

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2008

Bc. Jaroslav Andrés

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA
KATEDRA DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ

**Pracoviště pro měření emisí silničních
motorových vozidel**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE: Bc. Jaroslav Andrés
VEDOUCÍ PRÁCE: doc. Ing. Milan Graja CSc.

2008

**UNIVERSITY OF PARDUBICE
JAN PERNER TRANSPORT FACULTY
DEPARTMENT OF TRANSPORT MEANS**

DIPLOMA WORK

AUTHOR: Bc. Jaroslav Andrés
SUPERVISOR: doc. Ing. Milan Graja CSc.

2008

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky
Akademický rok: **2007 / 2008**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Bc. Jaroslav Andrés**
Studijní program: **N3708 Dopraví inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Dopraví prostředky – Silniční vozidla**
Název tématu: **Pracoviště pro měření emisí silničních motorových vozidel**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod do problematiky měření emisí silničních motorových vozidel
2. Zhodnocení budoucích trendů limitů škodlivin
3. Požadavky na přístrojové vybavení výzkumné měřicí stanice
4. Návrh přístrojového vybavení s ohledem na budoucí využitelnost
5. Návrh uspořádání pracovišť měření emisí

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího DP

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Milan Graja, CSc.**
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: **18. února 2008**

Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2008**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 23. 11. 2008

Jaroslav Andrés

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou měření emisí ve výzkumné měřicí stanici, která je realizovatelná v již provozovaném Technoparku v Pardubicích. V práci je uvedeno a analyzováno navrhované měřicí zařízení pro jednotlivá pracoviště s ohledem na jeho budoucí využitelnost, které lze ve vývoji emisních limitů očekávat. Součástí práce je návrh uspořádání pracovišť měření emisí.

This thesis deals with problems of emissions measurement in research measuring station in already prosecuted Technological Park in Pardubice. The work presents and analyses the proposal measuring equipment for particular workplaces in relation to It's future efficiency which can be in progression of emissions limits expected. Component part of the work is project of arrangement emissions measurement workplaces.

Obsah

1. Úvod do problematiky měření emisí silničních motorových vozidel	10
1.1 Proces spalování zážehových a vznětových motorů	10
1.2 Složení výfukových plynů	11
1.3 Snižování emisí spalovacích motorů	15
1.3.1 Opatření ke snížení emisí u zážehových motorů	16
1.3.2 Opatření ke snížení emisí u vznětových motorů	19
2. Zhodnocení budoucích trendů limitů škodlivin	23
2.1 Vývoj evropských emisních limitů	23
2.2 Přehled evropských emisních limitů	28
2.2.1 Normy emisí pro osobní vozidla	28
2.2.2 Přehled emisních limitů	29
2.3 Očekávaný vývoj emisních limitů vozidel	33
3. Druhy emisních zkoušek	38
3.1 EHK 83 - Homologační zkoušky	38
3.1.1 Zkouška typu I – emise z výfuku po studeném startu motoru	39
3.1.2 Zkoušky typu II, III, IV, V a palubní diagnostiky OBD	45
3.1.3 Zkouška typu VI - ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku za nízké teploty okolí po studeném startu	45
4. Návrh přístrojového vybavení od firmy AVL	52
4.1 Válcová zkušebna	52
4.1.1 AVL 48" COMPACT 2WD - Válcová zkušební stanice	52
4.1.2 Příslušenství k dynamometru AVL 48" COMPACT 2WD	55
4.2 Zředňovací jednotka CVS4000 pro vozidla lehké a střední kategorie	55
4.2.1 Jednotka CVSLD CFV Q 30 m ³ /min pro zážehové a vznětové motory	56
4.2.2 CVSLD Venturiho trubice 4 m ³ /min	57
4.2.3 CVSLD Tepelný výměník 30 m ³	58
4.2.4 Schránka sběrných vaků MAX / 4, 8, 9 a 12 vaků	58
4.3 Aparatura pro odběr částic ve výfukových plynech	60
4.3.1 FFP4000 Jednotka pro odběr částic ve výfukových plynech	60
4.3.2 CVSLD Držák filtru částic 47 mm	61
4.4 Aparatura AMA 4000 Advanced	62
4.4.1 Základní měřicí jednotka AMA 4000 1L VERDÜNNT	62
4.4.2 Aparatura pro měření THC / Tunel FID OPTION	65
4.4.3 Analyzátor CLD 4000 LC – KIT	66
4.4.4 Analyzátor IRD 4000 (A) CO L – KIT	66
4.4.5 Analyzátor IRD 4000 (A) CO ₂ L – KIT	67
4.4.6 Tester citlivosti na H ₂ O	68
4.4.7 Instalace a uvedení do provozu analyzátorové sady AMA 4000 Advanced	68
4.5 Klimatická komora AVL pro zkoušku za nízkých teplot	69
5. Návrh přístrojového vybavení od firmy Horiba	71
5.1 Systém měření emisí Horiba CDTCS-5000	71
5.2 Válcová zkušební stanice - dynamometr 4WD ECDM 48 L	73
5.3 Aparatura pro měření emisí	74
5.3.1 Horiba CVS-7400 S - Zařízení pro odběr vzorku s konstantním objemem	74
5.3.2 Systém analýzy výfukových plynů model MEXA-7000 Version 3 – varianta 7200D77	77

5.4 Klimatická komora HORIBA pro zkoušku za nízkých teplot	81
6. Uspořádání pracovišť měření emisí	82
7. Závěr	83
Seznam zkratk a symbolů.....	85
Seznam příloh	85
Seznam tabulek a obrázků.....	86
Použitá literatura	87

1. Úvod do problematiky měření emisí silničních motorových vozidel

Výzkumné pracoviště pro měření emisí silničních motorových vozidel musí splnit řadu legislativních a technických požadavků, které jsou stanoveny pro jednotlivé typy zkoušek. Každý proces a metodika měření prováděná na měřicím stanovišti, musí odpovídat svou přesností, opakovatelností, technickým vybavením a dalšími podmínkami příslušné normě a předpisu. Mezi základní mezinárodní předpisy, kterým má pracoviště vyhovovat je zejména předpis EHK-OSN 83 ve znění nejnovějších revizí.

1.1 Proces spalování zážehových a vznětových motorů

Vlastní hoření směsi ve spalovacích motorech je složitý děj, který je ovlivňován řadou různorodých faktorů. Při spalování uhlovodíkového paliva (benzin, nafta) se vzduchem, vzniká při dokonalém hoření oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O). Dokonalého spalování je však za běžných podmínek prakticky nemožné dosáhnout. Vlivem nedokonalého spalování a jiných faktorů je ve spalinách přítomný také oxid uhelnatý (CO), vodík (H_2) a nespálené uhlovodíky (HC). Protože vzduch použitý při spalování obsahuje také dusík (N_2), bude i on a jeho oxidy (NO_x) produktem hoření. U vznětových motorů vznikají navíc nedokonalým shořením paliva pevné částice (saze) [5].

Množství produkovaných spalin vyjadřujeme objemovou koncentrací (zkráceně jen koncentrace), což je podíl konkrétní složky spalin v celkovém množství spalin. Udává se většinou v procentech nebo v případě velmi nízkých koncentrací v ppm ($10\,000\text{ ppm} = 1\%$).

Součinitel přebytku vzduchu λ - lambda vyjadřuje podíl vzduchu a paliva ve směsi určené ke spalování. Pro dokonalé shoření daného množství paliva je potřebné přesně stanovené množství vzduchu. Je-li tento poměr dodržen je součinitel lambda roven jedné, takové směsi paliva se vzduchem říkáme stechiometrická směs. Pokud je vzduchu přebytek, je součinitel lambda větší než jedna, je-li vzduchu dodáno méně, než je potřeba, je hodnota součinitele lambda menší než jedna. U zážehových motorů je

tento součinitel roven přibližně jedné, u vznětových motorů musí být vždy větší než jedna (běžně 1,3 až 2), jinak by docházelo ke zvýšené tvorbě pevných částic.

1.2 Složení výfukových plynů

Již ze samotného označení příslušné složky spalín jako škodliviny je zřejmé, že její produkce by měla být co nejmenší. Existuje mnoho zdrojů atmosférického znečištění, avšak jeden z velmi významných podílů na znečištění zauímají výfukové plyny automobilových motorů. Tato skutečnost je dána velkým množstvím motorových vozidel, množstvím a různorodostí emitovaných škodlivin (polutantů) a také, že jsou tyto polutanty emitovány právě do té vrstvy atmosféry, kterou člověk bezprostředně dýchá. Složky výfukových plynů zhoršují zdraví, narušují vegetaci a negativně působí na celkovou kvalitu života.

Nejzávažnějším zdrojem znečištění jsou výfukové plyny. Jejich složení je ovlivňováno jak chemickými a fyzikálně-chemickými vlastnostmi paliva, tak konstrukcí pohonné jednotky, zejména konstrukcí spalovacího prostoru, způsobem přípravy palivové směsi, konstrukcí výfukového systému. Samotné snížení emisí jedné chemické složky znečištění, může být spojeno se zhoršením jiných vlastností motoru, nebo může vyvolat výrazné zvýšení tvorby jiné škodlivé látky. Proto je důležité v otázce emisních parametrů nalézt optimální řešení. Pro stanovení priorit je tedy nutné posoudit způsob a intenzitu působení jednotlivých složek na člověka a životní prostředí. Také je nutné posuzovat vliv snížení jejich podílu ve spalínách na chod motoru [1].

Hlavní složky výfukových plynů:

Oxid uhelnatý (CO):

Jedná se o bezbarvý plyn bez zápachu, toxický. Vzniká z paliv obsahujících uhlík při nedokonalém spalování. Může způsobovat zvýšení koncentrace troposférického ozónu a metanu tím, že napomáhá přeměně NO na NO₂, což je základní krok ve vzniku ozónu; dále odstraňuje z atmosféry hydroxylový radikál, který je nutný pro snižování koncentrace ozónu a metanu. Jestliže se zvýší koncentrace CO, sníží se koncentrace OH radikálu a koncentrace ozónu a metanu se zvýší.

Jde o produkt nedokonalého hoření paliva. Rozhodujícím faktorem ovlivňujícím hodnotu emisí CO je příprava, distribuce a bohatost směsi. Ve výfukových plynech zážehového motoru (bez katalyzátoru) bývá obvykle 12% CO při volnoběhu, 8% při zrychlování a 3-5% při brzdění. U motorů moderní koncepce jsou celkové hodnoty výfukových zplodin výrazně nižší dle emisní normy a konkrétnímu provedení motoru. Dvojtaktní motory produkují CO více, vznětové méně (0-0.06%).

Uhlovodíky (HC)

Souhrnný pojem uhlovodíky zahrnuje nespálené uhlovodíky z paliva, produkty jejich částečné oxidace a uhlovodíky nově vzniklé termochemickými reakcemi během spalovacího procesu. Počet těchto sloučenin ve výfukových plynech se odhaduje na 200 od těch nejjednodušších, přes částečně naoxidované (např. aldehydy), až po složité polyaromáty. Napomáhají vzniku fotochemického smogu, zapáchají a některé z nich se vyznačují karcinogenitou. Na jejich produkci se podílejí všechny vlivy podporující vznik oxidu uhelnatého.

Mezi nejnebezpečnější z nich lze zařadit polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) se ve výfukových plynech vyskytují v koncentracích $50-400 \mu\text{g.m}^{-3}$ u zážehových (z dvojtaktních motorů více) a $0-100 \mu\text{g.m}^{-3}$ u vznětových motorů. Jsou produktem termální syntézy probíhající během nedokonalého spalování a jejich přítomnost ve výfukových plynech se začala sledovat v 90. letech 20. století. Vedla k tomu zjištění o možných karcinogenních a mutagenních účincích. Největší pozornost se věnuje anthracenu, fenanthrenu, fluoranthenu, pyrenu, chrysenu, benzo(a)anthracenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu, benzo(a)pyrenu, benzo(e)pyrenu, dibenzo(a,c)anthracenu, dibenzo(a,h)anthracenu, benzo(g,h,i)perylenu, indeno(1,2,3-cd)pyrenu, dibenzopyrenům a koronenu. Emise PAH byly v rámci oficiálních testů na obsah CO, HC a NO_x sledovány u vozů s třicestným řízeným katalyzátorem. U vozidel s katalyzátorem poklesly jejich emise o 80 - 99% proti stavu s vyřazeným katalyzátorem [1].

Oxidy dusíku (NO_x)

Oxidy dusíku produkované z automobilových motorů do atmosféry způsobují značné množství nežádoucích škodlivých efektů na zdraví populace a na životním prostředí. Přímé působení NO_2 vede ke zvýšené náchylnosti infekce respiračního ústrojí a celkovému zhoršení funkce dýchacích orgánů. Krátkodobá expozice NO_2 způsobuje respirační problémy a představuje riziko převážně pro děti, alergiky a astmatiky. V atmosféře mohou reagovat s uhlovodíky za vzniku ozónu O_3 a jiných vysoce toxických polutantů. Vedle oxidu siřičitého představují druhý nejzávažnější zdroj kyselých dešťů.

Oxidy dusíku NO_x se nacházejí ve zplodinách zážehových i vznětových motorů. Při plném zatížení motoru dosahuje koncentrace NO_x u zážehových motorů 8.0 g.m^{-3} , u vznětových 1.8 g.m^{-3} . Jejich vznik způsobují vysoké teploty ve spalovacím prostoru, za nichž dochází k oxidaci vzdušného dusíku.

Oxidy síry (SO_x)

Podíl emisí oxidů síry ze spalovacích motorů na jejich celkových emisích z průmyslu je zanedbatelný. Jsou produkovány především vznětovými motory. Obsah síry v motorové naftě má klesající tendenci s velmi nízkým podílem (50 ppm), tzn. že se snižují i emise SO_x z provozu spalovacích motorů [4].

Olovo (Pb)

Složka olova byla v minulosti v evropských státech přidáváno do benzínu ve formě tetraetylolova či tetrametylolova jako antidetonátor pro zvýšení oktanového čísla. Dříve proto výfukové plyny představovaly hlavní zdroj olova v atmosféře mnoha měst. V současné době je zaveden trend úplného odstranění olova z benzínů.

Obsah olova v benzinech byl z 0.4-0.6 g/l později i 0.15 g/l. Z tohoto množství se dostávalo do ovzduší 8-80% pomocí tzv. vynašečů olova (látek zabraňujících hromadění olova ve spalovacím prostoru motoru). Velikost vynášených částic olova se pohybovala v rozmezí od $0.01 \mu\text{m}$ do $10 \mu\text{m}$.

Pevné částice z dieselových motorů

Pevné částice jsou většinou složeny ze tří hlavních součástí. **Saze** (vznikají jako produkt nedokonalého spalování bohatých směsí) **těžké uhlovodíky** kondenzované nebo adsorbované na saze a **sulfáty**. U starších dieselových motorů představovaly saze 40 až 80% z celkového množství pevných částic a ve výfukových plynech se nacházely v koncentracích kolem 1.1 g.m^{-3} , resp. 17 kg na 1 t spotřebovaného paliva. Saze jsou rovněž součástí výfukových plynů u dvoutaktních motorů (kolem 0.4 g.m^{-3}). Vývoj nových dieselových motorů však množství sazí značně zredukoval využitím dokonalejších prostředků k optimálnějšímu spalovacímu procesu a použitím filtrů k zachycení těchto částic.

Saze jsou tuhé částice velikosti 0.3-100 μm . Těžké uhlovodíky kondenzované nebo naabsorbované na saze se zpravidla označují jako rozpustná organická frakce a pocházejí zčásti z mazacích olejů, zčásti z nespáleného paliva a zčásti ze sloučenin vznikajících během spalování. Pevné částice z dieselových motorů byly označeny za karcinogenně působící látky.

Další toxické látky

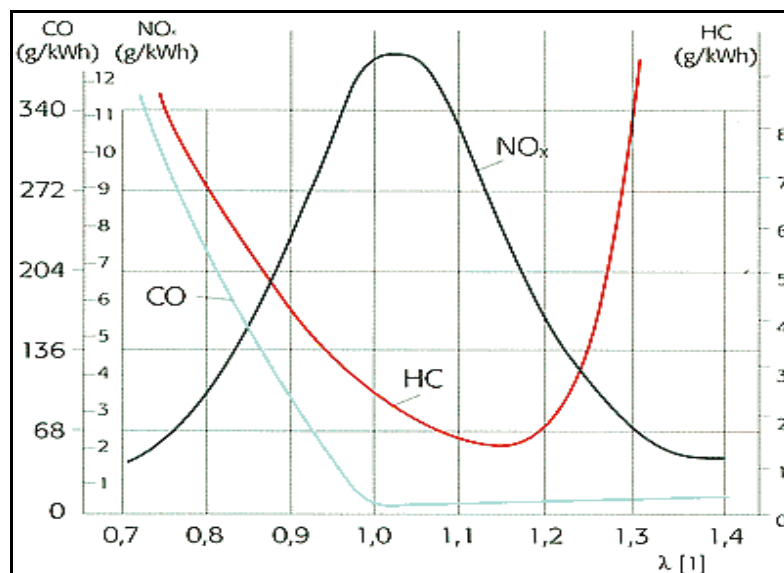
Tyto toxické látky byly zmíněny v souhrnném bodě jako uhlovodíky. Vzhledem k rizikovosti jejich vlastností ve vztahu ke člověku se některé nejškodlivější látky z této skupiny vyčleňují. K nejtoxičtějším látkám patří 1,3-butadien, který je karcinogenní a představuje 58-72% rizika všech toxických látek přítomných ve výfukových plynech. Z dalších nebezpečných látek je to benzen (10%) a aldehydy - převážně formaldehyd (4%) a acetaldehyd.

1.3 Snižování emisí spalovacích motorů

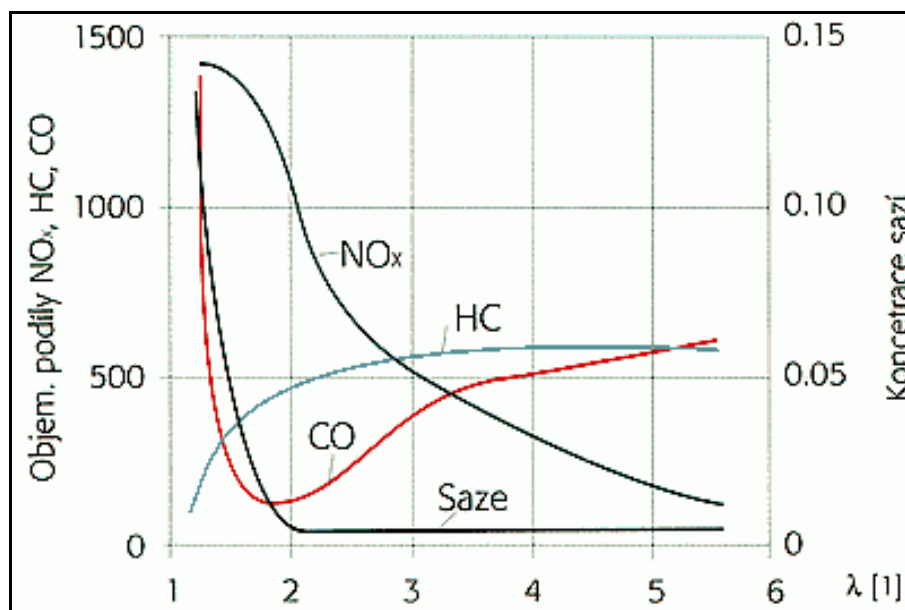
Na tvorbu škodlivin má vliv několik základních faktorů. Velmi podstatný vliv na tvorbu škodlivin, který přímo nesouvisí s konstrukcí motoru, je provozní režim motoru. Rozdílné množství produkovaných škodlivin lze vysledovat v různých provozních stavech, jako jsou: studený start, akcelerace, plné zatížení, brzdění a řazení. Např. pro studený start zážehových motorů jsou typické vysoké koncentrace oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků a nízké koncentrace oxidů dusíku.

Opatření vedoucí ke snížení produkce škodlivin ve výfukových plynech, jsou odlišná pro zážehové a vznětové motory. Je možné je zahrnout do následujících hlavních kategorií:

- Korekce součinitele přebytku vzduchu λ a tvorby směsi
- Vnitřní konstrukční opatření v motoru k ovlivnění průběhu spalování
- Dodatečná redukce škodlivých emisí za motorem



Obr.1 Závislost hlavních škodlivin na součiniteli přebytku vzduchu λ u zážehových motorů [5]



Obr. 2 Závislost hlavních škodlivin na součiniteli přebytku vzduchu lambda u vznětových motorů [5]

1.3.1 Opatření ke snížení emisí u zážehových motorů

Regulací součinitele přebytku vzduchu v obvyklých mezích nelze rozhodujícím způsobem snížit emise všech škodlivin současně. V oblasti minimálních koncentrací CO a HC jsou totiž maximální emise NO_x (Obr 1). Pro dosažení optimálního spalovacího procesu ve spalovacím prostoru motoru je nutné zajistit co nejlepší rozprašení, promíchání optimálního množství paliva se vzduchem a dodržování přesně stanoveného součinitele přebytku vzduchu λ .

Dalším důležitým faktorem je okamžik zážehu směsi. Okamžik přeskočení jiskry na zapalovací svíčke je také optimalizován elektronickou řídicí jednotkou. Důležitým aspektem je také pracovní teplota motoru a její rychlé dosažení po studeném startu.

Stechiometrické množství vzduchu pro spálení 1 kg benzínu je (dle složení paliva) 14,6-15 kg. Protože promíchání paliva se vzduchem nebývá dokonalé, není ani směšovací poměr vždy stechiometrický. Starší motory proto pracují zejména se směsí o něco bohatší než je ideální směs. Stechiometrické množství vzduchu pro spálení 1 kg benzínu je (dle složení paliva) 14,6-15 kg. Protože promíchání paliva se vzduchem nebývá dokonalé, není ani směšovací poměr vždy stechiometrický. Většina, zejména starších motorů, proto pracuje se směsí o něco bohatší než ideální směs.

Vývoj technických opatření u zážehových motorů:

Zlepšování pracovního procesu motoru je nepřetržitý proces, kterým se výrobci motorových vozidel od počátku 70. let snaží vyhovět zákonným předpisům omezujícím hodnoty emisních limitů ze spalovacích motorů. V dosavadním procesu vývoje zážehových motorů se uplatnily především tyto úpravy [1]:

- Zdokonalování karburátorů (70.-80. léta), zajišťujících přípravu směsi. Zlepšení se týkala všech systémů karburátoru, počínaje funkcí sytiče, volnoběhu, akceleraace i stálých zatížení a konče elektronickým dávkováním paliva.
- Zlepšením výměny náplně snižováním průtočných odporů a zajišťováním požadovaného rozvíření náplně ve válci. Technická opatření se dotýkala jak vlastních sacích a výfukových potrubí, tak úprav kanálů v hlavě válce, změn tvaru, průřezů a počtu ventilů, u řady motorů se uplatnil přechod na 3 až 4 ventilové provedení na válec.
- Úpravy rozvodového mechanismu, spočívající ve stanovení vhodného tvaru vačky a časování rozvodu. Součástí řešení rozvodového mechanismu byly také úpravy ventilů a jejich sedel pro spalování bezolovnatých benzinů.
- Optimalizace kompresního poměru a tvaru spalovacího prostoru
- Zdokonalování funkce zapalovacího systému a jeho regulace, zejména předstihu zážehu
- Zkrácení doby ohřevu motoru modifikací chladícího systému.

Po dlouhou dobu byl výsledný efekt těchto úprav postačující pro plnění stanovených emisních limitů. U vozidel Škoda bylo v tomto období dosaženo snížení emisí CO o 84% a HC o 43%. Pouze u hodnot emisí NO_x byl výsledný efekt nevýrazný a musely být použity dodatečné úpravy.

V 90. letech s nástupem zpřísněných evropských emisních a legislativy pro ochranu životního prostředí, bylo nutno zážehové motory upravovat dalšími dodatečnými technickými prostředky například:

- Využití nových materiálů a technologií výroby, nahrazení kovu keramickými součástmi, hliníkové hlavy válců umožňující díky lepšímu vedení tepla snížit teplotu stěn spalovacího prostoru. Všechny tyto úpravy vedou ke zmenšení tvorby úsad a produkce NO_x .
- Použitím kompaktního spalovacího prostoru s krátkou cestou plamene a minimálními škodlivými prostory pro snížení emisí HC. Příznivých výsledků spalování vykazuje čtyřventilové i více ventilové uspořádání motoru s centrální polohou zapalovací svíčky.
- Úpravou časování ventilů s úpravami překrytí v otevření ventilů, je dosaženo snížení HC emisí a při zachování určitého podílu výfukových plynů v čerstvé náplni (vnitřní recirkulace) dochází i ke snížení maximálních spalovacích teplot doprovázenému snížením tvorby NO_x .
- Zvyšováním kompresního poměru se zlepšuje účinnost hoření, zvyšuje se však maximální spalovací teplota a tím i emise NO_x .
- Směšovací poměr - emise CO i HC se snižují při ochuzování směsi a minima dosahují při $\lambda = 1,05 - 1,1$. Naproti tomu tvorba složky emisí NO_x s ochuzováním směsi stoupá a dosahuje maxima při $\lambda = 1 - 1,05$.
- Zařazení katalyzátorů do výfukové soustavy vozidla, které účinně redukuje podíl škodlivých složek

Katalyzátory tedy patří mezi velmi účinná technická opatření ke snížení především oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC) a oxidů dusíku (NO_x). Je prokázáno, že používání třicestných řízených katalyzátorů v zážehových motorech snižuje obsah CO ve výfukových plynech až 15x, HC a NO_x až 10x. Obdobná redukce těchto plynů se projevuje i při porovnání dieselových motorů bez katalyzátoru a s oxidačním katalyzátorem. Tento efekt je způsoben zvýšením účinnosti oxidace těchto

látek za přítomnosti platinových kovů jako je rhodium (Rh), platina (Pt) a palladium (Pd). CO a HC se oxidují ve zvýšené míře na oxid uhličitý (CO_2), který však patří mezi jeden z hlavních skleníkových plynů. Důležitým parametrem při posuzování produkce emisí CO_2 je režim provozu motorového vozidla.

Ke splnění stále se zpříšňujících emisních limitů, je přistupováno k radikálnějšímu řešení. Využíváním nových technologií, alternativní paliv, hybridních pohonů a aplikací různých technických prostředků tak, aby bylo dosaženo snížení emisí, spotřeby paliv a to vše za přijatelných finančních nákladů.

1.3.2 Opatření ke snížení emisí u vznětových motorů

Jde o motory, spalující motorovou naftu. Do válce motoru je nasáván čistý vzduch, který se stlačením ohřeje až na zápalnou teplotu paliva. V tom okamžiku se do válce z vysokotlakého palivového okruhu vstříkne nafta, která se v přebytku horkého vzduchu vznítí. Hořící směs tlačí na píst a vykonává tak mechanickou práci. Nadbytek vzduchu ve spalovacím prostoru je 20-600% (při menším nadbytku roste kouřivost), a proto spalování pracuje s vyšší účinností než u zážehových motorů a emise CO a HC jsou výrazně nižší. Emisní limity vznětové motory jsou stanoveny kromě obvyklých CO, HC a NO_x i pro kouřivost a částice ve výfukových plynech. Sloučeniny síry jsou limitovány nepřímo, omezením obsahu síry v motorové naftě.

Zvýšený obsah kyslíku ve spalínách způsobuje, že stávající limity pro CO a HC tyto motory splňují bez vážnějších problémů. Klíčové je zde řešení emisí NO_x , částic a snížení kouřivosti. Velikost emitovaných částic se převážně pohybuje do 0,001 mm a jejich velké množství patří do respirabilní frakce (jsou schopny vniknout do plic, kde se usazují). Značná část pevných částic také vykazuje karcinogenní účinky [1].

Technické omezení obsahu škodlivých složek výfukových plynů bylo poměrně obtížné, protože dílčí úpravy motorů působily často protichůdně např. snížením obsahu NO_x mohlo vést ke zvýšení obsahu částic, kouřivosti a měrné spotřeby paliva. Řada technických opatření k omezení emisí ze vznětových motorů soustředila na zlepšení účinnosti pracovního procesu motoru (tzv. aktivní opatření). Některá vylepšení se již dnes stala standardním vybavením nových vozidel.

V procesu vývoje vznětových motorů se uplatnily především tyto úpravy [1]:

- Přepřlňování pomocí turbodmyhadla (vzduch je do spalovacího prostoru vháněn pod tlakem), již u všech výkonnostních kategorií motorů.
- Chlazení plnicího vzduchu, především tzv. systémem vzduch-vzduch, kdy je stlačený plnicí vzduch z turbodmyhadla ochlazován vzduchem. To umožňuje snížit jeho teplotu z cca 120-150 °C na 60-70 °C.
- Zkvalitnění přípravy směsi ve válci změnami tvaru sacích a výfukových kanálů, počtem sacích i výfukových ventilů, časováním ventilového vzduchu, tvarem spalovacího prostoru a vhodnou volbou kompresního poměru.
- Zvýšení výkonových parametrů vstřikovacího zařízení, zejména zvýšení vstřikovacích tlaků na 100-150 MPa, zkrácení doby výstřiku a zkvalitnění rozprachu paliva ve válci použitím víceotvorových trysek (5-7 otvorů).
- Regulace předstřiku v závislosti na otáčkách i zatížení.

Soubor těchto opatření uplatněný u většiny nových nebo modernizovaných motorů umožnil splnit i velmi náročné limity, stanovené předpisem EHK 49.02 (nebo jeho obdobou EURO I v zemích ES). Se zvyšujícími se požadavky na emisní limity v následujících emisních normách EURO 2 au EURO 5 došlo u vznětových motorů k další modifikacím.

Použití elektronických systémů řízení motoru, umožňuje proces přípravy směsi i vlastní spalování řídit v závislosti na větším počtu vstupních parametrů. Řadová vstřikovací čerpadla mohou být k dalšímu zlepšení parametrů vstřiku nahrazena “sdruženou vstřikovací jednotkou“, ve které je konstrukčně spojena výtlačná jednotka řadového čerpadla s vlastním vstřikovačem a tryskou. Dojde tak k dalšímu snížení škodlivých prostorů, snížení hydraulické pružnosti systému a snížení tlakových ztrát. Mimo dalšího zvýšení vstřikovacích tlaků se tak dosáhne zvýšení citlivosti regulace.

Tyto modernizační kroky byly doplněny přídatným zařízením dodatečně montované do výfukového potrubí vozidla. Existují dvě základní technická řešení těchto zařízení:

- **Katalyzátor** - vzhledem k trvalému přebytku vzduchu ve výfukových plynech vznětového motoru je využíván oxidační katalyzátor s účinkem na snížení emisí CO, HC a jen částečným nízkým účinkem na snížení emise částic. Další složky (NO_x , kouřivost) nejsou použitím tohoto typu katalyzátoru výrazně ovlivněny.
- **Zachycovač částic** - v principu se jedná o filtrační zařízení, kde se ve filtračním elementu zachycují pevné a kapalné látky obsažené ve výfukových plynech. Je tvořen buď keramickým monolytickým tělesem nebo keramickou tkaninou nasunutou na nosných trubkách. Protože převažující látkou částic jsou spalitelné saze příp. kapičky paliva a oleje, jsou filtrační elementy po dosažení předepsaného zanešení regenerovány vypálením při teplotě 600-650 °C (zápalná teplota sazí). K dosažení regenerační teploty slouží naftový hořák nebo ohřev elektrickým proudem, jejichž ovládání je automatické, nezávislé na řidiči. Zachycovače částic snižují emise částic s účinností 80-95% a současně výrazně snižují opticky viditelnou kouřivost motoru. V menší míře snižují i emise uhlovodíků o podíl kapalných zbytků nespáleného paliva a oleje. Emise CO a NO_x neovlivňují.

Kromě výše zmíněných úprav motoru a instalace přídatných zařízení jsou rozvíjeny i další varianty omezování emisí ze vznětových motorů. Za nejdůležitější lze označit náhradu klasických ropných paliv alternativními palivy.

Mezi nejčastěji používaná alternativní paliva lze zařadit:

- Plynná paliva ve formě stlačeného zemního plynu **CNG** či propan-butan **LPG**.
- Metylester řepkového oleje nebo jeho směsi s dalšími uhlovodíky - **bionafta**. Aby bylo bionaftu možné použít jako palivo musí splňovat evropskou normu které udává její přesné složení tj. EN 14214:2003.

Od počátku platnosti emisní normy EURO 4 je využita ke snížení emisí následující technologie:

Selektivní katalytická redukce (SCR) - je jedna ze dvou technologií, které dokáží snížit emise výfukových plynů vznětových motorů na úroveň norem Euro 4 a nižších. Technologie SCR využívá neupraveného motoru, který splňuje normu Euro 3 a snížení škodlivých látek (převážně NO_x) dosahuje vstřikováním kapaliny AdBlue do výfuku, čímž se NO_x redukuje na vodu (H_2O) a dusík (N_2). Spotřeba AdBlue bývá průměrně 2l/100km. Při poruše systému nebo při spotřebování AdBlue motor funguje stále (na rozdíl od technologie EGR), ale zvýší se hodnota emisí na úroveň normy Euro 3, přičemž u některých vozidel zasáhne v tomto okamžiku řídicí jednotka a omezí výkon či rychlost na polovinu, aby donutila řidiče natankovat AdBlue, popř. nechat systém opravit. Nevýhodou je prostor, který tato technologie potřebuje na nádrž AdBlue. Proto se nepoužívá u osobních vozidel ani u většiny dodávkových vozidel. Tuto technologii většina výrobců nákladních vozidel a autobusů kromě, který využívá EGR [6].

Kapalina **AdBlue**, kterou využívá systém SCR je vstřikována do výfuku, kde redukuje NO_x na vodu a dusík. AdBlue je 32,5% směs močoviny s vodou a její spotřeba činí asi 2 litry na 100 km.

Technologie EGR - (Exhaust gas recirculation tj. recirkulace spalin) pomocí této technologie se snižují emise výfukových plynů vznětových motorů na úroveň norem Euro 4 a vyšších. Principem je, že část výfukových plynů prochází výměníkem tepla (chladičem) a nasávána do motoru, čímž se omezuje vznik dalšího NO_x , ve vzduchu je menší podíl kyslíku, výsledkem jsou nižší teploty v průběhu spalování a tím i nižší produkce oxidů dusíku.

Nevýhodou technologie EGR je snížení výkonu motoru, ve srovnání se stejným motorem bez částečné recirkulace výfukových plynů. Z důvodu nižšího množství kyslíku lze spálit menší hmotnostní množství paliva, získá se méně tepla a energie, kterou motor mění v mechanickou práci. Další nevýhodou je potřeba složité elektroniky řízení motoru, která je dnes zapotřebí splnění nynějších exhalačních norem. Používá ho zřejmě většina vznětových motorů osobních a dodávkových vozů, které splňují Euro 4 nebo vyšší. Z výrobců nákladních vozů ho používá např. Scania (u řadových šestiválců

splňujících emisní normy Euro 4 a 5) a MAN (jen u některých motorů), ostatní výrobci se vydali cestou systému SCR.

2. Zhodnocení budoucích trendů limitů škodlivin

Pracoviště měření emisí musí svým technickým provedení a uspořádáním být schopno zajistit měření znečišťujících složek výfukových plynů i podle zpřísněných emisních norem, které lze v blízké budoucnosti očekávat. Pro jednotlivé kategorie vozidel a podle druhů spalovaných pohonných hmot byly pro každou kategorii vozidel určeny emisní limity.

2.1 Vývoj evropských emisních limitů

Požadavky na snižování škodlivých emisí z pístových spalovacích motorů (výfukových emisí i hluku) se vyvíjejí odděleně pro vozidlové motory, pro dráhové motory a motory nesilničních vozidel a pro stacionární motory. Provozní režimy, způsob zjišťování a vyjadřování emisí a limitní hodnoty pro jednotlivé složky škodlivin jsou stanoveny podle typu a kategorie motorů, někdy se provozní režimy a limitní hodnoty odlišují i podle států.

Prvním platným evropským předpisem byla směrnice **EHK 15** zavedená v roce 1971. Původní verzi obsahovala 4 jízdní cykly a počítala s měřením obsahu oxidu uhelnatého (CO) a nespálených uhlovodíků (HC). Později přibýlo měření oxidů dusíku (NO_x). Test se během let měnil a doplňoval. Po mnoha přepracováních bylo EHK 15 koncem osmdesátých let nahrazeno novou vyhláškou **EHK 83**. Ta se stala základem i pro dnes platné předpisy. Původní znění vstoupilo v platnost v roce 1989 (v ČR od 1991).

Pro silniční vozidlové motory platí ve většině zemí Evropy směrnice Evropské hospodářské komise OSN (předpisy EHK, resp. ECE): směrnice jsou vydávány pro motory na klasická kapalná paliva a současně je provedeno rozdělení podle kategorií vozidel a podle jejich hmotností, zdvihového objemu motoru a typu motoru. Při úpravách či přestavbě motoru k provozu na plynné palivo (NG, LPG) se vyžaduje plnění emisních limitů na stejné úrovni jako u původního motoru (§ č.51 zák.

č. 102/95 Sb.), tzn. že výfukové emise musí vyhovovat předpisům **EHK 15** (starší benzinové motory), **EHK 83** pro novější benzinové motory nebo **EHK 49** pro vznětové motory. Tento předpis, je platný pro konverzi vznětových motorů na plynové zážehové.

Předpis EHK 83 specifikuje 4 typy schválení:

Schválení typu A: zrušeno; bylo určeno pro hodnocení vozidel se zážehovým motorem bez dodatečné úpravy spalín (uplatňoval se pouze na přezkušování emisních vlastností starších typů vozidel při jejich individuálním dovozu nebo při jejich přestavbě na použití alternativních paliv). Od 05 série dodatků nedovoluje použití olovnatých benzínů.

Schválení typu B: je určeno pro limitování emisí výfukových plynů produkovaných vozidlem, emise odpařováním, emisemi z klikové skříně, životností kontrolních zařízení znečištěním, škodlivých emisí za studených startů a palubní diagnostiky vozidel poháněných bezolovnatým benzínem, nebo který může být poháněný buď bezolovnatým benzinem a LPG nebo NG

Schválení typu C: je určeno pro limitování plyných emisí a částic, životnosti kontrolních zařízení znečištěním a palubní diagnostiky vozidel poháněných motorovým naftou

Schválení typu D: Je určeno pro emise výfukových plynů produkovaných vozidlem, emise odpařování, emise z klikové skříně, životností kontrolních zařízení znečištěním, škodlivé emise za studených startů a palubní diagnostiku vozidel poháněných LPG nebo NG.

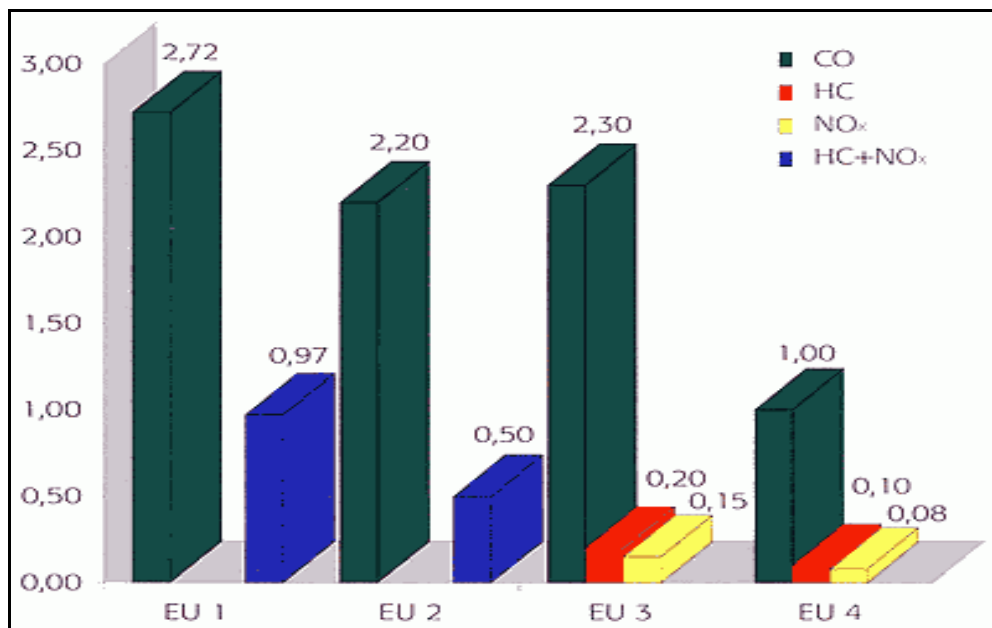
Předpis **EHK 83** prošel od roku 1989 několika úpravami, které se většinou týkaly zpřísnění limitních hodnot. Na počátku devadesátých let v rámci jednotné legislativy ve státech Evropské unie vychází nové emisní předpisy, jejichž základem je právě EHK 83, ale nesou již název podle zvyklostí EU. Tyto emisní předpisy jsou spíše známější pod názvem EURO (někdy se používá jen zkratka EU) plus číslo revize předpisu. V rámci sjednocování legislativy jsou tyto předpisy uplatňovány i v ostatních státech mimo Evropskou unii. Zde nesou označení jako příslušná verze EHK 83 (např. EHK 83.04).

EURO 1 (EU1) - V roce 1992 začal ve státech Evropské unie platit předpis 91 /441 /EG, známější spíše jako EURO 1, tento předpis začal platit v roce 1995 i jako druhá revize EHK 83 (označení EHK 83.02) v ostatních státech.

EURO 2 (EU2) - Od 1.1.1996 platily ve státech Evropské unie předpisy 94/12/EG a 96/69/EG, označované jako EURO 2. Tyto normy zavedly opět přísnější limity a ve státech řídících se podle předpisů EHK vstoupily v platnost jako třetí a čtvrtá revize EHK 83 (EHK 83.03 a EHK 83.04) v roce 1996, resp. v roce 1999.

EURO 3 (EU3) - Od 1.1 .2000 platí ve státech Evropské unie předpis 98/69EG - A (EURO 3) a od 1.4.2001 jako předpis EHK 83.05 platí i v ČR. Tento předpis již počítá s odděleným vyhodnocováním emisí oxidů dusíku (NO_x) a nespálených uhlovodíků (HC), které byly dříve vyhodnocovány společně. Změny se též částečně týkají uspořádání jízdního cyklu.

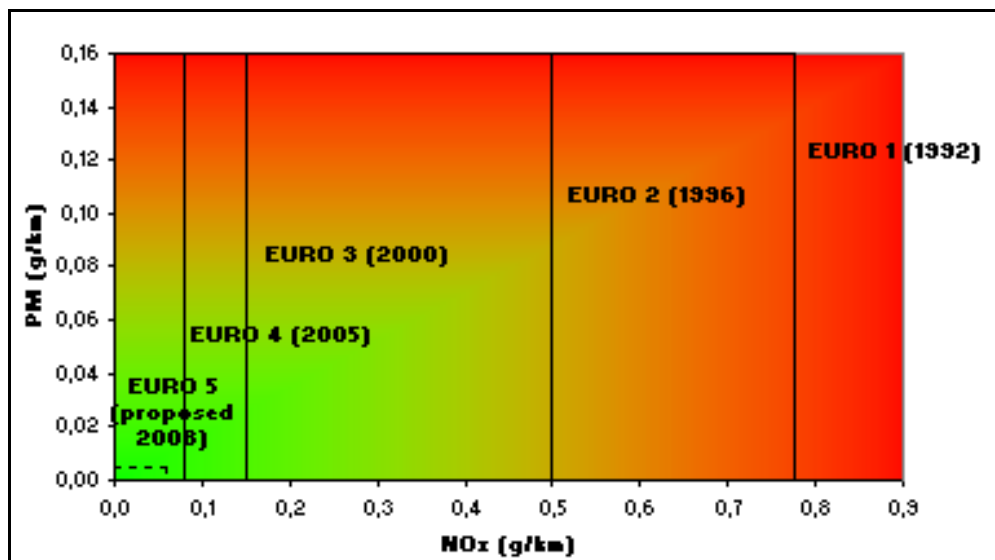
EURO 4 (EU4) – Platnost normy platí od ledna 2005 dle předpisu 98/69/EG - B (EUR04). Tyto motory jsou vybaveny dvěma katalyzátory, mají dvě sondy lambda a disponují samočinnou palubní diagnostikou všech řídících funkcí EOBD. První katalyzátor je umístěn hned za vývodem výfukového potrubí z motoru, aby došlo k jeho rychlému ohřátí na pracovní teplotu. Slouží pouze ke snižování emisí při studeném startu motoru, kdy je účinnost klasického třicestného katalyzátoru nižší z důvodů jeho nedostatečné teploty. Funkce druhého katalyzátoru zůstává stejná jako u vozů s jedním katalyzátorem. První lambda sonda je umístěna před vstupem do katalyzátorů a má řídící funkci. Druhá sonda je součástí systému EOBD a je situována až za oběma katalyzátory, kde kontroluje jejich funkčnost.



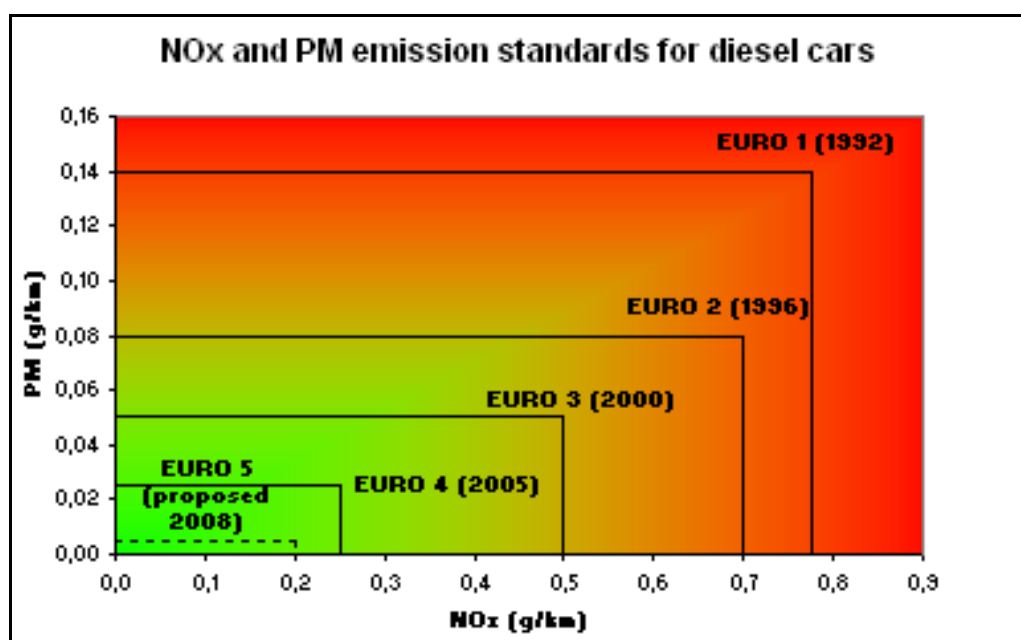
Obr. 3 Průběh vývoje limitů obsahu složek CO, HC, NO_x, HC+NO_x pro Normy EURO 1 až EURO 4

EURO 5 (EU5) - Evropský parlament schválil zpřísnění norem pro emise motorových vozidel. Europoslanci podpořili plánovaná nařízení Euro 5 a Euro 6, jímž se zpřísnily limity normy Euro 4. Norma Euro 4 platí od 1. ledna 2005. První přísnější norma (Euro 5) má začít pro všechna nová vozidla platit od roku 2009, ještě přísnější Euro 6 pak od roku 2014. Nařízení dále ukládá výrobcům poskytovat všem prodejčům stejné informace o opravách.

Norma Euro 5 je jedním z opatření na omezení emisí prekurzorů ozonu, jako jsou oxidy dusíku, uhlovodíky a částice. Euro 5 omezuje emise oxidu dusíku na 60 mg u benzínových a 180 mg u naftových motorů. Hmotnost částic (PM) se ve srovnání s Euro 4 sníží o 80 % z 25 mg na 5 mg. Emise uhlovodíků pak u benzínových motorů nesmí překročit 75 mg, emise uhlovodíků-oxidů dusíku u naftových motorů 230 mg.



Obr. 4 Vývoj emisních limitů NO_x a pevných částic PM pro zážehové motory



Obr. 5 Vývoj emisních limitů NO_x a pevných částic PM pro vznětové motory

Časová platnost předpisu:

Všeobecně platí, že s datem začátku platnosti nového předpisu musí skončit výroba nebo dovoz vozů nesplňujících zpřísněné požadavky nového předpisu. Pro prodej nových vozů většinou platí, že jejich prodej musí skončit jeden rok od data začátku platnosti předpisu.

2.2 Přehled evropských emisních limitů

2.2.1 Normy emisí pro osobní vozidla

Evropská unie vydala předpisy pro nová lehká vozidla (osobní a lehká užitková vozidla), která jsou specifikována předpisem 70/220/EEC.

Základní předpis byl vícekrát aktualizován, nejvíce důležité dodatky zahrnuté v těchto bodech: [9].

- **EURO 1** norma (označovaná také jako EC 93) jako směrnice 91/441/EEC (jen pro osobní vozidla) nebo 93/59/EEC (pro osobní a lehká nákladní vozidla).
- **EURO 2** norma (EC 96): Směrnice 94/12/EC nebo 96/69/EC
- **EURO 3 a EURO 4** normy (2000/2005) jako nařízení 98/69/EC, včetně dalšího dodatku 2002/80/EC
- **EURO 5 a EURO 6** normy (2009/2014): Euro 5/6 "politická" legislativa [Předpis 715/2007] z 20. června 2007, zavedla části normy popisující postup zkoušek, zavedla zhoršující se faktory, a jestliže budou schváleny členskými státy revidované požadavky, má být schvalovací proces dokončen červenci 2008.
- **Paliva.** V roce 2000/2005 byly předpisy zavedeny EURO 3 a EURO 4 spolu se zpřísněným palivovými předpisy, požadující u nafty minimální cetanové číslo 51 (roku 2000), maximální obsah síry 350 ppm u vznětových motorů v roce 2000 a 50 ppm v roce 2005. Maximální obsah síry v benzínu u zážehových motorů 150 ppm v roce 2000 a 50 ppm v roce 2005. Nafta a benzin bez síry (10 ppm) má být k dispozici od roku 2005 a povinně má být zavedena od roku 2009.
- **Zkoušení emisí.** Zkouška emisí je prováděna podle předpisu NEDC (ECE 15 + EUDC) válcové zkušební vozidel - dynamometru. V roce 2000 (Euro 3), byl postup zkoušky upraven, odstraněním doby 40 sekund pro zahřátí motoru před započtením odběru vzorků. Tento upravený test studeného startu se nazývá Nový evropský jízdní cyklus (NEDC) nebo jak MVEG-B test. Všechny hodnoty emisí jsou vyjádřeny v g/km.

- Návrh EURO 5 a EURO 6 zahrnuje legislativní změny a nové emisní měřicí metody pro měření pevných částic (obdobné proceduře US 2007) vyvinutý UN/ECE (Particulate Measurement Programme - PMP) a upravuje omezení obsahu pevných částic a upravuje rozdíly mezi výsledky při používání staré a nové metody. Legislativa také zavádí číselné emisní limity pevných částic norem EURO 5 a 6 (PMP metoda), spolu se zavedením limitů. V době přijetí normy EURO 5 a 6, splnění emisních limitů pro pevné částice mohlo být uspokojeno pomocí filtru pevných částic.

2.2.2. Přehled emisních limitů

Normy emisí pro osobní vozidla a lehká užitková vozidla (vozidlové kategorie M1 a N1) jsou zahrnuty v následujících tabulkách. Od období platnosti normy EURO 2, předpisy EU stanovují různé emisní limity pro vozidla s benzinovým a vznětovým motorem. Vznětové motory mají stanoven přísnější limit CO, ale je povolen vyšší limit NO_x. U vozidel s benzinovým motorem nejsou po normu EURO 4 uváděny limity pevných částic. Norma EURO 5 a 6 stanoví limity pevných částic, numericky stejné pro vznětové motory a pro benzinové motory s přímým vstřikováním.

Všechny údaje uvedené v tabulkách se odvolávají na nové typové zkoušky. Směrnice EU také specifikují druhotné údaje - po roce (pokud není udáváno jinak) - které platí pro první registraci (uvedení do provozu) existujících, předtím typově schválených modelů vozidel.

TABULKA 1Evropské emisní normy pro osobní vozidla (Kategorie M₁*), g/km

Řada	Datum	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Nafta						
Euro 1**	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro 5	2009.09 ^b	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^e
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 ^e
Benzín						
Euro 1**	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}

* V období Euro 1..4, osobní vozidla > 2,500 kg bylo typové schválení jako u kat. vozidel N₁
 ** Hodnoty v závorkách jsou v souladu s výnosem pro COP limity
 a - do 30.9.1999 (po tomto datu musí DI motory splňovat IDI limity)
 b - 2011.01 pro všechny modely
 c - NMHC (nemetanové uhlovodíky) = 0.068 g/km
 d – vhodné pouze pro vozidla s přímým vstřikováním
 e – navrhovaná změna na 0.003 g/km pro měření pevných částic

TAB. 1 Evropské emisní normy pro osobní vozidla M₁

TABULKA 2							
Evropské emisní normy pro lehká užitková vozidla (Kategorie M ₁ *), g/km							
Kategorie*	Řada	Datum	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Nafta							
N ₁ , kategorie I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	0.14
	Euro 2, IDI	1998.01	1.0	-	0.70	-	0.08
	Euro 2, DI	1998.01 ^a	1.0	-	0.90	-	0.10
	Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
	Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
	Euro 5	2009.09 ^b	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^e
	Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 ^e
N ₁ , kategorie II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	0.19
	Euro 2, IDI	1998.01	1.25	-	1.0	-	0.12
	Euro 2, DI	1998.01 ^a	1.25	-	1.30	-	0.14
	Euro 3	2001.01	0.80	-	0.72	0.65	0.07
	Euro 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04
	Euro 5	2010.09 ^c	0.63	-	0.295	0.235	0.005 ^e

TABULKA 2

Evropské emisní normy pro lehká užitková vozidla (Kategorie M₁*), g/km

Kategorie*	Řada	Datum	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
	Euro 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005 ^e
N ₁ , kategorie III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	0.25
	Euro 2, IDI	1998.01	1.5	-	1.20	-	0.17
	Euro 2, DI	1998.01 ^a	1.5	-	1.60	-	0.20
	Euro 3	2001.01	0.95	-	0.86	0.78	0.10
	Euro 4	2006.01	0.74	-	0.46	0.39	0.06
	Euro 5	2010.09 ^c	0.74	-	0.350	0.280	0.005 ^e
	Euro 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005 ^e
Benzín							
N ₁ , kategorie I ≤1305 kg	Euro 1	1994.10	2.72	-	0.97	-	-
	Euro 2	1998.01	2.2	-	0.50	-	-
	Euro 3	2000.01	2.3	0.20	-	0.15	-
	Euro 4	2005.01	1.0	0.1	-	0.08	-
	Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10 ^f	-	0.06	0.005 ^{d,e}
	Euro 6	2014.09	1.0	0.10 ^f	-	0.06	0.005 ^{d,e}
N ₁ , kategorie II 1305-1760 kg	Euro 1	1994.10	5.17	-	1.40	-	-
	Euro 2	1998.01	4.0	-	0.65	-	-
	Euro 3	2001.01	4.17	0.25	-	0.18	-
	Euro 4	2006.01	1.81	0.13	-	0.10	-
	Euro 5	2010.09 ^c	1.81	0.13 ^g	-	0.075	0.005 ^{d,e}
	Euro 6	2015.09	1.81	0.13 ^g	-	0.075	0.005 ^{d,e}
N ₁ , kategorie III >1760 kg	Euro 1	1994.10	6.90	-	1.70	-	-
	Euro 2	1998.01	5.0	-	0.80	-	-
	Euro 3	2001.01	5.22	0.29	-	0.21	-
	Euro 4	2006.01	2.27	0.16	-	0.11	-
	Euro 5	2010.09 ^c	2.27	0.16 ^h	-	0.082	0.005 ^{d,e}
	Euro 6	2015.09	2.27	0.16 ^h	-	0.082	0.005 ^{d,e}
* Pro Euro 1 a 2 kategorie N₁ jsou rozděleny na hmotnostní kategorie: kat. I ≤ 1250 kg, kat. II 1250-1700 kg, kat. III > 1700 kg. a - do 30.9.1999 (po tomto datu musí DI motory splňovat IDI limity) b - 01/2011 pro všechny modely c - 01/2012 pro všechny modely d - platné pouze pro vozidla používající přímé vstřikování motoru e - navrhovaná změna na 0.003 g/km pro měření pevných částic f - a NMHC (nemetanové uhlovodíky) = 0.068 g/km g - a NMHC = 0.090 g/km h - a NMHC = 0.108 g/km							

Tab. 2 Evropské emisní normy pro lehká užitková vozidla M₁

Emisní limit pevných částic. V souladu s návrhem zahrnutém v legislativě, limit emisí pevných částic $5 \times 10^{11} \text{ km}^{-1}$ (metoda měř. pevných částic PMP, NEDC test) vstoupí v platnost v normách EURO 5 a EURO 6 pro kategorie M, N₁, N₂ vozidel se vznětovým motorem. Hodnoty limitů pevných částic (PM) jsou uvedeny v Tab. 2. Hodnoty emisních limitů pevných částic nejsou platná pro vozidla se zážehovým motorem.

Trvanlivost - doba používání vozidla za účelem stanovení emisí:

Pro normu **EURO 3** při 80 000 km nebo 5 let provozu (ten který nastane dříve), nastane zhoršení emisí provozovaného motoru. Výrobci mohou používat následující zhoršující faktory: 1,2 pro CO, HC, NO_x (zážehové motory) nebo 1.1 pro CO, NO_x, HC+NO_x a 1.2 pro PM platné pro vznětové motory.

Pro normu **EURO 4** platí 100 000 km nebo 5 let provozu (ten který nastane dříve).

Pro normu **EURO 5 a EURO 6** o shodnosti za provozu platí: 100 000 km nebo 5 let provozu, pro typovou zkoušku je prováděna zkouška trvanlivosti kontrolních zařízení znečištění při 160 000 km nebo 5 let (ten který nastane dříve).

Další ustanovení - předpisy obsahují několik dodatečných opatření, které zahrnují:

Členské státy EU mají uvést daňové pobídky pro v brzké budoucnosti představená vozidla, která vyhovují budoucím emisním normám. Byl vznesen požadavek na teplotní emisní test (-7 °C) pro vozidla se zážehovým motorem účinný od roku 2002 (Směrnice 2001/100/EC). Hranice pro vozidla jsou 15 g/km pro CO a 1,8 g/km pro HC, měřeno pouze v městské části zkušebního cyklu.

Palubní diagnostika (OBD) a požadavky na emisní systémy:

Od počátku platnosti normy EURO 3 vozidla musí být vybavena palubní diagnostikou **OBD** pro systém řízení emisí vozidla. Řidič musí být informován v případě nesprávné funkce nebo zhoršení stavu, které by vedly k překročení povolené hranice emisí uvedené v Tab. 3. Hranice emisí jsou navrženy dle **NEDC** (test při studeném startu ECE + EUDC) testu. Pro rozlišení od amerických **US OBD** se evropské emisní normy označují jako **EOBD**.

TABULKA 3

Evropské mezní limity OBD, g/km

Kategorie	Třída	Řada	Datum	CO	HC	NOx	PM
Nafta							
M ₁		EU 3	2003	3.20	0.40	1.20	0.18
		EU 4	2005	3.20	0.40	1.20	0.18
N ₁	I	EU 3	2005	3.20	0.40	1.20	0.18
		EU 4	2005	3.20	0.40	1.20	0.18
	II	EU 3	2006	4.00	0.50	1.60	0.23
		EU 4	2006	4.00	0.50	1.60	0.23
	III	EU 3	2006	4.80	0.60	1.90	0.28
		EU 4	2006	4.80	0.60	1.90	0.28
Benzín							
M ₁		EU 3	2000	3.20	0.40	0.60	-
		EU 4	2005	1.90	0.30	0.53	-
N ₁	I	EU 3	2000	3.20	0.40	0.60	-
		EU 4	2005	1.90	0.30	0.53	-
	II	EU 3	2001	5.80	0.50	0.70	-
		EU 4	2005	3.44	0.38	0.62	-
	III	EU 3	2001	7.30	0.60	0.80	-
		EU 4	2005	4.35	0.47	0.70	-
Poznámka: Osobní vozidla kategorie M ₁ > 2,500 kg nebo vozidla s více než 6 sedadly platí požadavek předpisu OBD pro kategorii vozidel N ₁							

Tab. 3 Evropské mezní limity OBD

2.3 Očekávaný vývoj emisních limitů vozidel

Snížení množství emisí ze silniční dopravy je významným faktorem pro zlepšení kvality ovzduší v městských oblastech, a to hlavně proto, že roste počet dieselových automobilů. V mnoha oblastech EU jsou překračovány limitní hodnoty pro NO_x, a to hlavně v hustě sídlených pásmech v blízkosti hlavních silnic. Nařízení Euro 5 navrhuje stanovit přísnější emisní limity pro prachové částice a NO_x pro nové automobily a lehké nákladní vozy prodávané na trhu EU (tj. 80% snížení emisních limitů pro jednotlivé emise z dieselových automobilů. Většina členských států a Výbor pro životní prostředí EP ale požadovaly další snížení limitů přijetím Euro 6 současně s Euro 5. Euro 6 by nastavilo podstatně nižší limity pro emise NO_x z dieselových automobilů a vstoupilo by v platnost 5 let po Euro 5, tj. v letech 2014/15. Komise schvaluje tento nový přístup, který bude předmětem nezbytných hodnocení dopadů, a aktivně pracuje na dosažení meziinstitucionální dohody.

Protože **Euro 6** výrazně zpřísňuje emisní limity, GŘ pro podnikání a průmysl uskutečnilo veřejné slyšení s podílíky na prodiskutování návrhu Euro 6 a pro prezentaci dalšího hodnocení dopadů Euro 6. Z hodnocení dopadů vyplývá, že by cena za dieselový automobil do roku 2015 postupně vzrostla až o 600 € (viz tabulka 1) a že by se zlepšení kvality ovzduší projevilo ve zlepšení zdraví které by byla významně vyšší, než jen s Euro 5. V první fázi by měly ceny vzrůst o přibližně 377 € do roku 2010.

Při **modelování dopadů Euro 6** na životní prostředí a na zdraví obyvatel se uvažovalo s emisními limity pro dieselové automobily ve výši 80 mg/km, které vstoupí v platnost v letech 2014 a 2015 [3].

Předpokládané dopady emisní normy EURO 6:

- Ve srovnání se zavedení pouze Euro 5 dojde v r. 2020 k dodatečnému 24% snížení celkových emisí NO_x z lehkých nákladních automobilů.
- Snížení emisí přispěje k tomu, že lehké nákladní automobily dosáhnou 26 % cílové hodnoty snížení NO_x obsažené v navrhované tématické strategii Evropské komise pro znečišťující emise.
- Snižování emisí bude pokračovat i po r. 2020 tím, že starší vozidla, která více znečišťují budou vyřazována z provozu.
- Předpovědi a analýzy naznačují, že zavedení Euro 6 nebude mít významný dopad na emise CO₂ nebo na prodej dieselových automobilů.
- Snížení emisí NO_x podle Euro 6 zvýší zdravotní přínosy o přibližně 60 - 90 % ve srovnání s Euro 5 [3]

Následující tabulka ukazuje dodatečné náklady snížení emisí z automobilů se vznětovým motorem. Ukazuje, že dodatečné náklady Euro 6 oproti Euro 5 jsou na základě propočtů stanoveny přibližně výši 200 € na jeden automobil [7].

	Náklady na 1 dieselový automobil
Náklady Euro 5 ve srovnání s Euro 4	377 €
Náklady Euro 6 ve srovnání s Euro 5	213 €

Tab. 4 Průměrné náklady na automobil se vznětovým motorem [7]

Komise připravuje legislativní rámec, jehož cílem je zajistit splnění cílů EU v oblasti snižování emisí CO₂ z osobních automobilů. Navrhuje novou komplexní strategii na snižování emisí oxidu uhličitého (CO₂) z nových osobních automobilů a lehkých užitkových vozidel prodávaných v Evropské unii. Nová strategie společně s revizí předpisů EU upravujících kvalitu paliva má zajistit, že EU splní své cíle v oblasti emisí skleníkových plynů, které si stanovila v rámci Kjótského protokolu, i další závazky. Díky strategii bude EU schopna dosáhnout již dlouho stanoveného cíle, kterým je průměrné snížení emisí CO₂ do roku 2012 na 120 gramů na km, což oproti stávajícím úrovním představuje přibližně 25% snížení. Zlepšením účinnosti paliv revidovaná strategie řidičům přinese značné úspory paliva. Ve snaze podpořit automobilový průmysl k tomu, aby si místo velikosti a výkonu konkuroval v účinnosti paliva. Komise rovněž vyzvala výrobce, aby podepsali kodex EU o osvědčených postupech prodeje a reklamy v oblasti automobilů [7].

Strategie snižování emisí v dopravě:

Silniční doprava produkuje přibližně jednu pětinu emisí CO₂ v EU a osobní automobily vyprodukují přibližně 12 % emisí. I přes významný pokrok v oblasti technologií vozidel, např. zlepšení o účinnost paliv a spalování, které se projevuje nižšími emisemi CO₂, je stále nedostačující k neutralizaci následků růstu dopravní zátěže a velikosti vozidel. EU-25 sice v letech 1999 až 2004 snížila celkové emise skleníkových plynů o přibližně 5 %, avšak emise CO₂ ze silniční dopravy se zvýšily o 26 %.

Stávající strategie EU pro snižování emisí CO₂ z automobilů vychází z dobrovolných závazků ze strany automobilového průmyslu a ze spotřebitelských informací (označování vozidel) a fiskálních opatření na podporu nákupu vozidel s nižší spotřebou paliva. V rámci dobrovolných závazků evropští výrobci prohlásili, že sníží

průměrné emise z nových automobilů na 140 g CO₂/km do roku 2008, japonská a korejská výrobní odvětví tak učiní do roku 2009. Strategie však představuje pouze částečný pokrok k cíli, jímž je dosažení úrovně 120g CO₂/km do roku 2012, přičemž od roku 1995 do roku 2004 poklesly průměrné emise z nových automobilů v EU-15 ze 186 g CO₂/km na 163g CO₂/km. Komise uzavřela přezkum strategie s tím, že dobrovolné závazky byly neúspěšné a že cíle 120 g nebude bez dalších opatření včas dosaženo.

Návrh hlavních opatření komise ke snížení emisí:

- Nejpozději do poloviny roku 2008 komise navrhne legislativní rámec pro snížení emisí CO₂ z nových automobilů a lehkých užitkových vozidel. Tento rámec poskytne výrobnímu odvětví dostatek času na přípravu a právní jistotu.
- Bude vyžadováno, aby průměrné emise z nových automobilů prodávaných v EU-27 poklesly do roku 2012 na úroveň 120 g CO₂/km. Zlepšené technologie v automobilech budou muset snížit průměrné emise přinejmenším na 130 g/km a doplňující opatření a dalších 10 g/km, čímž se dosáhne celkového snížení emisí na 120 g/km. Tato doplňující opatření zahrnují zlepšení účinnosti těch dílů automobilů, které mají největší vliv na spotřebu paliva, např. pneumatiky a klimatizační systémy, a postupné snižování obsahu uhlíku v palivech, zejména intenzivnějším využíváním biopaliva.

U součástí mající vliv na spotřebu paliva budou zavedeny požadavky na účinnost, tak aby vozidla jako celek splňovala:

- U lehkých užitkových vozidel budou cíle, jichž má být u emisí vozového parku průměrně dosaženo, stanoveny na 175 g CO₂/km do 2012 a 160 g do 2015 ve srovnání s 201 g v roce 2002.
- Bude podporován výzkum zaměřený na další snížení emisí z nových automobilů na průměrnou úroveň 95 g CO₂/km do roku 2020.
- Opatření na podněcování nákupu automobilů s nižší spotřebou paliva, a to zejména zlepšeným označováním a také snahou, aby členské státy, které vybírají daně za automobily, tyto daně založily na emisích CO₂.

- Kodex EU o osvědčených postupech prodeje a reklamy v oblasti automobilů na podporu udržitelnějších spotřebních návyků. Komise vyzývá výrobce automobilů, aby tuto strategii přijaly již v roce 2007.

Návrh Komise na revidovanou strategii, obsažený ve sdělení, představuje jedno z prvních konkrétních opatření pro realizaci akčního plánu energetické účinnosti z roku 2006. Rovněž přímo navazuje na sdělení o boji proti změně klimatu – o postupu do roku 2020 a v dalším období (viz. IP/07/29).

Komisí resp. zákonodárnými orgány jsou navrhována opatření pro realizaci akčního plánu energetické účinnosti z roku 2006, které navazuje na sdělení o boji proti změně klimatu – o postupu do roku 2020 a v dalším období (viz. IP/07/29). Emisní požadavky se v budoucnosti na nové motory se neustále zpřísňují, je nutné již dnes vyvíjet nové a dokonalejší motory, které se budou vyznačovat nízkou spotřebou a ještě nižší produkcí škodlivin. Neustále také pokračuje vývoj nových alternativních druhů pohonů, při jejichž provozu nevznikají žádné škodlivé látky.

3. Druhy emisních zkoušek

3.1 EHK 83 - Homologační zkoušky

EHK předpisy jsou navrženy jako přílohy smlouvy k Dohodě o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a částí, které se mohou montovat nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách vzájemné uznávání homologací udělených na základě těchto pravidel. Smlouva byla ratifikována 20.3.1958 v Ženevě. Předpis EHK 83 je pojmenován v přesném znění jako „Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo“.

Předpis EHK 83 zahrnuje tyto typy zkoušek:

- Typ I - ověření průměrných emisí z výfuku po studeném startu
- Typ II - emise oxidu uhelnatého CO při volnoběhu
- Typ III - emise plynů z klikové skříně
- Typ IV - emise způsobené vypařováním
- Typ V - životnost zařízení proti znečišťujícím látkám
- Typ VI - ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku za nízkých okolních teplot po startu za studena
- Zkouška systému OBD (8)

Předpis EHK 83 rozlišuje následující typy homologací:

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

Zkouška pro schválení typu	Vozidla kategorií M a N se zážehovým motorem			Vozidla kategorií M ₁ a N ₁ se vznětovým motorem
	Vozidlo na benzín	Dvoupalivové vozidlo	Jednopalivové vozidlo	
Typ I	Ano (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)	Ano (zkouška s oběma druhy paliva) (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)	Ano (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)	Ano (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)
Typ II	Ano	Ano (zkouška s oběma druhy paliva)	Ano	—
Typ III	Ano	Ano (zkouška jen s benzínem)	Ano	—
Typ IV	Ano (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)	Ano (zkouška jen s benzínem) (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)	—	—
Typ V	Ano (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)	Ano (zkouška jen s benzínem) (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)	Ano (maximální hmot- nost ≤ 3,5 t)	Ano (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)
Typ VI	Ano (maximální hmotnost ≤ 3,5 t)	Ano (maximální hmot- nost ≤ 3,5 t) (zkouška jen s benzínem)	—	—
Palubní diagno- stika	Ano	Ano	Ano	Ano

Tab. 5 Rozdělení zkoušek pro schválení typu a rozšíření schválení typu

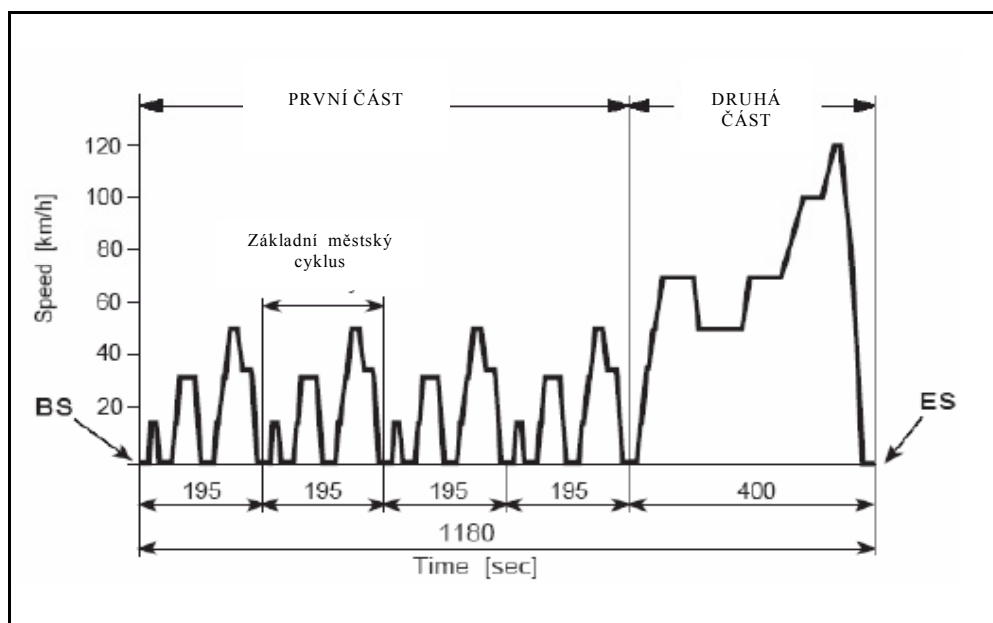
3.1.1 Zkouška typu I – emise z výfuku po studeném startu motoru

Tato zkouška se vykonává u všech vozidel s maximální hmotností nepřevyšující 3,5 tuny. Vozidlo se umístí na vozidlový dynamometr vybavený prostředky pro simulaci zatížení a setrvačné hmotnosti. Bez přerušení se provede zkouška, která trvá celkem 19 minut a 40 sekund a která se skládá ze dvou částí, tj. část 1 a část 2. Se souhlasem výrobce může být za účelem usnadnění seřízení zkušebního zařízení mezi konec části 1 a počátek části 2 vložen úsek bez odběru, maximálně dlouhý 20 sekund.

S vozidly poháněnými LPG nebo NG se zkouška typu I vykoná pro různá složení LPG nebo NG. S vozidly, která mohou být poháněna benzínem nebo LPG nebo NG se vykoná zkouška s oběma palivy a jejich činnost s LPG nebo s NG se v této zkoušce ověří při různém složení LPG nebo NG, jak stanoví EHK 83 v příloze 12 (8).

Vozidla, která mohou být poháněna benzínem i plyným palivem, avšak která mají benzínový systém jen pro nouzové účely nebo startování a jejichž benzínová nádrž nemá objem větší než 15 litrů benzínu, se pro zkoušku typu I pokládají za vozidla, která pracují jen s plyným palivem.

První část zkoušky se skládá ze 4 základních městských cyklů. Každý základní městský cyklus obsahuje 15 fází (volnoběh, zrychlení, stálá rychlost, zpomalení atd.). Druhá část zkoušky je vytvořena z jednoho cyklu mimo město. Cyklus mimo město obsahuje 13 fází (volnoběh, zrychlení, stálá rychlost, zpomalení atd.).



Obr. 6 Průběh jízdního cyklu zkoušky typu I [10]

Průběh zkoušky typu I:

- 1. část – měření **základního městského cyklu** se provede 4-krát, doba trvání 1 cyklu je 195 s při průměrné rychlosti 19 km.h^{-1} a ujetá vzdálenost za 4 cykly činí 4,052 km.

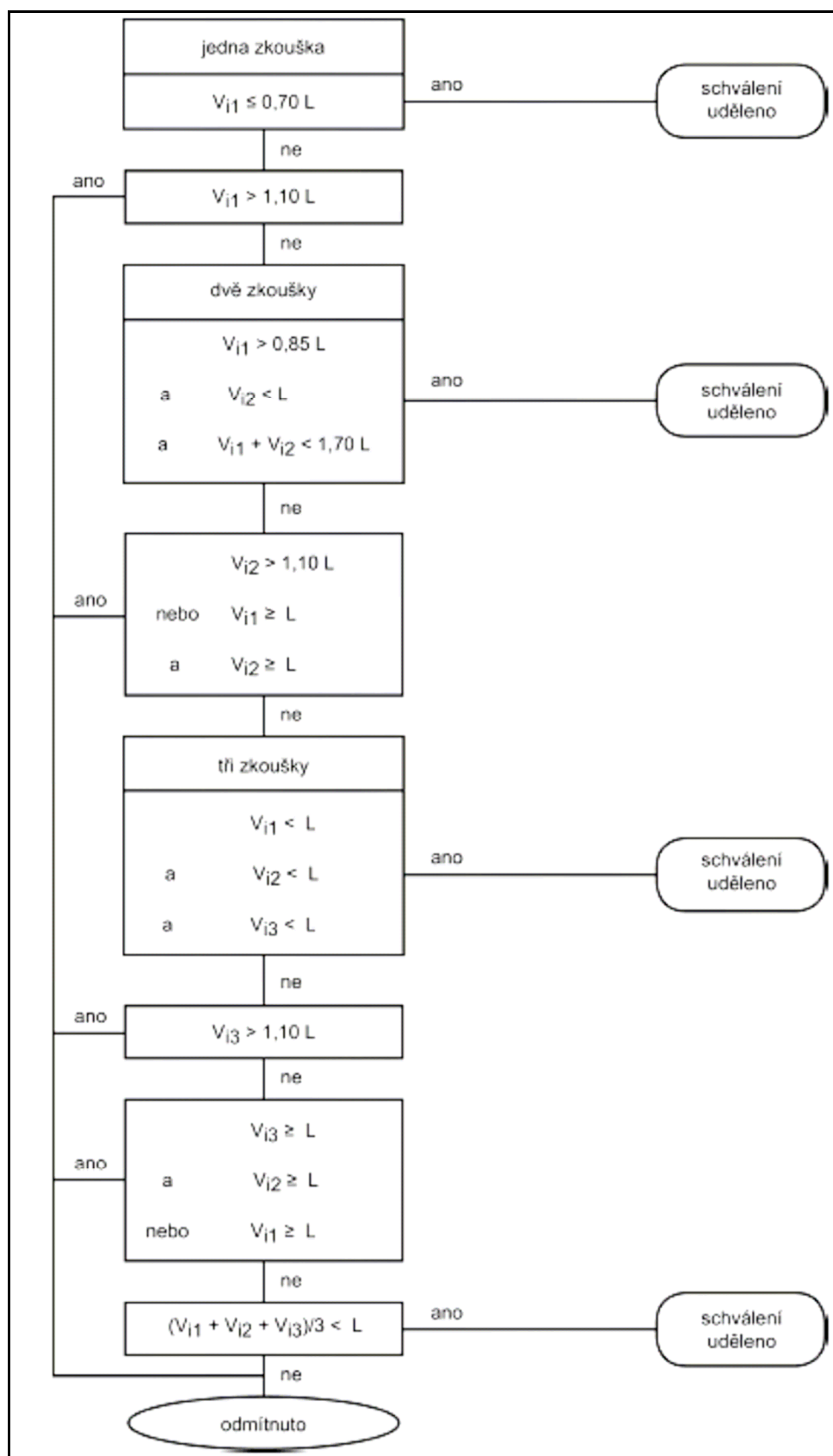
- 2. část – tvoří jeden **mimoměstský jízdní cyklus**, doba trvání cyklu je 400 s při průměrné rychlosti $62,6 \text{ km.h}^{-1}$ a ujetá vzdálenost činí 6,955 km.

Při zkoušce se ředí výfukové plyny a v jednom nebo více vacích se shromažďuje proporcionální odebraný vzorek. Výfukové plyny zkoušeného vozidla se ředí, odebírají vzorky a analyzují níže uvedeným postupem a změří se celkový objem zředěných výfukových plynů. U vozidel vybavených vznětovými motory se musí změřit nejen emise oxidu uhelnatého, uhlovodíků a oxidů dusíku, ale také emise znečišťujících částic.

Pro sběr a analýzu plynů a k jímání a zvážení částic se musí použít předepsané metody a zkouška se opakuje třikrát. Výsledky se vynásobí příslušnými faktory zhoršení a u **periodicky se regenerujících systémů** musí být také vynásobeny faktory K_i .

Periodicky se regenerujícím systémem jsou zařízení k omezení emisí znečišťujících látek (např. katalyzátor, zachycovač částic), které potřebují periodický regenerační proces v intervalech kratších, než jsou 4 000 km normálního provozu vozidla. Během cyklů, v nichž dochází k regeneraci, mohou být překročeny mezní hodnoty emisí. Jestliže k regeneraci zařízení k omezení emisí znečišťujících látek dochází nejméně jednou v průběhu zkoušky typu I a jestliže k němu došlo již jednou v průběhu přípravného cyklu vozidla, pokládá se za trvale se regenerující systém, který nevyžaduje zvláštní zkušební postup. Na žádost výrobce se zkouška určená pro periodicky se regenerující systémy nepoužije u regeneračního zařízení, jestliže výrobce předloží schvalujícímu orgánu údaje, které prokazují, že v průběhu cyklů, v nichž dochází k regeneraci, zůstávají hodnoty emisí nižší, než jsou mezní hodnoty stanovené příslušné kategorie vozidla, a jestliže to odsouhlasila technická zkušebna.

Výsledné hmotnosti plynných emisí, a v případě vozidel vybavených vznětovými motory i hmotnosti částic získané při každé zkoušce, musí být menší než mezní hodnoty stanovené pro jednotlivé kategorie vozidel.



Obr. 7 Postupový diagram zkoušky typu I pro schválení typu vozidla

Pro každou znečišťující látku nebo kombinaci znečišťujících látek může být u jedné ze tří výsledných hmotností překročena předepsaná mezní hodnota nejvýše o 10 % za předpokladu, že aritmetický průměr ze tří výsledků je nižší než stanovená mezní hodnota. Jestliže jsou stanovené mezní hodnoty překročeny u více než jedné znečišťující látky, je nepodstatné, zda se to stane u stejné zkoušky, nebo u různých zkoušek. Jestliže se zkoušky provádějí s plynnými palivy, musí být výsledné hodnoty plyných emisí menší než mezní hodnoty pro vozidla se zážehovými motory.

Počet předepsaných zkoušek se sníží podle níže definovaných podmínek, kdy V_1 je výsledek první zkoušky a V_2 je výsledek druhé zkoušky pro každou znečišťující látku nebo pro kombinované emise dvou limitovaných znečišťujících látek. Postup schvalování jednotlivých výsledků pro znečišťující látku je uvedeno v postupovém diagramu (Obr. 7).

Jen jedna zkouška se vykoná tehdy, pokud je výsledek pro každou znečišťující látku nebo pro kombinované emise dvou limitovaných znečišťujících látek menší nebo roven 0,70 L (tj. $V_1 < 0,70 \text{ L}$). Pokud není požadováno jinak, vykonají se jen dvě zkoušky, pokud jsou pro každou znečišťující látku nebo pro kombinované emise dvou limitovaných znečišťujících látek splněny následující požadavky:

$$V_1 \leq 0,85 \text{ L a } V_1 + V_2 \leq 1,70 \text{ L a } V_2 \leq L$$

V_1 - je výsledek první zkoušky

V_2 - je výsledek druhé zkoušky

L - limitní hodnota

Technické prostředky k provedení zkoušky:

Vozidlový dynamometr - musí být schopen simulovat jízdní zatížení jedním z následujících způsobů:

- dynamometr s pevnou křivkou zatížení, tj. dynamometr, konstruovaný tak, že křivku zatížení nelze regulovat

- dynamometr s nastavitelnou křivkou zatížení, tj. dynamometr s alespoň dvěma parametry jízdního zatížení, kterými může být křivka zatížení regulována.

Seřízení dynamometru nesmí být ovlivněno časem. Dynamometr nesmí vyvolávat jakékoliv vibrace se znatelným působením na vozidlo, které by mohly zhoršit normální činnost vozidla. Dynamometr musí být vybaven prostředky k simulaci setrvačné hmotnosti a jízdního zatížení. Takové simulátory jsou u dvouválcového dynamometru připojeny k přednímu válci.

Zatížení musí být možno měřit a odečítat s přesností $\pm 5 \%$. U dynamometru s pevnou křivkou zatížení musí být při rychlosti 80 km/h přesnost nastavení zatížení $\pm 5 \%$. U dynamometru s nastavitelnou křivkou zatížení se zatížení na dynamometru musí shodovat s jízdním zatížením s přesností $\pm 5 \%$ při rychlosti 120, 100, 80, 60 a 40 km/h a $\pm 10 \%$ při rychlosti 20 km/h. Při nižších rychlostech musí být údaj o pohlcení výkonu dynamometrem kladný. Musí být známa celková setrvačná hmotnost rotujících částí, která musí být v rozmezí ± 20 kg třídy setrvačné hmotnosti pro zkoušku.

Rychlost vozidla se měří rychlostí otáčení válce (předního válce u dvouválcového dynamometru). Při rychlostech vyšších než 10 km/h se rychlost musí měřit s přesností ± 1 km/h. Skutečně ujetá dráha vozidla se měří otáčením válce.

Pro dynamometr s pevnou křivkou zatížení platí: Simulátor zatížení se seřídí tak, aby pohltil výkon působící na hnací kola při ustálené rychlosti 80 km/h a pohlcený výkon se zaznamená při 50 km/h. Způsoby seřízení zatížení stanoví směrnice EHK 83 v dodatku 3 [8].

Pro dynamometr s nastavitelnou křivkou zatížení platí: Simulátor zatížení se seřídí tak, aby pohltil výkon působící na hnací kola při ustálených rychlostech 120, 100, 80, 60, 40 a 20 km/h. Způsoby seřízení zatížení stanoví směrnice EHK 83 v dodatku 3 [8].

U dynamometrů s elektrickou simulací setrvačné hmotnosti se musí prokázat, že jsou rovnocenné se systémy mechanické simulace setrvačné hmotnosti.

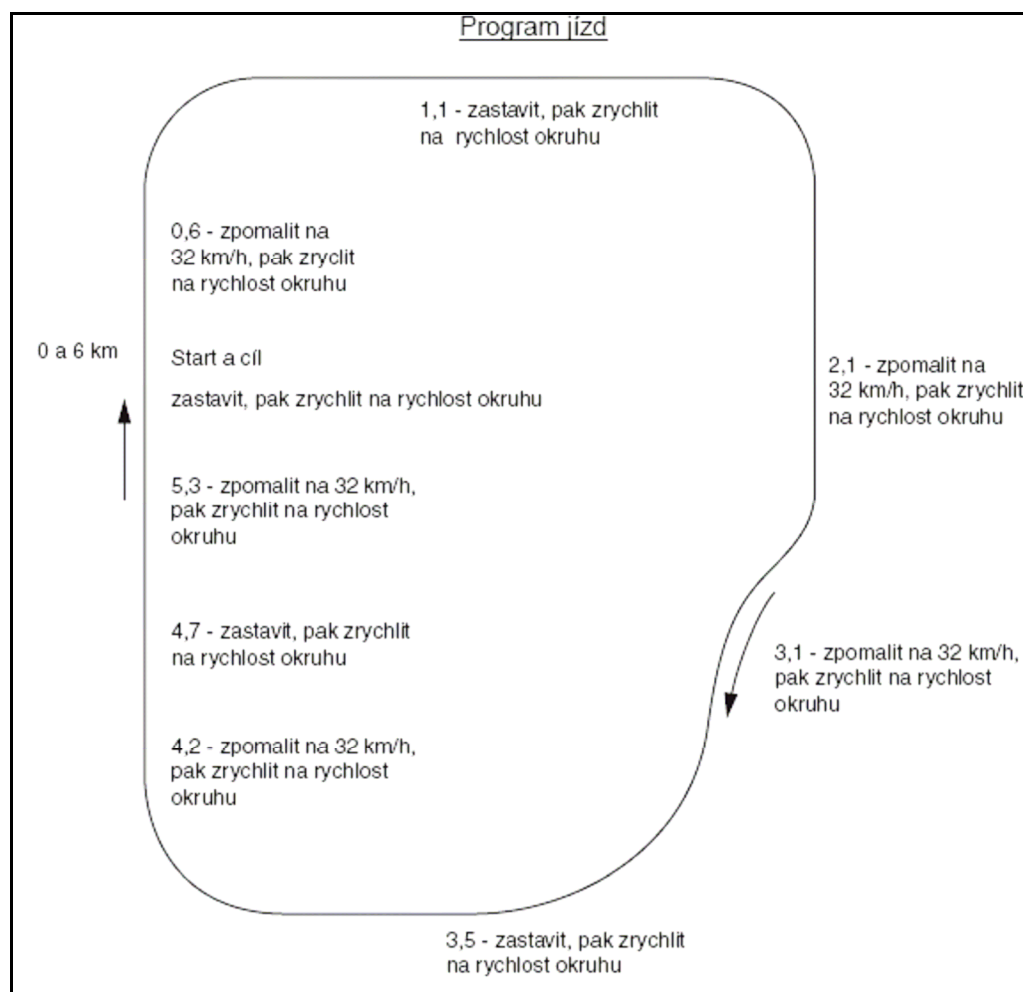
3.1.2 Zkoušky typu II, III, IV, V a palubní diagnostiky OBD

Detailnější popis a průběh zkoušek měření emisí oxidu uhelnatého CO při volnoběhu (zk. typu II), emise plynů z klikové skříně (typ III), emise způsobené vypařováním (typ IV), životnost zařízení proti znečišťujícím látkám (typ V) a palubní diagnostiky by svým rozsahem přesáhl rámec diplomové práce. Podrobnější informace o výše uvedených zkouškách lze nalézt ve zdrojích uvedených v použité literatuře.

3.1.3 Zkouška typu VI - ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku za nízké teploty okolí po studeném startu

Tato kapitola pojednává o potřebném přístrojovém vybavení pro zkoušky měření emisí z výfuku při nízkých teplotách okolí u vozidel se zážehovým motorem a samotném průběhu zkoušky. Požadované zkušební zařízení a požadavky na ně jsou stejné jako zařízení pro zkoušku typu I [8], pokud pro zkoušku typu VI nejsou stanoveny zvláštní požadavky.

Pro zkoušku typu VI. se dynamometr se nastaví tak, aby simuloval jízdu vozidla na silnici při teplotě 266 K ($-7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Toto nastavení může být založeno na stanovení křivky jízdního odporu při teplotě 266 K ($-7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Alternativně může být jízdní odpor zjištěný podle dodatku 3 přílohy 4 [8] nastaven tak, aby se zmenšila doba doběhu o 10 %. Technická zkušebna může schválit použití dalších způsobů určení křivky jízdních odporů. Uspořádání trubek, průtočnost CVS a teplota a specifická vlhkost ředicího vzduchu (tyto hodnoty se mohou lišit od hodnot vzduchu nasávaného motorem) se musí upravovat tak, aby se vyloučila možnost kondenzace vody v systému (pro většinu vozidel je postačující hodnota od 0,142 do 0,165 m³/s).



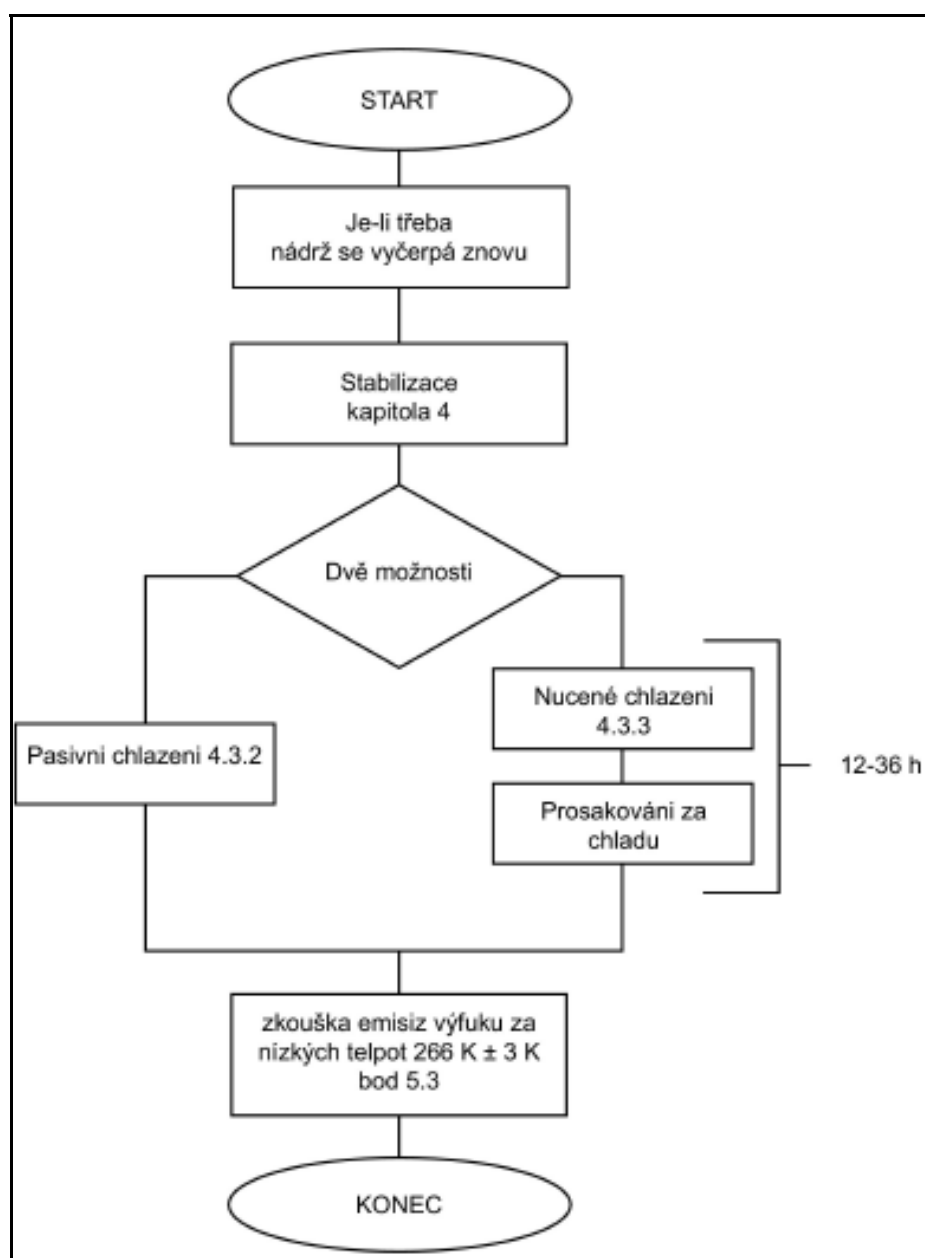
Obr. 8 Průběh zkoušky typu VI.

Na obr. 8 je uvedeno pořadí jednotlivých zkoušek, které vozidlo absolvuje při zkoušce typu VI. Teplota okolí, která na vozidlo působí během zkoušky, musí být průměrně: $266\text{ K } (-7\text{ °C}) \pm 3\text{ K}$ a nesmí být nižší než $260\text{ K } (-13\text{ °C})$ nebo vyšší než $272\text{ K } (-1\text{ °C})$. Teplota nesmí klesnout pod $263\text{ K } (-10\text{ °C})$ ani vystoupit nad $269\text{ K } (-4\text{ °C})$ po dobu delší než tři minuty. Teplota ve zkušebně během zkoušky se měří na výstupu chladicího ventilátoru.

Průběh zkoušky typu VI:

Část městského cyklu podle obr8. se skládá ze čtyř základních městských cyklů, které dohromady tvoří úplnou část jednoho cyklu. Tj. start motoru, počátek odběru vzorku a první cyklus se musí provést podle požadavků uvedených v normě EHK 83 pro tuto zkoušku.

Příprava zkoušky - ekvivalentní setrvačná hmota dynamometru se nastaví podle bodu 5.1 přílohy 4 předpisu EHK 83 [8] a palivo vozidla musí splňovat technické parametry kapitoly 3 přílohy 10 předpisu EHK 83 kapitola 10 [8]. Pro zajištění reprodukovatelnosti zkoušky emisí musí být vozidlo stabilizováno jednotným způsobem. Stabilizace spočívá v přípravné jízdě na vozidlovém dynamometru a následně periodou odstavení před zkouškou emisí.



Obr. 9 Postup zkoušky typu VI při nízké teplotě okolí [8]

Stabilizace vozidla - palivová nádrž se naplní stanoveným zkušebním palivem. Zkušební palivo musí mít teplotu nižší než 289 K (+ 16 °C) nebo rovnou této hodnotě. Systém k omezení emisí způsobených vypařováním nesmí být pro výše uvedené činnosti nadměrně proplachován, ani zatěžován. Vozidlo se přistaví do zkušební místnosti, kde se umístí na vozidlový dynamometr. Během stabilizace musí být teplota ve zkušební místnosti relativně konstantní a ne vyšší než 303 K (30 °C). Do deseti minut po dokončení stabilizace musí být motor vypnut. Na přání výrobce lze uskutečnit ve zvláštních případech doplňkovou přípravnou stabilizaci spočívající v absolvování jedné nebo více jízd cyklu části 1 popsaného v příloze 4, dodatku 1 [8].

Metody odstavení – ke stabilizaci vozidla před zkouškou emisí se vybere jedna z následujících dvou metod podle volby výrobce:

Standardní metoda - před zkouškou emisí z výfuku za nízkých teplot okolí se vozidlo odstaví nejméně na 12 hodin, nejvíce však na 36 hodin. Teplota okolí (suchý teploměr) musí být v průběhu této doby udržována na průměrné hodnotě 266 K (– 7 °C) ± 3 K v průběhu každé hodiny této doby a nesmí klesnout pod hodnotu 260 K (– 13 °C) ani vystoupit nad hodnotu 272 K (– 1 °C). Dále teplota nesmí po dobu více než tři minut klesnout pod hodnotu 263 K (– 10 °C) ani vystoupit nad hodnotu 269 K (– 4 °C).

Metoda s nuceným chlazením - před zkouškou emisí z výfuku za nízkých teplot okolí se vozidlo odstaví na dobu nejvýše 36 hodin. Teplota okolí v místě odstavení vozidla nesmí být po tuto dobu vyšší než 303 K (30 °C). Vozidlo může být nuceným chlazením ochlazeno na teplotu potřebnou ke zkoušce. Pokud je chlazení podporováno ventilátory, musí být tyto ventilátory umístěny svisle tak, aby bylo dosaženo maximálního ochlazení hnacích částí vozidla a motoru dříve než olejové vany. Ventilátory nesmějí být umístěny pod vozidlem. Teplotu okolí je třeba přísně kontrolovat teprve až po ochlazení vozidla na teplotu 266 K (– 7 °C) ± 2 K, podle reprezentativní teploty motorového oleje. Reprezentativní teplota motorového oleje je teplota oleje měřená u středu náplně olejové vany, tj. nikoli na povrchu nebo u dna olejové vany. Pokud je teplota měřena na dvou nebo více místech, musí tyto požadavky splňovat ve všech místech.

Vozidlo musí být po ochlazení na teplotu 266 K (– 7 °C) ± 2 K odstaveno na dobu nejméně jedné hodiny před zahájením zkoušky emisí z výfuku za nízkých teplot

okolí. Okolní teplota (suchý teploměr) musí být v průběhu této doby udržována na průměrné hodnotě $266 \text{ K } (-7^\circ\text{C}) \pm 3 \text{ K}$ a nesmí klesnout pod hodnotu $260 \text{ K } (-13^\circ\text{C})$ ani vystoupit nad hodnotu $272 \text{ K } (-1^\circ\text{C})$. Kromě toho nesmí teplota po dobu více než tří minut klesnout pod hodnotu $263 \text{ K } (-10^\circ\text{C})$ ani vystoupit nad hodnotu $269 \text{ K } (-4^\circ\text{C})$.

Pokud je vozidlo stabilizováno při teplotě $266 \text{ K } (-7^\circ\text{C})$ v odděleném prostoru a do zkušební místnosti je dopravováno přes prostory s vyšší teplotou, musí být znovu stabilizováno ve zkušební místnosti po nejméně šestinásobek doby, po kterou bylo vystaveno vyšším teplotám. Okolní teplota (suchý teploměr) musí být v průběhu této doby udržována na průměrné hodnotě $266 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ a nesmí ani klesnout pod hodnotu $260 \text{ K } (-13^\circ\text{C})$ ani vystoupit nad hodnotu $272 \text{ K } (-1^\circ\text{C})$. Kromě toho nesmí teplota po dobu více než tří minut klesnout pod hodnotu $263 \text{ K } (-10^\circ\text{C})$ ani vystoupit nad hodnotu $269 \text{ K } (-4^\circ\text{C})$.

Podmínky a postup zkoušky typu VI na dynamometru - vzorek emisí je odebírán v průběhu zkoušky sestávající z části 1 cyklu (příloha 4 dodatek 1, obrázek 1/1 [8]). Start motoru, okamžitý odběr vzorku, provedení části 1 cyklu a vypnutí motoru tvoří úplnou zkoušku za nízké okolní teploty v celkovém čase 780 sekund. Emise z výfuku jsou ředěny okolním vzduchem a proporcionální vzorek je průběžně odebírán a shromažďován pro analýzu. Ve výfukových plynech zachycených ve vaku je určován **obsah uhlovodíků, oxidu uhelnatého a oxidu uhličitého**. Paralelně je rovněž ve vzorku ředícího vzduchu určován obsah uhlovodíků, oxidu uhelnatého a oxidu uhličitého.

Chladicí ventilátor se umístí tak, aby chladicí vzduch směřoval na chladič (u vodního chlazení) nebo na vstup vzduchu (u vzduchového chlazení) a na vozidlo. U vozidla s motorem vpředu se ventilátor umístí před vozidlo ve vzdálenosti do 300 mm. U vozidla s motorem vzadu nebo pokud je výše uvedená poloha nepraktická, umístí se ventilátor tak, aby vozidlo bylo řádně chlazeno. Otáčky ventilátoru musí být takové, aby v provozním rozsahu od 10 km/h do nejméně 50 km/h odpovídala lineární rychlost vzduchu na výstupu z ventilátoru rychlosti válců s přesností $\pm 5 \text{ km/h}$. Pro výběr ventilátoru jsou rozhodující takové parametry, že plocha činí nejméně $0,2 \text{ m}^2$ a výška dolní hrany nad zemí je přibližně 20 cm. Jako alternativní řešení je možné, aby

rychlost vzduchu z ventilátoru byla nejméně 6 m/s (21,6 km/h). Na žádost výrobce může být výška ventilátoru upravena pro speciální vozidla (např. dodávková, terénní).

Jako rychlost vozidla se bere jako směrodatná hodnota rychlosti válce (válců) dynamometru. Pokud je nutné pro stanovení optimálního používání akcelérátoru a brzdy, může se provést přípravný zkušební cyklus, aby se dosáhlo cyklu, který by se co nejvíce blížil teoretickému cyklu v předepsaných mezních odchylkách nebo aby se dosáhlo požadovaného nastavení systému odběru vzorků plynů. Vlhkost vzduchu se musí udržovat dostatečně nízká, aby se zabránilo kondenzaci na válci (válcích) dynamometru.

Dynamometr se musí důkladně ohřát podle doporučení výrobce dynamometru a musí se použít postupy a kontroly, které zajistí stabilní úroveň zbytkového třetího výkonu. Prodleva mezi ohřevem dynamometru a začátkem zkoušky emisí nesmí být delší než 10 minut, pokud ložiska dynamometru nejsou nezávisle ohřívána. Pokud jsou nezávisle ohřívána, zkouška emisí musí začít do 20 minut po ohřevu dynamometru. Pokud se výkon dynamometru nastavuje ručně, musí se tak učinit nejdéle jednu hodinu před začátkem zkoušky emisí z výfuku. K nastavení se nesmí použít zkoušené vozidlo. Nastavení dynamometru s automatickou regulací předvoleného výkonu je možné provést v kterémkoliv okamžiku před začátkem zkoušky emisí [8].

Dříve než je možné zahájit cyklus zkoušky emisí, musí být teplota zkušebny 266 K ($-7\text{ }^{\circ}\text{C}$) $\pm 2\text{ K}$, měřeno v proudu vzduchu chladicího ventilátoru ve vzdálenosti nejvýše 1,5 m od vozidla. Během provozu vozidla musí být topení a odmrazovací zařízení vypnuto. Zaznamená se celková ujetá vzdálenost nebo celkový počet otáček válců. Vozidlo s pohonem všech čtyř kol se musí zkoušet s pohonem pouze jedné nápravy. Celkový jízdní odpor pro nastavení dynamometru se určí z druhu pohonu, pro které je vozidlo převážně určeno.

Provádění zkoušky a odběr vzorků (dle bodů 6.2 až 6.6 přílohy 4 EHK 83 [8]), kde odběr vzorků začne před spuštěním motoru nebo zároveň s tímto spuštěním a skončí s ukončením volnoběžné fáze posledního dílčího cyklu části 1 (městský cyklus), po 780 sekundách. První jízdní cyklus začíná volnoběžnou fází s délkou 11 sekund ihned po spuštění motoru.

Pro analýzu odebraných vzorků emisí se používají ustanovení bodu 7.2 přílohy 4 [8]. Při provádění analýzy vzorku výfukových plynů musí technická zkušebna dbát na to, aby se zabránilo kondenzaci vodních par ve vacích se vzorky výfukových plynů.

4. Návrh přístrojového vybavení od firmy AVL

V následujících kapitolách je uveden návrh zařízení vhodných pro použití na homologační stanici měření emisí. Hlavní součástí zkušební stanice jsou rozčleněny na celky, nejprve s uvedením zařízení výrobce AVL a následně v další kapitole alternativní zařízení dodávané firmou HORIBA.

4.1 Válcová zkušebna

4.1.1 AVL 48" COMPACT 2WD - Válcová zkušební stanice

Válcový zkušební dynamometr je určen pro zkoušení osobních a lehkých užitkových vozidel se 2 nápravami do hmotnosti 4500 kg. Zařízení je koncipováno pro simulaci zatížení a simuluje zatížení vozidla v rozsahu od 454 kg do 5400 kg. S využitím tohoto dynamometru lze provádět zkoušky v rychlostním módu, v módu se stálou tažnou silou nebo v konstantním akceleračním módu. Na zařízení lze provádět kromě standardních homologačních testů pro výše uvedené zkoušky, také další testy pro analýzu výfukových plynů podle směrnic ECE/EUDC, FTP / SFTP, JAPAN, měření spotřeby paliva, setrvačných hmot, testy při nízké teplotě a jízdních vlastností [11].



Obr. 10 Válcová zkušební stanice AVL 48" COMPACT 2WD provedení pro použití v klimatické komoře

Dynamometr AVL se vyznačuje těmito vlastnostmi:

Umožňuje přesnou simulaci zatížení společně se snímačem rychlosti umožňuje dynamickou simulaci jízdních podmínek. Má přesné vysoce citlivé měření sil a tuhou konstrukci skeletu dynamometru. Zařízení splňuje s rezervou požadavky US normy pro dynamické výkonové hodnocení na 48“ dynamometrech. Pro instalaci zařízení je nezbytné zajistit pro instalaci jámu. Dynamometr se vyznačuje vysokou hnací silou na střídavý proud řízený s použitím IGBT technologie. Uživatelské rozhraní je založeno osobní výpočetní technice se softwarem AVL a ovládání dynamometru je prováděno pomocí výkonového řídicího členu přes průmyslovou sběrnici.



Obr. 11 Šasi a mechanická část zkušební stanice AVL 48“ COMPACT 2WD

Válcová zkušebna se skládá z těchto hlavních částí:

- Mechanická část válcové zkušebny
- Kalibrační zařízení
- Řídicí stanoviště pohonu
- Centrální řídicí stanoviště
- Kabelové rozvody
- Kabely dálkového ovládání pro připojení k rozhraní
- Počítačové uživatelské rozhraní
- Rozhraní automatizačního systému



Obr. 12 Rozsah zařízení příslušející k válcové zkušební stanici AVL 48“ COMPACT 2WD

Základní technické parametry:

- Průmět válce : 1220 mm
- Vzdálenost mezi vnitřními konci válce : 914 mm
- Vzdálenost mezi vnějšími konci válce : 2743 mm
- Rozsah hmotnostní simulace : 454 – 5448 kg
- Maximální přípustná hmotnost na nápravu : 4500 kg
- Snímač otáček : 10000 pulsů
- Maximální trvalý výkon v motorovém režimu : 150 kW / náprava
- Maximální trvalý výkon v generátorovém režimu : 153 kW / náprava
- Maximální trvalá trakční síla v motorovém módu : 5870 N / náprava
- Maximální trvalá trakční síla v generátorovém módu : 5987 N / náprava
- Maximální motorový výkon : 228 kW / náprava
- Maximální výkon generátoru : 258 kW / náprava
- Maximální trakční síla v motorovém módu : 8922 N / náprava
- Maximální trakční síla v generátorovém módu : 10096 N / náprava
- Rozsah pracovních teplot (s klimatickou komorou): -30 až 60 °C
- Rozměry jámy (pro zkoušky teploty okolí) : 1575 x 3963 x 1270 mm
- Rozměry jámy (pro komoru klimatických zkoušek) : 2624 x 4080 x 1383 mm
- Tolerance rychlosti : 0 až 2 km/h < 0,1% ; 2 až 200 km/h < 0,01%
- Tolerance trakční síly z aktuální zjištěné hodnoty : 0,11 z plného rozsahu
- Opakovaná tolerance trakční síly z aktuální zjištěné hodnoty : 0,03 z plného rozsahu
- Tolerance rychlosti při konstantní regulaci : 0,05 z plného rozsahu
- Tolerance trakční síly při konstantní regulaci : 0,2 z plného rozsahu
- Tolerance setrvačnosti a silniční simulace : 2 % z plného rozsahu
- Opakovaná tolerance setrvačnosti a silniční simulace : 1 % z plného rozsahu

4.1.2 Příslušenství k dynamometru AVL 48" COMPACT 2WD

K dynamometru je nezbytné použít další zařízení mezi které patří zejména:

- Zařízení pro ustavení polohy kol poháněné nápravy do optimální polohy při nájezdu kol vozidla do zkušebního zařízení.
- Upevňovací přípravek pro zajištění polohy nepoháněné nápravy.
- Pojízdný ventilátor simulující proudění vzduchu při rychlosti (54 km.h^{-1}) s parametry proudění vzduchu $26\,000 \text{ m}^3 / \text{h}$.
- Podpora výrobce při projektování, se stavební přípravou, s instalací, školením pracovníků při uvádění do provozu zkušebního zařízení.
- Automaticky řízené kryty chránící vozidlo před rotující částí válců při přejíždění
- Volitelné rozšíření válcové zkušební stanice o druhou mechanickou část dynamometru pro měření vozidel se dvěma poháněnými nápravami.

Podrobnější informace o parametrech výše uvedeného dynamometru lze získat u výrobce zařízení firmy AVL.

4.2 Zřed'ovací jednotka CVS4000 pro vozidla lehké a střední kategorie

CVS4000 je zařízení pracující na principu plnoprůtokovém ředění výfukových plynů a zohledňuje legislativní požadavky na měření emisí. Analyzátor CVS4000 je vhodný k měření výfukových plynů jak pro zážehové benzínové motory, plynové a alkohol spalující motory tak pro vznětové motory. Výfukové plyny vozidla jsou ředěny s filtrovaným vzduchem tak, že se v jednotce CVS a CVS4000 a sběrných vacích nemůže tvořit kondenzát. Před systémem Venturiho trubic je místo pro měření tlaku a teploty rovněž také pro odebírání vzorků pro sběrný vak. Se čtyřnásobnou Venturiho trubicí může být měřeno 15 různých průtoků. Do systému Venturiho trubic je instalován Venturiho obtok s klapkou, kde je zaručen průtok $4 \text{ m}^3 / \text{min}$ při plném výkonu dmychadla. Pro měření koncentrace je zjištěn objem a zjištěna vzdálenost nebo čas, ze které jsou pro určitý úsek měření vypočítány škodliviny.

4.2.1 Jednotka CVSLD CFV Q 30 m³/min pro zážehové a vznětové motory

Zařízení CVSLD CFV Q 30m³/min lze rozčlenit do několika modulů. Princip spočívá na kritickém průtoku Venturiho trubicí přičemž je zařízení CVS4000 schopno pracovat v odlišných jízdních programech a režimech spalovacích motorů. Výfukové plyny jsou ředěny filtrovaným vzduchem jednotkou CVS tak, že zvolený poměr ředění neumožní kondenzaci plynů ve sběrných vacích. V systému Venturiho trubic je při průtoku 4 l/min do 10 l/min zajištěn dostatečný příjem vozku plynů do sběrných vaků. V základním provedení je u zařízení instalováno doplňkové místo měření zředěného plynu. Pro měření vznětových motorů je volitelně instalován před systémem Venturiho trubic instalován tepelný výměník. Vnější nastavení zařízení CVS4000 provede přes sériový rozhraní RS232 zápis do protokolu, pro ruční obsluhu je instalován zaveden příslušný ovládací prvek a indikační panel [10].

Jednotka CVSLD CFV Q 30m³/min se vyznačuje těmito vlastnostmi:

- Moduly zařízení jsou snadno začlenitelné do zkušební komory
- Snadná připojitelnost rozvodu stlačeného vzduchu
- Soustava Venturiho trubic pro naplnění sběrných vaků
- Nastavení jednotky CVS4000 je prováděno do značné míry pro sériové rozhraní RS232 a se zápisem protokolu
- Při manuálním ovládání lze nastavit příslušný ovládací prvek, který je posléze zaveden a zobrazován na indikační panelu
- Možnost rozšíření modulů o další měřicí zařízení

Technické informace o zařízení CVSLD CFV:

- Soustava Venturiho trubic se skládá ze čtyř paralelních Venturiho trubic s uzavíratelnou klapkou tak, že průtok je nastavitelný do 15 různých poloh.
- Soustava Venturiho trubic není zahrnována v základním rozsahu dodávky.
- Maximální průtok je 30 m³/min, minimální průtok 4 m³/min
- Doporučené nastavení Venturiho trubic pro měření je 4-6-8-12 m³/min
- Je prováděno snímání teploty, absolutního tlaku a tlakového rozdílu na soustavě Venturiho trubic
- Ve výměníku tepla je snímána vlhkost čidlem vlhkosti

- Disponuje odběrovým místem vzorku plynu s průtokem 4 a 6 l/min pro plnění sběrných vaků.
- Ovládací panely: Komunikace s nadřazeným počítačem je prováděna přes sériové rozhraní RS 232C splňující specifikace pro normalizovanou měřicí techniku. Management a řízení všech systémů, ventilů, čerpadel a kontrola procesu je prováděna chronologicky včetně záznamu chyb. Kromě zjištěných všech měrových dat vypočítává objemový průtok.
- Jednotka ventilů: Soustava ventilu je navržena ke zředění výfukových zplodin se vzduchem do sběrných vaků .
- Jednotka průtoku: V základním rozsahu dodávky jsou dodávány tři zkušební vaky pro zředěný vzduch a tři pro odpadní výfukové zplodiny. Odběr vzorků je prováděn přes výměnný filtr.
- Jednotka čerpadel: Zahrnuje vždy čerpadlo pro odebírání vzorku zplodin a vzduchu. Odvzdušnění a proplachování sběrných vaků je zajištěno dodatečným čerpadlem.
- Parametry pro připojení:

Elektrické připojení	380/400 VAC $\pm$ 10 %, 50/60 Hz;
Hlavní elektrický rozvod	3 kVA
Přípustná teplota prostředí	5 °C až 35 °C
Relativní vlhkost	10 % až 80 %
Rozměry skříně	660 x 2000 x 900 mm
Hmotnost	cca. 500 kg
- Rozsah dodávky zahrnuje:
 - 1 ks ovládací skříně s jednotkou ředění a Venturiho systémem bez Venturiho trubice
 - 3 ks sběrných vaků pro zředěný vzduch
 - 3 ks sběrných vaků pro zředěné výfukové zplodiny
 - 1 ks nosná konstrukce pro sběrné vaky

4.2.2 CVSLD Venturiho trubice 4 m³/min

Venturiho trubice CVSLD 4m³/min je instalována do Venturiho systému. Ke správné funkci Venturiho trubice, tzn. dosažení kritického proudění, musí být zapojeno do série dmychadlo včetně systému potrubí tak, aby tlakový rozdíl naměřený ve Venturiho systému se zamontovanou Venturiho trubicí činil nejméně 800 mmWs. Venturiho trubice jsou vyrobeny z ušlechtilé oceli a umožňují snadnou montáž do Venturiho systému [10].

Venturiho trubice CVSLD jsou dodávány v dalších variantách o velikosti průtoku 6, 8 a 12 m³/min a u nichž tlakový rozdíl činí rovněž 800 mmWs.

4.2.3 CVSLD Tepelný výměník 30 m³

Tepelný výměník 30 m³ pro jednotku CVS4000 a jeho instalace probíhá před montáží systému Venturiho trubic. Zařízení se skládá ze dvou hlavních částí – svazku trubek tepelného výměníku a temperovacím zařízením. Temperovací zařízení obsahuje topné i chladicí ústrojí a ovládací systém pro čerpadlo a ventily včetně interfacu na nadřazenou řídicí jednotku. Přenos tepla je uskutečňován přes pomocí oběhového média – vody, která obíhá za pomoci výkonného čerpadla přes svazek trubek tepelného výměníku. Tepelný výměník zaručuje neměnnost průtoku před systémem Venturiho trubic a proporcionální regulaci procházejících částic. Předepsaná teplotní regulace výměníku je mezi 30 a 40 °C ± 6 °C. Tepelný výměník CVSLD se dodává také ve variantě pro 20 m³. V základním rozsahu dodávky je zahrnuto:

1 ks	Temperovací zařízení
1 ks	Svazek trubek tepelného výměníku
1 ks	Hadice a příslušenství pro připojení do rozvodu vody

4.2.4 Schránka sběrných vaků MAX / 4, 8, 9 a 12 vaků

Varianta pro 4 sběrné vaky:

Rozšíření systému na max. 4 vaky pro nashromážděné výfukové plyny. Schránka na vaky s plyny je určena pro jednotku CVS4000. Montáž dodatečného rozvodu probíhá na jednotku CVS4000, eventuálně na již existující soustavu sběrných vaků. Výhřev schránky sběrných vaků je nastaveno na teplotu 35 °C ± 5 °C a probíhá pomocí dvou topných ventilátorů ve spodní části jednotky. Pro nejvhodnější a efektivní měření teploty jsou teplotních čidla montovány v 75% výšce schránky. Vytápění schránky na vaky je vhodné zejména jen pro aplikace zkoušek SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle). V základním rozsahu dodávky je zahrnuto:

1 ks	Prázdná schránka CVS4000 pro montáž sběrných vaků
1 ks	Souprava elektrického topného ventilátoru s regulací

Varianta s 8 sběrnými vaky:

Zvětšení na počet na 8 sběrných vaků se využívá standardní ventilový a hadicový rozvod. Doplnění dodatečnými sběrnými vaky do systému využívá shodné propojení. S dodatečnými čtyřmi páry sběrných vaků mohou probíhat homologační zkoušky v několika fázích: Emisní zkouška bez přerušení měřící sekvence nebo může být provedeno pročišťování sběrných vaků během zkoušky. Pro výzkum a vývoj může být prováděno měření z více oddělených sekvencí. V rozsahu provedení pro 6 až 8 sběrných vaků je navíc oproti variantě se 4 vaky zahrnuto:

1 x	Rozšíření ventilového rozvodu
2 ks	TEDLAR sběrné vaky

Varianta 9 sběrných vaků (3x3):

Dodatečná řada sběrných vaků pro CVS4000 je určena pro použití měření vznětových a zážehových motorů a aplikaci Clean/Dirty. V této variantě je rozšířen ventilový, hadicový rozvod, čerpací jednotka a třetí řada sběrných vaků. Zředěnými výfukovými plyny mohou být naplněny jen určené řady sběrných vaků. Spolu se zvětšením kapacity zachycených plynů se snižují nepřesnosti vzniklé při měření.

V dodávce je zahrnuto:

1 x	Rozšíření ventilového a hadicového rozvodu
3 ks	TEDLAR sběrné vaky

Varianta 12 sběrných vaků (3x4):

Varianta s 12 sběrnými vaky pro CVS4000 se standardním rozvodem ventilů a hadicového rozvodu s doplněním sběrnými vaky a systémem řízení včetně interface výstupů. S dodatečným čtvrtým párem sběrných vaků lze provádět homologační měření ve čtyřech fázích. Rozšíření je vhodné pro testy EPA SFTP pro měření bez přerušení emisní zkoušky testovacím chodem a pročišťováním a zejména pro výzkumné a vývojové práce. V rozsahu dodávky je zahrnuto:

1 x	Rozšíření ventilového a hadicového rozvodu
3 ks	TEDLAR sběrné vaky

4.3 Aparatura pro odběr částic ve výfukových plynech

Aparatura pro odběr částic ve výfukových plynech je složena ze dvou hlavních částí a to jednotky FFP4000 a držáku filtru částic CVSLD s filtry.

4.3.1 FFP4000 Jednotka pro odběr částic ve výfukových plynech

Jednotka FFP4000 se dělí do několika dalších modulů, které jsou při instalaci přizpůsobeny požadavkům na měření a směrnícím. Nastavení jednotky FFP4000 se provádí ve větší míře přes sériový port RS232 s AK protokolem. Pro manuální obsluhu je instalován indikační a ovládací panel v hlavním kontrolním pultu. Nastavení průtočného množství je na max. 95 l / min. za relativního podtlaku od 25 kPa před filtrem částic. Moduly FFP4000 jsou:

- Regulační jednotka s ventily a čerpací jednotka
- Pouzdro s filtrem částic

Činnost jednotky FFP4000 je následující: Slouží k měření emisí zředěných výfukových plynů ve spojení s plnopřůtočným ředícím tunelem. Z něho jsou zředěné výfukové plyny odebírány přes speciální obtok k měřicí sondě. Odběr zkušebního vzorku měřicí sondou musí být blízko středu proti proudění naředěných výfukových plynů. Průběh zkoušky je závislý na legislativních požadavcích EU, US FED, aj. výraznější odlišnosti jsou pro čínské předpisy. Při provádění zkoušky by vzdálenost od hrotu sondy do držáku filtru částic neměla překročit 1020 mm. Jednotka FFP4000 je v základním provedení s třemi pouzdry filtrů částic určena pro kategorii lehkých vozidel, kde se nachází primární a sekundární filtr s vnějším průtokoměrem od 47 mm. Měření teploty zředěných výfukových plynů je závislé na druhu zkoušky, umístění je pro EHK předpis na konci směsného zařízení nebo blízko plochy primárního filtru částic pro předpisy US FED. Záznam naměřených hodnot tlaků a teplot pro jednotlivé části zkoušky, regulaci čerpadel a ventilů zajišťuje řídicí jednotka FFP4000. Snímání veškerých měrových dat, řízení a korekce jednotlivých funkcí probíhá přes sériový port RS232 se zápisem do AK protokolu. Regulace nastaveného průtoku se provádí pomocí vakuového čerpadla, které navazuje na montovaný průtokový regulátor. Nastavení

průtoku činí maximálně 95 l / min. vztaženo k max. podtlaku od 25 kPa měřeného ve směru proudění do filtru částic.

Zařízení FFP4000 má kompaktní design umožňující snadnou zástavbu do zkušební komory, standardní AK výstup do hlavního řídicího počítače. Disponuje rychlým a jednoduchým nastavením řízení průtoku spalin a dále umožňuje rozšíření o další moduly dle potřeby. Komunikace s hlavním počítačem probíhá přes sériový port RS 232C odpovídající příslušné specifikaci VDA–AK–SAMT pro normalizovanou měřicí techniku. Jednotka ovládá a řídí všechny systémy soustavy, regulaci ventilů a čerpadel, provádí sledování procesu s chronologickým záznamem chyb, stanovuje (určuje) měrová data a dopočítává objemový průtok.

Základní technické parametry:

Průtok	10 až 95 l/min.
Maximální průtok	Maximální průtok je měřen při relativním podtlaku 25 kPa u filtru částic
Elektrické připojení	380/400 VAC $\pm$ 10 %, 50/60 Hz
Přípustná teplota prostředí	5 °C až 35 °C
Relativní vlhkost	10 až 80 %
Rozměry	19“ skříň; 660 x 2000 x 900 mm
Přívod tlakového vzduchu	1/8“ hadice, pro tlak vzduchu 5 až 7 atm

V rozsahu dodávky je zahrnuto:

1 x	19“ skříň s ventilovou a čerpací jednotkou
-----	--

4.3.2 CVSLD Držák filtru částic 47 mm

Pouzdro filtru částic je připraveno pro primární a sekundární filtr s průměrem 47 / 37 mm. Pouzdro filtru částic má na vstupu a výstupu pro měřené výfukové zplodiny namontovaný rychlouzávěr. V rozsahu dodávky je zahrnuto:

1 x	Pouzdro s primárním a sekundárním filtrem 47 / 37 mm
-----	--

4.4 Aparatura AMA 4000 Advanced

Aparatura analyzátoru AVL AMA 4000 Advanced nabízí široký rozsah funkčnosti pro analýzu jednotlivých složek výfukových plynů. Může pracovat ve spojení jak s válcovou zkušební stanicí, tak s motorovou zkušebnou. Analyzátor AMA 4000 umožňuje provádět certifikační testy, jak pro současné i budoucí legislativní požadavky a dále umožňuje řešit řadu výzkumných a vývojových aplikací. Analyzátor lze rozšířit o řadu variant včetně softwarového vybavení, automatizací a doplňkového příslušenství.

4.4.1 Základní měřicí jednotka AMA 4000 1L VERDÜNNT

Základní jednotka AVL AMA 4000 1L VERDÜNNT umožňuje provádět následující měření:

- Kontinuální analýzu zředěných výfukových plynů vznětových motorů
- Analýzu obsahu vaků (souhrnné měření)
- Modální analýzu
- Měření podle příslušných aktuálních směrnic EPA a ECE

Veškerá komunikace analyzátoru s dalšími prostředky řízení ACU (Analyzer Control Unit) probíhá pomocí lokální sběrnice CAN-Bus. Mezi ACU a základním řídicím počítačem probíhá komunikace pomocí TPC/IP protokolu [10].

Úprava měřených výfukových zplodin a rozvod je zajišťován jednotkou **GPU 4000** (Gas Preparation Unit) připojenou k hlavní CAN-Bus sběrnici. Přenos signálu je uskutečněn pro výkonnostní prvky (čerpadlo, ventily) a senzory (teploty, tlaku, vlhkosti) přes CAN uzel v úpravě pro měřicí techniku. Pro zředění výfukových zplodin je použito čerpadlo a zředovací jednotky, plyn prochází jemným filtrem a rozvodem plynu s kontrolou vlhkosti.

GDU 4000 jednotka rozvodu plynů (Gas Distribution Unit) je určena pro měření, zkoušení a provoz a je rozčleněna do dvou bloků:

Ventilový rozvaděč pro rozdělení kontrolního a provozního plynu:

Ventilový rozvaděč je realizován jak zásuvná modulová jednotka. Rozvaděčem mohou být zásobeny až 3 měrové trubice kontrolním a provozním plynem. Ventilový rozvaděč také zásobuje tester plynných částic LIN, NO_x tester, tester přítomnosti H₂O. Zkušební výfukové zplodiny jsou dopraveny přes ventilový blok analyzátoru k příslušnému analyzátoru.

Ventilový blok analyzátoru:

Ventilový blok analyzátoru je instalován v blízkosti samotného analyzátoru. Ventilový blok analyzátoru slouží jako přepínací jednotka mezi kontrolním a provozním plynem. Ovládání je prováděno s využitím sběrnice CAN-Bus. Všechny velké části, kterými prochází měření zplodiny jsou vyrobeny z ušlechtilé oceli, vitonu nebo teflonu.

Řízení systému probíhá z centrálního počítačem řízeného panelu používající operační systém Windows NT. Dotykový displej TFT je zabudován v čelním panelu měřicího zařízení. Volitelně lze obsluhovat měřicí zařízení stolním počítačem s klávesnicí a myší, který odpovídá běžnému standartu.

Řídící jednotka BCU 4000 umožňuje zásahy na všechny ovládací prvky v různých úrovních řízení. Hlavní ovládací panel operátora, lze rozčlenit do 3 úrovní:

- Systémová úroveň – plně přístupný systém v rámci zvoleného režimu práce. Naměřené hodnoty však nebudou zobrazovány.
- Liniová úroveň – přístup umožněn pro jednotlivé měrové úrovně v linii (analyzátor, jednotka CVS 4000, aj.) indikace naměřených hodnot a varovných signálů.
- Přístrojová úroveň - přístup je umožněn k jednotlivým přístrojům, např. k analyzátorům, kde je umožněno zobrazení aktuálního stavu zařízení, naměřených hodnot a varovných signálů.

Pro napájení výše uvedených je použit elektrický rozvaděč **PDU 4000 (Power Distribution Unit)**, který má následující parametry:

Elektrické připojení	3 x 400 VAC $\pm$ 10 %, 50/60 Hz
Standardní příkon systému	max. 11 kVA
Elektrický rozvod	16 A
Frekvence	50 Hz $\pm$ 2 %, event. 60 Hz $\pm$ 2 %
Měřicí skříň – rozměry	1 x 19“ skříň; 2000 mm x 900 mm x 665 mm

S měřicí skříní je možno manipulovat. Odvzdušnění měřicího zařízení je prováděno ze zadní horní strany skříně pomocí axiálních ventilátorů. Dovolená teplota okolního prostředí je pro měřicí soustavu AMA 4000 Advanced omezena pro teplotní rozsah +5 °C až +30 °C.

Ze zadní dolní strany skříně jsou přiváděny a odváděny výfukové plyny. Na zadní dolní straně se taktéž nachází všechny elektrické přívody. K odstranění usazenin je použito odsávání při minimálním průtočném objemu 1500 l/h. Analyzátor AMA 4000 Advanced jako modulární systém umožňuje zástavbu dalších elektronických a mechanických jednotek, např. pro budoucí rozšíření a umožňuje dálkovou diagnostiku, údržbu a řízení.

Vlastnosti analyzátoru AMA 4000:

- Analyzátor umožňuje provádět automatický LIN – test výfukových zplodin, rozšiřitelný až na měření čtyř plynů s výjimkou O₂ a CO_{High}, kde se provádí měření dvou plynných složek.
- Oddělený EGR (Exhaust Gas Recirculation) indikátor, umožnění ovládání vnějších měřicích soustav
- Software umožňující výpočet součinitele přebytku vzduchu λ , určení poměru ředění a parametru EGR, automatické přerušení zkoušky při netěsnostech
- Před měřením je u analyzátoru řízena doba chodu kompenzace a řízení ovládání a kontroly vyhřívaných systémů v vedení pro odběr vzorků, regulace teploty TCU (Temperature Control Unit)

- Interní a externí komunikace analyzátoru probíhá pomocí LAN, CAN-Bus, případně přes sériové rozhraní RS 232

4.4.2 Aparatura pro měření THC / Tunel FID OPTION

Pro vznětové motory je použito zařízení THC / Tunel FID (měření nespálených uhlovodíků/ plamenoionizačním tunelem) pro měření zředěných výfukových plynů. Pro budoucí požadavky je možné rozšířit aparaturu o detekci uhlovodíků a koncentraci zředěných výfukových plynů vznětových motorů pro nejaktuálnější legislativní předpisy. Použití zařízení **FID 4000 lh** (low concentration, heated) je možné pouze ve spojení s AMA 4000 nebo FFP 4000. Aparatura k měření koncentrace uhlovodíků zahrnuje příslušenství potřebné k zapojení k zřed'ovacím tunelu. Aparatura umožňuje zástavbu do 19" skříně.

Základní technické parametry:

Elektrické připojení	115/230 AC $\pm$ 10 %, 50/60 Hz
Princip měření	Plamenoionizační čidlo
Nejmenší možné rozpětí měření	0 až 5 ppm C ₃
Největší možné rozpětí měření	0 až 1000 ppm C ₃ (4 volitelná rozpětí)
T ₉₀	1,2 s
Odchylka od linearity	$\leq$ 2 jednotky z rozsahu hodnot 15 až 100 %
Přípustná teplota okolního prostředí	5 °C až 40 °C
Přípustný vnější tlak	70 až 110 kPa (abs.)
Průtočné množství měř. plynů	$\approx$ 220 l / h
Měr. podmínky plynů	výhřev na 191 °C, částice $\leq$ 5 μ m
Provozní plyny	směs vzduchu s H ₂ /He, event. Propan/N ₂ se vzduchem

Aparatura THC / Tunel FID OPTION musí být instalována společně v sérii s analyzátelem AMA 4000, nebo je alternativně zaveden s plnoprůtokovým sběračem částic FFP 4000.

V rozsahu dodávky je zahrnuto:

1 x	Analyzátor modul FID 4000 lh
1 x	Vyhřívavý THC analyzátor
1 x	Interní vyhřívavé vedení
1 x	Vyhřívavý filtr
5 m	Vyhřívavého vedení
1 x	Rozvod ventilů
1 x	Jednotka teplotní kontroly a řízení ventilů TCU 4000 s 3 regulačními obvody
1 x	Materiál a příslušenství nezbytné k připojení zkušebních plynů k analyzátoru

4.4.3 Analyzátor CLD 4000 LC – KIT

Analyzátorová sada AVL CLD 4000 LC (low concentration, cold) je navržena k integraci do AMA 4000 Advanced. AVL CLD 4000 je analyzátorový modul umožňující měřit v plynné složky oxidu dusíku NO / NO_x . Analyzátor odešle nezpracovaný signál přímo do jednotky AMA 4000 Advanced. Aparatura umožňuje zástavbu do 19“ skříně a zástavbu dalších elektronických a mechanických zařízení díky modulárnímu systému konstrukce.

Základní technické parametry:

Elektrické připojení	220/230 AC $\pm$ 10 %, 50/60 Hz
Princip měření	Chemicko-luminiscenční měřicí detektor,
Nejmenší možné rozpětí měření	0 až 3 ppm
Největší možné rozpětí měření	0 až 1000 ppm (4 volitelná rozpětí)
T_{90}	$\leq 1,2$ s
Odchylka od linearity	$\leq \pm 2$ jednotky z rozsahu hodnot 10 až 100 % ≤ 1 % z rozsahu měření
Přípustná teplota okolního prostředí	5 °C až 40 °C
Přípustný vnější tlak	70 až 110 kPa (abs.)
Průtočné množství měř. plynů	≈ 100 l / h
Průtočné množství zkušebních plynů	6 l / min
Měr. podmínky plynů	rosný bod $\leq 30^\circ\text{C}$, částice $\leq 5 \mu\text{m}$
Provozní plyny	Kyslík O_2 , měřicí plyn oxid dusnatý NO v N_2 , Nullgas dusík N_2
Prostorové nároky	3 pozice 1/2 19“ pouzder

V rozsahu dodávky je zahrnuto:

1 x	Analyzátorová sada
1 x	Vakuové čerpadlo

4.4.4 Analyzátor IRD 4000 (A) CO L – KIT

Analyzátorová sada AVL IRD 4000 (A) je navržena k integraci do AMA 4000 Advanced. Analyzátor IRD je modul, umožňující měření plynných složek oxidu uhelnatého CO. Analyzátor předá nezpracovaný signál přímo do jednotky AMA 4000 Advanced. Analyzátorový modul umožňuje zástavbu do 19“ skříně a zástavbu dalších elektronických a mechanických zařízení díky modulárnímu systému konstrukce.

Základní technické parametry IRD 4000 (A) CO L – KIT:

Elektrické připojení	24 V DC $\pm$ 3 %
Nejmenší možné rozpětí měření	0 až 20 ppm
Největší možné rozpětí měření	0 až 2500 ppm (4 volitelná rozpětí)
Přípustná teplota okolního prostředí	5 °C až 30 °C
Přípustný vnější tlak	70 až 110 kPa (abs.)
Průtočné množství měř. plynů	$\approx$ 60 l / h
Měr. podmínky plynů	rosný bod $\leq$ 30°C, částice $\leq$ 5 μ m
Prostorové nároky	4 pozice 1/2 19“ pouzder

V rozsahu dodávky je zahrnuta:

1 x Analyzátorová sada

4.4.5 Analyzátor IRD 4000 (A) CO₂ L – KIT

Analyzátor IRD 4000 (A) CO₂ low – KIT (ABB) je navržen k integraci do AMA 4000 Advanced. Analyzátor IRD je modul, umožňující měření plynných složek oxidu uhličitého CO₂. Analyzátor předá signál ke zpracování přímo do jednotky AMA 4000 Advanced. Analyzátorový modul umožňuje zástavbu do 19“ skříně a zástavbu dalších elektronických a mechanických zařízení díky modulárnímu systému konstrukce.

Základní technické parametry IRD 4000 (A) CO₂ low – KIT:

Elektrické připojení	24 V DC $\pm$ 3 %
Nejmenší možné rozpětí měření	0 až 0,25 %
Největší možné rozpětí měření	0 až 6 % (4 volitelná rozpětí)
Přípustná teplota okolního prostředí	5 °C až 40 °C
Přípustný vnější tlak	70 až 110 kPa (abs.)
Průtočné množství měř. plynů	$\approx$ 60 l / h
Měr. podmínky plynů	rosný bod $\leq$ 30°C, částice $\leq$ 5 μ m
Prostorové nároky	4 pozice 1/2 19“ pouzder

V rozsahu dodávky je zahrnuta:

1 x Analyzátorová sada

4.4.6 Tester citlivosti na H₂O

Tester citlivosti na H₂O slouží k zjištění poměru vody v CO_{low} analyzátoru. Analyzátor citlivosti H₂O je konstruován pro integraci do hlavní analyzátorové jednotky AMA 4000 Advanced.

4.4.7 Instalace a uvedení do provozu analyzátorové sady AMA 4000 Advanced

Instalace firmy AVL zahrnuje montáž všech systémových prvků analyzátoru AMA 4000 Advanced a připojení základních systémů nutných pro provoz zařízení. Uvedení do provozu zahrnuje nastavení a prověření všech základních parametrů, jakož i konečnou funkční zkoušku AMA 4000 Advanced jako samostatné soustavy. Po uvedení zařízení do chodu, je včetně příslušného zkušebního protokolu a technické dokumentace, je společně se zákazníkem a AVL provedena konečná převírací zkouška.

Před zahájením instalace a uvedením do chodu musí zákazník splnit následující podmínky: Musí být dokončeny stavební práce v plánovaných prostorech instalace zařízení, dokončené a vyklizené uzamykatelné místnosti, musí být funkční vytápění a klimatizační zařízení, plně funkční systém rozvodu stlačeného vzduchu, dodání kalibračních plynů, musí být zajištěno odsávání a elektrické rozvody shodné pro jednotlivé specifikace zařízení umístěny v bezprostřední vzdálenosti od plánovaných zařízení. Následně je nutné personál proškolit s obsluhou zkušebního zařízení AMA 4000 Advanced včetně dalších školení k obsluze externích zařízení a přístrojů. Dále je nutné poskytnout jeden plně funkční motorovou jednotku a hlavní řídicí počítač s požadovanými výstupy interface [10].

Základní technické informace:

- Instalace a uvedení do chodu trvá max. 5 dní při 8 hodinové pracovní době.
- Kalibrace a kontrola zařízení, např. zřed'ovací jednotka, NO_x analyzátor, odlučovače, které nejsou v základním rozsahu dodávky, ale jsou kompatibilní s produkty firmy AVL, mohou být také instalovány.
- V rámci převírací procedury zařízení se provedou проверки pro následujících zařízení jsou-li k dispozici:

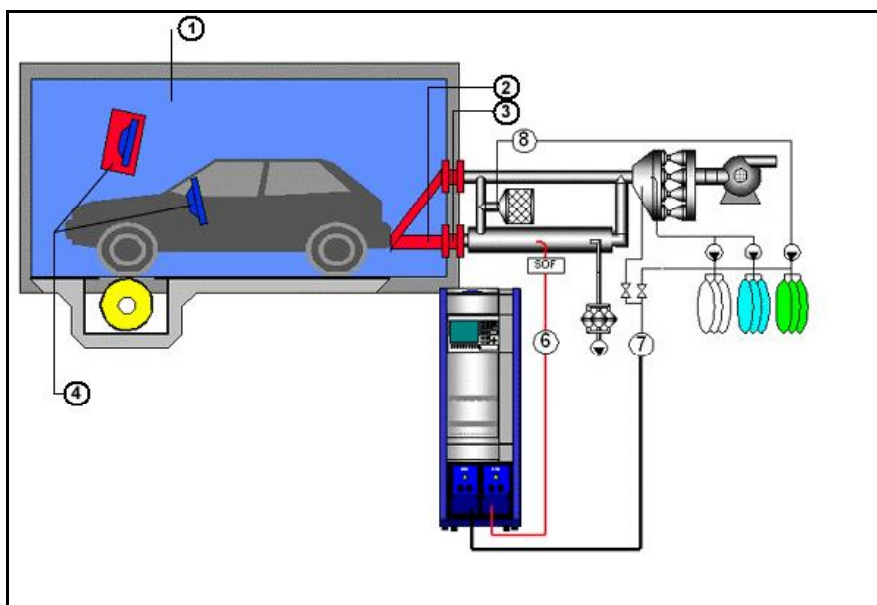
- Dodávka hardwaru a softwaru
- Dodávka dokumentace
- Elektrická instalace včetně zapojení
- Mechanická instalace zapojení trubkového rozvodu
- Seřízení a nastavení aparatury
- Určení počátečního a koncového bodu zkoušky
- Zkouška těsnosti
- Zkouška komunikace s nadřazeným počítačem
- Zkouška linearity
- Zkouška kolísavosti (Drifttest)
- Zkouška na problémy měření HC (HangUp – Test)
- Zkouška převodníku CLD
- Zkouška převodníku hořáku FID
- Zkouška citlivosti na CO₂

4.5 Klimatická komora AVL pro zkoušku za nízkých teplot

Pro emisní certifikační zkoušky osobních a lehkých užitkových vozidel se vyžaduje měření kompletního vozidla, které je umístěno na dynamometru simulujícím silniční podmínky. Pro certifikační zkoušky se testují výfukové plyny zředěné se vzduchem systémem CVS (Constant Volume Sampling). Vozidlo je poháněno na podvozku dynamometru podle režimu, který reprezentuje normální jízdní cyklus vozidla. Vzorky zředěných výfukových plynů jsou shromážděny ve vacích. Pro zážehové motory (CI) jsou veškeré složky emisí shromážděny a stanoveny ze sběrných vaků. Pro vznětové motory (PI) jsou koncentrace uhlovodíků HC a emise pevných částic měřeny kontinuálně ze vzorků z ředícího tunelu [10].

Od roku 2002 s přijetím normy EURO 3 a v následujících směrnících byl stanoven požadavek na ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku za nízké teploty okolí po studeném startu (zkouška typu VI). Koncentrace výfukových plynů (CO, HC, ..) jsou při této zkoušce hodnoceny při – 7 °C. Testovací aparatura a vozidlo jsou před měřením připraveny a temperovány dle směrnice. Jako

doplňkové zařízení ke standardnímu certifikačnímu vybavení dynamometrem je instalována klimatická komora a vedení výfukových plynů. Vedení pro výfukové plyny a průchod stěnou klimatické komory jsou vyhřívány, aby nedocházelo ke kondenzaci vody a byly zajištěny optimální měrové podmínky.



Obr. 13 Uspořádání klimatické komory AVL

Vysvětlivky: 1 – Klimatická komora
2 – Vyhřívané výfukové vedení
3 – Vyhřívání přechod stěnou klimatické komory
4 – Řídící ústrojí vyhřívání vnější nebo mobilní uvnitř vozidla

Kontejner pro kondicionování vozidla – je určen pro přípravu vozidla před zkouškou za nízkých teplot i pro další teplotní testy dle příslušné normy pro měření emisí vozidel. Je snadno přemístitelný na vzduchových polštářích k samotné testovací komoře.

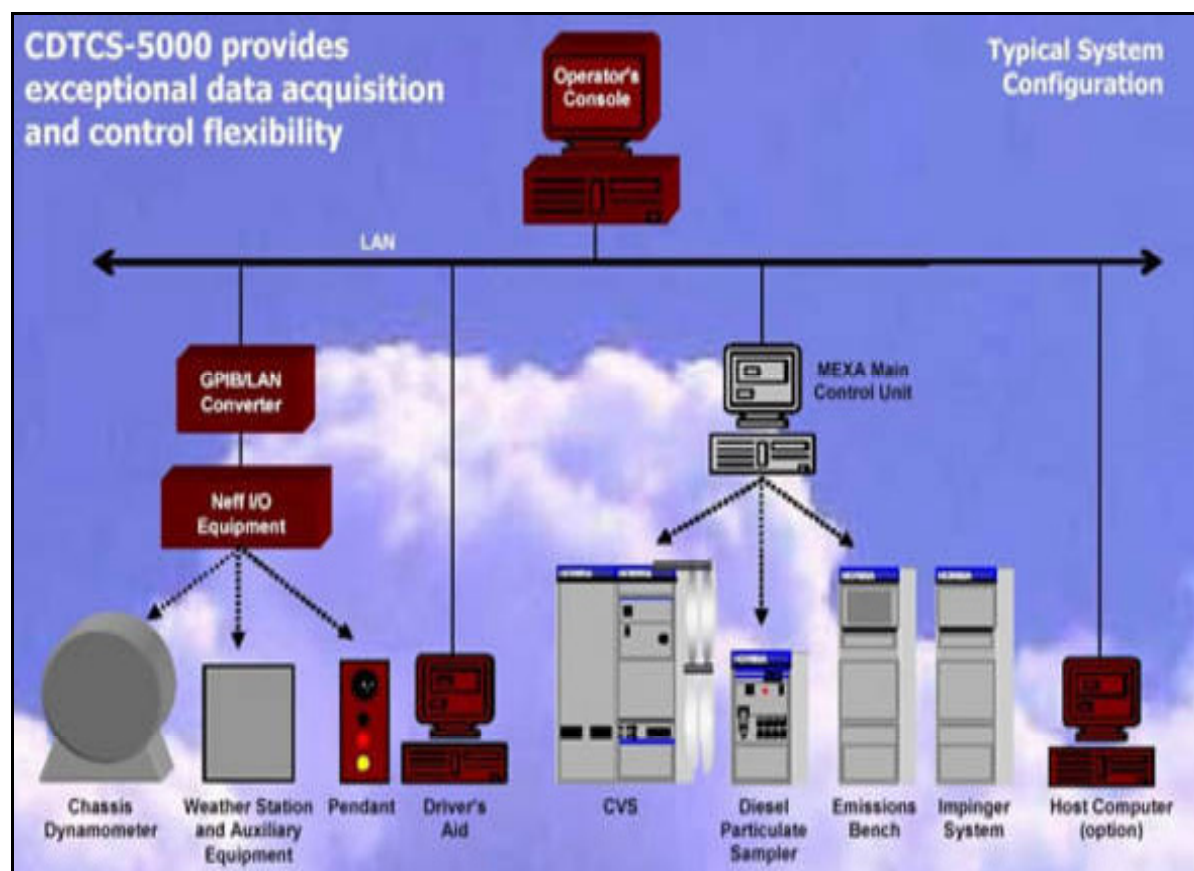


Obr. 14 Kontejner pro kondicionování vozidla

5. Návrh přístrojového vybavení od firmy Horiba

5.1 Systém měření emisí Horiba CDTCS-5000

Systém CDTCS-5000 je vhodný pro automatizované testování emisí silničních motorových vozidel. Ovládání a nastavení vybavení zkušební stanice je přizpůsobeno tak, aby vyhovovalo požadovaným emisním předpisům a provázelo obsluhu během procesu zkoušení. Systém pro řídí kompletní sběr dat v reálném čase a zobrazuje a reprodukuje vhodným způsobem výsledky zkoušek. Výhodou systému je možnost přizpůsobení např. plánování zkoušek, kalkulace, zobrazované položky, aj. požadavkům uživatele. Systém CDTCS-5000 může být připojen ke standardním počítači pro správu a analýzu dat standardním počítačovým softwarem. Široký okruh nastavení a možnosti analýz systému umožňuje provádět standardní evropské a další homologační emisní zkoušky zahrnující EPA, ECE, Japan aj [11].



Obr. 15 Uspořádání systému měření emisí Horiba CDTCS-5000

System nabízí přizpůsobení následujícím požadavkům uživatele:

- Vytvoření rozvrhu zkoušky tak, aby se pokyny pro řidiče, výpočty, protokoly a kalkulace zobrazovaly v reálném čase.
- Softwarová konfigurace umožňující provádět změny v budoucím uspořádání.
- Provádět předběžné zkoušky pro měření parametrů paliva, další parametry soustavy a konstanty, které mohou být snadno aktualizovatelné.

CDTCS-5000 může ovládat a přijímat data z následujících zařízení:

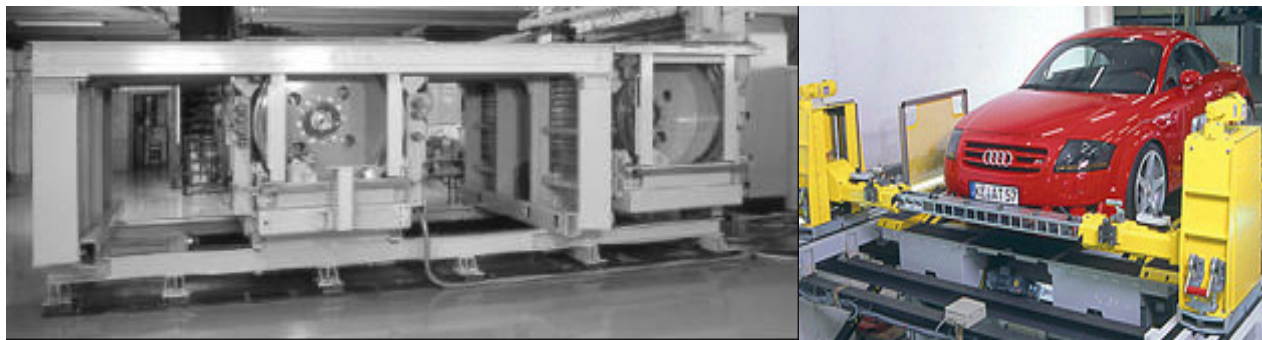
- Aparatura pro měření emisí zředěných výfukových plynů a přímou analýzu výfukový zplodin.
- Zředovací jednotka pro výfukové plyny a jednotka pro měření částic ve výfukových plynech plnoprůtoková nebo s částečným průtokem.
- Elektrický nebo vodou chlazený válcový zkušební dynamometr.
- Klimatická komora, tlakové a teplotní snímače, tachometry, palivové průtokoměry, robotické řidiče a další pomocná zařízení.

Hlavní komponenty CDTCS-5000:

- Pracovní stanice Hewlet Packard UNIX
- Vstupní a výstupní zařízení měřicího procesu
- Hlavní pracoviště s řídícím panelem
- Ovladače pomocných počítačů, závěsné monitory a komora
- Aplikační programy pro CDTCS-5000

5.2 Válcová zkušební stanice - dynamometr 4WD ECDM 48 L

Dynamometr Horiba ECDM verze 4WD je určen pro testování vozidel se schématem pohonu 4 x 4. Jedna z dvojic válců je uložena v rámu posuvně – zajištění měření vozidel s rozdílným rozvorem (rozmezí 2000 ÷ 3200 mm). Nastavení rozvoru je možno provádět s přesností ± 2 mm. K fixaci válců v požadované poloze je použita pneumatická brzda. Dynamometr se vyznačuje vysokou přesností synchronizace rychlostí otáčení obou dvojic válců, kde odchylka činí 0,02 km/h. K dispozici je též verze 2WD pro testování vozidel s jednou poháněnou nápravou [11].



Obr. 16 Vozidlový dynamometr 4WD ECDM 48 L

Základní technické parametry:

Průměr válců	219,2 mm
Rozsah simulace setrvačné hmotnosti	54 ÷ 4000 kg
Vzdálenost mezi vnitřními hranami válců	900 mm
Vzdálenost mezi vnějšími hranami válců	2300 mm
Rozsah možné regulace rozvoru	2000 ÷ 3200 mm
Maximální přípustné zatížení poháněné nápravy	2000 kg
Maximální nepřetržitý výkon motoru	150 kW
Maximální výkon (po dobu 60 s)	210 kW
Maximální nepřetržitá trakční síla	5400 N
Maximální trakční síla (po dobu 60 s)	8700 N
Maximální testovací rychlost	200 km.h-1
Vyžadované napětí	400 V
Přívod stačeného vzduchu	6 ÷ 10 bar
Rozsah teplot	5 ÷ 45 °C
Relativní vlhkost vzduchu	95 %
Chyba měření rychlosti	0,01 km.h-1
Chyba měření trakční síly (v celém rozsahu měření)	< 0,05 %
Chyba při simulaci provozního zatížení	< 0,5 %
Rozměry kontrolní kabiny (délka x hloubka x výška)	1800 x 600 x 2200 mm
Rozměry rozvaděče	2400 x 600 x 2200 mm

Vozidlový dynamometr Horiba ECMD je možno vybavit celou řadou volitelného příslušenství:

- Softwarový modul
- Kalibrační systém
- Zařízení pro automatické vycentrování vozidla
- Systém automatického pokrytí válců
- Svislé bezpečnostní zábrany
- Zadržný systém pro vozidla se schématem pohonu 4 x 2 – zařízení pro uchycení kola vozidla
- Zadržný systém pro vozidla se schématem pohonu 4 x 4 – čtyři upevňovací sloupky, upevňovací tyče, ocelová lana a řetězy
- Časově řízený režim údržby
- Počítadlo provozních hodin

5.3 Aparatura pro měření emisí

5.3.1 Horiba CVS-7400 S - Zařízení pro odběr vzorku s konstantním objemem

Odběrný systém je založen na principu CFV – kritického proudění Venturiho trubici. Zařízení pro odběr vzorku je složeno z následujících zařízení:

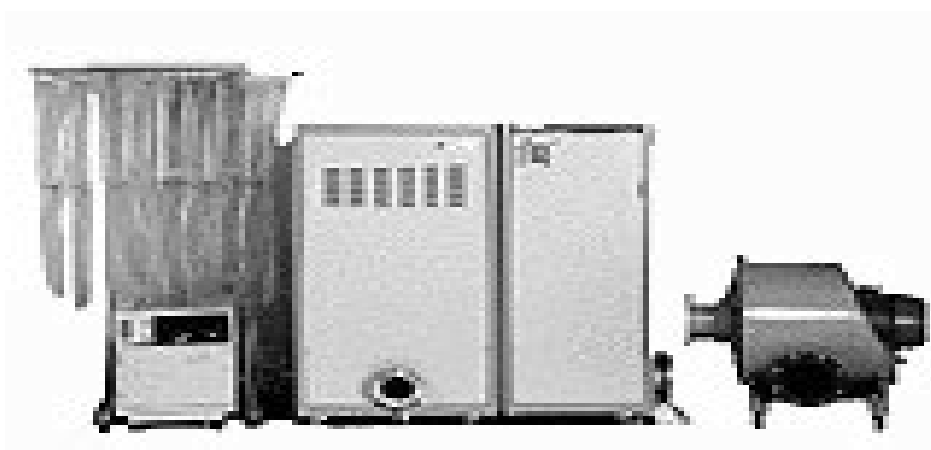
Směšovací jednotka pro vozidla se zážehovým motorem slouží k míšení spalín s filtrovaným okolním vzduchem. Z důvodu eliminace kondenzace vody je jednotku třeba umístit co nejblíže za ústí výfuku testovaného automobilu. Z tohoto důvodu je jednotka vestavěna v samostatné mobilní skříni. Rozměry skříně jsou: 680 x 680 x 1790 mm.

Ředící tunel Horiba DLT-18 se používá pro ředění a ochlazení výfukových plynů s filtrovaným okolním vzduchem. Tvarováním vstupní části je zajištěno turbulentní proudění, které je pro dokonalé promísení spalín se vzduchem a vytvoření homogenní směsi nezbytné.

Celková délka tunelu je rozdělena na pět částí: Část 1 je tvořena třívrstevným vzduchovým filtrem – vrstva pro odstranění pevných částic ze vzduchu (zejména prachu), vrstva s aktivním uhlím pro snížení obsahu HC ve vzduchu, vrstva pro následné odstranění uhlíkových částic. Část 2 obsahuje vstupní přírubu pro výfukové plyny vznětových motorů a dva otvory se závity pro montáž čidel teploty. V části 3 probíhá ředění spalin. Část 4 zahrnuje tři příruby: příruba pro montáž sondy odběru HC z výfukových plynů vznětových motorů, příruba pro montáž sondy odběru částic, příruba pro účely údržby. Část 5 je tvořena zužujícím se potrubím a přírubou pro napojení k systému CVS. Jednotlivé prvky systému odběru vzorků jsou spojeny pomocí **odběrových vedení**.

Základní technické parametry ředícího tunelu DLT – 18:

Délka včetně vzduchového filtru:	5500 mm
Vnější průměr:	273 mm
Maximální celkový objem:	20 m ³
Materiál hlavních částí:	nerezová ocel, vnitřek elektrolyticky vyleštěn



Obr. 17 Aparatura Horiba CVS-7400 S pro odběr vzorků

Jednotka odběru vzorku, kromě odběru proporcionální části ředěných spalin, slouží též pro měření a kontrolu proudu ředěných spalin pomocí jednotky CFV. Volba konkrétního typu je závislá na velikosti zdvihového objemu motorů měřených vozidel.

Jednotka odběru vzorku CVS – 7400 S má následující parametry:

Rozměry:	70 x 710 x 1970
Hmotnost:	450 kg
Napájení:	400 V/50 Hz
Venturiho trubice pro průtoky:	3 až 30 m ³ /min

Kolísání teploty na vstupu CFV: max. ± 5 °C
Průtočný objem odběrová Venturiho trubice: 6 m³/min
Další příslušenství: Odstředivka pro odstranění pevných částic, vestavěný výměník tepla, ochrana proti přeplnění sběrných vaků

Jednotka plnění vaků slouží k shromažďování vzorků zředěných spalin a vzorku ředícího vzduchu pro pozdější analýzu. Jednotka plnění vaků má následující parametry:

Rozměry: 570 x 710 x 1970 mm
Hmotnost: 150 kg
Napájení: 230 V/50 Hz

Jednotka plnění vaků je doplněna čerpadlovou sadou sloužící pro odebrání vzorku ředěných spalin. Skládá se ze vzduchového čerpadla, čerpadla pro vyprázdnění vaků a čerpadla pro proplachování vaků okolním vzduchem. Jednotka se skládá z 9 kusů vaků, 3 pro spaliny benzínových motorů, 3 pro spaliny vznětových motorů, 3 pro vzorky ředícího vzduchu.

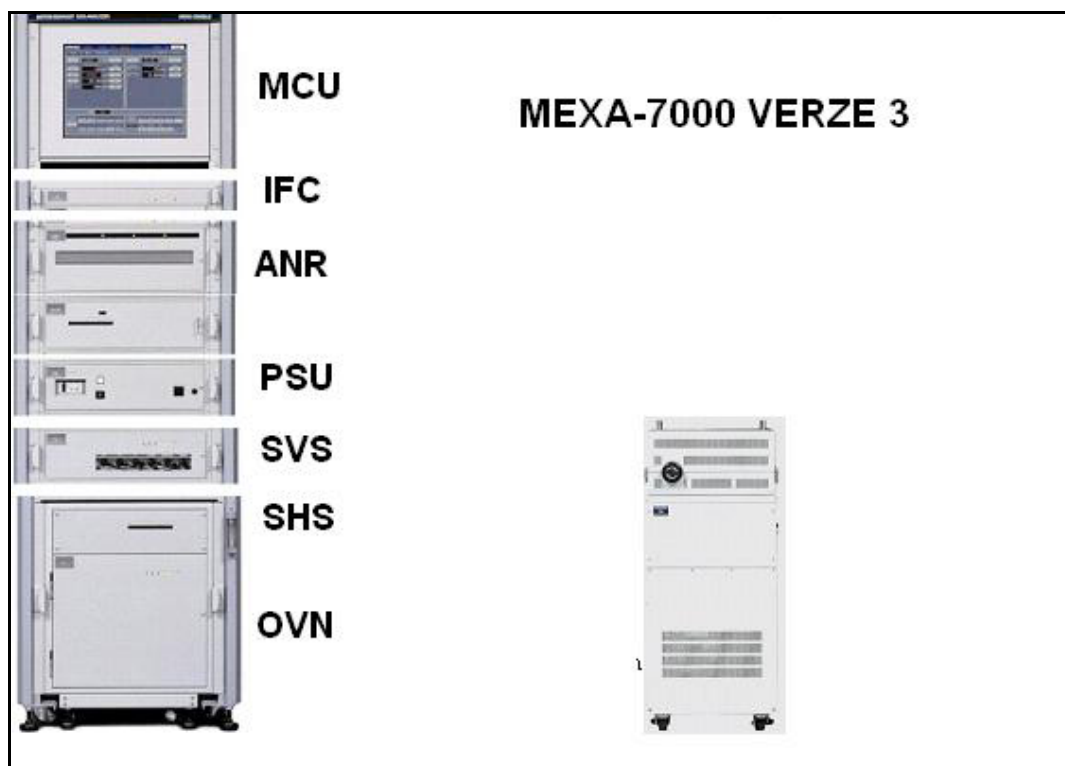
Turbokompresor slouží k zajištění proudění zředěných spalin systémem odběru vzorků. Dle verze je možná montáž na podlahu, či strop zkušební laboratoře. Maximální průtok je volen podle maximálního možného průtoku CVS systémem. Kompresor disponuje následující parametry:

Rozměry: 680 x 1100 x 1700 mm
Hmotnost: 300 kg
Napájení: 400 V/50 Hz
Maximální průtok: 32 m³/min

Sonda HC slouží pro odběr vzorku ze spalin vznětových motorů, vyhřívaná příruba pro montáž do ředícího tunelu typu DLT-18.

Sonda pevných částic slouží pro odběr vzorku spalin vznětových motorů, příruba pro montáž do ředícího tunelu DLT-18.

5.3.2 Systém analýzy výfukových plynů model MEXA-7000 Version 3 – varianta 7200D



Obr. 18 Analyzátorový systém MEXA-7000 Version 3 – varianta 7200D

Analyzátor MEXA-7000 Version 3

Zahrnuje až 10 samostatných analyzátorových jednotek v kompaktní skříní pro měření následujících sloučenin: THC, CO, CO₂, O₂, NO/NO_x, HC, SO₂, CH₄ a EGR-CO₂ v širokém dynamickém rozsahu [12].

Vlastnosti analyzátoru Mexa-7000 Version 3:

- Modulové uspořádání poskytující volitelnou konfiguraci systému.
- Kompaktní uspořádání vhodné i do malých zkušebních komor.
- Analyzátor požaduje pouze malý objem vzorků, 9 až 13 l/min pro studené systémy měření a 11 až 15 l/min pro vyhřívané systémy, což minimalizuje objem užívaných plynů a minimalizuje provozní náklady.
- Analyzátor disponuje rychlou odezvou při měření koncentrace vzorku plynu (Td +T90 je 5 sekund a lepší s 5 m měřicí trubicou)

- Široký dynamický rozsah analyzátoru umožňuje měření v jednom úzkém rozsahu se vysokou přesností a není třeba ručního přepínání rozsahu.
- Velký výběr analyzátorů NO_x (vakuové/atmosférické, studené/vyhřívané, mokré a suché provedení, přepínatelné mezi mokrým a suchým provedením) pro odlišné požadavky pro měření
- Analyzátory SLE (Super Low Emission) měří s nepřesností menší než 2% tj. 0,1 ppm pro HC, NO_x a CH₄ a 1 ppm pro CO.
- Temperované příslušenství (vyhřívání) pro zkoušení zajišťuje dosažení přesných výsledků a flexibilitu v uspořádání zkušební komory.
- Pokyny a ovládání hlavní řídicí jednotky jsou zadávány pomocí dotykové obrazovky
- Možnost připojení hostitelského počítače pomocí LAN, AK RS-232/LAN
- Analyzátor umožňuje přístup k systému ve třech úrovních zabezpečení.
- Systém umožňuje rozšířit sestavu o další analyzátory a řadu doplňků a příslušenství dle požadavků zadavatele.

Analyzátorový systém MEXA-7200D je složen z následujících modulů:

Hlavní řídicí jednotka MCU (Main Control Unit) slouží pro řízení a ovládání systému analýzy – MEXA a CVS (systému odběru vzorků). Prostřednictvím řídicí jednotky je umožněno ovládání analyzátorů, nastavování jednotlivých funkcí a provádění údržby. MCU slouží také pro sledování a nastavení funkce elektromagnetických ventilů. Grafické uživatelské rozhraní je realizováno pomocí X-Windows. Počítač odpovídá běžným standardům, disponuje 17“ dotykovým displejem [12].

MCU poskytuje standardně následující funkce:

- Funkční časovač – slouží pro nastavování doby trvání jednotlivých operací analyzátoru (kalibrace, měření, proplachování)
- Kontrola účinnosti konvertoru NO_x

Jednotka řízení rozhraní IFC (Interface Controller) zajišťuje komunikaci mezi jednotlivými moduly a MCU. IFC je s řídicí jednotkou spojena a komunikuje sítí LAN, s moduly je propojena pomocí digitálních i analogových signálů.

Stojan analyzátorů ANR (Analyzer Rack) může obsahovat až 5 analyzátorových modulů, přičemž každý je určen pro měření jedné nebo dvou látek. Analyzátory umístěné v ANR jsou studené (nevyhřívané) analyzátory [14].

Analyzátor AIA-721 NDIR slouží pro měření CO o nízké koncentraci, přičemž analyzátor k měření pracuje na principu absorpce infračerveného záření.

Analyzátor disponuje následujícími parametry:

Měřicí rozsahy:	0 – 50 – 5000 ppm, možnost volby devíti pevných rozsahů, nebo jednoho dynamického rozsahu
Doba odezvy:	< 3 s
Linearita:	< 1 % plné výchylky
Šum:	< 0,5 % plné výchylky
Drift:	< 1 % plné výchylky/24 h
Požadovaný průtok:	4 l/min

Analyzátor AIA-722 NDIR (Non-dispersive infrared Absortion) je určen pro zjišťování koncentrace CO₂ a CO při vysoké koncentraci ve vyhodnocovaném vzorku.

Parametry analyzátoru AIA-722 NDIR jsou následující:

Měřicí rozsah CO:	CO..... 0 – 0,5 – 12 obj. %,
Měřicí rozsah CO ₂ :	CO ₂0 – 0,5 – 20 obj. %, s možností volby devíti pevných rozsahů, nebo jednoho dynamického rozsahu
Doba odezvy:	< 1,5 s
Linearita:	< 1 % plné výchylky
Šum:	< 0,5 % plné výchylky
Drift:	< 1 % plné výchylky/24 h
Požadovaný průtok:	2 l/min

Analyzátor CLA-720 slouží pro měření koncentrace NO_x. Analyzátor je založen na principu chemické luminiscence. Analyzátor disponuje následujícími parametry:

Měřicí rozsahy:	0 – 10 – 10000 ppm, možnost volby devíti pevných rozsahů, nebo jednoho dynamického rozsahu
Doba odezvy:	< 1,5 s
Linearita:	< 1 % plné výchylky
Šum:	< 0,5 % plné výchylky
Drift:	< 1 % plné výchylky/24 h
Požadovaný průtok:	0,5 l/min

Jednotka elektromagnetických ventilů SVC (Solenoid Valve Selector) slouží k nasměrování kalibračních a operačních plynů do různých jednotek. Kalibrační plyny jsou na vstupu filtrovány z důvodu zamezení průniku pevných částic do ventilů.

Systém zpracování vzorku SHS (Sampler Handling System) slouží k úpravě vzorku, odstraňování vlhkosti a nasměrování k příslušnému analyzátoru.

Napájecí jednotka PSU (Power Suply Unit) je určena pro napájení ANR stojanu analyzátorů a modulů dle požadavků na jednotlivá zařízení.

Vyhříváný systém OVN (Heated Oven) slouží pro přípravu a dopravu vzorků do analyzátoru HC. Systém je možno napojit maximálně na dvě vyhřívané cesty, volba je provedena pomocí vzduchových ventilů. Vyhříváný systém OVN může obsahovat maximálně tři vyhřívané analyzátory.



Obr. 19 Vyhříváný systém OVN pro analyzátory HC, NO_x, CH₄

Analyzátor FIA-725A jedná se o vyhřívaný plameno-ionizační detektor sloužící k měření koncentrace HC. Umístěný je v systému OVN [14]. Analyzátor disponuje následujícími parametry:

Měřicí rozsahy:	0 – 10 – 50000 ppm, možnost volby z devíti pevných rozsahů, nebo jednoho dynamického rozsahu
Doba odezvy:	< 1,5 s
Linearita:	< 1 % plné výchylky
Šum:	< 0,5 % plné výchylky
Drift:	< 1 % plné výchylky/24 h
Požadovaný průtok:	0,5 l/min

Sběrač pevných částic Horiba DLS-7100 slouží ke gravimetrickému stanovení koncentrace pevných částic ve výfukových plynech vznětových motorů. Systém odběru vzorků obsahuje tři filtrovací jednotky, ze které je možné vyhodnocovat až tři měřicí cykly.

Systém sběru dat VETS-7000 je počítačový zkušební systém řídící celý proces, analýzu výfukových plynů a zpracování výsledků emisních testů. VETS-7000 spolupracuje se systémem CVS odběru vzorků, analyzátory, přičemž zahrnuje též jednotku pro sběr dat ze zkušebního dynamometru, měření teploty a atmosférického tlaku, vlhkosti, aj

Výrobce analyzátorového systému Mexa-7000 verze 3 – HORIBA, nabízí díky modulovému systému řadu variant lišící se svou konfigurací pro rozdílné aplikace měření. Výrobce nabízí 6 základních modelů, které se dále rozdělují na řadu variant, které se odlišují prováděným druhem emisní zkoušky (měřeného plynu, částic,...) a použitelností pro splnění příslušné emisní normy.

5.4 Klimatická komora HORIBA pro zkoušku za nízkých teplot

Klimatická komora slouží ke temperování vozidla v průběhu zkoušky typu VI - ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku za nízké teploty okolí po studeném startu motoru vozidla. Komora se také uplatní pro testování vozidel v řadě dalších zkoušek.



Obr. 20 Systém klimatické komory HORIBA

Klimatická komora Horiba umožňuje provádět zkoušky ověření průměrných emisí různých znečišťujících sloučenin za nízké teploty okolí po studeném startu a další zkoušky, u kterých je požadována simulace teplotních podmínek prostředí. Pro tento účel slouží separátní jednotky pro ohřívání, chlazení a simulace vzdušné vlhkosti při volbě kompletního vybavení klimatické komory. Systém komory umožňuje klimatizovat vzduch stálou dodávkou o objemu 3200 m³. Regulační rozsah teploty je od -15 °C do +50 °C s tolerancí teploty +/- 1 °C.

6. Uspořádání pracovišť měření emisí

Blokové schéma možného uspořádání pracoviště pro měření emisí s aparaturou firmy AVL je uvedeno v **Příloze č. 1**. Schéma pro uspořádání zařízení měřícího pracoviště od firmy HORIBA je uvedeno v **Příloze č. 2**. Označení hlavních zařízení je popsáno ve schématu nebo je zřejmé ze zobrazení.

7. Závěr

V úvodní části diplomové práce je nastíněna problematika měření emisí motorových vozidel, kde je uveden přehled škodlivých sloučenin ve výfukových plynech a některá opatření, pomocí kterých se dosahuje snížení emisí vozidel a to jak samotnou konstrukcí motoru, tak i dalšími dodatečnými technickými prostředky. V následující kapitole je uveden přehled evropských emisních norem, základní limity znečišťujících látek a zhodnoceny trendy vývoje, které vyplývají z opatření navržených a postupně zaváděných v rámci evropské strategie snižování emisí. Tyto zpřísnující požadavky jsou kladeny na jednotlivé kategorie vozidel a to zaváděním emisních limitů, stanovením požadavků na paliva, společně s prognózou nákladů a dalších budoucích dopadů pro životní prostředí i technické aspekty realizace (motory vyšší energetickou účinností, zavádění alternativních paliv aj.).

Pro proces schvalování vozidla podle předpisu EHK 83 tj. podle předpisu „Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo evropské emisní zkoušky EHK 83“ je v této kapitole uveden přehled a kategorizace homologačních zkoušek, zejména pro vozidla z kategorie osobních a lehkých užitkových. V kapitole 3.1 je uvedena metodika provádění homologačních emisních zkoušek typu I. a typu VI., kde jsou kromě způsobu provádění jízdních cyklů, uvedeny podmínky kladené na postup měření, na aparaturu analyzátoru, dynamometru, přípravu vozidla před měřením aj.

V kapitole 4 je proveden výběr dynamometru a aparatury analyzátorů, zkušební komora a další aparatury a příslušenství, které je dodáváno a zajišťováno firmou AVL. Je zde uvedena aparatura nezbytná pro provádění zkoušky typu I. a VI., přičemž může být využita pro provádění dalších zkoušek nebo v rámci výzkumné činnosti. Jako alternativní možnost lze realizovat zařízení zkušební pro výše uvedené zkoušky pomocí systémů a zařízení dodávaných firmou HORIBA.

Pomocí zařízení AVL a HORIBA lze provádět homologační emisní zkoušky dle aktuálních požadavků směrnice EHK 83, zejména pro zkoušku typu I. a typu VI, přičemž je nutné splnit požadavky pro instalaci zařízení, tak aby předávací parametry stavby (např. prostor pro šasi dynamometru, aj.) vyhovoval zástavbě. Pro instalaci

měřících a zkušebních aparatur je nutné také zajistit rozvody elektřiny, vody, tlakového vzduchu, měřících plynů, klimatizace, PC sítí a případné další příslušenství.

Ve dvou hlavních kapitolách je uveden návrh a stručný popis zařízení a aparatur, které jsou zapotřebí k provádění emisních zkoušek. Kladen je požadavek zejména na zkoušku typu I. tj. emise z výfuku po studeném startu motoru a zkoušku typu VI., u které se provádí ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku za nízké teploty okolí po studeném startu motoru vozidla. V prvním případě je uváděno zařízení od výrobce AVL a další části jsou uváděny produkty firmy HORIBA. Schématické znázornění možné zástavby zařízení je uvedeno v Příloze č. 1 a Příloze č. 2. Pro praktickou realizaci měřicí stanice je zapotřebí koordinace veškerých stavebně-technických aspektů, požadavků investora, časovou koordinaci zástavky měřících aparatur až po zprovoznění zařízení a zaškolení obsluhy.

Pro realizaci projektu homologační měřicí stanice jsou přijatelné obě varianty zařízení a to jak od výrobce firmy AVL, tak firmy Horiba, kteří mají v tomto oboru značné zkušenosti. V přípravné fázi před zamýšlenou realizací projektu je třeba jednat s oběma možnými dodavateli a posoudit přednosti jejich nabídek. Jedná se především cenovou nabídku, servis a podporu výrobce po dobu provozování zařízení a další možné aspekty.

Seznam zkratek a symbolů

<i>Symbol</i>	<i>Význam</i>	<i>Jednotky</i>
IGBT	Bipolární tranzistor s izolovaným hradlem (Insulated Gate Bipolar Transistor IGBT) Je druh tranzistorů pro velký rozsah spínaných výkonů a vysokou pulsní frekvencí	[-]
Tedlar	Polyvinyl fluoride (PVF) nebo $-(CH_2CHF)_n$	[-]
EPA SFTP	Enviromental protection Agency / Supplemental Federal Test Procedure	[-]
THC	Nespálené uhlovodíky	[-]
ETC	Evropská zkouška s neustáleným cyklem	[-]
FID	Plamenoionizační detektor	[]
ppm	1/1000 000 tj. 10 000 ppm = 1%	[]

Seznam příloh

- Příloha č. 1 – Schéma uspořádání pracovišť zařízením AVL
- Příloha č. 2 – Schéma uspořádání pracovišť zařízením HORIBA
- Příloha č. 3 – Přípravná stabilizace jízdního cyklu, část 1 a část 2, příloha normy EHK 83 [8]
- Příloha č. 4 CD-ROM – diplomová práce, přílohy

Seznam tabulek a obrázků

OBR. 1 ZÁVISLOST HLAVNÍCH ŠKODLIVIN NA SOUČINITELI PŘEBÝTKU VZDUCHU LAMBDA U ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ [5]	15
OBR. 2 ZÁVISLOST HLAVNÍCH ŠKODLIVIN NA SOUČINITELI PŘEBÝTKU VZDUCHU LAMBDA U VZNĚTOVÝCH MOTORŮ [5]	16
OBR. 3 PRŮBĚH VÝVOJE LIMITŮ OBSAHU SLOŽEK CO, HC, NO _x , HC+NO _x PRO NORMY EURO 1 AŽ EURO 4	26
OBR. 4 VÝVOJ EMISNÍCH LIMITŮ NO _x A PEVNÝCH ČÁSTIC PM PRO ZÁŽEHOVÉ MOTORY	27
OBR. 5 VÝVOJ EMISNÍCH LIMITŮ NO _x A PEVNÝCH ČÁSTIC PM PRO VZNĚTOVÉ MOTORY	27
TAB. 1 EVROPSKÉ EMISNÍ NORMY PRO OSOBNÍ VOZIDLA M ₁	30
TAB. 2 EVROPSKÉ EMISNÍ NORMY PRO LEHKÁ UŽITKOVÁ VOZIDLA M ₁	31
TAB. 3 EVROPSKÉ MEZNÍ LIMITY OBD	33
TAB. 4 PRŮMĚRNÉ NÁKLADY NA AUTOMOBIL SE VZNĚTOVÝM MOTOREM [7]	35
TAB. 5 ROZDĚLENÍ ZKOUŠEK PRO SCHVÁLENÍ TYPU A ROZŠÍŘENÍ SCHVÁLENÍ TYPU	39
OBR. 6 PRŮBĚH JÍZDNÍHO CYKLU ZKOUŠKY TYPU I [10]	40
OBR. 7 POSTUPOVÝ DIAGRAM ZKOUŠKY TYPU I PRO SCHVÁLENÍ TYPU VOZIDLA	42
OBR. 8 PRŮBĚH ZKOUŠKY TYPU VI	46
OBR. 9 POSTUP ZKOUŠKY TYPU VI PŘI NÍZKÉ TEPLOTĚ OKOLÍ [8]	47
OBR. 10 VÁLCOVÁ ZKUŠEBNÍ STANICE AVL 48“ COMPACT 2WD PROVEDENÍ PRO POUŽITÍ V KLIMATICKÉ KOMOŘE	52
OBR. 11 ŠASI A MECHANICKÁ ČÁST ZKUŠEBNÍ STANICE AVL 48“ COMPACT 2WD	53
OBR. 12 ROZSAH ZAŘÍZENÍ PŘÍSLUŠEJÍCÍ K VÁLCOVÉ ZKUŠEBNÍ STANICI AVL 48“ COMPACT 2WD	54
OBR. 13 USPOŘÁDÁNÍ KLIMATICKÉ KOMORY AVL	70
OBR. 14 KONTEJNER PRO KONDICIOVÁNÍ VOZIDLA	70
OBR. 15 USPOŘÁDÁNÍ SYSTÉMU MĚŘENÍ EMISÍ HORIBA CDTCS-5000	71
OBR. 16 VOZIDLOVÝ DYNAMOMETR 4WD ECDM 48 L	73
OBR. 17 APARATURA HORIBA CVS-7400 S PRO ODBĚR VZORKŮ	75
OBR. 18 ANALYZÁTOROVÝ SYSTÉM MEXA-7000 VERSION 3 – VARIANTA 7200D	77
OBR. 19 VYHŘÍVANÝ SYSTÉM OVN PRO ANALYZÁTORY HC, NO _x , CH ₄	80
OBR. 20 SYSTÉM KLIMATICKÉ KOMORY HORIBA	82

Použitá literatura

- [1] Kohoutek J., Holoubek I.: Vývoj složení emisí z automobilové dopravy v závislosti na technickém pokroku v konstrukci vozidel. TOCOEN REPORT No. 116, TOCOEN s.r.o. Brno, červenec 1996, 21 s.
- [2] VLK, F.: Příslušenství vozidlových motorů. Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2002, 338 s., ISBN 80-238-8755-6
- [3] Zdroj: Euro 5 and 6 will reduce emissions from cars, Rapid MEMO/06/409
<http://europa.eu/rapid/setLanguage.do?language=en> [23.11.2008]
- [4] Questions and answers on the EU strategy to reduce CO₂ emissions from cars, MEMO/07/46, <http://europa.eu/rapid/setLanguage.do?language=en> [23.11.2008]
- [5] Měření emisí motorů.: www.sweb.cz/autoeco/emise.htm [23.11.2008]
- [6] Wikipedia.: <http://wikipedia.org/> [23.11.2008]
- [7] Hodnocení dopadu Euro 5.: (SEC (2005) 1745), www.datis.cd rail.cz/edice/ [23.11.2008]
- [8] Oprava předpisu Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 83 — Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:070:0171:0354:CS:PDF> [23.11.2008]
- [9] DieselNet.: Emission Standards / Cars and Light Trucks.
<http://www.dieseln et.com/standards/eu/ld.php> [23.11.2008]
- [10] AVL.: EMISSION REPORT POLLUTANT/ Products and Services.
<http://www.avl.com> [23.11.2008]
- [11] HORIBA.: Global Automotive Test Systems. <http://www.ats.horiba.com/> [23.11.2008]
- [12] HORIBA.: Emission Measurement Systems, MEXA-7000 Version 3.
<http://www.ats.horiba.com/mexa7000-version3.html> [23.11.2008]
- [13] Petrol.CZ.: Alternativa budoucnosti, <http://www.petrol.cz/alternativa/> [23.11.2008]
- [14] Studijní materiály a přednášky z předmětu Zkoušení motorových vozidel.:
doc. Ing. Milan Graja, CSc.

Poděkování

Závěrem diplomové práce bych chtěl poděkovat vedoucímu práce panu doc. Ing. Milanu Grajovi, CSc. za ochotnou pomoc, cenné rady a připomínky při vypracovávání této práce.

ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Pracoviště pro měření emisí silničních motorových vozidel
Autor práce	Bc. Jaroslav Andrés
Obor	Dopravní prostředky – SV
Rok obhajoby	2009
Vedoucí práce	doc. Ing. Milan Graja, CSc.
Anotace	Tato práce se zabývá problematikou měření emisí silničních motorových vozidel pro výzkumné a homologační účely a návrhem zařízení pro výzkumnou měřicí stanici.
Klíčová slova	Motorová vozidla, emise, homologační zkoušky, výfukové plyny, emisní normy, měření emisí, zkušebna