

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Vliv aditiv na provozní parametry vznětového motoru

Diplomová práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jakub Mařík, Ph.D.

Diplomant: Bc. Jan Řikovský

PRAHA 2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Říkovský

Technika a technologie v dopravě a spojích
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Vliv aditiv na provozní parametry vznětového motoru

Název anglicky

Effect of additives on operating parameters of the diesel engine

Cíle práce

Cílem práce je posoudit vliv aditiv v motorové naftě na provozní parametry vznětového motoru.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Přehled řešené problematiky
5. Vlastní zpracování
6. Výsledky a diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 stran včetně obrázků a tabulek

Klíčová slova

nafta, výkon, spotřeba

Doporučené zdroje informací

HEYWOOD, John B. Internal combustion engine fundamentals. New York: McGraw-Hill, c1988. ISBN 007028637X.

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

REMEK, B. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. STROJNÍ FAKULTA. *Experimentální měření v dopravní technice*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03057-1.

VLK, F. *Dynamika motorových vozidel : jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, říditelnost, ovladatelnost, stabilita*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5273-6.

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Jakub Mařík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2019

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 17. 03. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma Vliv aditiv na provozní parametry vznětového motoru vypracoval samostatně pod odborným vedením a za pomoci pana Ing. Jakuba Maříka, Ph.D. Při tvorbě této práce jsem použil prameny pouze z citovaných zdrojů, které jsou uvedené v seznamu literatury.

Jsem si vědom, že odevzdání diplomové práce znamená i souhlas s jejím uveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek obhajoby této práce.

Uvědomuji si, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude přístupná k veřejnému nahlédnutí.

Jsem si plně vědom že, na moji bakalářskou práci se v celém rozsahu vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Vdne

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl především poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Jakubu Maříkovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi během její tvorby poskytl. Dále bych chtěl poděkovat panu Bc. Davidu Macounovi a panu Jakubu Adamovi za pomoc s přípravou a realizací experimentálního měření v laboratořích Katedry vozidel a pozemní dopravy TF ČZU a se zpracováním naměřených dat. Také bych rád poděkoval celé svojí rodině a přátelům za podporu v mnohdy nelehkém období mého vysokoškolského studia.

Abstrakt a klíčová slova

Vliv aditiv na provozní parametry vznětového motoru

Abstrakt: Hlavním cílem této diplomové práce je zjištění, jestli má dodatečná aditivace motorové nafty vliv na provozní parametry vznětového motoru osobního automobilu. Provozními parametry se rozumí produkce emisí, spotřeba paliva a výkonové parametry motoru. Teoretická část práce přibližuje problematiku škodlivých emisí a jejich měření, emisní normy a homologační měřicí cykly, způsoby měření výkonových parametrů, motorovou naftu jako palivo a přídatná aditiva. Praktická část práce popisuje postup měření vybraných parametrů, měřící techniku a prezentuje výstupy měření, které jsou shrnuty v závěru práce.

Klíčová slova: nafta, výkon, spotřeba

Effects of additives on operating parameters of the diesel engine

Abstract: The aim of this diploma thesis is to verify whether the additional diesel fuel additive affects the operating parameters of the diesel engine. Operating parameters are emission production, fuel consumption, engine torque and performance. The theoretical part of the thesis describes harmful emissions, pollutants and their measurement, emission standards and homologation measuring cycles, methods of performance measurement, diesel fuel and additives. The practical part describes the procedure of measurement of selected parameters, measuring instruments and presents the measurement results, which are summarized at the end of the thesis.

Keywords: diesel fuel, engine power, fuel consumption

Obsah:

1.	Úvod	1
2.	Cíl práce.....	2
3.	Metodika práce	2
4.	Přehled řešené problematiky	3
4.1.	Emise výfukových plynů spalovacích motorů.....	3
4.1.1.	Oxid uhelnatý (CO).....	6
4.1.2.	Oxid uhličitý (CO ₂).....	7
4.1.3.	Oxidy dusíku (NO _x).....	7
4.1.4.	Oxidy síry (SO _x).....	8
4.1.5.	Nespálené uhlovodíky (HC).....	9
4.1.6.	Pevné částice (PM).....	11
4.2.	Emisní normy pro vozidla do 3,5 t	12
4.2.1.	Důvody vzniku emisních norem	12
4.2.2.	Emisní normy Euro pro vozidla do 3,5 t.....	13
4.2.2.1.	Euro 1	13
4.2.2.2.	Euro 2	14
4.2.2.3.	Euro 3	14
4.2.2.4.	Euro 4	14
4.2.2.5.	Euro 5	14
4.2.2.6.	Euro 6.....	15

4.2.3.	Emisní limity CO ₂ pro vozidla do 3,5 t v EU	16
4.3.	Měření produkce emisí	16
4.4.	Jízdní cykly	16
4.4.1.	Homologační cykly v EU pro vozidla do 3,5 t	17
4.4.1.1.	Urban Driving Cycle (UDC).....	17
4.4.1.2.	MVEG-A.....	17
4.4.1.3.	NEDC.....	17
4.4.1.4.	WLTP.....	18
4.5.	Technická řešení snižují produkci emisí vznětových motorů.....	20
4.5.1.	Opatření před motorem	21
4.5.1.1.	Chlazení stlačeného vzduchu	21
4.5.2.	Opatření u motoru	21
4.5.2.1.	Přímý a nepřímý vstřík paliva.....	21
4.5.2.2.	Změna kompresního poměru	22
4.5.2.3.	Provedení vstříkovací soustavy a trysky	22
4.5.2.4.	Dělení dávky vstříkovaného paliva.....	22
4.5.2.5.	Úhel předvstříku paliva.....	23
4.5.2.6.	Tlak vstříku paliva	24
4.5.2.7.	Recirkulace výfukových plynů	24
4.5.3.	Opatření za motorem.....	25
4.5.3.1.	Oxidační katalyzátor	25

4.5.3.2. Filtr pevných částic	26
4.5.3.3. Selektivní katalytická redukce SCR.....	26
4.6. Měření spotřeby paliva, produkce emisí a výkonových parametrů	27
4.6.1. Měření spotřeby paliva.....	27
4.6.2. Měření emisí	27
4.6.2.1. Metody k měření koncentrace plynných emisních složek	27
4.6.2.2. Metody měření emise částic.....	28
4.6.3. Měření výkonových parametrů vozidla	29
4.6.3.1. Měření výkonových parametrů při stacionárním zatížení.....	29
4.6.3.2. Měření výkonových parametrů při dynamickém zatížení.....	32
4.7. Jízdní odpory.....	33
4.8. Vnější otáčková charakteristika	34
4.9. Motorová nafta.....	34
4.9.1. Cetanové číslo	35
4.9.1.1. Cetanový index	35
4.9.1.2. Dieselův index.....	36
4.9.2. Hustota	36
4.9.3. Obsah síry, mazivost a koroze	36
4.9.4. Bod vzplanutí	37
4.9.5. Karbonizační zbytek	37
4.9.6. Obsah popela.....	38

4.9.7.	Čistota nafty a obsah vody	38
4.9.8.	Obsah FAME	38
4.9.9.	Oxidační stabilita	39
4.9.10.	Destilační křivka motorové nafty.....	40
4.9.11.	Chladové parametry nafty a teplotní třídy naft	40
4.9.11.1.	Bod zákalu.....	41
4.9.11.2.	Ztráta filtrovatelnosti.....	41
4.9.11.3.	Bod tuhnutí.....	41
4.9.11.4.	Teplotní třídy motorových naft	41
4.10.	Aditiva.....	42
4.10.1.	Druhy aditiv podle jejich účelu	42
4.10.2.	Způsoby aditivace	43
5.	Praktická část	44
5.1.	Testovací vozidlo	44
5.2.	Přístrojové vybavení	44
5.2.1.	Válcová zkušebna	44
5.2.2.	Laboratorní váha VIBRA AJ-6200CE.....	45
5.2.3.	Emisní analyzátor VMK	45
5.2.4.	Velikostní klasifikátor částic EEPS 3090	45
5.2.5.	Ředička vzduchu	45
5.2.6.	Ventilátor FILCAR AL-1500/C.....	46

5.3.	Softwarové vybavení	46
5.3.1.	Diagnostický software VAG-COM VDCS Standard.....	46
5.3.2.	ControlWEB.....	46
5.4.	Palivo a aditiva.....	46
5.5.	Metodika měření	47
5.5.1.	Metodika měření emisí.....	48
5.5.2.	Metodika měření spotřeby	48
5.5.3.	Metodika měření výkonových parametrů	49
5.6.	Výsledky a diskuze	50
5.6.1.	Výsledky měření emisí.....	50
5.6.1.1.	Emise HC	50
5.6.1.2.	Emise NO	50
5.6.1.3.	Emise CO	51
5.6.1.4.	Emise CO ₂	52
5.6.1.5.	Emise O ₂	52
5.6.1.6.	Emise pevných částic	53
5.6.2.	Výsledky měření spotřeby	54
5.6.3.	Výsledky měření výkonových parametrů	54
6.	Závěr.....	55
7.	Seznam použité literatury	57
8.	Seznam tabulek, obrázků, vzorců, zkratk a příloh.....	61

8.1. Seznam tabulek	61
8.2. Seznam obrázků	62
8.3. Seznam vzorců	62
8.4. Seznam zkratk	63
8.5. Seznam příloh	71

1. Úvod

Tato diplomová práce se zabývá vlivem aditivace motorové nafty přídatnými komerčně prodávanými aditivami na českém trhu, konkrétně aditivem VIF Super Diesel Aditiv letní, na provozní parametry vznětového spalovacího motoru osobního automobilu a produkci emisí. Produkce emisí byla zjišťována pomocí laboratorního testovacího cyklu WLTC v současnosti používané homologační procedury WLTP. Praktická měření byla prováděna v laboratořích Katedry vozidel a pozemní dopravy TF ČZU v Praze na osobním vozidle Škoda Octavia Combi 1,9 TDI 81kW, jehož je autor práce uživatelem.

Hlavním důvodem, proč si autor práce zvolil právě toto téma, je fakt, že si autor uvědomuje potřebu minimalizace produkce emisí v automobilové dopravě z environmentálních důvodů, tj. obecnou potřebu ochrany životního prostředí a potřebu dosažení trvale udržitelného rozvoje. Automobilová doprava ovlivňovala a stále ovlivňuje ekonomický, technologický i sociální rozvoj lidské společnosti již od první poloviny 20. století. Její prudký rozmach v posledních desetiletích uplynulého milénia ale přinesl i projevy celé řady negativních vlivů na životní prostředí. Tyto skutečnosti vedly k zavádění emisních limitů pro motorová vozidla a v současné době pravidelně probíhá jejich neustálé zpřísnování a přísné sledování jejich plnění, a to i vlivem mediálně velmi sledovaných kauz, kdy ze strany výrobců automobilů docházelo ke snahám a pokusům o obcházení homologačních testů, zejména u vozidel se vznětovými motory. To vedlo ke zhoršení vnímání těchto vozidel v očích široké veřejnosti a k poklesům jejich prodejů. Druhým důvodem, proč si autor práce zvolil právě toto téma, je jeho celoživotní záliba v osobních automobilech, respektive ve všech mobilních dopravních prostředcích a dopravě obecně. Autor práce má historickou uživatelskou zkušenost a vztah k vozidlům značky Škoda, respektive ke všem vozidlům z produkce koncernu Volkswagen Group, motorům TDI a jejich technickému vývoji v důsledku legislativních nároků na plnění emisních norem.

V první části se autor věnuje specifikaci cílů práce. Ve druhé části popisuje metodiku provádění měření a vyhodnocování dat. V rešeršní části vlastní práce popisuje jednotlivé emisní složky, produkované spalovacími motory, historický vývoj emisních norem EURO a současný stav platné legislativy, homologační cykly, představuje konstrukční řešení, která vedou k omezování produkce emisí, motorovou naftu jako palivo a přídatná aditiva. V praktické části autor popisuje testované vozidlo, měřicí techniku a metodiku měření, provádí vlastní měření spotřeby paliva, produkce sledovaných emisních složek, výkonu a točivého momentu motoru

vozidla. Vyhodnocuje vliv dodatečné aditivace motorové nafty aditivem VIF Super Diesel Aditiv letní na sledované provozní parametry.

2. Cíl práce

Cílem této diplomové práce je zjištění, zdali má dodatečná aditivace motorové nafty komerčně prodávaným aditivem VIF Super Diesel Aditiv letní vliv na spotřebu paliva, produkci jednotlivých emisních složek vznětového spalovacího motoru, konkrétně emise oxidu uhelnatého, oxidu uhličitého, oxid dusnatého, nespálených uhlovodíků a přebytečného kyslíku, průběh a hodnoty výkonových parametrů motoru.

3. Metodika práce

Teoretická část práce vychází především z odborných publikací a článků, které se týkají problematiky emisí spalovacích motorů, evropských emisních norem včetně jejich historického vývoje, homologačními testovacími cykly, měření produkce emisí, výkonu a točivého momentu motoru vozidla, konstrukčními opatřeními ke snížení produkce emisí, palivy a aditivity.

Praktická část práce slouží k prokázání, zdali má dodatečná aditivace motorové nafty vliv na spotřebu paliva, hodnoty a koncentrace produkovaných emisních složek, průběh a hodnoty výkonových parametrů vozidla.

K posuzování vlivu aditiva na spotřebu paliva a produkci emisí byl zvolen měřicí cyklus WLTC Class 3b. Tento cyklus je součástí současné homologační procedury WLTP, kde tvoří laboratorní část měření. Metodika WLTP je v současné době používán jako homologační pro vozidla homologovaná v Evropské unii [1]. Toto pravidlo nařizuje Nařízení Komise (EU) 2017/1151 ze dne 1. června 2017 a jeho dodatkové předpisy, které byly zveřejněny 7. července 2017 v Úředním věstníku Evropské unie [2].

Z důvodu eliminace rizika kontaminace motorové nafty nečistotami byla bezprostředně před zahájením měření na vozidle provedena výměna motorového oleje, filtru motorového oleje, filtru vzduchu a filtru paliva.

Při prvním měření pracoval motor na čistou motorovou naftu odpovídající normě ČSN EN 590. Pro zvýšení přesnosti a kvůli eliminaci rizika chyby měření proběhlo toto měření třikrát. Prezentované výsledky jsou získány aritmetickým průměrem výsledných hodnot ze

všech tří měření. Současně byl na válcové zkušebně změřen průběh a hodnoty výkonových parametrů vozidla.

Následně byl palivový systém vozidla vypuštěn a při druhém měření motor pracoval na motorovou naftu, která byla dodatečně ošetřena aditivem VIF Super Diesel Aditiv letní. Objemový poměr aditiva a motorové nafty byl dle návodu k použití aditiva 1:1000. Postup měření byl analogický jako při měření na čistou motorovou naftu.

Po ujetí vzdálenosti zhruba 15000 km v reálném provozu bylo přistoupeno ke třetímu měření. Jeho účelem bylo zjištění dlouhodobého vlivu dodatečné aditivace motorové nafty na produkci emisí a provozní parametry motoru. Postup měření byl analogický jako při prvním i druhém měření.

Mezi druhým a třetím měřením byl motor provozován pouze na dodatečně aditivovanou motorovou naftu v objemovém poměru 1:1000. Pro minimalizaci zkreslení výsledků měření v důsledku změn složení motorové nafty autor práce po celou dobu experimentálního provozu vozidla tankoval pouze u jedné čerpací stanice, a to u Čerpací stanice Měchnov, Měchnov 32, 257 26 Divišov. Pro měření na válcové zkušebně vozidlo pracovalo rovněž na naftu z této čerpací stanice.

4. Přehled řešené problematiky

Tato kapitola se zabývá popisem emisních složek, které jsou produkovány vznětovými spalovacími motory. Dále popisuje problematiku emisních EURO norem, homologačních cyklů, které byly nebo jsou užívány při homologaci vozidel na území EU a představuje technická řešení, která slouží k eliminaci produkce emisí.

4.1. Emise výfukových plynů spalovacích motorů

Spalováním paliv na uhlovodíkové bázi ve spalovacím motoru, kdy jako zdroj kyslíku slouží nasávaný vzduch, vzniká při dokonalém oxidačním hoření oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O), případně kyslík (O_2), pokud by byl u zážehového motoru v přebytku. U vznětového motoru se objevuje vždy, jelikož vznětový motor pracuje s přebytkem vzduchu neustále [3].

Součinitel přebytku vzduchu λ (Vzorec 1) vyjadřuje poměr mezi množstvím nasátého vzduchu do motoru skutečně přivedeným a množstvím teoreticky potřebným k oxidační reakci.

Jeho hodnota má zásadní vliv na výsledné chemické složení emisí výfukových plynů, zejména na výskyt CO, CO₂ a O₂ [3].

$$\lambda = \frac{M_v}{M_p \cdot L_{vt}} \quad (1)$$

L_{vt} = teoretické množství suchého vzduchu k dokonalé oxidaci 1 kg paliva [kg·kg⁻¹]

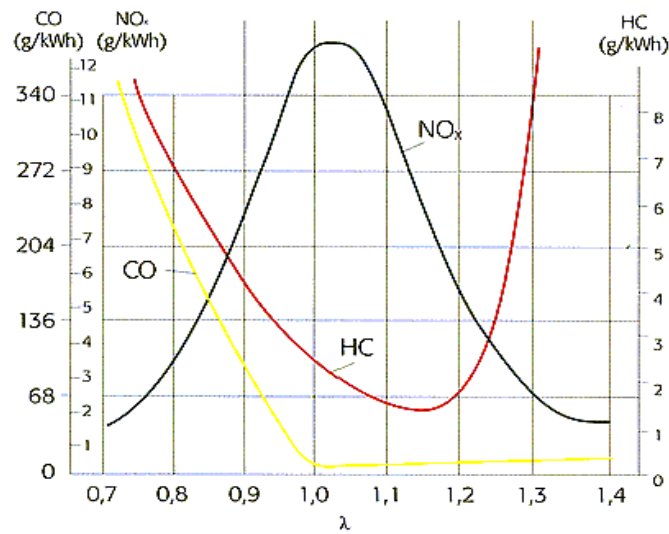
M_v = hmotnost suchého vzduchu ve směsi [kg]

M_p = hmotnost paliva ve směsi [kg]

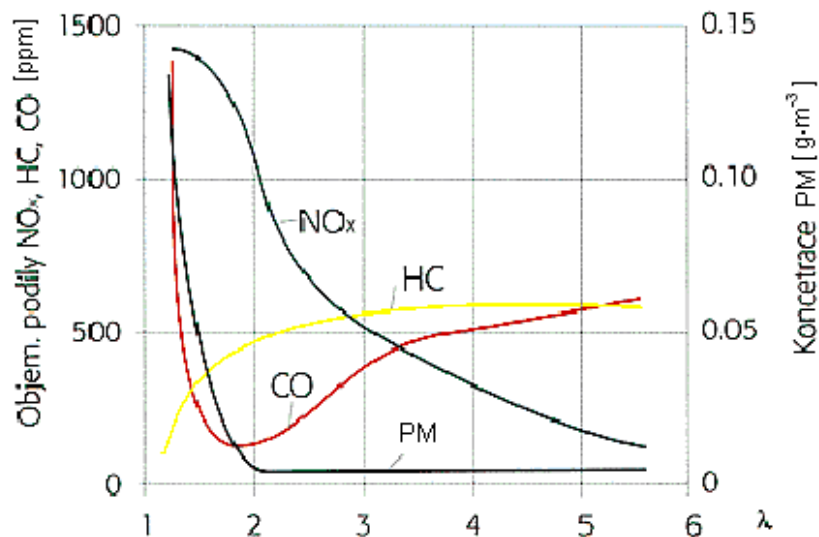
Součinitel λ nabývá hodnot $\lambda > 1$, $\lambda = 1$ nebo $\lambda < 1$. Pokud je součinitel $\lambda > 1$, dochází ke spalování paliva s přebytkem vzduchu. Tato směs se nazývá chudá. Spaliny obsahují nevyužitý kyslík z nasátého vzduchu. Toto spalování je označováno jako úplné spalování. Pokud je součinitel $\lambda = 1$, dochází k dokonalému spalování paliva, kdy ve spalinách není přítomný kyslík a veškerý uhlík se zoxidoval na CO₂, tudíž ani CO se ve spalinách nevyskytuje. V tomto případě se spalovaná směs označuje jako stechiometrická. Pokud je součinitel $\lambda < 1$, dochází k neúplnému spalování. Spalovaná směs se označuje jako bohatá. Ve spalinách se vyskytuje CO, který je dále spalitelný, nicméně pro další spalování není již ve směsi přítomno dostatečné množství kyslíku [3]. Pro dokonalé spálení 1 kg nafty je teoreticky potřeba 14,78 kg nasávaného vzduchu [4]. Obrázek 1 znázorňuje vliv součinitele přebytku vzduchu na produkované emise spalovacích zážehových spalovacích motorů [3]. Obrázek 2 znázorňuje vliv součinitele přebytku vzduchu na produkované emise spalovacích vznětových spalovacích motorů [3].

Vliv aditiv na provozní parametry vznětového motoru

Obrázek 1: Produkce emisí zážehového motoru v závislosti na λ [3]



Obrázek 2: Produkce emisí vznětového motoru v závislosti na λ [3]



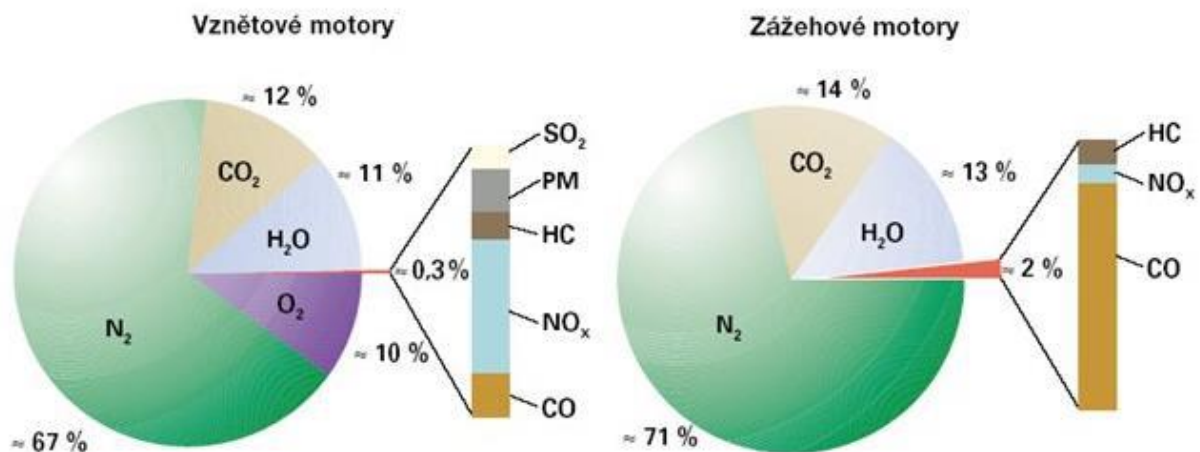
V reálných podmínkách ovšem ke zcela dokonalému spalování nedochází a v emisích jsou přítomny i další emisní složky [4]. Nejvýznamnější plynnou složkou je dusík (N_2), který může reagovat na některý z oxidů dusíku (NO_x). Z nich je v nejvyšší míře zastoupen oxid dusnatý (NO). Spolu s ním se v menší míře objevuje oxid dusný (N_2O) a oxid dusičitý (NO_2). Pokud spalované palivo obsahuje síru, vytváří síra během procesu hoření paliva oxidy (SO_x), konkrétně oxid siřičitý (SO_2) a oxid sírový (SO_3), které se následně ve spalínách také vyskytují [3].

Součástí emisí spalovacích motorů může být i kapalná složka, a to sice nespálené uhlovodíky (HC). Ty se ve spalinách objevují jako důsledek nedokonalé oxidace uhlovodíkového kapalného paliva během spalovacího procesu, ke kterému může docházet z různých příčin [3].

Pevná složka emisí se nazývá pevné částice (PM). Jejich vznik probíhá při dekompozici molekul uhlovodíkového paliva při vysokých teplotách a za nepřístupu vzduchu. Děje se tak uvnitř palivové kapičky [3].

Obrázek 3 ukazuje grafy zobrazující ukazuje přibližné procentuální zastoupení jednotlivých složek ve výfukových plynech u vznětového a zážehového motoru [3].

Obrázek 3: Složení výfukových plynů vznětového a zážehového motoru [3]



4.1.1. Oxid uhelnatý (CO)

CO neboli oxid uhelnatý je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, nedráždivý [5]. Vzniká jako produkt při spalování za nedostatečného přísunu kyslíku, který by byl potřebný pro dokonalý spalovací proces. V případě zážehových motorů se jedná o produkt nedokonalé oxidace uhlíku v palivu. To je dáno nedostatkem kyslíku ve spalované směsi paliva se vzduchem, kdy součinitel přebytku vzduchu $\lambda < 1$, a tím pádem se jedná o bohatou směs. Nedostatek kyslíku může být buď místní (pouze v některých válcích nebo oblastech spalovacího prostoru) nebo časový (při dosažení stechiometrické směsi se v některých pracovních obězích objevuje v důsledku kolísání součinitele kolem $\lambda = 1$ a potom je ve spalinách přítomný společně s kyslíkem). Globální nebo lokální deficit kyslíku je tak hmotové-bilanční příčinou emise CO. U vznětových motorů se díky velkému přebytku kyslíku ve spalované směsi

obvykle oxiduje na CO_2 a jeho koncentrace ve spalinách jsou oproti zážehovým motorům řádově menší. K mírnému nárůstu jeho produkce dochází při vyšším zatížení společně s nárůstem kouřivosti. K nejvyšší produkci emisí CO dochází u spalovacích systémů, kde probíhá tvorba směsi odparem paliva ze stěny, a to při nízkém zatížení, kdy je teplota stěny nízká a odpar tak není dokonalý [3].

Pro lidský organismus je toxický [6]. Jeho toxicita spočívá ve vytvoření karboxyhemoglobinu při reakci s krevním barvivem hemoglobinem, se kterým reaguje zhruba 200x raději, než s kyslíkem [7]. Tato vazba je pevnější než vazba hemoglobinu s kyslíkem, a proto není možné CO kyslíkem z této vazby vytěsnit [5]. CO omezuje množství přenášeného kyslíku krevním řečištěm člověka i v případě, kdyby byl kyslík vdechován v dostatečném množství. Tím dochází k poškození jednotlivých orgánů a jejich tkání. CO se podílí na vzniku fotochemického smogu [3].

4.1.2. Oxid uhličitý (CO_2)

CO_2 neboli oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu. při vyšších koncentracích může mít v ústech slabě nakyslou chuť. Je těžší než vzduch [5], chemicky velmi stabilní a velice málo reaktivní [3]. Je produktem dokonalého spalování paliva, kdy jsou všechny uhlovodíkové řetězce v palivu dokonale zoxidovány. Obecně je považován za hlavní plyn způsobující tzv. skleníkový efekt [8].

Pro lidský organismus je tento plyn nedýchatelný [9]. Jeho nebezpečnost tkví v tom, že vytěsňuje kyslík ze vdechovaného vzduchu [3]. Za této situace tělo nedokáže prostřednictvím krevního řečiště zásobovat orgány kyslíkem v dostatečném množství. Tento jev se v počátku projevuje útlumem kognitivních funkcí člověka a může skončit i smrtí [10].

4.1.3. Oxidy dusíku (NO_x)

NO_x neboli oxidy dusíku, k jejichž produkci dochází během spalování paliva ve spalovacím motoru, jsou oxid dusný (N_2O), oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO_2) [3].

Nejčastěji zastoupeným plynem ve výfukových emisích je oxid dusnatý (NO). Jeho vznik velmi závisí na teplotě. Vzniká při Zelvidčově řetězové reakci (Vzorec 2), v závislosti na okamžitých koncentracích volných radikálů dusíku, kyslíku, vodíku a teplotě, při které k reakci dochází [3].



Potřebná teplota k uskutečnění výše popsaných reakcí je 1900–2000 °C. Další podmínkou je dostatek reakčního času. Nejvyšších teplot a maximální produkce oxidů dusíku je dosahováno při spalování mírně bohatých směsí, kdy je ve směsi stále dostatek kyslíku pro tvorbu oxidů dusíku ($\lambda = 1,05\text{--}1,1$). V zážehových motorech je spalována většinou homogenní směs paliva a vzduchu. Pro emise jejího hoření jsou typické vysoké koncentrace NO a nízké koncentrace NO₂. Při optimalizaci z hlediska energetických vlastností produkují vznětové motory méně emisí NO_x než zážehové motory, a to z důvodu vyššího koeficientem přebytku vzduchu, protože s rostoucí hodnotou λ klesá teplota hoření směsi a emise jejího hoření jsou zředěny přebytkovým vzduchem. Při porovnání vznětových motorů s přímým a nepřímým vstříkáváním nafty dosahuje produkce emisí NO_x nižších hodnot. To je dáno výraznějším vrstvením spalované směsi a nižší rychlostí jejího hoření [3].

Škodlivost NO pro lidský organismus je velmi nízká. V atmosféře oxidačně reaguje na oxid dusičitý, který je lidskému organismu škodlivější. Jeho škodlivost tkví v reakci s vodou, při níž dochází k tvorbě kyseliny dusičné (HNO₃), která dráždí a leptá sliznice. Tomu se lidské tělo brání obdobně jako začínajícímu hoření, kdy přivírá přístup vzduchu do plic, k čemuž dochází již při velice nízkých koncentracích v dýchací soustavě člověka [3].

Oxidy dusíku nepříznivě působí na životní prostředí, a to zejména podílem na tvorbě letního smogu. Také přispívají ke vzniku kyselých dešťů [3]. Oxid dusný je také považován za značně potentní skleníkový plyn [11].

4.1.4. Oxidy síry (SO_x)

Oxidy síry produkují zejména vznětové motory. Jejich podíl na celkovou produkci emisí je zanedbatelný a jejich emise ze spalovacích motorů historicky klesají v důsledku postupného snižování množství síry v motorové naftě [3].

Jejich vznik je podmíněný obsahem síry v palivu a motorovém oleji. Hlavní složkou emisí SO_x je oxid siřičitý (SO₂). Oxid sírový (SO₃) vzniká pouze minoritně, kdy pouze 2-3 % síry obsažené v palivu zreagují na SO₃. Riziko ovšem tkví v provozu vozidla s oxidačním katalyzátorem na palivo, které obsahuje velké množství síry, kdy dojde k oxidaci zhruba 70 %

SO₂ na SO₃. Následkem toho může dojít u vozidla s oxidačním katalyzátorem při spalování nafty s obsahem síry o koncentraci 5 ppm ke zdvojnásobení sulfátových emisí v porovnání spalování nafty s obsahem síry 50 ppm v motoru bez oxidačního katalyzátoru [3].

Oxid siřičitý (SO₂) způsobuje podráždění očí a horních cest dýchacích. Od koncentrace 0,25 mg.m⁻³ dochází ke zvýšenému výskytu osob s respiračními obtížemi. Koncentrace od 0,5 mg.m⁻³ vede k nárůstu úmrtnosti u starých chronicky nemocných osob. Při opakované expozici dochází ke ztrátě čichu, bolestem hlavy, nevolnost a závratím. Účinky oxidu sírového, se rovnají účinkům aerosolu kyseliny sírové, jejíž dráždivé účinky na dýchací orgány jsou ještě nepříznivější než u oxidu siřičitého [12].

Oxid siřičitý má celou řadu negativních vlivů životní prostředí. Fotochemickou nebo katalytickou reakcí se přeměňuje na oxid sírový a následně reaguje s molekulami vody na kyselinu sírovou ve formě aerosolu v atmosféře. Přispívá k okyselení srážkových vod až na pH<4. To je jeden z hlavních mechanismů vzniku kyselých dešťů, které způsobují poškození lesů, polnohospodářských plodin, půdních mikroorganismů, znehodnocení vodních zdrojů a případný úhyn vodních organismů [12].

4.1.5. Nespálené uhlovodíky (HC)

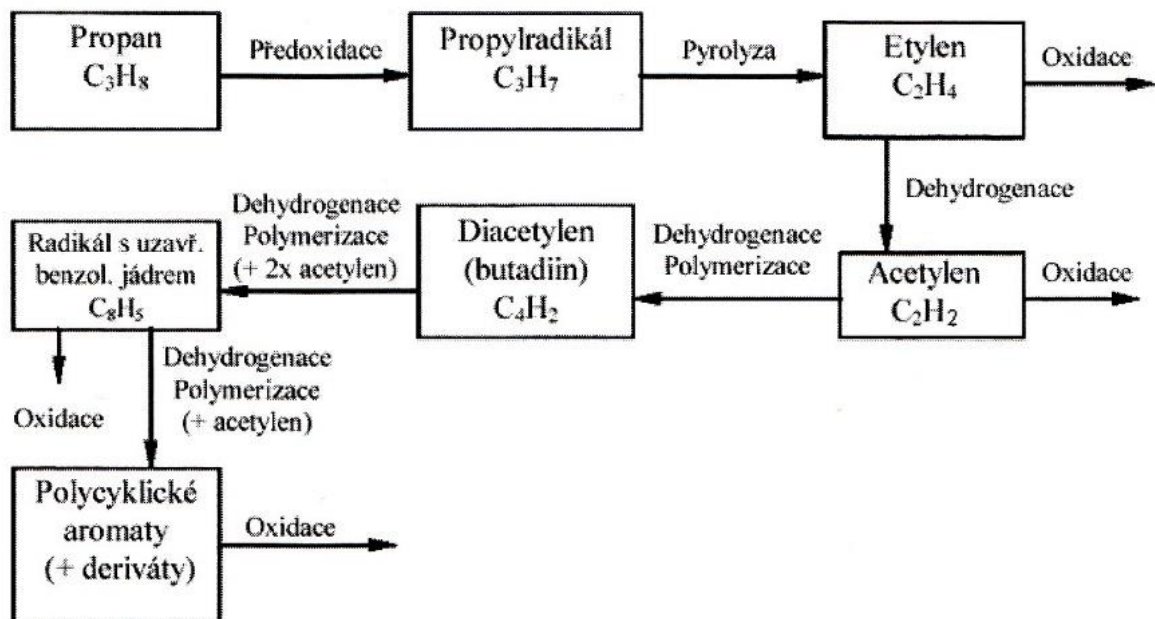
Nespálenými uhlovodíky se rozumí směsi různých skupin uhlovodíků, které do oxidačního procesu vstupují jako oxidované palivo, nebo vznikají v průběhu jeho spalování. Příčinou jejich výskytu ve výfukových plynech, je předčasné ukončení oxidačních reakcí v některých oblastech spalovacího prostoru nebo při vynechání zapalování (např. vlivem poruchy), nebo jsou produktem tepelných krakovacích a jiných chemických reakcí, které byly ukončeny před doběhnutím celkového procesu dokonalé oxidace. Na jejich obsah ve spalinách má velký vliv teplotní režim motoru, konstrukce spalovacího prostoru a pístu, technický stav motoru, stálost seřízení motoru a bohatost směsi, tj. hodnota součinitele přebytku vzduchu λ . K dosažení co nejnižšího objemu nespálených uhlovodíků ve spalinách, je optimální hodnota $\lambda=1,1-1,2$ [3].

Nejmenší škodlivost mají obvykle některé původní skupiny spalovaného uhlovodíkového paliva. Meziprodukty původních uhlovodíkových molekul, kde nebyl dokončen proces dokonalé oxidace, vykazují vyšší škodlivost, mnohdy až extrémně vysokou [3]. Některé z nich mohou mít na lidský organismus toxické a karcinogenní účinky [13]. Jejich

účinek se ještě zesiluje, pokud jsou navázány na povrch emitované pevné částice. Povrch pevných částic má adsorbční vlastnosti. Při vdechování se tak prostřednictvím pevných částic dostávají tyto škodlivé látky do dýchací soustavy člověka a následně i do krevního řečiště [3].

Nejvíce škodlivou skupinou z nespálených uhlovodíků jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Jejich nebezpečnost je dána především jejich velmi dobrou schopností navázat se na povrch pevné částice. Tato vlastnost zesiluje jejich toxicitu. K jejich vzniku dochází zejména v případech, kdy původní uhlovodíková molekula obsahuje alespoň dva atomy uhlíku. V takových případech je určující role při jejich vzniku připisována tzv. acetylenové neboli ethinové C_2H_2 cestě s C_2H_4 ethylenem, který je meziproduktem krakovacích reakcí. Dehydrogenací z něj vzniká acetylen, který je za určitých podmínek základem dalších dehydrogenačních a polymerizačních reakcí, jejichž konečným výsledkem je vznik těžkých PAU, jako jsou například antracen, fluoranten, chrysen, naftalen, pyren, aj. Acetylenovou cestu při spalování propanu zobrazuje Obrázek 4 [3].

Obrázek 4: Schéma spalování propanu s vyznačením hlavních pochodů a jejich produktů s ohledem na tvoření polycyklických aromatických uhlovodíků [3]



Nespálené uhlovodíky, konkrétně aldehydy $R-CHO$, způsobují charakteristický zápach výfukových plynů při chodu studeného motoru při jeho nízkém zatížení, provozem na velmi chudou směs nebo po jeho spuštění, kdy ještě není dostatečně zahřátý [3].

Nespálené uhlovodíky poškozují sliznice a dýchací cesty. Také vedou k poruchám podmíněných reflexů [3].

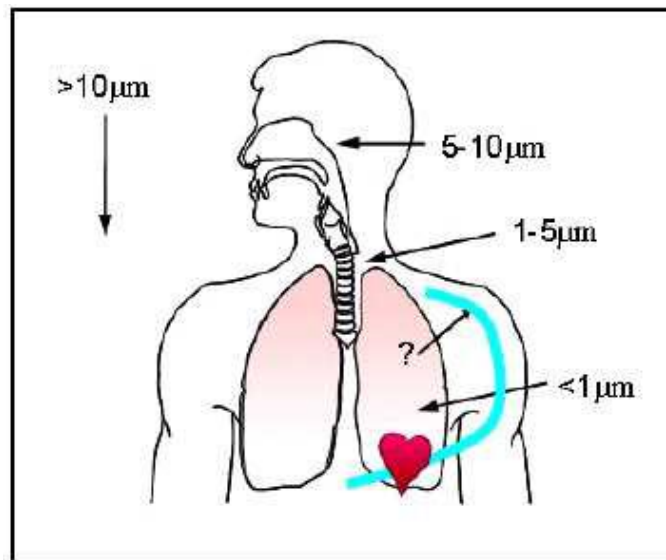
4.1.6. Pevné částice (PM)

Mikroskopické pevné částice, označované také jako polétavý prach, jsou drobné částice rozptýlené v zemské atmosféře. Vznikají téměř výhradně jako negativní produkt činnosti člověka [14]. Jako emise spalovacích procesů automobilových motorů vznikají především u vznětových motorů [3]. Jejich hlavní součástí ve výfukových plynech je především elementární uhlík (tzv. černé saze), dále organický uhlík a popel, což je nespálitelná část paliva a mazacího oleje. Pevné částice jsou pozorovatelné jako černý kouř vycházející z výfuku [15]. Obsah základního uhlíku dosahuje až 75 %. Přesné složení závisí na typu motoru a dodatečných zařízeních, jako je například filtr pevných částic. Jádro částic tvoří pevný uhlík a popel. Ostatní složky, jako jsou například organické a sulfátové směsi, jsou sorbovány na povrch jádra během koagulace, adsorpce a kondenzace částic [3].

Při spalování neodpařených kapek paliva v prostředí s vysokou teplotou a za velmi nízkých hodnot součinitele přebytku vzduchu λ vzniká primární uhlík. Z toho vyplývá, že emise pevných částic souvisí především s kvalitou rozprášení paliva ve spalovacím prostoru a s dostatečným množstvím nasátého vzduchu klesají. Organické složky pevných částic (SOF – Soluble organic fraction) pocházejí ze spalování motorového oleje, nespáleného paliva a produktů částečného spalování a pyrolýzy. Za vysokých teplot se ve výfuku vyskytují v plynné formě, ale vlivem ochlazení dojde k jejich adsorbci na povrchu jader částic [3].

Pevné částice se ve vzduchu vyskytují v různých frakcích. Většina z nich je menších, než 1 μm a z toho více než 90 % je menší než 0,1 μm . Velké částice jsou ze vdechovaného vzduchu odstraněny například v horních cestách dýchacích nebo při polykání. Menší částice, zejména o velikosti pod 0,1 μm mohou proniknout až na povrch plic, dále do lymfatického systému a do krevního řečiště. Pevné částice mají velký povrch, což tvoří předpoklad pro dobrou schopnost adsorpce různorodých látek. Ty mohou být toxické, mutagenní, či karcinogenní. Zejména nejmenší částice o velikosti pod 1 nm mohou hrát důležitou roli v toxicitě ostatních částic [3]. Schopnost průniku jednotlivých frakcí pevných částic respiračním systémem člověka znázorňuje Obrázek 5 [3].

Obrázek 5: Depozice PM v lidském těle [3]



4.2. Emisní normy pro vozidla do 3,5 t

4.2.1. Důvody vzniku emisních norem

Globální nárůst automobilové dopravy v druhé polovině dvacátého století vedl postupem času po celém světě k zavádění emisních limitů pro nově prodávaná a homologovaná vozidla. Průkopníkem byly v tomto ohledu USA, a především stát Kalifornie, kde došlo koncem šedesátých let minulého století k zavádění prvních emisních norem pro nová vozidla na světě. Stalo se tak zejména v důsledku problémů se smogem ve zdejší oblasti. Problém městského smogu přiměl americkou vládu k zavedení emisních limitů pro emise CO a HC prostřednictvím zákona Clean Air Act z roku 1968. Tento zákon stanovoval úroveň emisí CO a HC na 30-40 % odhadované nekontrolované úrovně z roku 1967. Současně došlo ke zřízení Agentury pro životní prostředí (EPA), jejíž agendou byla kontrola a prosazování emisních limitů. V roce 1973 došlo ke zpřísnění emisních norem, kdy nově maximální přípustná produkce CO a HC dosahovala 10% úrovně z roku 1968. Současně došlo ke stanovení emisních limitů pro NO_x, přičemž emisní limity byly postupem času nadále snižovány a zpříšňovány [16].

V Evropě lze pozorovat snahy o regulaci emisí výfukových plynů již od padesátých let minulého století. V roce 1956 byla Asociace německých inženýrů požádána německým parlamentem o vypracování obecných pokynů pro snížení znečištění ovzduší, včetně emisí z vozidel. Přibližně ve stejné době vznikaly podobné tendence i ve Francii. Obě skupiny vědců spolupracovaly na řešení problémů s městským smogem i s komunitou odborníků v USA,

protože obdobné potíže sužovaly i některá města v Německu a Francii. V té době se ukazovalo, že americká cesta řešení problému přináší pozitivní výsledky. V roce 1961 došlo k navázání mezinárodní spolupráce mezi Německem a Francií na řešení tohoto problému. Na základě této iniciativy zavedlo v roce 1970 Evropské hospodářské společenství první emisní limity pro nová vozidla. Tyto limity byly následně zpřísněny a v roce 1982 dosahovaly maximální přípustné hodnoty sledovaných emisních složek 50 % hodnoty z roku 1970. V roce 1982 došlo k rozhodnutí Evropské komise racionalizovat další právní předpisy zaujmout pro další rozhodování tzv. globální přístup, což přineslo možnost variantního posuzování řešení problému ještě před rozhodnutím o jeho konečném řešení. Tato strategie je označována jako „Evoluce předpisů – globální přístup“, zkráceně označovaná jako EGRA. EGRA 1 vznikla v roce 1982. Měla za úkol posoudit zdravotní účinky výfukových plynů z vozidel, nalezení různých technologií kontroly emisí a posoudit jejich ekonomických a environmentálních dopadů. Výsledkem této iniciativy nebyla žádná konkrétní čísla limitů pro znečišťující látku, ale konstatování, že nejlepším přístupem by bylo stanovení limitů, které by byly jak žádoucí, tak dosažitelné. Ekonomická analýza různých řešení ukázala, že nejslibnější cestou pro dosažení vytyčených limitů je kombinace užití vícebodového vstřikování paliva a oxidační katalytické technologie u aut se zážehovým motorem. Tento přístup se výrazně lišil od amerického, který prosazoval aplikaci třicestného katalyzátoru. Ten byl však v evropském prostředí považován za drahý a jeho efektivita za neprůkaznou. Vlivem mediálních kauz, které poukazovaly na poškození lesních porostů, a veřejného pobouření, které jimi bylo vyvoláno, oznámila německá vláda zavedení emisních norem analogických k emisním normám v USA. Následně Evropská komise přijala kroky, které vedly k harmonizaci opatření v jednotlivých evropských zemích, jako bylo zavedení bezolovnatého benzínu a povinnost užívání třicestných katalyzátorů u vozidel se zážehovým motorem. Vrcholem bylo zavedení směrnice 91/441/EEC (EC93) [16], v krátkosti známé jako norma Euro 1 [17]. Jejím obsahem bylo mimo jiné stanovení emisních limitů na stejné úrovni jako tomu bylo v USA [16].

4.2.2. Emisní normy Euro pro vozidla do 3,5 t

4.2.2.1. Euro 1

Evropská emisní norma EC93, označovaná Euro 1, vstoupila v platnost 1. července 1992. Tato norma zavedla povinnost použití katalyzátoru u zážehových motorů a používání bezolovnatého benzínu [18]. Hodnoty emisních limitů pro jednotlivé složky emisí obsahuje Příloha 1 [17].

4.2.2.2. Euro 2

Evropská emisní norma EC96, označovaná Euro 2, vstoupila v platnost 1. ledna 1996. Tato norma začala rozlišovat emisní limity u zážehových a vznětových motorů [18], které ještě dále hodnotila podle toho, jestli se jednalo o motory s přímým či nepřímým vstřikem paliva. To platilo do 30. září 1999, kdy přísnější emisní limity pro motory vybavené nepřímým vstřikem paliva začaly platit pro všechny vznětové motory bez rozdílu. Hodnoty emisních limitů pro jednotlivé složky emisí obsahuje Příloha 1 [17].

4.2.2.3. Euro 3

Evropská emisní norma EC2000, označovaná Euro 3, vstoupila v platnost 1. ledna 2000. Tato norma rozdělila součtové limity HC a NO_x u zážehových motorů. U vznětových motorů byl přidán limit pro NO_x, ačkoliv součtový limit pro HC + NO_x zůstal zachován [18]. Hodnoty emisních limitů pro jednotlivé složky emisí obsahuje Příloha 1 [17].

4.2.2.4. Euro 4

Evropská emisní norma EC2005, označovaná Euro 4, vstoupila v platnost 1. ledna 2004. Tato norma snižovala úrovně limitů předchozí normy Euro 3 [18]. Průlom přišel na poli elektronických systémů motormanagementu. Všechna vozidla homologovaná podle normy Euro 4 a novější musí být vybavena jednotkou OBD [19], pracující podle standartu EOBD/OBD II. Hodnoty emisních limitů pro jednotlivé složky emisí obsahuje Příloha 1 [17].

4.2.2.5. Euro 5

Evropská emisní norma Euro 5 vstoupila v platnost 1. září 2009. Tato norma přinesla další snížení limitů emisních složek. Novinkou bylo povinné používání filtrů pevných částic (DPF) u vozidel se vznětovými motory a také sledování emisí PM u zážehových motorů [18]. Od 1. září 2011 byla pro vozy se vznětovým motorem norma Euro 5 aktualizována na standart Euro 5b a předchozí standart bývá označován jako Euro 5a. Ten přinesl nový pohled na sledování emisní složky pevných částic (PM), a to počtu emitovaných pevných částic na jeden kilometr jízdy (PN) [19]. Hodnoty emisních limitů pro jednotlivé složky emisí dle normy Euro 5 i Euro 5b obsahuje Příloha 1 [17].

4.2.2.6. Euro 6

Evropská emisní norma Euro 6, od počátku označovaná jako Euro 6b, vstoupila v platnost 1. září 2014 [18]. Na jejím základě se začal sledovat počet emitovaných pevných částic u vozidel se zážehovými motory. U vozidel se vznětovými motory došlo ke snížení emisního limitu u NO_x [17] a tím pádem i u emisí $\text{HC} + \text{NO}_x$. To vedlo k masivnímu nárůstu užívání technologie selektivní katalytické redukce (SCR) [18]. Hodnoty emisních limitů pro jednotlivé složky emisí obsahuje Příloha 1 [17].

Postupem času se ukázalo, že laboratorní homologační cyklus NEDC, používaný jako homologační metodika vozidel dle normy Euro 6b, neodpovídá podmínkám v reálném provozu [20]. Vozidla homologovaná po 1. září 2017 tak již musí splňovat inovovanou normu Euro 6c [21]. Ta se odlišuje od předchozí verze normy Euro 6 především jiným homologačním testem měření produkce emisí, kdy místo metodiky NEDC je používán laboratorní test WLTC z metodiky WLTP, přičemž emisní limity zůstaly zachovány. Nově se musí otestovat každá kombinace motoru, převodovky a rozměru kol pro určitý model vozidla. Testování se provádí s neekonomičtějším vybavením vozidla i s prvky, které nejvíce zvyšují spotřebu. Zavedení metodiky WLTP způsobilo zvýšení udávaných hodnot spotřeby paliva a emisí CO_2 , které jsou nyní mnohem bližší realitě [22].

Ani zpřísnění homologačního procesu aplikací laboratorního testu WLTC z metodiky WLTP nevedlo k dostatečnému přiblížení homologačních testů realitě. Proto bylo přistoupeno k zavedení modifikované normy Euro 6 ve verzi Euro 6dTEMP, podle které musí být homologována všechna vozidla po 1.9.2017, která jsou prvně registrovaná v EU po 1. září 2019 [22]. Ta aplikuje do homologačních testů metodiku RDE pro měření produkce NO_x v reálném provozu, přičemž maximální produkce emisí NO_x při RDE testu nesmí překročit maximální hodnotu normy Euro 6 o více než 110 % [23].

Od 1. ledna roku 2020 je možno homologovat vozidla podle chystané verze normy Euro 6, Euro 6d. Tu budou muset plnit všechna vozidla s datem první registrace po 1. lednu 2021 [22]. Rozdíl oproti normě Euro 6dTEMP tkví v maximální možné odchylce produkce emisí NO_x během testu RDE, kdy jejich maximální produkce nesmí překročit maximální hodnotu normy Euro 6 o více než 50 % [23].

Popisu homologačních cyklů, včetně cyklů zmiňovaných výše se věnuje podkapitola 4.4.1. Homologační cykly v EU pro vozidla do 3,5 t.

4.2.3. Emisní limity CO₂ pro vozidla do 3,5 t v EU

V důsledku nárůstu koncentrace CO₂ v atmosféře a jemu připisované změně klimatu, začala EU v polovině devadesátých let minulého století vytvářet program na snížení hodnot průměrných emisí tohoto skleníkového plynu. Na začátku byly cíle tohoto programu pro producenty automobilů dobrovolné. Povinným se toto opatření stalo v roce 2009 v rámci normy 443/2009/ES týkající se omezení produkce CO₂ emitovaného vozidly, kdy maximální hodnota průměrných emisí na jedno vozidlo vyrobené výrobcem má maximální přípustnou hodnotu 130 g·km⁻¹ v roce 2015. Tato norma dále stanovuje cíl do roku 2020, kdy by měla průměrná hodnota emitovaného CO₂ klesnout na hodnotu 95 g·km⁻¹ [24].

4.3. Měření produkce emisí

Měření produkovaných emisí se dělí do dvou základních skupin [3]:

- **Homologační testy** – typové schvalování nových nebo nově registrovaných vozů
- **Emisní kontroly** – pravidelná emisní kontrola v rámci technické kontroly vozidla

Oba tyto základní typy měření se liší nejenom legislativně a statutárním zajištěním, ale i metodikou měření, potřebnou měřicí technikou, úrovněmi emisních limitů a v konečném důsledku i finanční nákladností měření [3].

Metodika měření celkových emisí, a tím pádem i sledované emise u jednotlivých druhů vozidel, stanovuje vždy příslušná právní legislativa. Jednou ze zkoušek v rámci homologačního procesu je i zkouška produkce sledovaných emisních složek v průběhu jízdního cyklu [25].

4.4. Jízdní cykly

Jízdní cykly jsou standardizované, mají předepsaný rychlostní profil, který udává přesnou rychlost v konkrétním čase. Existují dva základní druhy jízdních cyklů [26]:

- **Modální jízdní cykly** – tyto jízdní cykly nejsou typické pro skutečné jízdní podmínky na vozovce, zahrnují rovnoměrné zrychlení a konstantní rychlosti (např. NEDC cyklus).
- **Přechodové jízdní cykly** – tyto jízdní cykly se více blíží charakterově skutečným jízdním podmínkám díky mnoha změnám rychlostí (např. WLTC cyklus metodiky WLTP).

4.4.1. Homologační cykly v EU pro vozidla do 3,5 t

4.4.1.1. Urban Driving Cycle (UDC)

Do roku 1996 byl pro prokazování plnění emisních norem praktikován postup podle směrnice Rady Evropského hospodářského společenství 70/220/EHS. Měřicí postup se skládal ze čtyřikrát opakovaného zkušební cyklu, který tato norma určila [27]. Tento cyklus je známý pod názvem Urban Driving Cycle (UDC). Skládá se ze čtyřech dílčích cyklů ECE 15 [3]. UDC měl za úkol simulovat jízdu v městském prostředí. Z toho důvodu je maximální dosahovaná rychlost při tomto testu $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Protože maximální rychlost u tohoto testu byla stanovena na $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a jeho tendencí byla simulace jízdy v městském provozu, je charakterizován nízkou rychlostí vozidla, nízkým zatížením motoru a nízkou teplotou výfukových plynů [24]. Měření se provádí v laboratorních podmínkách na válcovém dynamometru se setrvačником a brzdou. Rychlostní profil dílčího cyklu ECE 15 a jeho základní údaje jsou součástí Přílohy 2 [28].

4.4.1.2. MVEG-A

V roce 1996 bylo na základě směrnice EHS 90/C81/01 přistoupeno ke změně homologační metodiky. Nová metodika stanovila nový a první ryze evropský testovací cyklus MVEG-A. Ten se skládal z testovacího cyklu UDC, ke kterému byl přidán jeden mimoměstský jízdní cyklus External Urban Driving Cycle (EUDC). Bývá také označován jako cyklus ECE 15 + EUDC [28].

Cyklus MVEG-A probíhal tak, že po nastartování bylo vozidlo ponecháno 40 sekund v chodu na volnoběh. Následně byla provedena jízda podle UDC a hned vzápětí jízda podle EUDC, kdy bylo dosahováno maximální rychlosti $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Rychlostní profil jízdního cyklu EUDC a jeho základní údaje jsou součástí Přílohy 3 [28].

Pro vozidla, která měla maximální rychlost nižší než $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, byla stanovena varianta testu EUDC, během které neproběhla akcelerace z $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ na $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, ale vozidlo pokračovalo konstantní rychlostí $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Rychlostní profil jízdního cyklu EUDC pro vozidla neschopná dosáhnout maximální rychlosti $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ je také součástí Přílohy 3 [28].

4.4.1.3. NEDC

Současně se zavedením emisní normy Euro 3 došlo ke změně homologačního cyklu ze standartu MVEG-A na nový standart MVEG-B, známý především jako New European Driving

Cycle (NEDC). Změna spočívala v tom, že před počátkem měření se vozidlo již nenechalo běžet 40 sekund na volnoběh, ale cyklus začínal ihned po nastartování vozidla. Časová délka samotného měření zůstala nezměněna, stejně jako jeho rychlostní profil [28]. Rychlostní profil cyklu NEDC a jeho základní údaje jsou součástí Přílohy 4 [28][29].

4.4.1.4. WLTP

V souladu s emisní normou Euro 6c a všemi novějšími je k homologaci vozidel do 3,5 t používána metodika Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure (WLTP) [22].

Homologační metodika WLTP se vztahuje na modely vozidel nově uváděné na trh v EU po 1.9.2017, přičemž všechny nové typy vozidel (tedy nejen modely) uváděné na trh po 1.9.2018 musí být homologované podle této metodiky. Od 1.9.2018 do 1.9.2019 platilo přechodné období, kdy bylo možné provést první registrace vozidel, která byla homologována ještě podle standartu NEDC [1].

Metodika WLTP se skládá z testu v laboratorních podmínkách na válcovém dynamometru se setrvačником a brzdou, který je označován jako Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle (WLTC) [30], a z metodiky Real Driving Emissions (RDE) pro měření produkce NO_x v reálném provozu [23].

4.4.1.4.1. WLTC

Testovací cyklus WLTC se snaží o simulaci reálných podmínek v provozu a díky tomu se řadí mezi přechodové jízdní cykly [26]. Existuje ve třech třídách: WLTC Class 1, WLTC Class 2 a WLTC Class 3, které se od sebe liší podle poměru výkon ku hmotnosti testovaného vozidla neboli Power to Mass Ratio (PMR) [W·kg⁻¹]. Třída WLTC Class 3 je ještě dále dělena podle maximální rychlosti vozidla, kdy vozidla s maximální rychlostí do 120 km·h⁻¹ jsou testována dle třídy WLTC Class 3a a vozidla s maximální jízdní rychlostí větší nebo rovnou 120 km·h⁻¹ jsou testována dle třídy WLTC Class 3b. Tabulka 1 obsahuje kritéria pro přiřazení jednotlivých tříd cyklu WLTC [30].

Tabulka 1: Třídy WLTC podle PMR a maximální rychlosti vozidla [30]

Třída WLTC	PMR [$\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$]	v_{max} [$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$]
Class 3b	>34	≥ 120
Class 3a	>34	<120
Class 2	$34 \geq \text{PMR} > 22$	-
Class 1	≤ 22	-

Délka a rychlostní průběh měření se pro jednotlivé třídy testu WLTC liší. Jízdní profily jednotlivých tříd WLTC a jejich základní údaje jsou součástí Přílohy 5 [29][30]. Podtřída WLTC Class 3a se od podtřídy 3b liší nižšími maximálními dosahovanými rychlostmi, doba měření je stejná. V důsledku toho je u podtřídy 3a o něco nižší ujetá vzdálenost než u třídy 3b [30].

4.4.1.4.2. RDE

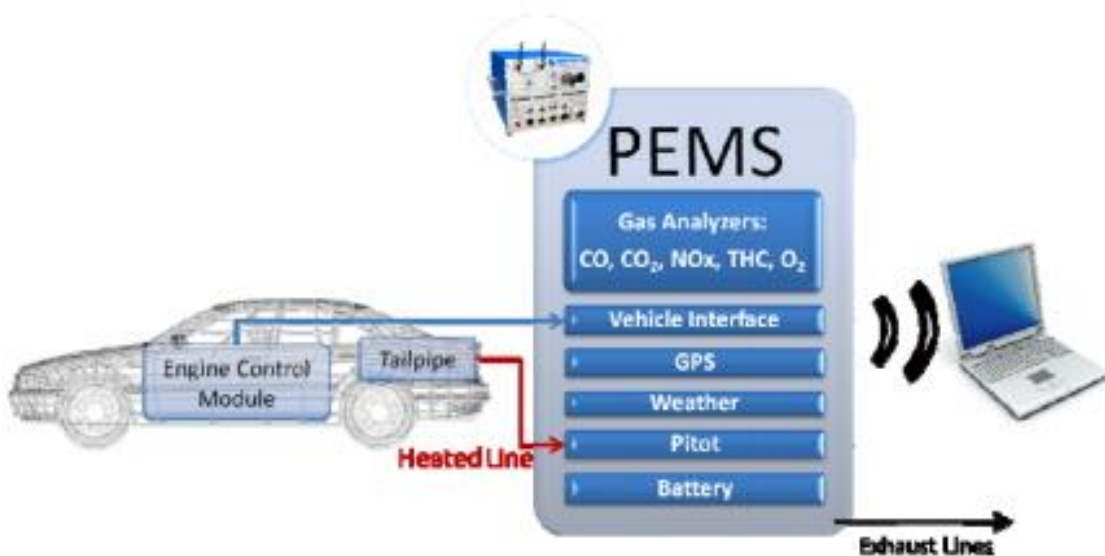
Metodika Real Driving Emissions (RDE) tvoří druhou část měření WLTP. Během tohoto testovacího cyklu se provádí měření emisí NO_x během jízdy po veřejných komunikacích a v reálném provozu v rozmanitých jízdních podmínkách [22]. Požadavky na hlavní testovací trasu specifikuje nařízení Komise (EU) 2016/427. Požadavky na dynamiku cest jsou popsány v nařízení Komise (EU) 2016/646. Zvolená testovací trasa musí splňovat tyto náležitosti [24]:

- Délka testovací jízdy musí být v rozsahu 90–120 minut.
- Na trase musí být dodrženy poměry jízdy ve městě, mimo město a po dálnici.
- V 95 % času musí být hodnoty zrychlení v předepsaném rozmezí (jízda nesmí být příliš agresivní). Není-li tato podmínka splněna, je měření neplatné.
- Rozdíl nejvyššího a nejnižšího bodu na trase je maximálně 100 metrů nadmořské výšky.
- Teplota vzduchu musí být v rozmezí 0–30 °C.
- Délka každé části (městská, mimoměstská, dálniční) musí být alespoň 16 km.
- Průměrná rychlost v městské části testu musí být v intervalu 15–40 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. V mimoměstské a dálniční části limity nejsou.
- Posledních 5 minut jízdy nesmí rychlost vozidla překročit 100 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- V městské části jízdy musí vozidlo alespoň 10krát zastavit. V mimoměstské a dálniční části limity nejsou.

- Maximální rychlost vozidla v městské části je $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, v mimoměstské $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a v dálniční $145 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- Zkouška by měla být dokončena bez přerušení.
- Zkouška probíhá za běžného silničního provozu.
- Měření začíná po dosažení teploty chladicí kapaliny $\geq 70 \text{ }^\circ\text{C}$ nebo po 5 minutách od spuštění motoru.

Měření RDE je realizováno pomocí přístroje Portable Emission Measurement System (PEMS). Jedná se o přenosný analyzátor výfukových plynů, který je rozměrově a váhově uzpůsoben pro měření emisí výfukových plynů za jízdy, kdy je zároveň nákladem testovaného vozidla. Toto zařízení je konstruováno na základě doporučení vědců z Joint Research Center, vědecké instituce, zřizované Evropskou komisí. Schéma jeho zapojení ve vozidle včetně příslušenství ukazuje Obrázek 6 [31].

Obrázek 6: Schéma instalace PEMS včetně příslušenství ve vozidle [31]



4.5. Technická řešení snižují produkci emisí vznětových motorů

Technická opatření vedoucí ke snížení produkce emisních složek lze dělit do tří základních skupin [3]:

- **Opatření před motorem** – ovlivňují směšovací poměr a tvorbu směsi.
- **Opatření u motoru** – ovlivňují průběh spalování směsi.
- **Opatření za motorem** – dodatečně redukují škodliviny po ukončení spalování ve válci.

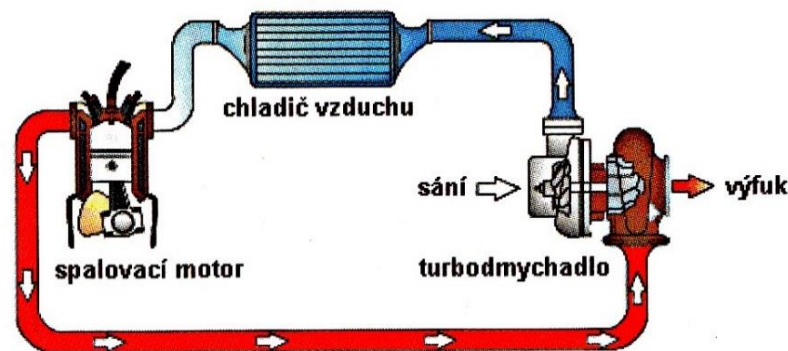
4.5.1. Opatření před motorem

Při tvorbě směsi ve válci je důležitý co nejlepší návrh plnicí soustavy. Je nutné vytvořit řízený pohyb náplně válce, obvykle ve tvaru tečné rotace. Cílem je dosažení co nejkratší doby pro správné promísení paliva se vzduchem po jeho vstřiku a optimálního průběhu spalovacího procesu. U přeplňovaných agregátů záleží na stupni přeplnění a chlazení plnicího vzduchu [3].

4.5.1.1. Chlazení stlačeného vzduchu

Toto řešení se používá u přeplňovaných motorů. Snížení teploty nasávaného vzduchu za pomoci mezichladiče má za následek zmenšení geometrického objemu nasávaného vzduchu vlivem teplotní roztažnosti, což vede ke zvýšení hustoty nasávaného vzduchu. Z hlediska produkce emisí snižuje spotřebu paliva o 3–5 % oproti motoru se stejným jmenovitým výkonem bez mezichladiče. Tím přispívá k celkovému snížení emisí. Způsob vřazení mezichladiče nasávaného vzduchu do sacího systému ukazuje Obrázek 7 [3].

Obrázek 7: Schéma zařazení mezichladiče plnicího vzduchu do sací soustavy [3]

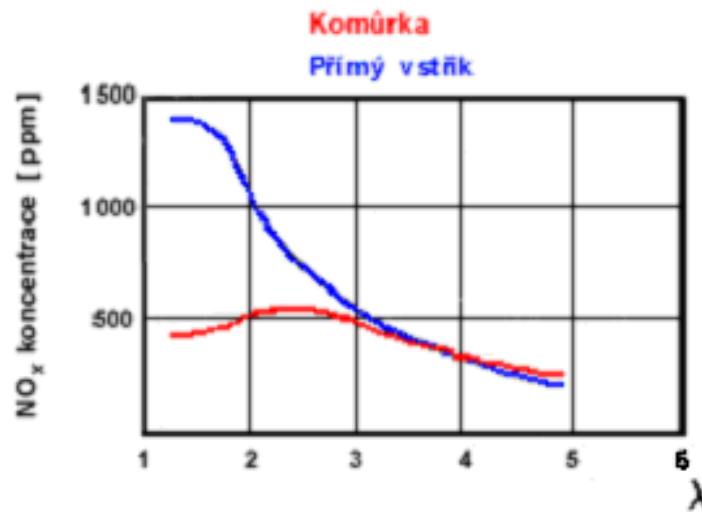


4.5.2. Opatření u motoru

4.5.2.1. Přímý a nepřímý vstřik paliva

Způsob tvorby směsi ve válci velkou měrou ovlivňuje emise škodlivin. Zejména emise NO_x se při nízkých hodnotách λ výrazně liší ve prospěch komůrkových motorů (viz Obrázek 8). To je dáno výraznějším vrstvením směsi a jejím pomalejším hořením [3].

Obrázek 8: Emise NO_x v závislosti na λ pro komůrku a přímý vstřík [3]



4.5.2.2. Změna kompresního poměru

Snížením kompresního poměru, lze dosáhnout nižší spalovací teploty. To vede ke snížení emisí NO_x. Nevýhodou je snížení celkové účinnosti motoru, což při stejném jmenovitém výkonu vede ke zvýšení spotřeby. Optimální hodnota kompresního poměru, je kompromis mezi výkonem a emisemi NO_x v závislosti na požadavcích na daný motor [32].

4.5.2.3. Provedení vstříkovací soustavy a trysky

Provedení vstříkovací soustavy a trysky má vliv především na emise HC. Hlavní snahou z hlediska eliminace vzniku škodlivin je zabránění dostřiku paliva po skončení výstřiku a minimalizace škodného prostoru pod sedlem uzavíracího členu trysky. Vhodným umístěním vstříkovacích otvorů lze dosáhnout zmenšení produkce HC až o 75 %. Základní druhy trysek jsou [33]:

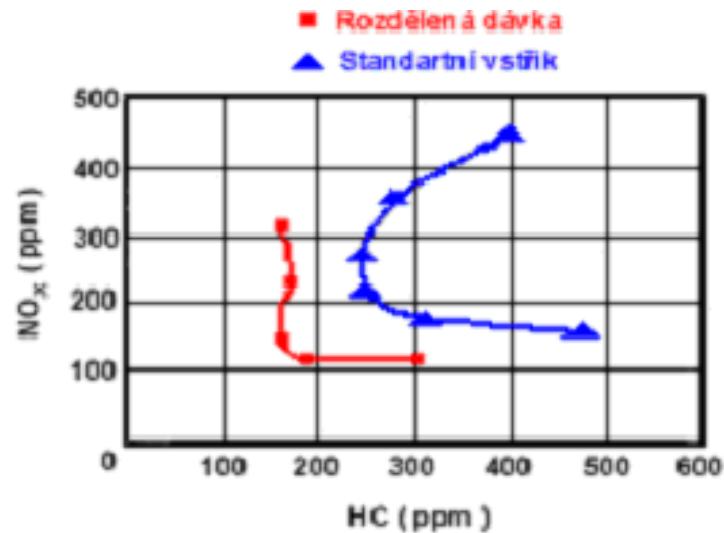
- **Otevřené** – nemají žádný uzavírací orgán. Dnes se prakticky nepoužívají.
- **Polouzavřené** – jsou uzavírány kuličkovým ventilkem s pružinou.
- **Zavřené** – mají jako uzavírací orgán jehlový ventil zatížený pružinou.

4.5.2.4. Dělení dávky vstříkovaného paliva

Dělení vstříkovací dávky může vést ke snížení produkce emisí NO_x a HC, případně i ke snížení hlučnosti [33]. Důsledek tohoto řešení ukazuje Obrázek 9. V tomto případě se jednalo

o jednoválcový motor s volnoběžnými otáčkami $n=800\text{ min}^{-1}$. Byl porovnáván standardní vstřík paliva a rozdělená dávka paliva při úhlovém odstupu 5° pootočení klikového hřídele [3].

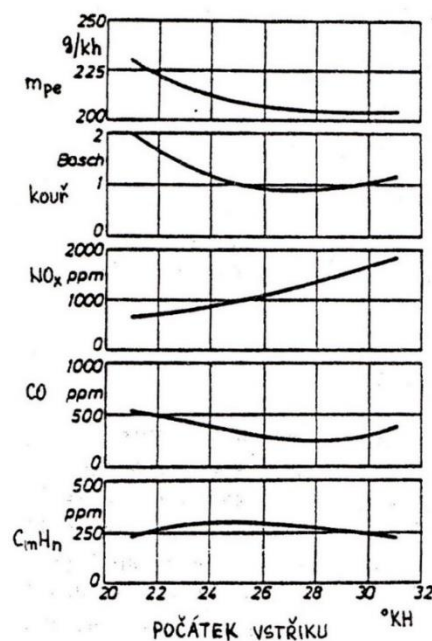
Obrázek 9: Emise NO_x a HC pro standardní a dělenou dávku paliva [3]



4.5.2.5. Úhel předvstříku paliva

Předstih neboli úhel předvstříku paliva je parametr, který ovlivňuje vznik vícero emisních složek. Pozdější vstřík paliva snižuje emise NO_x, ale zároveň vede ke zvýšení spotřeby paliva, nárůstu kouřivosti a produkce CO [3]. Pro motory s přímým vstříkem platí grafy v Obrázku 10 [33].

Obrázek 10: Vliv předstihu vstříku paliva na produkci emisí vznětového motoru [33]



4.5.2.6. Tlak vstříku paliva

Tlak vstříku paliva má vliv na rozprášení nafty při tvorbě směsi. Čím je vstříkovací tlak vyšší, tím jemnějšího rozprášení a menší velikosti kapek je dosaženo. Hoření směsi s menšími kapkami produkuje méně PM, což vede ke snížení kouřivosti motoru [3].

4.5.2.7. Recirkulace výfukových plynů

Recirkulace výfukových plynů znamená zpětné vedení části výfukových plynů do sání a dále do spalovacího prostoru. Ve výfukových plynech se nenachází téměř žádný kyslík, takže se při procesu spalování paliva chovají jako inertní plyn. Snižují reakční schopnost spalované směsi, a tím dochází ke snížení špičkových teplot spalování. To vede ke snížení emisí NO_x [34].

Recirkulující množství spalin je označováno jako Exhaust Gas Recirculation (EGR), Jedná se o relativní objemové množství odváděné ze všech produkovaných emisí. Toto množství má ovšem určité limity. Nesmí být vyšší než takové, při kterém je možné dodržet směšovací poměr vzduchu a paliva pod hranicí kouřivosti. Způsob recirkulace výfukových plynů se dělí na vnitřní a vnější.[3].

4.5.2.7.1. Vnitřní recirkulace výfukových plynů

Vnitřní recirkulace závisí na překrytí otevření sacího a výfukového ventilu při výměně náplně válce. Při pohybu pístu do horní úvratí dochází k vytlačení části spalin do sání. Při jeho pohybu do dolní úvratí dochází k nasátí části spalin z výfuku do spalovacího prostoru. Výsledkem je zvýšení množství spalin ve válci [3].

Toto řešení má ovšem určité limity. Zaprvé zvýšení doby překryvu otevření ventilů současně snižuje stabilitu chodu motoru a zadruhé dochází k přímému úniku nespálených HC do výfuku. Toto řešení se používá především u zážehových motorů [3].

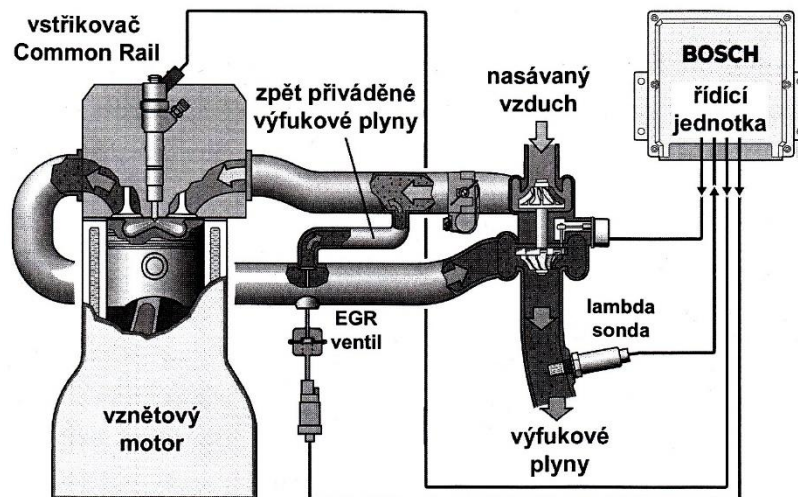
4.5.2.7.2. Vnější recirkulace výfukových plynů

Vnější recirkulace bývá řešena zařízením zvaným EGR ventil. Ten spojuje sací a výfukové potrubí a současně za pomoci řídicí jednotky reguluje množství recirkulovaných spalin. Schéma takového systému ukazuje Obrázek 11. Širokopásmová lambda sonda s velkým pracovním rozpětím měří množství O₂ ve spalinách. Řídicí jednotka svým softwarem vyhodnotí

a následně nastaví množství recirkulovaných plynů, hodnotu plnicího tlaku vzduchu a okamžik vstříku paliva [3].

Nevýhoda vnější recirkulace výfukových plynů u vznětových motorů tkví v nemožnosti použití recirkulace v oblastech vysokého zatížení, kde je produkce emisí NO_x nejvyšší, protože by došlo k nárůstu kouřivosti motoru vlivem snížení λ poměru pod hranici kouřivosti [3].

Obrázek 11: Systém vnější recirkulace výfukových plynů [34]



4.5.3. Opatření za motorem

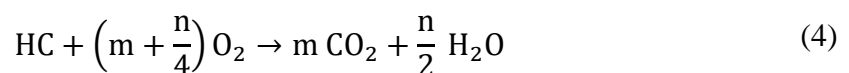
4.5.3.1. Oxidační katalyzátor

Oxidační katalyzátor je zařízení, v němž dochází k oxidačním reakcím CO a HC podle Vzorců 3-5. Jako katalyzátory těchto reakcí slouží vzácné kovy platina a paladium [3]. Jelikož plocha katalyzátoru musí být co největší, jsou fyzicky realizované jako keramická voština pokovená vzácným kovem [35].

V oxidačním katalyzátoru je CO oxidován na CO₂ [3]:



Nespálené HC se mění na CO₂ a H₂O [3]:



Vodík se mění na vodní páru [3]:



4.5.3.2. Filtr pevných částic

Filtr pevných částí, známý také jako Diesel Particulate Filter (DPF) nebo Filtre A Particules (FAP) je zařízení, které slouží k zachytávání pevných částic [36]. Děje se tak ve vložce s buněčnou strukturou z keramického materiálu, konkrétně z oxidu křemičitého [3]. Jejich užití je ve vozidlech se vznětovými motory od normy Euro 5 povinné [18].

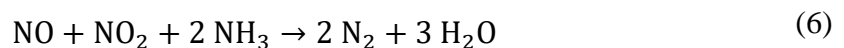
Jejich nevýhodou je postupné zanášení částicemi. Tím dochází ke zmenšování účinné keramické plochy a snižování účinnosti filtru. Proto je nutné filtr regenerovat v intervalech závislých na způsobu provozu vozidla. Regenerace spočívá ve vyhoření nahromaděných částic ve filtru. Je to automatický, resp. automatizovaný proces, nijak neovlivňující vnější projev motoru. Vlastní proces spalování pevných částic se děje při teplotách 600–650°C. Regenerace se dělí na dva základní způsoby [36]:

- **Pasivní** – způsob, kdy k regeneraci dochází díky aktivní jízdě řidiče. Při ohřátí výfuku na dostatečnou teplotu dochází k oxidaci PM na CO₂.
- **Aktivní** – způsob, kdy k regeneraci dochází díky obohacení směsi řídicí jednotkou. Tím dojde ke zvýšení teploty ve výfuku na požadovanou hodnotu.

4.5.3.3. Selektivní katalytická redukce SCR

Selektivní katalytická redukce, anglicky Selective Catalytic Reduction (SCR), je proces redukce oxidů dusíku pomocí amoniaku z přípravku AdBlue [37]. AdBlue je roztok 32,5 % močoviny a 67,5 % vody [38]. Amoniak potřebný ke katalytické redukci se ve výfuku tvoří hydrolýzou z přípravku AdBlue [3].

V katalytickém konvertoru se nachází vstříkovací tryska. Tou je do výfuku přiveden přípravek AdBlue, který je ve formě aerosolu vstříkovaný proti proudu spalin. Zde dojde ke spojení oxidů dusíku s amoniakem a jejich redukci podle Vzorce 6 [3].



4.6. Měření spotřeby paliva, produkce emisí a výkonových parametrů

4.6.1. Měření spotřeby paliva

Spotřeba paliva je ukazatelem hospodárnosti provozu, diagnostickým ukazatelem technického stavu motoru [3] a technického stavu vozidla (např. tlak vzduchu v pneumatikách, seřízení sbíhavosti kol) [39]. Měrná spotřeba paliva [$\text{g}\cdot\text{kWh}^{-1}$] vyjadřuje spotřebované množství paliva na vykonanou práci. Tím charakterizuje účinnost motoru. Spotřebu lze měřit během provozu vozidla i při měření na zkušebním stanovišti. Podle způsobu měření se měřící metody spotřeby paliva dělí takto [3]:

- **Volumetrické** – přímé měření založené na principu měření objemu spotřebovaného paliva, vhodné pro měření za provozu i pro měření na zkušebním stanovišti.
- **Gravimetrické** – přímé měření založené na principu měření hmotnosti spotřebovaného paliva, které je použitelné pro měření na zkušebním pracovišti.
- **Emisní** – nepřímé měření založené na výpočtu spotřeby paliva ze známého objemového průtoku spalin. Používá se při homologačním testování vozidel.

4.6.2. Měření emisí

Emise vznikající při spalovacích procesech významně ovlivňují výzkum a vývoj spalovacích motorů. Analýza obsahu spalin a splnění emisních limitů jsou podmínkou udělení homologace vozidla. Složení výfukových plynů je také ukazatelem kvality spalovacího procesu [4].

4.6.2.1. Metody k měření koncentrace plynných emisních složek

4.6.2.1.1. Měření s využitím principu absorpce infračerveného záření

Přístroj fungující principu absorpce infračerveného záření se nazývá bezdisperzní infraanalýzátor (NDIRA). Využívá skutečnosti, že při průchodu elektromagnetického záření vrstvou plynu je část energie záření plynem pohlcena. Obsah plynů, které obsahují v molekule alespoň dva rozdílné atomy, se stanoví na základě individuální závislosti absorpčního koeficientu na vlnové délce záření. Je vhodný ke kontrole produkce HC a k měření koncentrace CO a CO₂. Současné verze těchto analyzátorů umožňují simultánní měření koncentrace různých složek [4].

4.6.2.1.2. Měření s využitím principu absorpce ultrafialového záření

Je realizováno optickým analyzátozem, který využívá schopnost absorpce ultrafialového záření se molekulami NO_x. Jeho nevýhodou je použití plynové výbojky jako zářiče, protože její náplň je během provozu přístroje spotřebovávána [4].

4.6.2.1.3. Měření s využitím chemické luminiscence

Je realizováno chemiluminiscenčním analyzátozem (CLA). Chemická luminiscence se využívá především pro stanovování množství emitovaných NO_x, kdy se spolu se vzorkem spalin přivádí do reaktoru ozón (O₃). V reaktoru je umístěn fotonásobič, z něhož jdou výstupní signály. Ty se dále zpracovávají elektronicky [4].

4.6.2.1.4. Měření s využitím principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene

Je realizováno plamenoionizačním detektorem (FID). Ten pracuje na principu nárustu proudu iontů v plamenu v závislosti na průtočném množství HC [4].

4.6.2.1.5. Analyzátozy na principu magnetických vlastností látek

Primární součástí těchto analyzátozů je permanentní magnet nebo elektromagnet. Ten vtahuje látky s vysokou permeabilitou do svého magnetického pole. Využívá se především ke stanovování koncentrace kyslíku ve vzorku, protože z emisních složek je kyslík plynem s nejvyšší permeabilitou [4].

4.6.2.2. Metody měření emise částic

4.6.2.2.1. Filtrační metoda

Metoda založená na principu zachytávání částic kouře na filtrační papírek. Výsledkem měření je stupeň zčernání udávaný v jednotkách °BOSCH. Dnes se tato metoda již téměř nepoužívá, protože byla nahrazena metodami s vyšší vypovídající hodnotou [4].

4.6.2.2.2. Hmotnostní měření koncentrace částic

Princip měření hmotnostní koncentrace částic spočívá ve zvážení filtračního elementu ze skelných vláken před a po uskutečnění testu. Přes filtrační element prochází vzorek spalin, které se v něm zachytávají. Rozdíl hmotnosti, vztažený k objemu celkového množství spalin před a po testu, udává hmotnostní koncentraci částic ve vzorku [4].

4.6.2.2.3. Opacimetrie

Tato metoda je v praxi nejpoužívanější. K jejímu provádění slouží opacimetr. Skládá z měřicí trubice, kam se přivádějí výfukové plyny. Ta má na jednom konci monochromatický zdroj světla a na druhé straně fotonku. Zde dochází k prosvícení sloupce spalin a zjištění prošlého podílu záření s využitím Beer–Lambertova zákona. Výstupní hodnotou je lineární stupeň absorpce světla N . Z něj se podle Vzorce 7 vypočte absorpční koeficient k [4].

$$k = -\frac{1}{L} \ln \left(1 - \frac{N}{100} \right) \quad (7)$$

k = absorpční koeficient [m^{-1}]

L = délka optické dráhy [m]

N = lineární stupeň absorpce [-]

4.6.3. Měření výkonových parametrů vozidla

Měření výkonových parametrů vozidla je myšleno zjištění hodnot výkonu a točivého momentu v závislosti na frekvenci otáček motoru. Dělení metod měření výkonu je součástí Přílohy 6 [3]. Jednotlivé metody jsou blíže přiblíženy v podkapitolách 4.6.3.1. a 4.6.3.2.

4.6.3.1. Měření výkonových parametrů při stacionárním zatížení

Při statických způsobech zatížení se měří výkonové parametry při ustálených otáčkách a konstantním zatížení motoru [3].

4.6.3.1.1. Měření na zkušebním stanovišti

Je jedním ze základních způsobů zjišťování výkonových parametrů na klikovém hřídeli. Je považováno na plně průkazné díky limitování přesnosti jednotlivých signálů dle normy včetně korekcí na standartní podmínky. Ve zkušebnictví spalovacích motorů jsou pro měření mechanického výkonu motoru užívány výkonové brzdy, kde proti točivému momentu motoru působí známý brzdny moment. Používají se elektromagnetické vířivé brzdy a univerzální brzdy (elektrodynamické motor-generátory, většinou asynchronní motor-generátory) [3].

Při zatěžování testovaného motoru se jeho výkon vypočítá dle Vzorce 8 [3]:

$$P = M \cdot \omega \quad (8)$$

P= výkon motoru [W]

M= točivý moment motoru [Nm]

ω = úhlová rychlost motoru [$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$]

K měření točivého momentu, resp. síly (Vzorec 9), se většinou používají deformační členy, kdy je měřící člen v podobě hřídele s kruhovým průřezem namáhán krutem. Ten se převádí na deformaci a je měřen tenzometrickými snímači nebo snímači výchylky [3].

$$M = F \cdot r \quad (9)$$

M= točivý moment motoru [Nm]

F= síla namáhající tenzometrický snímač [N]

r= délka ramene, přes které síla působí [m]

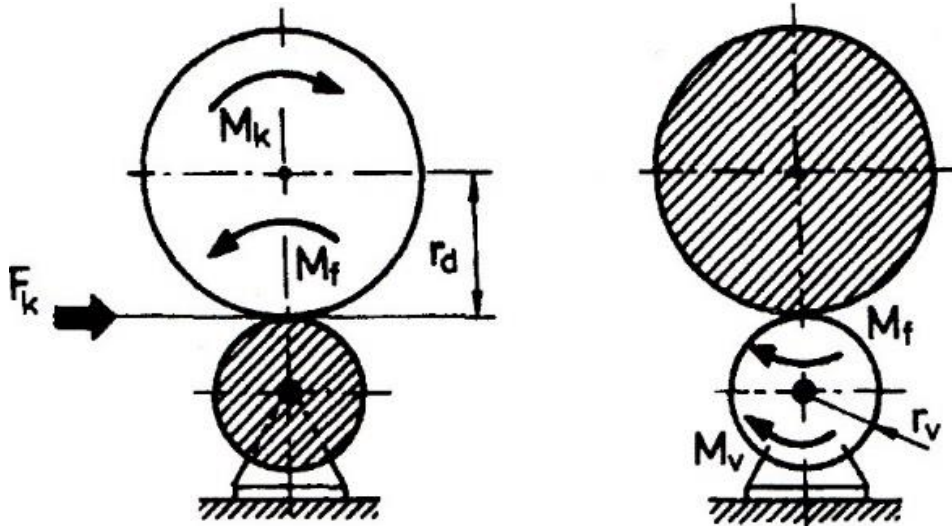
4.6.3.1.2. Měření na válcové zkušebně

Toto měření se provádí na válcových výkonových zkušebnách. Ty jsou obvykle vybaveny řízeným dynamometrem. Rozdíl oproti měření na zkušebním stanovišti tkví ve skutečnosti, že na válcové zkušebně lze změřit pouze výkon na obvodu hnacích kol. Ve vozidle na válcích dochází při přenosu energie převodovým a jízdním ústrojím k transformaci rychlosti a hnacího momentu, resp. síly, akumulaci a disipaci kinetické a potenciální energie [3].

Při měření výkonu vozidla se hnací kola otáčejí na dvou válcích. K jednomu je připojena brzda s regulovatelným brzdícím účinkem. Její otočná část (rotor) je spojena s válcem. Její pevná část (stator) je výkyvně uložena. Při přenosu hnacího momentu od kol vzniká na jejich

obvodu hnací síla F_k , která roztáčí válec. Uvede-li se do činnosti brzda, vznikne brzdný moment M_v . Ten vyvolá stejně velký reakční moment, který je možné změřit a tím zjistit hnací moment, resp. výkon. Situaci vysvětluje Obrázek 12 [3].

Obrázek 12: Momenty působící vzhledem k hnacímu kolu a ke zkušebnímu válci [3]



Z obrázku výše je patrné určení hnací síly kola F_k . Vzhledem k ose otáčení kola platí rovnováha momentů dle Vzorce 10 [3]:

$$M_k - F_k \cdot r_d - M_f = 0 \quad (10)$$

Rovnováha momentů vzhledem k ose válců je dána Vzorcem 11 [3]:

$$M_v - F_k \cdot r_d - M_f = 0 \quad (11)$$

Velikost hnací (Vzorec 12) síly vyplývá z momentové rovnice [3]:

$$F_k = \frac{M_k - M_f}{r_d} \quad (12)$$

Kombinace Vzorce 11 a 12 ve Vzorci 13 představuje moment na měřícím válci [3]:

$$M_v = M_k \cdot \frac{r_v}{r_d} - \left(1 + \frac{r_v}{r_d}\right) M_f \quad (13)$$

Výpočet výkonu hnací síly a obvodové rychlosti kola vyjadřuje Vzorec 14 [3]:

$$P_k = F_k \cdot v \quad (14)$$

F_k = hnací síla na obvodu kola [N]

M_f = moment valivého odporu [Nm]

M_k = hnací moment na kolech vozidla [Nm]

M_v = moment na válci [Nm]

P_k = hnací výkon [W]

r_d = poloměr kola [m]

r_v = poloměr válce [m]

v = obvodová rychlost kola [$m \cdot s^{-1}$]

4.6.3.2. Měření výkonových parametrů při dynamickém zatížení

Při dynamických způsobech zatížení se měří výkonové parametry při dynamických režimech motoru, tj. při změně otáček motoru (akceleraci a deceleraci). Motor je zatěžován především setrvačností jeho příslušných pohyblivých hmot. Míru zatížení ovlivňuje poloha pedálu akcelérátoru. Výkon motoru dán Vzorcem 8, kde je točivý moment definován Vzorcem 15 [3]:

$$M = I \cdot \varepsilon \quad (15)$$

M = točivý moment motoru [Nm]

I = moment setrvačnosti motoru redukováný na klikový hřídel [$kg \cdot m^2$]

ε = úhlové zrychlení setrvačných hmot [$rad \cdot s^{-2}$]

Z průběhu výkonových parametrů motoru v závislosti na jeho otáčkách lze sestavit jeho dynamickou charakteristiku. Ta je obdobou vnější otáčkové charakteristiky, která je výsledkem statického měření na zkušebním stanovišti [3].

4.6.3.2.1. Měření při volné akceleraci motoru

Toto měření, také zvané jako volná akcelerace vně nezatíženého motoru, existuje od počátku opravárenství automobilů. Do rozvoje digitální elektroniky a výpočetní techniky která díky velké snímací frekvenci dovede zaznamenávat rychle dynamické děje, se však jednalo o subjektivní nespolehlivou metodu, která závisela pouze na zkušenosti pozorovatele. Vzhledem k tomu, že přesnost této metody závisí pouze na přesnosti měření času akcelerace, se jedná v současné době díky aplikaci výpočetní techniky o velmi přesnou a objektivní metodu [3].

4.6.3.2.2. Měření na válcové zkušebně

Toto měření probíhá na setrvačnickovém válcovém stavu. Jde o nejjednodušší zařízení se dvěma otočnými válci, které jsou hnány hnacími koly vozidla. Pro měření výkonových parametrů na obvodu kol v režimech akcelerace se hmotnost válců zvyšuje přidavnými setrvačníky. Jejich hmotnost by měla odpovídat hmotnosti vozidla. Měření je obvykle uskutečňováno momentovým převodem, zařazeným mezi jedním z válců a poháněným setrvačnickem. Místo něj může být na stejném místě torzní dynamometr [3].

4.7. Jízdní odpory

Jízdní odpory působí proti pohybu vozidla. Pro správné stanovení hodnoty výkonu motoru je nutné při jeho měření zjistit velikost odporových sil, resp. zjistit hodnotu výkonu, který se před jeho změřením spotřeboval na jejich překonání [40].

Celkový odpor je součtem dílčích odporů působících proti pohybu vozidla. Dílčí odpory jsou [40]:

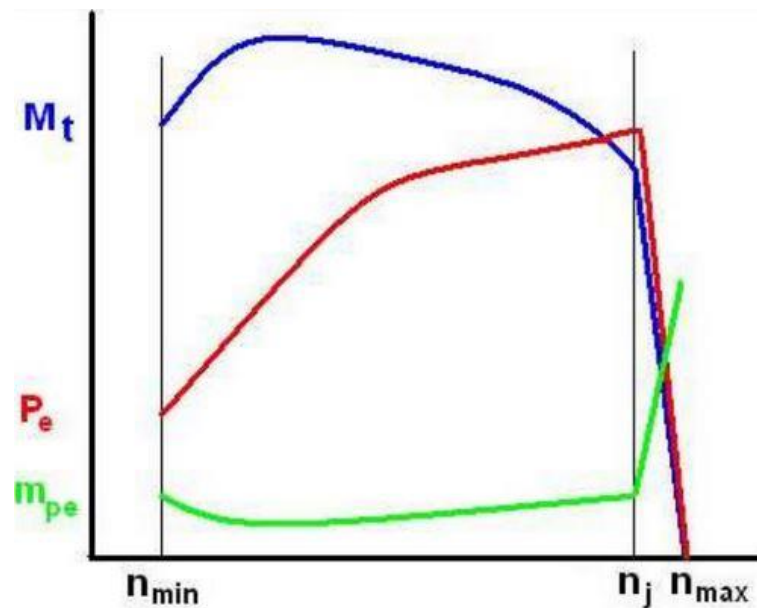
- **Pasivní odpory** převodovky a hnacího ústrojí.
- **Valivý odpor** mezi hnacími koly a vozovkou.
- **Odpor vzduchu** obtékající vozidlo při jízdě.
- **Odpor stoupání** při jízdě do kopce.
- **Odpor přívěsu**, je-li za vozidlem při jízdě připojen.

4.8. Vnější otáčková charakteristika

Otáčkové charakteristiky obecně graficky znázorňují závislost točivého momentu, užitečného výkonu, spotřeby a případně dalších parametrů na otáčkách klikového hřídele motoru při konstantní poloze páky či pedálu akcelérátoru. Přejchod na jiný otáčkový režim motoru je způsobován změnou brzděného momentu [3].

Jmenovitá otáčková charakteristika vznětového motoru je měřena při maximální dodávce paliva a motor dosahuje při jmenovitých otáčkách (n_j) jmenovitého výkonu. Výrobci automobilů v těchto charakteristikách nejčastěji uvádějí průběh točivého momentu (M_t), efektivního výkonu motoru (P_e) a měrné efektivní spotřeby paliva (m_{pe}). Hodnota minimálních provozních otáček klikového hřídele (n_{min}) je minimální frekvence otáčení, při níž může motor dlouhodobě pracovat s plnou dávkou paliva. Příklad takové charakteristiky vznětového motoru ukazuje Obrázek 13 [3].

Obrázek 13: Vnější otáčková charakteristika vznětového motoru [3]



4.9. Motorová nafta

Motorová nafta je směsí kapalných uhlovodíků (n-alkanů, izoalkanů, alkenů, naftalenu, aromátů), které mají 10 až 22 uhlíků v uhlíkovém řetězci. S narůstající délkou uhlovodíkového řetězce roste cetanové číslo nafty [41]. Motorová nafta prodávaná v České republice musí svými parametry vyhovovat ČSN EN 590+A1 (656506). Tabulka obecných požadavků na

kvalitu motorové nafty dle této normy je součástí Přílohy 7 [42]. Následující podkapitoly se věnují problematice důležitých parametrů a vlastností motorové nafty.

4.9.1. Cetanové číslo

Cetanové číslo je důležitým parametrem motorové nafty. Vyjadřuje míru její reaktivity, což je schopnost k jejímu vznícování. Vyšší cetanové číslo znamená nižší dobu zpoždění zážehu. Spalování směsi probíhá rovnoměrně a motor má hladší chod [41].

Cetanové číslo má na produkci emisí malý vliv. Projevuje se pouze při studených startech, kdy nedojde k dokonalému spalování, dávka paliva neprohoří celá a z výfuku auta jde bílý kouř značící zvýšené emise CO a HC. Požadavky na cetanové číslo se s novými emisními normami zvyšují. Na výkon motoru nemá tento parametr vliv [41].

Jeho hodnota je zjišťována na zkušebním motoru s nastavitelným kompresním poměrem. Princip zkoušky tkví v zjištění nejmenšího kompresního poměru, při kterém začne docházet k výpadkům vznícování směsi. Zjištěná hodnota se porovná s výsledky naměřenými při chodu motoru na čistý cetan (n-hexadekan $C_{16}H_{34}$), který má cetanové číslo 100, a methylnaftalen (1-methylnaftalen $C_{11}H_{10}$), jehož hodnota cetanového čísla je 0. Hledá se směs cetanu methylnaftalenu, pro kterou bude minimální možný přípustný kompresní poměr stejný, jako pro testovaný vzorek nafty. Cetanové číslo se potom stanoví jako relativní objemový podíl cetanu v referenční směsi [41].

Minimální hodnota cetanového čísla pro studený start je 40, Pro snadný studený start je 50+. Palivo s nižším cetanovým číslem má zpravidla vyšší hustotu a tím i vyšší výhřevnost. To souvisí se zastoupením jednotlivých uhlovodíků v naftě [41].

4.9.1.1. Cetanový index

Druhý možný způsob je přepočítání z cetanového čísla již známého vzorku, s využitím výsledků laboratorních zkoušek destilace vzorku a jeho hustoty. Tomuto číslu se říká cetanový index. Jeho hodnoty se od cetanového čísla liší, ačkoliv jeho vypovídající hodnota je obdobná [41].

4.9.1.2. Dieselův index

Další obdobou cetanového čísla je tzv. Dieselův index, který lze vypočítat z hustoty anilinového bodu nafty. Používá především v SRN. Má srovnatelnou vypovídající hodnotu jako cetanové číslo. Vztah mezi cetanovým číslem a Dieselovým indexem ukazuje Vzorec 16 [41].

$$C\check{C} = 12,9 + 0,66 \cdot DI \quad (16)$$

C \check{C} = cetanové číslo [-]

DI= Dieselův index [-]

4.9.2. Hustota

Hustotu určuje především obsah PAU. Z hustoty lze odhadovat přibližné složení motorové nafty. Ovlivňuje výkon motoru. Palivová čerpadla pracují objemově, takže čím vyšší je hustota paliva, tím vyšší hmotnostní množství se dostane do spalovacího prostoru. To má pozitivní vliv na snížení spotřeby paliva. Rovněž mazací schopnosti se s nárůstem hustoty zvyšují. Při provozu na hustší naftu tak dochází k menšímu opotřebením těch funkčních ploch palivové soustavy, které jsou naftou mazány. Pokud se však hodnota hustoty od normy výrazně odchyluje jakýmkoliv směrem, může dojít k rychlejšímu opotřebením, protože návrhy soustav počítají s určitými vlastnostmi nafty, kdy buď nedojde k vytvoření dostatečné mazací vrstvy vlivem nízké hustoty, nebo je nafta příliš hustá, rychlost jejího proudění je nižší, a z tohoto důvodu nestihne mazací vrstvu vytvořit v dostatečné ploše [41].

Hustota také ovlivňuje hodnotu cetanového čísla a má vliv na spektrum produkovaných emisí. Viskózní nafta se špatně rozprašuje a tvoří velké kapky, které odhořívají v izoplochách blízko povrchu a zároveň se uvnitř spalované kapky tvoří saze a probíhá nedokonalé spalování. S nárůstem viskozity roste i podíl CO ve spalinách [41].

4.9.3. Obsah síry, mazivost a koroze

Maximální možný obsah síry v naftě je dán normou a je 10 mg na 1 kg nafty [42]. Síra v naftě způsobuje korozi součástí palivové a výfukové soustavy a má nepříznivý vliv na tvorbu

škodlivin. Snižování jejího obsahu v naftě má za následek pokles jejích mazacích schopností. To je kompenzováno vhodnými aditivami [41].

Technická norma předepisuje minimální mazivost nafty prostřednictvím průměru otěrové plochy, která vznikne třením vibrující kuličky na kovové ploše. Ta se zjistí zkouškou High Frequency Reciprocating Rig (HFRR) pomocí speciálního přístroje při teplotě 60 °C. Čím lepší mazivost, tím menší otěrová plocha vzniká [41].

Koroze způsobená sírou se dělí na dva druhy podle způsobu jejího vzniku [41]:

- **Studená koroze** – způsobena aktivními sloučeninami síry v palivu.
- **Teplá koroze** – způsobena oxidy síry ve výfukových plynech.

4.9.4. Bod vzplanutí

Bod vzplanutí je nejnižší teplota kapaliny, při které se nad její hladinou vytvoří taková koncentrace par ve směsi se vzduchem, která se při kontaktu s otevřeným ohněm vznítí a následně uhasne. Slouží pro zařazení hořlavé kapaliny do třídy nebezpečnosti dle Tabulky 2 [43].

Tabulka 2: Třídy hořlavosti kapalin [43]

Teplotní třída	Teplota vzplanutí
I	do 21 °C
II	21–55 °C
III	55–100 °C
IV	100–250 °C

Bod vzplanutí motorové nafty je vyšší než 55 °C. Díky tomu je nafta kapalinou III. třídy hořlavosti [42]. Pokud je teplota vzplanutí nižší než 55 °C, zpravidla to značí její kontaminaci benzínem [41].

4.9.5. Karbonizační zbytek

Vznik karbonizačního zbytku vyjadřuje sklon nafty k tvorbě karbonových úsad ve spalovacím prostoru a přilehlých částech motoru. Karbonizační zbytek vzniká při procesu

karbonizace, což je rozklad uhlovodíkových řetězců a vylučování uhlíku během ohřívání nafty bez přístupu vzduchu. K tomu jsou náchylné především „těžké“ nafty, se středním bodem varu +300 °C. Mikrokapičky takové nafty se nestačí zcela neodpařit, ohoří jen na povrchu a oxidace paliva je nedokonalá. Uvnitř kapky dojde vlivem tepla k pyroreakcím a vznikají látky typu SOF [41].

Náchylné na tvorbu karbonu jsou nafty s obsahem aromátů a olefinů, při jejichž použití jako paliva v motoru dochází ke tvorbě karbonu na povrchu přehřátých vstříkovacích trysek, kde je palivo v tenké vrstvě vystaveno vysoké teplotě [41].

Karbon hromaděný v motoru vede k nárůstu kompresního poměru vlivem zmenšování spalovacího prostoru a může vést k nedokonalé tvorbě směsi při zakarbonování vstříkovacích trysek [41].

4.9.6. Obsah popela

Množství popela je ukazatelem množství nespalitelných minerálních látek v naftě, ze kterých vzniká při procesu spalování směsi. Jeho částice se podílejí na tvorbě úsad ve spalovacím prostoru [41].

4.9.7. Čistota nafty a obsah vody

Čistota nafty je sledovaným parametrem z důvodu prevence poškození palivových systémů. Voda v palivu vede ke korozi palivových systémů, zhoršení mazacích a palivářských vlastností nafty [41]. Čistota je sledována obsahem nečistot a limitním obsahem vody [42].

4.9.8. Obsah FAME

Fatty Acid Methyl Esters (FAME), česky estery mastných kyselin, jsou látky, které se vyrábí esterifikací z rostlinných olejů. V ČR se můžeme setkat s MethylEsterem Řepkového Oleje (MEŘO). Během této esterifikace se mísí surový řepkový olej společně s metanolem za přítomnosti alkalických hydroxidů jako katalyzátorů. Výsledkem tohoto procesu je čirá nažloutlá kapalina mísitelná s čistou naftou. V motorové naftě tvoří biosložku [41].

Za klady použití MEŘO v naftě lze označit [41]:

- **Biologická rozložitelnost** – je dobře biologicky rozložitelný z více než 90 % za 21 dnů.
- **Zdravotní nezávadnost** – není toxický.
- **Cetanové číslo** – je vyšší než u samotné nafty.
- **Těkavost** – je velice nízká.
- **Mazivost** – je výrazně vyšší než u čisté nafty.
- **Kouřivost** – je oproti naftě nižší.

Hlavními nevýhodami užití MEŘO v naftě jsou [41]:

- **Afinita k vodě** – je hygroskopický, což může vést ke korozi v palivové soustavě.
- **Větší agresivita** – k běžným pryžovým hadicím, těsněním a nátěrům.
- **Vliv na motorové oleje** – projevuje se větší tendence k ředění motorového oleje při nižších teplotách a malém zatížení motorů než u nafty, z důvodu rozdílných destilačních vlastností obou látek.
- **Spotřeba** – projevuje se růst objemové spotřeby o 6–10 % oproti motorové naftě, protože objemová výhřevnost MEŘO je ve srovnání s naftou nižší.
- **Tvorba karbonu** – při nízkém zatížení motoru může docházet k tvorbě úsad v motoru.

4.9.9. Oxidační stabilita

Oxidační stabilita znamená schopnost nafty nevytvářet pryskyřičné úsady při zvýšených teplotách. Tyto úsady se chovají jako mechanické nečistoty a mohou vést k poškození komponent palivových soustav [41].

Postup a parametry zkoušky oxidační stability jsou normovány. Zkoumaný vzorek je při zvýšené teplotě po určitý čas vystaven působení kyslíku. Následně se měří množství pevných nerozpustných oxidačních produktů, které během testu vznikly. Po oxidaci při 95 °C smí vzniknout maximálně 25 mg úsad na litr paliva [41].

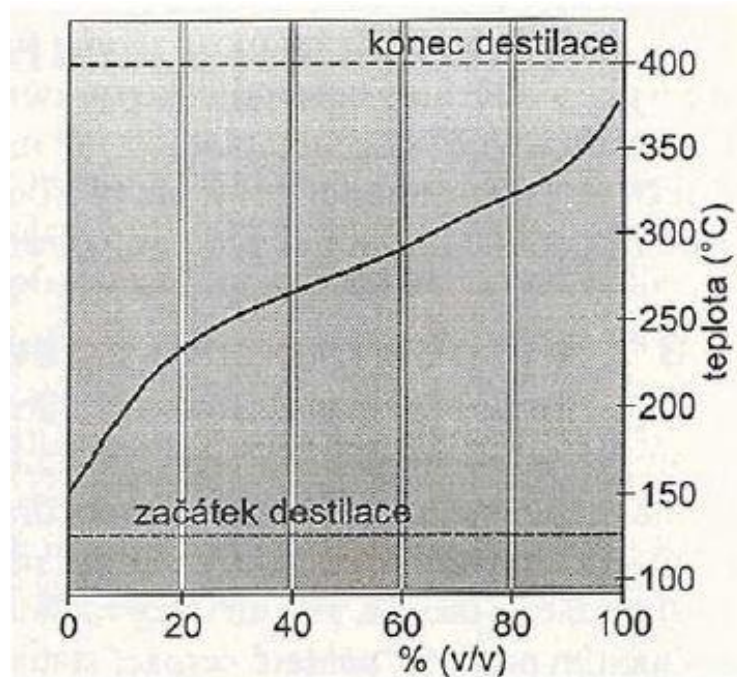
4.9.10. Destilační křivka motorové nafty

Destilační křivka motorové nafty (viz Obrázek 14) slouží k posuzování jakostních vlastností motorové nafty. Její průběh vede k přibližnému odhadu složení a určení převládajících složek v naftě [41].

Výchozí teplotní bod destilace není pevně předepsán. Řídí se požadavkem na hodnotu bodu vzplanutí [41].

V bodě křivky T50, někdy označovaném jako „teplota středního bodu varu“, je oddestilováno 50 % objemových paliva. U letních motorových naft bývá teplota tohoto bodu při 275–290 °C. Neměla by přesáhnout 300°C. To by značilo přítomnost vysokého obsahu těžších složek. V bodě křivky T95 (95 % objemových oddestilováno) by neměla teplota překročit 370 °C [41].

Obrázek 14: Destilační křivka motorové nafty [44]



4.9.11. Chladové parametry nafty a teplotní třídy naft

Chladové parametry se zjišťují normovaným postupem. Zkoumaný vzorek se chladí předepsaným způsobem v přístroji, kde nafta při snížených teplotách periodicky protéká soustavou síték. Parafíny, které se z nafty vylučují, postupně sítka ucpávají. Tím dochází ke

zvyšování rozdílu tlaku paliva před a za sítkem. Teplota, při níž se dosáhne určitého rozdílu tlaků, je zjišťovaná teplota ztráty filtrovatelnosti [41].

Parafíny (n-alkany) jsou pevné látky. Za normálních okolností jsou rozpuštěné v naftě. S klesající teplotou však začínají tuhnout a znemožňují průtok paliva palivovou soustavou [41].

Podle chladových parametrů se rozlišují druhy prodáváných naft. Chladové parametry jednotlivých druhů naft jsou rozhodující pro použití a provozuschopnost stroje na konkrétní naftu v zimním období [41].

4.9.11.1. Bod zákalu

Bod zákalu představuje teplotu, kdy se v naftě začínají tvořit parafínové krystaly, ale je stále plně čerpatelná, dopravitelná, filtrovatelná a vstřikovatelná. Množství tuhých parafinických krystalů však s klesající teplotou postupně narůstá. Tento bod je také označován jako Teplota Vylučování Parafínu (TVP) [41].

4.9.11.2. Ztráta filtrovatelnosti

Teplotní bod ztráty filtrovatelnosti také bývá označován jako bod ucpání studeného čističe neboli Cold Filter Plugging Point (CFPP). Po dosažení tohoto bodu je nafta čerpatelná a motor je možné nastartovat. Ten ovšem po chvíli zhasne v důsledku tvorby silné vrstvy ztuhlých parafinů v palivovém filtru, které omezí průtok nafty filtrem pod požadované minimální množství nutné k chodu motoru. Tento bod je nejdůležitějším chladovým parametrem a zhruba určuje, do které minimální teploty je nafta použitelná [41].

4.9.11.3. Bod tuhnutí

Bod tuhnutí znamená teplotu, při níž už není nafta ani dopravitelná, ani čerpatelná, ani vstřikovatelná. Při dosažení této teploty má nafta gelovitou strukturu [41].

4.9.11.4. Teplotní třídy motorových naft

Teplotní třída nafty se určuje podle hodnoty CFPP vzorku. Aby příslušný vzorek splňoval danou teplotní třídu, musí být hodnota jeho CFPP nižší, než hodnota uvedená v Tabulce 3 [42]:

Tabulka 3: Teplotní třídy motorových naft [42]

Třídy nafty					
A	B	C	D	E	F
5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C	-20 °C

Pro mírné klima, tj. pro území České republiky, platí následující termíny používání, resp. distribuce k zákazníkům [42]:

- **Skupina B** od 15. 4. do 30. 9.
- **Skupina D** od 1. 10. do 15. 11.
- Při přechodu z B na D od 1. 10. do 15. 10. lze prodávat směs obou naft, pokud CFPP směsi odpovídá minimálně skupině B
- **Skupina F** od 16. 11. do 28. 2.
- Při přechodu z D na F od 16. 11. do 30. 11. lze prodávat směs obou naft, pokud CFPP směsi odpovídá alespoň skupině D
- **Skupina D** od 1. 3. do 14. 4.

4.10. Aditiva

Aditiva jsou přídatné látky do motorové nafty. Vylepšují některé její vlastnosti [41].

4.10.1. Druhy aditiv podle jejich účelu

Dělení aditiv do skupin odpovídá tomu, na jakou vlastnost nafty mají vliv [41]:

- **Antioxidanty a stabilizační přísady** – používají se pro prevenci oxidace a vzniku pryskyřic v naftě při jejím skladování a cirkulaci ohřáté nafty v palivovém systému.
- **Přísady zvyšující cetanové číslo** – jejich efekt spočívá ve zkrácení prodlevy vznětu, tedy doby od vstřiku paliva přes fázi fyzikální po fázi chemickou.
- **Baktericidní přísady** – se používají se pro zahubení mikroorganismů v naftě, které ji degradují.
- **Antistatické přísady** – zlepšují elektrickou vodivost a zabraňují vzniku elektrostatického výboje při čerpání a proudění paliva.
- **Deemulgátory a odvodňovače** – zabraňují vzniku vodní emulze a vylučují vodu z paliva.

- **Inhibitory koroze** – tvoří na povrchu kovových součástí palivových systémů ochranný film, který brání přístupu látek způsobujících korozi.
- **Detergenty** – přitahují na svůj povrch nečistoty, které je pak možné filtrovat, a brání vzniku úsad karbonu na kovových površích.
- **Dispersanty** (disperganty)- v součinnosti s detergenty brání vzniku úsad.
- **Mazivostní přísady** – nahrazují síru v naftě a vylepšují její mazací schopnosti
- **Modifikátory krystalické struktury parafínů** – slouží k zajištění potřebných chladových parametrů. Snižují hodnotu CFPP a bodu tuhnutí.
- **Protipěnovostní přísady** – brání jímání vzduchu palivem a tím vzniku pěny během jeho přečerpávání.
- **Odmrazovače a odledňovače** – snižují bod tuhnutí vody obsažené v naftě. Většinou se jedná o alkoholy.
- **Zlepšovače hoření** – zlepšují hoření směsi snížením povrchového napětí nafty, čímž dojde ke tvorbě menších kapiček vstříkovaného paliva.
- **Deodoranty** – neutralizují pachy.
- **Barviva** – slouží k optickému odlišení druhů paliva, nebo upozornění na nadstandardní paliva.
- **Přísady regenerující filtry částic** – usnadňují vypalitelnost DPF zejména snížením požadované teploty pro oxidační proces sazí.

4.10.2. Způsoby aditivace

Způsoby aditivace se dělí podle toho, kdy byla během distribučního procesu daná aditivace provedena [41]:

- **Aditivace během výroby** – provádí se při výrobě paliva ve výrobním závodě.
- **Aditivace při distribuci** – provádí se během dodávání paliva z výrobního závodu do zásobníku ČS.
- **Individuální aditivace** – provádí motorista při tankování paliva, většinou komerčně prodávanou směsí aditiv.

5. Praktická část

5.1. Testovací vozidlo

Autor práce použil jako testovací vozidlo vlastní automobil Škoda Octavia Combi 1,9 TDI 81kW (viz Obrázek 15). Technické údaje o vozidle a motoru jsou uvedeny v Příloze 8.

Obrázek 15: Testovací vozidlo [autor]



5.2. Přístrojové vybavení

Veškerá měření proběhla v prostorách KVPD TF ČZU s přístrojovým a softwarovým vybavením katedry. Přístrojové i softwarové vybavení je blíže popsáno v následujících podkapitolách.

5.2.1. Válcová zkušebna

Veškerá měření proběhla na válcové zkušebně KVPD, určené ke zkoušení vozidel do 3,5 t s jednou hnanou nápravou. Skládá se ze dvou řetězem propojených válců s protiskluzovým povrchem. Z jedné strany válců se nacházejí připojitelné setrvačnický, které mají za úkol simulovat setrvačnou sílu vozidla. Z druhé strany je na jeden válec připojen stejnosměrný elektromotor o maximálním výkonu 56 kW, za jehož pomoci je simulován odpor vzduchu, který na vozidlo v reálném provozu působí. Tímto motorem mohou být válce poháněny, např. při zjišťování pasivních odporů vozidla. Na druhý válec je připojena vířivá brzda o maximálním

výkonu 125 kW. S její pomocí se provádí statická měření výkonu na obvodu hnacích kol vozidla. Základní technické údaje válcové zkušebny jsou součástí Přílohy 9.

5.2.2. Laboratorní váha VIBRA AJ-6200CE

Touto váhou byl měřen hmotnostní úbytek paliva na ujetou vzdálenost. Pracuje na principu vibračního článku. Ten je velmi odolný proti elektromagnetickému a elektrostatickému rušení. Váha je propojena s řídicím počítačem válcové zkušebny prostřednictvím datového kabelu. Její základní specifikace jsou obsaženy v Příloze 10.

5.2.3. Emisní analyzátor VMK

Emisní analyzátor VMK slouží k detekci plyných složek emisí, konkrétně CO, CO₂, HC, NO a O₂. K detekci oxidů uhlíku a HC využívá nedisperzní infračervené metody NDIR. K detekci NO a O₂ využívá elektrochemický článek. Vzorkovací frekvence přístroje je 1 Hz. Jeho základní technické parametry obsahuje Příloha 11.

5.2.4. Velikostní klasifikátor částic EEPS 3090

Velikostní klasifikátor částic EEPS 3090 detekuje pevné částice ve výfukových spalinách. Funguje na principu detekce částic za využití magnetických vlastností detekovaných částic. Tyto částice vstupují do analyzačního přístroje. Nejdříve jsou nabity za pomoci nabíjecí korony. Díky tomu získají svůj vlastní elektrostatický náboj a reagují s elektrostatickým polem přístroje v detekční komoře. Zde jsou elektrodami shodného náboje odpuzovány k obvodu detekční komory k elektrometrům, kde jsou detekovány. Velikost interakce je závislá na velikosti nabitě částice. Díky tomu, že částice s určitou velikostí mají náboj o určité velikosti, je s využitím tohoto detektoru možné zjistit počet emitovaných částic a jejich velikostní spektrum. Základní technické údaje klasifikátoru obsahuje Příloha 12.

5.2.5. Ředička vzduchu

K odstranění šumů, způsobených nedostatkem plynu nasávaného do velikostního klasifikátoru částic, je nutné testovaný vzorek zředit a doplnit do něj chybějící množství vzduchu. Ředička vzduchu ředí vzorek výfukových plynů podle předem nastaveného objemového poměru. Nasávaný ředící vzduch je přečištěn HEPA filtrem kvůli odstranění kontaminace vzorku částicemi z jiných zdrojů.

V tomto konkrétním případě byla pro účely měření použita sestava tvořená řídicím modulem Testo MD19-3E, vyhřívacím členem TSI Rotating Disk Thermodiluter 379020A a HEPA filtrem TSI HEPA Capsule Filter #1602051 s průtokoměrem TSI 4100 Series.

5.2.6. Ventilátor FILCAR AL-1500/C

Jelikož se vozidlo na válcové zkušebně oproti vzduchu kolem něj nepohybuje, bylo nutné zajistit funkčnost náporového chlazení vozidla externím ventilátorem. K tomu posloužil radiální odsávací ventilátor FILCAR AL – 1500/C. Jeho základní technické údaje jsou součástí Přílohy 13.

5.3. Softwarové vybavení

5.3.1. Diagnostický software VAG-COM VDCS Standard

VCDS je diagnostický program běžně používaný k diagnostikování závad vozů koncernu VW pomocí standartu EOBD/ OBD II. V dílenské praxi se běžně používá např. pro čtení a mazání závad z paměti palubní jednotky, čtení měřených hodnot, kódování apod. Při tomto měření byl využit k zaznamenávání a ukládání okamžitých hodnot otáček motoru, rychlosti, polohy plynového pedálu, hmotnostního množství nasávaného vzduchu, plnicího tlaku turbodmychadla a množství vstříkovaného paliva, tj. jeho aktuální spotřeby.

5.3.2. ControlWEB

Prostřednictvím tohoto programu je ovládána válcová zkušebna a externí chladicí ventilátor. V programovacím prostředí tohoto programu byly zaměstnanci KVPD vytvořeny rychlostní profily jízdních cyklů.

5.4. Palivo a aditiva

Jako palivo spalovacího motoru byla použita standartní motorová nafta odpovídající normě ČSN EN 590+A1 (656506). Pro minimalizaci zkreslení výsledků měření v důsledku změn složení motorové nafty autor práce po celou dobu experimentálního provozu vozidla tankoval pouze u jedné čerpací stanice, a to u Čerpací stanice Měchnov, Měchnov 32, 25726 Divišov. Pro všechna měření na válcové zkušebně vozidlo pracovalo rovněž na naftu z této čerpací stanice.

Jako aditivum byla aplikována komerčně prodávaná směs aditiv VIF Super Diesel Aditiv letní. Objemový poměr aditiva a motorové nafty byl dle návodu na obalu 1:1000. Dle tvrzení výrobce na obalu výrobku by tento produkt měl:

- Udržovat čistotu vstřikovacích trysek.
- Chránit palivový systém před korozí.
- Zlepšovat mazací schopnosti paliva a tím prodlužovat životnost vstřikovacího čerpadla a trysek.
- Zvyšovat cetanové číslo až o 5 jednotek, čímž by měl zlepšit spalování, snižovat hlučnost motoru a šetřit palivo.
- Zlepšovat studený start motoru.
- Potlačovat pění paliva v nádrži a celém palivovém systému.
- Stabilizovat naftu a prodlužovat její skladovací dobu.
- Snižovat spotřebu paliva až o 5 %.

Chemické složení přípravku je součástí bezpečnostního listu tohoto výrobku a je obsahem Přílohy 14 [45].

5.5. Metodika měření

Pokusné měření produkce emisí spalovacího motoru na válcové zkušebně bylo realizováno s výše představeným testovacím vozidlem a s využitím výše vyjmenovaného vybavení. Veškerá měření a testovací provoz vozidla probíhaly mezi 15. 8. 2019 a 12. 2. 2020.

Měření produkce emisí vozidla probíhala v následující měřicí sestavě. Vozidlo bylo umístěno na válcové zkušebně. Součet hmotností použitých setrvačníků byl 1475 kg. Palivový systém vozidla byl napájen z externí nádrže, umístěné na laboratorní váze. Válcová zkušebna je ovládána prostřednictvím počítače s programem ControlWEB. K tomuto počítači byla současně připojena laboratorní váha. Do výfuku vozidla byly vloženy sondy měřících přístrojů VMK a EEPS (v případě EEPS byl před vstupem do analyzátoru sledovaný vzorek ještě upravován za pomoci ředičky). Veškeré odpadní výfukové plyny byly z prostoru měřícího stanoviště odváděny odsávacím systémem. Údaje o okamžitých hodnotách otáček motoru, rychlosti jízdy, polohy plynového pedálu, hmotnostního množství nasávaného vzduchu, plnicího tlaku turbodmychadla a množství vstřikovaného paliva, tj. jeho aktuální spotřeba, byly zjišťovány z OBD jednotky vozidla, ke které byl prostřednictvím datového kabelu s OBD

konektorem připojen notebook s programem VDCS. Takto získaná data byla zpracována v programu MS Excel z kancelářského balíku Office od společnosti Microsoft.

Z důvodu eliminace rizika kontaminace motorové nafty nečistotami byla bezprostředně před zahájením měření na vozidle provedena výměna motorového oleje, filtru motorového oleje, filtru vzduchu a filtru paliva.

Před přípravou samotného měření proběhla inspekce vozidla. Ta spočívala především v kontrole tlaku pneumatik na hodnotu předepsanou výrobcem a kontrole zaznamenaných závad v paměti OBD. Dále byla provedena zkouška funkčnosti všech měřících přístrojů. Vozidlo bylo proti vyjetí z válců zkušebny jištěno dvěma vázacími kurtami vpředu a dvěma vzadu. Nosnost každé použité kurty byla 1,5 t.

Z důvodu eliminace vlivu teplot na výsledky měření byla vždy sledována teplota vzduchu v hale KVPD. Ta byla vždy 22 °C. Z toho samého důvodu byla sledována teplota motoru prostřednictvím teploty chladicí kapaliny. Na začátku každého měření se její teplota pohybovala v rozmezí 85–90 °C.

5.5.1. Metodika měření emisí

Měření produkce emisí probíhalo během jízdního cyklu WLTC Class 3b. Pro čistou motorovou naftu, motorovou naftu aditivovanou přípravkem VIF a aditivovanou naftu přípravkem VIF pro 15000 km provozu vozidla bylo pokaždé dvakrát opakováno. Výsledná data produkce emisí jsou tak průměrnou hodnotou ze tří odjetých cyklů. Celkem tedy bylo odjeto devět měřících cyklů WLTC Class 3b.

Plynné emisní složky byly zjišťovány pomocí emisního analyzátoru VMK. Počet pevných částic byl zjišťován velikostním klasifikátorem částic EEPS 3090. Takto získaná data byla zpracována v programu MS Excel z kancelářského balíku Office od společnosti Microsoft.

5.5.2. Metodika měření spotřeby

Z dat o hmotnostním úbytku paliva v externí nádrži lze zjistit spotřebu paliva na ujetou vzdálenost během měřícího cyklu. Toto porovnání je možné provést díky systému ControlWEB v ovládacím počítači válcové zkušebny, který údaje o hmotnostním úbytku paliva i ujeté vzdálenosti zaznamenává. Takto získaná data byla zpracována v programu MS Excel z kancelářského balíku Office od společnosti Microsoft. Pro přepočet z hmotnostního na

objemové množství spotřebované nafty bylo nutné znát její hustotu. Ta byla zjištěna hustoměrem. Teplota vzorku byla zjištěna elektronickým teploměrem. Z důvodu snahy o minimální zkreslení hodnoty hustoty paliva vlivem jeho teploty byl zkoumaný vzorek odebrán z vratné větve palivového čerpadla, co nejbližší k samotnému čerpadlu. Hodnoty hustoty i teploty byly zjištěny bezprostředně po odběru vzorku.

5.5.3. Metodika měření výkonových parametrů

Měření výkonu motoru probíhalo na válcové zkušebně KVPD. Jednalo se o statické měření výkonu, kdy byl motor vozidla při zařazeném čtvrtém rychlostním stupni a plném sešlápnutí pedálu akcelérátoru vytočen do maximálních otáček. Po ustálení otáček byl postupně navyšován brzdící moment vířivého dynamometru. S rostoucím brzdícím výkonem otáčky postupně klesaly až na hodnotu volnoběžných otáček. Program ControlWEB zaznamenával otáčky válců zkušebny a brzdící moment.

Po měření výkonu byla za pomoci válcové zkušebny a řídicího softwaru ControlWEB zjištěna hodnota pasivního odporu při jízdě vozidla na měřicích válcích. Pasivní odpor se skládá z odporu zkušebny, valivého odporu mezi pneumatikami hnané nápravy a válci zkušebny a z pasivního odporu hnacího ústrojí vozidla. Měření probíhalo s využitím elektromotoru zkušebny, který poháněl válce, a tím i hnací ústrojí automobilu. Válce akcelerovaly na obvodovou rychlost $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Přitom byl tenzometrem zkušebny zaznamenáván potřebný hnací moment. Ten byl po čas měření vyhodnocován programem ControlWEB, který následně vypočítal hodnotu odporů. Ta byla následně zahrnuta do kalkulace výkonu a točivého momentu motoru. Získaná data byla následně zpracována do vnější otáčkové charakteristiky motoru v programu MS Excel z kancelářského balíku Office od společnosti Microsoft.

5.6. Výsledky a diskuze

5.6.1. Výsledky měření emisí

5.6.1.1. Emise HC

Tabulka 4 obsahuje údaje o produkci HC během jízdního cyklu. Hodnoty aktuální produkce HC během jízdního cyklu ukazují přiložené grafy v Příloze 15.

Tabulka 4: Emise HC [autor]

	Nafta	Nafta+VIF	Nafta+VIF po 15000 km
1. Měření	0,01265 g·km ⁻¹	0,03889 g·km ⁻¹	0,04193 g·km ⁻¹
2. Měření	0,01866 g·km ⁻¹	0,03679 g·km ⁻¹	0,04231 g·km ⁻¹
3. Měření	0,01820 g·km ⁻¹	0,02920 g·km ⁻¹	0,03911 g·km ⁻¹
PRŮMĚR	0,01650 g·km⁻¹	0,03496 g·km⁻¹	0,04111 g·km⁻¹
Směrodatná odchylka	0,00273 g·km ⁻¹	0,00417 g·km ⁻¹	0,00143 g·km ⁻¹

Z výsledků měření produkce HC vyplývá, že přídatné aditivum VIF má značný vliv na produkci HC, protože jejich hmotnostní množství na kilometr emitované během měření při provozu na aditivovanou naftu (prostřední sloupec Tabulky 4), bylo oproti měření na čistou naftu více než dvojnásobné. V případě třetího měření po ujetí 15000 km na aditivovanou naftu není dlouhodobý vliv aditivace na produkci HC zcela průkazný, a to z důvodu změn složení motorové nafty během kalendářního roku (první dvě měření probíhala v srpnu 2019, třetí v únoru 2020). Výsledek zvýšené produkce HC při třetím měření oproti prvnímu je tak pravděpodobně dán kombinací odlišného složení motorové nafty i vlivem samotného aditiva.

5.6.1.2. Emise NO

Tabulka 5 obsahuje údaje o produkci NO během jízdního cyklu. Hodnoty aktuální produkce NO během jízdního cyklu ukazují přiložené grafy v Příloze 16.

Tabulka 5: Emise NO [autor]

	Nafta	Nafta+VIF	Nafta+VIF po 15000 km
1. Měření	0,65789 g·km ⁻¹	0,58427 g·km ⁻¹	0,56674 g·km ⁻¹
2. Měření	0,64007 g·km ⁻¹	0,61115 g·km ⁻¹	0,59893 g·km ⁻¹
3. Měření	0,64829 g·km ⁻¹	0,59033 g·km ⁻¹	0,57144 g·km ⁻¹
PRŮMĚR	0,64829 g·km⁻¹	0,59525 g·km⁻¹	0,57904 g·km⁻¹
Směrodatná odchylka	0,00738 g·km ⁻¹	0,01151 g·km ⁻¹	0,01420 g·km ⁻¹

Testování vozidla při chodu na aditivovanou naftu ukázalo snížení produkce emisí NO (prostřední sloupec Tabulky 5). Tento pokles je pravděpodobně dán snížením maximální teploty při spalování směsi. Výsledky měření po ujetí 15000 km ukazují další pokles produkce emisí NO, nicméně tento rozdíl již není tak výrazný a pravděpodobně je dán kombinací vlivu aditiva a odlišného složení zimní nafty. Tato kombinace tak zřejmě vede ke snížení špičkových teplot během procesu hoření, což má za následek právě nižší emise NO.

5.6.1.3. Emise CO

Tabulka 6 obsahuje údaje o produkci CO během jízdního cyklu. Hodnoty aktuální produkce CO během jízdního cyklu ukazují přiložené grafy v Příloze 17.

Tabulka 6: Emise CO [autor]

	Nafta	Nafta+VIF	Nafta+VIF po 15000 km
1. Měření	0,07518 g·km ⁻¹	0,02529 g·km ⁻¹	0,01954 g·km ⁻¹
2. Měření	0,06855 g·km ⁻¹	0,01759 g·km ⁻¹	0,01812 g·km ⁻¹
3. Měření	0,07603 g·km ⁻¹	0,01333 g·km ⁻¹	0,01386 g·km ⁻¹
PRŮMĚR	0,07325 g·km⁻¹	0,01874 g·km⁻¹	0,01717 g·km⁻¹
Směrodatná odchylka	0,00334 g·km ⁻¹	0,00495 g·km ⁻¹	0,00241 g·km ⁻¹

Z Tabulky 6 je patrné výrazné snížení produkce emisí CO. Lze tak říci, že toto aditivum má pozitivní vliv na kvalitu oxidačních procesů během spalování směsi. Tento předpoklad se potvrdil i při měření po 15000 km navzdory tomu, že při spalování zimní nafty by teoreticky mělo dojít ke zvýšení produkce CO v důsledku spalování těžších složek motorové nafty, protože jejich molekuly jsou složitější a k jejich dokonalé oxidaci je třeba více času.

5.6.1.4. Emise CO₂

Tabulka 7 obsahuje údaje o produkci CO₂ během jízdního cyklu. Hodnoty aktuální produkce CO₂ během jízdního cyklu ukazují příložené grafy v Příloze 18.

Tabulka 7: Emise CO₂ [autor]

	Nafta	Nafta+VIF	Nafta+VIF po 15000 km
1. Měření	101,942 g·km ⁻¹	98,971 g·km ⁻¹	102,930 g·km ⁻¹
2. Měření	102,658 g·km ⁻¹	102,961 g·km ⁻¹	106,518 g·km ⁻¹
3. Měření	101,175 g·km ⁻¹	100,490 g·km ⁻¹	104,840 g·km ⁻¹
PRŮMĚR	101,925 g·km⁻¹	100,808 g·km⁻¹	104,103 g·km⁻¹
Směrodatná odchylka	0,606 g·km ⁻¹	1,644 g·km ⁻¹	1,466 g·km ⁻¹

S nárůstem spotřeby paliva při provozu na aditivovanou naftu (Tabulka 10), by mělo růst i hmotnostní množství vyprodukovaného CO₂. V tomto případě byl však efekt pravděpodobně opačný, což lze přisuzovat právě aditivaci motorové nafty. Nicméně tento rozdíl je velice malý, takže je možné, že se jedná pouze o chybu měření, jelikož směrodatné odchylky se překrývají. Měření po 15000 km nelze díky odlišnému složení nafty s předchozími výsledky porovnávat.

5.6.1.5. Emise O₂

Tabulka 8 obsahuje údaje o obsaženém kyslíku ve spalinách během jízdního cyklu. Aktuální hodnoty jeho obsahu během jízdního cyklu ukazují příložené grafy v Příloze 19.

Tabulka 8: Emise O₂ [autor]

	Nafta	Nafta+VIF	Nafta+VIF po 15000 km
1. Měření	15,8494 %	15,7617 %	15,8730 %
2. Měření	15,8917 %	15,8028 %	15,7554 %
3. Měření	15,9248 %	15,8001 %	15,8396 %
PRŮMĚR	15,8886 %	15,7882 %	15,8226 %
Směrodatná odchylka	0,0309 %	0,0188 %	0,0494 %

Objemový podíl kyslíku ve spalinách se během měření na čistou a aditivovanou naftu příliš neliší. Drobná změna je ale pozorovatelná při měření po 15000 km, kdy došlo k mírnému navýšení podílu kyslíku ve spalinách. To je ale pravděpodobně dáno odlišným složením motorové nafty, nikoliv aditivem v ní.

5.6.1.6. Emise pevných částic

Tabulka 9 obsahuje údaje o produkci pevných částic během jízdního cyklu. Hodnoty aktuální produkce pevných částic během cyklu ukazují přiložené grafy v Příloze 20.

Tabulka 9: Emise pevných částic [autor]

	Nafta	Nafta+VIF	Nafta+VIF po 15000 km
1. Měření	6,02E+06 PN·km ⁻¹	7,73E+06 PN·km ⁻¹	8,68E+06 PN·km ⁻¹
2. Měření	7,24E+06 PN·km ⁻¹	8,40E+06 PN·km ⁻¹	9,73E+06 PN·km ⁻¹
3. Měření	7,47E+06 PN·km ⁻¹	8,76E+06 PN·km ⁻¹	10,90E+06 PN·km ⁻¹
PRŮMĚR	6,91E+06 PN·km⁻¹	8,30E+06 PN·km⁻¹	9,84E+06 PN·km⁻¹
Směrodatná odchylka	6,37E+05 PN·km ⁻¹	4,26E+05 PN·km ⁻¹	9,18E+05 PN·km ⁻¹

Z výsledků měření v Tabulce 9 je patrný výrazný nárůst produkce emisí pevných částic, pravděpodobně v důsledku čistících schopností aditiva v naftě, kdy při počátku provozu vozidla

na aditivovanou naftu došlo k výraznému uvolňování úsad ze spalovacího prostoru a výfukového systému. Množství produkované během měření po 15000 km je pravděpodobně dáno kombinací čistících schopností aditiva i odlišným složením nafty.

5.6.2. Výsledky měření spotřeby

Tabulka 10 obsahuje údaje o spotřebě paliva během jízdního cyklu.

Tabulka 10: Spotřeba paliva [autor]

	Nafta	Nafta+VIF	Nafta+VIF po 15000 km
Hustota vzorku nafty z vratné větve čerpadla	810 kg·m ⁻³ při 36 °C	810 kg·m ⁻³ při 37 °C	830 kg·m ⁻³ při 35 °C
1. Měření	4,66 l·100 km ⁻¹	4,70 l·100 km ⁻¹	4,79 l·100 km ⁻¹
2. Měření	4,60 l·100 km ⁻¹	4,69 l·100 km ⁻¹	4,85 l·100 km ⁻¹
3. Měření	4,63 l·100 km ⁻¹	4,62 l·100 km ⁻¹	4,80 l·100 km ⁻¹
PRŮMĚR	4,63 l·100 km⁻¹	4,67 l·100 km⁻¹	4,81 l·100 km⁻¹
Směrodatná odchylka	0,02 l·100 km ⁻¹	0,04 l·100 km ⁻¹	0,03 l·100 km ⁻¹

Při počátku provozu vozu na aditivovanou naftu došlo k mírnému nárůstu spotřeby paliva, díky překryvu směrodatných odchylek téměř žádnému. Po ujetí 15000 km sice došlo k navýšení spotřeby, ale pravděpodobně v důsledku odlišného složení nafty, nikoli užitím aditiva. Změnu složení motorové nafty nepřímo ukazují rozdílné výsledky měření hustoty nafty (vzorek byl odebírán z vratné větve palivového čerpadla). Hodnoty hustoty byly užity k přepočtu hmotnostní spotřeby na objemovou.

5.6.3. Výsledky měření výkonových parametrů

Tabulka 11 obsahuje maximální hodnoty výkonu a točivého momentu motoru naměřené při měření výkonových parametrů motoru. Vnější otáčkové charakteristiky pro jednotlivá měření jsou součástí Přílohy 21.

Tabulka 11: Výkonové parametry [autor]

	Nafta	Nafta+VIF	Nafta+VIF po 15000 km
Maximální výkon	94 kW při 3850 $n \cdot \text{min}^{-1}$	91 kW při 3900 $n \cdot \text{min}^{-1}$	94 kW při 4100 $n \cdot \text{min}^{-1}$
Maximální točivý moment	248 Nm při 1850 $n \cdot \text{min}^{-1}$	241 Nm při 1900 $n \cdot \text{min}^{-1}$	248 Nm při 1800 $n \cdot \text{min}^{-1}$

Na počátku provozu vozidla na aditivovanou naftu došlo k poklesu maximálních hodnot výkonu i točivého momentu motoru. Při měření výkonových parametrů po ujetí 15000 km došlo k nárůstu hodnot výkonu i točivého momentu. Zajímavý je ovšem fakt, že maximální hodnoty výkonu je dosahováno při výrazně vyšších otáčkách. Tato hodnota se téměř shoduje s hodnotou jmenovitých otáček, udávanou výrobcem vozidla. Užití aditiva tak pravděpodobně vede k pročištění motoru a díky tomu i k nárůstu maximálních hodnot jeho výkonových parametrů. Tomu nasvědčuje i fakt, že autor práce v počátcích provozu vozidla na aditivovanou naftu subjektivně pocíťoval rychlejší nástup točivého momentu a obecně vyšší výkon vozidla.

Zajímavým zjištěním jsou výrazně vyšší maximální hodnoty výkonových parametrů než hodnoty udávané výrobcem vozu (výrobce udává 81 kW, resp. 235 Nm). To svědčí o dobrém technickém stavu motoru, ačkoliv při ukončení zkušebního provozu ukazoval tachometr vozidla více než půl milionu ujetých kilometrů.

6. Závěr

Cílem teoretické části této diplomové práce bylo vytvoření rešerše, která čtenáři přibližuje problematiku emisních složek ve výfukových plynech spalovacích motorů, zejména pak vznětových motorů. V rešeršní části je dále představeno pozadí vzniku prvních emisních norem ve světě a emisní normy Euro včetně jejich historického kontextu a vývoje. Následuje představení emisních homologačních cyklů pro osobní vozidla do 3,5 t, podle kterých byla a jsou vozidla v Evropské unii homologována. Jedním z popisovaných cyklů je i cyklus WLTC Class 3b, který byl využit k měření produkce emisí v praktické části práce. V dalších částech

rešerše jsou představeny technická opatření, jejichž cílem je snižování emisí vznětových motorů, měřicí metody produkce emisí, metody měření výkonových parametrů a také motorová nafta jako palivo a přídatná aditiva.

Cílem praktické části této diplomové práce bylo prokázání či vyvrácení vlivu přídatného aditiva VIF Super Diesel Aditiv letní na provozní parametry vznětového motoru. K testování vlivu aditiva bylo využito vlastní vozidlo autora práce Škoda Octavia Combi 1,9 TDI 81 kW. V praktické části byla také popsána metodika měření produkce emisí, spotřeby paliva a výkonových parametrů a představeny měřicí přístroje, které byly k měření využity. Jednalo se výlučně o měřicí přístroje KVPD TF ČZU. Byly porovnávány parametry motoru při provozu na čistou motorovou naftu, naftu aditivovanou přípravkem VIF a naftu aditivovanou přípravkem VIF po ujetí zhruba 15000 km v reálném provozu. Měření produkce emisí bylo prováděno s využitím homologačního cyklu WLTC Class 3b. Toto měření probíhalo na válcové zkušebně. Pro potlačení chyb měření produkce emisí bylo měření na každé palivo (čistá nafta, nafta+ VIF, nafta+ VIF po 15000 km) 3x opakováno. Současně bylo provedeno měření výkonových parametrů motoru.

Z výsledků měření lze usuzovat, že přípravek VIF Super Diesel Aditiv letní čistí spalovací prostor motoru od úsad a brání jejich vzniku, čímž pozitivně působí na výkonové parametry motoru. Užívání tohoto přípravku také vede ke snížení produkce emisí NO a CO. Emise HC a pevných částic ale naopak vzrostly. Vliv tohoto přípravku na spotřebu se měřením nepodařil prokázat.

Je doporučeno provádět dodatečnou aditivaci motorové nafty přípravkem VIF Super Diesel Aditiv letní za účelem prevence vzniku karbonových úsad ve spalovacím prostoru a jako prevenci před poklesem výkonu motoru a případných poruch či havárií způsobených těmito úsady. Zároveň je však doporučeno používat aditiva přesně v souladu s návodem, jelikož se ukázalo, že používání tohoto přípravku v zimní naftě nepřináší stejný efekt, jako v naftě letní, pro kterou je primárně určen.

7. Seznam použité literatury

- [1] When will the WLTP changes take place? *Wltpfacts.eu* [online]. [cit. 2020-02-12]. Dostupné z: <https://www.wltpfacts.eu/when-will-wltp-changes-take-place/>
- [2] 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: (Text s významem pro EHP). In: Brusel, 2017, L 175. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:31970L0220&from=CS>
- [3] HROMÁDKO, Jan, 2011. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [4] TAKÁTS, Michal, 1997. *Měření emisí spalovacích motorů*. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-01-01632-3.
- [5] ZEHNÁLEK, Josef, 2005. *Chemie, paliva, maziva*. Druhé nezměněné vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 80-7175-900-9.
- [6] ADAMCOVÁ, Pavlína, 2010. *Oxid uhelnatý zabíjí...* [online]. Praha [cit. 2020-02-15]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/oxid-uhelnaty-zabiji>
- [7] RAUB, J., 2nd ed., 1999. *Carbon monoxide*. 2nd ed. Geneva: World Health Organization. ISBN 92-4-157213-2.
- [8] SAJDL, Jan, Oxid uhličitý CO₂. *Autolexicon.net* [online]. c2020 [cit. 2020-02-15]. ISSN 1804-2554. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/oxid-uhlicity-co2/>
- [10] RUBINOVÁ, Olga, *Vzduch, který dýcháme*. Interní studijní text. VUT v Brně, Ústav technických zařízení budov, Brno, 2013 [cit. 2020-02-15].
- [11] MŽP. *Oxid dusný* [online]. [cit. 2020-2-20]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/76>
- [12] MŽP. *Oxidy síry* [online]. [cit. 2020-2-22]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/80>

- [13] VOJTISEK-LOM, Michal, Martin PECHOUT, Luboš DITTRICH, et al., 2015. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and their genotoxicity in exhaust emissions from a diesel engine during extended low-load operation on diesel and biodiesel fuels. *Atmospheric Environment*. **109**, 9-18. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2015.02.077. ISSN 13522310. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S135223101500206X>
- [14] MŽP. *Polétavý prach (PM10)* [online]. [cit. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://www.irz.cz/node/85>
- [15] TREE, Dale R. a Kenth I. SVENSSON, 2007. Soot processes in compression ignition engines. *Progress in Energy and Combustion Science*. **2007**(33-3), 272-309. DOI: 10.1016/J.PECS.2006.03.002. ISSN 0360-1258. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/journal/progress-in-energy-and-combustion-science>
- [16] SMITH, A. a H. DAVIES, 1996. A review of the history of emission legislation, urban and national transport trends and their impact on transport emissions. *Transactions on the Built Environment*. WIT Press, (23). ISSN 1743-3509. Dostupné také z: <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/UT96/UT96028FU.pdf>
- [17] EU: Light-duty: Emissions. *Transportpolicy.net* [online]. c2018 [cit. 2020-02-28]. Dostupné z: <https://www.transportpolicy.net/standard/eu-light-duty-emissions/>
- [18] Euro 1 to Euro 6 – find out your vehicle's emissions standard. *RAC Motoring Services* [online]. c2020, 2020-02-06 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.rac.co.uk/drive/advice/emissions/euro-emissions-standards/>
- [19] SAJDL, Jan. *Emisní norma EURO* [online]. c2020 [cit. 2020-02-15]. ISSN 1804-2554. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- [20] DUSIL, Tomáš. Nový homologační emisní test WLTP: Opravdu znamená konec lhaní? *Auto.cz* [online]. c2001-2020, 2017-10-04 [cit. 2020-03-5]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/novy-homologacni-emisni-test-wltp-opravdu-znamená-konec-lhani-110305>
- [21] Emission standarts: EU: Cars and Light Trucks. *Dieselnet.com* [online]. c1997-2020, 2019.04 [cit. 2020-03-2]. Dostupné z: <https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>

- [22] RYBECKÝ, Vladimír. Přehled o WLTP, RDE a Euro 6d-TEMP. *Autonoviny.cz* [online]. c2020, 15.08. 2018 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.autonoviny.cz/clanek/34612-prehled-o-wltp-rde-a-euro-6d-temp>
- [23] KOTZIAN, Petr. Automobilové emise: Emise ze spalování. *Emise z lidské činnosti* [online]. c2017, 31.03.2018 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <http://emise.unas.cz/automobilove-emise.html>
- [24] MIROSLAV, Krupička. *Porovnání homologačních jízdních cyklů používaných v ČR z pohledu produkce emisí*. Praha, 2018. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta.
- [25] HORÁKOVÁ, Blanka. *Tvorba městského jízdního cyklu pro osobní automobil*. Brno, 2018. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Institut celoživotního vzdělávání.
- [26] ROMAIN, Nicolas. The different driving cycles. *Car-engineer.com* [online]. c2018, 01-5-2013 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <http://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>
- [27] SMĚRNICE RADY ze dne 20. března 1970 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se opatření proti znečišťování ovzduší plyny zážehových motorů motorových vozidel. In: Brusel, 1970, L 76. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX%3A31970L0220>
- [28] Emission Test Cycles: ECE 15 + EUDC / NEDC. *Dieselnet.com* [online]. c1997-2020, 2013-07 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: https://dieselnet.com/standards/cycles/ece_eudc.php
- [29] SOKOLOWSKI, Damian. Virtual Real Driving Emissions (vRDE) Part 1: New Technologies Inspire New Emissions Tests. *Gtisoft.com* [online]. c2015-2019 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.gtisoft.com/blog-post/virtual-real-driving-emissions-vrde-part-1-new-technologies-inspire-new-emissions-tests/>
- [30] Emission Test Cycles: Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (WLTC). *Dieselnet.com* [online]. c1997-2020, 2019.01 [cit. 2020-03-17]. Dostupné z: <https://dieselnet.com/standards/cycles/wltp.php>

- [31] ELS, Peter. The real world of emissions testing: Random Cycle Test versus the Portable Emission Measurement System. *Writingaboutcars.com* [online]. November 11, 2015 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <http://writingaboutcars.com/the-real-world-of-emissions-testing/>
- [32] LINDER, Jim, HALDERMAN, James D. *Automotive fuel and emissions control systems*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall, 2006. ISBN 013110442.
- [33] BAUMRUK, Pavel. *Příslušenství spalovacích motorů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. ISBN 80-010-1103-8.
- [34] KAMEŠ, Josef. *Speciální motorová vozidla: Spalovací motory*. 2. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2010. ISBN 80-213-0895-8.
- [35] SAJDL, Jan. Katalyzátor. *Autolexicon.net* [online]. c2020 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/katalyzator/>
- [36] SAJDL, Jan. DPF (Diesel Particulate Filter). *Autolexicon.net* [online]. c2020 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/dpf-diesel-particulate-filter/>
- [37] SAJDL, Jan. SCR (Selective Catalytic Reduction). *Autolexicon.net* [online]. c2020 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/scr-selective-catalytic-reduction/>
- [38] ČSN ISO 22241-1 (302460): *Vznětové motory – Činidlo pro snížení NOx, vodný roztok močoviny (AUS 32) - Část 1: Požadavky na kvalitu*. Druhé vydání. Technická normalizační komise: TNK 118 Ropa a ropné výrobky, 2019, 12 s.
- [39] VALA, Miroslav a Miroslav TESAŘ. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-719-4503-X.
- [40] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel: jízdní odpory: hnací charakteristika, brzdění, odpružení, říditelnost, ovladatelnost, stabilita*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2000. ISBN 80-238-5273-6.
- [41] HÖNIG, Vladimír. *Paliva a maziva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2013. ISBN 978-80-213-2432-9.

- [42] ČSN EN 590+A1 (656506). *Motorová nafta – Motorové nafty – Technické požadavky a metody zkoušení*. Úřad pro technickou normalizaci: Česká Technická Norma, 2018.
- [43] Hořlavé a vysoce hořlavé látky (kapaliny). Rozdíly, klasifikace, bod vzplanutí a vznícení: Rozdíl mezi hořlavými a vysoce hořlavými látkami. *Bozpz.cz* [online]. c2020, 8.1.2020 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://www.bozpz.cz/aktuality/horlave-a-vysoce-horlave-latky/>
- [44] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0350-5.
- [45] BEZPEČNOSTNÍ LIST: Super diesel aditiv letní. In: *Vif.cz* [online]. 1. c2020, 18. listopadu 2014 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: http://www.vif.cz/files/files/bezpecnostni-listy/2015/Super_diesel_aditiv_letni.pdf

8. Seznam tabulek, obrázků, vzorců, zkratk a příloh

8.1. Seznam tabulek

Tabulka 1: Třídy WLTC podle PMR a maximální rychlosti vozidla [30]

Tabulka 2: Třídy hořlavosti kapalin [43]

Tabulka 3: Teplotní třídy motorových naft [42]

Tabulka 4: Emise HC [autor]

Tabulka 5: Emise NO [autor]

Tabulka 6: Emise CO [autor]

Tabulka 7: Emise CO₂ [autor]

Tabulka 8: Emise O₂ [autor]

Tabulka 9: Emise pevných částic [autor]

Tabulka 10: Spotřeba paliva [autor]

Tabulka 11: Výkonové parametry [autor]

8.2. Seznam obrázků

Obrázek 1: Produkce emisí zážehového motoru v závislosti na λ [3]

Obrázek 2: Produkce emisí vznětového motoru v závislosti na λ [3]

Obrázek 3: Složení výfukových plynů vznětového a zážehového motoru [3]

Obrázek 4: Schéma spalování propanu s vyznačením hlavních pochodů a jejich produktů s ohledem na tvoření polycyklických aromatických uhlovodíků [3]

Obrázek 5: Depozice PM v lidském těle [3]

Obrázek 6: Schéma instalace PEMS včetně příslušenství ve vozidle [31]

Obrázek 7: Schéma zařazení mezichladiče plicního vzduchu do sací soustavy [3]

Obrázek 8: Emise NOX v závislosti na λ pro komůrku a přímý vstřík [3]

Obrázek 9: Emise NOX a HC pro standartní a dělenou dávku paliva [3]

Obrázek 10: Vliv předstihu vstříku paliva na produkci emisí vznětového motoru [33]

Obrázek 11: Systém vnější recirkulace výfukových plynů [34]

Obrázek 12: Momenty působící vzhledem k hnacímu kolu a ke zkušebnímu válci [3]

Obrázek 13: Vnější otáčková charakteristika vznětového motoru [3]

Obrázek 14: Destilační křivka motorové nafty [44]

Obrázek 15: Testovací vozidlo [autor]

8.3. Seznam vzorců

Vzorec 1 Součinitel přebytku vzduchu λ

Vzorec 2 Zelvidčova řetězová reakce

Vzorec 3 Oxidace CO na CO₂

Vzorec 4	Reakce HC na CO ₂ a H ₂ O
Vzorec 5	Vznik vodní páry
Vzorec 6	Katalýza NO _x pomocí NH ₃
Vzorec 7	Absorbční koeficient
Vzorec 8	Výkon motoru v závislosti na momentu
Vzorec 9	Hnací moment v závislosti na deformační síle
Vzorec 10	Rovnováha momentů na válcové zkušebně
Vzorec 11	Rovnováha momentů k ose vozidla
Vzorec 12	Velikost hnací síly
Vzorec 13	Moment na měřicím válci
Vzorec 14	Výkon na kolech v závislosti na rychlosti a hnací síle
Vzorec 15	Točivý moment v závislosti na momentu setrvačnosti a úhlovém zrychlení klikového hřídele
Vzorec 16	Vztah cetanového čísla a Dieselova indexu

8.4. Seznam zkratek

ω	úhlová rychlost
%	procento
% (m·m ⁻¹)	hmotnostní procento
% (V·V ⁻¹)	objemové procento
°BOSCH	stupeň kouřivosti

°C	stupeň Celsia
μm	mikrometr
C ₁₁ H ₁₀	methylnaftalen
C ₁₆ H ₃₄	cetan
C ₂ H ₂	acetylen
C ₂ H ₄	etylen
C ₃ H ₇	propylradikál
C ₃ H ₈	propan
C ₄ H ₂	diacetylen
C ₈ H ₅	radikál s uzavřeným benzolovým jádrem
CČ	cetanové číslo
CFPP	cold filter plugging point= bod ucpání studeného čističe
CLA	chemiluminiscenční analyzátor
cm ³	centimetr krychlový
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
CO _x	oxidy uhlíku
ČS	čerpací stanice
ČSN	Česká technická norma
ČZU	Česká zemědělská univerzita

Vliv aditiv na provozní parametry vznětového motoru

DI	Dieselův index
DPF	Diesel particulate filter= filtr pevných částic
EEPS	Engine Exhaust Particle Sizer= velikostní klasifikátor částic ve výfukových plynech
EGR	exhaust gas recirculation= recyklace výfukových plynů
EGRA	Evolution of regulations- Global Approach= Evoluce předpisů- Globální přístup
EHS	Evropské hospodářské společenství
EN	evropská norma
EOBD	Euro on board diagnose= evropská palubní diagnostika
EPA	Environmental Protection Agency= Agentura pro životní prostředí
ES	evropská směrnice
EU	Evropská unie
EUDC	Extra Urban Driving Cycle= mimoměstský jízdní cyklus
F	síla
FAME	fatty acid methyl esters= estery mastných kyselin
FAP	filtre a particules= filtr částic
FID	flame ionization detector= plamenoionizační detektor
F_k	hnací síla na obvodu kol
g	gram

$\text{g}\cdot\text{km}^{-1}$	gram na kilogram
$\text{g}\cdot\text{kWh}^{-1}$	gram na kilowatthodinu
h	hodina
H	vodík
H ₂	molekula vodíku
H ₂ O	voda
HC	nespálené uhlovodíky
HEPA	high efficiency particulate arrestance= zachytávání mikročástic s vysokou účinností
HFRR	high frequency reciprocating rig= přístroj s vysokofrekvenčním vratným pohonem
HNO ₃	kyselina dusičná
Hz	Hertz
I	moment setrvačnosti motoru redukováný na klikový hřídel
k	absorbční koeficient
kg	kilogram
$\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$	kilogram na kilogram
$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	kilogram na metr čtvereční
$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	kilogram na metr krychlový
km	kilometr

$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	kilometr za hodinu
kN	kilonewton
KVPD	Katedra vozidel a pozemní dopravy
kW	kilowatt
L	délka optické dráhy
$\text{l}\cdot 100\text{ km}^{-1}$	litrů na 100 km
L_{vt}	teoretické množství suchého vzduchu potřebného k oxidaci 1 kg paliva
M	točivý moment
m^{-1}	na metr
m^2	metr čtvereční
max	maximum
MEŘO	metylester řepkového oleje
M_f	moment valivého odporu
mg	miligram
$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	miligram na metr krychlový
min	minimum
min	minuta
min^{-1}	za minutu
M_k	moment na kolech vozidla
mm	milimetr

Vliv aditiv na provozní parametry vznětového motoru

M_p	hmotnost paliva ve směsi
m_{pe}	měrná efektivní spotřeba paliva
MS	Microsoft
M_t	točivý moment
M_v	brzdný moment
M_v	hmotnost suchého vzduchu ve směsi
M_v	moment na válci
MVEG	The Motor Vehicles Emissions Group= Emisní skupina motorových vozidel
N	dusík
N	lineární stupeň absorpce
N	Newton
n	počet
$n \cdot \text{min}^{-1}$	otáčky za minutu
N_2	molekula dusíku
N_2O	oxid dusný
NDIR	nondispersive infrared= nedisperzní infračervený
NEDC	New european driving cycle= Nový evropský jízdní cyklus
NH_3	amoniak
n_j	jmenovité otáčky

nm	nanometr
Nm	newtonmetr
n_{\max}	maximální provozní otáčky
n_{\min}	minimální provozní otáčky
NO	oxid dusnatý
NO ₂	oxid dusičitý
NO _x	oxidy dusíku
O	kyslík
O ₂	molekula kyslíku
O ₃	ozon
OBD	on board unit= palubní jednotka
OH	hydroxylová skupina
P	výkon
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
P_e	efektivní výkon motoru
PEMS	portable emission measurement system= přenosný měřicí systém emisí
pH	záporný dekadický logaritmus číselné hodnoty koncentrace vodíkových iontů v roztoku
P_k	hnací výkon

Vliv aditiv na provozní parametry vznětového motoru

PM	particulate matter= pevné částice
PMR	power to mass ratio= poměr výkonu ku hmotnosti
PN	particle number= počet částic
ppm	parts per million= částic z milionu
r	délka ramene
rad·s ⁻¹	radián za sekundu
rad·s ⁻²	radián za sekundu na druhou
r _d	poloměr kola
RDE	real driving emissions= emise v reálných podmínkách jízdy
R-CHO	aldehydy
r _v	poloměr válce
SCR	selective catalytic reduction= selektivní katalytická redukce
SO ₂	oxid siřičitý
SO ₃	oxid sírový
SOF	soluble organic fraction= organické složky pevných částic
SO _x	oxidy síry
SRN	Spolková republika Německo
t	tuna
TDI	Turbocharged direct injection= turbodmychadlem přeplňovaný motor s přímým vstřikováním paliva

TF	Technická fakulta
TVP	teplota vylučování parafínu
UDC	Urban driving cycle= městský jízdní cyklus
USA	United States Of America= Spojené státy americké
v	rychlost
v_{max}	maximální rychlost
W	Watt
$W \cdot kg^{-1}$	Watt na kilogram
WLTC	Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle= celosvětový harmonizovaný cyklus pro testování lehkých vozidel
WLTP	Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure= celosvětový harmonizovaný postup pro testování lehkých vozidel
ε	úhlové zrychlení setrvačných hmot
λ	součinitel přebytku vzduchu

8.5. Seznam příloh

Příloha 1	Emisní limity norem Euro
Příloha 2	Jízdní cyklus UDC
Příloha 3	Jízdní cyklus MVEG-A
Příloha 4	Jízdní cyklus NEDC
Příloha 5	Jízdní cyklus WLTC

Příloha 6	Metody měření výkonových parametrů
Příloha 7	Obecné požadavky na motorovou naftu
Příloha 8	Technické údaje testovacího vozidla
Příloha 9	Základní technické údaje válcové zkušebny
Příloha 10	Základní technické údaje váhy VIBRA AJ-6200CE
Příloha 11	Základní technické údaje analyzátoru VMK
Příloha 12	Základní technické údaje velikostního klasifikátoru částic EEPS 3090
Příloha 13	Základní technické údaje ventilátoru FILCAR AL-1500/C
Příloha 14	Bezpečnostní list VIF Super Diesel Aditiv letní
Příloha 15	Aktuální produkce emisí HC v závislosti na rychlosti
Příloha 16	Aktuální produkce emisí NO v závislosti na rychlosti
Příloha 17	Aktuální produkce emisí CO v závislosti na rychlosti
Příloha 18	Aktuální produkce emisí CO ₂ v závislosti na rychlosti
Příloha 19	Aktuální obsah kyslíku ve spalinách v závislosti na rychlosti
Příloha 20	Aktuální produkce emisí pevných částic v závislosti na rychlosti
Příloha 21	Vnější otáčkové charakteristiky

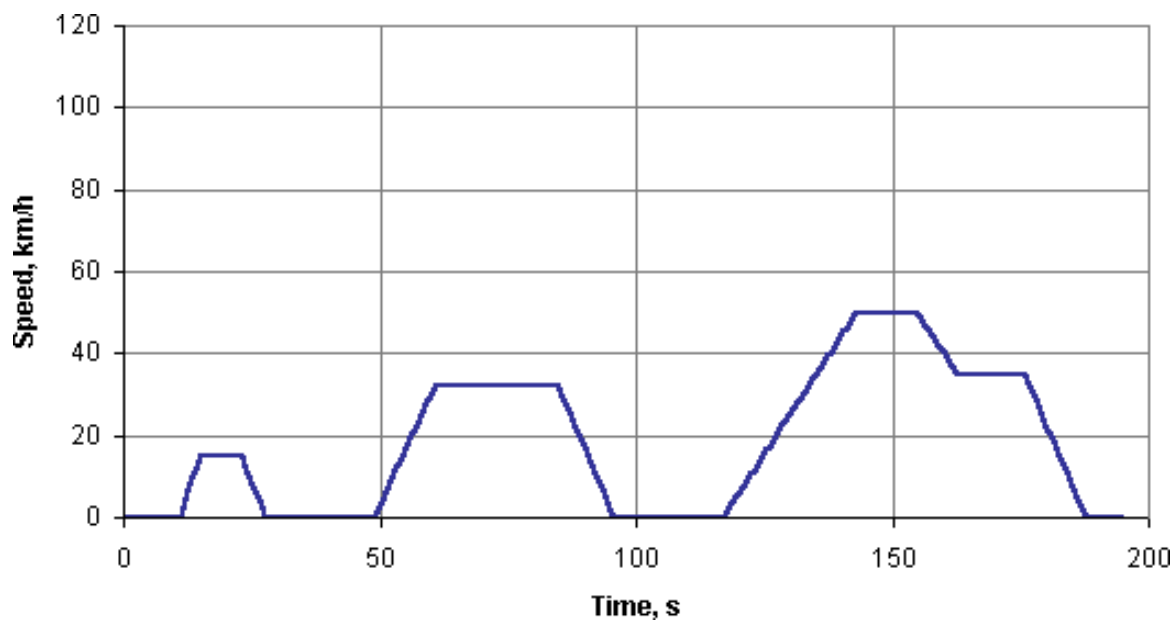
Příloha 1: Emisní limity norem Euro

Tabulka 1: Emisní limity norem Euro pro zážehové a vznětové motory [17]

Vznětové motory						
Norma	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM	PN
	g·km ⁻¹					n·km ⁻¹
Euro 1	2,72	-	0,97	-	0,14	-
Euro 2 IDI	1,0	-	0,7	-	0,08	-
Euro 2 DI	1,0	-	0,9	-	0,1	-
Euro 3	0,64	-	0,56	0,5	0,05	-
Euro 4	0,5	-	0,3	0,25	0,025	-
Euro 5a	0,5	-	0,23	0,18	0,005	-
Euro 5b	0,5	-	0,23	0,18	0,005	6,0·10 ¹¹
Euro 6	0,5	-	0,17	0,08	0,005	6,0·10 ¹¹
Zážehové motory						
Norma	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM	PN
	g·km ⁻¹					n·km ⁻¹
Euro 1	2,72	-	0,97	-	-	-
Euro 2	2,2	-	0,5	-	-	-
Euro 3	2,3	0,2	-	0,15	-	-
Euro 4	1,0	0,1	-	0,08	-	-
Euro 5	1,0	0,1	-	0,06	0,005	-
Euro 6	1,0	0,1	-	0,06	0,005	6,0·10 ¹¹

Příloha 2: Jízdní cyklus UDC

Obrázek 1: Rychlostní profil cyklu ECE 15 [28]

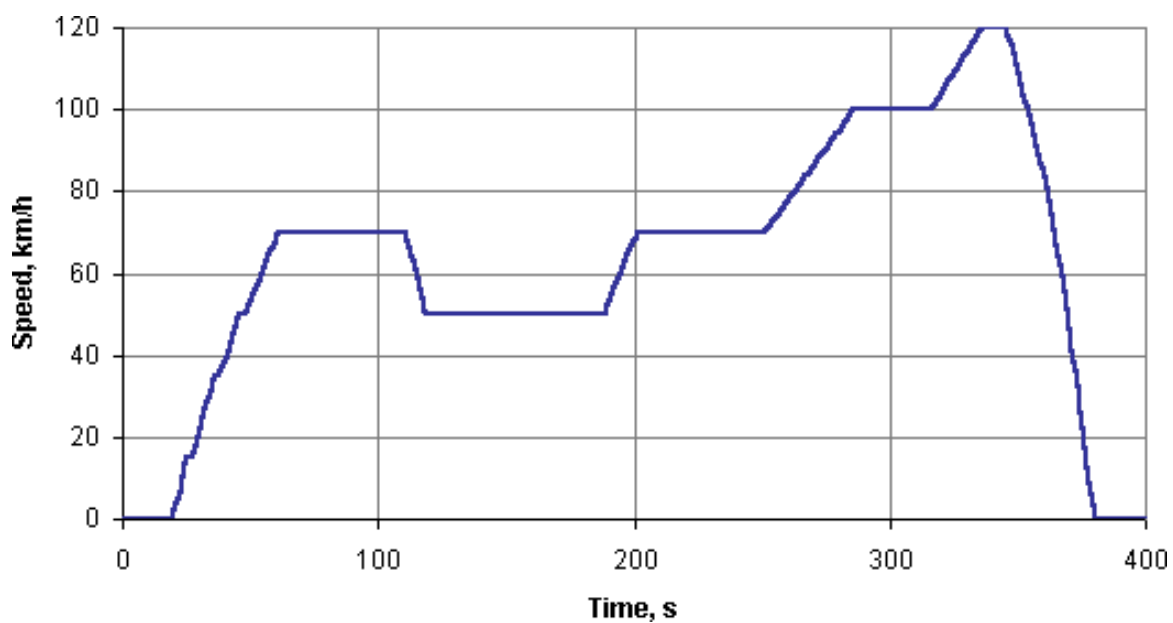


Tabulka 1: Základní údaje cyklu UDC [28]

Průměrná rychlost v průběhu zkoušky	18,35 km·h ⁻¹
Efektivní doba jízdy	195 s
Vzdálenost ujetá v cyklu ECE 15	0.9941 km

Příloha 3: Jízdní cyklus MVEG-A

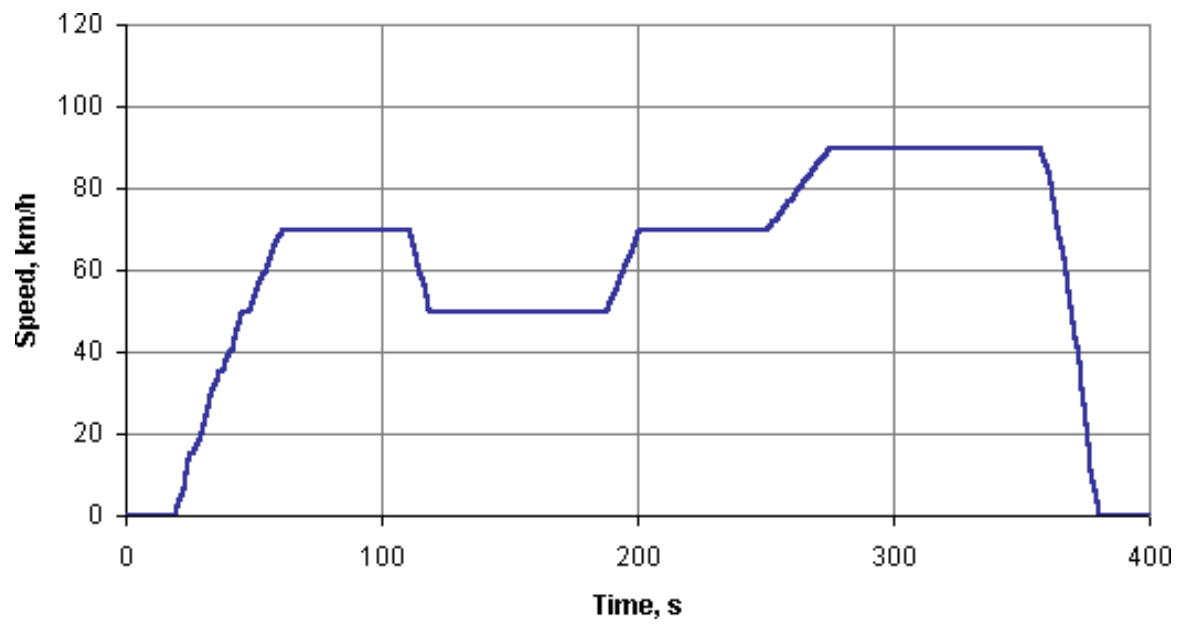
Obrázek 1: Rychlostní profil cyklu EUDC [28]



Tabulka 1: Základní údaje cyklu EUDC [28]

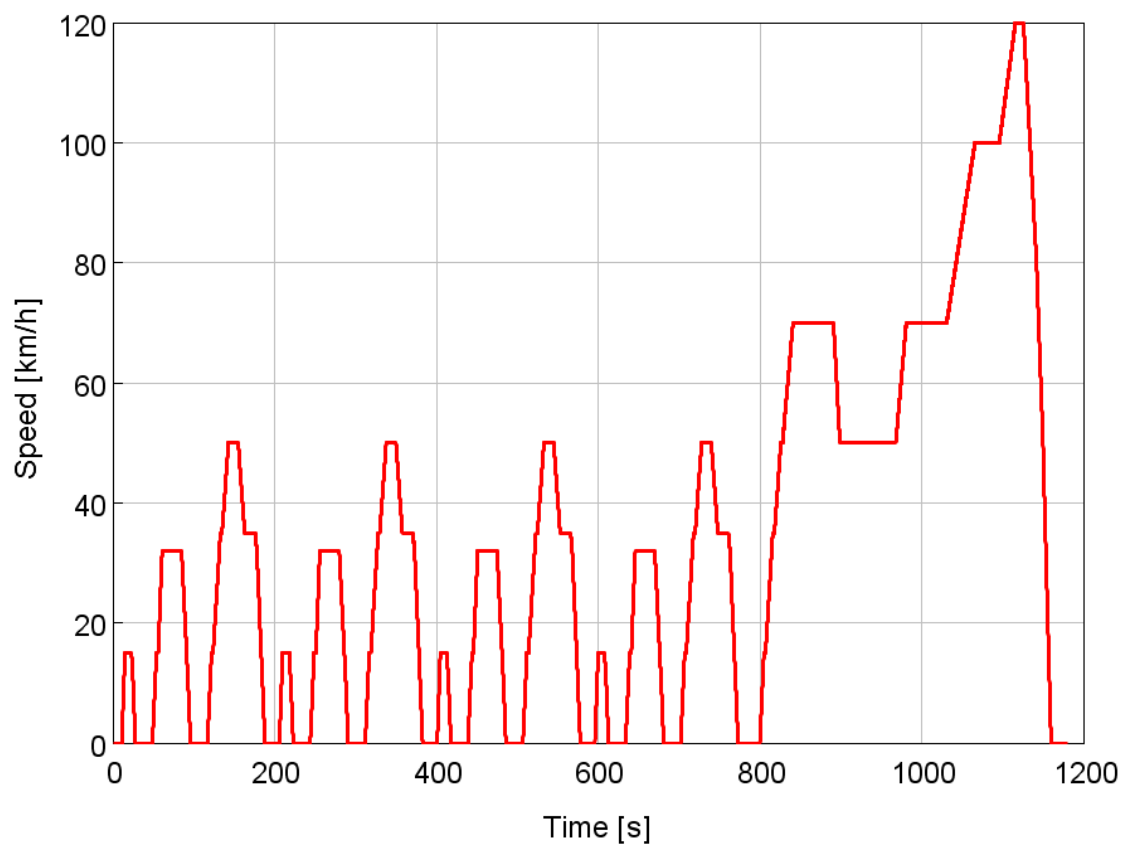
Průměrná rychlost v průběhu zkoušky	62,59 km·h ⁻¹
Efektivní doba jízdy	400 s
Vzdálenost ujetá v cyklu EUDC	6,955 km

Obrázek 2: Rychlostní profil cyklu EUDC pro vozidla s maximální rychlostí nižší než $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ [28]



Příloha 4: Jízdní cyklus NEDC

Obrázek 1: Rychlostní profil jízdního cyklu NEDC [29]

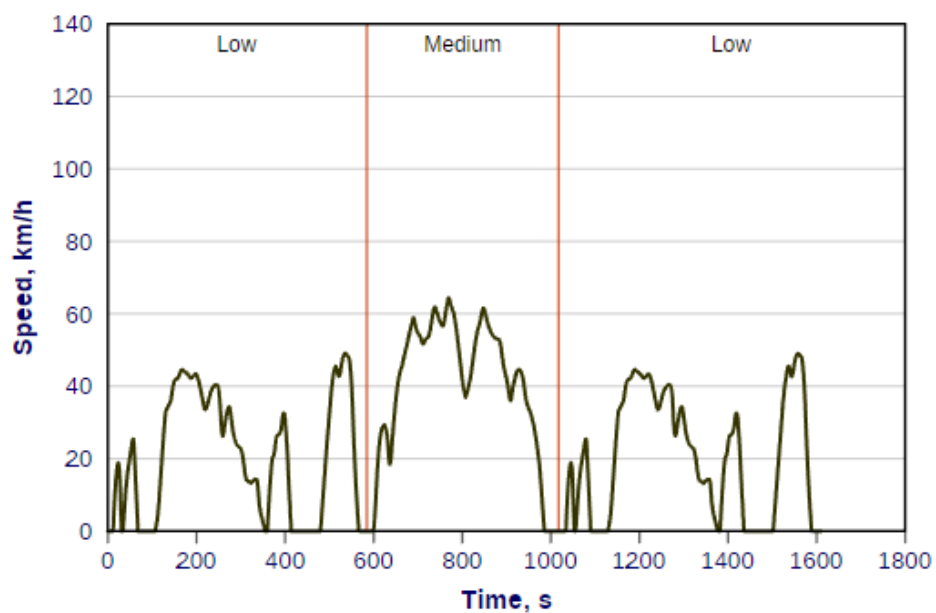


Tabulka 1: Základní údaje cyklu NEDC [28]

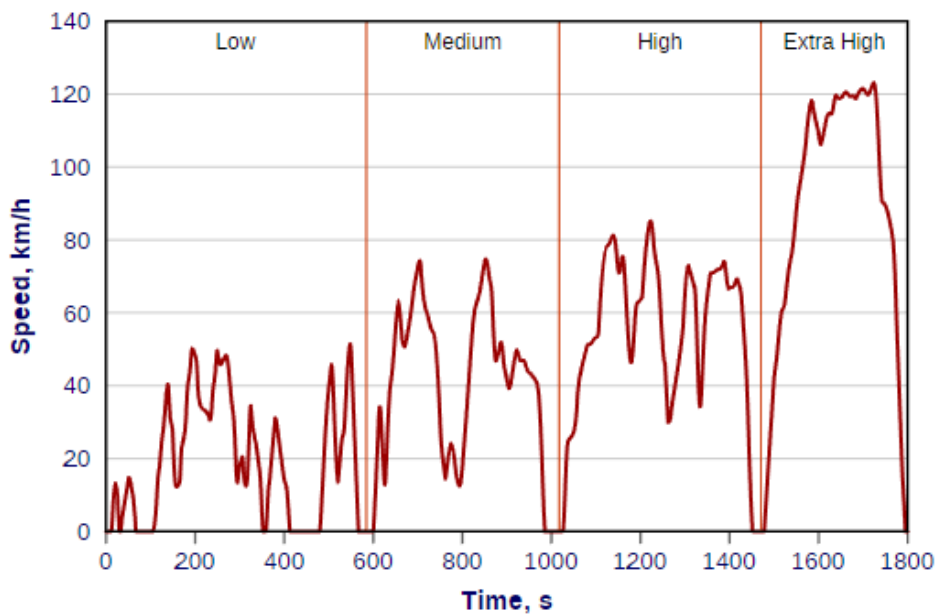
Průměrná rychlost v průběhu zkoušky	33,35 km·h ⁻¹
Efektivní doba jízdy	1180 s
Vzdálenost ujetá v cyklu EUDC	10,931 km

Příloha 5: Jízdní cyklus WLTC

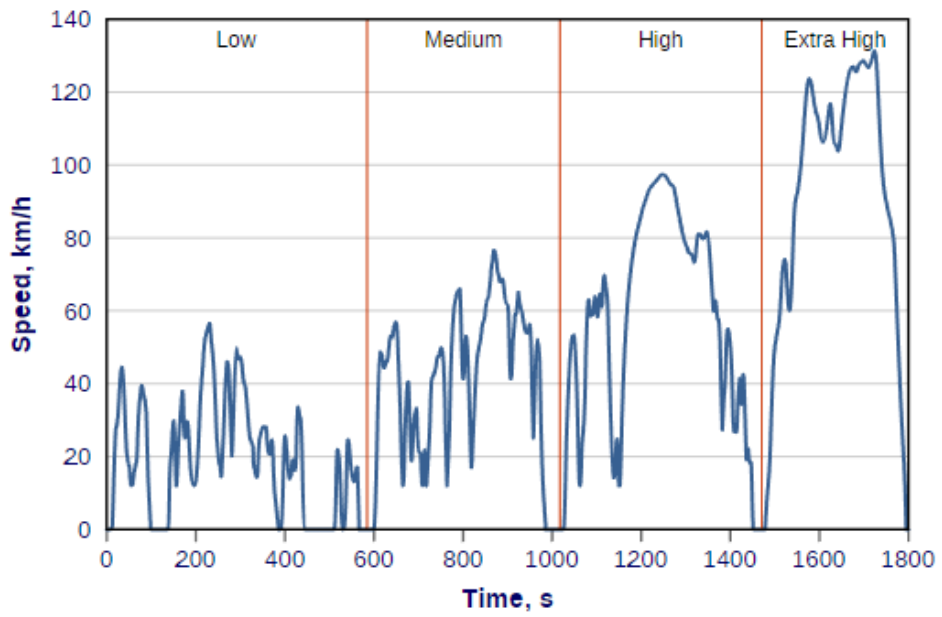
Obrázek 1: Rychlostní profil cyklu WLTC Class 1 [30]



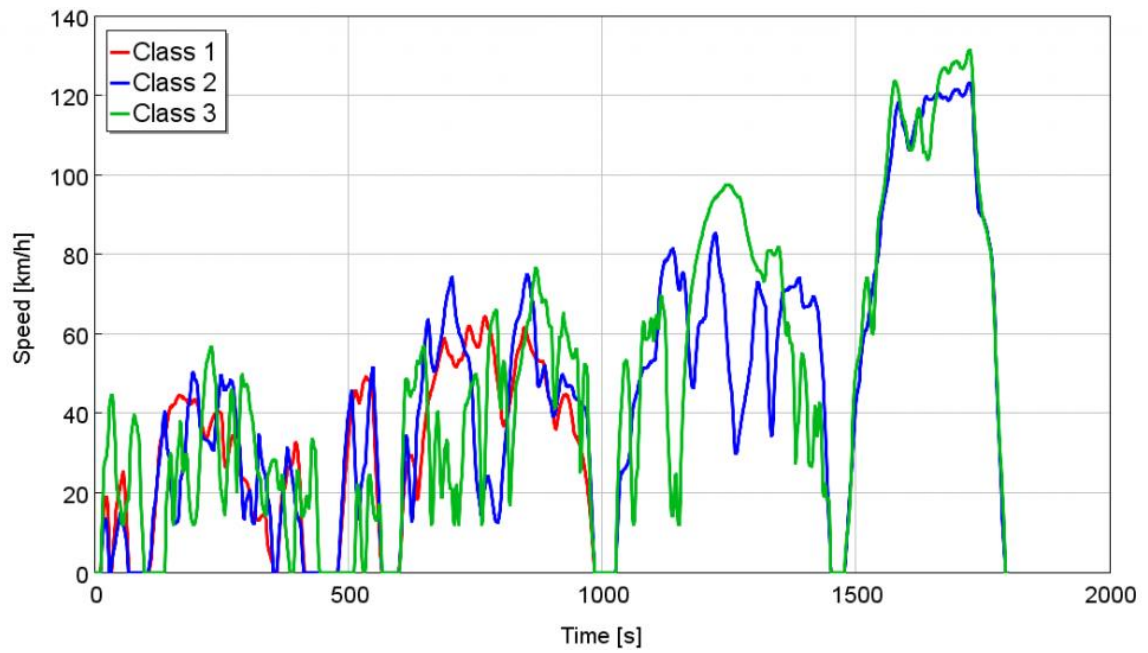
Obrázek 2: Rychlostní profil cyklu WLTC Class 2 [30]



Obrázek 3: Rychlostní profil cyklu WLTC Class 3b [30]



Obrázek 4: Porovnání rychlostních profilů cyklů WLTC Class 1, 2 a 3b [29]



Tabulka 1: Základní údaje cyklu WLTC [30]

	WLTC Class 1	WLTC Class 2	WLTC Class 3a	WLTC Class 3b
Průměrná rychlost [km·h⁻¹]	25,54	45,30	46,39	46,53
Efektivní doba jízdy [s]	1611	1800	1800	1800
Ujetá vzdálenost [km]	11,428	22,649	23,194	23,266

Příloha 6: Metody měření výkonových parametrů

Tabulka 1: Metody měření výkonových parametrů spalovacích motorů [3]

Způsob zatížení	Umístění motoru	Výstup výkonu	Princip měřicího zařízení	
STACIONÁRNÍ (STATICKÉ) <ul style="list-style-type: none"> • zatěžovacím momentem brzdy se udržují otáčky motoru • zvolí se zatěžovací moment brzdy nezávisle na otáčkách (motory s vlastní regulací) 	Zkušební stanoviště	Klikový hřídel nebo jiné srovnatelné místo	Absorpční dynamometry: <ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetické vířivé brzdy • Hydraulické brzdy • Mechanické frikční brzdy • Vzduchové brzdy • Tandemové brzdy 	
	Ve vozidle (podle normy) v místě instalace	Obvod hnacích kol (válcové zkušebny)	Klikový hřídel nebo jiné srovnatelné místo	Univerzální dynamometry: <ul style="list-style-type: none"> • elektrodynamické motorgenerátory na střídavý nebo stejnosměrný proud
		Vývodový hřídel (traktory)		
DYNAMICKÉ Urychlování setrvačných hmot točivým momentem	Ve vozidle	Obvod hnacích kol (válcové zkušebny)	Měření úhlového zrychlení setrvačných hmot <ul style="list-style-type: none"> • přídavné setrvačníky na válcích 	
		Klikový hřídel nebo jiné srovnatelné místo	Měření úhlového zrychlení klikového hřídele samotného motoru tzv. volná akcelerace nebo s přídavnými setrvačníky na určitý převodový stupeň apod.	
		Přepočet výkonu na klikový hřídel	Měření přímočarého zrychlení celého vozidla	

Příloha 7: Obecné požadavky na motorovou naftu

Tabulka 1: Obecné požadavky na motorovou naftu dle ČSN EN 590+A1 (656506) [42]

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty	
		min	max
Cetanové číslo	-	51	-
Cetanový index	-	46	-
Hustota při 15 °C	kg·m ⁻³	820	845
Polycyklické aromatické uhlovodíky	% (m·m ⁻¹)	-	8
Obsah síry	mg·kg ⁻¹	-	10
Obsah manganu	mg·l ⁻¹	-	2
Bod vzplanutí	°C	nad 55	-
Karbonizační zbytek (vztaženo na 10 % destilačního zbytku)	% (m·m ⁻¹)	-	0,3
Obsah popela	% (m·m ⁻¹)	-	0,01
Obsah vody	% (m·m ⁻¹)	-	0,02
Celkový obsah nečistot	mg·kg ⁻¹	-	24
Korozivní působení na měď (3 hodiny při 50 °C)	stupeň koroze	třída 1	
Obsah metylesterů mastných kyselin (FAME)	% (V·V ⁻¹)	-	7
Oxidační stabilita	g·m ⁻³	-	25
	h	20	-
Mazivost, průměr otěrové plochy při 60 °C	μm	-	460
Viskozita při 60 °C	mm ² ·s ⁻¹	2	4,5
Destilační zkouška	-	-	-
při 250 °C predestiluje	% (V·V ⁻¹)	-	<65
při 350 °C predestiluje	% (V·V ⁻¹)	85	-
95 % (V/V) predestiluje při°	°C	-	360

Příloha 8: Technické údaje testovacího vozidla

Tabulka 1: Parametry testovacího vozidla [zpracování firemních údajů autorem]

Vozidlo	
Výrobce	ŠKODA
Model	Octavia
Rok výroby	2003
Druh vozidla	osobní automobil
Typ vozidla	kombi
Počet dveří	5
Počet míst k sezení	5
Stav tachometru před	487 700 km
Poháněná náprava	přední
Převodovka	manuální (5 stupňů)
Zrychlení (0-100 km·h ⁻¹)	11,1 s
Maximální rychlost	191 km·h ⁻¹
Brzdy	kotoučové
Rozměr pneu	195/65 R15
Objem nádrže	55 l
Délka vozidla	4513 mm
Celková šířka vozidla	1984 mm
Výška vozidla	1457 mm
Rozvor	2512 mm
Rozchod	1513 mm
Hmotnost:	-
Největší technicky přípustná	1880 kg
Povolená	1880 kg

Tabulka 1: pokračování

Provozní	1365 kg
Soupravy	3180 kg
Motor	
Druh paliva	Motorová nafta
Zdvihový objem	1896 cm ³
Druh motoru	přepřňovaný řadový motor s přímým vstřikem
Přepřňování	přepřňování turbodmychadlem s nastavitelnou geometrií
Příprava směsi	přímé vstřikování s elektronicky řízeným čerpadlem
Počet válců	4
Počet ventilů na válec	2
Ventilový rozvod	OHC
Vrtání/zdvih	79,5/95,5 mm
Kompresní poměr	19,5:1
Maximální výkon	81 kW při 4150 n·min ⁻¹
Maximální točivý moment	235 Nm při 1900 n·min
Emisní norma	Euro 3
Řízení emisí	oxidační katalyzátor+ zpětné vedení výfukových plynů (EGR-ventil)
Spotřeba:	-
Město	6,6 l·100 km ⁻¹
Mimo město	4,1 l·100 km ⁻¹
Kombinovaná	5,0 l·100 km ⁻¹

Příloha 9: Základní technické údaje válcové zkušebny

Tabulka 1: Základní technické údaje válcové zkušebny [zpracování firemních údajů autorem]

DC motorgenerátor	Maximální brzdný výkon	56 kW
	Maximální brzdný moment	305 Nm
	Maximální otáčky	3000 min ⁻¹
Vířivý dynamometr	Maximální brzdný výkon	125 kW
	Maximální brzdný moment	478 Nm
	Maximální otáčky	8000 min ⁻¹
Tenzometr	Jmenovité zatížení	2 kN
	Přesnost	0,5 % jmenovitého zatížení
	Opakovatelnost	0,005 %
Nastavení setrvačnicků	Základní simulovaná hmotnost	680 kg
	Přídavné hmotnosti	112,5; 120; 225; 450; 900 kg

Příloha 10: Základní technické údaje váhy VIBRA AJ-6200CE

Tabulka 1: Základní technické údaje váhy VIBRA AJ-6200CE [zpracování firemních údajů autorem]

Maximální váživost	6200 g
Dílek(d)/přesnost	0,01 g
Ověřitelný dílek	0,1 g
Třída přesnosti	I
Přípustná teplota měření	0–35 °C
Způsob kalibrace	externí
Komunikační rozhraní ve standardu	RS 232

Příloha 11: Základní technické údaje analyzátoru VMK

Tabulka 1: Základní technické údaje analyzátoru VMK [zpracování firemních údajů autorem]

Látka	Měřicí rozsah	Rozlišení	Přesnost
CO	0–10 % (V·V ⁻¹)	0,001 % (V·V ⁻¹)	0–0,67 %: 0,02 % absolutní 0,67–10 %: 3 % měřené veličiny
CO ₂	0–16 % (V·V ⁻¹)	0,001 % (V·V ⁻¹)	0–10 %: 0,3 % absolutní 10–16 %: 3 % měřené veličiny
HC	0–20000 ppm	1 ppm	10ppm nebo 5% měřené veličiny
NO _x	0–20000 ppm	1 ppm	0–1000 ppm: 25 ppm 1000–4000 ppm: 3 % m. v.
O ₂	0–22 % (V·V ⁻¹)	0,1 % (V·V ⁻¹)	0–3 %: 0,1 % absolutní 3–21 %: 3 % měřené veličiny

Příloha 12: Základní technické údaje velikostního klasifikátoru částic EEPS 3090

Tabulka 1: Základní technické údaje velikostního klasifikátoru částic EEPS 3090 [zpracování firemních údajů autorem]

Rozsah velikosti částic	5,6-560 nm
Elektrometrické kanály	22
Nabíjecí režim	Unipolární difuzní nabíjení
Časové rozlišení	10 velikostních rozlišení za vteřinu
Průtok vzorku	10 l·min ⁻¹
Vstupní teplota vzorku	10–52 °C
Provozní teplota	0–40 °C
Ředění	Rotační termoředička

Příloha 13: Základní technické údaje ventilátoru FILCAR AL-1500/C

Tabulka 1: Základní technické údaje ventilátoru FILCAR AL-1500/C

Příkon	11 kW
Maximální výkon sání	12000 m ³ h ⁻¹
Maximální otáčky motoru	2800 min ⁻¹
Napájení	230/400 V–3f (50 Hz)

Příloha 14: Bezpečnostní list VIF Super Diesel Aditiv letní

Obrázek 1: Bezpečnostní list VIF Super diesel aditiv letní – strana 1 [45]

	BEZPEČNOSTNÍ LIST podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010	
Super diesel aditiv letní		
Datum vytvoření	18. listopadu 2014	Číslo revize
Datum revize		Číslo verze 1

ODDÍL 1: Identifikace látky/směsi a společnosti/podniku

- 1.1. Identifikátor výrobku**
látka / směs Super diesel aditiv letní
Číslo směs
Další názvy směsi
- 1.2. Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití**
Určená použití směsi Aditiv do motorové nafty.
Nedoporučená použití směsi Produkt nesmí být používán jinými způsoby, než které jsou uvedeny v oddíle 1.
- 1.3. Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu**
- Distributor**
Jméno nebo obchodní jméno VIF s.r.o.
Místo podnikání nebo sídlo Volutová 2523, Praha 5, 15800
Česká republika
Telefon 235520133
Fax 251616443
E-mail benadit@volny.cz
Telefonní číslo pro naléhavé situace 606705677
- Výrobce**
Jméno nebo obchodní jméno LANG GmbH Braunau
Místo podnikání nebo sídlo Hans Sachs Strasse 2, Braunau / Inn, A-5280
Telefon +43 (1) 979 15 86 0
Fax +43 (1) 979 72 01
E-mail traxler@lang-chemie.at
- Odborně způsobilá osoba odpovědná za bezpečnostní list**
Jméno GRACILIS s.r.o.
E-mail info@gracilis.cz
- 1.4. Telefonní číslo pro naléhavé situace**
Toxikologické informační středisko, Na Bojišti 1, Praha, Tel.: nepřetržitě 224 919 293 nebo 224 915 402, Informace pouze pro zdravotní rizika – akutní otravy lidí a zvířat

ODDÍL 2: Identifikace nebezpečnosti

- 2.1. Klasifikace látky nebo směsi**
Klasifikace směsi podle nařízení ES 1272/2008
Směs je klasifikována jako nebezpečná.

Acute Tox. 4, H302, H312, H332
Aquatic Chronic 2, H411
- Klasifikace směsi podle směrnice 1999/45/ES**
Směs je klasifikována jako nebezpečná.

zdraví škodlivý: Xn; R 20/21/22
R 66
nebezpečný pro životní prostředí: N; R 51/53
- Plný text všech klasifikací, H-vět a R-vět je uveden v oddíle 16.
- Nejzávažnější nepříznivé fyzikálně-chemické účinky**
Nejsou známy
- Nejzávažnější nepříznivé účinky na lidské zdraví a životní prostředí**
Zdraví škodlivý při požití. Zdraví škodlivý při styku s kůží. Zdraví škodlivý při vdechování. Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.

 <p>Voluťová 2523 158 00 Praha 5</p>	<h2 style="margin: 0;">BEZPEČNOSTNÍ LIST</h2> <p style="margin: 0;">podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010</p>		
	<h3 style="margin: 0;">Super diesel aditiv letní</h3>		
Datum vytvoření	18. listopadu 2014	Číslo revize	
Datum revize		Číslo verze	1

2.2. Prvky označení
Výstražný symbol



Signální slovo
Varování

Nebezpečné látky
2-ethylhexyl-nitrát

Standardní věty o nebezpečnosti

H302 Zdraví škodlivý při požití.
H312 Zdraví škodlivý při styku s kůží.
H332 Zdraví škodlivý při vdechování.
H411 Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.

Pokyny pro bezpečné zacházení

P102 Uchovávejte mimo dosah dětí.
P261 Zamezte vdechování prachu/dýmu/plynu/mlhy/par/aerosolů.
P273 Zabraňte uvolnění do životního prostředí.
P280 Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle.
P301+P310 PŘI POŽITÍ: Okamžitě volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO/lékaře.
P304+P340 PŘI VDECHNUTÍ: Přeneste osobu na čerstvý vzduch a ponechte ji v poloze usnadňující dýchání.
P312 Necítíte-li se dobře, volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO/lékaře.
P501 Odstraňte obsah/obal podle místních/regionálních/státních/mezinárodních předpisů.

Doplňující informace

EUH 044 Nebezpečí výbuchu při zahřátí v uzavřeném obalu.
EUH 066 Opakovaná expozice může způsobit vysušení nebo popraskání kůže.

Požadavky na uzávěry odolné proti otevření dětmi a hmatatelné výstrahy

Obal musí být opatřen hmatatelnou výstrahou pro nevidomé.

2.3. Další nebezpečnost
neuváděno

ODDÍL 3: Složení/informace o složkách

3.2. Směsi

Chemická charakteristika

Směs níže uvedených látek a příměsí. Pokud nejsou uvedena registrační čísla u jednotlivých látek, tak jsou tyto látky vyráběny v množství nižším než jednu tunu a nebo v množství nižším než 100 tun a v tuto dobu nemusely být ještě registrovány.

Směs obsahuje tyto nebezpečné látky a látky se stanovenými nejvyššími přípustnými koncentracemi v pracovním ovzduší

Identifikační čísla	Název látky	Obsah v % hmotnosti směsi	Klasifikace 67/548/EHS	Klasifikace 1272/2008	Pozn.
CAS: 27247-96-7 ES: 248-363-6 Registrační číslo: 01-2119539586-27	2-ethylhexyl-nitrát	50-100	R 44, R 66 Xn, R 20/21/22 N, R 51/53	Acute Tox. 4, H302, H312, H332 Aquatic Chronic 2, H411	
Index: 649-424-00-3 CAS: 64742-94-5 ES: 265-198-5	Solventní nafta (ropná), těžká aromatická; Petrolej nespecifikovaný	<5	Xn, R 65 R 66, R 67 N, R 51/53	Asp. Tox. 1, H304 STOT SE 3, H336 Aquatic Chronic 2, H411	1
Index: 649-356-00-4 CAS: 64742-95-6 ES: 265-199-0	Solventní nafta (ropná), lehká aromatická	<5	R 10 Xi, R 37 Xn, R 65 R 66, R 67 N, R 51/53	Flam. Liq. 3, H226 Asp. Tox. 1, H304 STOT SE 3, H335, H336 Aquatic Chronic 2, H411	1

		BEZPEČNOSTNÍ LIST podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010			
Super diesel aditiv letní					
Datum vytvoření		18. listopadu 2014		Číslo revize	
Datum revize				Číslo verze	
				1	
Identifikační čísla	Název látky	Obsah v % hmotnosti směsi	Klasifikace 67/548/EHS	Klasifikace 1272/2008	Pozn.
CAS: 128-39-2 ES: 204-884-0	2,6-diterc-butylfenol	<5	Xi; R 36/38 N; R 51/53	Skin Irrit. 2, H315 Eye Irrit. 2, H319 Aquatic Chronic 2, H411	
Index: 601-043-00-3 CAS: 95-63-6 ES: 202-436-9	1,2,4-trimethylbenzen	<2,5	R 10 Xn, R 20 Xi; R 36/37/38 N; R 51/53	Flam. Liq. 3, H226 Skin Irrit. 2, H315 Eye Irrit. 2, H319 Acute Tox. 4, H332 STOT SE 3, H335 Aquatic Chronic 2, H411	1
Index: 601-025-00-5 CAS: 108-67-8 ES: 202-604-4	1,3,5-trimethylbenzen	<2,5	R 10 Xi; R 37 N; R 51/53	Flam. Liq. 3, H226 STOT SE 3, H335 Aquatic Chronic 2, H411	1, 2

Poznámky

- 1 Látky, pro něž existují expoziční limity Společenství pro pracovní prostředí.
- 2 Látka se specifickým koncentračním limitem

Plné znění všech standardních vět a pokynů je uvedeno v oddílu 16.

ODDÍL 4: Pokyny pro první pomoc

4.1. Popis první pomoci

Projeví-li se zdravotní potíže nebo v případě pochybností, uveďte lékaře a poskytněte mu informace z tohoto Bezpečnostního listu.

Při vdechnutí

Okamžitě přerušete expozici, dopravte postiženého na čerstvý vzduch. Poskytněte umělé dýchání. Pokud je dýchání obtížné, podejte kyslík. Neprodleně vyhledejte lékařskou pomoc.

Při styku s kůží

Odložte potřísněný oděv a obuv. Omyjte postižené místo velkým množstvím pokud možno vlažné vody po dobu alespoň 15-ti minut. Neprodleně zajistěte lékařské ošetření.

Při zasažení očí

Okamžitě vyplachujte oči proudem tekoucí vody, rozevřete oční víčka (třeba i násilím); pokud má postižený kontaktní čočky, neprodleně je vyjměte. Výplach provádějte nejméně 15 minut. Zajistěte lékařské, pokud možno odborné ošetření.

Při požití

NEVYVOLÁVEJTE ZVRACENÍ. Zvrací-li postižený sám zajistěte, aby byl v předklonu, snižte tím riziko vdechnutí. Je-li postižený při vědomí, dejte mu vypít sklenici vody. Nikdy nepodávejte osobě v bezvědomí nic ústy. Neprodleně vyhledejte lékařskou pomoc.

4.2. Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

Při vdechnutí

Možné podráždění dýchacích cest, kašel, bolesti hlavy, nevolnost a snížení krevního tlaku.

Při styku s kůží

Bolestivé zarudnutí, podráždění.

Při zasažení očí

Dráždí oči.

Při požití

Může způsobit podráždění trávicího traktu a průjem. Může způsobit poškození plic.

4.3. Pokyn týkající se okamžité lékařské pomoci a zvláštního ošetření

Léčba symptomatická.

 <p>Voluťová 2523 158 00 Praha 5</p>	<h2 style="margin: 0;">BEZPEČNOSTNÍ LIST</h2> <p style="margin: 0;">podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010</p>		
	<h3 style="margin: 0;">Super diesel aditiv letní</h3>		
Datum vytvoření	18. listopadu 2014	Číslo revize	
Datum revize		Číslo verze	1

ODDÍL 5: Opatření pro hašení požáru

- 5.1. Hasiva**
Vhodná hasiva
 pěna odočná alkoholu, oxid uhličitý, voda tříštěný proud, vodní mlha
Nevhodná hasiva
 neuváděno
- 5.2. Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi**
 Při požáru vzniká hustý, černý kouř, může docházet ke vzniku oxidu uhelnatého a uhlíkatého a dalších toxických plynů. Vdechování nebezpečných rozkladných (pyrolyzních) produktů může způsobit vážné poškození zdraví. Vniknutí do kanalizace může znamenat nebezpečí požáru nebo výbuchu.
- 5.3. Pokyny pro hasiče**
 Použijte izolační dýchací přístroj a celotělový ochranný oblek. Uzavřené nádoby se směsí v blízkosti požáru chlaďte vodou. Kontaminované hasivo nenechte uniknout do kanalizace, povrchových a spodních vod. Při zahřátí nad 100 ° C se může objevit samourčlivá exotermní reakce, která způsobuje rychlý nárůst teploty a tlaku. Při této teplotě je třeba počítat s prasknutím zásobní nádoby a s vypuknutím požáru. Skladované nádoby je nutné chladit vodou, aby teplota nepřesáhla 100°C.

ODDÍL 6: Opatření v případě náhodného úniku

- 6.1. Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy**
 Okamžitě kontaktujte záchranáře. Odstraňte všechny zdroje vznícení. Zamezte vstupu nepovolaným osobám. Nedotýkejte se ani nepřecházejte přes rozlitý materiál. Postupujte podle pokynů, obsažených v oddílech 7 a 8.
- 6.2. Opatření na ochranu životního prostředí**
 Zabraňte kontaminaci půdy a úniku do povrchových nebo spodních vod. Nepřipusťte vniknutí do kanalizace.
- 6.3. Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění**
 Pokud je to bezpečné, zabraňte dalšímu úniku směsi. Rozlitou směs pokryjte vhodným (nehořlavým) absorbujícím materiálem (písek, křemelina, zemina a jiné vhodné absorpční materiály), shromážděte v době uzavřených nádobách a odstraňte dle oddílu 13. Sebraný materiál zneškodněte v souladu s místně platnými předpisy. Při úniku velkých množství směsi informujte hasiče a odbor životního prostředí Obecního úřadu obce s rozšířenou působností. Po odstranění směsi umyjte kontaminované místo velkým množstvím vody nebo jiného vhodného čistícího prostředku.
- 6.4. Odkaz na jiné oddíly**
 7., 8. a 13.

ODDÍL 7: Zacházení a skladování

- 7.1. Opatření pro bezpečné zacházení**
 Zabraňte kontaktu s pokožkou, očima a oděvem. Uchovávejte obal těsně uzavřený. Zajistěte dostatečné větrání. Nevdechujte páry a mlhu. Směs používejte jen v místech, kde nepřichází do styku s otevřeným ohněm a jinými zápalnými zdroji. Zabraňte vzniku elektrostatického náboje. Při přelévání směsi uzemněte kontejnery, aby nedošlo k výbuchu. Používejte elektrické zařízení s ochranou proti výbuchu. Po manipulaci se důkladně umyjte. Používejte osobní ochranné pracovní prostředky podle oddílu 8. Dbejte na platné právní předpisy o bezpečnosti a ochraně zdraví.
- 7.2. Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí**
 Skladujte v těsně uzavřených obalech na chladných, suchých a dobře větraných místech k tomu určených. Kontejnery musí být až do použití pevně uzavřené a utěsněné. Vyhněte se veškerým možným zdrojům zapálení (jiskrám nebo otevřenému ohni).
 Skladovací třída 3A - Hořlavé kapaliny (bod vznícení pod 55°C)
- 7.3. Specifické konečné/specifická konečná použití**
 neuváděno

ODDÍL 8: Omezování expozice/osobní ochranné prostředky

8.1. Kontrolní parametry

Česká republika

Název látky (složky)	Číslo CAS	Limitní hodnoty				Poznámka
		PEL		NPK-P		
		mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	
Solventní nafta (ropná), těžká aromatická; Petrolej nespecifikovaný	64742-94-5	200		1000		
Solventní nafta (ropná), lehká aromatická	64742-95-6	200		1000		
1,2,4-trimethylbenzen	95-63-6	100	20,3	250	50,75	I
1,3,5-trimethylbenzen	108-67-8	100	20,3	250	50,75	I

	BEZPEČNOSTNÍ LIST		
	podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010		
Super diesel aditiv letní			
Datum vytvoření	18. listopadu 2014	Číslo revize	
Datum revize		Číslo verze	1

Poznámka
1 dráždí sliznice (oči, dýchací cesty) resp. kůži

Evropská unie

Název látky (složky)	Číslo CAS	Limitní hodnoty				Poznámka
		8 hodin		Krátkodobé		
		mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	
1,2,4-trimethylbenzen	95-63-6	100	20			
1,3,5-trimethylbenzen	108-67-8	100	20			

8.2. Omezování expozice

Dbejte obvyklých opatření na ochranu zdraví při práci a zejména na dobré větrání. Toho lze dosáhnout pouze místním odsáváním nebo účinným celkovým větráním. Jestliže tak není možno dodržet NPK-P, musí být používána vhodná ochrana dýchacího ústrojí. Při práci nejezte, nepijte a nekuřte. Po práci a před přestávkou na jídlo a oddech si důkladně omýjte ruce vodou a mýdlem.

Ochrana očí a obličeje

Ochranné brýle nebo obličejový štít.

Ochrana kůže

Ochrana rukou: Ochranné rukavice odolné chemikáliím. Vhodný materiál: nitrilový kaučuk tloušťka 0,4 mm, doba průniku 480 min. Jiná ochrana: Ochranný oděv a ochranná obuv. Při znečištění pokožky ji důkladně omýt.

Ochrana dýchacích cest

Maska s filtrem proti organickým parám event. izolační dýchací přístroj při překročení NPK-P toxických látek nebo ve špatně větratelném prostředí.

Teplné nebezpečí

neuváděno

Omezování expozice životního prostředí

Dbejte obvyklých opatření na ochranu životního prostředí, viz bod 6.2.

ODDÍL 9: Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1. Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

vzhled	olejová kapalina
skupenství	kapalně při 20°C
barva	tmavá
zápach	charakteristický
prahová hodnota zápachu	údaj není k dispozici
pH	údaj není k dispozici
bod tání / bod tuhnutí	údaj není k dispozici
počáteční bod varu a rozmezí bodu varu	údaj není k dispozici
bod vzplanutí	> 60 °C
rychlost odpařování	údaj není k dispozici
hořlavost (pevné látky, plyny)	údaj není k dispozici
horní/dolní mezní hodnoty hořlavosti nebo výbušnosti	
meze hořlavosti	údaj není k dispozici
meze výbušnosti	údaj není k dispozici
tlak páry	údaj není k dispozici
hustota páry	údaj není k dispozici
relativní hustota	údaj není k dispozici
rozpustnost	
rozpustnost ve vodě	údaj není k dispozici
rozpustnost v tucích	údaj není k dispozici
rozdělovací koeficient: n-oktanol/voda	údaj není k dispozici
teplota samovznícení	údaj není k dispozici
teplota rozkladu	údaj není k dispozici
viskozita	údaj není k dispozici
výbušné vlastnosti	údaj není k dispozici
oxidační vlastnosti	údaj není k dispozici

9.2. Další informace

		BEZPEČNOSTNÍ LIST podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010			
Super diesel aditiv letní					
Datum vytvoření	18. listopadu 2014	Číslo revize			
Datum revize		Číslo verze	1		
hustota			cca 0,95 g/cm ³ při 20 °C		
teplota vznícení			údaj není k dispozici		

ODDÍL 10: Stálost a reaktivita

- 10.1. Reaktivita**
neuváděno
- 10.2. Chemická stabilita**
Nestabilní při teplotě nad 100°C.
- 10.3. Možnost nebezpečných reakcí**
neuváděno
- 10.4. Podmínky, kterým je třeba zabránit**
Chraňte před jiskrami, přehřátím a otevřeným ohněm.
- 10.5. Neslučitelné materiály**
Silná oxidační a redukční činidla.
- 10.6. Nebezpečné produkty rozkladu**
neuváděno

ODDÍL 11: Toxikologické informace

- 11.1. Informace o toxikologických účincích**
Pro směs nejsou žádné toxikologické údaje k dispozici.

Akutní toxicita

1,2,4-trimethylbenzen

Cesta expozice	Parametr	Metoda	Hodnota	Doba expozice	Druh	Pohlaví	Stanovení hodnoty	Zdroj
orálně	LD 50		5000 mg/kg		potkan			

1,3,5-trimethylbenzen

Cesta expozice	Parametr	Metoda	Hodnota	Doba expozice	Druh	Pohlaví	Stanovení hodnoty	Zdroj
orálně	LD 50		8970 mg/kg		potkan			
inhalačně (páry)	LC 50		24000 mg/kg	4 hod	potkan			

Solventní nafta (ropná), těžká aromatická; Petrolej nespecifikovaný

Cesta expozice	Parametr	Metoda	Hodnota	Doba expozice	Druh	Pohlaví	Stanovení hodnoty	Zdroj
orálně	LD 50		>2000 mg/kg		potkan			
dermálně	LD 50		>2000 mg/kg		potkan			

Zdraví škodlivý při požití. Zdraví škodlivý při styku s kůží. Zdraví škodlivý při vdechování.

Žiravost / dráždivost pro kůži

Na základě dostupných údajů nejsou kritéria pro klasifikaci splněna.

Vážné poškození očí / podráždění očí

Na základě dostupných údajů nejsou kritéria pro klasifikaci splněna.

Senzibilizace dýchacích cest / senzibilizace kůže

Na základě dostupných údajů nejsou kritéria pro klasifikaci splněna.

Mutagenita v zárodečných buňkách

Na základě dostupných údajů nejsou kritéria pro klasifikaci splněna.

Karcinogenita

Na základě dostupných údajů nejsou kritéria pro klasifikaci splněna.

Toxicita pro reprodukci

Na základě dostupných údajů nejsou kritéria pro klasifikaci splněna.

Toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice

Na základě dostupných údajů nejsou kritéria pro klasifikaci splněna.

Toxicita pro specifické cílové orgány – opakovaná expozice

Na základě dostupných údajů nejsou kritéria pro klasifikaci splněna.

Nebezpečnost při vdechnutí

Na základě dostupných údajů nejsou kritéria pro klasifikaci splněna.

 <p>Voluťová 2523 158 00 Praha 5</p>	<h2 style="margin: 0;">BEZPEČNOSTNÍ LIST</h2> <p style="margin: 0;">podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010</p>		
	<h3 style="margin: 0;">Super diesel aditiv letní</h3>		
Datum vytvoření	18. listopadu 2014	Číslo revize	
Datum revize		Číslo verze	1

ODDÍL 12: Ekologické informace

12.1. Toxicita

Akutní toxicita

1,3,5-trimethylbenzen

Parametr	Metoda	Hodnota	Doba expozice	Druh	Prostředí	Stanovení hodnoty	Zdroj
LC 50		7,72 mg/l	96 hod	ryby			
EC 50		6 mg/l	48 hod	dafnie			

Solventní nafta (ropná), těžká aromatická; Petrolej nespecifikovaný

Parametr	Metoda	Hodnota	Doba expozice	Druh	Prostředí	Stanovení hodnoty	Zdroj
LC 50		1 - 10 mg/l	96 hod	ryby			
EC 50		1 - 10 mg/l	48 hod	dafnie			
IC 50		1 - 10 mg/l	72 hod	fasy			

Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.

12.2. Perzistence a rozložitelnost

neuváděno

12.3. Bioakumulační potenciál

neuváděno

12.4. Mobilita v půdě

neuváděno

12.5. Výsledky posouzení PBT a vPvB

Směs není hodnocena jako PBT nebo jako vPvB.

12.6. Jiné nepříznivé účinky

neuváděno

ODDÍL 13: Pokyny pro odstraňování

Nebezpečí kontaminace životního prostředí, postupujte podle zákona č.185/2001 Sb. o odpadech, v platném znění, a podle prováděcích předpisů o zneškodňování odpadů.

13.1. Metody nakládání s odpady

Postupujte podle platných předpisů o zneškodňování odpadů. Nepoužitý výrobek a znečištěný obal uložte do označených nádob pro sběr odpadu a předejte k odstranění oprávněné osobě k odstranění odpadu (specializované firmě), která má oprávnění k této činnosti. Nepoužitý výrobek nevytvářejte do kanalizace. Nesmí se odstraňovat společně s komunálními odpady. Prázdné obaly je možno energeticky využít ve spalovně odpadů nebo ukládat na skládce příslušného zařazení. Dokonale vyčištěné obaly je možné předat k recyklaci.

Právní předpisy o odpadech

Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění. Vyhláška č.376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, v platném znění. Vyhláška č.381/2001 Sb., (katalog odpadů) v platném znění. Vyhláška č.383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění. (Vyhlášky č. 41/2005 Sb. (účinnost od 1.2.2005), č. 294/2005 Sb. (účinnost od 5.8.2005), č. 353/2005 Sb. (účinnost dnem vyhlášení 15.9.2005), č. 351/2008 Sb. (účinnost od 1.11.2008), č. 478/2008 Sb. (účinnost od 1.1.2009), č. 61/2010 Sb. (účinnost od 1.4.2010), č. 170/2010 Sb. (15.6.2010))

Kód druhu odpadu 130703

Druh odpadu ostatní paliva (včetně směsí) *

Podskupina odpadu Odpad z kapalných paliv

Skupina odpadu ODPAD Z OLEJŮ A ODPAD Z KAPALNÝCH PALIV (KROMĚ POKRMOVÝCH OLEJŮ A POLOŽEK V KAPITOLÁCH 05, 12 A 19)

(*) - nebezpečný odpad podle směrnice 91/689/EHS o nebezpečných odpadech

ODDÍL 14: Informace pro přepravu

14.1. Číslo OSN

UN 3082

14.2. Náležitý název OSN pro zásilku

LÁTKA OHROŽUJÍCÍ ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, KAPALNÁ, J.N. (2-ethylhexyl-nitrát)

14.3. Třída/třídy nebezpečnosti pro přepravu

9 Jiné nebezpečné látky a předměty

14.4. Obalová skupina

III - látky málo nebezpečné

		BEZPEČNOSTNÍ LIST			
podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010					
Super diesel aditiv letní					
Datum vytvoření	18. listopadu 2014	Číslo revize			
Datum revize		Číslo verze	1		

14.5. Nebezpečnost pro životní prostředí

neuváděno

14.6. Zvláštní bezpečnostní opatření pro uživatele

Odkaz v oddílech 4 až 8.

14.7. Hromadná přeprava podle přílohy II MARPOL 73/78 a předpisu IBC

neuváděno

Doplňující informace

Identifikační číslo nebezpečnosti

90 (Kemlerův kód)

UN číslo

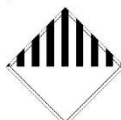
3082

Klasifikační kód

M6

Bezpečnostní značky

9



Letecká přeprava - ICAO/IATA

Balící instrukce pasažér

964

Balící instrukce kargo

964

Námořní přeprava - IMDG

EMS (pohotovostní plán)

F-A, S-F

Námořní znečištění

Ne

ODDÍL 15: Informace o předpisech

15.1. Nařízení týkající se bezpečnosti, zdraví a životního prostředí/specifické právní předpisy týkající se látky nebo směsi

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES v platném znění. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnic 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006 v platném znění. Směrnice 67/548/EHS v platném znění a 1999/45/ES v platném znění. Zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon). Vyhláška č. 402/2011 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci v platném znění. Zákon č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zákon o zdravotních službách). Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví v platném znění. Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečištění a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. Vyhláška č. 246/2001 Sb., o požární prevenci. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a jeho prováděcí předpisy v platném znění. Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. Nařízení vlády č. 315/2009, kterým se mění nařízení vlády č. 194/2001 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na aerosolové rozprašovače, ve znění nařízení vlády č. 305/2006 Sb. Vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli.

15.2. Posouzení chemické bezpečnosti

neuváděno

16. ODDÍL 16: Další informace

Seznam standardních vět o nebezpečnosti použitých v bezpečnostním listu

H226	Hořlavá kapalina a páry.
H302	Zdraví škodlivý při požití.
H304	Při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt.
H312	Zdraví škodlivý při styku s kůží.
H315	Dráždí kůži.
H319	Způsobuje vážné podráždění očí.
H332	Zdraví škodlivý při vdechování.
H335	Může způsobit podráždění dýchacích cest.
H336	Může způsobit ospalost nebo závratě.
H411	Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky.

Obrázek 9: Bezpečnostní list VIF Super diesel aditiv letní – strana 9 [45]

		<h2 style="margin: 0;">BEZPEČNOSTNÍ LIST</h2> <p style="margin: 0;">podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010</p>			
<h3 style="margin: 0;">Super diesel aditiv letní</h3>					
Datum vytvoření	18. listopadu 2014	Číslo revize			
Datum revize		Číslo verze	1		

Seznam pokynů pro bezpečné zacházení použitých v bezpečnostním listu

P102	Uchovávejte mimo dosah dětí.
P261	Zamezte vdechování prachu/dýmu/plynu/mlhy/par/aerosolů.
P273	Zabraňte uvolnění do životního prostředí.
P280	Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle.
P301+P310	PŘI POŽITÍ: Okamžitě volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO/lékaře.
P304+P340	PŘI VDECHNUTÍ: Přeneste osobu na čerstvý vzduch a ponechte ji v poloze usnadňující dýchání.
P312	Necítíte-li se dobře, volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO/lékaře.
P501	Odstraňte obsah/obal podle místních/regionálních/státních/mezinárodních předpisů.

Seznam doplňkových standardních vět o nebezpečnosti použitých v bezpečnostním listu

EUH 044	Nebezpečí výbuchu při zahřátí v uzavřeném obalu.
EUH 066	Opakovaná expozice může způsobit vysušení nebo popraskání kůže.

Seznam R-vět použitých v bezpečnostním listu

R 10	Hořlavý.
R 44	Nebezpečí výbuchu při zahřátí v uzavřeném obalu.
R 20	Zdraví škodlivý při vdechování.
R 20/21/22	Zdraví škodlivý při vdechování, styku s kůží a při požití.
R 36/37/38	Dráždí oči, dýchací orgány a kůži.
R 36/38	Dráždí oči a kůži.
R 37	Dráždí dýchací orgány.
R 65	Zdraví škodlivý: při požití může vyvolat poškození plic.
R 66	Opakovaná expozice může způsobit vysušení nebo popraskání kůže.
R 67	Vdechování par může způsobit ospalost a závratě.
R 51/53	Toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.

Další informace důležité z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví člověka

Výrobek nesmí být - bez zvláštního souhlasu výrobce/dovozce - používán k jinému účelu, než je uvedeno v oddílu 1. Uživateli je odpovědný za dodržování všech souvisejících předpisů na ochranu zdraví.

Legenda ke zkratkám a zkratkovým slovům použitým v bezpečnostním listu

ADR	Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
BCF	Biokoncentrační faktor
CAS	Jednoznačný numerický identifikátor, používaný v chemii pro chemické látky
CLP	Klasifikace, označování a balení
ČSN	Česká technická norma
DNEL	Odvozená úroveň, při které nedochází k nepříznivým účinkům
EC50	Koncentrace látky při které je zasaženo 50 % populace
EINECS	Evropský seznam existujících obchodovaných chemických látek
EmS	Pohotovostní plán
ErC 50	Kategorie uvolňování do životního prostředí
ES	Identifikační kód pro každou látku uvedenou v EINECS
IATA	Mezinárodní asociace leteckých dopravců
IBC	Mezinárodní předpis pro stavbu a vybavení lodí hromadně přepravujících nebezpečné chemikálie
IC50	Koncentrace působící 50% blokádu
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
IMDG	Mezinárodní námořní přeprava nebezpečného zboží
LC50	Smrtelná koncentrace látky, při které lze očekávat, že způsobí smrt 50 % populace
LD50	Smrtelná dávka látky, při které lze očekávat, že způsobí smrt 50 % populace
LOAEC	Nejnižší koncentrace s pozorovaným nepříznivým účinkem
LOAEL	Nejnižší dávka s pozorovaným nepříznivým účinkem
Log Kow	Oktanol-voda rozdělovací koeficient
MARPOL	Mezinárodní úmluva o zabránění znečišťování z lodí
MFAG	Průručka první pomoci
NOAEC	Koncentrace bez pozorovaného nepříznivého účinku
NOAEL	Hodnota dávky bez pozorovaného nepříznivého účinku
NOEC	Koncentrace bez pozorovaných účinků
NOEL	Hodnota dávky bez pozorovaného účinku

 <p>Voluťová 2523 158 00 Praha 5</p>		<h2>BEZPEČNOSTNÍ LIST</h2> <p>podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010</p>			
Super diesel aditiv letní					
Datum vytvoření		18. listopadu 2014		Číslo revize	
Datum revize				Číslo verze	
				1	

NPK	Nejvyšší přípustná koncentrace
PBT	Persistentní, bioakumulativní a toxický
PEL	Přípustný expoziční limit
PNEC	Odhad koncentrace, při které nedochází k nepříznivým účinkům
REACH	Registrace, hodnocení a omezování chemických látek (nařízení EP a Rady (ES) č.1907/2006)
RID	Dohoda o přepravě nebezpečných věcí po železnici
UN	Čtyřčíselný kód vyjadřující charakteristiku látek nebo směsí při přepravě
UVCB	Látka s neznámým nebo proměnlivým složením, komplexní reakční produkt nebo biologický materiál
VOC	Těkavé organické sloučeniny
vPvB	Vysoce perzistentní a vysoce bioakumulativní

Acute Tox.	Akutní toxicita
Aquatic Chronic	Nebezpečný pro vodní prostředí
Asp. Tox.	Nebezpečnost při vdechnutí
Eye Irrit.	Podráždění očí
Flam. Liq.	Hořlavá kapalina
Skin Irrit.	Dráždivost pro kůži
STOT SE	Toxicita pro specifické cílové orgány - jednorázová expozice

Pokyny pro školení

Seznámit pracovníky s doporučeným způsobem použití, povinnými ochrannými prostředky, první pomocí a zakázanými manipulacemi se směsí.

Doporučená omezení použití

neuváděno

Informace o zdrojích údajů použitých při sestavování bezpečnostního listu

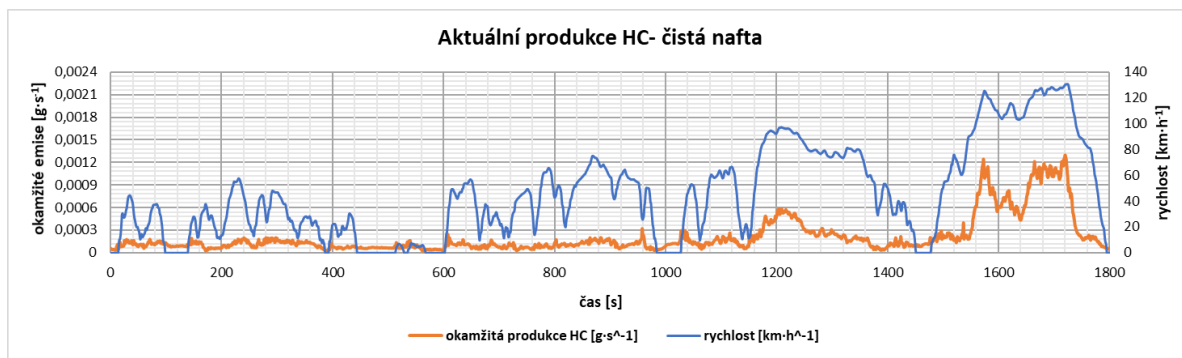
Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1907/2006 (REACH) v platném znění, Nařízení Evropské komise a Rady (ES) č.1272/2008 v platném znění, Nařízení Komise (EU) č.453/2010, směrnice 67/548/EHS ve znění pozdějších předpisů a 1999/45/ES, Nařízení Komise (EU) č. 286/2011, kterým se pro účely přizpůsobení vědeckotechnickému pokroku mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, Zákon č.350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích v platném znění, Vyhláška 402/2011 Sb. o hodnocení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických směsí a balení a označování nebezpečných chemických směsí, údaje od společnosti nebo podniku, databáze nebezpečných látek. Publikace "Zásady pro poskytování první pomoci při expozici chemickým látkám" (doc. MUDr. Daniela Pelclová, CSc., MUDr. Alexandr Fuchs, CSc., MUDr. Miroslava Hornychová, CSc., MUDr. Zdeňka Trávníčková, CSc., Jiřina Fridrichovská, prom. chem.)

Prohlášení

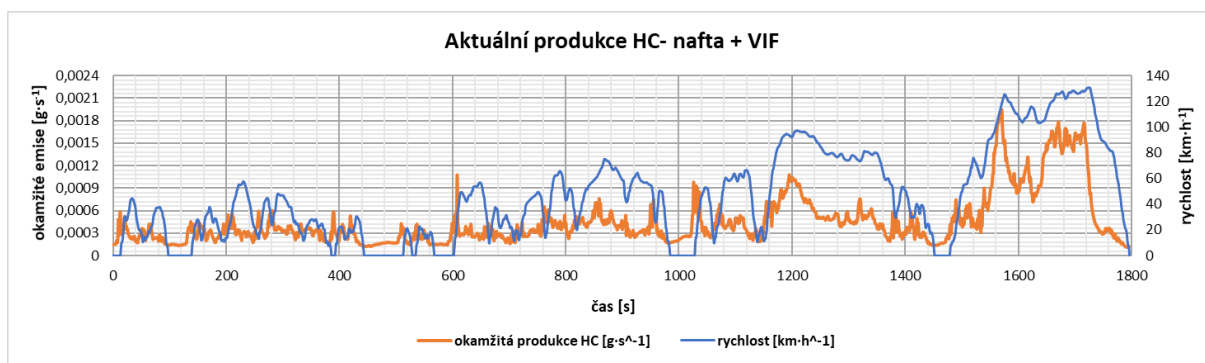
Bezpečnostní list obsahuje údaje pro zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a ochrany životního prostředí. Uvedené údaje odpovídají současnému stavu vědomosti a zkušenosti a jsou v souladu s platnými právními předpisy. Nemohou být považovány za záruku vhodnosti a použitelnosti výrobku pro konkrétní aplikaci.

Příloha 15: Aktuální produkce emisí HC během jízdního cyklu

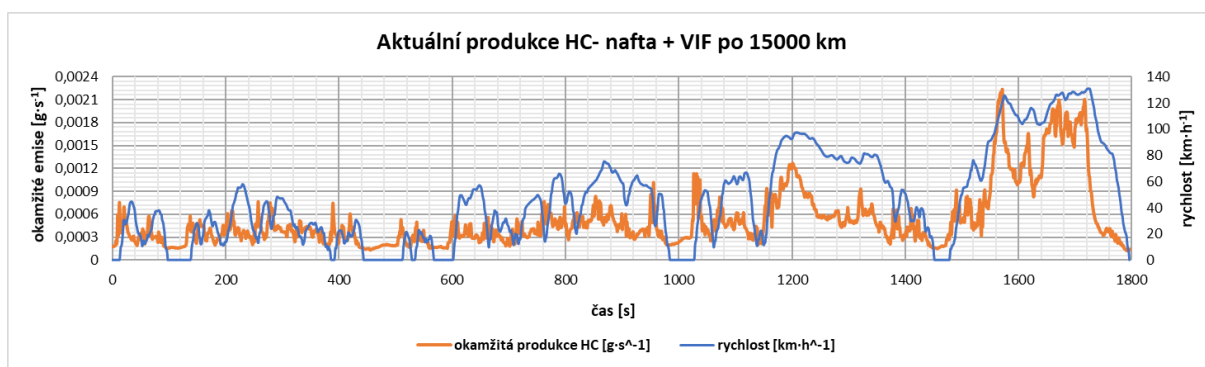
Obrázek 1: Aktuální produkce HC – čistá nafta [autor]



Obrázek 2: Aktuální produkce HC – nafta + VIF [autor]

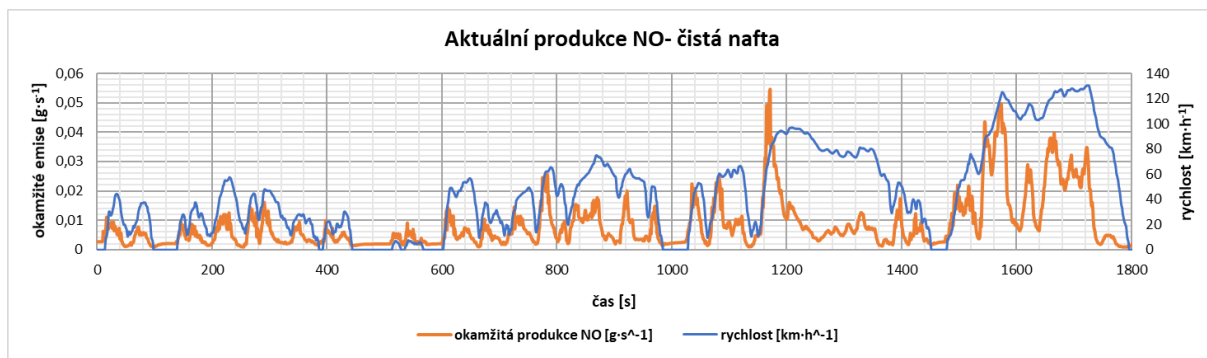


Obrázek 3: Aktuální produkce HC – nafta + VIF po 15000 km [autor]

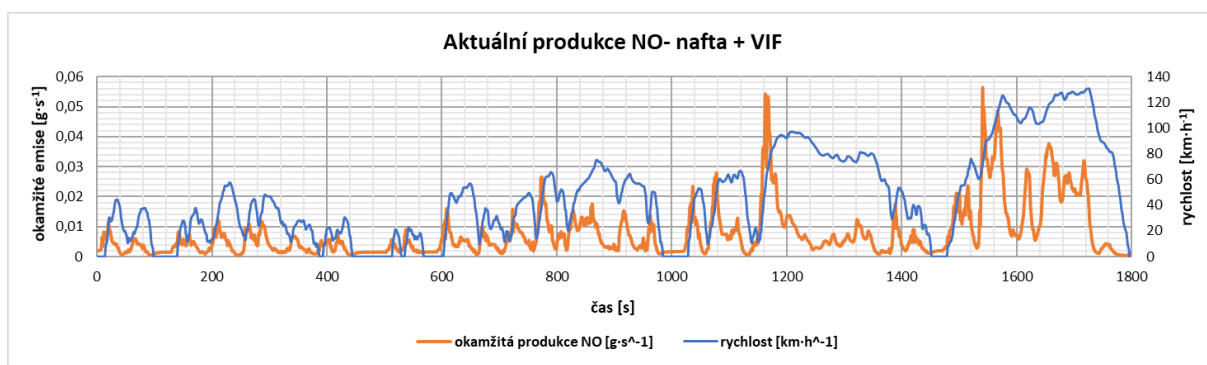


Příloha 16: Aktuální produkce emisí NO během jízdního cyklu

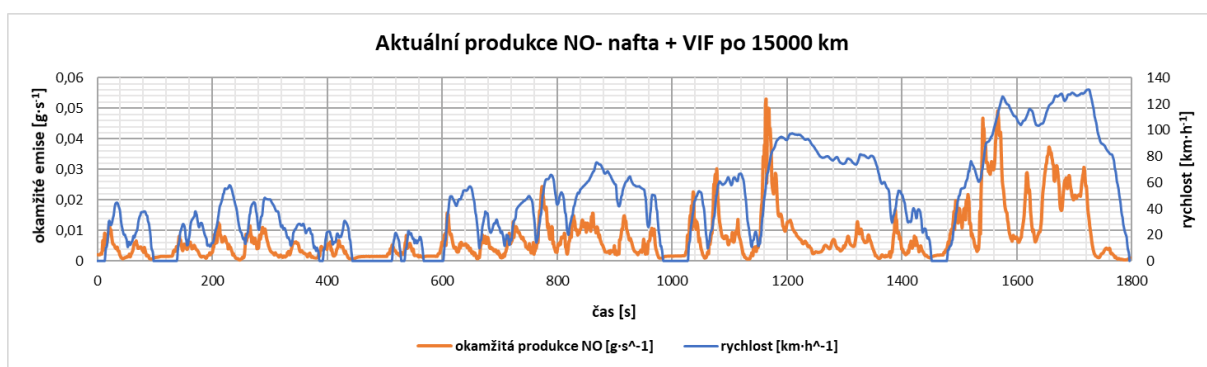
Obrázek 1: Aktuální produkce NO – čistá nafta [autor]



Obrázek 2: Aktuální produkce NO – nafta + VIF [autor]

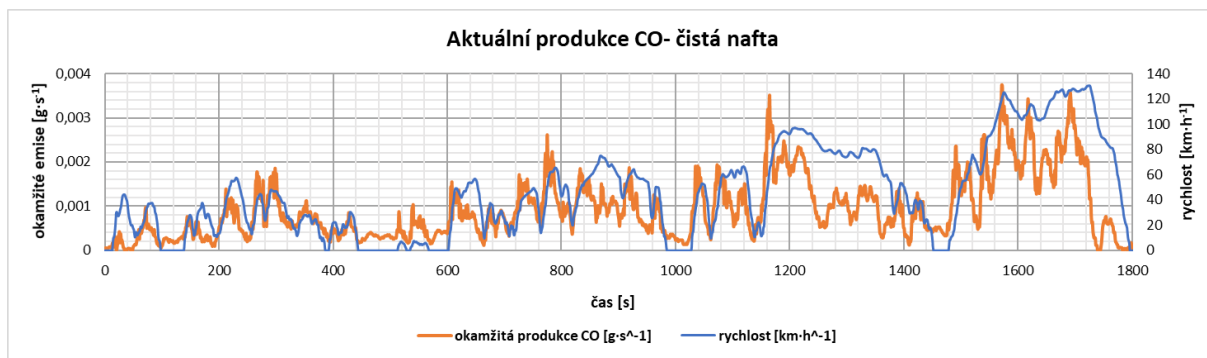


Obrázek 3: Aktuální produkce NO – nafta + VIF po 15000 km [autor]

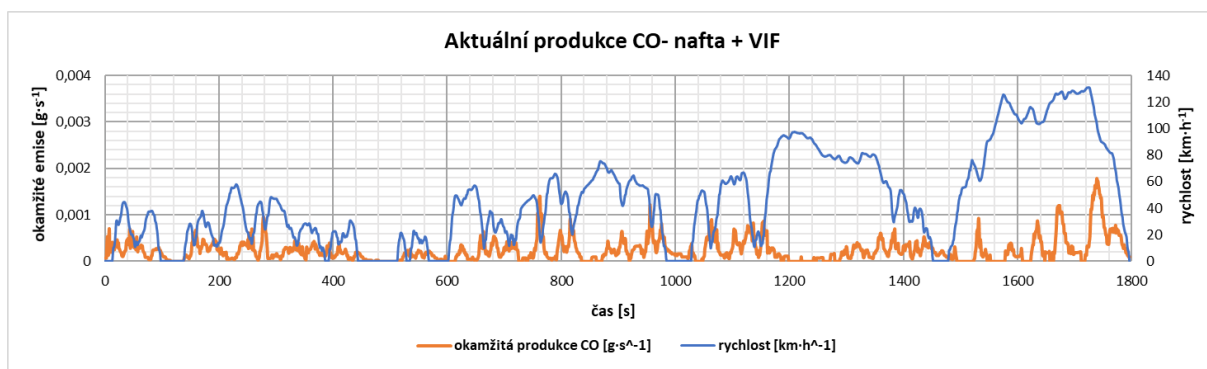


Příloha 17: Aktuální produkce emisí CO během jízdního cyklu

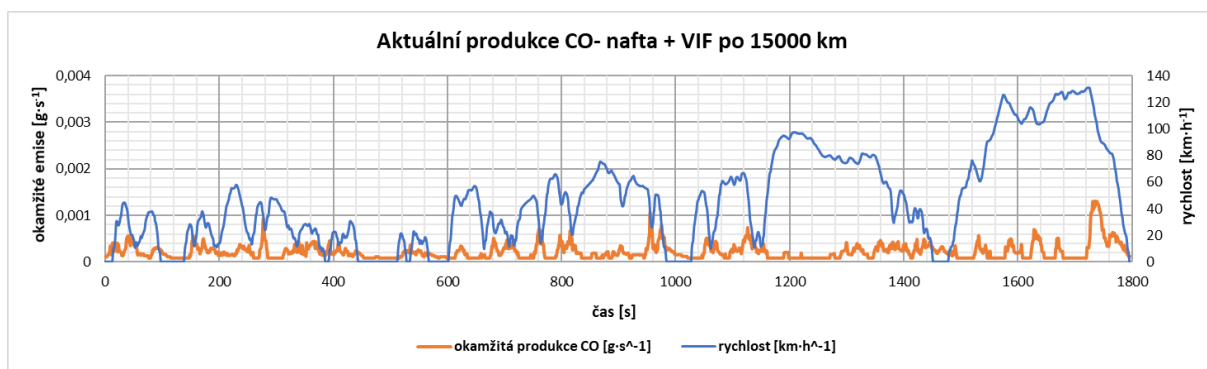
Obrázek 1: Aktuální produkce CO – čistá nafta [autor]



Obrázek 2: Aktuální produkce CO – nafta + VIF [autor]

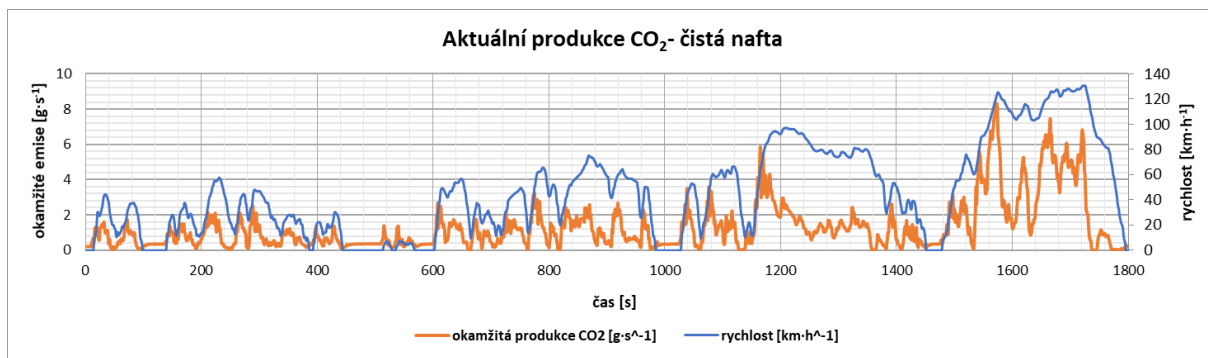


Obrázek 3: Aktuální produkce CO – nafta + VIF po 15000 km [autor]

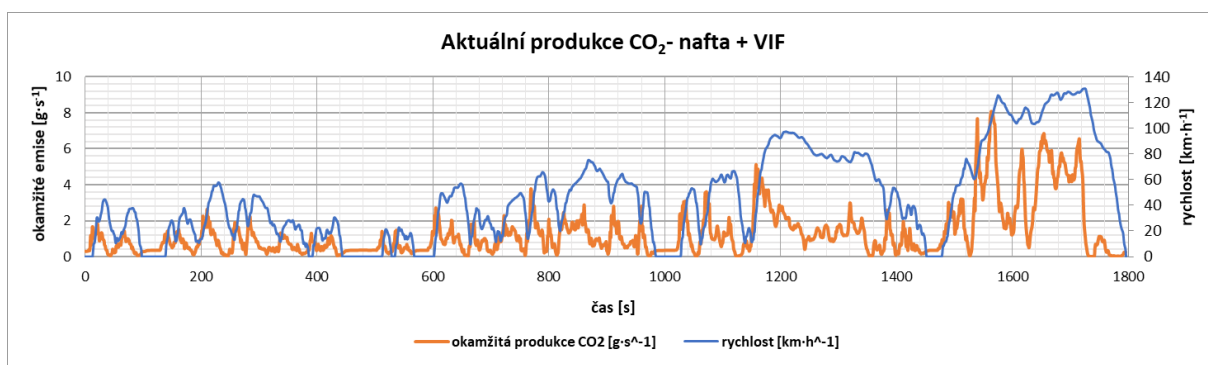


Příloha 18: Aktuální produkce emisí CO₂ během jízdního cyklu

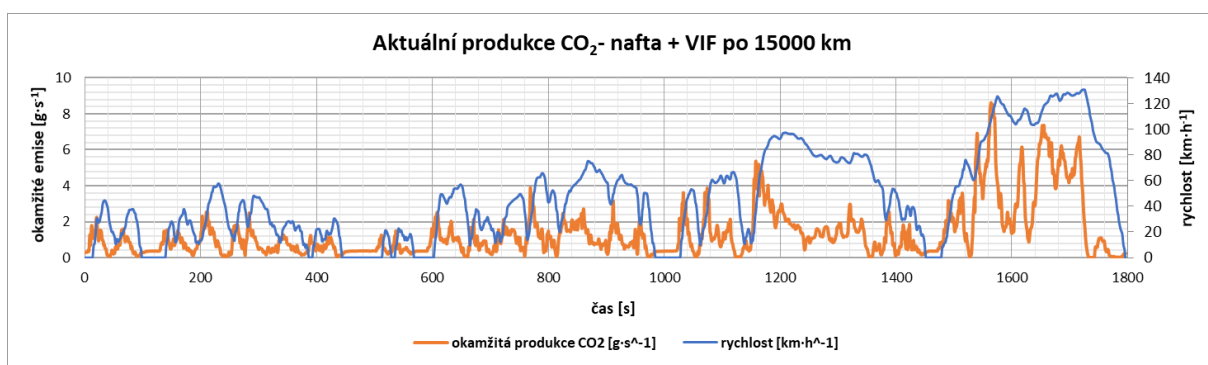
Obrázek 1: Aktuální produkce CO₂ – čistá nafta [autor]



Obrázek 2: Aktuální produkce CO₂ – nafta + VIF [autor]

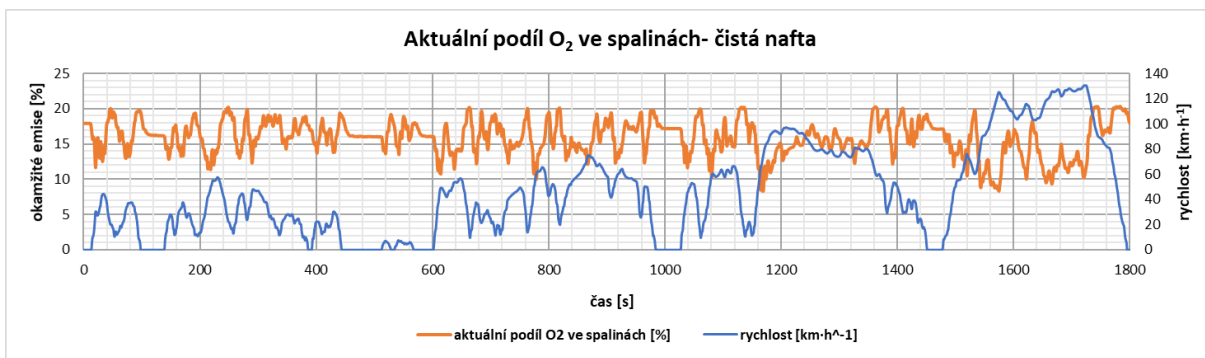


Obrázek 3: Aktuální produkce CO₂ – nafta + VIF po 15000 km [autor]

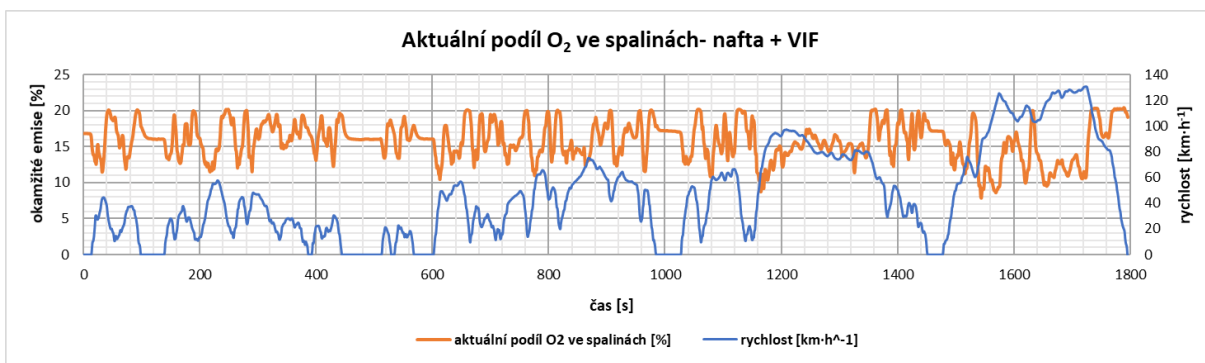


Příloha 19: Aktuální obsah O_2 ve spalínách během jízdního cyklu

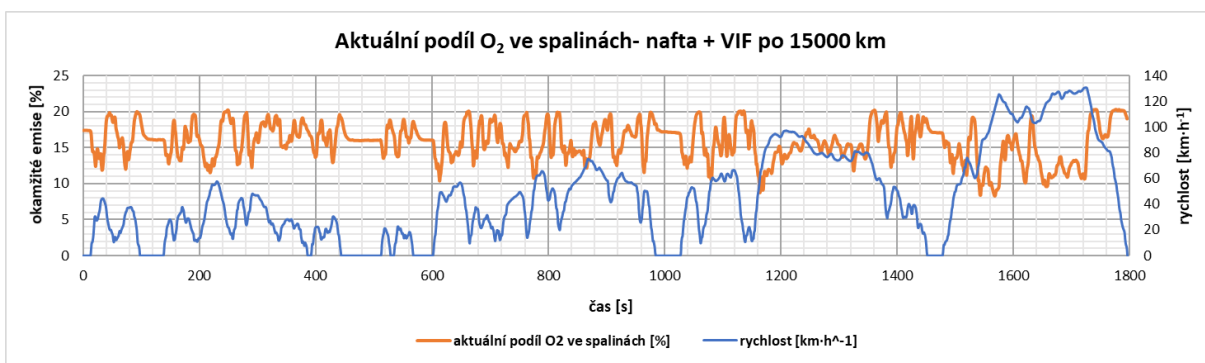
Obrázek 1: Aktuální podíl O_2 ve spalínách – čistá nafta [autor]



Obrázek 2: Aktuální podíl O_2 ve spalínách – nafta + VIF [autor]

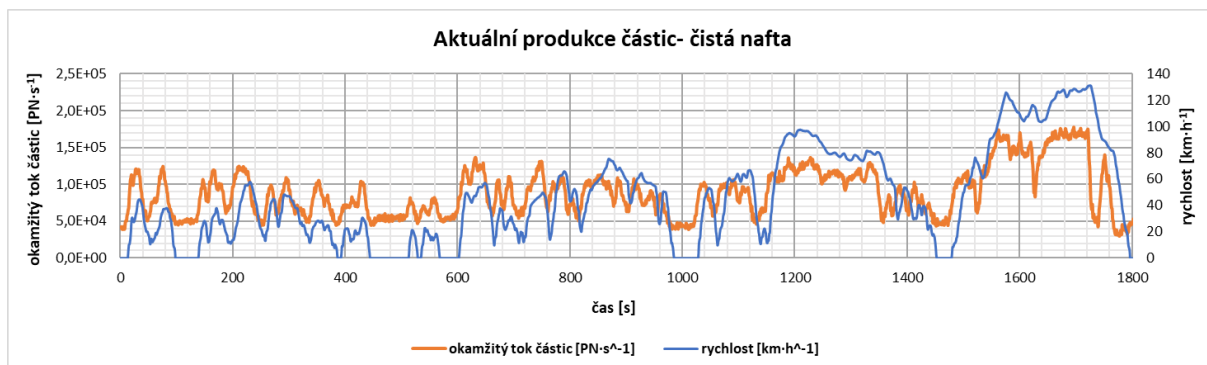


Obrázek 3: Aktuální podíl O_2 ve spalínách – nafta + VIF po 15000 km [autor]

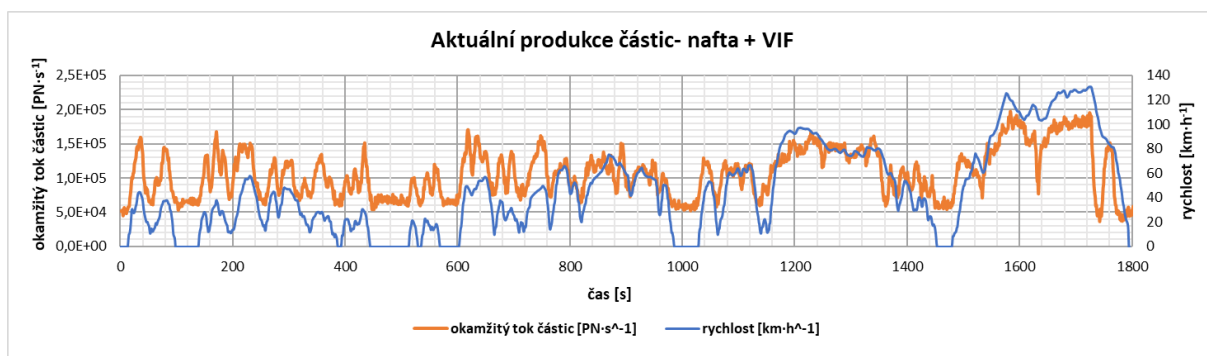


Příloha 20: Aktuální produkce emisí pevných částic během jízdního cyklu

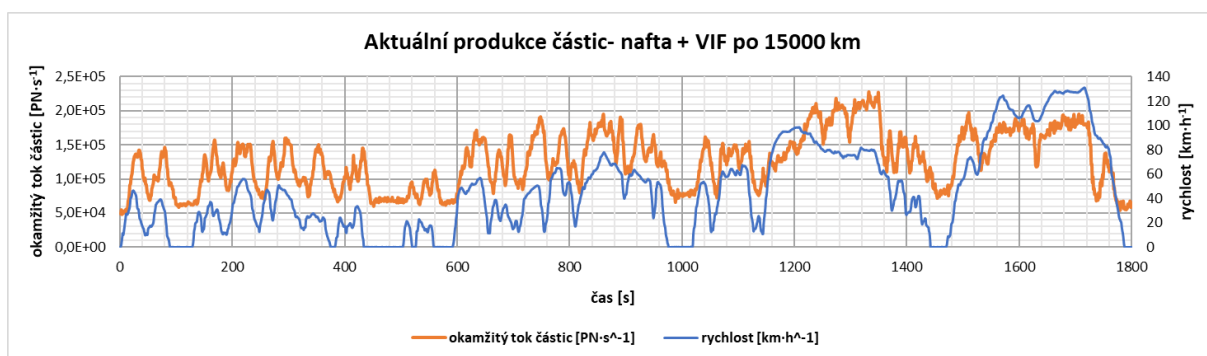
Obrázek 1: Aktuální produkce částic – čistá nafta [autor]



Obrázek 2: Aktuální produkce částic – nafta + VIF [autor]

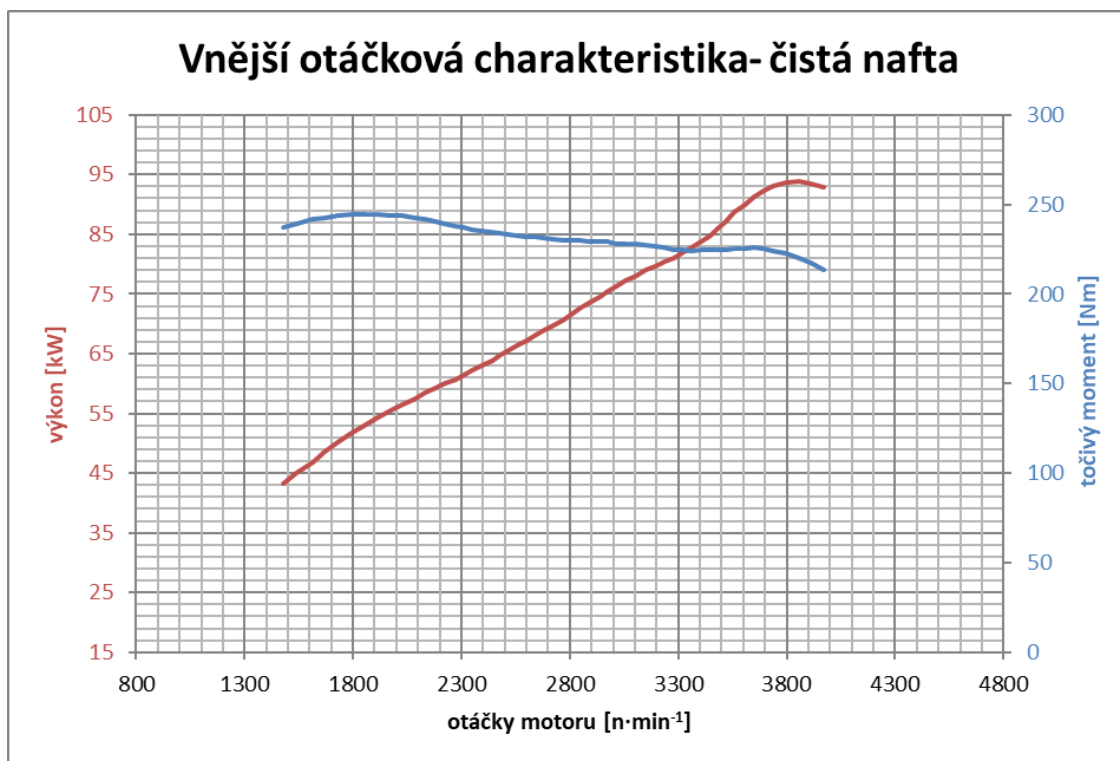


Obrázek 3: Aktuální produkce částic – nafta + VIF po 15000 km [autor]

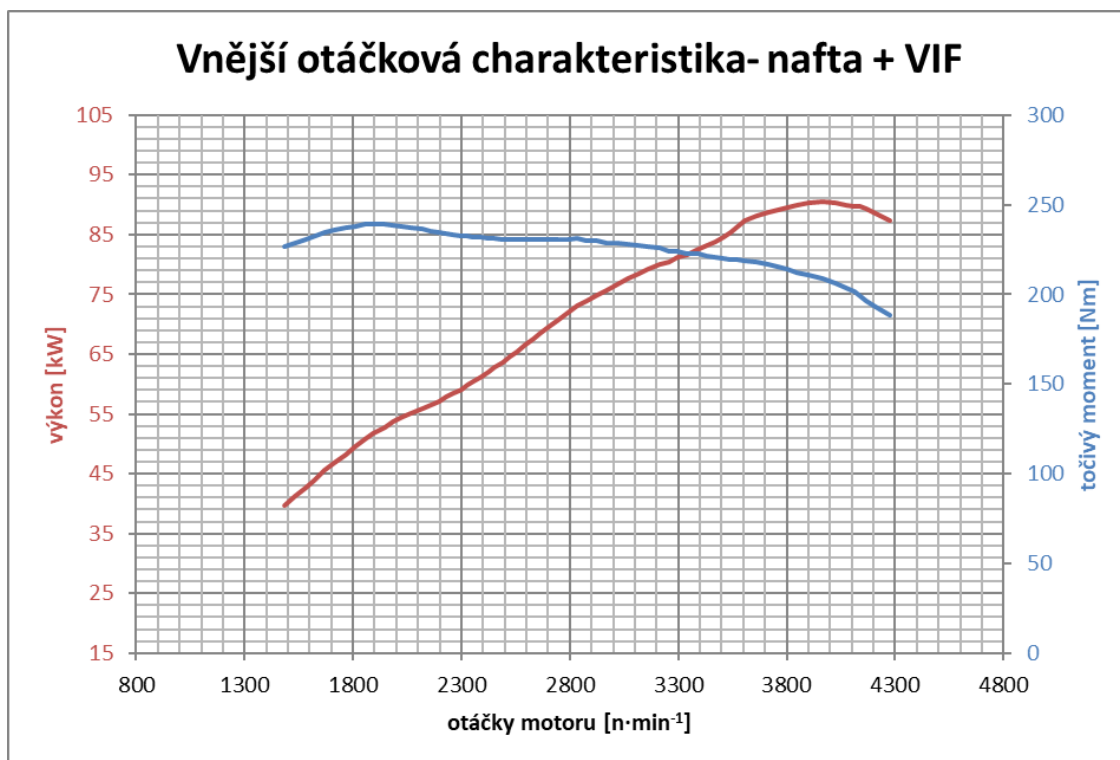


Příloha 21: Vnější otáčkové charakteristiky

Obrázek 1: Vnější otáčková charakteristika – čistá nafta [autor]



Obrázek 2: Vnější otáčková charakteristika – nafta + VIF [autor]



Obrázek 3: Vnější otáčková charakteristika – nafta + VIF po 15000 km [autor]

