

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování



Emisní normy v nákladní silniční dopravě a jejich význam

pro životní prostředí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Bakalant: Hana Přikrylová

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hana Přikrylová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Emisní normy v nákladní silniční dopravě a jejich význam pro životní prostředí

Název anglicky

Emission standards in road freight transport and their importance for the environment

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popsat a rozebrat jednotlivé emisní normy a zhodnotit jejich význam pro životní prostředí. Práce se dotkne i nové emisní normy Euro VII a jak její příchod může do budoucna ovlivnit nákladní silniční dopravu, z hlediska technického i ekonomického. Dále bude řešen význam AdBlue a jeho vliv na snižování emisí.

Metodika

V teoretické části bude zpracována literární rešerše na stanovené cíle za použití odborné literatury a dostupných zdrojů. V části analytické bude realizována návštěva stanice měření emisí a následně zjištěná data zpracována. Bude také proveden průzkum, jak emisní normy ovlivňují provozní činnost vybraného dopravce.

Oficiální dokument * Česká zemědělská univerzita v Praze * Kamýčká 129, 165 00 Praha - Suchbát

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

emisní normy, nákladní silniční doprava, Euro VII, AdBlue

Doporučené zdroje informací

ČUMPELÍK J. 2007: Snižování emisí ve výfukových plynech. MM Průmyslové spektrum, 10.
HOSPODÁŘSKÁ KOMORA ČR 2020: Evropské emisní normy pro vozidla – Euro 7 pro osobní automobily, dodávky, nákladní automobily a autobusy [pdf].
JANČÁŘOVÁ I., HANÁK J. a kol: Auta, auta, auta... a životní prostředí. Brno: Masarykova univerzita, 2019. ISBN 978-80-210-9408-6 (brož.), 978-80-210-9409-3 (online).
MINISTERSTVO DOPRAVY ČR 2019: Označení emisních předpisů (směrnic, nařízení) a data platnosti.
NÁHLÍK T. 2015: Emisní normy pro motorová vozidla a měření emisí. Energetický ústav VUT v Brně.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Emisní normy v nákladní silniční dopravě a jejich význam pro životní prostředí“ vypracovala samostatně pod vedením doc. Mgr. Marka Vacha, PhD. a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla v seznamu zdrojů. Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to bez ohledu na výsledek obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souladu s GDPR.

V Praze dne.....

.....

Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za jeho ochotu, vstřícnost a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Ráda bych touto cestou poděkovala také všem svým blízkým za podporu během celého studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá jednotlivými emisními normami Euro pro těžká nákladní vozidla a hodnotí jejich význam pro životní prostředí. Dále jsou popsány způsoby a technologie, kterými se snižování emisí u vznětových motorů dosahuje, především pak systém SCR (selektivní katalytické redukce). Je zde uvedena také připravovaná emisní norma Euro VII, a jak by její příchod mohl do budoucna ovlivnit nákladní silniční dopravu. Práce se rovněž zaměřuje na emisní normy oxidu uhličitého (CO₂) u nákladních vozidel a jaké existují možnosti v rámci jeho redukce. Jsou zde rozebrány také alternativní systémy pohonů, které se stávají s postupně zpřísnujícími se normami a stanovenými ekologickými cíli, čím dál aktuálnějšími tématem. V analytické části spolu byly srovnány konkrétní nákladní vozidla emisních kategorií Euro V a Euro VI, a byl realizován rozhovor s dopravcem, který poskytuje informace o vlivu environmentálních nástrojů na reálnou provozní činnost.

Klíčová slova: Euro normy, nákladní vozidla, SCR, Euro VII, oxid uhličitý

Abstract

This bachelor thesis deals with individual euro emission standards for heavy-duty vehicles and evaluates their significance for the environment. It also describes methods for reducing emissions in diesel engines, in particular the SCR system (selective catalytic reduction). The work also introduces the upcoming Euro VII emission standard and how its appearance may affect road freight transport in the future. The attention is also paid to carbon dioxide emission standards for trucks and what are the possibilities for his reduction. Alternative drive systems are also discussed here - they are becoming increasingly topical because of gradually tightening standards and set ecological targets. The analytical part compared specific trucks with emission categories Euro V and Euro VI, and interviewed a real carrier who provided information on the impact of environmental instruments on operations for this work.

Key words: Euro standards, trucks, SCR, Euro VII, carbon dioxide

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	3
3. Metodika	3
1. Emise z výfukových plynů motorových vozidel.....	4
1.1 Oxid uhličitý (CO ₂).....	5
1.2 Oxid dusný (N ₂ O)	5
1.3 Oxid uhelnatý (CO).....	5
1.4 Oxidy dusíku (NO _x)	5
1.5 Uhlovodíky (HC)	6
1.6 Pevné částice (PM).....	6
1.7 Oxid siřičitý (SO ₂) a kovy	7
1.8 Další složky výfukových plynů.....	7
1.9 Faktory ovlivňující tvorbu emisí	7
2. Emisní normy Euro	8
2.1 Euro normy pro těžká silniční vozidla	9
2.2 Euro I a II	10
2.3 Euro III.....	10
2.4 Euro IV	11
2.5 Euro V	11
2.6 Euro VI.....	11
3. Způsoby snižování emisí vznětových motorů.....	12
3.1 Oxidační katalyzátor (DOC)	12
3.2 Filtr pevných částic (DPF)	13
3.3 Recirkulace výfukových plynů (EGR).....	13
3.4 Selektivní katalytická redukce (SCR)	14
3.5 Srovnání systému EGR a SCR.....	16

3.6 Výsledky snižování emisí	17
4. Měření emisí.....	18
5. Euro VII	19
6. Emisní normy CO ₂	20
6.1 Konkrétní aplikace	22
6.2 Způsoby snižování emisí CO ₂	23
6.2.1 Program VECTO.....	24
7. Alternativní systémy pohonu	24
7.1 Pohon na zemní plyn (CNG, LNG).....	24
7.1.1 LNG	25
7.2 Elektrické pohony	26
7.3 Vodíkový pohon.....	29
8. Srovnání nákladních vozidel Euro V a Euro VI.....	34
8.1 Příklad Euro V.....	34
8.2 Příklad Euro VI	36
9. Environmentální nástroje z pohledu dopravce.....	37
10. Diskuse.....	39
11. Závěr	41
Seznam zdrojů.....	43
Seznam použité grafiky	48
Přílohy	50

1. Úvod

Doprava představuje jeden ze základních pilířů ekonomického rozvoje v současném pojetí společnosti i průmyslu. Z pohledu dopravní politiky je poukazováno na výrazné vzájemné propojení dopravy a ekonomiky, kdy kromě samotných dopravních výkonů generuje doprava další efekty, a to například formou zaměstnanosti v ostatních navazujících oborech. Z toho můžeme vyvodit, že rozvoj ekonomiky je v podstatě podmíněn nárůstem výkonů v dopravě a naopak. (Drahotský, 2008)

Kromě pozitivních dopadů však s sebou doprava nese i negativní efekty. Silniční doprava představuje jeden z hlavních zdrojů znečištění ovzduší. Z těchto důvodů byly zavedeny emisní normy, které začaly řešit eliminaci exhalací výfukových plynů, ať už těch, které zhoršují kvalitu životního prostředí či mají nepříznivý vliv na zdraví. Tyto normy stanovují limitní hodnoty konkrétních skupin látek a v průběhu let se postupně zpříšňovaly za účelem zajistit co nejmenší emisní zátěž vozidel.

V této práci se zaměříme na regulace emisí konkrétně u těžkých nákladních vozidel. Ty jsou představovány jednak tzv. normami Euro a dále pak emisními normami regulující množství emitovaného oxidu uhličitého, v poslední době proklamovaného skleníkového plynu, které byly přijaty teprve nedávno. Uvedeme si přínosy jednotlivých regulací pro životní prostředí (a zároveň i případné praktické nevýhody s tím spojené) a techniky, kterými se daných cílů dosahuje.

Evropská unie usiluje o to stát se do roku 2050 emisně neutrální. To se přirozeně velmi odráží i na odvětví nákladní dopravy. Udává se, že připravované nejnovější euro normy (Euro VII), v kombinaci s emisními normami CO₂, by z důvodu své přísnosti znamenaly konec spalovacích motorů. Zaměříme se na to, jak by bylo možné s touto skutečností naložit v oblasti nákladní silniční dopravy a jaké alternativy za vznětový motor by připadaly v úvahu. Daná situace je v případě nákladních vozidel, u kterých je s ohledem k povaze jejich určení, očekáván co největší výkon a dojezd, komplikovanější než např. u osobních automobilů.

Autorčino zaměření právě na kategorii nákladních vozidel je dáno jednak rozšířenou, někdy až neopodstatněnou, kritikou nákladních automobilů, ať už ze strany veřejnosti či výkonných orgánů a také proto, že většina studií zabývajících se tématem emisních norem a vlivu silniční dopravy na životní prostředí, je zaměřena povětšinou na osobní automobily a lehká užitková vozidla. Tato bakalářská práce by tak mohla napomoci k ucelenému pochopení problematiky nákladní silniční dopravy, a to nejen jako prostředku s nepříznivými vlivy na životní prostředí, jež mají emisní normy potenciál co nejvíce eliminovat, ale i jako nezbytného nástroje k fungování průmyslu, ekonomiky a v neposlední řadě přispívajícího k blahobytu lidí.

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je popis a rozbor jednotlivých emisních norem Euro pro nákladní silniční vozidla a zhodnocení jejich významu pro životní prostředí. Dále zde budou popsány způsoby snižování emisí u vznětových motorů, především se zaměřením na systém SCR (selektivní katalytické redukce) a s ním spojený význam AdBlue. V práci bude zmíněna i připravovaná emisní norma Euro VII a řešeno, jak by její příchod mohl do budoucna ovlivnit nákladní silniční dopravu. Práce se dotkne rovněž emisí oxidu uhličitého, jehož redukce není zahrnuta v euro normách a jakými strategiemi a nástroji je jeho snižování v rámci Evropské unie řešeno. Zahrnuto je také srovnání nákladních vozidel emisních tříd Euro V a Euro VI a pohled dopravce, který nastíní dopad environmentálních nařízení, ať už z hlediska technického či ekonomického.

3. Metodika

V první části byla provedena rešerše z dostupných zdrojů a informací na dílčí témata související s emisními normami v nákladní silniční dopravě.

Ve druhé, analytické části, bylo provedeno srovnání hodnot při měření emisí dvou konkrétních nákladních vozidel emisních kategorií:

- Euro V, se systémem EGR
- Euro VI, se systémem SCR

Data byla získána ze stanice měření emisí (SME) v Mariánských Lázních a z SME v Praze a následně zpracována pro účely bakalářské práce.

Dále byl realizován rozhovor s představitelem menší dopravní společnosti za účelem zjištění, jak emisní normy a environmentální nástroje v nákladní silniční dopravě obecně, ovlivňují provozní činnost dopravce.

1. Emise z výfukových plynů motorových vozidel

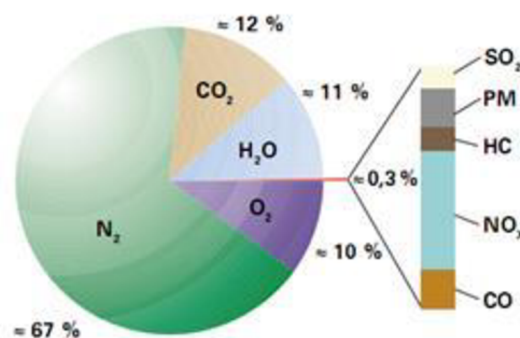
Za nejvýznamnější nepříznivý vliv automobilové dopravy lze považovat znečištění ovzduší a produkci skleníkových plynů. Zatímco produkce oxidu uhličitého (CO_2) přispívá ke zhoršování problému globálního oteplování, zvýšené koncentrace oxidů dusíku (NO_x), těkavých organických látek (VOC) a pevných částic (PM) v ovzduší působí negativně na zdraví člověka. (ČHMÚ, ©2004)

Z hlediska účinku na lidské zdraví jsou velkým rizikem emise suspendovaných částic PM (především se jedná o částice frakce PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$). Ačkoliv doprava není nejvýznamnějším zdrojem těchto emisí (mezi hlavní zdroje emisí PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ patřil v roce 2016 sektor lokálního vytápění domácností), její podíl na celkovém znečištění je přesto významný. Při dopravě jsou produkovány emise PM především v důsledku spalování paliv ve vznětových motorech, otěrů pneumatik a brzd a abraze vozovky. (Skeřil, 2017)

Dělení emisí: (VŠCHT, ©2014)

- produkty dokonalého spalování uhlovodíkových paliv
 - $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- nedokonalé spalování + vysokoteplotní oxidace vzdušného dusíku
 - CO, organické látky, částice (PM), NO_x
- přímo limitované složky (základní emise)
 - výrobci mají povinnost zajistit, aby vozidla splňovala emisní limity CO, HC, NO_x , a PM
- nepřímo limitované složky emisí
 - emise SO_2 , těžké kovy

Procentuální podíl jednotlivých složek výfukových plynů můžeme vidět na obr. 1.



Obr. 1: Složení výfukových plynů vznětových motorů (Stejskalík, 2012)

1.1 Oxid uhličitý (CO₂)

Oxid uhličitý (CO₂) je produktem dokonalého spalování uhlovodíkových paliv. Je to bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu, těžší než vzduch. Jedná se o skleníkový plyn s GWP = 1 (Global Warming Potential). Potenciál globálního oteplování udává, kolik infračerveného záření (tepla) v atmosféře je schopen pohltit daný skleníkový plyn v porovnání s oxidem uhličitým, v určitém časovém horizontu. Vyjadřuje se tedy jako činitel oxidu uhličitého, jehož GWP je standardizován na 1. (EIA, ©2010) Jeho emitované množství lze u spalovacích motorů snížit pouze množstvím spalovaného paliva, tedy snížením spotřeby. (Sajdl, 2012)

1.2 Oxid dusný (N₂O)

Oxid dusný (N₂O) je bezbarvý plyn, nasládlé chuti a vůně. Vzniká reakcí vzdušného dusíku N₂ se vzdušným kyslíkem O₂. V atmosféře má dlouhou životnost a ve stratosféře dochází fotochemickými reakcemi k jeho přeměně na oxid dusnatý NO. N₂O se podílí na existenci skleníkového efektu, který je u tohoto plynu 310× větší než u CO₂. Produkce N₂O z dopravy je však, na rozdíl od CO₂, řádově podstatně nižší.

1.3 Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý (CO) je toxický plyn, bez barvy a zápachu, lehčí než vzduch. Je produktem nedokonalého spalování uhlovodíků (za nedostatečného přístupu vzduchu). V atmosféře pak dochází k jeho oxidaci na oxid uhličitý CO₂.

Mezi zdravotní rizika spojené s oxidem uhelnatým řadíme blokaci okysličení krve v plicích (tvorba karboxyhemoglobinu), poruchy srdce, mozku, zrakové a sluchové potíže. (Adamec a kol., 2005)

1.4 Oxidy dusíku (NO_x)

Ve spalinách jsou oxidy dusíku (NO_x) myšleny oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO₂). Oxid dusnatý je produktem oxidace vzdušného dusíku N₂ při spalování za vysokých teplot. NO sám o sobě není jedovatý, v atmosféře však dochází k oxidaci na NO₂, což je toxický, oranžovo-hnědý plyn, štiplavého zápachu. Má dráždivé účinky a může způsobovat mírné až těžké záněty průdušek či plic.

NO_x se aktivně podílejí na tvorbě fotochemického smogu a přízemního ozonu. Reakcí s vodou mohou tvořit kyselinu dusičnou, podílející se na vzniku kyselých dešťových srážek. (ČHMÚ, ©2004)

1.5 Uhlovodíky (HC)

Jedná se o souhrnné označení organických produktů nedokonalého spalování, neboli nespálené uhlovodíky. (VŠCHT, ©2014)

Těkavé organické látky (VOC) – řada organických látek s nízkým bodem varu (benzen, toluen, xyleny, olefiny, dieny atd.). Nejvýznamnějším zdrojem jsou výfukové plyny a odpařování pohonných hmot z automobilů. Patří k prekurzorům fotochemického smogu a některé z látek mají negativní vliv na zdraví člověka.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) – směs organických látek, jejichž molekuly jsou tvořeny dvěma nebo více kondenzovanými benzenovými jádry. V ovzduší se vyskytuje řada jejich derivátů (halogen-, sulfo-, amino-, a nitro-deriváty). Kromě vzniku během nedokonalého spalování paliv, mohou být i součástí povrchu vozovky, odkud se do ovzduší uvolňují obrusem. Mnohé sloučeniny z této skupiny mají prokazatelné mutagenní a karcinogenní účinky (např. benzo(a)pyren, nitro- PAU). (Perry a kol., 1994)

1.6 Pevné částice (PM)

PM (Particulate Matter) jsou suspendované (prachové) částice skládající se z uhlíkatého jádra a kondenzovaných toxických látek na povrchu, o velikosti od několika nanometrů až po 0,5 mm, které setrvávají po určitou dobu v ovzduší. Nebezpečí závisí na velikosti a tvaru částic a na tom, jaká látka je na tyto pevné částice vázána – např. těžké kovy, PAU. Nejzávažnější zdravotní dopady vykazují částice frakce PM_{2,5}, které se po vdechnutí dostávají do spodní části dýchací soustavy. (Krištín a kol., 1998)

PM₁₀ – hrubé částice prachu o průměru menším nebo rovném 10 mikrometrů. K jejich hlavním zdrojům řadíme prach z vozovek, oděry pneumatik a spalovací procesy.

PM_{2,5} – jemné částice prachu o průměru menším nebo rovném 2,5 mikrometru. Vznikají kondenzací plyných emisí či koagulací menších částic při spalovacích procesech. (Adamec a kol, 2005)

1.7 Oxid siřičitý (SO₂) a kovy

Oxid siřičitý (SO₂) vzniká spalováním motorových paliv obsahujících síru. Je to dráždivý, bezbarvý plyn, štiplavého zápachu. Způsobuje dýchací potíže a zhoršuje plicní funkce. V ovzduší z něj může vznikat kyselina sírová, způsobující okyselování dešťových srážek. (Symon, 1988) Vliv silniční dopravy na množství emisí SO₂ je možno vzhledem k modernizaci vozového parku považovat za již méně významný.

Těžké kovy - příklady

Olovo (Pb) – v minulosti bylo spojeno s přidáváním aditiv pro zvýšení oktanového čísla benzínu, ve formě tetraethylolova. Od roku 2001 se již v evropských zemích nepoužívá. Nyní jsou jeho zdroji pláště pneumatik, kde se používá jako výplňový materiál, mazadla, oleje a částice z opotřebování ložisek

Kadmium (Cd) - používá se jako plnidlo kaučuku při výrobě pneumatik. Do ovzduší se dostává jejich opotřebáváním při jízdě.

Chrom (Cr) - uvolňuje se zejména opotřebením z rotujících částí motoru a z brzdového obložení. Toxické jsou zejména jeho šestimocné sloučeniny. (Vlastníková, 1999)

1.8 Další složky výfukových plynů

Dusík (N₂) – nehořlavý, netoxický plyn, bez barvy a zápachu. Převážná část N₂ se po skončení spalovacího procesu vrací ve výfukových plynech zpět do ovzduší. Malá část může reagovat s kyslíkem O₂ za vzniku NO_x.

Kyslík (O₂) – netoxický plyn, bez barvy a zápachu. Je nezbytný pro proces spalování.

Voda (H₂O) je ve formě vodní páry nasávána spolu se vzduchem. (Sajdl, 2012)

1.9 Faktory ovlivňující tvorbu emisí

V prvé řadě jsou to faktory technického rázu jako je konstrukce, seřízení a kondice motoru, např. způsob a vyspělost řízení palivové směsi či konstrukce spalovacího motoru. Vliv konstrukce motoru na produkci emisí je šestkrát větší než vliv paliva.

Roli pak sehrává i jízdní režim a způsob jízdy (dálniční provoz, časté studené starty, apod.). Dále pak závisí na fyzikálně-chemických vlastnostech a chemickém složení paliva, což má vliv především na složení organických složek emisí. V neposlední řadě ovlivňuje vypouštěné emise dodatečná úprava spalin na výstupu z motoru. (VŠCHT, ©2014) Jednotlivým způsobům snižování emisí se budeme samostatně věnovat v kapitole 3.

2. Emisní normy Euro

Na redukci exhalací výfukových plynů existují dva hlavní přístupy – snížit celkový objem silniční dopravy a limitovat množství vypouštěných emisí u jednotlivých vozidel. Požadavky na emise pro lehká silniční vozidla existují v Evropě od počátku 70. let 20. století a koncem 80. let přišla řada také na těžká nákladní vozidla. První směrnice Evropské unie regulující emise z těžkých vozidel, tedy silničních vozidel těžších než 3,5 tuny, byla přijata v roce 1988 (88/77/EHS). Tento předpis je někdy označován jako Euro 0.

První směrnice Evropské unie s označením EURO byla zavedena v roce 1992. EURO je závazná emisní norma, platná v členských zemích Evropské unie, stanovující limitní hodnoty výfukových exhalací nově na trh uváděných spalovacích motorů. S každou novou generací emisní normy Euro se snižují emisní limity škodlivých látek ve výfukových plynech. Jedná se konkrétně o látky: oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x), uhlovodíky (HC) a pevné částice (PM). Čím vyšší je číslo normy, tím větší je její přísnost – tedy stanovuje nižší limity uvedených látek. Normy udávají také limitní hodnoty kouřivosti motoru (v m⁻¹). (DieselNet, ©2012; IARC, ©2012)

Označení emisních limitů jako „EURO” je v podstatě slangovým výrazem, který se postupně rozšířil i do oficiálních dokumentů; exaktní označení emisních norem je značeno buďto předpisy EHK (součástí OSN) nebo ES/EHS (součástí EU). (Brož a Trnka, 2009)

Normy pro osobní vozidla a lehké užitkové automobily jsou číslovány arabskými číslicemi a emisní limity jsou stanoveny pro vozidla se vznětovými a zážehovými motory zvlášť. Povolené množství emitovaných látek je uváděno v g/km.

Pro těžká nákladní vozidla a autobusy se k číslování norem používají římské číslice a emisní limity jsou zde uváděny v g/kWh – jsou definovány energetickým výkonem motoru, jenž zohledňuje způsob provozu vozidla. (Sajdl, 2015). Právě těmto normám se budeme v této práci věnovat.

2.1 Euro normy pro těžká silniční vozidla

Euro normy pro těžká silniční vozidla stanovují emisní limity jak pro nákladní vozidla, tak autobusy. Nákladními vozidly rozumíme motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a využívají se pro dopravu nákladů. Jsou součástí kategorie vozidel N a člení se dle zákona č. 56/2001 Sb. (Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích) na podkategorie:

N2 – vozidla, jejichž maximální přípustná hmotnost převyšuje 3500 kg a zároveň nepřevyšuje 12 000 kg

N3 – vozidla, jejichž maximální přípustná hmotnost převyšuje 12 000 kg

Jelikož se euro normy pro těžká vozidla vztahují i na autobusy, uvedeme si zde i jejich členění (součást kategorie M).

M2 – vozidla, která mají více než osm míst k přepravě osob a jejichž maximální přípustná hmotnost nepřevyšuje 5000 kg

M3 – vozidla, která mají více než osm míst k přepravě osob a jejichž maximální přípustná hmotnost převyšuje 5000 kg

Emisní normy Euro I - Euro V byly poplatné pro všechna motorová vozidla s maximální technicky přípustnou hmotností nad 3 500 kg – kategorie N2, N3, M2 a M3. Nejnovější a nejpřísnější normou je Euro VI, která již stanovuje limity pouze pro vozidla N3 a M3 (vozidla N2 a M2 jsou od této chvíle zahrnuty do Euro 6 a jejich emisní limity jsou udávány v g/km). S příchodem Euro VI byly normy rozšířeny také na dvoupalivové motory. (IARC, ©2012)

Je nutné však mít na paměti, že v současném evropském provozu se stále pohybují vozidla, která splňují i normy nižší než Euro VI, ty ovšem již neplatí pro homologaci nových vozidel. Podíl těchto vozidel s nižším číslem normy Euro klesá z důvodu jejich stáří. Je snahou tato vozidla postupně vyřadit z provozu, co nejvíce modernizovat vozové parky a omezit tak množství produkovaných emisí v Evropě. (Náhlík, 2015)

Emisní normy pro těžká vozidla byly původně zavedeny směrnicí 88/77/EHS. V roce 2005, tedy s příchodem Euro IV, byly normy přepracovány a konsolidovány směrnicí 05/55/ES. Zavedením norem Euro VI byla legislativa zjednodušena; směrnice, které bylo třeba transponovat do národní legislativy, byly nahrazeny nařízeními, které jsou přímo závazné. (EEA, ©2019)

2.2 Euro I a II

Emisní norma Euro I byla zavedena směrnicí 91/542/EHS a vešla v platnost v roce 1992. Stejná směrnice také stanovila normy pro Euro II, které vstoupily v platnost v roce 1996. Z tabulky 1 je viditelné, že rozdíly mezi limity norem Euro I a II nebyly příliš významné. V rámci těchto norem se u PM tehdy rozlišovaly hodnoty pro vozidla s výkonem motoru menším než 85 kW a větším než 85 kW.

Norma	Platnost	(g/kWh)			(m ⁻¹)	
		CO	HC	NO _x	PM	kouřivost
Euro I	1992	4,5	1,1	8,0	0,62/0,36*	-
Euro II	1996	4,0	1,1	7,0	0,25/0,15*	-
Euro III/EEV	2000/1999	2,1/1,0	0,66/0,25	5,0/2,0	0,10/0,02	0,8
Euro IV	2005	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Euro V	2008	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
Euro VI	2013	1,5	0,13	0,4	0,01	-

* platí pro výkon motoru nad 85 kW

Tabulka 1: Emisní limity Euro pro těžká silniční vozidla, vlastní zpracování

2.3 Euro III

V roce 1999 přijala EU směrnicí 99/96/ES, kterou následně byla zavedena norma Euro III (v roce 2000). V témže roce začalo být rovněž používáno označení EEV (Enhanced environmental friendly vehicle) pro vozidla splňující dobrovolně přísnější emisní limity neboli „vozidla šetrná k životnímu prostředí“. Tato norma náleží emisními limity mezi úroveň Euro V a Euro VI a pro vozidla splňující EEV byla stanovena nižší sazba na zpoplatněných úsecích dálnic. (DieselNet, ©2012) Hodnoty pro EEV jsou uvedeny v tab. 1 ve stejném řádku jako emisní limity Euro III.

Oproti Euro II došlo k nejvýraznějšímu snížení emisních limitů CO a PM a to o polovinu. Z těchto důvodů došlo u tehdejších nových vznětových motorů

k velkému rozmachu oxidačních katalyzátorů. Bylo počítáno také se zavedením speciálních filtrů na pevné částice, nakonec však pro splnění normy postačily běžné (a levnější) otevřené filtry.

2.4 Euro IV

Od roku 2005 začala platit nová emisní norma Euro IV, na základě předpisu 05/55/ES. Z tabulky 1 můžeme vyčíst, že hodnoty emisních limitů pro jednotlivé složky výfukových plynů u normy Euro IV jsou oproti Euro III skoro poloviční. Týká se to zejména emisí oxidů dusíku NO_x a pevných částic PM, kdy se limit NO_x zpřísnil z 5 g/kWh na 3,5 g/kWh a limit pro PM z 0,10 g/kWh na 0,02 g/kWh.

Pro splnění těchto limitů musela být u vozidel provedena optimalizace spalovacího procesu (pomocí recirkulace výfukových plynů EGR). (Náhlík, 2015) Bylo také zapotřebí zavést účinnější filtry pevných částic (DPF). Redukce pevných částic pomocí DPF je u těžkých dieselových vozidel snáze řešitelná, neboť těžší vozidla, na rozdíl od lehkých, mají vyšší teplotu výfukových plynů. Je tak jednodušší dosáhnout dokonalejšího vypalování částic z filtru. (IARC, ©2012) Podrobnější informace k DPF jsou uvedeny v kapitole 3.2.

2.5 Euro V

Euro V vešla v platnost v roce 2008 a byla zavedena též směrnicí 05/55/ES. Norma Euro V se od předchozí Euro IV odlišuje ve svých přísnějších požadavcích na emise NO_x . Pro splnění předepsaných limitů začala být používána nová technologie na snižování emisí NO_x – selektivní katalytická redukce SCR (více v kapitole 3.4).

2.6 Euro VI

Euro VI je v současnosti nejmodernější emisní euro normou. Byla zavedena v roce 2013 a je definována v nařízení 595/2009/EC. Je platná pro všechna nákladní vozidla kategorie N3 a autobusy kat. M3.

Norma Euro VI udává další razantní snížení emisí NO_x . Oproti Euro V se zde emisní limity snížily pětikrát. Limity HC se zpřísnily čtyřikrát a limity PM se dále snížily ještě o polovinu. Pro splnění normy Euro VI musí být již všechna nová těžká nákladní vozidla opatřena katalyzátorem SCR se systémem AdBlue, který eliminuje

produkcí NO_x . Euro VI poprvé stanovuje také limit NH_3 , který vzniká jako meziproduct právě selektivní katalytické redukce. Jedná se o koncentrační limit 10 ppm (10 částic na milion).

S normou Euro VI byla zavedena ještě další nová kategorie při vyhodnocování škodlivých emisí, a to kategorie PN. Jedná se o počet emitovaných částic PM na ujetý kilometr (u nákladních vozidel udáván v kWh^{-1}). (DieselNet, ©2012; Náhlík, 2015) Hodnoty, včetně nově definovaných kategorií, můžeme vidět v tabulce 2.

	NO_x	CO	HC	PM	PN	NH_3
Euro VI	0,4 g/kWh	1,5 g/kWh	0,13 g/kWh	0,01 g/kWh	6×10^{11} /kWh	10 ppm

Tabulka 2: Emisní limity Euro VI, vlastní zpracování

3. Způsoby snižování emisí vznětových motorů

Vznětový motor pracuje v oxidační atmosféře a dochází zde k obrovským změnám teplot. To má za následek produkci velkého objemu spalin. Na rozdíl od zážehových motorů, vznětové motory produkují nižší emise CO a HC, neboť se zde pracuje s přebytkem kyslíku. Nejvíce problematickými složkami spalin vznětových motorů jsou NO_x a PM. (VŠCHT, ©2014)

3.1 Oxidační katalyzátor (DOC)

DOC (Diesel Oxidation Catalyst) má za funkci eliminovat emise CO, plynné HC a HC sorbované na částicích. Dochází zde k oxidaci CO a nespálených uhlovodíků HC na oxid uhličitý CO_2 a vodní páru H_2O . (Malý, 2009)

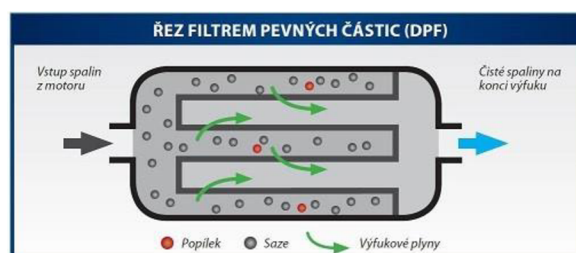
Účinnost při odbourávání CO a HC se pohybuje mezi 60-90 %. Částečně zde dochází i k odbourávání pevných částic (účinnost 25-50 %). Na rozdíl od filtru pevných částic zde dochází pouze k malé tlakové ztrátě, což má tak minimální vliv na provoz vozidla. (VŠCHT, ©2014)

3.2 Filtr pevných částic (DPF)

DPF (Diesel Particulate Filter) je vyroben z karbidu křemíku s kanálky, kde prochází výfukové plyny skrze pórovitou stěnu, ve které jsou pevné částice zachycovány. Polovina kanálků je otevřená na vstupu a uzavřená na výstupu a druhá polovina zase obráceně. Výfukové plyny tedy mohou procházet z jednoho kanálku do druhého pouze příčně skrze porozitu ve stěnách. Tím jsou všechny částice zachycovány ve filtru (viz obr. 3). Časem dochází k nahromadění zachycených částic a filtr je potřeba zregenerovat.



Obr. 2: Filtr pevných částic DPF (Velecký, 2014)



Obr. 3: Řez a princip DPF (Bartoník, 2018)

Regenerace filtru probíhá při vysokém zatížení motoru, kdy se částice spalují při teplotě 350 - 500 °C a mění se tak na oxid uhličitý CO₂. Řídící jednotka, na základě snímače tlaku, jenž snímá rozdíl tlaků před a za DPF, vyhodnotí, že je filtr zanesený a zahájí regeneraci. Tento typ regenerace nazýváme pasivní regenerací. V případě, že není dosaženo regenerační teploty, spustí se tzv. aktivní regenerace. Při té dochází ke vstřikování paliva do spalovacího prostoru, kde jsou výfukové plyny vytlačeny pístem. Tím se zvýší teplota spalin a regenerace v tomto případě probíhá při 550 - 650 °C. Stejným způsobem se filtr zahřívá, dokud nedosáhne provozní teploty. Proto dochází ke zvýšení spotřeby paliva, zejména pokud se vozidlo pohybuje na krátkých vzdálenostech a filtr není schopen se zahřát na provozní teplotu. (Brož a Trnka, 2009; Malý, 2009)

Dnešní vznětové motory jsou již vybaveny vysoce účinnými DPF, které jsou schopny snížit pevné částice až o 99 %. (Mašek, 2017)

3.3 Recirkulace výfukových plynů (EGR)

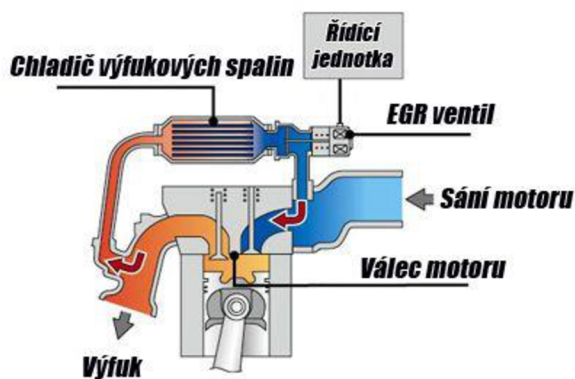
EGR (Exhaust Gas Recirculation) je systém recirkulace výfukových plynů používán ke snížení emisí oxidů dusíku NO_x. Jedná se o tzv. aktivní způsob snížování emisí,

kdy dochází k úpravě hoření směsi. Celý systém je složen ze zpětného vedení výfukových plynů EGR, oxidačního katalyzátoru a filtru pevných částic, uvedených v předchozích kapitolách.

EGR ventil (znázorněný na obr. 4) přepouští část výfukových plynů zpět do sání motoru. Přimícháváním výfukových plynů do směsi paliva dojde ke snížení obsahu kyslíku v motoru, čímž dojde ke snížení teploty zapálení směsi. Motor tak produkuje méně oxidů dusíku NO_x . (Kudlík, 2015)

Hlavním problémem při snižování emisí NO_x je skutečnost, že pokud dochází ke snižování emisí NO_x , dochází tak k navýšení měrné spotřeby paliva. Technologické řešení musí tedy být kompromisem mezi spotřebou paliva a vypouštěnými emisemi NO_x , což vyžaduje přesné řízení spalování, probíhající při relativně nízkých teplotách. (Lukáš, 2008)

Nevýhodou systému EGR je zanášení sání a snižování účinnosti motoru. Zvýšené je i riziko vyřazení vozidla z provozu způsobené sníženou průchodností DPF filtru toto velmi závisí na kvalitě použitého paliva.



Obr. 4: Systém EGR (Anonym, 2016)

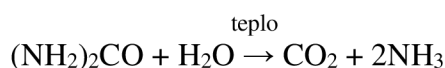
3.4 Selektivní katalytická redukce (SCR)

SCR (Selective Catalytic Reduction) je druhý ze způsobů zajišťující nižší produkci NO_x . Jedná se o tzv. pasivní způsob snižování emisí, kterým se rozumí dodatečná úprava výfukových plynů.

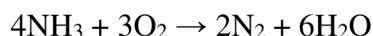
Redukčním prostředkem je zde tzv. AdBlue. AdBlue je obchodní označení 32,5 % vodného roztoku syntetické močoviny. Jedná se o vysoce čistý roztok močoviny

$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ v demineralizované vodě, který pomáhá se snižováním obsahu NO_x ve výfukových plynech. AdBlue je používáno u vznětových motorů a mimo území Evropy je známé také pod názvy DEF, ARLA 32 nebo AUS 32 (GreenChem, ©2014).

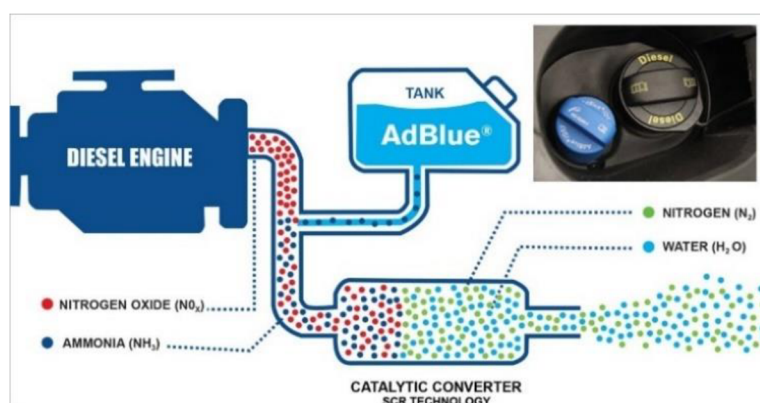
Při procesu SCR projdou výfukové plyny nejdříve filtrem pevných částic (DPF). Následně je do těchto horkých spalin automaticky vstřikována močovina. Za přítomnosti vody zde dojde nejprve k rozkladu na oxid uhličitý CO_2 a amoniak NH_3 .



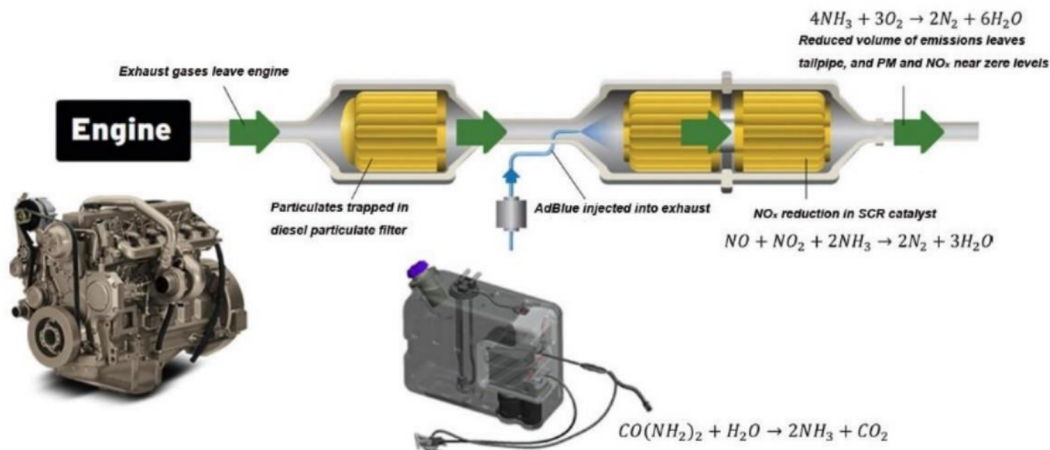
Amoniak NH_3 dále reaguje s oxidy dusíku NO_x , které vznikají při spalování nafty. Výsledkem chemické reakce je molekulární dusík N_2 a vodní pára vycházející z výfuku. Stejně tak může NH_3 reagovat s kyslíkem O_2 , též za vzniku dusíku a vodní páry. (Čupera a Šmerda, 2010; Sajdl, 2014)



Zjednodušený princip SCR je znázorněn na obr. 5. Na obr. 6 je pak znázorněn celý postup výfukových plynů, od motoru, přes DPF až do SCR katalyzátoru a výfuku.



Obr. 5: Zjednodušený princip SCR (Shankarankutty, 2021)



Obr. 6: Princip SCR (Ferraz, 2015)

Při výrobě AdBlue musí být splněny velmi přísné podmínky, aby byla zajištěna čistota roztoku. Ta musí být zachována také v celém průběhu jeho skladování a distribuce, až ke konečnému použití v nádrži vozidla a jeho vstřikovacím systému. Bez zajištění dokonalé čistoty totiž nebude systém SCR správně fungovat. AdBlue umožňuje přeměnit 85 až 100 % oxidů dusíku obsažených ve výfukových plynech na dusík a vodní páru. (Mašek, 2017)

AdBlue má v nákladním vozidle vyhrazenou samostatnou nádrž s objemem až 90 l, což vystačí na ujetí 4000 až 9000 km – kapalinu je možné natankovat stejným způsobem jako motorovou naftu u čerpacího stojanu. Nádrž na AdBlue ve vozidle navíc musí být vyhřívaná – roztok tuhne při -11 °C.

Dávkování AdBlue je plně automatické dle požadavků řídicí jednotky na úroveň redukce NO_x. Současný kamion o hmotnosti 40 tun spotřebuje cca 30 l nafty na 100 km a 1 – 2,5 l AdBlue. Čím je vyšší produkce NO_x, tím je vyšší i spotřeba AdBlue. Motor produkuje nejvíce NO_x při částečném zatížení. Dále spotřeba kapaliny závisí na způsobu jízdy, provozní teplotě a klimatických podmínkách. (ČAPPO, ©2021)

3.5 Srovnání systému EGR a SCR

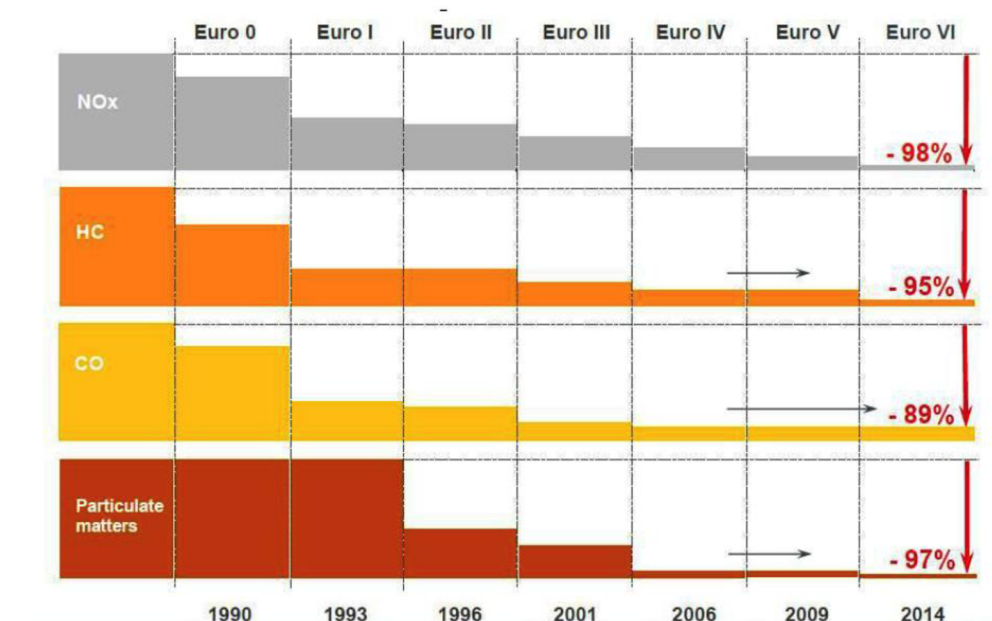
Pro plnění emisních limitů se u nákladních vozidel používaly obě uvedené technologie. Z emisního hlediska však byl systém EGR použitelný pouze pro plnění Euro IV a Euro V, nikoliv pro přísnější normu Euro VI. Zde je již nutné, aby byla nákladní vozidla vybavena SCR. Výhodou SCR je přínos pro zákazníka v podobě nižší spotřeby paliva či prodloužených servisních intervalů. Nevýhodou je však

potřeba doplňování další provozní kapaliny (tedy zvýšení provozních nákladů) a navýšení hmotnosti vozidla způsobenou přítomností nádrže na aditivum.

Oproti tomu EGR je z konstrukčního hlediska jednodušší než SCR, a tím pádem i levnější z pohledu pořizovacích nákladů vozidla. Nevýhodou EGR je vysoké zatížení motoru, vyšší nároky na chlazení motoru, vyšší spotřeba paliva a vysoká míra znečištění motorového oleje. Na rozdíl od toho SCR nesnižuje výkonnost motoru a není dotčena ani životnost motorového oleje. Stejný motor vybaven systémem SCR má tak nižší reálnou spotřebu paliva, než-li motor s EGR. (Čumpelík, 2007)

3.6 Výsledky snižování emisí

Na obr. 7 můžeme vidět schéma vyobrazující postupné snižování jednotlivých emisních složek s postupně zpřísnujícími se normami Euro a s tím související zavádění systémů pro plnění předepsaných emisních limitů do vozidel, které jsme si výše popsali. Ve sloupci Euro VI je také viditelné, kolik činí konečné snížení v porovnání s úrovněmi v roce 1990. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo u emisí NO_x (snížení o 98 %) a PM (o 97 %). (Ferraz, 2015) To je velmi pozitivní zpráva, pokud vezmeme v potaz, že jsou tyto dvě složky uváděny jako ty nejproblematictější u výfukových plynů vznětových motorů.



Obr. 7: Postupné snižování emisí v rámci jednotlivých norem Euro (Ferraz, 2015)

4. Měření emisí

V této kapitole si stručně uvedeme principy měření emisí u nákladních vozidel, které se v průběhu zavádění jednotlivých euro norem postupně inovovaly a zpříšňovaly. V tabulce 3 jsou uvedeny názvy principů měření (testů) u jednotlivých norem Euro, včetně emisních limitů sledovaných exhalací a limitů kouřivosti.

Stage	Date	Test	CO	HC	NOx	PM	PN	Smoke
			g/kWh			1/kWh	1/m	
Euro I	1992, ≤ 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612		
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36		
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25		
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15		
Euro III	1999.10 <i>EEV only</i>	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02		0.15
	2000.10		2.1	0.66	5.0	0.10 ^a		0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02		0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02		0.5
Euro VI	2013.01	WHSC	1.5	0.13	0.40	0.01	8.0×10 ¹¹	

Tabulka 3: Principy měření u jednotlivých norem Euro (DieselNet, ©2012)

Původní zkouška motoru v ustáleném stavu ECE R-49 používaná u Euro I a II, byla v rámci Euro III nahrazena dvěma metodami: Evropským stacionárním cyklem (ESC) a Evropským přechodným cyklem (ETC). Kouřivost byla měřena pomocí testu European Load Response (ELR).

Od etapy Euro VI jsou motory testovány dle nové metodiky WHDC. Jedná se o celosvětově certifikovanou metodu pro zjišťování výfukových emisí motoru u těžkých nákladních vozidel. Tato metoda zajišťuje lepší korelaci s reálnými podmínkami provozu a užívání těžkých vozidel. Měření je zajištěno dvěma testovacími cykly; stacionárním testovacím cyklem (WHSC) za teplého startu a přechodným testovacím cyklem (WHTC) s požadavky na studený i teplý start.

Před uvedením vozidla na evropský trh musí být vozidlo schváleno procesem zvaným homologace. Do roku 2017 byla vozidla testována pouze v laboratorních podmínkách a kontrolována dle maximálních emisních limitů stanovených normami Euro. Nyní je třeba vozidla testovat pomocí tzv. přenosných systémů měření emisí (PEMS), které poskytují monitorování klíčových znečišťujících látek v reálném čase. Zpříšňily se také požadavky na palubní diagnostiku (OBD).

(DieselNet, ©2012; Dusil, 2018)

5. Euro VII

Euro VII jsou připravované normy, které by dosavadní předpisy ještě více zpřísnily. První konkrétní podoba návrhu Euro VII se objevila v roce 2020 a jejich zavedení by mělo připadnout na rok 2025. V rámci nich by se zároveň měl rozšířit seznam sledovaných škodlivin. Jedná se o skleníkový plyn oxid dusný (N₂O) a dále ultrajemné částice menší než 10 nanometrů (PN₁₀), jejichž limity by se se zavedením normy měly přidat. Zpřísnit by se měly také limity všech látek uvedených v předchozích normách. Dosaženo by jich mělo být např. dvojitým dávkováním AdBlue či predehříváním výfukových plynů. (Evropská komise, ©2021) Nejmambicióznější limity regulací navržené Evropskou komisí jsou uvedeny v tabulce 4, v konfrontaci s limitními hodnotami Euro VI.

	NO _x	PM	PN	CO	HC	NH ₃
Euro VI	460 mg/kWh	10 mg/kWh	6x10 ¹¹ /kWh (PN >23 nm)	1500 mg/kWh	130 mg/kWh	10 ppm
Euro VII	90 mg/kWh	8 mg/kWh	1x10¹¹/kWh (PN >10 nm)	200 mg/kWh	50 mg/kWh	65 mg/kWh

Tabulka 4: Emisní limity Euro VII, v konfrontaci s Euro VI, vlastní zpracování

Budoucí normy by měly rovněž zahrnovat přísnější metody měření. Euro VII by se měly více zaměřit na produkované emise v reálných jízdách podmínkách (metoda PEMS). Emise z tohoto měření, dle Euro VI, prochází v současné době následným zpracováním. Tento postup však tímto nezahrnuje některé vysoké emisní hodnoty nákladních automobilů, zejména v městském provozu. (AECC, ©2021)

V rámci nových norem Euro VII by mělo dojít k dalšímu zpřísnění požadavků na palubní diagnostiku OBD (On Board Diagnostic). OBD si zachová klíčovou funkci ve sledování emisně relevantních funkcí a monitorování příčin jejich případné neshody. Softwarovou nadstavbu by ale měla navíc představovat funkce OBM (On Board Monitoring), která zajistí potvrzení shody s plněním emisního limitu po dobu provozování vozidla. Z OBM by tak bylo možno získat informace o tom, zda je vozidlo technicky způsobilé k emisnímu kontrolnímu přeměření či zda má odpovídající spotřebu paliva. (Trnka, 2021)

Pro výrobce by zavedení přísnějších norem znamenalo nutnost dalšího vývoje jak samotného spalovacího motoru, tak sensoriky na motoru či výfukovém potrubí. Zmiňována je také krátká doba pro implementaci, která neodpovídá délce vývojového cyklu vozidla a jeho následnému testování. Je také zřejmé, že pro splnění norem by muselo dojít ke značnému rozšíření elektrických pohonů (u všech typů vozidel) či využití alternativních paliv (Trnka, 2021) Alternativním systémům pohonu se budeme věnovat v kapitole 7.

Rizikem je také fakt, že z výše uvedených důvodů by se stala nákladní vozidla pro řadu dopravců (především malých a středně velkých společností) hůře cenově dostupná, čímž by docházelo k menší obměně vozového parku. Narůstalo by tak průměrné stáří vozidel, což by vedlo k opačnému efektu, než který by měla nová nařízení přinést. (Rovný, 2021)

Není tak jisté, zda by implementace nových norem přinesla výrazné pozitivní přínosy pro životní prostředí. Navíc, významných pozitiv pro kvalitu ovzduší docílila již vozidla splňující normy Euro VI, např. v případě snížení emisí NO_x (viz kapitola 3.6.). Již dnes u mnoha sledovaných veličin nových typů dieselových motorů můžeme naměřit tzv. technickou nulu a koncentrace škodlivin může být za určitých podmínek stejná na výstupu z motoru jako ve vzduchu nasávaném do motoru. (Trnka, 2021) V úvahu je nutné brát také samostatné regulace emisí CO_2 (následující kapitola 6).

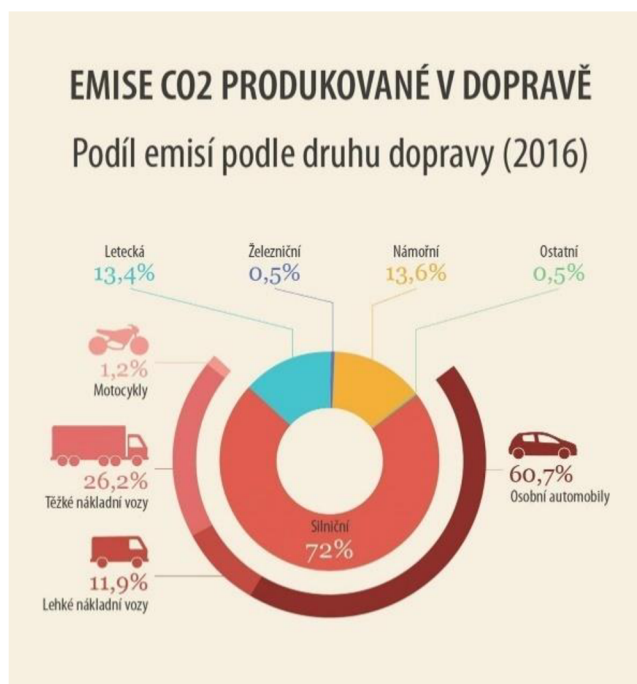
6. Emisní normy CO_2

Rada EU přijala v roce 2019 historicky první evropské emisní normy CO_2 pro nákladní automobily a jiná těžká vozidla. Dle těchto pravidel budou výrobci povinni snížit emise CO_2 z nových nákladních automobilů, v průměru o 15 % od roku 2025 a o 30 % od roku 2030, oproti hodnotám z roku 2019.

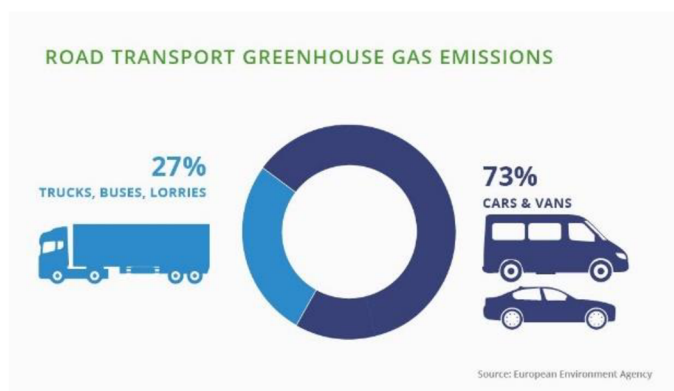
Zatímco v jiných odvětvích se emise CO_2 od roku 1990 daří snižovat, v dopravě dochází k jejich nárůstu. V roce 2015 překračovaly emise skleníkových plynů ze silniční dopravy úroveň z roku 1990 o 19 %, což je dáno nárůstem jak individuální automobilové dopravy, tak silniční nákladní dopravy v posledních letech. (EEA, ©2018)

Dle dat z roku 2016 se na celkové produkci skleníkových plynů v EU odvětví dopravy podílí zhruba 21 %. Z toho je tvořeno 72 % silniční dopravou, 13,4 % leteckou, 13,6 % námořní a 0,5 % železniční dopravou (obr. 8).

V globálu však představují emise CO₂, konkrétně těžkých nákladních vozidel, pouhých 6 % z celkového objemu emisí CO₂ v EU. V oblasti silniční dopravy je těžkými vozidly produkováno 27 % emisí CO₂ z celkového objemu (obr. 9). (Rada EU, ©2019) Z toho vyplývá, že nákladní automobily přispívají k produkci skleníkových plynů menší měrou, narozdíl od osobních automobilů.



Obr. 8: Podíl jednotlivých druhů dopravy na emisích CO₂ (EEA, ©2016)



Obr. 9: Emise CO₂ ze silniční dopravy (EEA, ©2018)

6.1 Konkrétní aplikace

Toto nařízení (EU) 2019/1242 působí spolu s nařízením (EU) 2019/631 (emisní normy CO₂ pro nové osobní automobily a lehká užitková vozidla) za účelem snižování emisí v odvětví silniční dopravy. Je součástí strategie EU týkající se emisí skleníkových plynů v letech 2021 – 2030 a má přispět k cílům Pařížské dohody o změně klimatu. V rámci ní se EU zavázala snížit emise skleníkových plynů do roku 2030 o 40 % (ve srovnání s úrovní v roce 1990) ve všech hospodářských odvětvích. (Dashöfer, 2020).

Cíle nařízení (EU) 2019/1242 jsou závazné a výrobci nákladních automobilů, kteří je nesplní, budou nuceni zaplatit finanční sankci za překročení emisí. Na konci roku 2022 bude toto nařízení přezkoumáno a jeho platnost bude s největší pravděpodobností rozšířena i na autobusy a autokary.

Legislativa dále nařizuje sledování a vykazování emisí CO₂ a spotřeby paliva u nových těžkých vozidel registrovaných v Evropské unii. K těmto účelům bude zřízen centrální registr EU, do něhož budou ze strany orgánů a výrobců poskytovány údaje o výkonnosti vozidel z hlediska emisí CO₂ a spotřeby paliva. Tyto údaje budou zpřístupněny veřejnosti, což může zajistit lepší srovnávání různých modelů vozidel s přesnějšími informacemi pro dopravní společnosti a zjednodušit tak jejich rozhodování, např. při koupi vozidla (Rada EU, ©2019)

Evropské sdružení výrobců automobilů (ACEA) však oponuje, že stanovené cíle jsou z praktického hlediska příliš ambiciózní, až nerealistické a žádají o zmírnění úrovně snižování emisí u nákladních vozidel. Jejich návrh, jenž vychází z průběžného technického vývoje posledních let, zní redukce emisí CO₂ o 7 % do roku 2025 a o 16 % do roku 2030. Výrobci nákladních vozidel jsou ochotni nadále snižovat emise CO₂, avšak v tempu, které je reálné. Požadavek na snižování emisí bude vyžadovat urychlené zavádění vozidel s alternativními systémy pohonu, což je ale momentálně jak z technického, tak časového hlediska, velmi těžko realizovatelné. Podle ACEA je např. možná elektrifikace u nákladních vozů mnohem hůře proveditelná a aplikovatelná, než-li u vozů osobních, zvláště v případě dálkového tranzitu. (Rybecký, 2018)

6.2 Způsoby snižování emisí CO₂

Existují dva způsoby, jakými je možné zajistit snížení emisí CO₂ – jedná se buďto o zvýšení účinnosti spalovacích motorů nebo přechod na jiná paliva či pohony. (Evropský parlament, ©2019) U spalovacích motorů nákladních automobilů lze docílit nižších emisí CO₂ zlepšením aerodynamiky a snížením spotřeby. Velká pozornost je věnována možnostem snižování tření, které má též velký vliv na redukci emisí. Snižování tření se dá docílit vhodnou konstrukcí vozidla, konstrukcí pneumatik (materiál, geometrie, pracovní tlaky) a závisí mimo jiné také na optimálním stavu vozovky (textura, teplota, rovinnost a pravidelná údržba). V neposlední řadě je důležité také školení řidičů, kteří mají rovněž významný podíl na tom, jaká bude spotřeba paliva. (Valentin, 2021)

Některé nákladní automobily jsou schopny již dnes dosahovat příznivé úrovně snížení emisí CO₂. Např. švédský výrobce nákladních automobilů Scania dosahuje dobrých výsledků v rámci snižování emisí právě díky vylepšené aerodynamice verzi se spalovacím motorem, aniž by vyráběl nákladní automobily s nulovými emisemi (např. elektrická nákladní vozidla). Díky tomu výrobce Scania vykazuje u nových nákladních automobilů o 5, 3 % nižší emise CO₂, než je průměr u běžných typů kamionů. (Šidlák, 2021) Alternativním systémům pohonu se budeme věnovat v kapitole 7.

Dále má na množství vypouštěných emisí vliv i skutečnost, zda je kamion plně naložený či jede po prázdku. Plně naložený kamion produkuje sice dle měření o 25 - 30 % více emisí CO₂ než vozidlo jedoucí naprázdno. Je nutné si však uvědomit, že na náklad, který toto vozidlo mohlo přepravit, bude použito jiné vozidlo, které navíc musí na místo určení nejprve dojet. To znamená, že je potřeba využít dvě vozidla, z čehož obě vykonají minimálně jednu jízdu naprázdno a jednu se zátěží. V tomto případě se tedy musí sečíst jízda naprázdno a jízda dalším nákladním vozidlem. V konečném důsledku tedy jízdy naprázdno mají na svědomí vyšší podíl emisí, než-li jízdy s plným zatížením. Proto dalším ze způsobů ovlivňující snižování emisí CO₂ je zvýšení faktoru vytížení jednotlivých vozidel. (Timocom, ©2020)

6.2.1 Program VECTO

VECTO (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool) je nástroj pro výpočet energetické spotřeby nákladního vozidla nad 3,5 tuny. Jedná se o počítačový simulační program, prostřednictvím kterého je provedena simulace a následně vypočtena spotřeba paliva a úroveň emisí CO₂. Na rozdíl od osobních automobilů, které jsou vesměs používány ke srovnatelným účelům, je situace u nákladních vozidel odlišná a abychom dospěli k co nejpřesnějším hodnotám, je potřeba uvažovat i jiné parametry. Různé modely vozidel mohou být vybaveny stejným motorem, avšak každé vozidlo může být využíváno k rozdílným účelům, převážet jiný typ nákladu a jinak hmotný. Vozidla mohou dále např. využívat odlišný typ převodovky a mít jiné uspořádání náprav.

Nástroj VECTO umožňuje posoudit celé vozidlo se zohledněním hlavních komponent, jakými jsou např. motor, převodovka, pneumatiky a účel, ke kterému je dané vozidlo používáno. Po zadání příslušných údajů o nákladním vozidle, program vyhodnotí jeho spotřebu paliva a vypouštěné emise CO₂. Tímto způsobem je možné získat mnohem přesnější hodnoty emisí CO₂ pro větší počet vozidel a lépe tak posoudit celkové množství emisí napříč celým odvětvím. (Continental, ©2021, Evropská komise, ©2020)

7. Alternativní systémy pohonu

V této kapitole si uvedeme příklady alternativních pohonů připadající v úvahu u nákladních vozidel, v návaznosti na zpřísňující se emisní normy, ať už se jedná o nadcházející normu Euro VII či emisní normy redukující množství emitovaného CO₂.

7.1 Pohon na zemní plyn (CNG, LNG)

Zemní plyn je přírodní, hořlavý plyn, jehož hlavní složkou je methan (CH₄). Získává se těžbou z uhelných ložisek anebo z porézních sedimentárních hornin, podobně jako ropa. Zemní plyn produkuje při spalování, v porovnání s ostatními fosilními palivy, nejmenší podíl CO₂ na jednotku uvolněné energie. (Budín, 2015)

Již zavedený systém pohonu využívající zemní plyn se jeví jako vhodná alternativa pro těžkou nákladní dopravu. K těmto účelům se využívá buďto CNG (stlačený zemní plyn) či postupně rozšiřující se technologie využívající LNG (zkapalnělý zemní plyn). U nákladních vozidel se setkáváme s aplikací v podobě vznětového motoru s duálním systémem (Dual Fuel). Tento systém využívá principu záměny paliv. To znamená, že dochází k přidání přesného množství plynu do sání motoru za současného snížení dávky vstříkované nafty (NM). Obvyklý poměr záměny paliv je 50 % CNG a 50% NM u varianty Dual Fuel CNG a 95 % LNG a 5 % NM u varianty Dual Fuel LNG. U každého motoru se mohou poměry paliv mírně lišit.

Přidávání zemního plynu do směsi motoru má efekt rychlejšího zapálení směsi zajišťující lepší proces spalování a tím účinnější využití energie paliva. Díky tomu je zajištěna nižší produkce emisí. Motory v duálním režimu mají o 30 - 85% nižší obsah PM ve výfukových plynech, než u vznětových motorů poháněných pouze naftou, neboť filtr pevných částic je vlivem lepšího prohoření směsi méně zanášen.

Dochází zde také ke snížení produkce NO_x a to o 8 % a skleníkového plynu CO₂ až o 4, 5 %. (Gasinsight, ©2015; Schauhuberová, 2013)

7.1.1 LNG

LNG se jeví jako nejideálnější řešení pro nákladní vozidla v rámci duálního pohonu. Jedná se o zkapalněný zemní plyn (Liquefied Natural Gas) vznikající ochlazením na teplotu - 160 °C, při které kondenzuje. LNG je tvořen z převážné části metanem, dále může obsahovat zbytky etanu, propanu, vyšších uhlovodíků a dusíku. Před tím, než dojde ke zkapalnění zemního plynu, je nutné jej vyčistit od nežádoucích příměsí. Dostaneme tak 95 % směs metanu s 5 % ostatních látek.

Zkapalnělý zemní plyn (LNG) zaujímá 580 x menší objem než CNG. Nádrže u vozidel jsou tak menší a lehčí, což je z hlediska nákladní dopravy velmi pozitivní přínos. Duální pohon se CNG je u nákladních vozidel také použitelný, z hlediska dálkové nákladní dopravy však vykazuje nižší dojezd. Může to být však vhodný způsob v regionální nákladní dopravě. Hojně využíván je např. v městské hromadné dopravě. (GasNet, ©2019)

Dual Fuel LPG je schopen zajistit vozidlu dostatečný výkon a dojezd až 1200 km. Dalšími výhodami vozidel na zemní plyn je pak nižší hlučnost a nižší provozní

náklady – čtvrtinová úspora nákladů na pohonné hmoty. (Kyselová, 2020). Pořizovací cena tahačů na LNG je však mnohonásobně vyšší, oproti naftovým verzím. Existuje však také možnost přestavby běžného diesellového motoru na duální systém.

Další nevýhodou je dostupnost čerpacích stanic na LNG, která je pro nákladní vozy v současné době nízká. Aktuálně je např. v České republice registrováno 106 nákladních vozů na LNG a k dispozici jsou pouze tři veřejné tankovací stanice. Do roku 2030 je v plánu tuto infrastrukturu stanic LNG rozšířit. (Kovačovská, 2022) Fosilní zemní plyn navíc může být do budoucna nahrazen biometanem pocházející z přírodních zdrojů, který by výrazně přispěl ke snížení emisí skleníkových plynů.

Největší nevýhodou LNG je, že pro něj musí být ve vozidle zřízena tepelně izolovaná nádrž (obr. 10), což je komplikace jak technická, tak ekonomická. Navíc při delší odstavce vozidla se kapalina začne odpařovat. (Čermák, 2021)



Obr. 10: Nádrž na LPG u tahače (Greenpoint, ©2018)



Obr. 11: Označení LPG na nádrži (Štengl, 2020)

Výhodou pro dopravce je osvobození od silniční daně pro všechna vozidla využívající LNG a CNG o celkové hmotnosti nepřevyšující 12 t. Dále pak majitelé vozidel nad 7,5 t nejsou povinni platit mýtné na některých evropských dálnicích, např. v Německu. Toto může přimět čím dál více firem začlenit do svého vozového parku vozidla s duálním pohonem. (GasNet, ©2019)

7.2 Elektrické pohony

Elektrickým pohonem rozumíme elektromotor, kdy je ke skladování energie využita baterie. Používány jsou lithium-iontové baterie či baterie s pevným elektrolytem.

Přechod na elektrické pohony, především na ty plně elektrifikované, je u nákladní dopravy, jak již bylo zmíněno v kapitole 4.1., technicky velmi náročné. V tomto

směru navíc panuje nedostatečná infrastruktura. V současnosti v Evropě neexistují dobíjecí stanice vhodné pro nákladní vozy s elektrickým pohonem. Je nutné vzít také v úvahu čas, které by vozidlo potenciálně strávilo na dobítí. Nákladní silniční přeprava je postavena na výkonech a dojetí na místo určení (nakládky, vykládky) v určitém čase a leckdy i na určitou hodinu. Skutečnost, že by nákladní vozidlo strávilo i několik hodin „na nabíječce“ do plného nabití, by celou situaci dozajista komplikovalo. (Rybecký, 2018)

Dalším neopomenutelným faktem je výkon řidiče a dodržování AETR – evropská dohoda vymezující maximální dobu řízení, četnost a délku povinných přestávek a dobu odpočinku řidiče. Proces klasického tankování nafty do nákladního vozidla zabere řidiči běžně 15 - 20 minut. Dobíjení by znamenalo ještě mnohonásobně více stráveného času a v takovém případě by se tomuto procesu musel podřídit jak výkon řidiče, tak obecně charakter práce, které dané vozidlo vykonává. Vzhledem k vyšší pořizovacích cen nákladních automobilů a provozních nákladů s nimi spojenými, je totiž přirozeně snaha o co největší vytíženost nákladních vozidel. Pro uvedení do reálného provozu by tak bylo zapotřebí vybudovat infrastrukturu vysokokapacitních nabíječek, které by byly schopny nákladní vozidla nabít rychleji, nejideálněji do 45 minut, což by tak odpovídalo povinné 45 minutové přestávce řidiče. (Novák, 2018)

Otázkou také je, kolik by takové vozidlo mělo dojezd. Běžný dieselový tahač se dvěma palivovými nádržemi a s plně naloženým návěsem se třemi nápravami, má dojezd v průměru 2500 - 3000 km. Pro zachování podobného dojezdu by bylo zapotřebí baterií o značné hmotnosti, což by obrovsky navyšovalo hmotnost vozidla a eliminovalo by tak kapacitu nákladu. Např. pro dojezd cca 500 km by bylo zapotřebí trakční baterie o hmotnosti 3 tun. Navíc, k poklesu dojezdu by docházelo i vlivem nižších teplot v zimním období a potřebě vyhřívání kabiny řidiče. (Sadil, 2017)

V případě dálkové tranzitní dopravy je v současnosti přechod na elektrifikaci nákladních vozidel jen velmi těžko proveditelný a především aplikovatelný v praxi. Naopak nákladní vozidla na bateriový pohon mohou být vhodným prostředkem na převážení nákladu v rámci jedné průmyslové zóny či v rámci městské aglomerace, kde není zapotřebí vysokého dojezdu a vozidla by tak dosahovala vysoké účinnosti

podpořené nízkými emisními náklady. Např. výrobce vozů Mercedes již dnes plně elektrifikované nákladní vozy využívá na převozy v rámci území svých výrobních hal.

Společnost Tesla již představila elektrický tahač s označením Semi (obr. 13), který díky vylepšeným bateriím slibuje dojezd až 800 km, s plně naloženým návěsem. Princip je takový, že každé kolo má svůj elektromotor a v podvozku je pak akumulátorová platforma. V porovnání s běžnými tahači je Semi přibližně dvakrát dražší (základní model začíná na 4,2 milionu Kč). Do provozu by se tento model měl dostat v roce 2023. Výrobce Tesla uvádí jako výhody jednodušší konstrukci, menší servisní náklady (např. netřeba výměny provozních kapalin), menší opotřebení brzdových komponentů apod. (Javůrek, 2020)



Obr. 13: Model Tesla Semi (Tesla, ©2020)

Elektrické tahače již uvedl i švédský výrobce nákladních vozidel Scania. Jedná se o tahače jak na plně elektrický pohon, tak i hybridní. Plně elektrifikované tahače (obr. 14) jsou vybaveny sadou akumulátorů, které by měly zajistit dojezd až 250 km na jedno nabití. Nabíjení na vysokokapacitních nabíječkách (s výkonem až 130 kWh) by zabralo 50 - 100 minut. Kromě toho se akumulátory průběžně nabíjejí během jízdy prostřednictvím rekuperace brzděné energie. Plug-in hybridní tahač (obr. 15) je pak kombinací spalovacího motoru a elektrického pohonu, který je možno využít na dojezd až 60 km. V případě plug-in hybridu trvá nabití 35 minut. (Skořepa, 2020)



Obr. 14: Plně elektrifikovaný tahač Scania (Scania, ©2020) Obr. 15: Plug-in hybrid Scania (Scania, ©2020)

Nelze opomenout ani skutečnost, jaké množství skleníkových plynů vyprodukuje vozidlo nejen během svého provozu, ale také nakolik znečišťuje životní prostředí jeho výroba a likvidace. Co se týče úrovně emisí z provozu, v tomto případě závisí na způsobu výroby elektřiny. Abychom dosáhli nulových emisí, musela by být elektrická energie vyráběna z obnovitelných zdrojů. (Rada EU, ©2019) Tento způsob výroby elektřiny však není na území Evropy ještě ani zdaleka tak rozšířený, především ve státech, kde je o obnovitelné zdroje nouze, mezi něž spadá např. i Česká republika. Největší komplikací se však jeví proces likvidace baterií, obzvláště v případě nákladních automobilů, jejichž baterie by dosahovaly rozsáhlých rozměrů a hmotnosti, případně by se jich muselo ve vozidle nacházet velké množství. Při likvidaci by se jednalo zcela jistě o nezanedbatelnou zátěž životního prostředí. Tato oblast však není ještě dostatečně prozkoumána.

7.3 Vodíkový pohon

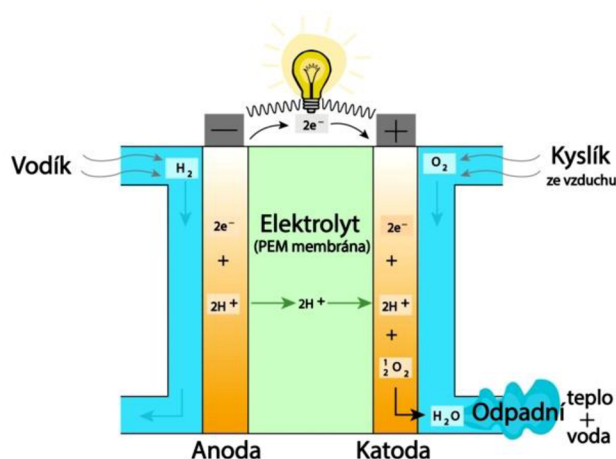
Vodík (H) je nejjednodušší a nejlehčí plynný prvek periodické soustavy tvořící až dvě třetiny hmoty ve vesmíru. Jedná se o netoxický plyn, bez barvy a zápachu a je třetím nejrozšířenějším prvkem na Zemi. Ve formě samostatné molekuly H_2 se v přírodě vyskytuje jen vzácně, z důvodu své vysoké reaktivity. Vodík je schopen vytvářet sloučeniny se všemi prvky periodické tabulky (s výjimkou vzácných plynů). Z jeho sloučenin je nejvíce zastoupena voda, je nedílnou součástí organických sloučenin a tvoří podstatnou část fosilních paliv.

Vodík, jakožto zdroj energie, by mohl hrát značnou roli v budoucnosti energetiky i dopravy. Jeho energetický potenciál byl objeven již koncem 18. století. V průmyslu však tehdy vodík nenašel širšího uplatnění, zejména kvůli nástupu fosilních paliv

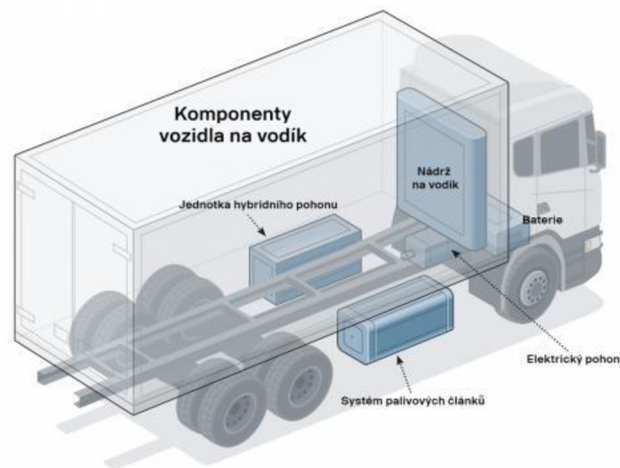
v 19. a 20. století. Tento plyn poté začal být ve velkém využíván od 60. let 20. století jako raketové palivo. (PubChem, ©2022)

Vodík, se svou energetickou bohatostí, představuje výhodnou alternativu k bateriovým technologiím, především v naší řešené oblasti nákladní silniční dopravy.

Využití vodíku v mobilitě funguje na principu palivových článků pohánějících elektromotor. Palivový článek je svou stavbou podobný bateriím. Jedná se v podstatě o generátor elektrické energie, která je získávána z elektrochemické reakce vodíku a kyslíku. Palivový článek je složen z anody, katody a membrány s elektrolytem. Vodík je přiváděn k palivovým článkům z nádrže, která je pro něj ve vozidle vyhrazena. Do systému vodík vstupuje na straně anody a kyslík na straně katody. Vodík je následně na anodě rozložen na elektron (e^-) a vodíkový proton (H^+). Membránou elektrolytu je umožněn transport vodíkového protonu na katodu, kde reaguje s kyslíkem za vzniku vody. Volné elektrony pak prochází odděleným obvodem, čímž dojde k tvorbě elektrického proudu (obr.16). Tento proces je nazýván také reverzní elektrolýzou. Přebytečná energie je pak uchovávána v akumulátorech a jediným odpadním produktem je zde voda. Pohon na bázi vodíku tedy můžeme označit za bezemisní. (VŠCHT, ©2006) Jednotlivé komponenty nákladního vozidla na vodíkový pohon můžeme vidět na obr. 17.



Obr. 16: Vodíkový palivový článek (Novák, 2018)



Obr. 17: Komponenty nákladního vozidla na vodík (Scania, ©2017)

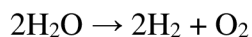
Proces plnění vodíku do nádrže vozidla je velmi podobný tankování tradičních fosilních paliv a zabere tak řidiči srovnatelné množství času. V současné době v ČR není ještě otevřena žádná veřejná plnicí stanice. V Neratovicích je zatím zřízena plnicí stanice pro výzkumné účely. (Hlinčík, 2021)

Nespornou výhodou je spolehlivost celého systému při nižších venkovních teplotách. Účinnost vozidla na vodík je v zimních podmínkách vyšší než v případě klasického elektrického vozidla. Vytápění kabiny je zde zajištěno odpadním teplem z palivových článků, na rozdíl od případu klasického elektro pohonu, kde je zapotřebí využití energie přímo z baterie.

Diskutována je bezpečnost vodíku z důvodu jeho hořlavosti podmíněné vzdušným kyslíkem. Vodíkové nádrže jsou dnes před uvedením do provozu podrobovány testům (např. vystavení několikanásobnému tlaku). Rovněž plnicí stanice jsou vybaveny celou řadou zabezpečovacích systémů. Navíc systémy v moderních vozidlech poháněné vodíkem jsou vyvíjeny tak, aby se v případě havárie uzavřely a nemohlo dojít k náhlému vzplanutí. Tato bezpečnostní opatření s sebou ovšem přináší další ekonomickou zátěž. Obecně ale nelze konstatovat, že by byl vodík v případě dopravní nehody rizikovější než ostatní pohony. (HYTEP, © 2020)

V případě výroby vodíku panuje stejná situace jako u výroby elektřiny. Aby se celý proces dal označit jako bezemisní, musel by být vodík vyráběn z obnovitelných zdrojů. Dnes se většina vodíku získává ze zemního plynu či uhlí, případně vzniká jako vedlejší produkt chemické výroby. Řešení se nabízí např. v podobě elektrolýzy

vody. Při ní dochází ke štěpení vody pomocí elektrické energie za vzniku plynného vodíku a kyslíku.



Na výrobu 1 kg vodíku je zapotřebí 9 l demineralizované vody a cca 50 kWh elektrické energie. Abychom vyrobili bezemisní, tzv. zelený vodík, musel by být vyráběn metodou elektrolýzy a potřebná elektrická energie by pocházela z obnovitelných zdrojů. Tento proces má velký potenciál v otázce redukce emisí skleníkových plynů. (Markovič, 2020)

Jako příklad nákladního vozu na vodíkový pohon si můžeme uvést Mercedes-Benz-GenH2 (obr.18), který by měl poskytnout dojezd až 1000 km na jedno plnění vodíkem. Tento model by měl využívat do palivových článků kapalného vodíku, což by zajistilo, díky nižšímu tlaku, lehčí nádrže menších rozměrů. Na trh by měl být uveden v roce 2027. (Daimler, ©2020) Palivové články tohoto nákladního automobilu jsou viditelné na obr. 19.



Obr. 18: Mercedes-Benz-GenH2 (Daimler, ©2020)



Obr. 19: Palivové články Mercedes (Daimler, ©2020)

I v případě vodíkových pohonů je možno vzít do úvahy hybridní vozidla, stejně jako u elektrického pohonu. Vodíkový hybrid je vybaven palivovými články a zároveň se zde nachází trakční baterie zajišťující dojezd dalších několik desítek kilometrů.

Vodík nabízí v současné době neoptimálnější alternativní řešení pro přepravu nákladu na delší vzdálenosti. Nevýhodou je však vysoká cena – 1 kg vodíku se v současnosti pohybuje kolem 9 eur (zhruba 225 Kč). Odhadovaná spotřeba u nákladního vozidla činí 5 kg vodíku na 100 km. Za takovýchto podmínek by se provoz nákladního automobilu na vodík nevyplatil. Ke snížení ceny by mohlo dojít jedině s narůstající výrobou a zvyšující se poptávkou. Klíčová je tedy investice a podpora výroby ze strany evropských subvencí. (HYTEP, © 2020)

Dle nejnovějších zdrojů je v zájmu Evropské komise výrazné navýšení výroby zeleného vodíku do roku 2030; je očekáváno mohutné rozšíření elektrolyzérů a zajištění výroby až 10 milionů tun vodíku ročně. Postupně by ve stejném období měla v Evropě vzniknout také funkční infrastruktura plnicích stanic a vodík by s navýšením výroby zlevnil o polovinu a s ním i vodíková nákladní vozidla a náklady s nimi spojené. (Vrbová, 2022)

8. Srovnání nákladních vozidel Euro V a Euro VI

V této části byla provedena analýza srovnávající výsledky dvou nákladních vozidel při procesu emisní kontroly na stanici měření emisí (SME). V prvním případě se jedná o vozidlo emisní kategorie Euro V, se systémem EGR a ve druhém případě o vozidlo kategorie Euro VI, se systémem SCR. Kompletní protokoly o měření emisí z SME Mariánské Lázně a SME Praha jsou uvedeny v příloze.

8.1 Případ Euro V

Nákladní automobil značky Scania

Druh vozidla: tahač návěsů

Kategorie vozidla: N3

Rok první registrace: 2009

Druh paliva: NM

Typ emisního systému: řízený s OBD

Měření emisí probíhá dle stanovených metodických postupů v několika režimech. Prvních z nich je měření emisí při volnoběžných otáčkách, tzn. při běhu motoru zahřátého na provozní teplotu při zcela uvolněném pedálu akcelerace a bez zařazení převodového stupně. Naopak přeběhové otáčky udávají nejvyšší otáčky nezatiženého vznětového motoru, které se ustálí po plném sešlápnutí pedálu akcelerace. (MDČR, 2019)

Z tabulky 5 z protokolu o měření emisí můžeme vyčíst, že naměřené volnoběžné otáčky motoru činily 500 min^{-1} a přeběhové 2440 min^{-1} . Obě uvedené hodnoty odpovídají limitu.

Korigovaný součinitel absorpce ($0,67 \text{ m}^{-1}$) je hodnota stanovena při homologaci vozidla a je uvedena ve velkém technickém průkazu. Této hodnotě by měla odpovídat maximální hodnota naměřené kouřivosti. Kouřivost v tomto případě činí $0,74 \text{ m}^{-1}$, tudíž korigovanému součiniteli absorpce **neodpovídá**.

Parametrem, popisujícím emisní chování vznětového motoru v provozu, je kouřivost motoru, vyjádřená součinitelem absorpce světla (k) výfukového plynu. Ta je zjišťována metodou volné akcelerace. Součinitel „ k “ je aritmetickým průměrem

hodnot součinitelů absorpce změřených při čtyřech za sebou jdoucích akceleracích, které splnily podmínku, že rozpětí jejich hodnot není větší než $0,25 \text{ m}^{-1}$. V našem případě součinitel $k = 0,45 \text{ m}^{-1}$. Naměřená hodnota je **větší** než $0,25$, tzn. nevyhovující.

KONTROLA:

Výsledek vizuální kontroly:		vyhovuje	
Výsledek kontroly readiness kódů:		nastavené	
		MIL: nesvíti	
Výsledek kontroly závad řídicí jednotky motoru:		---	
Vyhodnocení stavu řídicí jednotky:		emisně relevantní závady	
Otáčky [min^{-1}]	Předepsané	Naměřené	
Volnoběžné	#450 - #600	500	
Přeběhové	#2350 - #2450	2440	
Korigovaný součinitel absorpce [m^{-1}]		0,67	
Hodnota kouřivosti naměřená [m^{-1}]		0,74	
Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření [m^{-1}]		dovolené	max #0,25
		naměřené	0,45
Použitý kouřoměr (výrobce, typ): AVL DiTEST GmbH, AVL DiSmoke 480, AVL OBD 1000, V2.5.0 10/2021, V2.4 08/2008 Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření kouřoměru.			
Poznámky: Detailní výpis výsledků kontroly emisí je uveden v příloze tohoto protokolu Typ motoru instalovaného ve vozidle souhlasí s typem motoru uvedeným v dokladech Vozidlo není vybaveno pomocným VINem			
Vozidlo z hlediska měření emisí nevyhovuje Vylepena ochranná nálepka č. Měření emisí provedl kontrolní technik, osvědčení č.: KTE00077			

Tabulka 5: Kontrola – Scania (SME Mariánské Lázně, 2022)

Řídicí jednotka v námi sledovaném vozidle vyhodnotila **emisně relevantní závady**. Jedná se o druh závady, která má vliv na tvorbu škodlivých emisí motoru. Není přitom rozhodující, zda v důsledku této závady dochází k překračování emisních limitů či nikoliv. (MDČR, 2019)

V tabulce 6 týkající se závad byly zjištěny tři závady, kategorizované jako vážné (B).

1. Naměřená hodnota kouřivosti přesahuje úroveň korigovaného součinitele absorpce uvedenou na štítku výrobce.
2. Emisně relevantní závady získané z řídicí jednotky.
3. Povolený rozptyl kouřivosti byl překročen.

ZÁVADY ZJIŠTĚNÉ NA VOZIDLE:

LEHKÉ (A) (počet závad)	0
VÁŽNÉ (B) (počet závad)	3
8.2.2.2.1.1	Naměřená hodnota kouřivosti přesahuje úroveň korigovaného součinitele absorpce uvedenou na štítku výrobce.
8.2.2.2.1.11	Emisně relevantní závady získané z řídicí jednotky.
8.2.2.2.1.8	Povolený rozptyl kouřivosti byl překročen.
NEBEZPEČNÉ (C) (počet závad)	0

Tabulka 6: Závady zjištěné na vozidle – Scania (SME Mariánské Lázně, 2022)

Závěr: Vozidlo z hlediska měření emisí **nevyhovuje**.

Závady v tomto vozidle byly dle informací SME způsobeny převážně sníženou účinností EGR systému způsobenou špatným těsněním a dále kvůli poruše v sání motoru.

8.2 Případ Euro VI

Nákladní automobil značky Mercedes-Benz

Druh vozidla: tahač návěsů

Kategorie vozidla: N3

Rok první registrace: 2013

Druh paliva: NM

Typ emisního systému: řízený s OBD

Z tabulky 7 můžeme vyčíst, že naměřené volnoběžné otáčky motoru činily 560 min^{-1} a přeběhové 2270 min^{-1} . Obě uvedené hodnoty odpovídají limitu. Korigovaný součinitel absorpce je roven $0,80 \text{ m}^{-1}$. Kouřivost v tomto případě činí $0,02 \text{ m}^{-1}$, tudíž korigovanému součiniteli absorpce **odpovídá**. Součinitel $k = 0 \text{ m}^{-1}$. Naměřená hodnota je **menší** než $0,25$, tzn. vyhovující.

KONTROLA:

Výsledek vizuální kontroly:		vyhovuje	
Výsledek kontroly readiness kódů:		nastavené	
Výsledek kontroly závad řídicí jednotky motoru:		MIL: nesvíti	
Vyhodnocení stavu řídicí jednotky:		—	
Otáčky [min^{-1}]		Předepsané	Naměřené
Volnoběžné		510 - 610	560
Přeběhové		#1800 - 2360	2270
Korigovaný součinitel absorpce [m^{-1}]		0,80	
Hodnota kouřivosti naměřená [m^{-1}]		0,02	
Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření [m^{-1}]		dovolené	max 0,25
		naměřené	0,00
Použitý kouřoměr (výrobce, typ): AVL DiTEST GmbH, AVL DiSmoke 480, AVL OBD 1000, V2.4.0 12/2016, V2.4 08/2008 Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření kouřoměru.			
Poznámky jsou uvedeny v příloze.			
Vozidlo z hlediska měření emisí vyhovuje Vylepená ochranná nálepka č. Měření emisí provedl kontrolní technik, osvědčení č.: BNA6270			

Tabulka 7: Kontrola – Mercedes-Benz (SME Praha, 2022)

Řídící jednotka v námi sledovaném vozidle nevyhodnotila žádné závady (tabulka 8).

<u>ZÁVADY ZJIŠTĚNÉ NA VOZIDLE:</u>	
LEHKÉ (A) (počet závad)	0
VÁŽNÉ (B) (počet závad)	0
NEBEZPEČNÉ (C) (počet závad)	0

Tabulka 8: Závady zjištěné na vozidle – Mercedes-Benz (SME Praha, 2022)

Závěr: Vozidlo z hlediska měření emisí **vyhovuje**.

9. Environmentální nástroje z pohledu dopravce

V této kapitole je ve formě několika položených otázek nastíněn pohled dopravce menší soukromé společnosti Jasline s.r.o. Rozhovor byl realizován 3. března 2022 s jednatelkou společnosti Terezou Jasenskou a následně autorkou převeden do struktury bakalářské práce.

1. Jak vypadá váš vozový park a na co se převážně zaměřujete?

Naše společnost vlastní pět vozidel kategorie N3, tahače s návěsy, z toho čtyři vozidla emisní třídy Euro VI a jedno Euro V. Zaměřujeme se převážně na automotive, tzn. dovážíme komponenty pro výrobu automobilů, převážně mezi Českou republikou a Německem. Dalším naším odvětvím je zásobování potravinových řetězců na území ČR.

2. Jak ovlivňují euro normy vaši provozní činnost?

Konkrétně nás to ovlivňuje především z finančního hlediska, pokud bychom využívali vozidla starší, s nižší euro kategorií, došlo by k následnému prodražení při výpočtu silniční daně a na placených úsecích podléhajících mýtnému systému. Na modelovém příkladu tahače s návěsem o pěti nápravách (což je nejfrekventovanější varianta), činí průměrná sazba u Euro V 5,33 Kč a u Euro VI 4,97 Kč. Při průměrném ročním nájezdu vozidla 120 000 km pak činí rozdíl mezi sazbou Euro V a Euro VI zhruba 43 000 Kč ročně, což představuje nezanedbatelnou částku. Od roku 2021 se navíc mýtný systém rozšířil i na výběrově určené úseky komunikací I. třídy a v letošním roce se počet placených úseků ještě dále navýšil. Tlak na obnovu vozového parku je vzhledem k této situaci naprosto zřejmý.

3. Jak vnímáte systém SCR a co pro vás představuje z hlediska nákladů?

Další, především v poslední době, nezanedbatelnou položkou je aditivum AdBlue. Vzhledem ke skokovému nárůstu ceny této komodity, jsou pro nás poměrně aktuální otázkou konkrétní výrobci a značky vozidel, kteří nabízejí řešení co nejnižší spotřeby této kapaliny. Průměrná cena AdBlue činila před rokem cca 7 Kč/litr a nyní se pohybuje na částce 21 až 23 Kč/litr. Vnímáme tuto tendenci značně negativně, a to především ve spojitosti s dalším problémem v podobě poruchovosti systému SCR. Pokud vezmeme v potaz pouze naši společnost, za posledních pět let byly poruchy spojené s tímto systémem jednou z nejčastějších závad všech vozidlech, a to odlišných značek. Odstranění poruchy je mnohdy velmi nákladné a složité. Pokud by byla nutná např. výměna celého AdBlue boxu, pohybuje se zde v řádech 300 000 Kč.

4. Plánujete do vašeho vozového parku zařadit vozidlo na zemní plyn?

O tomto aktuálně neuvažujeme. Od jiných dopravců máme informaci, že nechali některá ze svých vozidel přestavět na duální pohon CNG. Rozhodli se proto především z důvodu finančních výhod na placených úsecích např. v Německu. Tato vozidla však zajišťovala malý dojezd, což v případě povahy naší práce není žádoucí. V poslední době rozšiřující se pohon na LNG by tuto otázku mohl vyřešit, musela by být ale zajištěna dostatečná infrastruktura a tím by se stala i nákladní vozidla na LNG cenově dostupnější. Zatím však pořizovací cena a další náklady v podobě častých revizí systému, převyšují potenciální výhody.

5. Co si myslíte o výroku "kamiony na železnice"? Jaká je podle vás budoucnost nákladní silniční dopravy?

Železnice se již v současnosti v oblasti nákladní dopravy využívají dobře. Pokud se však budeme bavit o nadále se rozvíjející a ekonomicky zdravé společnosti, je v tomto nákladní silniční doprava naprosto klíčovým komponentem. Ostatně by bylo na místě položit si naprosto zásadní otázku: Kdo, nebo co, by vše do nákladních vlaků dopravil a následně dodal koncovému zákazníkovi na určenou adresu? Další otázkou je rovněž časová náročnost celého procesu a nezanedbatelný je také fakt, že železniční doprava nepatří aktuálně mezi ty nejlevnější varianty, což by opět mělo dopad na koncového zákazníka, tedy nás všechny.

6. Jaký máte názor na případné uvedení v platnost normy Euro VII?

Neumíme si takový vývoj vzhledem k ekonomické a společenské situaci posledních let představit. Především pokud by se tak stalo skokovým způsobem a tlakem, který by dopravci bez náležité pomoci státního financování nemohli splnit. V případě, že by k takové věci došlo, je pro nás jedinou možností si zachovat, co nejdéle to bude možné, vozidla kategorie Euro VI.

10. Diskuse

U nákladních vozidlech kategorie Euro V bylo využíváno obou systémů na snižování emisí a to jak EGR, tak SCR. Většina nákladních vozidel měla kvůli plnění předepsaných limitů Euro V již nainstalován systém SCR, využívající AdBlue. V prvním případě vozidlo Scania (Euro V) využívalo ještě systém EGR a neprošlo SME. Toto však u Euro V nemusí být pravidlem a rovněž vozidla s EGR kontrolu měření emisí mohou absolvovat úspěšně. Závisí to na stáří a technické kondici vozidla, počtu najetých kilometrů, apod.

Od kategorie Euro VI je již součástí povinné výbavy nákladních vozidel systém SCR, aby bylo možné zajistit splnění předepsaných emisních limitů. (Čumpelík, 2017) Ve druhém případě byla uvedena kontrola SME u vozidla Mercedes-Benz (Euro VI), které měření emisí prošlo. Za povšimnutí také stojí nulový výsledek rozptylu hodnot kouřivosti. To odpovídá tvrzení, že již dnes u mnoha sledovaných veličin nových typů dieselových motorů můžeme naměřit tzv. technickou nulu. (Trnka, 2021)

Systém SCR spolu s nejmodernějšími DPF jsou dle mého názoru bezesporu převratnými systémy ve snižování emisí NO_x a PM. To dokazují i výsledky snižování emisí těchto exhalací, kdy od roku 1990 došlo k poklesu NO_x o 98 % a PM o 97 % (Ferraz, 2015). Z výsledků analytické části vidíme, že dopravci jsou k obměně vozového parku a pořizování vozidel kat. Euro VI motivováni jak vyhovujícím projitím měření emisí, tak stanovenými nižšími sazbami mýtného na placených úsecích, kterých postupem času přibývá. Nevýhodou je ovšem potřeba plnění další provozní kapaliny, jejíž cena se za poslední rok trojnásobně zvýšila a do budoucna má tendenci se navyšovat dále. V rozhovoru byla ze strany dopravce

zmíněna i náchylnost k poruchovosti systému SCR v případě jejich vozového parku, což má za následek nutnost dalších nákladů. Bylo by tudíž zajímavé např. srovnat četnost poruchovosti vozidel s EGR a vozidel se SCR. Naráželi bychom však na to, že typy poruch mohou být u každého vozidla individuální záležitostí způsobenou mnoha různými faktory a tato skutečnost se tak nedá jednoznačně konstatovat.

Ohledně připravované normy Euro VII nám byly v rozhovoru potvrzeny skepse ohledně potřeby a efektivnosti ještě přísnějších limitů, než těch doposud platných. Jestliže by byla doba na implementaci norem příliš krátká a plánované limity a metody měření emisí natolik přísné, vedlo mi to ke sníženým obměnám vozového parku (Rovný, 2021) a dopravní společnosti, především malých a středně velkých rozměrů, by byly nuceny si co nejdéle udržet vozidla kat. Euro VI. To by vedlo k opačnému efektu, než který by měla nová nařízení přinést. (Trnka, 2021). V tomto případě by bylo nezbytné zapojení státní složky v podobě podpory či dotací cílených dopravcům, které by jim ke zvládnutí situace pomohly. K tomuto je navíc nutné zohlednit i emisní normy CO₂, jež budou v oblasti nákladní silniční dopravy představovat další ekonomickou zátěž.

Dle mého názoru není zavedení Euro VII momentálně žádoucí. Vzhledem k současné krizi ve světě (která bude mít pravděpodobně dlouhého trvání) byla narušena výroba a transport ve velkém množství odvětví a cena nafty a dalších komodit dnes dosahují astronomických výšin. Bude i tak těžké se s těmito skutečnostmi vypořádat. Funkčnost a výkon nákladní silniční dopravy je přímo úměrný udržitelnosti ekonomiky a zavedení ještě přísnějších ekologických nároků by se tudíž v současné době míjelo účinkem.

11. Závěr

Nákladní silniční doprava je pro nás v dnešním pojetí světa a společnosti nezastupitelnou součástí zajišťující rychlou přepravu velkého množství zboží na libovolně dlouhé vzdálenosti. Zavedení nařízení a opatření regulující množství produkovaných škodlivin vznětových motorů bylo bezesporu dobrým a nutným tahem ke snížení emisní zátěže (nejen) tohoto druhu dopravy. Vývojáři dieselových motorů se s těmito skutečnostmi snaží vypořádat, jak nejlépe dovedou, což svědčí jak o vynalezených technologiích, jakými jsou katalyzátor SCR, v němž dochází pomocí chemických reakcí k rozkladu oxidů dusíku NO_x na nezávadný dusík a vodní páru, či nejmodernější filtry DPF, které jsou dnes schopny zachytit v podstatě veškeré tuhé částice. Snížování emisí metodou postupného zpřísnění emisních limitů udávané jednotlivými normami Euro, zajistilo velké přínosy, především u vznětových motorů nejsledovanějších emisí NO_x a PM, kdy od roku 1990 došlo k jejich redukci na minimum. Navíc s nástupem Euro VI bylo přistoupeno k ještě přísnějším metodám měření. V kombinaci s nově zavedenými kategoriemi sledovaných exhalací poskytují tyto normy ještě komplexnější informace o emisích vozidla v reálném čase i prostoru.

Nedávno byly k regulacím emisí sektoru nákladní dopravy připojeny ještě samostatné normy redukcující emise CO_2 , s účinností od roku 2025. Eliminace tohoto skleníkového plynu může být dosaženo lepším konstrukčním řešením vozidla, a především pak snížením spotřeby paliva, což by znamenalo i přínos ekonomický. Je ale diskutabilní, zda by Evropskou unií připravované další nařízení ze skupiny euro norem, Euro VII, s ještě přísnějšími emisními limity, dávalo ekonomický smysl a zda by bylo z environmentálního hlediska skutečným přínosem.

Je nevyhnutelné do budoucna eliminovat naši závislost na fosilních palivech, která představují vyčerpátný zdroj. Tento přechod by měl mít ovšem postupnou tendenci a mezi dieselová nákladní vozidla by měla být průběžně začleňována vozidla s alternativními pohony, ne jimi do určitého stanoveného termínu do posledního nahrazena. Aby toto bylo v co nejširší míře možné, musela by být vybudována rozsáhlá a funkční infrastruktura a taktéž zajištěna finanční podpora ze strany jednotlivých států, ať už v oblasti LNG či elektrických a vodíkových pohonů. Je

na místě také podotknout, že žádné z nabízených alternativních řešení není univerzální. Pro dálkovou tranzitní přepravu se jeví jako tím neoptimálnějším pohon na vodík, který by nejlépe korespondoval s povahou práce, která tato vozidla vykonávají a poskytl by nákladnímu vozidlu odpovídající výkon a dojezd srovnatelný s dieselovým pohonem.

Pokud bychom směřovali k čistě bezemisní nákladní dopravě, museli bychom z alternativ eliminovat i duální pohon na LNG, který emise oproti konvenčnímu motoru pouze snižuje. Nákladní automobily jak na baterie, tak vodíkové palivové články jsou již vyvíjeny a testovány v reálném provozu. Největší výzvou tak zůstává zajistit takové množství vyrobené elektrické energie a to nejlépe z obnovitelných zdrojů, v případě obou typů pohonů, na celém evropském území. Zároveň by se muselo docílit, aby cena elektřiny/vodíku dosahovala srovnatelných výší s cenou nafty. Pokud by se tak nestalo, mělo by to neblahý účinek jak na dopravní společnosti, jejichž náklady by se neúměrně navýšili, případně by pro ně tato situace byla již nadále neúnosná, tak především na koncového zákazníka z důvodu znatelného navýšení cen veškerého zboží i služeb úzce spojených s dopravou.

Myslím, že v dnešní době není žádoucí nákladní dopravu výrazným způsobem omezovat. Tato bakalářská práce by tak mohla posloužit jako ucelený zdroj informací jak pro dopravní společnosti, tak pro státní orgány, k nalezení společného kompromisu s přínosem pro životní prostředí, a zároveň bez nutnosti drastických zásahů do běhu ekonomiky. Rovněž může být impulsem k provedení dalších studií souvisejících s tématy rozebrané v této práci.

Seznam zdrojů

Adamec a kol., 2005: Znečištění ovzduší z dopravy. Kompendium ochrany kvality ovzduší – část 5, příloha časopisu Ochrana ovzduší (online) [cit. 2021.02.21], dostupné z <<https://www.cdv.cz/file/clanek-znecisten-ovzdusi-z-dopravy/>>.

AECC, ©2021: Priorities for Euro 7/VII proposal (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <https://www.eerstekamer.nl/eu/overig/20220310/priorities_for_euro_7_vii_proposal/document>.

Brož J., Trnka L., 2009: Praktická dílna – Snižování emisí spalovacích motorů vozidel I a II. AutoExpert 14: 9–10.

Budín, J., 2015: Zemní plyn – těžba, vlastnosti, rozdělení (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <<https://oenergetice.cz/plyn/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni>>.

Continental, ©2021: Nové emisní normy CO₂ pro těžká vozidla a nástroj VECTO (online) [cit. 2022.03.07], dostupné z <<https://www.continental-pneumatiky.cz/nakladni/fleetsolutions/co2-regulace-vec-to/v%C3%ADce-informac%C3%AD-o-emis%C3%ADch-co%E2%82%82-a-n%C3%A1stroji-vec-to>>.

ČAPPO, ©2021: AdBlue (online) [cit. 2022.03.02], dostupné z <<https://www.cappo.cz/pohonne-hmoty-a-energie-pro-mobilitu/adblue>>.

ČHMÚ, 2004: Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2003. Kolekt. ČHMÚ ÚOČO, Praha, 39 s.

Čermák, J., 2021: Jak se přepravuje LNG a jaká je jeho budoucnost? (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <<https://www.agrotetrucks.cz/aktuality/palivo-Ing>>.

Čumpelík J. 2007: Snižování emisí ve výfukových plynech. MM Průmyslové spektrum, 10: 13–16.

Daimler, ©2020: Vodíkový kamion Daimler (online) [cit. 2022 03.25], dostupné z <<https://www.hybrid.cz/vodikovy-kamion-mercedes-benz-mel-ujet-az-1000-km-na-jedno-natankovani-k-zakaznikum-pujde-do-dvou-let/>>.

Dashöfer, V., 2020: Legislativní souhrn: Výkonnostní normy pro emise CO₂ pro nová těžká vozidla (online) [cit. 2022 03.06], dostupné z <<https://www.dlprofi.cz/33/legislativni-souhrn-vykonnostni-normy-pro-emise-co2-pro-nova-tezka-vozidla-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eo4EsCkVuGXAdvP4-uUTiUo/>>.

DieselNet, ©2012: Heavy-Duty Truck and Bus Engines (online) [cit. 2021.03.10], dostupné z <<https://dieselnet.com/standards/eu/hd.php>>.

Drahotský, I., 2008: Vazba dopravy na vnější prostředí a udržitelný růst. Konference přírodní zdroje, doprava, energetika a udržitelný hospodářský růst ČVUT (online) [cit. 2021. 11. 08.], dostupné z <http://drahotsky.cz/data/drahotsky_prispevek.pdf>.

Dusil, M., 2018: Metody snižování emisí oxidů dusíku. České vysoké učení technické, Praha. 51 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. Ústav techniky prostředí ČVUT v Praze.

EEA, ©2018: Emise CO₂ z aut: fakta a čísla (online) [cit. 2022.03.06], dostupné z <<https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika>>.

European Commission, ©2021: Development of post-Euro 6/VI emission standards for cars, vans, lorries, buses (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <<https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive/environment-protection/emissions>>.

Ferraz, S., 2015: Los motores diesel y la contaminacion (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://www.eoi.es/blogs/redinnovacionEOI/2015/10/08/los-motores-diesel-y-la-contaminacion/>>.

Gasinsight, ©2015: DieselGas LPG & CNG (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <<http://www.diesel-gas.cz/>>.

GasNet, ©2019: LNG (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <<https://www.lng.cz/o-lng.html>>.

GreenChem, ©2014: AdBlue a legislativa (online) [cit. 2022.03.02], dostupné z <<https://cs.greenchem-adblue.com/informations/adblue-emisni-legislativa/>>.

HYTEP, ©2019: Základní informace k vodíku (online) [cit. 2022 03.24], dostupné z <<https://www.hytep.cz/o-vodiku/ve-zkratce>>.

IARC, ©2012: Diesel engine exhaust carcinogenic (online) [cit. 2021.03.02], dostupné z <https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr213_E.pdf>.

Javůrek, K., 2020: LNG budoucnost nákladní dopravy? (online) [cit. 2022 03.18], dostupné z <<https://www.ekontech.cz/clanek/elektricky-kamion-tesla-semi-bude-na-trhu-pozdeji-ale-ujede-vice-kilometru-na-jedno-nabiti>>.

Kovačovská, M., 2022: V dopravě roste zájem o pohon na zemní plyn, včetně LNG (online) [cit. 2022 03.16], dostupné z <<https://www.hybrid.cz/v-doprave-roste-zajem-o-pohon-na-zemni-plyn-vcetne-lng/>>.

Krištín J., Kočan A., 1998: Distribúcia, tvar, veľkosť a chemické zloženie respirabilných častíc v ovzduší. Univerzita Komenského, Bratislava, 220 s.

Kudlík, M., 2015: Technologie selektivní katalytické redukce. Vysoké učení technické, Brno. 55 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. Energetický ústav VUT Ústav automobilového a dopravního inženýrství VUT v Brně.

Kyselová, K., 2020: LNG budoucnost nákladní dopravy? (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <<https://www.petrol.cz/aktuality/lng-budoucnosti-nakladni-dopravy-6763>>.

Lukáš, T., 2008: Technologie snižování emisí u nákladních vozidel (online) [cit. 2022 02.28], dostupné z <<https://luckybloguj.blogspot.com/2008/06/technologie-snihovn-emis-u-nkladnch.html>>.

Malý O., 2009: Systém filtru pevných částic FAP. AutoExpert 10: 26.

Markovič, J., 2020: Vodík má zlevnit, musí ale překonat technické potíže (online) [cit. 2022 03.25], dostupné z <<https://autobible.euro.cz/z-kuriozity-bezным-palivem-vodik-ma-zlevnit-musi-ale-prekonat-technicke-potize/>>.

Mašek, F., 2017: Jak funguje systém SCR pro snižování emisí u diesellových motorů? (online) [cit. 2022 03.03], dostupné z <<https://www.tipcars.sk/magazin/aktuality/jak-funguje-system-scr-pro-snizovani-emisi-u-dieselovych-motoru.html>>.

MDČR, ©2019: Metodický postup měření emisí vozidel ve stanicích měření emisí (SME), ve stanicích technických kontrol (STK) a při provádění technických silničních kontrol (TSK) (online) [cit. 2022 03.28], dostupné z <<https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Ministerstvo/Vestniky-dopravy/Vestniky-dopravy-2019/Vestnik-dopravy-10-2019/Metodicky-postup-mereni-emisi-18-9-2019.pdf.aspx>>.

MŽP, 2018: Zpráva o stavu životního prostředí 2017. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 48 s.

Náhlík, T., 2015.: Emisní normy pro motorová vozidla a měření emisí. Vysoké učení technické, Brno. 61 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. Energetický ústav VUT v Brně.

National Center for Biotechnology Information, ©2022: PubChem Compound Summary, Hydrogen (online) [cit. 2022 03.24], dostupné z <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hydrogen>>.

Novák R., 2018: Mezinárodní silniční nákladní přeprava a zasílatelství. C. H. Beck, Praha, 342 s.

Perry R., Gee I. L., 1994: Vehicle Emissions and Effects on Air Quality: Indoors and Outdoors. Indoor Environment 3: 224–236.

Rada EU, ©2019: Snižování emisí: Rada přijala emisní normy CO₂ pro nákladní automobily (online) [cit. 2022.03.06], dostupné z <<https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2019/04/15/stricter-co2-emission-standards-for-cars-and-vans-signed-off-by-the-council/>>.

Rovný, T., 2021: Nové emisní normy směřují k zániku spalovacích motorů normy (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <<https://ekonomickydenik.cz/nove-emisni-normy-smeruji-k-zaniku-spalovacich-motoru-uz-v-roce-2025/>>.

Rybecký, V., 2018: Snížení CO₂ u nákladních automobilů (online) [cit. 2022 03.07], dostupné z <<https://autobible.euro.cz/snizeni-emisi-co2-u-nakladnich-automobilu/>>.

Sajdl, J., 2014: AdBlue (online) [cit. 2021.03.02], dostupné z <<https://www.autolexicon.net/cs/articles/adblue/>>.

Sajdl, J., 2012: Emise výfukových plynů (online) [cit. 2021.02.21], dostupné z <<https://www.autolexicon.net/cs/articles/emise-vyfukovych-plynu/>>.

Sajdl, J., 2015: Emisní norma EURO (online) [cit. 2021.03.10], dostupné z <<https://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>>.

Schauhuberová, M., 2013: Řešení pro čistá města – CNG (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <<https://www.cngplus.cz/lng-vs-cng.html>>.

Skeřil, R., 2017: Kvalita ovzduší na území ČR v roce 2017 aneb první dojmy z ročenky ČHMÚ (online) [cit. 2021.11.08], dostupné z <<http://www.ovzdusi-brno-jm.cz/index.php/2018/11/18/kvalita-ovzdusi-na-uzemi-cr-v-roce-2017/>>.

Skořepa, M., 2020: LNG budoucnost nákladní dopravy? (online) [cit. 2022 03.18], dostupné z <<https://elektrickevozy.cz/clanky/nejvetsi-konkurence-tesly-na-politahacu-scania-odhalila-plne-elektricke-a-plug-in-hybridni-modely>>.

Symon K., Bencko V., 1988: Znečištění ovzduší a zdraví. Avicenum, Praha, 252 s.

Šidlák, M., 2021: Výrobci nákladňáků plní emisní cíle dobře (online) [cit. 2022 03.07], dostupné z <https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/emise-co2-kamion-scania-renault-iveco.A211011_120127_automoto_fdv>.

Šmerda, T., Čupera, J., 2010: Emise vznětového motoru SCR (online) [cit. 2022.03.02], dostupné z <<http://www.agrics.cz/obrazky-soubory/emise-vznetoveho-motoru-a-system-scr-4107d3.pdf?redir>>.

Timocom, ©2020: Proč dnes již nejsou nutné jízdy naprázdno (online) [cit. 2022 03.18], dostupné z <<https://www.timocom.cz/blog/zamezit-co2-jizdam-naprazdno-a-setrit-vydaje>>.

Trnka, L., 2021: Emise Euro 7 aneb kam směřují emisní normy (online) [cit. 2022 03.17], dostupné z <https://www.technickytydenik.cz/rubriky/poutaky/emise-euro-7-aneb-kam-smeruji-emisni-normy_53312.html>.

U.S. Energy Information Administration, ©2010: Glossary: Global warming potential (GWP) (online) [cit. 2021.11.08], dostupné z <<https://www.eia.gov/tools/glossary/index.php?id=G>>.

Valentin, V., 2021: Alternativní možnosti snižování emisí CO₂ v oblasti silniční dopravy a silničního hospodářství (online) [cit. 2022 03.07], dostupné z <<https://www.silnice-mosty.cz/702-alternativni-moznosti-snizovani-emisi-co2-v-oblasti-silnicni-dopravy-a-silnicniho-hospodarstvi/>>.

Vlastníková, D., 1999: Znečištění srážkových vod z pozemních komunikací. České vysoké učení technické, Praha. (diplomová práce). 87 s. „nepublikováno“. Dep. Ústav techniky prostředí ČVUT v Praze.

VŠCHT, ©2014: Emise z výfukových plynů motorových vozidel (online) [cit. 2021.11.08], dostupné z <<https://cv.vscht.cz/files/uzel/0014041/0013~~c83NLE5VKDu8N600Ox9IJWcoFORU5h1dDwA.pdf?redirected>>.

VŠCHT, ©2006: Vodíkový palivový článek – pohon budoucnosti? (online) [cit. 2021.03.24], dostupné z <<https://www.mmspektrum.com/clanek/vodikovy-palivovy-clanek-pohon-budoucnosti>>.

Vrbová, Z., 2022: Evropský parlament: EU by si měla stanovit 10 % cíl pro vodík (online) [cit. 2022 03.25], dostupné z <<https://oenergetice.cz/vodik/evropsky-parlament-eu-by-si-mela-stanovit-10-cil-vodik>>.

Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, v platném znění.

Seznam použité grafiky

Seznam tabulek

Tabulka 1: Emisní limity Euro pro těžká silniční vozidla (VŠCHT, ©2014), vlastní zpracování.

Tabulka 2: Emisní limity Euro VI (Transport & Environment, ©2021), vlastní zpracování.

Tabulka 3: Principy měření u jednotlivých norem Euro (DieselNet, ©2012) (online) [cit. 2022.03.19] dostupné z <<https://dieselnet.com/standards/eu/hd.php>>.

Tabulka 4: Emisní limity Euro VII, v konfrontaci s Euro VI (Transport & Environment, ©2021), vlastní zpracování.

Tabulka 5: Kontroly – Scania (Stanice měření emisí Mariánské Lázně, 2022).

Tabulka 6: Závady zjištěné na vozidle – Scania (Stanice měření emisí Mariánské Lázně, 2022).

Tabulka 7: Kontroly – Mercedes-Benz (Stanice měření emisí Praha, 2022).

Tabulka 8: Závady zjištěné na vozidle – Mercedes-Benz (Stanice měření emisí Praha, 2022).

Seznam obrázků

Obrázek 1: Složení výfukových plynů vznětových motorů (Stejskalík, 2012 (online) [cit. 2022.02.21]), dostupné z <<https://docplayer.cz/3493974-Snizovani-emisi-skodlivin-u-vznetovych-motoru.html>>.

Obrázek 2: Filtr pevných částic (DPF) (Velecký, 2014 (online) [cit. 2022.02.21]), dostupné z <<https://m.autorevue.cz/filtry-pevných-částic-aneb-dpf-3/4-7-rad-jak-předchazet-problemum>>.

Obrázek 3: Řez a princip DPF (Bartoník, 2014 (online) [cit. 2022.02.21]), dostupné z <<https://docplayer.cz/3493974-Snizovani-emisi-skodlivin-u-vznetovych-motoru.html>>.

Obrázek 4: Systém EGR (Anonymus, 2016 (online) [cit. 2022.02.28]), dostupné z <<https://blogauto.cz/egr-ventil/>>.

Obrázek 5: Zjednodušený princip SCR (Shankarankutty, 2021 (online) [cit. 2022.03.02]), dostupné z <<https://www.onmanorama.com/news/business/2021/08/26/adblue-what-is-it-and-how-does-it-work-in-certain-diesel-vehicle.html>>.

Obrázek 6: Princip SCR (Ferraz, 2015 (online) [cit. 2022.03.02]), dostupné z <<https://www.eoi.es/blogs/redinnovacionEOI/2015/10/08/los-motores-diesel-y-la-contaminacion/>>.

Obrázek 7: Postupné snižování emisí v rámci jednotlivých norem Euro (Ferraz, 2015 (online) [cit. 2022.03.19]), dostupné z <<https://www.eoi.es/blogs/redinnovacionEOI/2015/10/08/los-motores-diesel-y-la-contaminacion/>>.

Obrázek 8: Podíl jednotlivých druhů dopravy na emisích CO₂ (EEA, ©2016 (online) [cit. 2022.03.06]), dostupné z <<https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190313STO31218/emise-co2-z-aut-fakta-a-cisla-infografika>>.

Obrázek 9: Emise CO₂ ze silniční dopravy (EEA, ©2018 (online) [cit. 2022.03.06]), dostupné z <<https://www.consilium.europa.eu/cs/press/press-releases/2019/04/15/stricter-co2-emission-standards-for-cars-and-vans-signed-off-by-the-council/>>.

Obrázek 10: Nádrž na LPG u tahače (Greenpoint, ©2018 (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z <<https://www.greenpointfuels.nl/lng-trucks-vrijgesteld-van-maut-in-duitsland/>>.

Obrázek 11: Označení LPG na nádrži (Štengl, 2020 (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z <<https://transport-logistika.cz/zpravy/silnicni-doprava/prvni-low-deckove-scanie-na-lng-v-cesku-prevzalo-dhl-automotive/>>.

Obrázek 12: Model Tesla Semi (Tesla, ©2020 (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z <https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Tesla_Semi_3.jpg>.

Obrázek 13: Plně elektrifikovaný tahač Scania (Scania, ©2020 (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z <<https://elektrickevozy.cz/clanky/nejvetsi-konkurence-tesly-na-poli-tahacu-scania-odhalila-plne-elektricke-a-plug-in-hybridni-modely>>.

Obrázek 14: Plug-in hybrid Scania (Scania, ©2020 (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z <<https://www.ekontech.cz/clanek/elektricky-kamion-tesla-semi-bude-na-trhu-pozdeji-ale-ujede-vice-kilometru-na-jedno-nabiti>>.

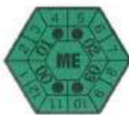
Obrázek 15: Vodíkový palivový člunek (Novák, 2018 (online) [cit. 2022.03.24], dostupné z <<http://www.droneweb.cz/aktuality/item/260-plalivove-clanky-drony>>.

Obrázek 16: Komponenty nákladního vozidla na vodík (Scania, ©2020 (online) [cit. 2022.03.24], dostupné z <<https://www.busportal.cz/clanek/vodik-jako-palivo-budoucnosti-13792>>.

Obrázek 17: Mercedes-Benz-GenH2 (Daimler, ©2020 (online) [cit. 2022.03.25], dostupné z <<https://www.hybrid.cz/vodikovy-kamion-mercedes-benz-mel-ujet-az-1000-km-na-jedno-natankovani-k-zakaznikum-pujde-do-dvou-let/>>.

Obrázek 18: Palivové články Mercedes (Daimler, ©2020 (online) [cit. 2022.03.25], dostupné z <<https://www.hybrid.cz/vodikovy-kamion-mercedes-benz-mel-ujet-az-1000-km-na-jedno-natankovani-k-zakaznikum-pujde-do-dvou-let/>>.

Přílohy



SME č. 54.02.01
Tel.: 604917905, 354422048
E-mail: koermak@centrum.cz

Název provozovatele:
DP RENT s.r.o.
Sídlo firmy:
Tepelská 551, Mariánské Lázně, 35301
Adresa provozovny:
Tepelská 551/5, Mariánské Lázně 35301

IČO: 28045548
DIČ: CZ28045548

ID: 10987097

PROTOKOL č. CZ-540201-22-01-0070 o měření emisí vozidla se vznětovým motorem s řízeným systémem s OBD

D.1 Tovární značka:	SCANIA	1. Druh vozidla:	TAHAČ NÁVĚSŮ
D.2 Obchodní označení (typ):	R 360	J. Kategorie vozidla:	N3
E. VIN (č. karoserie):	████████████████████	A. Registrační značka:	██████████
7. Typ motoru:	DC 1306	B. Datum první registrace:	29.09.2009
Výrobní č. motoru *):		Typ emisního systému:	Řízený s OBD
Stav počítáče ujeté vzdálenosti (km):	962499	Druh paliva:	NM

KONTROLA:

Výsledek vizuální kontroly:	vyhovuje	
Výsledek kontroly readiness kódů:	nastavené	
Výsledek kontroly závad řídicí jednotky motoru:	MIL: nesvíti	
Vyhodnocení stavu řídicí jednotky:	---	
	emisně relevantní závady	
Otáčky [min ⁻¹]	Předepsané	Naměřené
Volnoběžné	#450 - #600	500
Přeběhové	#2350 - #2450	2440
Korigovaný součinitel absorpce [m ⁻¹]		0,67
Hodnota kouřivosti naměřená [m ⁻¹]		0,74
Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření [m ⁻¹]	dovolené	max #0,25
	naměřené	0,45

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

Poznámky: Detailní výpis výsledků kontroly emisí je uveden v příloze tohoto protokolu
Typ motoru instalovaného ve vozidle souhlasí s typem motoru uvedeným v dokladech
Vozidlo není vybaveno pomocným VINem

Vozidlo z hlediska měření emisí nevyhovuje
Vylepena ochranná nálepka č.
Měření emisí provedl kontrolní technik, osvědčení č.: KTE00077

Datum provedení měření emisí: 06.01.2022
Protokol vystaven dne: 06.01.2022

Za správnost:

Podpis

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



Příloha 1: Protokol o měření emisí vozidla Scania, 1. část

Datum a čas měření:
06.01.2022 12:02:00

Č. protokolu:
CZ-540201-22-01-0070

VIN: XXXXXXXXXX

ZÁVADY ZJIŠTĚNÉ NA VOZIDLE:

LEHKÉ (A) (počet závad)	0
VÁŽNÉ (B) (počet závad)	3
8.2.2.2.1.1	Naměřená hodnota kouřivosti přesahuje úroveň korigovaného součinitele absorpce uvedenou na štítku výrobce.
8.2.2.2.1.11	Emisní relevantní závady získané z řídicí jednotky.
8.2.2.2.1.8	Povolený rozptyl kouřivosti byl překročen.
NEBEZPEČNÉ (C) (počet závad)	0

Komunikační protokol: ISO 15765

Identifikační řetězcce:
CALID: 2286187

CVN: — VIN:

Stav Readiness (údaje mimo J1939):

	Comp	Fuel	Misf	EGR/VVT	DPF	EGS	A/C	Boost	Reserve	NOx	NMHC
Podporované	x	√	x	√	x	x	x	x	x	x	x
Otestované	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Výpis DTC: P2BAC. Celkem 1 závada.

Vzdálenost ujetá při aktivní DTC: 0 km

Stav MIL: nesvítil

Palivo: NM

Platné měření	n_vol [min ⁻¹]	n_ref [min ⁻¹]	t_acc [s]	k [m ³]	TPS [%]
1	500	2420	1,52	0,78	0
2	500	2440	1,42	0,46	0
3	500	2440	1,48	0,80	0
4	500	2440	1,32	0,91	0
Průměr posledních 4 platných	500	2435	1,44	0,74	0
Limit	#450 - #600	#2350 - #2450	max 5	max #0,67	—





SME č. 41.10.25
Tel.: 296135643
E-mail: vitek@dpp.cz

Název provozovatele:
Dopravní podnik hl.m. Praha a.s., Zapsána u
Měst.soudu v Praze oddíl B, vložka 847
Sídlo firmy:
Sokolovská 42/217, Praha 9, 19000
Adresa provozovny:
U Vozovny 6, Praha 10856

IČO: 00005886
DIČ: CZ00005886

ID: 4687521

PROTOKOL č. CZ-411025-19-09-0048
o měření emisí vozidla se vznětovým motorem s řízeným systémem s OBD

D.1 Tovární značka:	MERCEDES-BENZ	1. Druh vozidla:	NÁKLADNÍ AUTOMOBIL
D.2 Obchodní označení (typ):	ACTROS 1841 L/NR	J. Kategorie vozidla:	N3
E. VIN (č. karoserie):	████████████████████	A. Registrační značka:	██████████
7. Typ motoru:	OM 501 LA.V/3	B. Datum první registrace:	31.05.2012
Výrobní č. motoru *):	NEEVID	Typ emisního systému:	Řízený s OBD
Stav počítáče ujeté vzdálenosti (km):	875876	Druh paliva:	NM

KONTROLA:

Výsledek vizuální kontroly:	vyhovuje	
Výsledek kontroly readiness kódů:	nastavené	
Výsledek kontroly závad řídicí jednotky motoru:	MIL: nesvítil	
Vyhodnocení stavu řídicí jednotky:	---	
Vyhodnocení stavu řídicí jednotky:	bez závad	
Otáčky [min ⁻¹]	Předepsané	Naměřené
Volnoběžné	510 - 610	560
Přeběhové	#1800 - 2360	2270
Korigovaný součinitel absorpce [m ⁻¹]	0,80	
Hodnota kouřivosti naměřená [m ⁻¹]	0,02	
Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření [m ⁻¹]	dovolené	max 0,25
	naměřené	0,00

Použitý kouřoměr (výrobce, typ): AVL DiTEST GmbH, AVL DiSmoke 480, AVL OBD 1000, V2.4.0 12/2016, V2.4 08/2008
Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření kouřoměru.

Poznámky jsou uvedeny v příloze.

Vozidlo z hlediska měření emisí vyhovuje
Vylepena ochranná nálepka č.
Měření emisí provedl kontrolní technik, osvědčení č.: BNA6270

Datum provedení měření emisí: 11.09.2019
Protokol vystaven dne: 11.09.2019

Za správnost:



Podpis

*) Pouze, je-li uvedeno v TP vozidla

Datum a čas měření:
11.09.2019 12:03:00

Č. protokolu:
CZ-411025-19-09-0048

VIN: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

ZÁVADY ZJIŠTĚNÉ NA VOZIDLE:

LEHKÉ (A) (počet závad)	0
VÁŽNÉ (B) (počet závad)	0
NEBEZPEČNÉ (C) (počet závad)	0

Poznámky: Detailní výpis výsledků kontroly emisí je uveden v příloze tohoto protokolu
hodnoty stanovené výrobcem vozidla čerpány z el. databáze Dekra
Povinnou součástí protokolu jsou přílohy o vyčtení řídící jednotky a Readiness code.
Typ motoru instalovaného ve vozidle souhlasí s typem motoru uvedeným v dokladech

Komunikační protokol: ISO 15765

Identifikační řetězec:

CALID: 1505030406030000

CVN: ---

VIN: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Stav Readiness (údaje mimo J1939):

	Comp	Fuel	Misf	EGR/VVT	DPF	EGS	A/C	Boost	Reserve	NOx	NMHC
Podporované	√	√	x	x	x	x	x	x	x	x	√
Otestované	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Výpis DTC: ---, Celkem 0 závad.

Vzdálenost ujetá při aktivní DTC: 0 km

Stav MIL: nesvíti

Palivo: NM

Platné měření	n_vol [min ⁻¹]	n_ref [min ⁻¹]	t_acc [s]	k [m ⁻¹]	TPS [%]
1	560	2270	2,55	0,02	0
2	560	2280	3,24	0,02	0
Průměr posledních 2 platných	560	2270	0	0,02	0
Limit	510 - 610	#1800 - 2360	max 5	max #0,80	---

