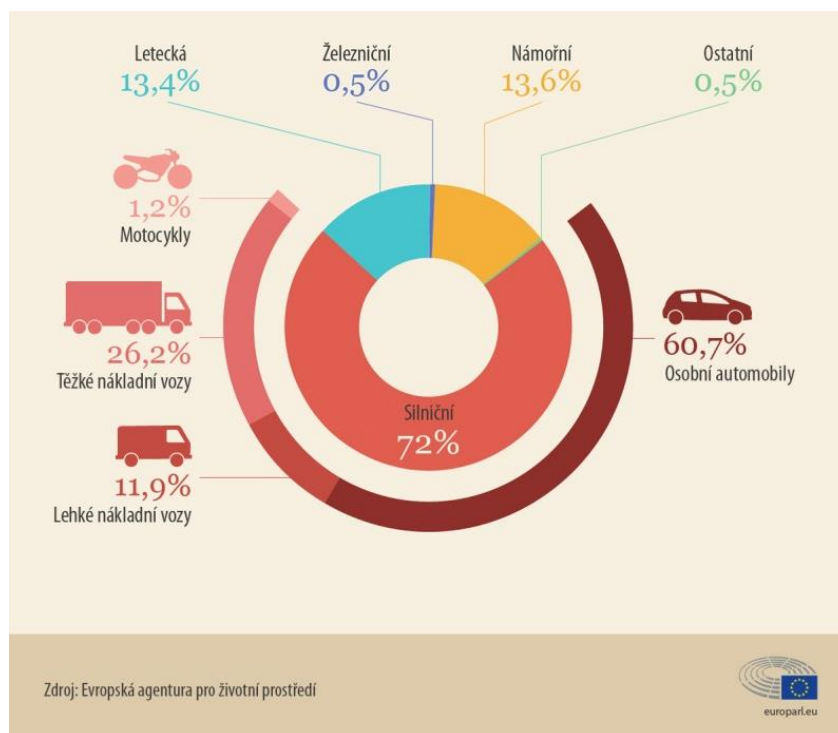
Úvod

V současné době jsou emise celosvětově diskutovaným tématem. Emise jsou látky vypouštěné do ovzduší. Ne všechny jsou toxické. Udává se, že z 15,8 kg spalin, které vzniknou při spalení 1 kg paliva, je zhruba 1,5% nebezpečných a z toho jen 1% jsou emise toxické. Legislativa sleduje a omezuje množství těch, které jsou škodlivé pro životní prostředí nebo lidské zdraví. Patří mezi ně oxid uhelnatý, nedokonale spálené uhlovodíky, oxidy dusíku a pevné částice.

Zároveň dochází k produkci emisí, které nejsou zdravotně závadné, a legislativa je přímo nesleduje, nicméně také škodí životnímu prostředí. Sem patří, například, oxid uhličitý, skleníkový plyn, který se podílí na globálním oteplování Země. Oteplování zemského povrchu se začalo zvyšovat od průmyslové revoluce [1].

Tehdy došlo k přechodu manufakturní výroby na tovární a strojní velkovýrobu, jejímž hlavním pohonným palivem bylo spalování uhlí. Mimo jiné, došlo ke konstrukci mnoha vynálezů, které lidem usnadnily jednak práci, ale také cestování. Jedním z nich byl, například, parní stroj, který předcházel vynálezu spalovacího motoru – ten jej poté nahradil v automobilové dopravě [1].

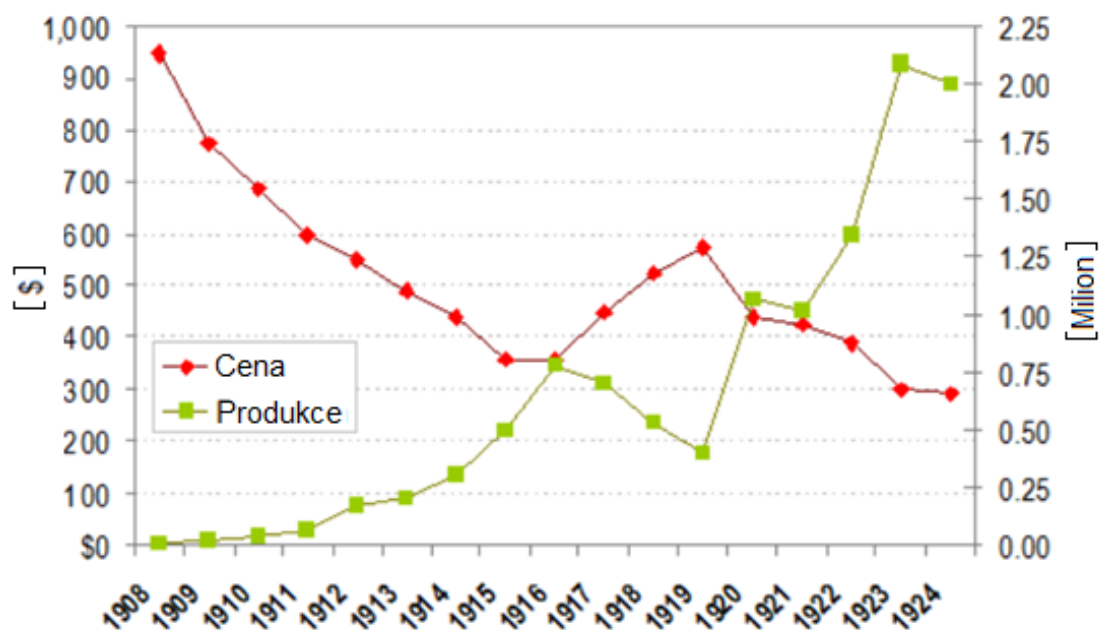
Doprava je, co se týká produkce emisí CO₂, celosvětově na 2. místě hned po energetice. Pokud se podrobněji podíváme na emise v dopravě, zjistíme, že silniční je na místě 1. [2].



Obr. 1 Emise CO₂ produkované dopravou [2]

1. Vývoj problematiky škodlivých emisí

Emise se, v určitých koncentracích, přirozeně vyskytují v ovzduší. V důsledku průmyslové revoluce, se však jejich množství začalo zvyšovat. To bylo zapříčiněno novými vynálezy, rozvíjející se energetikou, spalováním fosilních paliv a automobilovou dopravou. Spalovací motor má počátek v roce 1860. Do konce 19. století došlo k výraznému rozvoji dopravy. Masový nástup automobilové výroby nastal v letech 1913 – 1927 – v té době však ještě nikdo neměl tušení, jaké množství emisí je do ovzduší vypouštěno a co všechno mohou způsobit. Automobilová doprava se po 1. světové válce stala velmi populární, což lze vidět v grafu č. 1 [3].



Graf č. 1 Produkce a cena automobilů v letech 1908 – 1924 [3]

V roce 1943 v Los Angeles však nastal prudký zlom – 26. července město zahalil hustý smog. Američani, v té době zapojeni ve 2. světové válce, byli přesvědčeni, že se jednalo o japonský útok. Smog byl velmi nepříjemný, štípal do očí, nedovolil lidem pořádně dýchat a viditelnost byla omezená. Obyvatelé LA později zjistili, že hutnou mlhu nezpůsobilo nic jiného než jejich vlastní automobilová doprava. Na to přišli vědci až v 50. letech. Ozón, který vzniká fotochemickou reakcí emisních plynů (NO_2) s ultrafialovým zářením způsobuje bělavý opar. Saze (PM) byly zase příčinou hustého černého dýmu a důvodem, proč se lidem velmi špatně dýchalo a nutilo je to ke kašli a nespálené uhlovodíky (HC) se podílely na typickém štiplavém zápachu, který se od prvopočátku řešil přidáváním vonných esencí [4].

Dále byla zvýšená koncentrace CO, který je velmi toxický. Tohle všechno byly látky unikající z automobilů do ovzduší, o kterých předtím nikdo nevěděl, a proto neexistovaly žádné limity jejich koncentrací. Také v jiných městech se potýkali se smogem, který měl velmi neblahé účinky na lidské zdraví. Jediným východiskem proto bylo nevycházet v tyto dny z domu [4].



Obr.2 Smog v USA [4]

K zavedení prvních emisních limitů došlo v Kalifornii (na základě událostí z roku 1943) v roce 1966. Předpisy byly aplikované až v roce 1968 a v porovnání se současností byly přípustné mnohem vyšší koncentrace škodlivých emisí. Další zpřísnění nastaly koncem 70. let, kdy byly povinně zavedeny katalyzátory. V průběhu let začaly emise řešit také jiné státy – například Japonsko, Rusko a evropské země [5].

Legislativa klade nároky na konstrukční řešení automobilů, kdy se již při samotném spalování paliva snižují produkované emise, dále zodpovídá za homogenitu paliva a nařizuje používání zařízení na dodatečnou úpravu spalin, které snižují emisní koncentrace. Do současnosti se emisní limity z mnoha důvodů neustále zpřísnují, což může (ale také nemusí) v budoucnu vést k vyřazení vozidel se vznětovým motorem z provozu.

2. Spalování – proces, při kterém vznikají emise

Spalovací motor je tepelný stroj, který vytváří využitelnou mechanickou práci. Ta je rozdílem expanzní práce a kompresní práce. Spalování je proces, při kterém se chemická energie za přístupu kyslíku, mění v energii tepelnou. Dochází k přeměně tepelné energie na energii mechanickou, čehož se využívá pro požadovanou funkci motoru [6].

2.1. Benzín

Palivem zážehového motoru je benzín. Má v mnoha ohledech optimální vlastnosti, je snadno uskladnitelný a nese velké množství energie v jednotce objemu a hmotnosti [7].

2.1.1. Vlastnosti benzínu

Jsou kladeny požadavky na jeho vlastnosti, hlavně hoření. V nejlepším případě musí benzín hořet plynule, bez výbuchů a nezanechávat usazeniny paliva. Na trhu lze nalézt různou kvalitu a benzín s odlišnými vlastnostmi. Jedním z nejdůležitějších kritérií hodnocení jeho kvality, je tzv. oktanové číslo [8].

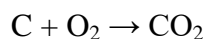
Oktan je osmiuhlíkatý alkan. Izomer 2,2,4 – trimethylpentan se využívá při stanovení stupně odolnosti paliva pro zážehové spalovací motory, proti detonačnímu hoření. Při detonačním hoření je rychlost šíření plamene řádově 500 ms^{-1} – dochází k cyklickým změnám tlaku s vysokou amplitudou, což způsobuje zvuk klepání. K tomuto jevu dochází, pokud je směs na svíčke zapálená dříve než přeskóčí jiskra. Vysoký tlak při detonačním hoření ventily zavírá a v důsledku toho dochází k jejich rychlému opotřebení. Oktanové číslo vyjadřuje vlastnosti zkoumaného paliva, například benzín s označením Natural 95. Izooktan má hodnotu 100 a n-heptan má hodnotu 0. Označení 95 vypovídá o tom, v jakém procentuálním poměru jsou tyto dvě látky vůči čerpanému palivu. Pokud má palivo vysoké oktanové číslo, je malá pravděpodobnost vzniku detonačního hoření [9].

2.1.2. Spalování benzínu

Chemické reakce probíhající při hoření, se nazývají reakce redoxní. Současně při nich probíhají dva děje: oxidace a redukce. Oxidace je děj, při němž daný atom ztrácí elektrony – zvyšuje své oxidační číslo. Redukce, je děj, kdy atom elektrony přijímá, tudíž své oxidační číslo snižuje.

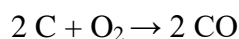
DOKONALÉ SPALOVÁNÍ

V první fázi hoření se palivo zahřívá. Ve druhé fázi dojde ke smísení páry ohřátého paliva se vzduchem. Tato fáze se nazývá předplamenná reakce a v jejím průběhu vznikají kyslíkové radikály. Ve třetí fázi dochází k samotnému spalování uhlíků, které jsou obsažené v molekulách alifatických uhlovodíků, z nichž se benzín skládá. Tato reakce je exotermní. Pokud by docházelo k tzv. dokonalému spalování uhlíku, rovnice by byla následující:

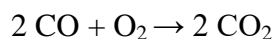


NEDOKONALÉ SPALOVÁNÍ

Dokonalé spalování nastává pouze v ideálních podmínkách (dostatečný přísun kyslíku, shoření uhlíku beze zbytku při stálé teplotě atd.). Reálně k němu v zážehovém motoru nedochází. Je to podmíněno hlavně tím, že v každé části motoru je různá teplota, například teploty na stěnách jsou nižší než ta v centru, protože plamen se šíří v kulové ploše. Tento jen se nazývá „zamrznutí“ reakce. Spaliny, které se dostanou do centra, opět shoří, ale některé jsou emitované do výfukového ventilu. Nedokonalé spalování charakterizuje následující rovnice:



Oxid uhelnatý je jedním z produktů spalování. Jeho vlastnosti budou charakterizovány v kapitole 3. Oxid uhelnatý za přítomnosti kyslíku může dál hořet, čímž dochází ke vzniku oxidu uhličitého.



3. Jak vznikají emise

Jak již bylo dříve popsáno, ve spalovacím motoru nejsou ideální podmínky, probíhá zde nedokonalé spalování, jehož výsledkem je vznik škodlivých emisí.

Na vzniku emisí zážehových motorů se podílí řada faktorů. Jsou to:

- vysoká teplota v motoru
- vysoký tlak
- nedostatek vzduchu
- nedostatek času
- časově a místně proměnné podmínky při činnosti motoru

Pomocí chemických rovnic oxidace uhlíku a vodku lze určit kolik kg kyslíku je potřeba ke spálení 1 kg paliva, které obsahuje uhlík, vodík a kyslík. Vzorcem lze toto množství vyjádřit jako:

$$M_t = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C_p + 8H_p - O_p \right)$$

Součinitel přebytku vzduchu λ je bezrozměrná veličina. Vyjadřuje se jako:

$$\lambda = \frac{M_s}{M_t}$$

M_s – množství vzduchu přivedeného do motoru ke spalování

M_t – teoretické množství vzduchu k dokonalému spálení 1 kg paliva

Stechiometrický poměr je, když se součinitel přebytku vzduchu rovná 1, tedy $\lambda = 1$. Při tomto teoretickém poměru shoří všechno palivo. Produktem je oxid uhličitý a vodní pára. Zážehové motory pracují vždy při $\lambda = 1$, kdežto vznětové motory pracují vždy při $\lambda = 1,4 - 5$ [10].

Pokud je ve směsi nedostatek vzduchu, tak $\lambda < 1$, například $\lambda = 0,9$. Tato směs se označuje jako bohatá. V laboratorních podmínkách dochází k tomu, že ve spalinách nezůstává žádné množství nevyužitého kyslíku, nicméně v reálném provozu vždy nějaké zbytkové množství zůstane. Podstatné je, že zde vždy zůstávají zbytky paliva, které vytváří škodlivé emise – nespálené uhlovodíky a oxid uhelnatý [10][7].

Pokud je ve směsi nadbytek vzduchu, tak $\lambda > 1$, například $\lambda = 1,1$. Tato směs se označuje jako chudá. Za těchto podmínek všechno palivo shoří, ale ve spalinách zůstává nevyužitý kyslík. Dusík reaguje za vysoké teploty s kyslíkem za vzniku směsi oxidů dusíku NO_x , které jsou další významnou škodlivou emisní složkou. V reálných podmínkách však dochází ještě navíc k „zamrznutí“ reakce, a proto můžeme v této směsi nalézt také CO a HC [10][7].

Na obrázku číslo 3 můžeme vidět látky emitované při spalování – jedná se jak o emise neškodné, tak o emise škodlivé a toxické.



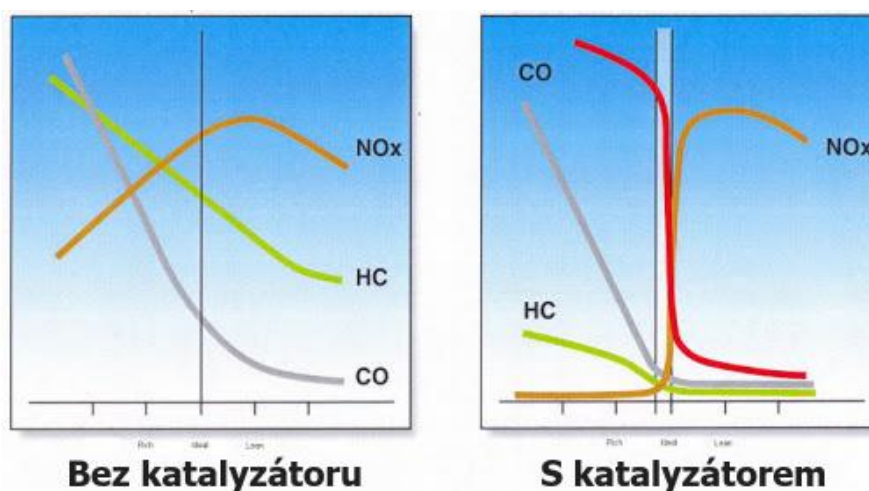
Obr.3 Průběh spalování v motoru [10]

Moderní zážehové motory musí pracovat se stechiometrickou směsí $\lambda = 1$. Někteří výrobci katalyzátorů jsou ochotni tolerovat odchylku 1 nebo 2%. Při tomto poměru vzniká takové množství škodlivin, které je možné dále zpracovat v katalyzátoru [10].

Emise se snažíme snížit následně:

- palivová směs musí být co nejvíce homogenní
- spalování musí být co nejdokonalejší
- používají se zařízení na dodatečnou úpravu

Během procesu spalování jsou škodlivé emise redukovány úpravou stechiometrického poměru a snižováním teploty spalování. Ovlivnění teploty je velmi důležité pro snížení NO_x , které vznikají při vysokých teplotách a přítomnosti kyslíku – toho se dosáhne pomocí recirkulace výfukových plynů, kterou řídí EGR ventil. V praxi se do nasávaného vzduchu přimíchávají spaliny – zmenší se tak množství kyslíku ve válci a klesne teplota spalování, což zároveň ovlivňuje výkon a účinnost motoru [11].



Graf č. 2 + 3 Produkce emisí v automobilu bez katalyzátoru a s katalyzátorem [10]

3.2 Chemické složení

Emise podrobněji probírané v této kapitole jsou oxid uhličitý, oxid uhelnatý oxidy dusíku, nespálené uhlovodíky a pevné částice.

3.1.1. Oxid uhličitý

Jedná se o bezbarvý plyn bez chuti a zápachu [12].

Oxid uhličitý je významným skleníkovým plynem. Jeho koncentrace v atmosféře od poloviny 18. století (předprůmyslového období), vzrostla téměř na dvojnásobek. Při skleníkovém jevu dochází k tomu, že se tepelné záření z povrchu zemského odráží o vrstvu skleníkových plynů a vrací se zpět. Tím pádem se zemský povrch ohřívá a dochází k jevu známému, jako globální oteplování. Z toho vyplývá, že rostoucí koncentrace CO_2 má vztah ke globálnímu oteplování naší planety, což je vážný důsledek. Legislativa jeho množství vyprodukované spalovacími motory nesleduje, lze jej ovlivnit pouze nepřímo a to nižší spotřebou [12].

3.1.2. Oxid uhelnatý

Jedná se o bezbarvý plyn bez chuti a zápachu. Je prudce jedovatý, protože zabraňuje přenosu kyslíku do tkání. Aby došlo ke smrtelné otravě, stačí 0,1% koncentrace CO ve vzduchu. Čím delší je expozice, tím vyšší je pravděpodobnost úmrtí [13].

Využívá se v hutnictví při rafinaci kovového niklu, nebo při výrobě některých chemikálií [13].

Oxid uhelnatý je hlavním produktem nedokonalého spalování při procesech spalování uhlíkatých paliv. Za nízké teploty a nedostatku kyslíku nedochází k úplné oxidaci uhlovodíků na oxid uhličitý a vodní páru, ale vzniká právě CO [7].

Vysokou koncentraci emisí oxidu uhelnatého můžeme naměřit hlavně ve městech s pomalým automobilovým provozem, protože k nedokonalému spalování v motoru s vnitřním spalováním dochází hlavně při volnoběhu nebo v zimě [14].

Dalším potenciálním zdrojem CO jsou domácí či průmyslová spalování - pece, kotle, sporáky, trouby a ohřívače vody. Nejčastějším důvodem vzniku CO v takových zařízeních jsou nevhodné podmínky jejich údržby (zanesené či ucpané přívody vzduchu či paliva, netěsnící výměníky tepla, aj.) [13].

3.1.3. Nespálené uhlovodíky

Jedná se o látky, které opět vznikají nedokonalým spalováním. Z důvodu nedostatku kyslíku nebo nízké teploty dochází pouze k jejich částečné oxidaci a vznikají tak metabolity. Celkem rozlišujeme přes 200 různých nespálených uhlovodíků, které jsou také zodpovědné za typický zápach, ne všechny jsou však škodlivé. Ty škodlivé jsou především polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) [7].

Mezi nespálené uhlovodíky patří například fenanthren, fluoranten, benzoanthracen, benzopyren, aj. Produkují je hlavně průmyslové podniky (chemičky, hutě, elektrárny, teplárny), spalovací motory automobilů a v domácím prostředí vznikají například při smažení, grilování nebo hoření svíček [7].

3.1.4. Oxidy dusíku

Existuje 5 forem oxidu dusíku:

N_2O - oxid dusný

$N_2O_2 \rightarrow NO$ - oxid dusnatý

N_2O_3 - oxid dusitý

$N_2O_4 \rightarrow NO_2$ - oxid dusičitý

N_2O_5 - oxid dusičný

Nás však zajímají z hlediska emisí především oxid dusnatý a oxid dusičitý, jejichž primárním zdrojem i přes využívání katalyzátorů jsou motorová vozidla [7].

Oxid dusnatý je bezbarvý plyn, pro člověka jedovatý. Využívá se například v potravinářském průmyslu, protože je důležitým meziproduktem pro výrobu kyseliny dusičné. Dále má také velmi významnou roli v organismu, protože působí na hladkou svalovinu cév vazodilatačně (uvolňuje svalové napětí a tím dojde k rozšíření cévy) a v CNS jako neurotransmitter (podílí se na přenosu elektrické informace vyslané nervovou buňkou k výkonnému orgánu) [15].

Oxid dusičitý je prudce jedovatý, červenohnědý plyn. Využívá se jako meziprodukt při výrobě kyseliny dusičné [15].

Tyto plyny vznikají ve spalovacích motorech za vysokých teplot a tlaků během hoření při nadbytku kyslíku, tudíž opatření, která vedou ke snížení spotřeby paliva, mohou vést ke zvýšení podílu oxidu dusíku ve výfukových plynech [7].

3.1.5. Pevné částice

Jedná se o drobné prachové částičky, které mohou být na velké vzdálenosti unášeny vzduchem. Vznikají při spalování neodpařených kapek paliva v prostředí s extrémně nízkým obsahem kyslíku za vysokých teplot [16].

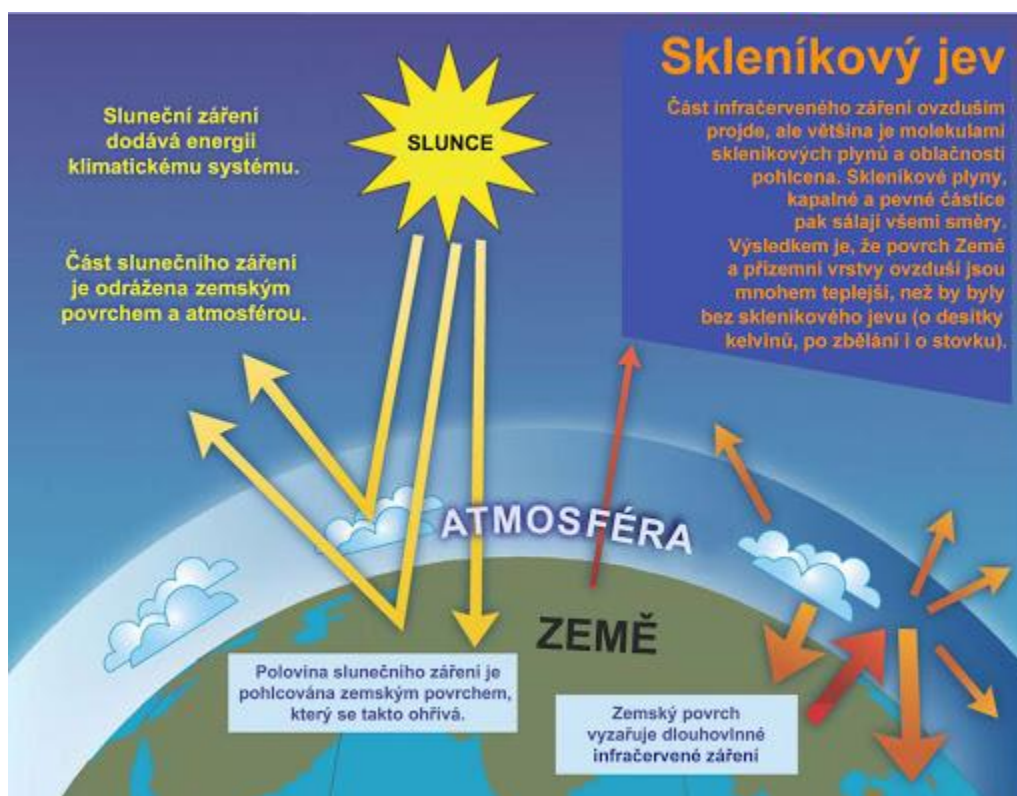
Z hlediska produkce je bezkonkurenčně, na prvním místě, zemědělství. Významným zdrojem v dopravě jsou hlavně vznětové motory bez filtrů pevných částic. V praxi se jedná o černé usazeniny, které se nachází ve výfuku, nebo u starých modelů automobilů o oblaka černého hutného dýmu [17].

3.3 Vliv na životní prostředí

Produkty dokonalého spalování jsou vodní pára a oxid uhličitý. Považují se na zdravotně nezávadné emise, nicméně oba dva mají podstatný význam ve vazbě na životní prostředí, protože jsou skleníkovými plyny [18].

Vodní pára je nejvýznamnějším skleníkovým plynem. Přispívá k udržení teploty na planetě, tím, že odráží sálající teplo ze zemského povrchu. Vyskytuje se hlavně v troposféře, kde teplota klesá se vzrůstající výškou. Její kondenzací vznikají oblaka, dešťové a sněhové srážky, ale také blesky. Je to nejčastěji zastoupený sopečný plyn [18].

Skleníkový jev prakticky umožňuje život na Zemi, je jeho podstatou. V případě, že by neexistoval, teplota zemského povrchu by se pohybovala okolo bodu mrazu. Průmyslová revoluce v 19. století významně přispěla ke zvýšení produkce skleníkových plynů – hlavně oxidu uhličitého. Dalšími významnými skleníkovými plyny, jejichž koncentrace v atmosféře, se v průběhu let také zvýšila, je metan a ozon [18].



Obr. 4 Schéma skleníkového jevu [19]

Množství atmosférických hladin CO_2 v průběhu let vzrostlo z koncentrace 280 ppm na nynějších více než 400 ppm, což je důsledkem spalování fosilních paliv, odlesňování půd, pálení biomasy atd. [18].

CO₂ vzniká oxidací z oxidu uhelnatého. CO se podílí na vzniku fotochemického (letního) smogu [7].

Nespálené uhlovodíky z hlediska škodlivosti mají také značný význam. Hlavně polycyklické aromatické uhlovodíky jsou velmi stabilní a dokážou se šířit na dlouhé vzdálenosti. Jsou to látky běžně se vyskytující v ovzduší pouze v zanedbatelně malém množství, tudíž nemají vliv na životní prostředí, nicméně kvůli průmyslu a spalovacím motorům, se jejich koncentrace zvyšuje [7].

Dusík je základním prvkem vzduchu. Vyskytuje se v něm cca ze 78%. Ve vysokých koncentracích je však škodlivý pro růst rostlin. Podílí se společně s oxidy síry na vzniku kyselých dešťů, které neprospívají vegetaci a způsobují okyselování vodních ploch. Oxid dusičný s kyslíkem a organickými látkami přispívá k tvorbě tzv. fotochemického smogu ve formě ozonu, což poškozuje zemědělské plodiny [7].

Oxid dusnatý je jedním ze skleníkových plynů, kumulujícím se v atmosféře. Jedná se tedy o látky s celkově negativním dopadem na globální ekosystém.

Emise zážehových motorů mají na životní prostředí velmi významný a neopomenutelný dopad.

3.4 Vliv na lidské zdraví

Každá složka emisí má určitý vliv na lidské zdraví. Některé jsou spíše neškodné, nejedovaté, jako například oxid uhličitý, jiné jsou velmi jedovaté (oxid uhelnatý) a další zase kancerogenní a mutagenní (PAH).

Oxid uhličitý je z chemického hlediska nejedovatý plyn bez chuti a zápachu, nicméně ve vyšší koncentraci může mít způsobit malátnost, bolesti hlavy, ztrátu schopnosti soustředit se. Je nedýchatelný, tudíž v místnosti bez přítomnosti kyslíku dokáže způsobit až smrt člověka [7].

V současné době existují senzory oxidu uhličitého, které upozorňují na to, že by místnost měla být vyvětraná. Z hlediska emisí nemá koncentrace oxidu uhličitého na zdraví člověka valný význam, mimo globální změny klimatu v souvislosti s oteplováním planety. Je důležité si uvědomit, že i z toho plynou významné důsledky, které také ovlivňují zdraví člověka.

Oxid uhelnatý oproti tomu je prudce jedovatý. Váže se 200x silněji na hemoglobin, což je krevní barvivo přenášející kyslík, tudíž vytěsňuje kyslík z této vazby a znemožňuje tím buněčné dýchání. V závislosti na koncentraci CO v ovzduší a době expozice záleží, zda člověk dokáže přežít, či nikoliv [13]. Zajímavostí je, že otrava oxidem uhelnatým právě z výfukových plynů spalovacích motorů, patří k jednomu ze způsobů sebevraždy, které můžeme vidět jak ve filmech, tak v reálném životě.

Lehčí otrava CO způsobuje bolesti hlavy, závratě, případně zvracení. V případě těžší otravy se exponovaná osoba chová dezorientovaně, může být agresivní. Je malátná a unavená, postupně upadá do bezvědomí. Typické je třeslavě červené zbarvení celého povrchu těla, které vyplývá z vazby na hemoglobin za vzniku karboxyhemoglobinu [7].

První pomoc při otravě CO, je dostat člověka do prostředí s dostatkem kyslíku. Z hlediska emisí zážehových motorů má CO význam, protože například dopravní policisté, řidiči, pracovníci v garážích a tunelech aj. jsou více exponováni a mají trvale zvýšenou hladinu karboxyhemoglobinu v krvi (cca o 10%) [14].

Nespálené uhlovodíky působí na zdraví různě. Jednoduché alifatické uhlovodíky, mají nejmenší přímý vliv, nenasyčené aldehydy a vyšší aldehydy, jako je například akrolein, jsou prokazatelně silně dráždivé v oblasti sliznice očí a například u formaldehydu je prokázána mutagenita – tj. schopnost pozměnit genetickou informaci (DNA) a vytvořit v ní mutaci [7].

Nejhorší vliv však mají polycyklické aromatické uhlovodíky. Při testování těchto látek na zvířatech se prokázaly jejich mutagenní a karcinogenní účinky. Mají vliv na rozmnožování, způsobují poruchy krvetvorby a dýchacího systému. Jejich koncentrace v ČR je monitorovaná a zvýšené hladiny se vyskytují v městech spojených s průmyslem, například v Ostravě.

Oxidy dusíku mají tendence již při malých koncentracích dráždit ke kašli a způsobují onemocnění dýchacích cest. V ovzduší se nevyskytují v tak koncentrované formě, aby měly přímo vliv na lidské zdraví. Některé studie však ukazují, že z dlouhodobého hlediska vedou ke vzniku nádorových onemocnění dýchacího ústrojí [7].

Pevné částice pocházejí hlavně z motorů bez filtru pevných částic. Jedná se o saze a polétavý prach. Obecně platí, že čím jsou menší, tím větší zdravotní riziko představují, protože se kvůli své velikosti dokážou proniknout až do plicních sklípků, které jsou poté zranitelnější. Navíc v nich způsobují zánět, dále přestavbu plicního parenchymu a tím pádem zmenšují celkový ventilační prostor plic – toto onemocnění se nazývá chronická obstrukční plicní nemoc. [7] Samozřejmě i u pevných částic, jako u každé z výše jmenovaných látek, záleží na délce expozice, tudíž v zemích, kde jejich limit není žádným způsobem regulován, je průměrná délka života kratší [17].

4. Měření emisí

Měření emisí v ČR probíhá podle evropského předpisu EHK 83 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo - a jeho současná verze platí od 22. ledna 2015 [20].

Předpis EHK 83 zahrnuje tyto typy zkoušek:

- typ I (ověření průměrných výfukových emisí po studeném startu)
- typ II (emise oxidu uhelnatého při volnoběhu)
- typ III (emise plynů z klikové skříně)
- typ IV (emise způsobené vypařováním)
- typ V (životnost zařízení proti znečišťujícím látkám)
- typ VI (ověření průměrných výfukových emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků po studeném startu za nízké teploty okolí)
- zkouška systému OBD [20]

Předpis EHK 83 rozlišuje následující typy homologací:

- Homologace A - pro vozidla poháněná motorem spalující olovnatý benzín (zrušeno od verze 83.05)
- Homologace B - pro vozidla poháněná motorem spalující bezolovnatý benzín
- Homologace C - pro vozidla poháněná motorem spalující motorovou naftu
- Homologace D - pro vozidla poháněná motorem spalující LPG a NG [21]

Nutno dodat, že měření emisí pro vstup nových automobilů na trh se provádí pouze v certifikovaných laboratořích, které mají ISO/IEC 17025. V současné době legislativa nařizuje také provádět testy v reálném provozu (RDE) [22].

Automobil, který splní homologační zkoušky a je uveden do provozu, má platnou emisní zkoušku, dle zákona 4 roky. Poté je nutné tento proces absolvovat každé dva roky.

Po příjezdu do laboratoře se u vozidla s motorem zážehovým provádí nejprve vizuální kontrola částí motoru, které ovlivňují vznik emisí. Záleží především na těsnosti palivové, zapalovací, sací a výfukové soustavy a těsnosti motoru. Dále se kontrolují zařízení určené ke snižování emisí vozidla – katalyzátor, lambda sonda a jiné doplňkové systémy [23].

Ke správnému změření emisí laboratoř využívá přístroj na diagnostiku chyb funkce řídicího systému motoru, přístroj na měření otáček, který se připevní na jakoukoliv kovovou část motoru a čidlo teploty motoru – to se dává místo měřky na olej a sondu, která se umísťuje do výfuku [22].

V druhém kroku se provede diagnostika funkce řídicího systému motoru, pokud se zde vyskytuje chyba, může být příčinou zvýšeného produkce emisí [22].

Samotné měření emisí probíhá tak, že se vozidlo zkouší na válcovém dynamometru. Tento přístroj nahrazuje provoz na reálné silnici, protože se zde simulují i jízdní odpory pomocí brzdých elektromotorů. Měření se začíná se studeným motorem (teplota okolo 25°C) [22].

Na začátku měření je do výfuku zavedená sonda, která následně vyhodnotí naměřené koncentrace jednotlivých škodlivých látek [22].

Měření probíhá při volnoběžných otáčkách a při zvýšených otáčkách (po dobu 30 sekund), kdy se měří obsah CO, CO₂ a O₂ v objemových procentech a obsah HC v ppm. Hodnota lambda musí odpovídat rozsahu uvedeného výrobcem, obvykle mezi 0,99 – 1,02. U vozidel, která obsahují NO_x čidlo, se uvádějí také tyto hodnoty [22].

KONTROLA:

Výsledek vizuální kontroly:		vyhovuje		
Výsledek kontroly readiness kódů:		nastavené		
		MIL: nesvítil		
Výsledek kontroly závad řídicí jednotky motoru:		---		
Vyhodnocení stavu řídicí jednotky:		bez závad		
Výsledek kontroly těsnosti plynového zařízení **):		---		
Měřené parametry		Předepsané hodnoty	Naměřené hodnoty s palivem	
			základním	alternativním
Při volnoběhu	Otáčky [min ⁻¹]	600 - 800	680	---
	Obsah CO [%]	max 0,30	0,01	---
Při zvýšených otáčkách	Otáčky [min ⁻¹]	2400 - 2600	2550	---
	Obsah CO [%]	max 0,20	0,01	---
	λ – lambda [1]	0,97 - 1,03	0,999	---

Stav Readiness (údaje mimo J1939):

	Comp	Fuel	Misf	EGR/VVT	O2S Heat	O2S Func	A/C	SAS	Evap	HCat	Cat Func
Podporované	√	√	√	√	√	√	x	x	x	x	√
Otestované	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Výpis DTC: ---. Celkem 0 závad.

Vzdálenost ujetá při aktivní DTC: 0 km

Stav MIL: nesvítil

Palivo: BA

Status	n [min ⁻¹]	vyústění	CO [%]	CO ₂ [%]	HC [ppm]	Lambda [-]	O ₂ [%]	CO _{corr} [%]	NO _x [ppm]
Měřeno	680	1	0,01	15,52	39	---	0,07	0,01	0
Limit	600 - 800	---	max 0,30	---	---	---	---	---	---
Měřeno	2550	1	0,01	15,43	20	0,999	0	0,01	0
Limit	2400 - 2600	---	max 0,20	---	---	0,97 - 1,03	---	---	---

Detailní výpis výsledků kontroly emisí je uveden v příloze tohoto protokolu
hodnoty stanovené výrobcem vozidla čerpány z el. databáze Dekra
Před odjezdem z emisní stanice zkontrolujte, zda jsou kapota a všechny dveře zavřené.
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.: MDSH4000338

Datum provedení měření emisí: 07.05.2019

Obr. 5 Část protokolu z kontroly emisí u automobilu se zážehovým motorem, třída EURO 6 (vlastní tvorba)

5. Legislativa

Pro zjednodušení problematiky popisuje následující kapitola historii legislativy a platné emisní normy pouze v České republice v rámci evropských emisních předpisů.

5.1. Začátek platnosti emisních předpisů v Evropě

První evropská směrnice 70/220/EEC byla zavedena v roce 1970. Hodnoty byly definované pro množství oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků, dle tehdejších konstrukčních možností spalovacích motorů. V té době nebylo výjimkou potkat na silnici kouřící automobil. V roce 1982 nabyl platnost předpis EHK 15.04, který předcházel zavedení normy EURO 1 v roce 1992 (předpis EU 91/441/EG) [24].

5.2. Zavedení EURO norem

Norma EURO 1 nařizovala jako povinnou součástí výbavy automobilu katalyzátor s lambda sondou a jejím hlavním cílem bylo snížení emisí CO, HC a NO_x. Spolu se zavedením této normy vznikly různé metody měření emisí – u zážehových motorů to bylo měření množství emisí při studeném startu, měření CO₂ při volnoběžných otáčkách a emise plynů z klikové skříně. Další norma – EURO 2 (předpis EU 94/12/EG a 96/69/EG) – byla zavedena v roce 1996. Norma EURO 2 upravovala mezní hodnoty pro uhlovodíky a oxidy dusíku. Zajímavostí je, že EURO 1 i EURO 2 nerozlišovaly množství jednotlivých škodlivin, ale pracovaly s výsledným součtem emisí HC a NO_x [25][5].

Teprve od normy EURO 3 (předpis EU 98/69/EG-A), která byla zavedena v roce 2000, došlo ke sledování množství HC a NO_x zvlášť. Navíc norma EURO 1 nerozlišovala zvlášť ani zážehové a vznětové motory, tohle rozlišení přišlo až s normou EURO 2. Dále se rozšířily zkoušky, které musely vozidla testovaná dle třídy EURO 3 podstoupit [25][5].

Norma EURO 4 byla zavedená v roce 2005 (předpis EU 98/69/EG – B). Tato norma byla zaměřená hlavně na vznik škodlivin u vznětových motorů, které překračovaly množství NO_x. Byl zaveden filtr pevných částic (DPF) a začala se zavádět recirkulace výfukových plynů, čímž se výrazně snížilo množství NO_x [25].

Předposlední norma EURO 5 vzešla v platnost v roce 2009. Dále snižuje počet PM a NO_x. Poprvé se začaly měřit pevné částice u zážehových motorů a dále se zpřísnily limity pro pevné částice u motorů vznětových, tudíž filtr pevných částic byl v té době již naprostou nutností u nových typů automobilů [24].

ROK	NORMA	CO	NO _x	HC + NO _x	HC	PM
1992	EURO 1	2,72	-	0,97	-	-
1996	EURO 2	2,2	-	0,5	-	-
2000	EURO 3	2,3	0,15	-	0,20	-
2005	EURO 4	1,0	0,08	-	0,10	-
2011	EURO 5	1,0	0,06	-	0,10	0,005
2014	EURO 6	1,0	0,06	-	0,10	0,005

Tab. 1 Emisní normy pro zážehové motory [g/km] [25]

ROK	NORMA	CO	NO _x	HC + NO _x	HC	PM
1992	EURO 1	2,72	-	0,97	-	0,14
1996	EURO 2	1,0	-	0,70	-	0,08
2000	EURO 3	0,64	0,50	0,56	-	0,05
2005	EURO 4	0,5	0,25	0,30	-	0,025
2011	EURO 5	0,5	0,18	0,23	-	0,005
2014	EURO 6	0,5	0,08	0,17	-	0,005

Tab. 2 Emisní normy pro vznětové motory [g/km] [25]

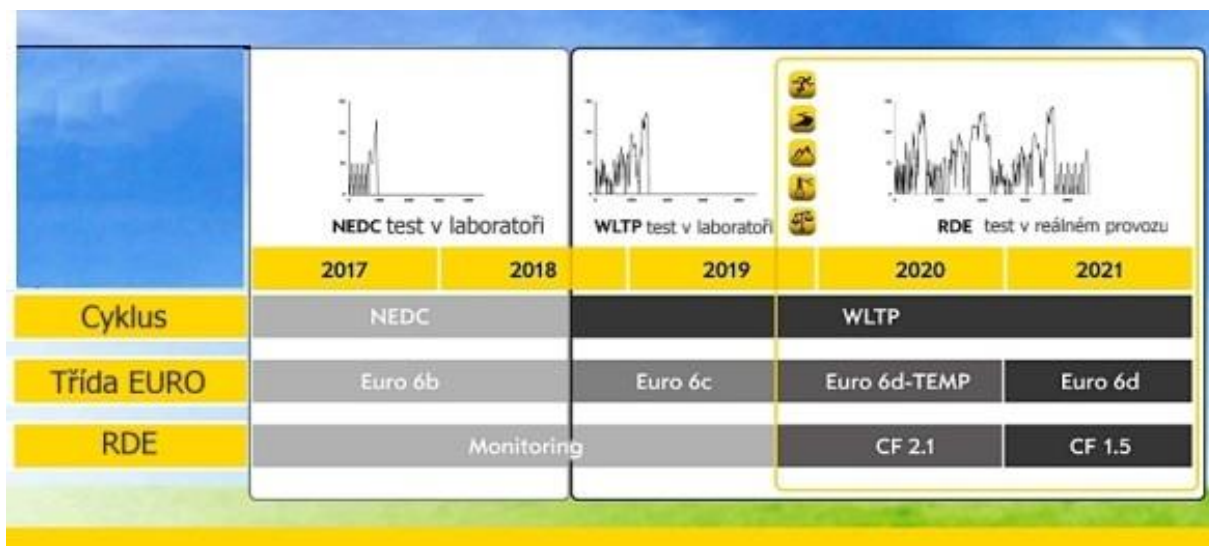
5.1. Současnost a norma EURO 6

Od září 2014 až do současnosti platí norma EURO 6. Došlo v ní ke snížení oxidů dusíku, což se u vznětových motorů řeší dvěma způsoby – pomocí selektivní katalytické redukce za použití syntetické močoviny AdBlue nebo zásobníkového katalyzátoru. Pomocí těchto metod dochází k přeměně NO_x na dusík a vodu [5].

Třída EURO 6 se dále dělí na EURO 6b, 6c, EURO 6d-TEMP a 6d.

Norma EURO 6c vstoupila v platnost v roce 2018 a zavedla tak pro automobily vstupující na trh nový měřicí cyklus WLTP místo NEDC, který platil do té doby.

NEDC neboli nový evropský cyklus byl platný od roku 1970 a týkal se městského provozu. Od roku 1992 se k němu přidal i provoz mimoměstský a od roku 1997 byl využíván pro měření emisí CO₂ a spotřeby paliva. V současnosti již nespĺňuje jízdní styl, proto nemá patřičnou výpovědní hodnotu. Průměrná rychlost jízdy v tomto testu je pouhých 34 km/h a maximální rychlost 120 km/h. Toto měření se provádělo v laboratoři [5].



Obr. 6 Přehled legislativních požadavků na testování nových automobilů v rámci třídy EURO 6 [26]

WLTP neboli nový celosvětový harmonizovaný zkušební postup pro lehké osobní automobily NEDC nahradil. Klíčové změny proti NEDC cyklu jsou v délce testu, celkové ujeté vzdálenosti, ale také v tom, že se průměrná rychlost zvedla na 46,5 km/h a maximální rychlost na 131 km/h. Přestože i toto měření probíhá pouze v laboratoři, nastiňuje mnohem reálnější hodnoty spotřeby a tedy i produkce emisí než NEDC [27].

Na podzim roku 2019 vstoupila v platnost norma EURO 6d – TEMP, kde se k měření WLTP přidalo ještě měření RDE, tedy jízdy v opravdovém provozu. Při tomto měření jde hlavně o množství NO_x a PM, které mají přesnější výpovědní hodnotu než při měření v laboratoři. K měření dochází tak, že se na automobil připojí zařízení, které monitoruje emise v reálném čase (PEMS). Rozmanitost terénu při měření je velmi důležitá [27].

Norma EURO 6d se od EURO 6d – TEMP liší faktorem shody pro NO_x. Faktor shody je poměr naměřených emisí NO_x v reálném provozu ku měření v laboratoři. U normy EURO 6d – TEMP byla maximální odchylka 2,1, kdežto u EURO 6d je to pouze 1,5 [27].

6. Možnosti snížení emisí

Legislativa definuje možnosti, jak snížit emise produkované automobilovou dopravou. Je důležité si připomenout následující podmínky, které by měly být dodrženy:

- palivová směs musí být co nejvíce homogenní
- spalování musí být co nejdokonalejší
- používají se zařízení na dodatečnou úpravu

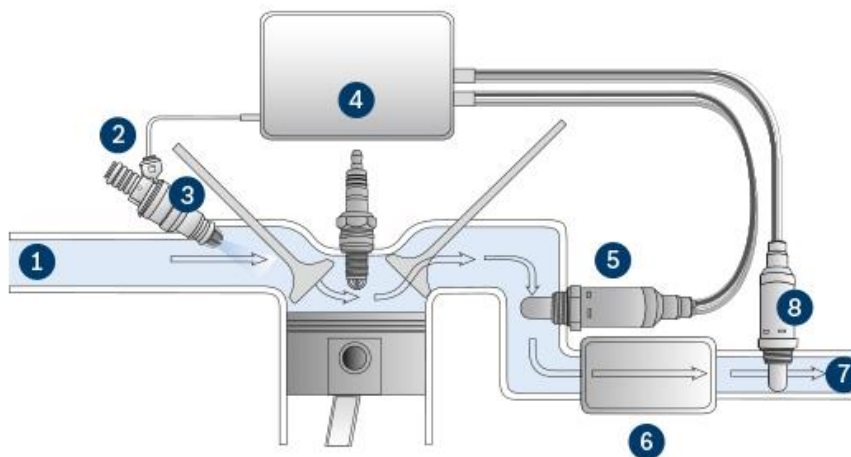
V předchozích kapitolách byly rozebrány první dvě podmínky. Předposlední kapitola této práce se bude věnovat zařízením na dodatečnou úpravu výfukových plynů.

6.1. Snímač přebytku kyslíku – lambda sonda

Lambda sonda je zařízení, které funguje na principu snímání koncentrace kyslíku. U moderních automobilů se zážehovým motorem jsou lambda sondy dvě – jedna před katalyzátorem - regulační a druhá – diagnostická, za ním [28].

Okruh lambda sondy

- 1 Přívod vzduchu
- 2 Přívod paliva
- 3 Vstřikovač
- 4 Řídicí jednotka
- 5 Regulační sonda (před katalyzátorem)
- 6 Katalyzátor
- 7 Výfukové plyny
- 8 Diagnostická sonda (za katalyzátorem)



Obr. 7 Okruh lambda sondy [29]

Regulační má za úkol regulovat poměr kyslíku ku palivové směsi v motoru. Upravuje tedy bohatost směsi tak, aby byl stechiometrický poměr nejbližší hodnotě $\lambda = 1$. Lambda sonda zaznamená obsah kyslíku a dle aktuální potřeby dokáže tento obsah regulovat, respektive vyšle signál jednotce řídicí přívod vzduchu / paliva [28].

Lambda sonda funguje na základě rozdílu elektrického napětí (napět'ovém spádu) mezi částí omývanou přivedeným palivem (při přebytku paliva je napětí ve výstupové části vysoké) a částí omývanou okolním vzduchem (při přebytku vzduchu je napětí ve výstupové části nízké) [28].

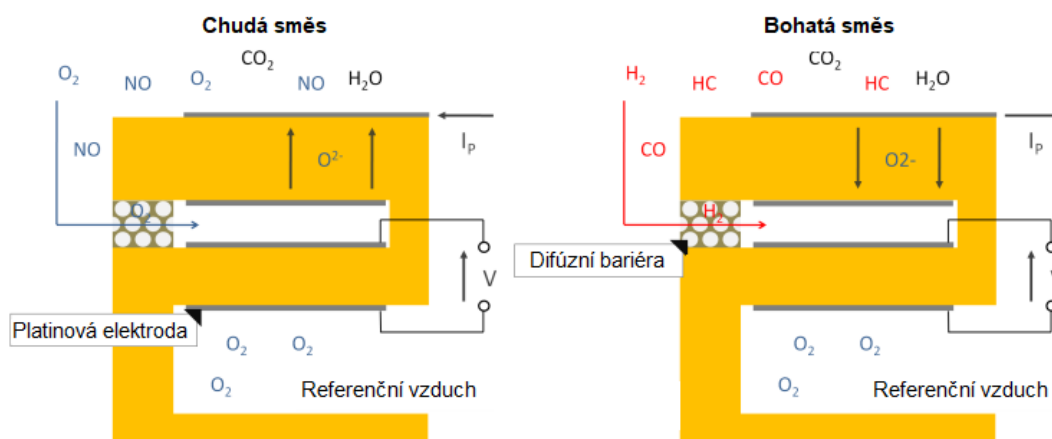
Podle použitého materiálu se tyto sondy dále dělí na odporové (použitý oxid titaničitý) a napět'ové (použitý oxid zirkoničitý). V dnešní době se již využívají pouze lambda sondy napět'ové [30].

Ty fungují na principu Nernstova napětí, kde platí:

$$U_N = \frac{RT}{4F} * \ln \frac{p_{ref}(O_2)}{p_{exh}(O_2)}$$

Kde R je obecná plynová konstanta, F je Faradayova konstanta, T je teplota, p_{ref} parciální tlak v daném prostředí, p_{exh} parciální tlak v prostředí výfuku.

Oxid zirkoničitý je elektrolyt, který odděluje výfukové plyny od referenčního vzduchu. Obvykle bývá obohacen yttriem, které umožňuje přenos iontů kyslíku, do místa, kde se nachází vnitřní a vnější elektrody. Pokud se poměr kyslíku na elektrodách liší, dochází ve směru koncentračního spádu k prostupu iontů kyslíku elektrolytem, který je nosičem záporného náboje a tím vznikne mezi platinovými elektrodami napětí, Nernstovo napětí [30].



Obr. 8 Funkce lambda sondy na základě přenosu iontů kyslíku [31]

Diagnostická lambda sonda slouží k detekci zbytkového kyslíku v emitovaných výfukových spalínách.

Můžeme je rozdělit na tři typy:

Jednoduché: pouze mezní hodnoty bohatosti směsi a musí být zahřáté na provozní teplotu – dnes se již nepoužívají.

Vyhřívané: jejich měření je přesné již po 30 sekundách provozu. Navíc dokážou změřit množství kyslíku v celém rozsahu měřených hodnot a ne pouze hodnoty mezní.

Planární: nejnovější typ – jejich měření je přesné již po 10 sekundách. Do budoucna se ještě počítá se zkrácením této doby.

Životnost sondy je zhruba 160 tisíc kilometrů, nicméně i v průběhu užívání se mohou vyskytnout různé poruchy. Největší z nich je nesoulad mezi sondou regulační a sondou diagnostickou, protože s takovým vozidlem nelze projít STK. Toto zařízení má svou kontrolku na panelu, avšak i přesto uživatel automobilu nemusí o poruše nejprve vědět [28].

K poškození může dojít nesprávnou manipulací – montáží a demontáží, může dojít ke korozi vodičů sondy, což je způsobeno zvýšenou vlhkostí nebo se na snímači mohou vyskytovat usazeniny šedé nebo bílé barvy v případě spalování oleje [28].

Výfukové potrubí, kde se lambda sonda nachází, představuje velmi erozivní prostředí, proto může snadno dojít k její poruše. Důležitou známkou opotřebení může být také zvýšená spotřeba paliva (udává se, že až o 15%). Tato porucha se diagnostikuje změřením napětí, mezi kladným a záporným vodičem [28].

V současnosti je toto zařízení nedílnou součástí všech automobilů, jeho správná funkce se kontroluje každé 2 roky při emisním měření a v případě jeho nefunkčnosti je nutné tuto závadu odstranit, jinak automobil nemůže projít STK [28].

6.2. Katalytický konvertor

Na začátku je důležité definovat pojmy:

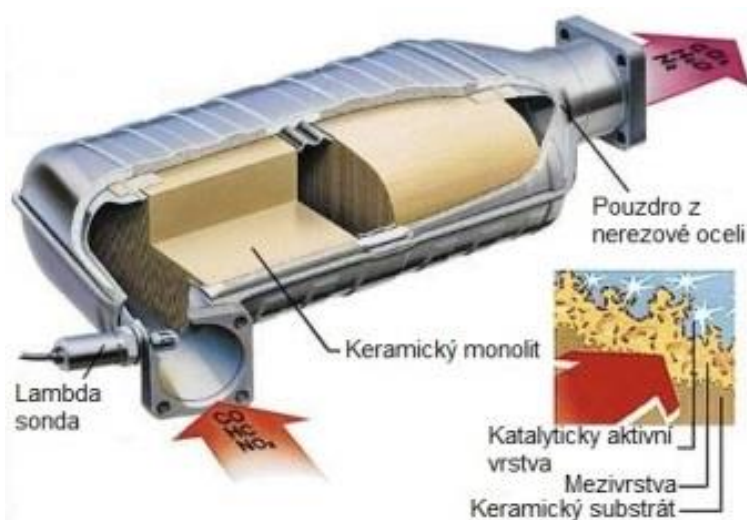
Katalyzátor = aktivní prvek, sloučenina či látka, která urychluje chemické reakce. Zároveň se sama nespotebovává či nemění.

Katalytický konvertor (katalyzátor) = zařízení, které na základě chemických reakcí snižuje množství škodlivých emisí.

Dále bude použitý pouze pojem „katalyzátor“, jehož význam vyplýne z kontextu.

Katalyzátor funguje na podkladě oxidace a redukce. Pomocí těchto reakcí dochází k přeměně HC, CO a NO_x na netoxické látky, přirozeně se nacházející ve vzduchu, jako je vodní pára, oxid uhličitý a dusík.

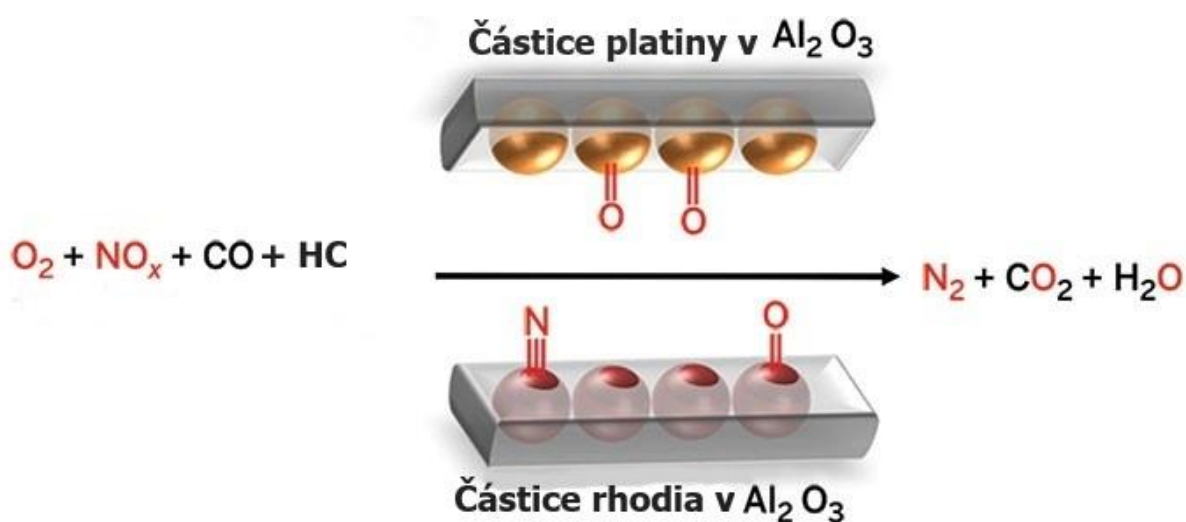
Katalyzátor je tvořen pláštěm z ocelového plechu a keramického těla. Uvnitř těla se nachází monolity – kovové nebo keramické. Jsou protažené tisíci drobnými kanálky - ve výsledku se podobají včelím plástvím. Jsou odolné proti vysokým teplotám a proudí tudy výfukové plyny. Na povrchu těchto kanálků se nachází oxid hlinitý, který zvětšuje účinnou plochu katalyzátoru na celkovou plochu o velikosti dvou fotbalových hřišť. Na této ploše se pak nachází samotná katalytická vrstva tvořená dvěma kovy - platinou a rhodiem [32].



Obr. 9 Složení katalyzátoru [33]

Před vlastním katalyzátorem, se nachází ještě takzvaný předkatalyzátor, který tvoří kovové monolity umístěné blíže k motoru. Jsou poskládané na stejném principu, jako keramické monolity a slouží k tomu, aby probíhaly katalytické reakce i za předpokladu, že motor ještě není zahřátý na provozní teplotu.

Po chemické stránce funguje katalyzátor tak, že platina urychluje oxidaci uhlovodíků a oxidu uhelnatého a rhodium zase redukci oxidů dusíku. [32].



Obr. 10 Oxidačně – redukční reakce uvnitř katalyzátoru [34]

Účinek katalyzátoru je takový, že se na jeho povrchu z těchto ušlechtilých kovů hromadí chemické látky, jejichž vzájemný styk vytvoří chemické reakce uvedené výše, protože za normálních okolností by tyto reakce probíhaly velmi pomalu. Za předpokladu, kdy všechny molekuly výfukových plynů přijdou do styku s katalyzátorem, probíhají tyto reakce velmi rychle [32].

U zážehových motorů se používá katalyzátor trojcestný, který umožňuje probíhání všech tří hlavních chemických reakcí. Jeho předchůdcem byl katalyzátor neřízený, který zmizel z trhu se zavedením normy Euro 1. U vznětových motorů se využívá katalyzátor oxidační [32].

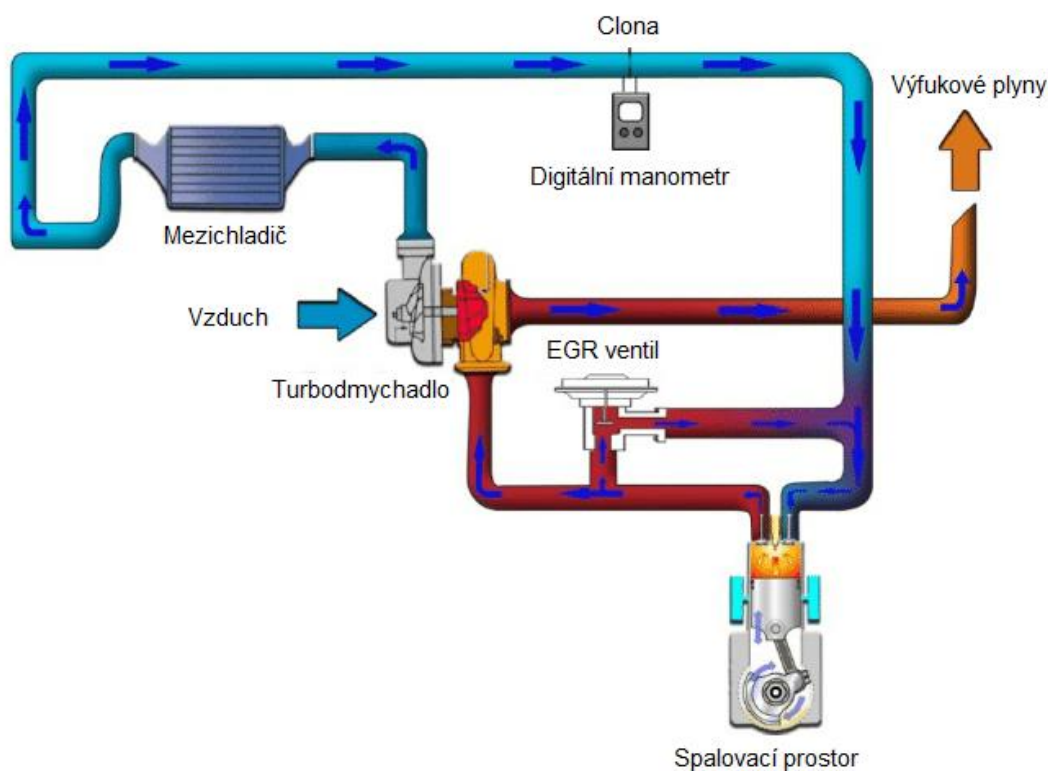
Aby katalyzátor správně fungoval, musí být propojen s lambda sondou, která upravuje stechiometrický koeficient tak, aby byl co nejbližší hodnotě 1.

6.3. EGR ventil

Zkratka EGR pochází z anglického – exhaust gas recirculation, což v překladu znamená recirkulace výfukových plynů.

EGR ventil je povinnou součástí výbavy automobilů již od zavedení normy Euro 3.

Jeho funkce spočívá ve vnější recirkulaci spalin. U novějších typů automobilů funguje ventil na základě elektromotoru, který přebírá informace od řídicí jednotky. Otevřením EGR ventilu dochází k proudění části spalin do sání, kde se promísí s palivovou směsí. Z toho vyplývá, že výfukové plyny obsahují jen minimální množství kyslíku a nepodílí se na hoření. V prostoru spalovacího motoru se nasátím výfukových plynů zmenšuje objem a zároveň snižuje teplota. Nejnovější typy EGR ventilu obsahují také přídavný mezichladič, který zvyšuje účinnost recirkulace, protože výfukové plyny dobře pohlcují teplo [11].



Obr. 11 Okruh EGR ventilu [35]

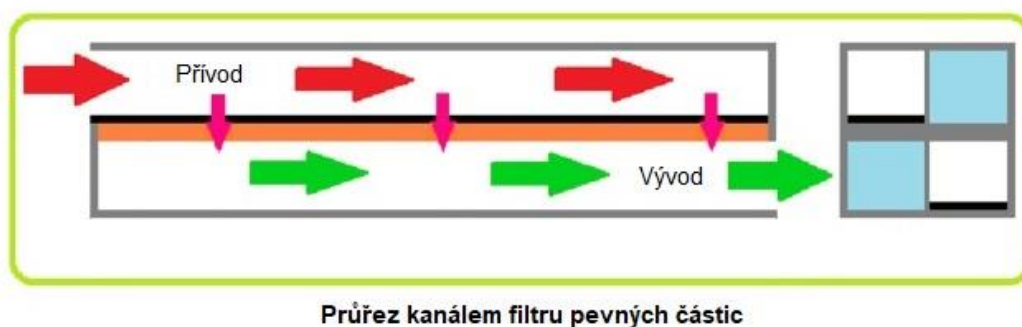
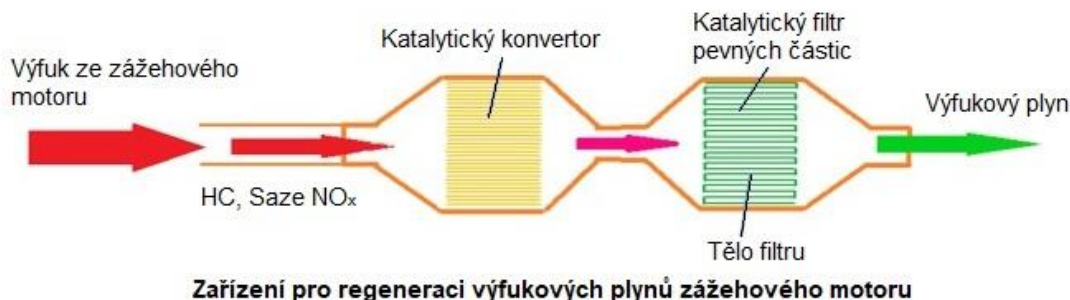
Tím, že se sníží teplota směsi, sníží se i spotřeba paliva a koncentrace škodlivých emisí.

Také EGR ventil může mít závady. Problém vytvářejí karbonové usazeniny z mastných částí spalin, které znemožňují správnou funkci a ventil se tak může zaseknout. Pokud k tomu dojde, dochází k poškození sacích ventilů a později celé soustavy motoru. Při volnoběhu a startech má být EGR ventil zavřený. Pokud je problém a zavřený není, dá se to poznat na kolísání otáček při volnoběhu, případně vyšší kouřivostí, protože se uhlík dostává i dále do motoru [11].

6.4. Filtr pevných částic

Filtr pevných částic je zařízení, které vstoupilo na trh se zavedením platnosti EURO 4 a to hlavně u vznětových motorů, které nebyly schopné splnit požadované parametry této normy. Od roku 2014 platí povinnost filtru pevných částic také pro motory zážehové s tříletou výjimkou. V současnosti již všechny nové automobily musí mít toto zařízení, jako povinnou součást.

Filtr pevných částic vycytává pevné částice (saze) a eliminuje tak jejich množství v ovzduší. Skládá se z keramické vložky s mnoha průchozími i zaslepenými kanálky, kde dochází právě k vycytávání mikroskopických pevných částic. Ty se v těchto kanálkách usazují. V zážehovém motoru, kde je vyšší teplota spalin, nebo v režimu brzdění motorem (z toho důvodu, že je při tomto ději vyšší koncentrace kyslíku do kterého nejde žádné palivo) dochází současně také k jejich vypalování, takže má filtr pevných částic „samočisticí“ schopnost. Existuje také režim nucené regenerace. Ten je hlavně u motorů vznětových, ale v některých případech se využívá také u motorů zážehových a to hlavně při krátkých studených jízdách. Pro to, aby k nucené regeneraci došlo, je nutné ochuzení směsi paliva, protože se tím současně zvýší teplota a dojde k vypálení pevných částic uplývajících na tomto filtru [36].



Obr. 12 Funkce a složení filtru pevných částic [37]

Velká nevýhoda tohoto zařízení spočívá v tom, že po klidné jízdě neumožňuje řidiči prudkou akceleraci, které by dosáhl s vozidlem se stejnými motorickými parametry bez filtru pevných částic, což je ve slabších automobilech velmi patrné. Je to z toho důvodu, že zhoršuje průchodnost výfukového potrubí pro kyslík [36].

7. Motory z pohledu budoucnosti

Emisní limity se, v následujících letech, mají tendenci dále zpřísnovat. Letos uplyne 6 let od zavedení normy EURO 6 (v roce 2014), která byla do určité míry revoluční. Přípravovaná emisní norma EURO 7 měla být zavedená v roce 2020, nicméně zatím nevzešla v platnost. Omezuje hlavně produkci oxidu uhličitého a to na „pouhých“ 95 g na kilometr. Pokud by automobilky tento limit nedodržely, hrozí jim sankce. Oxid uhličitý je ovlivnitelný pouze nepřímo spotřebou. Znamená to, že spotřeba automobilů se zážehovým motorem by musela být 4,06 l / 100 km a u vznětových motorů 3,54 l / 100 km, což je momentálně nereálné. V současné době s platností EURO 6 je limit 130 g na kilogram CO₂. Všechna omezení jsou s ohledem na současnou situaci globálního oteplování a narůstající koncentrace skleníkových plynů v ovzduší [38].

V roce 2015 vyšla na povrch kauza označená jako „Dieselgate“, při které americká Agentura pro životní prostředí zjistila, že firma Volkswagen do svých automobilů nahrála software, který uměle snižuje hodnoty emisních limitů tak, aby všechny automobily bez problémů odpovídaly požadovaným normám. Na základně vyšetřování firma tento čin nakonec uznala a musela zaplatit odškodné ve výši 4,3 miliardy dolarů [39].

Po této kauze došlo v EU k postupnému odklonu od vznětových motorů, i když z hlediska produkce CO₂, jsou na tom lépe než motory zážehové. Problémem u vznětových motorů bylo dodržení koncentrace NO_x a PM. Množství NO_x se u vznětových motorů snižuje přidáním syntetické močoviny AdBlue. Všechny vznětové motory mají již dlouhou dobu, jako povinnou součást filtr pevných částic, který zase snižuje koncentraci PM. Nicméně i přesto je v mnoha německých městech, počínaje rokem 2019, povolený vjezd automobilům pouze s ochrannou známkou „Umweltplakette“. Automobily se vznětovým motorem splňující nižší normu než EURO 5, tuto známku nemohou obdržet. V roce 2020 se mají podmínky pro tyto motory zpřísnit ještě více a to tak, že bude tolerovaná pro vjezd, pouze norma EURO 6. Uživatelé automobilů se vznětovým motorem mají tedy tendence se těchto automobilů zbavovat a přecházet na alternativní pohony, případně automobily s motorem zážehovým [40].

Vyhlídky jsou takové, že do roku 2030 by mělo mít 15% nově prodaných automobilů v EU hybridní nebo elektrický pohon a zároveň by měli výrobci automobilů snížit hodnoty produkovaných emisí CO₂ o 1/3 s ohledem na globální oteplování. Tedy i přesto, že vznětové motory produkují méně CO₂, bude docházet pravděpodobně i nadále k odklonu od nich, kvůli velké pořizovací ceně, tudíž zůstanou pouze ve větších, případně středních osobních automobilech [38].

Automobily na elektrickou energii jsou samostatnou kapitolou a je otázka, zda se stanou do budoucna oblíbené. V současné době není ČR na příchod této technologie připravená, hlavně kvůli nedostatku nabíjecích stanic a velmi vysoké pořizovací ceně.

Je však také velmi důležité položit si otázku – jsou elektromobily skutečně tak ekologické, jak se uvádí?

Z hlediska produkce CO₂ rozhodně ano. Nemají spalovací motor, tudíž nedochází ke spalování a k produkci oxidu uhličitého a tedy zvyšování koncentrace skleníkových plynů, nicméně výroba automobilů je stále daleko více neekologická než samotný provoz a pokud bychom si položili na váhy tyto dva velmi důležité aspekty, pořád je provoz hybridních automobilů, případně těch se zážehovým či vznětovým motorem pravděpodobně více či stejně ekologický. Je to hlavně z toho důvodu, že elektromobily ke svému chodu potřebují baterie. Výroba baterií je složitá a je k ní potřeba spousta surovin, jako například kobalt, grafit, mangan anebo lithium. Ty se těží v Africe, odkud jsou dopravovány do Číny, kde se baterie vyrábí. Tento proces, včetně cesty je, ve srovnání s výrobou spalovacích motorů velmi neekologický a nešetrný k životnímu prostředí. Navíc recyklace autobaterií je teoreticky možná, ale opět velmi komplikovaná a drahá. Důležité je si také uvědomit, že většinou elektrické energie, kterou tyto automobily využívají, vyrábějí především tepelné elektrárny, kde se spaluje uhlí a poté jaderné elektrárny. Z hlediska produkce emisí CO₂ celosvětově na 1. místě a jaderný odpad se zase nedá v současné době efektivně likvidovat, pouze se ukládá [41].

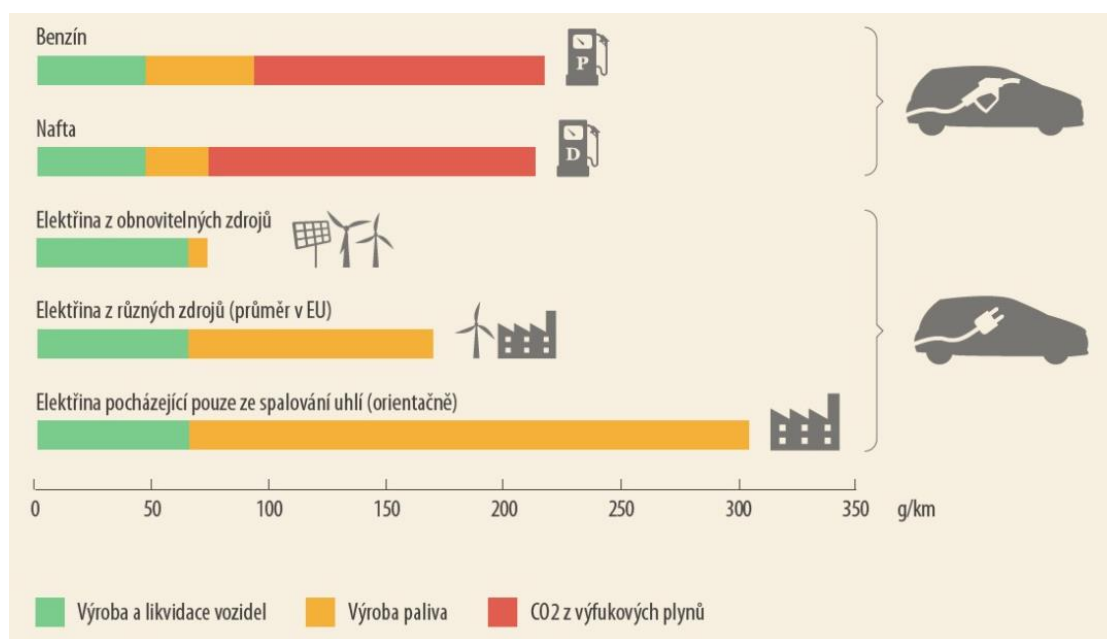
8. Závěr

Z výše uvedených poznatků jasně vyplývá, že emise jsou v rámci životního prostředí neustále velkým problémem, ačkoliv se legislativa snaží snižovat přípustné hodnoty.

V rámci třídy EURO 6 je maximální množství HC méně než 0,1 g/ km, což se na první pohled může zdát jako zanedbatelné, nicméně je potřeba si uvědomit, že dle statistické ročenky, se v České republice k lednu 2020, nachází necelých 6 milionů osobních automobilů – tedy v těchto výpočtech nejsou zahrnuté žádné jiné silniční dopravní prostředky, které také produkují emise, konkrétně HC. Pokud bychom počítali, že každý z uživatelů těchto automobilů ujede za rok průměrně 7 tisíc kilometrů (což je podsazené číslo), můžeme jednoduše vypočítat celkovou produkci HC v ČR za rok, což je $4,2 \times 10^9$ g, tedy 4200 tun nespálených uhlovodíků za rok, které jsou prokazatelně karcinogenní a mutagenní.

Budoucnost tedy spočívá v zelenější cestě hybridních pohonů, automobilů na vodíkový pohon a elektromobilů, které produkují velmi nízké hodnoty emisí anebo žádné, protože využívají elektrickou energii. V současné době je užívání elektrických automobilů opravdu ekologické například v Norsku, kde dochází k produkci elektrické energie hlavně z obnovitelných zdrojů a to pomocí vodních elektráren. V České republice prozatím tento trend nelze následovat, protože produkce elektřiny je závislá hlavně na tepelných a jaderných elektrárnách.

Ze zpravodajství Evropského parlamentu však vyplývá, že kvůli energetickému mixu v Evropě se i v současnosti elektřina jeví jako více ekologická než automobily se spalovacími motory. Trend budoucnosti ukazuje na to, že se bude zvyšovat podíl elektrické energie z obnovitelných zdrojů, tudíž se i elektromobily stanou ještě méně škodlivé pro životní prostředí. [2]



Obr. 13 Škála emisí CO₂ v životním cyklu různých druhů vozidel a paliv [2]

Seznam použité literatury

- [1] Energetická účinnost v českých zemích za posledních 100 let. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. Praha 2005-2020. [cit. 2020-03-04].
Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/energeticka-ucinnost/2019/12/100 let energeticke ucinnosti v CR publikace.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/energeticka-ucinnost/2019/12/100%20let%20energeticke%20ucinnosti%20v%20CR%20publikace.pdf)
- [2] Emise CO₂ z aut: fakta a čísla (infografika). Zpravodajství Evropský parlament [online]. Praha 18-4-2019. [cit. 2020-03-04].
Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika>
- [3] Historický vývoj dopravy – vybrané kapitoly. Geography UPOL [online]. [cit. 2020-05-14].
Dostupné z: <https://geography.upol.cz/soubory/lide/hercik/GEDP/Prednasky/historie.pdf>
- [4] July 26, 1943: L.A. Gets First Big Smog. Weird [online]. 7.6.2010 [cit. 2020-05-15].
Dostupné z: <https://www.wired.com/2010/07/0726la-first-big-smog/>
- [5] NÁHLÍK, T. *Emisní normy pro motorová vozidla a měření emisí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 61 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D. [online]. [cit. 2020-05-15].
Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=101221
- [6] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [7] TAKÁTS, Michal. *Měření emisí spalovacích motorů*. Praha: České vysoké učení technické, 1997. ISBN 80-01-01632-3.
- [8] Vše o palivech - Spalování paliv (7. díl). TipCars magazín. [online]. [cit. 2020-03-12].
Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/vse-o-palivech-spalovani-paliv-7-dil.html>
- [9] Oktanové číslo. Autolexicon.net. [online]. [cit. 2020-03-18].
Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/oktanove-cislo/>
- [10] Směšovací poměr a emise. Střední škola automobilní Ústí nad Orlicí. [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: https://www.skola-auto.cz/wp-content/uploads/2020/03/Smesovaci_pomer_a_emise.pdf
- [11] EGR ventil: Postrach moderních motorů. K čemu vlastně slouží? A proč je tak problémový?. Auto.cz. [online]. [cit. 2020-05-23]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/egr-ventil-postrach-modernich-motoru-k-cemu-vlastne-slouzi-a-proc-je-tak-problemovy-103380>
- [12] Oxid uhličitý. Integrovaný registr znečišťování. [online]. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/78>
- [13] Oxid uhelnatý. Integrovaný registr znečišťování. [online]. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2020-04-02].
Dostupné z: https://www.irz.cz/repository/latky/oxid_uhelnaty.pdf

- [14] Intoxikaci oxidem uhelnatým je dobré nepodceňovat. Ministerstvo zdravotnictví České republiky. [online]. Státní zdravotnický ústav. [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: https://www.mzcr.cz/Verejne/dokumenty/intoxikaci-oxidem-uhelnatym-nadale-nelze-podcenovat_10202_1092_5.html
- [15] Oxidy dusíku (NO_x/NO₂). Integrovaný registr znečišťování. [online]. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: https://www.irz.cz/repository/latky/oxidy_dusiku.pdf
- [16] Poléťavý prach. Integrovaný registr znečišťování. [online]. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/85>
- [17] Pevné částice. Emise z lidské činnosti ELC. [online]. [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <http://emise.unas.cz/pevne--astice.html>
- [18] Skleníkový efekt. Meteocentrum.cz. [online]. [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/globalni-oteplivani/sklenikovy-efekt>
- [19] Skleníkový jev. Expresní astronomické informace. [online]. [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/gw/jev/sj_ar4_czp2.jpg
- [20] Směrnice Rady 70/220/EHS ze dne 20. března 1970 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se opatření proti znečišťování ovzduší plyny zážehových motorů motorových vozidel. Esipa. [online]. [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=31970L0220>
- [21] Víte, k čemu slouží lambda sonda a jak poznáte její poškození?. PIETRO autodíly. [online]. [cit. 2020-05-23]. Dostupné z: https://www.pietro-eshop.cz/clanky-navody/_zobraz=vite--k-cemu-slouzi-lambda-sonda-a-jak-poznate-jeji-poskozeni
- [22] Metodický postup měření emisí vozidel. Ministerstvo dopravy České republiky. [online]. Praha. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Ministerstvo/Vestniky-dopravy/Vestniky-dopravy-2019/Vestnik-dopravy-10-2019/Metodicky-postup-mereni-emisi-18-9-2019.pdf.aspx>
- [23] PETRÁS, Zdeněk a RŮŽIČKA, Antonín. Měření emisí. Praha: Robert Bosch, 1997
- [24] Nařízení Komise (EU) 2017/1151 ze dne 1. června 2017, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 715/2007 o schvalování typu motorových vozidel z hlediska emisí z lehkých osobních vozidel a z užitkových vozidel (Euro 5 a Euro 6) a z hlediska přístupu k informacím o opravách a údržbě vozidla, mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES, nařízení Komise (ES) č. 692/2008 a nařízení Komise (EU) č. 1230/2012 a zrušuje nařízení Komise (ES) č. 692/2008. Esipa. [online]. [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32017R1151>
- [25] Evropské emisní normy: Jsou s námi už od roku 1970. Auto.cz. [online]. [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/evropske-emisni-normy-jsou-s-nami-uz-od-roku-1970-94232>
- [26] Přehled o WLTP, RDE a Euro 6d-TEMP. Autonoviny.cz. [online]. [cit. 2020-05-17]. Dostupné z: <https://www.autonoviny.cz/clanek/34612-prehled-o-wltp-rde-a-euro-6d-temp>
- [27] WLTP a RDE: nové testy pro certifikaci spotřeby paliva, emisí CO₂ a znečišťujících látek. Fiat. [online]. [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.fiat.cz/test-wltp>

- [28] Sonda lambda: Je to nenápadný zloděj benzínu. Auto.cz [online]. Czech New center a.s., 2001 – 2020 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/sonda-lambda-je-to-nenapadny-zlodej-benzinu-112058>
- [29] NEVTÍPIL, J. Emisní limity. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 35 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Dundálek, Ph.D. [online]. [cit. 2020-05-25]. Dostupné z https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=64901
- [30] JENŠÍ, L. Měření lambda sondy. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická, 2017. 47 s. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Weissar, Ph.D. [online]. [cit. 2020-05-23]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/27574>
- [31] Oxygen Sensors. Automotive electronics. [online]. The Clemson University Vehicular Electronics Laboratory. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/sensors/oxygen.html>
- [32] Jak funguje automobilový katalyzátor? Enviweb. [online]. Zpravodajství ČTK. [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/89130>
- [33] Three way catalytic converter. Cchem.berkeley. [online]. [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: http://www.cchem.berkeley.edu/molSIM/teaching/fall2009/catalytic_converter/bkgcatcon.html
- [34] Patent Picks: Catalytic Converters. Chemical & Engineering news. [online]. [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: <https://cen.acs.org/articles/93/i26/PatentPicks-Catalytic-Converters.html>
- [35] A schematic diagram of EGR system. Research gate. [online]. [cit. 2020-05-26]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/A-schematic-diagram-of-EGR-system_fig1_49619470
- [36] Filtr pevných částic mají už skoro všechna benzínová auta. Bát se ho ale nemusíte. autobible.cz. [online]. 1.2.2019. [cit. 2020-05-23]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/filtr-pevných-castic-maji-uz-skoro-vsechna-benzinova-auta-bat-se-nemusite/>
- [37] Effects of exhaust parameters on gasoline soot regeneration performance of a catalytic gasoline particulate filter in equilibrium state. ScienceDirect. [online]. [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236119323944>
- [38] Normy emisí CO₂ pro osobní automobily a dodávky: Rada potvrdila dohodu o přísnějších limitech. Evropská rada. [online]. Rada Evropské unie [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2019/01/16/co2-emission-standards-for-cars-and-vans-council-confirms-agreement-on-stricter-limits/>
- [39] Volkswagen, emise a dieselgate v souvislostech. Všechna fakta pohromadě. Auto.cz. [online]. [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <https://www.ekologickaznamka.cz/zakaz-dieselu-v-nemecku/>
- [40] Zákaz dieselů v Německu. Ekologická známka. [online]. [cit. 2020-05-28]. Dostupné z: <https://www.ekologickaznamka.cz/zakaz-dieselu-v-nemecku/>
- [41] Opravdu jsou elektromobily tak ekologické?. Ekolist.cz. [online]. [2020-05-30]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/PR-opravdu-jsou-elektromobily-tak-ekologicke>
- [42] ISERMANN, R. Combustion Engine Diagnosis, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017, 303 s., ISBN: 3662494663.

-
- [43] MOTEJL, Vladimír, HOREJŠ, Karel. Učebnice pro řidiče a opraváře automobilů. 1. vyd. Brno: Littera, 1998. 504 s. ISBN 80-85763-00-1.
- [44] BROŠ, Jiří a Luboš TRNKA. Praktická dílna – Snižování emisí spalovacích motorů vozidel I a II. Autoexpert. Praha: Autopress, 2009, ISSN 1211 - 2380.
- [45] VLK, František. Koncepce motorových vozidel. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. 368 s. ISBN 80-238-5276-0.

Seznam obrázků, tabulek a grafů

- Obr. 1 Emise CO₂ produkované dopravou
- Obr. 2 Smog v Los Angeles
- Obr. 3 Průběh spalování v motoru
- Obr. 4 Schéma skleníkového jevu
- Obr. 5 Část protokolu z kontroly emisí u automobilu se zážehovým motorem, třída EURO 6 (vlastní tvorba)
- Obr. 6 Přehled legislativních požadavků na testování nových automobilů v rámci třídy EURO 6
- Obr. 7 Okruh lambda sondy
- Obr. 8 Funkce lambda sondy na základě přenosu iontů kyslíku
- Obr. 9 Složení katalyzátoru
- Obr. 10 Oxidačně – redukční reakce uvnitř katalyzátoru
- Obr. 11 Okruh EGR ventilu
- Obr. 12 Funkce a složení filtru pevných částic
- Obr. 13 Škála emisí CO₂ v životním cyklu různých druhů vozidel a paliv
- Tab. 1 Emisní normy pro zážehové motory
- Tab. 2 Emisní normy pro vznětové motory
- Graf 1 Produkce a cena automobilů v letech 1908 - 1924
- Graf 2 + 3 Produkce emisí v automobilu bez katalyzátoru a s katalyzátorem

Seznam použitých zkratk a symbolů

EGR (Exhaust Gas Recirculation)	- Recirkulace výfukových plynů
CO ₂	- Oxid uhličitý
LA	- Los Angeles
NO ₂	- Oxid dusičitý
PM (particulate matter)	- Pevné částice
HC	- Nespálené uhlovodíky
CO	- Oxid uhelnatý
USA	- Spojené státy americké
NO _x	- Oxidy dusíku
C	- Uhlík
O ₂	- Kyslík
H ₂ O	- Voda
λ	- Součinitel přebytku vzduchu
N ₂	- Dusík
PAH	- Polycyklické aromatické uhlovodíky
N ₂ O	- Oxid dusný
NO	- Oxid dusnatý
N ₂ O ₃	- Oxid dusitý
N ₂ O ₅	- Oxid dusičný
CNS	- Centrální nervová soustava
DNA	- Genetická informace (Deoxyribonukleová kyselina)
ČR	- Česká republika
EHK	- Evropská hospodářská komise
OBD (On-Board Diagnostics)	- Palubní diagnostika
LPG (Liquified Petroleum Gas)	- Zkapalněný ropný plyn
NG (Natural gas)	- Zemní plyn
EEC (European Economic Community)	- Evropské hospodářské společenství
ISO (International Organization for Standardization)	- Mezinárodní organizace pro normalizaci
IEC (International Electrotechnical Commission)	- Mezinárodní elektrotechnická komise
EU	- Evropská unie
DPF (Diesel Particulate Filter)	- Filtr pevných částic u vznětových motorů
WLTP (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure)	- Celosvětový testovací standard pro určení spotřeby paliva
NEDC (New European Driving Cycle)	- Nový evropský jízdní cyklus
RDE (Real Driving Emission)	- Měření škodlivých látek v běžném provozu

PEMS (Portable Emission Measuring System)	- Přenosný měřicí systém emisí
STK	- Stanice technické kontroly
Pd	- Paladium
Pt	- Platina
Al ₂ O ₃	- Oxid hlinitý
Rh	- Rhodium
g	- gram
kg	- kilogram
l	- litr
km	- kilometr
s	- sekunda
ppm (parts per million)	- částice na jeden milion