

**Vysoká škola logistiky o.p.s.**

**Využití alternativních paliv pro  
silniční vozidla**

(Diplomová práce)



**Vysoká škola  
logistiky**  
o.p.s.

## Zadání diplomové práce

student **Bc. Josef Bureš**

studijní program Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Využití alternativních paliv pro silniční vozidla**

Cíl práce:

Na základě provedené analýzy navrhnout adaptaci alternativních paliv a předložit ekonomické indikátory v osobní dopravě. Navrhovaná řešení zhodnotit.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretická východiska řešení
2. Pohony silničních vozidel
3. Nastavení ekonomických indikátorů v osobní dopravě
4. Návrh řešení vozidlového parku
5. Ekonomické a provozní vyhodnocení návrhu

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

MATĚJOVSKÝ, Vladimír. Automobilová paliva. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0350-5.

VLK, František. Paliva a maziva motorových vozidel. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6461-5.

VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 80-239-1602-5.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D., DBA

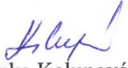
Datum zadání diplomové práce:

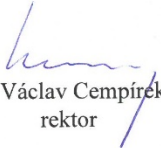
31. 10. 2021

Datum odevzdání diplomové práce:

12. 5. 2022

Přerov 31. 10. 2021

  
Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.  
rektor

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou bakalářskou/diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom/a povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že bakalářská/diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 12. 05. 2022

.....

podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu prof. Ing. Václavu Cempírkovi, Ph.D., DBA za věcné připomínky, cenné rady, které mi při psaní diplomové práce věnoval. Dále děkuji vedení společnosti ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY s.r.o. za vstřícnost při poskytování provozních údajů.

## **Anotace**

Na základě ekonomického a provozního hodnocení vozového parku nastavit ekonomické indikátory ovlivňující provoz a předložit návrhy. Vytvořit přehled legislativních opatření, cílů programu Green Deal EU, zhodnocení různých typů pohonů používaných vozidel hromadné přepravy osob v kontextu provozních nákladů, využitelnosti vzhledem k povaze linek osobní dopravy a návrh ekonomických indikátorů. V závěru předložit návrh vozového parku pro danou společnost.

## **Klíčová slova**

doprava, alternativní paliva, osobní doprava, Green Deal, logistika

## **Annotation**

Based on the economic and operational evaluation of the fleet, set economic indicators affecting operations and submit proposals. To produce an overview of legislative measures, the objectives of the EU Green Deal programme, an assessment of the different types of propulsion used by public passenger transport vehicles in the context of operating costs, availability in relation to the nature of passenger transport routes and a proposal for economic indicators. Finally, to present a fleet proposal for the company.

## **Keywords**

transportation, alternative fuels, passenger transport, Green Deal, logistics

# Obsah

Úvod .....	9
<b>1 Teoretická východiska řešení, emise, znečištění .....</b>	<b>10</b>
1.1 Znečištění ovzduší .....	10
1.2 Green Deal .....	11
1.3 Národní akční plán čisté mobility .....	13
<b>2 Pohony a paliva silničních vozidel .....</b>	<b>15</b>
2.1 Konvenční paliva .....	16
2.1.1 Benzín .....	16
2.1.2 Motorová nafta .....	18
2.2 Alternativní paliva .....	19
2.2.1 Bionafta .....	20
2.2.2 Bioethanol .....	22
2.2.3 LPG .....	24
2.2.4 CNG .....	26
2.2.5 LNG .....	28
2.2.6 Vodík (palivové články) .....	30
2.3 Elektromobilita .....	32
2.3.1 Elektromotory .....	33
2.3.2 Nabíjení .....	33
2.3.3 Akumulátory .....	34
2.3.4 Hybridní pohon .....	36
2.3.5 Trolejbusy .....	36
2.4 Shrnutí .....	37
<b>3 Nastavení ekonomických indikátorů v osobní dopravě .....</b>	<b>38</b>
3.1 Autobusy používané v osobní dopravě .....	38
3.1.1 Podle velikosti .....	38

3.1.2	Podle využití.....	39
3.2	Nabídka autobusů .....	41
3.2.1	Elektrobusy a vodíkové autobusy.....	41
3.2.2	Autobusy na CNG .....	47
3.3	Infrastruktura .....	47
3.3.1	Elektromobilita.....	48
3.3.2	Stanice CNG.....	49
3.4	Dotace na nákup ekologických autobusů.....	49
<b>4</b>	<b>Návrh řešení vozového parku.....</b>	<b>53</b>
4.1	Základní údaje společnosti ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY s.r.o. ....	53
4.2	Aktuální stav vozového parku .....	54
4.3	Provozní náklady .....	61
4.4	Implementace autobusů na alternativní pohon do provozu .....	66
4.4.1	Autobusy na CNG .....	66
4.4.2	Elektrobusy.....	69
4.4.3	Autobusy na LPG .....	72
4.4.4	Hybridy.....	72
4.4.5	Plnicí stanice CNG .....	73
4.4.6	Dobíjecí stanice el. ....	74
<b>5</b>	<b>Ekonomické a provozní vyhodnocení návrhu.....</b>	<b>75</b>
5.1	Výpočet návratnosti investice do pohonu CNG.....	76
5.2	Výpočet návratnosti investice do elektrického pohonu .....	78
	<b>Závěr.....</b>	<b>80</b>
	<b>Seznam zdrojů .....</b>	<b>82</b>
	<b>Seznam tabulek, grafů a obrázků .....</b>	<b>85</b>
	<b>Seznam zkratk.....</b>	<b>88</b>



## Úvod

Obliba služeb hromadné přepravy osob stále roste, je to způsobeno několika faktory, například rostoucími cenami pohonných hmot, kdy stále více obyvatel již na provoz osobního automobilu finančně nedosáhne. Lidé se též snaží o zdravější životní styl, volí přepravu hromadnou dopravou, jelikož na zastávku či nádraží musí dojít pěšky místo toho, aby v místě bydliště rovnou nasedli do svého vozu a v cílové destinaci opět vystoupili.

Významný vliv na znečištění způsobené dopravou mají dopravci provozující hromadnou dopravu. Jednou z možností pro dopravce, jak se s touto svízelnou situací vypořádat, je implementace více druhů pohonů, včetně těch alternativních, autobusů ve svém vozovém parku. Zde ovšem vyvstává zásadní problém a tím je finanční stránka věci. Přesto, že je redukce skleníkových plynů a všech negativních dopadů na životní prostředí zakotvena v mnoha strategických dokumentech, jak na úrovni EU, tak národních akčních plánech, stále není dostatečná pomoc ze strany těchto subjektů pro samotné dopravce. To znamená, že každý dopravce hledá optimální průnik mezi svými potřebami, jelikož jako každý podnikající subjekt vykazuje činnost za účelem dosažení zisku a potřeb společnosti. Tudíž v optimálním případě jde o nalezení řešení, které sníží negativní dopady na životní prostředí, tak i sníží náklady dopravní společnosti.

Zaměřením této diplomové práce je analýza alternativ ke konvenčním palivům a následné porovnání investičních nákladů při jejich použití v praxi. Součástí této práce je zároveň teoretický rozbor alternativních paliv.

Vzhledem k současnému vývoji technologií v EU je společností ASČ předpokládáno, že nejlepší alternativou ke konvenčním palivům pro střednědobý horizont bude CNG a elektrobuses. V závislosti na této hypotéze jsem při zpracování kladl důraz zejména na toto alternativní palivo. V průběhu analýzy jsem podrobně zkoumal infrastrukturu, ekonomiku, ekologii a další relevantní aspekty nasazení technologie v rámci provozu ASČ.

Analýzu bude třeba zaměřit na vývoj vybraných ukazatelů, které mají vazbu na stávající stav vozového parku. ASČ, jakožto společnost provozující veřejnou dopravu, ovlivňuje životní prostředí i způsobem, jakým je daný vozový park provozován. Pozornost je věnována i základním ekonomickým ukazatelům a nákladům souvisejícím s nákupem a provozem autobusů.

# 1 Teoretická východiska řešení, emise, znečištění

Narůstající počet vozidel, a s tím spjatý nárůst objemů silniční dopravy, má ovšem několik negativních aspektů. Jedním z nich jsou tenčící se celosvětové zásoby ropy. Přestože se díky dnešním technologiím dají relativně dobře mapovat podzemní úložiště ropy, tak bohužel nelze přesně určit, kolik jí ještě zbývá. Některé země strategicky neuvádí kapacity všech svých ložisek a některá ložiska pravděpodobně stále ještě nebyla nalezena. V současnosti se nicméně odhaduje, že zásoby ropy jsou přibližně 1,6 bilionu barelů. Odhadovaná denní spotřeba ropy se pohybuje okolo 100 milionů barelů. Jednoduchým výpočtem lze tedy dopočítat, že současné zásoby ropy lidstvu vydrží přibližně 45 let. Je ovšem možné, že se v budoucnu najdou nová ložiska ropy a toto číslo ještě naroste, nicméně je jisté, že zásoby ropy nejsou nekonečné, přeci jen jde o fosilní palivo. Tento problém lze ale řešit hledáním alternativních paliv, a to zejména z obnovitelných zdrojů. [1]

## 1.1 Znečištění ovzduší

Největším problémem silniční dopravy je narůstající množství škodlivých emisí výfukových plynů v ovzduší. Emise automobilové dopravy obsahují několik druhů škodlivých látek, které mají negativní dopady na člověka a životní prostředí jako celek. Mezi tyto látky patří zejména [2]:

- Oxid uhelnatý (CO) – snižuje schopnost krve přenášet kyslík,
- Oxidy dusíku (NOx) – tyto plyny již v malých koncentracích způsobují pocit dušení a nutí ke kašli, velmi zvyšují riziko onemocnění dýchacích cest,
- Uhlovodíky (HC) – určité skupiny uhlovodíků dráždí sliznici a oči, některé skupiny jsou karcinogenní,
- Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) – přispívá k tvorbě skleníkových plynů, které vytváří tzv. skleníkový efekt na Zemi a ten přispívá ke globálnímu oteplování,
- Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) – násobí efekty ostatních látek,
- Přízemní ozón (O<sub>3</sub>) – snižuje schopnost plic normálně fungovat,
- Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) – rakovinotvorné uhlovodíky,
- Aldehydy – mohou způsobovat poruchy dýchání, chronická onemocnění typu astma, kožní alergie a zvyšují riziko rakoviny či leukémie,

- Pevné částice (PM) – jde o drobné částice pevného skupenství, které pro svou velikost dovede unášet i vítr. Jejich zvýšená koncentrace negativně ovlivňuje zdraví lidí a zároveň se podílí na vzniku důležitých atmosférických dějů jako vznik vodních srážek a ovlivňují teplotní bilanci na Zemi. U těchto částic se sleduje hlavně jejich velikost. Nejčastěji jde o částice PM 10 a PM 2,5, tato označení značí velikost daných částic, a to částice menší než 10  $\mu\text{m}$ , respektive menší než 2,5  $\mu\text{m}$ . [2]

## 1.2 Green Deal

Koncem roku 2019 udělala EU zásadní krok ve strategii a přístupu k životnímu prostředí. Vytvořila tzv. Zelenou dohodu pro Evropu (dále jako Dohoda). Jde o plán, kterým chce EU zajistit udržitelnost hospodářství. Stěžejním a velmi ambiciózním cílem této Dohody je z Evropy do roku 2050 udělat první klimaticky neutrální kontinent na světě. Na základě této Dohody předložila Evropská komise koncem roku návrh evropského zákona o klimatu, čímž by se z Dohody stal právní závazek, což by znamenalo podnícení investic v jednotlivých členských státech EU a společnostech působících na území EU. Hlavními opatřeními k dosažení tohoto cíle v rámci jednotlivých odvětví hospodářství budou investice. Ty by měly směřovat hlavně do nových technologií šetrných k životnímu prostředí, vývoji inovací. Z hlediska dopravy půjde o investice vedoucí k zavedení čistší, levnější a zdravější formy soukromé a veřejné dopravy.

Alternativní paliva a pohony jsou proto výborným nástrojem k dosažení cílů jednotlivých dohod, jak z hlediska legislativy, provozu a přínosů pro životní prostředí a udržitelnosti dopravy, jakožto velkého znečišťovatele ovzduší v rámci hospodářství.

Doprava přispívá k HDP EU přibližně 5 % a zaměstnává v Evropě víc než 10 milionů lidí. Proto má dopravní systém zásadní význam pro evropské podniky a globální dodavatelské řetězce. Za dopravu však naše společnost platí: jsou s ní spojeny emise skleníkových plynů a znečišťujících látek, hluk, dopravní nehody a dopravní zácpy.

Dnes představují emise z dopravy přibližně 25 % celkových emisí skleníkových plynů v EU. Objem těchto emisí navíc v posledních letech roste. Naším cílem je stát se do roku 2050 prvním klimaticky neutrálním kontinentem. To vyžaduje ambiciózní změny v dopravě. K dosažení 90% snížení emisí skleníkových plynů způsobených dopravou do roku 2050 je potřeba jasný postup.

Evropská komise přijala soubor návrhů, které uzpůsobí politiky EU v oblasti klimatu, energetiky, dopravy a zdanění tak, aby se mohly podílet na snižování čistých emisí skleníkových plynů do roku 2030 alespoň o 55 % oproti roku 1990.

Klíčové právní předpisy a politiky EU

- Systém EU pro obchodování s emisemi (EU ETS) ke snížení emisí skleníkových plynů z odvětví energetiky, průmyslu a letů v rámci EU,
- Národní cíle pro sektory mimo obchodování s emisemi, jako je doprava, stavebnictví a zemědělství,
- Zajištění, že naše lesy a půda přispívají k boji proti změně klimatu.
- Snížení emisí skleníkových plynů z dopravy, např. prostřednictvím emisních norem CO<sub>2</sub> pro vozidla,
- Posílení energetické účinnosti, obnovitelné energie a řízení energetických a klimatických politik zemí EU,
- Podpora inovativních nízkouhlíkových technologií,
- Postupné snižování fluorovaných skleníkových plynů oteplování klimatu,
- Ochrana ozónové vrstvy,
- Přizpůsobení se dopadům změny klimatu,
- Financování opatření v oblasti klimatu.

Udržitelná mobilita

- konec dotací na fosilní paliva,
- obchodování s emisemi i v námořní dopravě,
- efektivní zpoplatnění silnic v rámci EU,
- 1 milion dobíjecích stanic do roku 2025 v rámci EU. [3]

**Balíček „Fit for 55“**

Součástí Zelené dohody pro Evropu je i balíček „Fit for 55“, který představila v červenci 2021 předsedkyně Evropské komise Ursula von der Leyenová. Ten obsahuje nové, ale i upravené legislativní návrhy v oblasti dopravy, energetiky a klimatu, jež mají podpořit snižování emisí skleníkových plynů.

Balíček počítá s tím, že bude rozšířen současný systém emisních povolenek o mnoho dalších oblastí. Jeho součástí by se tak mělo stát i vytápění domácností, které v současnosti vytvářejí velké množství emisí.

Fit for 55 počítá i s omezením prodeje motorových vozidel se spalovacím motorem na benzín či motorovou naftu. K tomu by podle návrhu mohlo dojít už od roku 2035. Návrh na zákaz spalovacích motorů by měl přinést podporu většího prodeje elektromobilů, které jsou unií z hlediska ekologie podporovány. Právě zákaz spalovacích motorů ale vzbudil největší nevoli a je velmi často kritizován politiky i občany jednotlivých zemí EU.

Fit for 55 rozšiřuje velké množství existující legislativy, jako je již zmiňovaný systém emisního obchodování (EU ETS). Mění i směrnici o obnovitelných zdrojích energie, energetické účinnosti, nařízení o využívání půdy či zavádění infrastruktury pro alternativní paliva. Nově balíček stanovuje i evropský akční plán pro lesnictví, zavádí fond sociální politiky a klimatu nebo vytváří návrh nařízení o udržitelné letecké a námořní dopravě. [4, 5]

### **1.3 Národní akční plán čisté mobility**

Národní akční plán čisté mobility (NAP CM) pro období 2015–2018 s výhledem do roku 2030 vychází z požadavku směrnice 2014/94/EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva na přijetí příslušného vnitrostátního rámce politiky pro rozvoj trhu alternativních paliv v odvětví dopravy a příslušné infrastruktury. NAP se zabývá elektromobilitou, CNG, LNG a v omezené míře rovněž vodíkovou technologií (resp. technologií palivových článků). Z důvodu přímé vazby na směrnici 2014/94/EU se tento dokument vztahuje primárně na ta alternativní paliva, u nichž uvedená směrnice požaduje po členských státech, aby v rámci výše uvedeného vnitrostátního rámce definovaly národní cíle pro rozvoj příslušné infrastruktury dobíjecích a plnicích stanic, případně, kde toto považuje za žádoucí (viz oblast vodíkových plnicích stanic). Toto zacílení NAP CM odpovídá rovněž snaze podpořit primárně technologie, které jsou v současnosti na prahu plného komerčního využití. V návaznosti na tuto směrnici bude NAP CM každé tři roky aktualizován.

Zároveň je předkládán v návaznosti na základní strategické dokumenty vlády ČR v oblasti energetiky, dopravy a životního prostředí (Státní energetická koncepce, Dopravní politika ČR pro období 2014-2020 s výhledem do roku 2050, Státní politika životního prostředí ČR 2012-2020 a Strategie regionálního rozvoje ČR 2014-2020, Národní program snižování emisí) za účelem naplnění těchto základních energetických, environmentálních a dopravněpolitických cílů ČR:

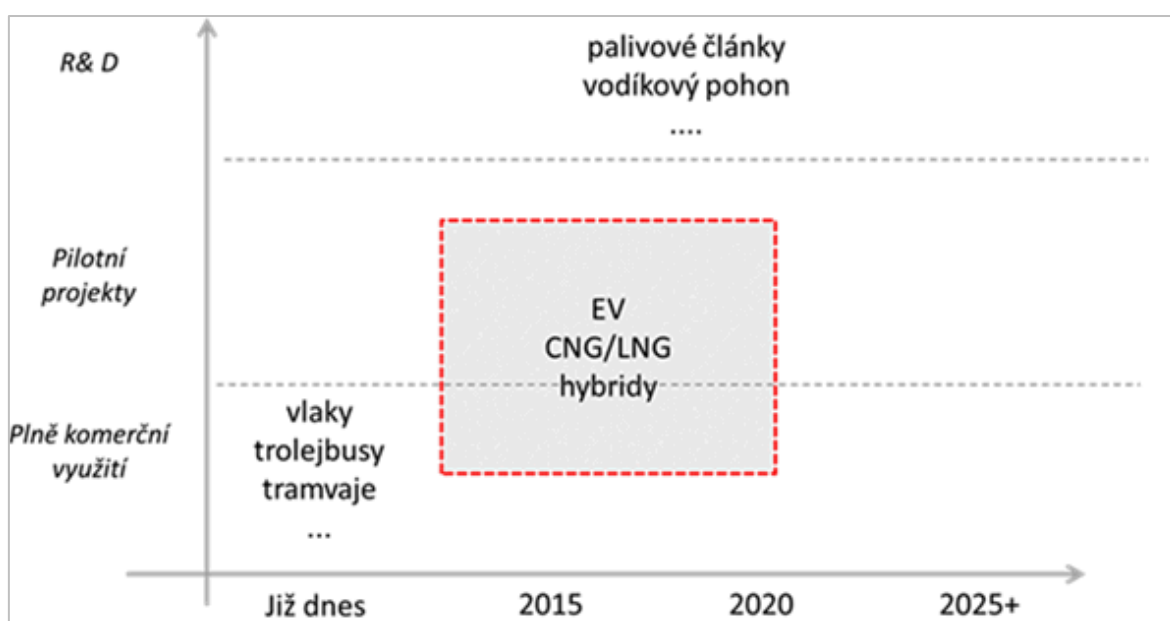
- snížení negativních dopadů dopravy na životní prostředí, zejména pokud jde o emise látek znečišťujících ovzduší a emise skleníkových plynů,

- snížení závislosti na kapalných palivech, diverzifikace zdrojového mixu a vyšší energetická účinnost v dopravě.

Při vytváření tohoto dokumentu se vycházelo ze současných i předpokládaných budoucích závazků ČR ve vztahu k EU v oblasti snižování emisí skleníkových plynů a příslušných cílů Strategie Evropa 2020, zejména pokud jde o dekarbonizaci sektoru dopravy. Ve všech těchto směrech NAP CM přispívá i k naplňování Národního programu reforem ČR 2014 a 2015. [6]

Následující obrázek definuje zaměření NAP CM ve vazbě na stávající a nové technologie.

Obr. 1.1 NAP CM



Zdroj: [6]

## 2 Pohony a paliva silničních vozidel

Nejprve je nutné vymezit a vysvětlit, co znamená pojem alternativní palivo, respektive alternativní pohon. V současnosti je v silniční dopravě všeobecně používané palivo benzín nebo motorová nafta (diesel). V autobusové dopravě jde téměř výlučně o naftu. Všechny ostatní existující druhy paliv a pohonů jsou řazeny do skupiny alternativních.

Další důležitý rozdíl v rámci následujícího dělení je mezi palivem a pohonem. Jako palivo všeobecně označujeme látku nebo způsob získávání energie pro chod motoru. Pohon označuje princip fungování motoru, resp. jakým způsobem dochází k přeměně energie z paliva. Stejně palivo může být tedy využíváno různými druhy pohonů.

V rámci této práce jsou zmiňovány běžně používané a všeobecně uznávané druhy paliv a pohonů s výjimkou elektrických a hybridních motorů, vzhledem k tomu, že nevyužívají paliva, ale elektřinu přímo uloženou ve velkokapacitních bateriích. Následuje popis a přehledová tabulka jednotlivých konvenčních a alternativních pohonů a paliv.

### Konvenční paliva a pohony

- Benzín (B95, B98) – zážehový spalovací motor,
- Motorová nafta (diesel) – vznětový spalovací motor.

### Alternativní paliva a pohony

- Bioethanol (Ethanol 85) – flexibilní zážehový spalovací motor,
- Bionafta – vznětový spalovací motor,
- Zkapalněný ropný plyn (LPG) – upravený zážehový spalovací motor,
- Vodík – elektromotor napájený z palivových článků,
- Stlačený zemní plyn (CNG) – zážehový spalovací motor,
- Zkapalněný zemní plyn (LNG) – zážehový spalovací motor.

Další alternativou je pohon na elektrickou energii. Ten vzhledem k současnému stavu využití v silniční dopravě neuvádím. Jde rovněž o pohon, který získává energii nepřímou, tedy nedochází ke spalování paliva, ale pouze ke spotřebě elektrické energie, která byla vyrobena na jiném místě. [7]

## 2.1 Konvenční paliva

Ropa je kapalná směs uhlovodíků fosilního původu (uhlí, zemní plyn, ropné písky, břidlice), což znamená, že vznikla v dávné minulosti a její zásoby jsou tedy omezené, stejně jako ostatních fosilních paliv a minerálů. Ropa je tekutá světle žlutá až temně černá hmota o hustotě 0,73 i přes 1 t/m<sup>3</sup>. Obsahuje 80 % až 85 % uhlíku, 10 až 15 % vodíku, 4 až 7 % síry a něco málo dusíku.

Základní operací při zpracování ropy je destilace ropy, tedy rozdělení na užší frakce podle bodu varu. Dříve se používala kotlová destilace (obdoba destilace z baňky), dnes se ropa ohřívá v tzv. trubkových pecích (ropa proudí soustavou trubek, které jsou zvenčí ohřívány radiací plamene nebo vedením horkých spalin) a pak se nastříkují do atmosférické destilační kolony, která je vybavena tzv. patry nebo sypanou náplní a zde probíhá destilační dělení. Frakce se odebírají z hlavy kolony a z boku kolony, spodem odchází nedestilující zbytek, označovaný jako mazut.

Frakce z destilace ropy:

- plyny,
- benzinová frakce,
- petrolej,
- plynový olej,
- destilační zbytek (mazut).

Tyto frakce se poté upravují různými způsoby, abychom získali pohonné hmoty, které poskytují vysoký výkon a minimalizují dopad na životní prostředí. Prakticky všechny pohonné hmoty se zbavují sirných sloučenin pomocí hydrogenačního odsíření. Povšimněme si, že mezi frakcemi z destilační kolony se nenachází motorová nafta (diesel), jelikož motorová nafta se připravuje míšením plynového oleje a petroleje v určitém poměru pro daný trh a podnebí, v našich končinách tyto typy nafty známe pod označením „zimní“ a „letní“ nafta. [8]

### 2.1.1 Benzín

Benzín je nažloutlá kapalina vyráběná z ropy. Jeho primární využití je jako palivo v zážehových motorech s vnitřním spalováním. Chemické složení benzínu je na bázi alifatických uhlovodíků. K jeho výrobě dochází frakční destilací ropy při teplotách 30–210



°C, kde se následně zvyšuje oktanové číslo přidáním isooktanu nebo aromatických uhlovodíků benzenu a toluenu.

Benzín je jako palivo používán zejména v individuální automobilové dopravě. Celkový podíl spotřeby benzínu v dopravě byl v roce 2018 přibližně 24 %. Vzhledem k jeho nižší účinnosti při vysokém zatížení se v autobusové dopravě nepoužívá. [7]

Základní požadavky automobilového benzínu:

- dobrá odpařivost při nízkých teplotách pro zajištění startovatelnosti,
- automobilový benzín nesmí obsahovat těžší frakční podíly, aby nedocházelo ke smývání olejového filmu na stěnách válců,
- nízký obsah síry, síra způsobuje korozi palivového systému a snižuje oktanové číslo a zvyšuje obsah škodlivin ve výfukových plynech,
- nesmí obsahovat pryskyřice, které způsobují zanášení trysek a usazují se v sacím potrubí,
- dlouhodobá stabilita zabezpečující nízké ztráty při skladování. [7]

### **Princip fungování motoru**

Benzín je využíván jako palivo pro zážehový spalovací motor. Motory užívané v dopravě jsou běžně čtyřdobé nebo dvoudobé, jde o tzv. čtyřtakty a dvoutakty fungující na principu válců a pístů. Pro dvoustopá silniční vozidla se téměř výlučně používají motory čtyřdobé. Ty mají čtyři fáze provozu, které jsou v jednoduchosti popsány níže.

1. Sání – motor, resp. válec nasává vzduch, do kterého je vstřikováno palivo, a vzniká směs paliva se vzduchem.
2. Komprese – hlava pístu tlačí směs směrem vzhůru.
3. Expanze – elektrická svíčka zažehne stlačenou směs a dojde k výbuchu, jenž způsobí expanzi plynu, která zapříčiní pohyb válce do původní dolní polohy.
4. Výfuk – v průběhu této fáze píst získanou energií spalováním vytlačí otevřeným ventilem zplodiny do výfuku a následně do ovzduší.

Po proběhnutí všech 4 fází (taktů) se proces opakuje. Každá jedna otáčka motoru vyžaduje tedy čtyři takty motoru. Dvoutaktní motor pouze slučuje fáze 1 + 2 a 3 + 4, vznikají tedy 2 takty. [9]

### 2.1.2 Motorová nafta

Motorová nafta, také označována jako diesel (dále jen nafta), je bezbarvá až nahnědlá kapalina. Nafta se využívá primárně jako palivo pro vznětové spalovací motory. Jde o směs kapalných uhlovodíků a získává se destilací a rafinací z ropy, obvykle při teplotách 150–370°C. K její výrobě dochází převážně mísením dvou složek, petroleje, který je destilován v rozmezí 160–260 °C, a plynového oleje s destilačním rozmezím 250–350 °C.

Vzhledem k energetické povaze nafty je převážně využívána v oblastech, kde dochází k vysoké zátěži motoru při nízkých otáčkách. Z provozního pohledu jde tedy o ideální palivo pro nákladní dopravu. V roce 2018 byl podíl spotřeby nafty v ČR v dopravě 69 %, což jasně hovoří o vysokém využívání v silniční, železniční i říční dopravě. Nafta je oproti benzínu pro nákladní silniční dopravu podstatně důležitějším palivem. [7,10]

Dále se ke zlepšení kvality nafty využívají různá aditiva, tedy příměsi, které pozitivně ovlivňují kvalitu a vlastnosti nafty. Mezi nejčastější aditiva nafty patří: [11]

- přísady pro zlepšení nízkoteplotních vlastností,
- mazivostní přísady,
- zvyšovače cetanového čísla,
- detergenty,
- antioxidanty,
- inhibitory koroze,
- deaktivátory kovů,
- protipěnovostní aditiva,
- deemulgační přísady,
- antistatické přísady.

### Princip fungování motoru

Nafta je palivem pro vznětový spalovací motor, též označován jako dieselový motor, naftový motor nebo zkráceně diesel. Jedná se o druh pístového spalovacího motoru, podobně jako zážehový spalovací motor u benzínu. V dieselovém motoru dochází k přeměně chemické energie obsažené v palivu na mechanickou energii otáčivého pohybu výstupní hřídele motoru. Palivo je do spalovacího prostoru motoru dopravováno speciálním vysokotlakým čerpadlem a vysokotlakým potrubím odděleně od vzduchu. Běh motoru je rovněž rozdělen na takty a v případě vznětového motoru rozlišujeme čtyřtaktové a dvoutaktové motory. V případě dieselových motorů platí přibližná přímá úměra, čím větší vznětový motor, tím

nižší jmenovité otáčky. Největší jsou lodní motory, konstruované jako víceválcové dvoudobé. Autobusy bývají osazeny čtyřdobými pomaluběžnými vznětovými motory se zdvihovým objemem v rozmezí 6 000–14 000 cm<sup>3</sup>. Jednotlivé takty motoru jsou velmi podobné chodu zážehovému motoru s určitými rozdíly:

- 1) Sání – do spalovacího prostoru motoru je nasáván vzduch při tlaku 0,08–0,085 MPa.
- 2) Komprese – nasátý vzduch se po uzavření sacího ventilu stlačuje pístem pohybujícím se k horní úvratí. Teplota vzduchu roste na 550–800 °C a tlak stoupá na 3–4 MPa. Před horní úvratí je tryskou do válce jemným rozprašením vstříknuta přesná dávka nafty.
- 3) Expanze – palivo začne hořet samovznícením ve vzduchu ohřátém kompresí a vzniklý tlak vede k přeměně energie na mechanickou práci.
- 4) Výfuk – dochází k otevření výfukového ventilu a spaliny jsou vytlačeny do výfuku.

Dva největší rozdíly oproti zážehovému motoru jsou tedy rozdíly v mísení paliva se vzduchem a absence elektrických svíček.

U dieselových motorů se často přistupuje ke zvyšování výkonu přeplňováním motoru. Takový motor je vybaven turbodmychadlem, které zvyšuje tlak vzduchu vstupujícího do motoru, čímž umožní spálení většího množství paliva a při stejném objemu motoru dojde ke zvýšení výkonu o 30 % a více. Turbodmychadlo je poháněno spaliny proudícími do výfuku. [12]

Moderní naftové motory jsou kvůli zpřísnujícím se emisním limitům doplňovány o zařízení určenému k úpravě výfukových plynů na úroveň určenou emisními limity. Toto zařízení využívá chemicky vysoce čistý vodný roztok syntetické močoviny (67,5 % vody, 32,5 % močoviny), označované jako Močovina AUS 32 (obchodní označení AdBlue). Zařízení s tímto aditivem snižuje emise technologií selektivní katalytické redukce.

## 2.2 Alternativní paliva

Tato kapitola obsahuje podrobný popis principu fungování, výroby, přepravy, čerpání a dalších aspektů spjatých s provozem jednotlivých konvenčních paliv.

Důvodů pro zavádění alternativních pohonů je s přibývajícím časem čím dál více. Jedním obecně známým je, že ropa není nevyčerpatelným zdrojem, nicméně stále aktuálnější je téma šetrnosti k životnímu prostředí. Vzhledem k tomu, že hlavním cílem dopravců je

maximalizace jejich zisku, je také důležité, aby bylo využívání alternativních pohonů efektivní z pohledu ekonomického.

### **2.2.1 Bionafta**

Bionafta je obnovitelné a biologicky odbouratelné palivo vyráběné z rostlinných olejů, zvířecích tuků nebo recyklací kuchyňských olejů. Jde o bezbarvou až nažloutlou kapalinu na bázi metylesterů nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. Čistá bionafta se v České republice označuje jako MEŘO (Methylester řepkového oleje) a ve světě je známá pod zkratkou FAME (Fatty acid methyl ester).

K její výrobě dochází rafinačním procesem označovaným jako transesterifikace. V dopravě se používá jako palivo pro vznětové spalovací motory bez jakékoliv úpravy nebo ve směsích s konvenční naftou.

V současné době význam a využití bionafty jako paliva nebo jako biosložky přimíchávané do běžné nafty rapidně narůstá. Tento jev nastává zejména z důvodu snahy snížit spotřebu konvenční nafty a zároveň snížit množství vypouštěných emisí do ovzduší pro snížení ekologické zátěže, kterou narůstající množství dopravy neustále zvyšuje. Podíl využití čisté bionafty jako paliva je nicméně v České republice pod hranicí 1 %. Přestože některá moderní vozidla jsou schopná využívat jako palivo čistou bionaftu, tak struktura vozových parků dopravců zatím není na přechod z běžné nafty připravena. Obdobně jako v případě bioethanolu je snaha snížit závislost dopravy na palivech vyráběných z ropy. [13]

#### **2.2.1.1 Potenciál bionafty v dopravě**

Pokud se v relativně blízké budoucnosti dosáhne technologickým vývojem pokroku v oblasti vznětových motorů a zároveň ke snížení nákladů výroby bionafty, je velmi pravděpodobné, že se bionafta zejména v silniční nákladní dopravě začne mnohem více využívat. Pro velké množství dopravců půjde totiž o výrazně levnější řešení v oblasti alternativních paliv, protože nebudou muset investovat velké finance do jiných pohonných jednotek na jiná, modernější, alternativní paliva.

Pokud se ovšem technologie použití a cena bionafty nezmění, pravděpodobně se bude nadále využívat pouze jako biosložka v konvenční naftě ve vyšších koncentracích. Další alternativní paliva jsou totiž ekologičtější a z hlediska provozních nákladů i ekonomičtější. Ekonomicky má bionafta oproti konvenční naftě velkou nevýhodu. Celková cena obsahuje cenu nafty, ke které se připočítávají náklady na výrobu bionafty a náklady na výrobu směsí.

Klesající cena ropy tím pádem neustále zvětšuje rozdíl mezi cenami těchto paliv. Z ekonomického hlediska provozu je tedy použití bionafty v jiné formě než jako biosložky v palivu B7 velmi neekonomické.

### **2.2.1.2 Výhody a nevýhody bionafty**

#### **Výhody**

- Výrazně vyšší mazivost oproti klasické naftě snižuje opotřebení motoru a prodlužuje životnost vstřikovacích trysek a čerpadla,
- Palivo při spalovacím procesu lépe hoří, čímž dochází ke snižování kouřivosti motoru. Snižují se tím emise pevných částic, oxidu uhličitého a dalších látek znečišťujících ovzduší. Tím, že se čistá bionafta B100 vyrábí z obnovitelných zdrojů, není toxická a je biologicky odbouratelná, neobsahuje síru a ani aromatické látky. V případě jejího úniku do životního prostředí nezpůsobuje ve vodě až do koncentrace 10 mg/l žádné mikrobiologické zatížení a je tím pádem neškodná pro vodní živočichy,
- Vypuštěné emise CO<sub>2</sub> při spalování bionafty jsou přímo kompenzovány absorbovaným množstvím CO<sub>2</sub> rostlinami, ze kterých se bionafta vyrábí,
- Bionafta je díky své biologické povaze méně hořlavá než paliva vyráběná z ropy. Snižuje se tak nebezpečí vzplanutí v horkém počasí a bionafta je tedy bezpečnější pro manipulaci, skladování a přepravu.

#### **Nevýhody**

- Chemické vlastnosti bionafty z ní činí oproti běžné naftě silnější rozpouštědlo. Touto vlastností dochází k rozpouštění usazenin v palivovém potrubí, v nejhorším případě mohou zbytky těchto usazenin ucpat vstřikovací ventily a poškodit motor. Aby k takovým situacím nedocházelo, je nutné často měnit palivový filtr, což zvyšuje náklady na údržbu,
- Při kontaktu bionafty s větším množstvím vody dochází ke vzniku mastných kyselin, které způsobují korozi částí palivového systému,
- Velký zábor půdy pro pěstování rostlin určených k výrobě bionafty nemá v porovnání s např. fotovoltaickými panely dostatečnou účinnost využití sluneční energie. Účinnost energie získané ze spalování bionafty je v porovnání s energií získanou ze slunečního záření nutného pro pěstování potřebného množství rostlin k výrobě daného množství paliva velmi nízká, přibližně 0,08 %. V případě záboru

stejného území fotovoltaickými panely se pohybuje účinnost využití energie slunečního záření kolem 10 %.

### **2.2.2 Bioethanol**

Bioethanol je palivo vyráběné mícháním klasického benzínu s ethanolem. Hlavní složkou paliva je tedy ethanol.

Ethanol je čirá bezbarvá kapalina, která je vyráběna z rostlinných produktů, resp. z biomasy, alkoholovým kvašením. Chemickým složením spadá do skupiny ethylalkoholů. K jeho výrobě jsou nejčastěji využívány rostliny obsahující vysoké množství škrobu a jiných sacharidů. Běžně se tedy vyrábí z kukuřice, obilí, brambor, cukrové třtiny a cukrové řepy.

Výroba ethanolu je proces několika zemědělských a průmyslových kroků. Po sklizení biomasy, která je převezena do továrny vyrábějící ethanol, dochází k její fermentaci. Při ní dojde ke vzniku vysokého obsahu cukrů. Následná látka se destiluje, čímž dochází k oddělování ethanolu od vody. Současné technologie umožňují při destilaci vytvořit 95–96% čistý ethanol. Posledním krokem výroby je proces dehydratace, kdy dochází k odstraňování zbytkových částí vody, která by v případě vynechání tohoto procesu mohla poškodit motor a palivové ústrojí dopravního prostředku.

Ethanol jako palivo není v rámci EU a ČR výrazně zastoupen. Největšími producenty a spotřebiteli ethanolu ve světě jsou USA a Brazílie. Podobně jako benzín je toto palivo využíváno zejména v osobních automobilech.

Jeho alternativní využití je pro výrobu vodíku, případně jako palivo ve vozidlech s palivovými články. [14]

#### **2.2.2.1 Potenciál bioethanolu v dopravě**

Přestože se ethanol v dopravě využívá již od roku 1970, tak je jeho rozšíření jako paliva ve světě velmi nízké. Jeho vlastnosti mají ovšem velkou možnost snížit závislost dopravy na fosilních palivech, a to zejména v oblasti osobních automobilů, které mají opravdu vysoký podíl na globální spotřebě benzínu a nafty. V případě dalšího technologického pokroku v oblasti motorů a pohonných jednotek by mohlo dojít ke zvýšení schopnosti spalovat směsi s vyšším poměrem ethanolu než u směsi E85. Ideálním scénářem je vyvinutí takové pohonné jednotky, která bude fungovat pouze na čistý ethanol a její provoz nebude ohrožen negativními vlastnostmi tohoto paliva. V takovém případě by fungování takového motoru

bylo výrazně ekologičtější než současné motory na konvenční paliva. Pro provoz v autobusové dopravě nejde o vhodnou variantu alternativního paliva.

K největšímu nárůstu využití ethanolu však dojde pravděpodobně v oblasti dopravních prostředků s pohonem na vodík. V současné době již existuje tzv. Schmidtův proces, který relativně dobře mění ethanol vyrobený z biomasy na vodík. Velkou výhodou tohoto procesu je možnost využití vlhkého ethanolu (ethanol obsahující vyšší než stopové prvky vody), což v přímém použití ethanolu ve spalovacích motorech není možné. Výroba vodíku tímto způsobem je ovšem velmi nákladná a prozatím není natolik propracovaná, aby mohlo docházet k hromadné výrobě vodíku tímto způsobem.

### 2.2.2.2 Výhody a nevýhody bioethanolu

#### Výhody

- Ethanol je vzhledem ke své jednoduché výrobě jedno z nejdostupnějších alternativních paliv. Protože kukuřice a jiné druhy biomasy jsou ve velké míře pěstovány téměř v každém státě EU, je jeho výrobní cena rovněž velmi ekonomicky výhodná. Tento faktor je jasně patrný zejména v zemích, které jsou závislé na dovozu konvenčních fosilních paliv a nemají tedy možnost vlastní produkce benzínu a nafty. Současně s tím je jeho velkou výhodou vysoká dostupnost v méně rozvinutých oblastech, např. v Africe, kde jsou právě kukuřice a cukrová třtina základními potravinami a jejich další využití je velmi snadné,
- Využití ethanolu jako paliva v dopravě má obrovský podíl na snižování emisí skleníkových plynů. V případě použití nejčistší směsi ethanolu E85 v poměru 85:15 dochází k výrazně čistšímu spalování v porovnání s čistým benzínem. Celkové množství toxických látek vypouštěných ve výfukových plynech je o 70 % nižší, což příznivě ovlivňuje globální oteplování, resp. dopady vozidel s tímto typem pohonu jsou na životní prostředí nezanedbatelně nižší,
- Zvyšování produkce ethanolu je úzce spjaté se vzrůstajícím počtem a rozlohou zemědělských ploch, množstvím výrobních závodů. Všechny tyto aspekty vedou ke vzniku nových pracovních pozic,
- Ethanol má také využití například při výrobě různých druhů činidel, barev a také alkoholických nápojů. Nadbytečné množství vyrobeného ethanolu lze tedy v případě poklesu poptávky v dopravě využít i v jiných odvětvích průmyslu.

## Nevýhody

- S jednoduchou dostupností rostlin pro výrobu ethanolu je spojené negativum v podobě vysokého nároku na zemědělskou plochu. Většina rostlin, které se k jeho výrobě používají, se pěstuje ve velkém měřítku, což znamená velký zábor zemědělské půdy,
- Přestože se výrobní procesy ethanolu neustále zlepšují, tak se v nich, zejména při destilaci fermentované biomasy, stále využívají fosilní paliva,
- Přestože je ethanol průmyslový výrobek využívaný v dopravě, je jeho cena závislá i na ceně potravin. V případě špatné sklizně potřebných rostlin dojde ke zvýšení cen potravin z kukuřice, cukrově třtiny a dalších,
- Čistý ethanol má kvůli svým chemickým vlastnostem vysokou schopnost absorbovat vodu ze svého okolí. V případě špatné kvality paliva, resp. nedostatečné čistoty ethanolu, může v nádrži dojít ke vzniku sraženin, které mohou vést k závažnému poškození motoru. To je rovněž důvod, proč se ethanol převážně přepravuje po železnici nebo silnici,
- Největší nevýhodou z hlediska použití v dopravě je nízká schopnost odpařování ethanolu. Tento jev vede zejména v chladném počasí k výrazně horším vlastnostem hoření a vyššímu namáhání mechanických částí, které se dostatečně neohřejí, a při dlouhodobém chodu za studena může dojít k jejich poškození. Právě z tohoto důvodu se využívá směs ethanolu s benzínem, který svými vlastnostmi vyrovnává provozní negativa ethanolu.

### 2.2.3 LPG

Zkapalněný ropný plyn označován jako LPG (Liquified Petroleum Gas) je novodobé označení pro směs topných plynů, která se dříve označovala jako propan-butan, kde majoritní část zastupuje propan doplněn o propylen a další plyny. Jde o uhlovodíkový plyn (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), který je skladován pod tlakem v nádržích jako bezbarvá a bezzápachová kapalina. LPG, respektive propan, je vedlejší produkt zpracování zemního plynu a rafinace surové ropy.

Podíl LPG jako pohonné hmoty v ČR byl v roce 2018 přibližně 2 %. Mimo dopravy je další využití propanu ve vytápění budov, ohřevu vody, vaření a další odvětví využívající jako zdroj energie plyn. Chemický průmysl využívá propan jako surovinu pro výrobu plastů a dalších sloučenin.



Přestože jde rovněž o formu fosilního paliva, je propan ve své zkapalněné formě (palivo LPG) uznáván jako alternativní palivo v dopravě od roku 1992. Jedná se o třetí nejpoužívanější palivo po konvenčních palivech, benzínu a naftě. Používá se v modifikovaných zážehových motorech. [13]

LPG nemá žádný zápach, z bezpečnostních důvodů se do něj přidává silně zapáchající sloučenina označovaná jako ethylmerkaptan. Zápach této látky okamžitě upozorní na možný únik plynu. [13, 15]

### **2.2.3.1 Potenciál LPG v dopravě**

Z hlediska použití LPG v silniční dopravě se jedná o dobrou alternativu pro přepravy o nízké hmotnosti na krátké vzdálenosti. Zároveň by se mohl zvyšovat počet vozidel zajišťujících vnitrozávodovou přepravu s výjimkou provozů, kde tato vozidla musejí zajíždět do budov. Použití tohoto paliva na střední až dlouhé vzdálenosti je vzhledem k jeho nízkému dojezdu a vysoké spotřebě nepravděpodobné. LPG není pro takové provozy konkurenceschopným palivem.

V případě osobní dopravy jde hlavně díky výrazně nižší ceně o dobrou alternativu z ekonomického hlediska. Oproti dalším alternativním palivům však LPG není nejvhodnější ekologickou volbou.

### **2.2.3.2 Výhody a nevýhody LPG**

#### **Výhody**

- Hustá síť čerpacích stanic umožňuje téměř stejný způsob provozu jako ostatní konvenční paliva,
- Nízká spotřební daň výrazně snižuje celkové provozní náklady a při vysokém nájezdu kilometrů je LPG značně výhodné,
- Při správném používání dochází k prodloužení životnosti motoru a výfuku. Stejně tak nedochází k ředění oleje a v palivovém systému se nezachytávají uhlíkové usazeniny paliva. Všechny tyto jevy snižují celkové náklady spojené s údržbou,
- Nechtěný únik paliva do volné přírody nijak neznečišťuje životní prostředí. Plyn se po určité době díky své těkavosti rozptýlí a jeho koncentrace na lokální úrovni nemá žádné dopady,
- Využívání tohoto paliva jako alternativy v dopravě snižuje celkové dopady dopravy na životní prostředí, a to díky výrazně nižším dopadům LPG v části WTT.

## Nevýhody

- Počáteční investice na nákup je o třetinu vyšší než v případě vozidel na konvenční typy paliv,
- Autobus na LPG již není možné koupit a přestavba není ekonomicky proveditelná,
- Celkově nižší výkon motoru a zvýšení spotřeby je z hlediska efektivity takových vozidel pro dopravu velkou nevýhodou. Oba aspekty dramaticky snižují celkový dojezd,
- Přestože není LPG při úniku škodlivé pro životní prostředí, tak takový únik může být životu nebezpečný zejména v podzemních garážích a krytých provozech,
- Nutnost obsluhy čerpací stanice pro proces čerpání paliva výrazně snižuje časové možnosti tankování.

### 2.2.4 CNG

Zemní plyn je bezzápachová plynná směs uhlovodíků převážně složená z methanu (CH<sub>4</sub>). V průmyslu se používá ve dvou formách a tato kapitola se zaměřuje na jeho stlačenou formu neboli CNG (Compressed Natural Gas).

Zemní plyn se mezi alternativní paliva řadí již přibližně od roku 1990, nicméně jeho využití v dopravě je spíše minoritní (1 %). Celosvětově se zhruba 40 % využívá k produkci elektrické energie a zbytek se dělí mezi rezidenční a komerční užití, jako vytápění, ohřev vody, vaření a další průmyslová použití.

CNG se vyrábí stlačením zemního plynu na méně než setinu jeho původního objemu. V tlakových nádržích vozidel se uchovává při tlaku 245 atm (3 600 Psi). CNG se v dopravě využívá hlavně ve v dopravních prostředcích určených pro lehké a střední zatížení. Lze jej použít i v těžké nákladní dopravě, kde ovšem jeho účinnost a konkurenceschopnost vůči ostatním palivům velmi klesá.

Přestože se rovněž jedná o fosilní palivo, tak není na rozdíl od LPG vyráběno z ropy, čímž získává výraznou ekologickou výhodu. [16]

#### 2.2.4.1 Potenciál CNG v dopravě

Největší využití tohoto paliva vidím v rámci individuální osobní dopravy, případně u autobusů v městské hromadné dopravě. Využití CNG pro silniční dopravu není příliš vhodné. Největším problémem je nízký dojezd plně naložených vozidel, který absolutně nekonkuruje dojezdu vozidel na motorovou naftu. Teoreticky by šla CNG vozidla využít pro

vnitrozávodovou přepravu, kde ovšem pořizovací cena vzhledem k celkovému nájezdu v takovém provozu není výhodná. Dojezd lze sice přidáním dalších tlakových nádrží prodloužit, dojde tím ale ke snížení objemu nákladového prostoru. Využití zemního plynu jako paliva v silniční nákladní dopravě má mnohem větší potenciál ve zkapalněné formě, tedy LNG.

#### **2.2.4.2 Výhody a nevýhody CNG**

##### **Výhody**

- Ekologické dopady životního cyklu CNG jsou v případě skleníkových plynů o 15 % nižší oproti konvenčním palivům. V případě použití paliva vyrobeného z RNG dochází ke snížení až o 84 %,
- Nízká spotřební daň na CNG spolu s nízkými výrobními náklady velmi pozitivně ovlivňují provozní náklady vozidel na toto palivo,
- Zemní plyn je kvalitním vysokooktanovým palivem (oktanové číslo 128) a zásadně tak snižuje riziko poškození motoru,
- CNG autobusy mají přibližně o 10–15 dB nižší hladinu produkovaného hluku v závislosti na stáří a údržbě motoru,
- Infrastruktura je s ohledem na další využití zemního plynu velmi pokročilá. Síť plynovodů umožňuje distribuci zemního plynu po celém území ČR, potažmo EU. Zároveň už existuje dostatečné množství čerpacích stanic umožňujících využití CNG vozidel na velkém území EU,
- Pořizovací cena není v porovnání s autobusy na jiná alternativní paliva tak vysoká, jedná se přibližně o sedminu více než běžné naftové autobusy.

##### **Nevýhody**

- Největší nevýhodou vozidel na CNG je jejich neschopnost konkurovat v dojezdu konvenčním nebo jiným alternativním palivům. Dojezd je v podstatě poloviční. To vede k prodloužení celkového času přepravy, které může negativně ovlivnit další články logistického řetězce,
- V případě kolísání tlaku, při kterém se CNG skladuje, dochází k jeho těkání a ztrátám, které mají za následek nevyužití již vyrobeného paliva,
- Přestože je CNG dobře dostupné na většině území EU, tak je síť výrazně řidší než u konvenčních paliv a může docházet k omezení provozu těchto vozidel na CNG,
- Budování nové infrastruktury pro tento typ paliva je velmi nákladné.

## 2.2.5 LNG

LNG se stejně jako CNG získává ze zemního plynu, respektive metanu. Složení LNG se různí na základě jeho čistoty a místě těžby zemního plynu. Obsahuje 84,6–96,4 % methanu, 2,0–11,4 % etanu a stopové prvky propanu a n-butanu. Oproti neupravenému zemnímu plynu zabírá LNG 570krát menší objem a jeho hustota je 400 kg/m<sup>3</sup>. LNG se získává zkapalněním zemního plynu při teplotě -162 °C za atmosférického tlaku, což je hlavní rozdíl oproti CNG. LNG přejímá většinu vlastností zemního plynu, takže se jedná o bezbarvou, bezzápachovou, netoxickou, nekorozivní kapalinu.

LNG se také řadí mezi fosilní paliva, ze všech ale produkuje nejméně emisí CO<sub>2</sub> na jednotku uvolněné energie, a to hlavně kvůli složení metanové molekuly. [16]

### 2.2.5.1 Potenciál LNG v dopravě

Využití LNG je v současné době omezené hlavně chybějící infrastrukturou. V budoucnu tak bude záviset právě na investicích a budování nové infrastruktury. Technologie v oblasti vozidel a čerpacích stanic je již nyní v použitelném stavu a předpokládám, že se bude zlepšovat efektivita, dojezd, spotřeba a cena. Vzhledem ke kontinuálnímu vypařování LNG ze zásobníků je toto palivo vhodné hlavně pro pravidelnou a častou formu dopravy, což je v dnešních podmínkách zejména silniční dálková nákladní doprava. Naopak nevhodné je použití LNG pro sporadické krátké trasy nebo vnitrozávodovou dopravu. Omezení spjatá s provozem a tankováním spolu s odparem paliva neumožňují ekonomicky a ekologicky rozumné použití v takovýchto režimech.

Velkou roli v rozšiřování LNG jako paliva hraje rovněž legislativa EU a jednotlivých členských států. Na území některých zemí je LNG určitou formou zvýhodněno oproti konvenčním palivům. Existují tak například osvobození od placení mýta na daných úsecích silnic a dálnic. Dalším nástrojem k ekonomickému zvýhodnění je možnost úpravy spotřební daně nebo osvobození vozidel na LNG od silniční daně. Zároveň je velkou otázkou, zda nedojde vlivem nějaké krize (např. krize spojená s onemocněním COVID-19) k upřednostnění udržení ekonomiky dopravy za cenu odložení přechodu na alternativní paliva. Jednoduše, zda nedojde k upřednostnění ekonomiky nad ekologií. Budoucí vývoj tak bude úzce spjatý s dodržováním a naplňováním cílů vytyčených strategickými dokumenty. Nejdůležitějším z nich je již zmiňovaná tzv. Zelená dohoda pro Evropu.

## 2.2.5.2 Výhody a nevýhody LNG

### Výhody

- Zemní plyn je velmi dostupnou komoditou a je tak snadné získat tuto surovinu pro výrobu LNG téměř kdekoli na světě,
- LNG má zároveň další možné způsoby využití, jako třeba palivo k vytápění nebo tepelná čerpadla,
- Použití pohonů LNG v silniční dopravě značně pomůže jednotlivým členským státům EU a společností, které na jejich území sídlí k dosažení emisních norem stanovených do roku 2030,
- Zároveň má velkou objemovou hustotu energie, která je velkým benefitem pro transport a skladování,
- LNG je výrazně čistší motorové palivo než nafta, jejíž využití v silniční dopravě zaujímá největší podíl ze všech paliv. Produkce zplodin během spalování LNG je výrazně nižší, a to až o 20 % CO<sub>2</sub>, o 100 % SO<sub>x</sub>, o 90 % NO<sub>x</sub>. V případě velmi nebezpečných pevných částic může být pokles až 99 %. Konkrétní snížení emisí jednotlivých škodlivin se odvíjí od původu zemního plynu, ze kterého je LNG vyráběno,
- V některých aglomeracích začínají platit zákazy vjezdu automobilům s naftovými motory. V takovém případě je LNG vhodnou alternativou pro dodržení těchto emisních restrikcí,
- LNG je bezpečné palivo, které se v případě úniku z nádrže rychle odpaří a vzhledem k chemické povaze molekul metanu nehrozí hromadění paliva v kanalizacích nebo pod vozidly. Zároveň je LNG netoxická látka, při úniku tak neznečistí životní prostředí,
- Tišší chod motoru až o 9 dB,
- Změna teplot mezi zimním a letním obdobím má na chod LNG motorů výrazně menší vliv než u nafty,
- LNG neprodukuje žádné karbonové usazeniny v motoru,
- LNG vozidla lze vybavit různými konfiguracemi kryogenních nádrží, které v případě největšího objemu umožňují dojezd až 1 800 km, což je dostatečné i pro dálkovou dopravu,
- Náklady dopravců na pohonné hmoty vzhledem k současné ceně LNG klesnou o více než 20 %. V budoucnu je velmi pravděpodobné, že dojde k osvobození LNG vozidel

od tzv. silniční daně (podobně jako u CNG), čímž dojde ještě k větším úsporám na provozních nákladech.

### **Nevýhody**

- Největší nevýhodou LNG je kontinuální odpar při skladování a přepravě. LNG tak není určené pro dlouhodobé skladování, jelikož denní ztráta paliva se pohybuje mezi 0,1–0,2 % objemu v zásobníku. LNG je tak určené k okamžité spotřebě a zároveň je potřeba mít zařízení k výrobě LNG v blízkosti plnicích stanic,
- Zkapalnění zemního plynu je vzhledem k dostupným technologiím velmi energeticky náročný proces, což razantně zvyšuje cenu a snižuje výsledné ekologické benefity paliva (analýza WTT),
- Nízká skladovací teplota - 162 °C vyžaduje použití dobře izolovaných zásobníků a nádrží, které svou hmotností snižují celkovou nosnost,
- Velmi špatná infrastruktura a téměř neexistující síť čerpacích stanic na území EU v současné době prakticky znemožňují použití LNG vozidel pro běžný provoz a prozatím není možné, aby tato vozidla začala plně nahrazovat silniční vozidla na motorovou naftu,
- Budování nové infrastruktury je finančně velmi náročné a k výstavbě nových čerpacích stanic bude docházet velmi pomalu. Provozní konkurenceschopnost LNG vozidel je tak omezená a závislá na vývoji v této oblasti,
- Umístění nových čerpacích stanic podléhá přísným bezpečnostním omezením.
- Poloha ČR je vzhledem k přepravě LNG námořní dopravou velkou nevýhodou. Absence přímého terminálu pro distribuci LNG, pocházejícího zejména z Kataru a USA, značně omezuje dostupnost již vyrobeného paliva a je potřeba vybudovat výrobní zařízení na území ČR pro výrobu z importovaného zemního plynu.

### **2.2.6 Vodík (palivové články)**

Vodík (H<sub>2</sub>) je v prostředí průmyslu často označován jako energetický zdroj budoucnosti. Jedná se pravděpodobně o nejčistší zdroj energie a velké množství společností pracuje na jeho rozšíření pro běžné užívání. V případě osobní dopravy se předpokládá dostupnost vodíku jako paliva v roce 2025 a významnější zastoupení na trhu až kolem roku 2045. V případě silniční nákladní dopravy je předpokládána konkurenceschopnost vozidel s tímto typem pohonu v roce 2035. Budoucnost použití vodíku záleží hlavně na technologickém pokroku, který umožní snížení ekologických dopadů a zlevnění jeho výroby.

Vodík je na naší planetě jako prvek velmi hojně zastoupen. Většinou je však součástí sloučenin, jako jsou třeba voda ( $H_2O$ ) nebo uhlovodíky (např. methan  $CH_4$ ). Největším problémem tak v současnosti je efektivní izolace vodíku z takovýchto sloučenin. K jeho výrobě dochází z 68 % kombinací vysokotlaké páry se zemním plynem, z 16 % během rafinace ropy, z 11 % při spalování uhlí při zpracovávání kovů. Zbýlých 5 % je získáváno elektrolýzou z vody, k čemuž lze využívat obnovitelné zdroje energie z vodních, solárních a větrných elektráren. Získávání vodíku elektrolýzou je nejčistší alternativou, při které se v průběhu produkce lze vyhnout vypouštění emisí z dalších zdrojů (ropa, plyny atd.). Tento způsob je ovšem velmi nákladný a se současnými technologiemi není tak efektivní. Vodík lze rovněž získávat fermentací biomasy, resp. z ethanolu. [17, 18]

Vodíkové autobusy jsou tankovány na centrálních, technicky složitých vodíkových čerpacích stanicích během několika minut. Se stávajícím cisternovým zařízením v depu nejsou nutné žádné významné změny provozních procesů. Vodíkové autobusy nové generace mají také vysoce výkonné baterie, které slouží jak k ukládání rekuperační energie, tak k pokrytí špičkového zatížení a umožňují optimalizaci systému palivových článků.

#### **2.2.6.1 Potenciál vodíku v dopravě**

Potenciál vodíku v dopravě závisí na několika aspektech. Jedním z nejdůležitějších je nutnost nalezení ekonomického způsobu výroby nebo snížení nákladů u již existujících. Vodík má obrovskou výhodu ve svém bezemisním provozu. Z hlediska dopravy, ve které se stále převážně využívají fosilní paliva s velkou ekologickou stopou, je vodík možným východiskem pro zmírnění globálních i lokálních dopadů dopravy na životní prostředí. Jeho energetická účinnost je z hlediska využití v silniční dopravě velmi dobrá.

Dalším alternativním použitím vodíku v logistických řetězcích je jeho využití pro pohon manipulační techniky. Rychlý proces čerpání umožní téměř nepřetržitý provoz v porovnání s klasickou bateriovou technikou. [19]

#### **2.2.6.2 Výhody a nevýhody vodíku**

##### **Výhody**

- Dostupnost vodíku z několika různých zdrojů umožňuje jeho výrobu na domácím trhu. V případě použití jako paliva zásadně snižuje závislost na dovozu ropy,
- Bezemisní provoz vodíkových vozidel je obrovským přínosem zejména na lokální oblasti provozu. Zároveň nevypouští do ovzduší žádné skleníkové plyny a provoz vozidel s tímto pohonem tak snižuje dopad dopravy na životní prostředí,

- Při správné formě výroby se tak jedná o nejekologičtější alternativní palivo,
- Rychlý způsob tankování vodíku je v porovnání s dobou nabíjení elektrických vozidel značným benefitem. Konkuruje rychlostí i konvenčním palivům,
- Vysoká energetická účinnost stlačeného vodíku umožňuje jeho použití v silniční nákladní a autobusové dopravě.

### **Nevýhody**

- Vysoké výrobní náklady v současné době činí z vodíku téměř nepoužitelné palivo pro běžné komerční použití,
- Žádná nebo velmi špatně rozvinutá infrastruktura čerpacích stanic neumožňuje pohodlné používání FCEV vozidel, která mají velmi nízký dojezd,
- V současné době na trhu neexistuje mnoho dostupných vozidel pro běžného uživatele,
- Vlastnosti vodíku neumožňují jeho dlouhodobé skladování, z toho důvodu bude muset být většina čerpacích stanic vybavena přímo výrobními zařízeními,
- Současná cena vodíku není vůbec schopna konkurovat ostatním palivům. Provozní náklady jsou v případě vodíku několikanásobně vyšší než při použití jiných paliv,
- Pořizovací cena vozidla je oproti naftovým vozidlům zhruba dvojnásobná.

## **2.3 Elektromobilita**

Již v počátcích rozvoje automobilismu konkurovaly elektromobily vozidlům poháněným spalovacím motorem. Mezi hlavní výhody elektromotoru patří jeho snadné spouštění, tichý chod, jednoduchá konstrukce a fakt, že téměř neznečišťuje ovzduší.

Rozvoji elektromobilů se v mnoha zemích, zvláště na kontinentální Evropě, dostává v poslední době velké podpory. Důvody k velkému nástupu elektromobilů je možno vidět především ve snaze zlepšit životní prostředí, zvláště ve městech. Diskutuje se jejich technická standardizace, tvorba infrastruktury ve městech, daňové úlevy. [19]



### 2.3.1 Elektromotory

Hnací ústrojí elektromobilu je tvořeno, podobně jako u vozidla se spalovacím motorem, z motoru, převodovky, hnací hřídele a diferenciálu. Nejčastěji se používá přední či zadní pohon s centrálním elektromotorem. Alternativami jsou tandemové hnací systémy se dvěma elektromotory umístěnými přímo v kolech.

I přes relativně jednoduchou a plynulou změnu točivého momentu u používaných elektromotorů, které tak umožňují ušetřit vícestupňové převodovky, roste se zvyšujícím se vnitřním výkonem i jeho hmotnost a zástavbová velikost, takže se často jeví jako výhodná kombinace elektromotoru s vícestupňovou převodovkou.

V principu fungování je elektromobil poháněn díky elektromotorům, které pohánějí kola daného vozidla. Podobně jako u vozidel se spalovacím vozidlem pohánějí přední, zadní nebo obě nápravy. Nicméně v porovnání se spalovacími motory je typů elektromotorů mnoho.

Základní rozdělení je na stejnosměrné a střídavé (asynchronní) motory. Všechny varianty ale využívají přeměny elektrické energie na mechanickou práci, na opačném principu funguje dynamo, to převádí energii mechanickou na elektrickou. V případě elektrobuses je využívána energie, která by nebyla využita efektivně (byla by odváděna ve formě tepla brzděním) k dobíjení akumulátorů, k čemuž slouží tzv. rekuperace energie. Díky tomuto faktu, že dokáže lépe hospodařit s energií, se zvyšuje dojezd vozidla a účinnost celého systému, což se dá označit za hlavní výhodu využívání elektromotoru oproti spalovacím motorům, kde se často zbytečně plýtvá energií, která je ve většině případů přeměněna na teplo a nemá už další efektivní využití pro jízdu automobilu. Dalším významným aspektem v rámci elektromotorů je typ akumulátorů, kterých je na výběr také mnoho. [20]

### 2.3.2 Nabíjení

Nejjednodušší způsob nabíjení elektromobilu je kabelové nebo vodivé nabíjení pomocí vhodné nabíjecí stanice.

Další možností nabíjení je použití stávajícího trolejového vedení tramvaje. Trolejové vedení lze použít například pomocí pantografu na střeše autobusu, jak bylo realizováno ve Vídni. Dalším přístupem je takzvaný systém „Oppcharge“. Jsou postaveny výkonné nabíjecí stožáry, které mohou nabíjet vhodný autobus pomocí přívodní lišty pomocí sběrače. Výhodou by bylo vícenásobné využití infrastruktury například komunálními službami, nákladními automobily nebo jinými autobusy. Vzhledem k vysokým stavebním nákladům

je však v prvním kroku obvykle upřednostňována exkluzivní výstavba nabíjecí infrastruktury v depu.

Kromě toho byl v roce 2019 v Nice vyvinut a testován pozemní vodivý nabíjecí systém pro elektrické autobusy. Tento systém je součástí pilotního projektu PALOMA, financovaného EU. Es je přízemní, vodivý, statický nabíjecí systém, pomocí kterého lze palubní zařízení automaticky nabíjet v režimu nabíjení během několika minut na zastávce nebo v depu. Systém lze použít pro vozové parky různých typů autobusů, bez ohledu na výrobce nebo změny v technologii baterií. V rámci výzkumného a demonstračního projektu E-ASY CHARGE je vyvíjen autonomní nabíjecí robot s financováním z Rakouského klimatického a energetického fondu. Je ukotven v zemi a umožňuje rychlé nabíjení autobusu, který se nad ním drží.

V indukčních nabíjecích systémech je elektrická energie přenášena dvěma spojovacími cívkami pomocí elektromagnetických polí. Normy a standardy jsou v současné době vyvíjeny pro výkonnější aplikace. Bezdrátový přenos energie umožňuje pohodlné nabíjení s dobrou účinností přes 90 %. Tato výhoda je však doprovázena zvýšeným úsilím o infrastrukturu, a proto je implementace takových aplikací v současné době omezena převážně na výzkumné projekty.

### **2.3.3 Akumulátory**

K tomu, aby bylo možné využívat elektrickou energii k pohonu vozidla, je nutné ji uchovávat. Jak již bylo zmíněno u hybridních pohonů, nejčastěji se využívají Li-Ion. Stejně jako existuje více druhů elektromotorů, je možné k uchování elektrické energie používat i jiné druhy akumulátorů.

Nikl-kadmiové akumulátory (NiCd) je možno plně recyklovat a jsou bezúdržbové. Tyto akumulátory disponují životností až 10 let, případně 2000 nabíjecích cyklů. Obsahují hydroxid hliníku (tvoří kladné elektrody) a hydroxid kademnatý (záporné elektrody). A právě to je jedna z jejich velkých nevýhod. Kadmium je totiž jedovaté, a proto je nutné po použití tyto akumulátory recyklovat, protože by kadmium mohlo zamořit životní prostředí. Trpí také paměťovým efektem, díky čemuž ztrácí svoji kapacitu v případě, že nejsou před nabíjením plně vybité. Vzhledem k jedovatosti kadmia a nutnosti plného vybití proto nejsou pro využívání v elektrobusech či elektromobilech vhodné. Těmto akumulátorům jsou podobné akumulátory nikl-metalhydrid (NiMH). Uť podle názvu je zřejmý rozdíl na

záporné elektrodě, kde je nahrazeno nebezpečné kadmium. Tyto akumulátory jsou však proti NiCd dražší a mají nižší životnost. [19]

Pro využívání ve vozidlech s elektrickým pohonem se v dnešní době používají akumulátory na bázi lithia. Jsou to především Li-Ion, už však existuje jejich následník lithium-polymerový akumulátor (Li-Pol), který se liší hlavně použitým materiálem a lepšími vlastnostmi (vyšší energetická hustota, nižší hmotnost).

Kromě zmíněných akumulátorů existují i tzv. superkapacitory (někdy označené jako superkondenzátory či ultrakapacitory). Superkapacitor uchovává velmi malé množství energie (řádově kWh) proti lithiovým akumulátorům (řádově stovky kWh). Tuto energii však umožňuje vybíjet v řádech sekund velmi vysokými výkony (řádově stovky kW). Toho je pak superkapacitor schopen až milionkrát. Z toho pramení značná výhoda s mnohem vyšší životností podle nabíjecích cyklů, která je proti akumulátorům zhruba tisícinásobná. Právě vlastnost rychlého vybíjení a nabíjení je velmi vhodná pro městské autobusy kvůli jejich častému rozjezdu a zastavování. Ovšem díky uchovávání malého množství energie je nutné superkapacitor často dobíjet, což klade nároky na infrastrukturu, která by toto umožňovala.

Přehled jmenovaných druhů uložení energie je uveden v tabulce 2.1.

Tab. 2.1: Přehled základních vlastností jednotlivých druhů akumulátorů

Akumulátor	Hustota energie (Wh/kg)	Počet nabíjecích cyklů	Samovybíjení (%/měsíc)
NiCd	50	1 000	25
NiMH	70	700	15
Li-Ion	Max. 150	500	10
Li-Pol	Max. 180	500	10
Superkapacitor	Max. 10	1 000 000	0,01

Zdroj: [22]

U akumulátorů jsou důležité tyto parametry:

- měrná energie,
- měrný výkon,
- nabíjecí doba,
- životnost,
- cena,
- údržba,

- náročnost výroby,
- recyklace. [19]

#### **2.3.4 Hybridní pohon**

Protože elektrický motor má menší jízdní výkon a hlavně omezený dojezd, není elektrický pohon ideálním řešením. Dnes se tedy používá především v kombinaci s jiným poháněcím zdrojem. Tato kombinace dvou pohonů a využití jejich nejlepších vlastností v určitých podmínkách se nazývá „pohon hybridní“. Pokud použijeme dvou různých pohonů, zvýší se nám náklady na pořízení a hodnota, která vyvažuje tyto náklady, je úspora při samotném provozu vozidla. Pod názvem „hybridní motory“ se nejčastěji rozumí kombinace spalovacího motoru a elektromotoru. Takové vozidlo je vhodné zvláště pro provoz ve městech, pro téměř nulový obsah škodlivých emisí. Mimo město je vhodné využít spalovacího motoru pro jeho lepší jízdní vlastnosti. Elektromotor pracuje obousměrně. Převádí elektrickou energii z baterie na mechanickou a pak také transformuje zpět mechanickou energii na elektrickou, která je akumulována v baterii. Jestliže vůz disponuje velkou kinetickou, setrvačnou energií, které se obvykle zbavujeme při brzdění, motor začíná pracovat jako generátor a zároveň dobývá baterii ve vozidle. Tato energie se v běžném případě odvádí bez užitku jako teplo. Hybridní motor hospodáří s energií během jízdy. Zatímco v počátcích se technici pokoušeli vyvinout funkční elektromobil, dnes se snaha o vývoj a zdokonalení převádí na hybridy.

Dnes se používají hlavně hybridní pohony v kombinaci spalovacího motoru a elektrického pohonu napájeného z akumulátoru nebo spalovacího motoru a elektromotoru napájeného z troleje.

V případě autobusů se používá kombinace elektropohonu a baterií s naftovým vytápěním interiéru vozu. Jelikož odpadní tepelná energie z motorů a baterií není schopna prostor dostatečně vytopit a využitím elektrické energie z baterií by se rapidně snížil dojezd, někteří výrobci udávají až 30%.

#### **2.3.5 Trolejbusy**

Speciální skupinou mezi silničními prostředky hromadné dopravy osob jsou trolejbusy. Trolejbus je hybrid silničního a drážního vozidla. Mnoho výrobců elektrobusů využívá kombinace baterií a výsuvného trolejového stožáru, vzhledem k omezenému dojezdu. Jedná

se sice o praktické a logické řešení, avšak instalace samotných trolejí do města je velmi finančně náročná.

## 2.4 Shrnutí

Přidávání biopaliv do nafty a benzínu můžeme bezpochyby považovat za nejrozšířenější využití alternativních paliv v dopravě. Mnohem ekologičtější a čistší však je provoz dnes již masově využívaných plynových pohonů. Ve veřejné dopravě jsou to zejména autobusy na zemní plyn. Hned za nimi mohu uvést veřejnou dopravu s elektrobusem, která se hodí do městských aglomerací, a vrácením brzděné energie, která by jinak zůstala nevyužita, zpět do akumulátorů, vzniká úspora, která není zanedbatelná. Plynový pohon LPG za těmito dvěma zaostává a jeho použití je spíše řídké. Z technologického a technického důvodu je pohon LPG mnohem vhodnější.

Jak tedy bylo zmíněno, každý alternativní druh pohonu má svoje nevýhody a výhody, které ho charakterizují. Každý disponuje oproti konvenčnímu zcela zásadní výhodou. Tou je především ekologičtější provoz, který je dnes velmi aktuálním tématem. Tato výhoda je však často kompenzována nutností budování potřebné infrastruktury nebo nějakým omezením životnosti a zvýšením ceny dopravního prostředku. Ovšem i pro zavádění konvenčního pohonu bylo nutné budovat infrastrukturu čerpacích stanic a tvořit nové distribuční cesty paliva, takže lze očekávat podobný scénář při zavádění těch alternativních. Vlastnosti jednotlivých alternativ jsou shrnuty v tabulce 2.2.

Tab. 2.2 Srovnání jednotlivých pohonů vozidel

Druh pohonu/ palivo	Požizovací cena	Potenciál do budoucnosti	Zásadní výhoda	Zásadní nevýhoda	Potřeba speciální infrastruktury
Nafta	Nízká	Nízký	Flexibilita	Negativní dopad na životní prostředí	Ne
CNG	Střední	Střední	Snížení provozních nákladů	Vyšší investiční náklady	Ano
Hybrid	Střední	Nízký	Netřeba nové infrastruktury	Malá perspektiva	Ne
Elektro	Vysoká	Vysoký	Šetrné k životnímu prostředí	Malý dojezd	Ano
Vodík	Velmi vysoká	Velmi vysoký	Obnovitelný zdroj	Vysoké investiční náklady	Ano

Zdroj: [19, 20]

## **3 Nastavení ekonomických indikátorů v osobní dopravě**

### **3.1 Autobusy používané v osobní dopravě**

#### **3.1.1 Podle velikosti**

##### **Mikrobusy**

- 7 až 9 míst včetně řidiče,
- K řízení stačí řidičský průkaz třídy B,
- Sedadla jsou obvykle ve třech řadách.

##### **Minibusy**

- Mají více než 8 +1, ale maximálně 16 + 1 míst,
- K řízení je zapotřebí řidičský průkaz skupiny D,
- Celková délka vozu se pohybuje okolo 6 m.

##### **Midibusy**

- Malé autobusy, které mají přibližně 25 míst pro sedící cestující,
- Délka: 7–9 m,
- Jsou nasazovány na málo vytížené linky nebo linky vedené extrémní trasou (úzké ulice, prudké zatáčky),
- Od této velikosti dále je zapotřebí řidičský průkaz skupiny D,
- Sedadla jsou obvykle v příčném uspořádání 2-ulička-2,
- Jako příklad je možné uvést skibusy, či hotelové midibusy.

##### **Standardní autobusy**

- Dvounápravové vozy dlouhé nejčastěji kolem 12 m,
- Nejrozšířenější druh autobusu, nejrozsáhlejší nabídka výrobců,
- Obsaditelnost činí až 55 sedících cestujících (linkové autobusy) nebo 30 sedících cestujících a až 70 stojících cestujících (městské autobusy).

##### **Patrové autobusy**

- Dvounápravové (většinou městské) i třinápravové (většinou dálkové) autobusy,
- Vyšší celková kapacita cestujících,

- Délka totožná jako u standardních autobusů,
- Horší podélná stabilita.

### **Třínápravové autobusy**

- Vozy dosahují délky nad 13 m (často 15 m dlouhé),
- Autobusy pojmu 120 (městské) nebo 70 (dálkové, linkové) cestujících.

### **Kloubové autobusy**

- Vznikly z požadavku větší přepravní kapacity,
- Délka činí okolo 18 m,
- Zadní část je hnací (obsahuje motor a hnací nápravu),
- Jsou využívány jako městské nebo příměstské (linkové),
- Celková obsaditelnost stojících a sedících cestujících je asi 150 osob (městská verze).

### **Dvoukloubové autobusy**

- Délka většinou 24 m,
- Jsou nasazovány v případě extrémní zátěže na lince,
- Nejrozšířenější jsou v Brazílii,
- Obsaditelnost je až 200 osob, což je staví na úroveň velkokapacitních tramvají.

## **3.1.2 Podle využití**

### **Městské**

- Jsou určeny pro dopravu v intravilánu,
- Mají velký počet dveří (3–4),
- Více míst k stání + madla a tyče na držení za jízdy,
- Jednodušší sedačky a jejich menší počet, místo pro kočárek,
- Od konce 80. let se objevují jako nízkopodlažní (anglicky označované jako low floor – LF) – všechna městské autobusy pouze nízkopodlažní (trend i nařízení Evropské unie),
- Standardem se také stává zavádění mnoha informačních systémů, světelných panelů a zvukových hlásičů,
- Autobusy zvládají rychlejší rozjezdy a brzdění, většinou mají automatickou převodovku s retardérem,

- Maximální rychlost bývá 75 km/h.

### **Autobusy meziměstské (dálkové)**

- Jsou to autobusy určené pro provoz na linkách mezi městy a obcemi, do vzdálenosti 150 až 200 km,
- Mají jedny nebo dvoje dveře a není v nich povoleno stání,
- Jsou to autobusy pro vyšší rychlosti (100 km/h i více),
- Mají výkonnější motor oproti městským autobusům,
- Nejsou nikdy kloubové (často klasické 12 m, nebo třínápravové 15 m),
- Od roku 2002 mají předepsány nové dálkové autobusy taktéž bezpečnostní pásy,
- Některé dálkové autobusy vybaveny záchodem, nápojovým automatem, přístroji na pouštění filmu a hudby a klimatizací,
- Dnes neexistuje ostrá hranice mezi dálkovými a turistickými autobusy (dříve byly turistické luxusnější, dnes se jim dálkové vyrovnaly).

### **Autokary (turistické autobusy)**

- Jsou určeny pro nelinkový provoz na střední a i dlouhé trasy podle objednávek na zájezdech a jiných dlouhých trasách,
- Konstrukcí jsou shodné buďto s autobusy meziměstskými, nebo dálkovými,
- Často jsou navíc vybaveny záchodem, televizí a větším prostorem pro cestující a zavazadla,
- Mohou táhnout přívěs (na lodě, jízdní kola) nebo mít na zádi instalovanou skříň na lyže.

### **Hotelbusy**

- Tyto autobusy jsou určené pro provoz na nejdelších trasách – často až 5000 km,
- Jedná se o speciální dálkové a většinou patrové autobusy, které mají uvnitř kuchyni, koupelnu a spací kóje s lůžky, případně sedačky, které je možné sklopit a přestavět na postele,
- Používají se velmi zřídka,
- Jejich variantou jsou různá obytná a většinou luxusní provedení, sloužící jako zázemí např. hudebním skupinám na turné,
- Přeprava spících cestujících je však v Evropě zakázána.



### **Autobusy školní**

- Navrženy pro přepravu dětí,
- Mají menší rozestupy mezi sedadly a mají řešen prostor pro školní brašny.

### **Autobusy speciální**

- Jedná se o účelové (např. letištní) autobusy, terénní autobusy, nebo o nákladní automobily přestavěné použitím nástavby pro přepravu osob (takzvané přepravníky osob). [4]

## **3.2 Nabídka autobusů**

Výrobců automobilů, kteří mají v nabídce autobusy s pohonem CNG, elektrobuses a hybridní autobusy, je několik. V České republice je to společnost SOR a IVECO Czech Republic. Ze zahraničních výrobců, jejichž autobusy jsou u nás provozovány, je to polský výrobce SOLARIS, který se rovná přibližně cenou i kvalitou našim domácím strojům. Pokud zákazník dává přednost vysoké kvalitě, pak má možnost zakoupit hybridní autobusy Volvo nebo Mercedes. Stejně tak u nás má obchodní zastoupení společnost MAN, která nabízí též kvalitní hybridní a plynové autobusy.

S rostoucí dostupností technologie pohonu se otevírají dveře i výrobcům, kteří na českém a evropském trhu dosud byli k vidění jen zřídka. Servisní síť těchto výrobců však prakticky neexistuje a byť některé technologie a součástky byly převzaty od velkých výrobců, údržba těchto autobusů bude náročná.

### **3.2.1 Elektrobuses a vodíkové autobusy**

Hlavní problém elektrobuses a vodíkových autobusů spočívá v jejich dojezdu, kde se ten pohybuje jen na třetině ve srovnání s konvenčním naftovým pohonem. Proto někteří výrobci vsadili na kombinaci elektrobuse s trolejovým stožárem, tento systém řeší problém dojezdu jen z části a jen v oblastech, kde se trolejové vedení nachází.

Další problém je vysoká cena, která většinu potenciálních kupujících odrazuje a ti tak raději investují své peníze do autobusu na pohon CNG, u kterého je navíc větší šance na státní dotaci.

Vesmět všechny nové autobusy jsou, v rámci nových standardů v dopravě, nízkopodlažní. Nádrže a baterie se tak přesunuly ve většině případů do podlahy či na střechnu.

Aby bylo možné lépe porovnat zkoumané modely autobusů, byla provedena kategorizace na základě délky. Rozlišuje se mezi autobusy do délky 12 m (38 modelů) – tabulka 3.1, od 12 m do 15 m (38 modelů) – tabulka 3.2 a většími autobusy nad 15 m (25 modelů) – tabulka 3.3. Pořadí je založeno na kapacitě osob. Kapacita cestujících, hmotnost a dojezd závisí na počtu a rozměrech baterií a dveří.

110 identifikovaných modelů autobusů je rozděleno mezi 36 výrobců, obr. 3.1.

101 autobusů má elektrický pohon a devět modelů používá vodík. [23]

Obr. 3.1 Výrobci elektrobusů



Zdroj: [4]

Tab. 3.1 Modely do 12 m

Výrobce	Model	Obsaditelnost	Délka (mm)	Maximální dojezd (km)
K-Bus	City Bus Elektro	20	5.900	120
Bolloré Group	Bluebus 6m	22	5.460	180
Hyundai	County Standard	24	6.350	250
Hyundai	County Long	28	7.085	250
Rampini Carlo	E60	28	6.110	120
Tata Motors	7m Electric Bus	35	7.000	150
BYD	Bus 8,7m	37	8.750	160
HeuliezBus	GX 137L ELEC	38	10.745	200
Solaris	Urbino 8,9 LE electric	40	8.950	200
Tata Motors	Ultra Electric 6/9m	40	9.000	170
Tata Motors	Starbus EV: Ultra 9/9m AC Electric Bus	40	9.200	150
Rampini Carlo	E80	42	7.790	150
Temsa	MD9 ElectriCITY	44	9.496	250
CRRC	12m electric	45	11.950	200
Evopro Group	Modulo c48 (MINIMO)	45	6.507	170
SOR	EBN 8	51	8.000	200
Hyundai	Elec City	55	10.998	290
Škoda	29BB	55	8.950	150
Optare	Versa	57	11.785	250
Optare	Solo	58	9.960	150
HeuliezBus	GX 137 ELEC	60	9.510	140
Optare	Metrocity	60	10.130	150
Tata Motors	Starbus EV: Urban 9/12m AC Electric Bus	60	11.900	150
Ursus	City Smile 8.5	60	8.500	150
VDL	Citea LLE-99 Electric	60	9.950	150
Tata Motors	Starbus EV: 4/12m LF AC Electric Bus	62	11.985	200
Caetanobus	e.City Gold 10,7m	64	10.740	300
VDL	Citea LLE-115 Electric	64	11.500	150
Evopro Group	Modulo c68 (MEDIO)	65	7.982	200
SOR	EBN 9,5	70	9.790	180
Rampini Carlo	E120	71	11.995	200
Irizar	ie bus 10,8	76	10.850	250
Ursus	City Smile 10	83	9.950	170
Evopro Group	Modulo c88 (OPTIMO)	85	9.457	120
Caetanobus	e.City Gold 12m	87	11.995	300
Sileo	S10	90	10.752	280
SOR	EBN 11	93	11.100	160
Optare	Metrodecker	94	10.500	230

Zdroj: [4]

Tab. 3.2 Modely od 12 m do 15 m

Výrobce	Model	Obsaditelnost	Délka (mm)	maximální dojezd (km)
BYD	Coach	59	12.900	200
Irizar	ie bus 12	65	12.160	250
VDL	Citea SLE-129 Electric	70	12.900	270
Hyundai	Electric Double-Decker Bus	70	13.000	300
Euracom Group	Eurabus 3.0 12 m	70	12.000	600
Hybricon	HAW 12 LE/LF	74	12.000	200
VDL	Citea SLF-120 Electric	75	12.000	150
VDL	Citea SLE-120 Electric	75	12.000	150
Ebusco	Ebusco 2.2 - 12,9M	75	12.900	450
Temsa	Avenue Electron	75	12.095	350
BYD	Bus 12 m	80	12.200	250
Linkker	12 +	80	12.818	300
Solaris	Urbino 12 electric	80	12.000	200
Chariot Motors	UC e-bus	81	12.000	210
Škoda	PERUN HE	82	12.000	200
Škoda	PERUN HP	82	12.000	30
Škoda	E'City	85	12.000	250
SOR	NS 12 electric	85	12.000	200
Tata Motors	Starbus EV: 4/12m LE AC Electric Bus	85	12.000	200
Irizar	ie tram 12m	86	12.165	100
Hybricon	HCB 12 LE/LF	86	12.000	230
Deltabus	Mark E	87	12.290	300
Mercedes-Benz	eCitaro	88	12.135	150
MAN	Lion's City 12 E	88	12.200	270
Chariot Motors	12 M	89	12.000	250
Ebusco	2.2 – 12M	90	12.000	350
HeuliezBus	GX 337 ELEC	90	12.060	200
Sileo	S12	90	12.200	280
Solaris	Urbino 15 LE electric	90	15.000	200
Otokar	e-KENT C	95	12.000	300
Ebusco	3.0 – 12M	95	12.000	500
Volvo	7900 E 12m	95	12.000	200
Alstom	Aptis	100	12.000	250
Scania	Citywide BEV	100	12.100	150
Irizar	ie bus 15	105	14.980	250
Bolloré Group	Bluebus 12m	109	12.070	320
Caetanobus	e.Cobus 3000	110	13.920	70
VDL	XLE-145 Electric	120	14.480	250

Zdroj: [4]

Tab. 3.3 Modely nad 15 m

Výrobce	Model	Obsaditelnost	Délka (mm)	Maximální dojezd (km)
Hybricon	HAW18 LE/LF	104	18.000	150
Van Hool	ExquiCity 18	108	18.610	120
MAN	Lion's City 18 E	120	18.100	270
VDL	Citea SLFA-187 Electric	130	18.750	200
Ebusco	Ebusco 2.2 18M	130	18.000	350
VDL	Citea SLFA-181 Electric	133	18.150	200
Hess	lighTram® 19 Tosa	135	18.741	190
CRRC	18m	135	18.000	180
Hess	lighTram® 19 OPP	135	18.741	80
VDL	Citea SLFA-180 Electric	135	18.000	200
Sileo	S18	136	18.300	300
HeuliezBus	GX 437 ELEC	140	17.970	230
Mercedes-Benz	eCitaro G	143	18.125	150
Hess	SwissTram® 19 DC	144	18.741	35
Volvo	7900 E 18,7m	145	18.557	170
Solaris	Urbino 18 electric	145	18.000	200
Euracom Group	Eurabus 3.0 18m	150	18.000	650
Volvo	7900 E 18m	150	17.849	170
BYD	Bus 18m	150	18.250	140
Irizar	ie tram 18m	155	18.730	50
Irizar	ie bus 18	155	18.730	250
Hess	lighTram® 25 TOSA	190	24.379	70
Sileo	S25	210	24.380	300
Hess	lighTram® 25 DC	224	24.724	70
Van Hool	ExquiCity 24	230	23.820	180

Zdroj: [4]

Elektrické autobusy jsou v současné době ještě dražší než autobusy s konvenčním pohonem. Další nevýhodou jsou dodatečné náklady za zařízení pro dobíjení, například trolejový sběrač na střeše vozu, tyto náklady jsou sice volitelné, avšak v mnoha případech je vlastník nucen tyto zařízení zakoupit, tabulka 3.5. S rostoucí sériovou výrobou a klesajícími náklady na baterie však budou ceny postupně klesat. [4, 24, 25, 26, 27]

Tab. 3.4 Kupní ceny elektrobusů

	Minibus	do 12 m	od 12 m do 15 m	nad 15 m
Kupní cena v Kč	8 000 000 Kč	10 000 000 Kč	12 000 000 Kč	17 500 000 Kč

Zdroj: [4]

Tab. 3.5 Dodatečné náklady při koupi elektrobusu

Dodatečné náklady za připojení a příslušenství	cena
Trolejový sběrač na střeše vč. připojení	275 000 Kč
Pasivní kontaktní díl na střeše vč. připojení	150 000 Kč
Kombinovaný nabíjecí systém (CCS)	25 000 Kč
Montáž kabeláže a příslušenství	37 500 Kč

Zdroj: [4]

### 3.2.2 Autobusy na CNG

Autobusy s pohonem na CNG jsou ve srovnání s elektrobusy a vodíkovými autobusy levnější, mají též menší dojezd než jejich dieselloví konkurenti, avšak v případě městských a meziměstských tento rozdíl není tak limitující.

Rozdílem je také flexibilita obou pohonů. Autobus využívající CNG má mnohem vyšší dojezd než elektrobus. Dojezd souvisí s počtem tlakových nádrží umístěných na vozidle a pohybuje se nad 400 km. Díky tomu není většinou nutné doplňovat palivo v průběhu dne a autobus tak může být využíván v provozu bez přestávek. Oproti tomu elektrobusy nedosahují většinou ani poloviny této úrovně. Díky tomu musejí být při užívání dobíjeny, aby mohly sloužit podobně jako CNG autobusy.

Autobusy na CNG již nabízejí všichni výrobci těchto vozidel, parametry a rozměry se prakticky neliší od vozidel s konvenčním pohonem. Jelikož je nabídka autobusů na CNG široká, jsou ceny jen lehce vyšší oproti autobusům s konvenčním pohonem. [28, 29]

### 3.3 Infrastruktura

V případě elektrobusů, vodíkových autobusů a autobusů na CNG je potřeba stavba dodatečné infrastruktury. Tento náklad je potřeba připočítat ke kupní ceně samotných nových autobusů. Nynější infrastrukturu pro osobní vozidla není možné použít, jedním z hlavních důvodů je malý výkon nabíjecích stanic či malé nádrže na CNG, v případě vodíku

se bavíme o samotné existenci plnicích stanic. Další problém nastává v samotné velikosti autobusů, kdy se takto velké vozidlo do dobíjecího boxu pro elektromobil zkrátka nevejde.

### 3.3.1 Elektromobilita

Zatímco u vodíkových stanic je možnost tankování jen jedna, plnicí pistolí do hrdla nádrže tankovaného vozu, u elektrických dobíjecích stanic je možností více. Od dobíjení zasunutím dobíjecí pistole do zástrčky ve vozidle do indukčního dobíjení. Také samotný výkon nabíjení je u každé stanice rozdílný, záleží na typu stanice, typu baterií použitých ve vozidle, ale i stylu nabíjení zvoleném samotným uživatelem.

Kompletní řešení (částečně s externími partnery) nabízejí mimo jiné následující výrobci elektrických autobusů: Solaris, SOR, Temsa, Iveco, MAN, Mercedes-Benz, HeuliezBus, Irizar, Hess, Ebusco, Van Hool, VDL a VOLVO.

Mezi externí poskytovatele nabíjecí techniky patří:

Siemens nabízí řešení průběžného nabíjení a nabíjení depa, která mohou být použita elektrickými autobusy od různých výrobců:

- sběrač shora dolů (plně autonomní nabíjení 150–600 kW),
- sběrač zdola nahoru (napájení 750 V DC; nabíjecí výkon 60 nebo 120 kW, střešní sběrač a měnič DC/DC),
- DC nabíjecí stanice jako jednoduchá nebo dvojitá nabíjecí stanice (nabíjecí výkon 30–150 kW).

ABB nabízí široké produktové portfolio:

- řešení nočního nabíjení s konektorem CC-2 a kabelem (Terra 54C HV, HVC 100C, HVC 150C),
- Zwischenladelösungen über Pantografen (HVC 150, HVC 300P, HVC 450P, HVC 600P).

Schunk nabízí Schunk Smart Charging a Depot Charger:

- střešní sběrače založené na principu zdola nahoru,
- invertovaný sběrač podle principu vzhůru nohama (se stanicí dobíjecí infrastruktury).



Stemmann nabízí:

- rychlonabíjecí stanice HPC (High Power Charger) pomocí nabíjecích sběračů, tzv. Charging-PANTO,
- systém ChargingREEL pro nabíjení depa.

Takzvané nabíjení zástrčkou je obvykle vhodné pouze pro nižší nabíjecí kapacity. Obvykle se plug-in nabíjení používá pouze v depech, ale jsou známé i aplikace, ve kterých jsou menší autobusy dobíjeny plug-in nabíjením na konečné zastávce. [4, 24, 25, 26, 27]

### **3.3.2 Stanice CNG**

Stanice GNC jsou dostupnější a levnější na provoz. Další jejich nespornou výhodou je možnost jejich využití i pro široké okolí, většina společností, které stanice CNG vlastní, je otevřená i pro ostatní motoristy. Což u stanic pro elektrobusy není vzhledem k délce nabíjení možné.

Investice do plnicí stanice CNG lze odhadnout na cca 25 000 000 Kč, pokud ji bude budovat provozovatel autobusů. Proti tomu dobíjecí stanice pro elektrobusy v areálu provozovatele může být postavena výrazně levněji (cca do 1 000 000 Kč, záleží na počtu dobíjecích stojanů). Rozdíl však nastává, pokud by elektrobusy byly dobíjeny na trase (investice cca 400 000 Kč na jedno dobíjecí místo). Zde by logicky celková investice rostla spolu s počtem dobíjecích míst.

## **3.4 Dotace na nákup ekologických autobusů**

Tendence podpořit alternativní typy paliv pro pohánění dopravních prostředků nelze popřít. Některé z nich jsou užívány pouze experimentálně, jako například vodíkový autobus v Neratovicích. Jiné zažívají ústup. Autobusy MAN na LPG, které jezdí v Mostě a Litvínově, totiž výrobce již nenabízí. Naopak, co se týče autobusů na stlačený zemní plyn CNG, jejich zavádění je hlavně díky dotacím Evropské unie v plném proudu.

K podpoře alternativních paliv vedou dva faktory. Prvním z nich je názor veřejnosti, která sleduje počínání v oblastech, které jsou pro zlepšování životního prostředí stěžejní. Druhým je podpora. Nejde o podporu celoplošnou, ale o množství projektů, které jsou určeny k inovaci vozových parků. Jde o dotace z evropských peněz, ale také o podporu ze strany státu, plynárenských společností a jiných zainteresovaných stran. [30]

Významnou podporu pro zvyšování podílu ekologických dopravních prostředků v České republice je Operační program Životního prostředí.

Program je určen hlavně pro obce a města, kraje, příspěvkové a neziskové organizace. Již se připravuje navazující program pro rok 2021. Díky tomuto programu již získaly podporu mnohá města. Jde o podstatné částky, které budou vyplaceny z evropských fondů městům, která se o tuto dotaci ucházela svým projektem. Příklad realizovaných projektů:

Zelená Opava – CNG

Celkové náklady: 128 699 835 Kč

Celkové uznatelné náklady: 100 979 205 Kč

Celková výše podpory: 90 881 284 Kč

Příjemce: Městský dopravní podnik Opava, a.s.

Místo realizace: Opava, Moravskoslezský kraj

Pořízení CNG autobusu – CSAD Frýdek – Místek a.s.

Celkové náklady: 131 727 236 Kč

Celkové uznatelné náklady: 107 480 169 Kč

Celková výše podpory: 96 732 151 Kč

Příjemce: CSAD Frýdek-Místek a.s.

Místo realizace: Frýdek-Místek, Moravskoslezský kraj

Nákup autobusu s CNG pohonem (Ústí nad Labem)

Celkové náklady: 230 505 000 Kč

Celkové uznatelné náklady: 143 096 700 Kč

Celková výše podpory: 128 787 029 Kč

Příjemce: Dopravní podnik města Ústí nad Labem a.s.

Místo realizace: Ústí nad Labem, Ústecký kraj

Pořízení CNG autobusu – ČSAD Havířov a.s.

Celkové náklady: 169 224 550 Kč

Celkové uznatelné náklady: 122 961 623 Kč

Celková výše podpory: 110 665 460 Kč

Příjemce: CSAD Havířov a.s.

Místo realizace: Karviná, Moravskoslezský kraj

Autobusy CNG v DPO

Celkové náklady: 933 321 615 Kč

Celkové uznatelné náklady: 717 412 503 Kč

Celková výše podpory: 645 671 252 Kč

Příjemce: Dopravní podnik Ostrava a.s.

Místo realizace: Ostrava-město, Moravskoslezský kraj

Nákup CNG autobusu pro Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova a.s.

Celkové náklady: 76 037 610 Kč

Celkové uznatelné náklady: 52 563 150 Kč

Celková výše podpory: 47 113 400 Kč

Příjemce: Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova a.s.

Místo realizace: Chomutov, Ústecký kraj

Pořízení autobusu MHD s pohonem na CNG – Brno-město

Celkové náklady: 644 945 252 Kč

Celkové uznatelné náklady: 437 940 980 Kč

Celková výše podpory: 394 146 882 Kč

Příjemce: Dopravní podnik města Brna, a.s.

Místo realizace: Brno-město, Jihomoravský kraj

Pořízení CNG autobusu – CSAD Karviná a.s.

Celkové náklady: 107 439 914 Kč

Celkové uznatelné náklady: 74 924 120 Kč

Celková výše podpory: 67 431 706 Kč

Příjemce: ČSAD Karviná a.s.

Místo realizace: Karviná, Moravskoslezský kraj [36]

## 4 Návrh řešení vozového parku

Z hlediska negativních dopadů dopravy na životní prostředí má zásadní vliv složení a způsob provozování vozového parku. Jelikož technika a vývoj jdou neustále dopředu, tak novější vozidla jsou, nebo by alespoň měla být, z tohoto ohledu šetrnější. Nicméně skladba vozového parku má vliv i na výši nákladů souvisejících s provozem autobusů, jelikož u stárnoucím vozovým parkem se zásadně, s přibývajícím dobou provozu, zvyšují náklady na provoz, údržbu, ale především na opravy.

### 4.1 Základní údaje společnosti ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY s.r.o.

ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY obsluhuje linky více než šesti stovkami autobusů. Skladbou jde o různé vozy, od těch nejmenších do 12 m přes standardní až po kloubové, některé z nich společnost nakoupila s pomocí evropských nebo státních dotací. Nové autobusy nakupuje společnost už pouze s klimatizovaným prostorem, nízkopodlažní a s USB nabíječkami a dalším vybavením. Společnost se dělí na jednotlivé provozovny, například Dobříš, Domažlice, Hořovice, Klatovy, Králův Dvůr, Mladá Boleslav, Plzeň, Praha-Zličín, Příbram, Sedlčany, Stříbro, Sušice, Tachov.

V rámci krajů zajišťuje provoz v řadě integrovaných systémů, jde například o Liberecký IDOL, Královéhradecké IREDO, v Praze a okolí jde o PID, ve středních Čechách o PID a SID, na Plzeňsku se jezdí v systému IDPK. Provoz zajišťuje přes tisíc zaměstnanců, z toho nejvíce je řidičů a řidiček.

Historie společnosti ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY s.r.o. se začala psát 1. ledna 2015, kdy byli do nově vzniklé společnosti sloučeni dopravci TRANSCENTRUM BUS Kosmonosy a BOSÁK BUS z Dobříše. Další etapa historie firmy začala 1. června 2017, kdy do ní fúzoval dopravce PROBO BUS z Králova Dvora a dvě provozní části z původní ARRIVA PRAHA. Kořeny všech dopravců sahají hluboko do poválečných let, kdy se začala psát samostatná kapitola podniků ČSAD, které následně prošly po revoluci výraznými privatizačními změnami. [31]

## 4.2 Aktuální stav vozového parku

Společnost ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY s.r.o. provozuje hromadnou dopravu 621 autobusy. Z celkového počtu je 408 nízkopodlažních. Společnost zajišťuje dopravu osob ve Středočeském a Plzeňském kraji a části Prahy. Celkem čítá 14 provozoven.

Vzhledem k rozsahu oblasti, na které Arriva zajišťuje dopravní obslužnost, je vozový park velmi rozsáhlý, a to jak počtem vozidel, tak i konkrétními typy a značkami autobusů.

Všechny nově dodané autobusy jsou vybaveny motory, které splňují emisní limity stanovené normou EURO 6, což je v porovnání s vyřazovanými autobusy, které splňují výrazně nižší emisní normu, významné snižování výše emisí produkovaných autobusovou dopravou a tím ASČ přispívá ke zlepšení kvality ovzduší. Nicméně dalším faktem, kterého si lze povšimnout, je, že v rámci vozového parku ASČ není možné najít autobus využívající alternativní pohon.

Ve vozovém parku společnosti ARRIVA STŘEDNÍ ČECHY s.r.o. jsou mezi autobusy nejvíce zastoupeny vozy značky Iveco a SOR.

Tab. 4.1 Základní statistika vozového parku

Základní statistika vozového parku	
Celkový počet autobusů	621 ks
Počet nízkopodlažních	408 ks
Průměrná spotřeba	29,81 l/100km
Průměrný věk	6,38 let
Průměrné najeté km za rok jednoho autobusu	60421 km
Průměrné roční náklady na pohonné hmoty jednoho autobusu	519 581 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování.

Společnost ASČ provozuje výhradně hromadnou dopravu s převahou meziměstských spojů, dle toho také vypadá skladba vozového parku.

Zajímavým trendem se stává nasazení vozů kratších 12 m, jelikož ve většině případů jezdí autobusy mezi obcemi poloprázdné a zbytečně tak dochází k navyšování provozních nákladů.

Tab. 4.2 Skladba autobusů podle délky a typu

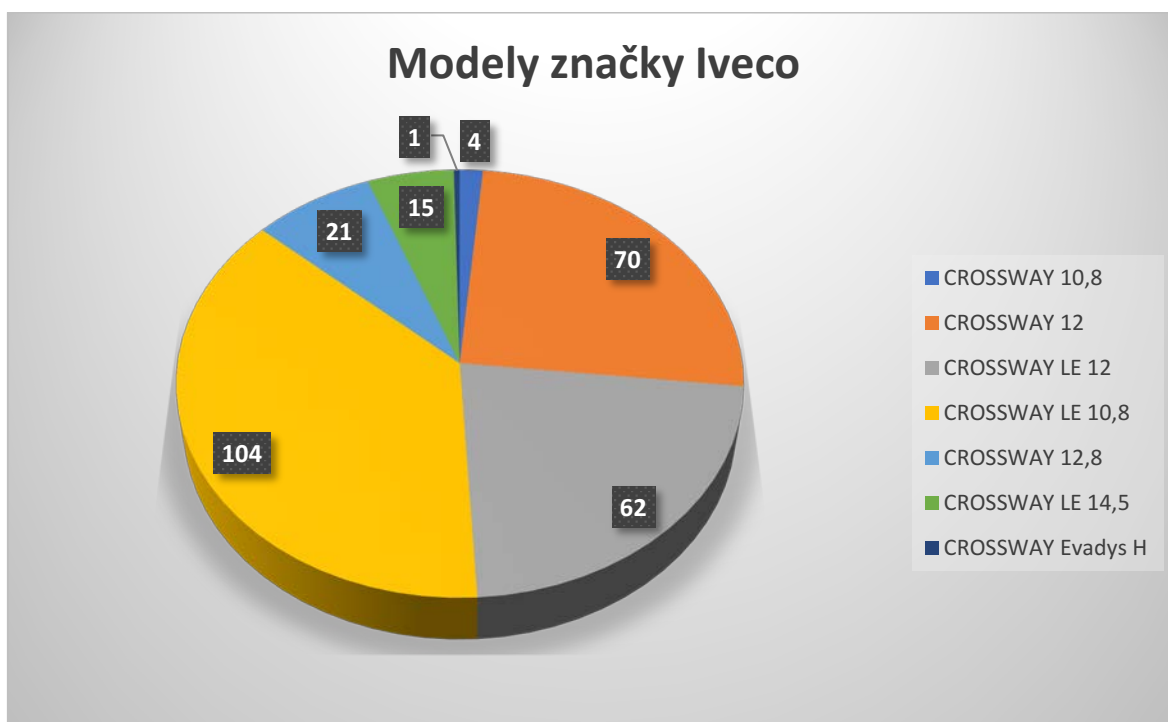
Skladba autobusů podle délky a typu			
Typ	Délka		
	do 12 m	od 12 m do 15 m	nad 15 m
městský	12	28	8
meziměstský	204	364	0
dálkový	0	5	0

Zdroj: Vlastní zpracování.

### Iveco

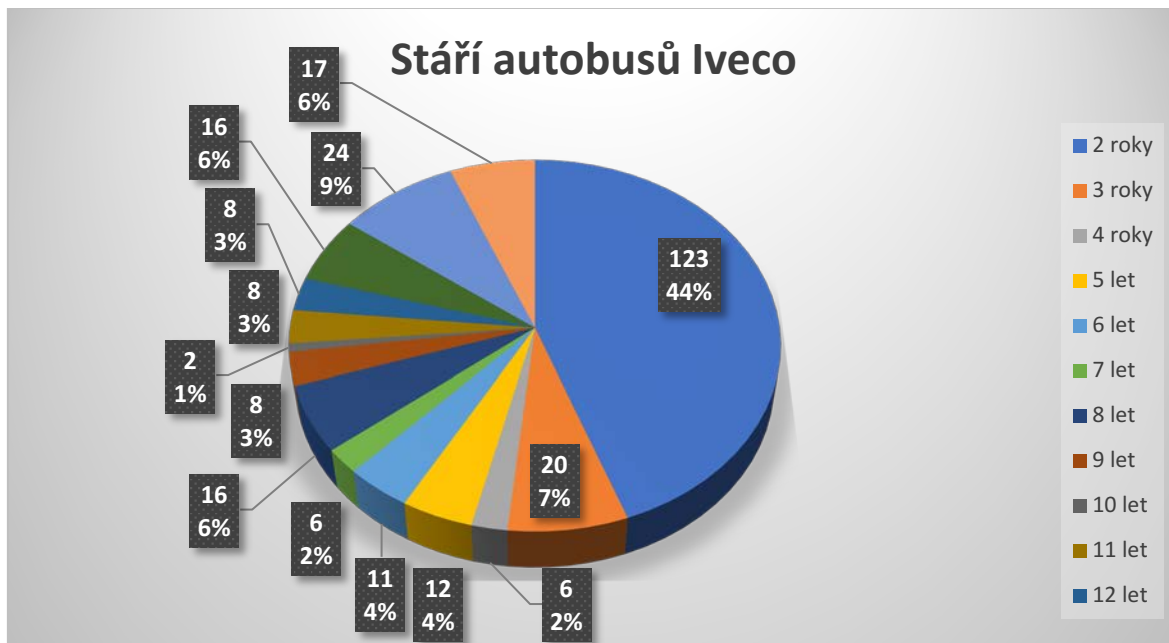
Autobusy značky Iveco jsou nejvíce rozšířené jak ve společnosti ASČ, tak i v jiných autobusových společnostech napříč ČR. Důvodů pro pořízení vozidel s touto značkou je několik, od příznivé ceny přes rozsáhlou servisní síť až po spolehlivost.

Graf 4.1 Modely značky Iveco



Zdroj: Vlastní zpracování.

Graf 4.2 Stáří autobusů Iveco

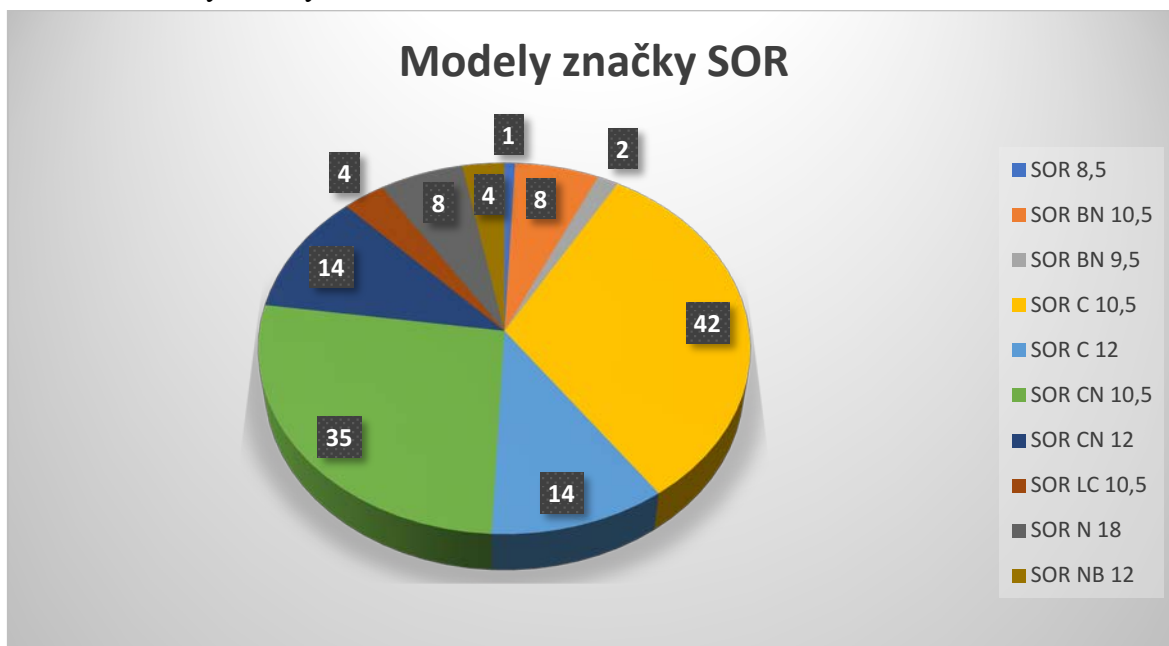


Zdroj: Vlastní zpracování.

### SOR

Autobusy SOR zastupují nejvíce modelů a jako jediná značka i kloubové 18 m dlouhé autobusy. Cenou jsou levnější než jejich konkurence od Iveca, avšak využití spočívá spíše na městských linkách, nejsou vybaveny výkonnými motory, tak aby zvládaly rychlejší provoz mezi městy.

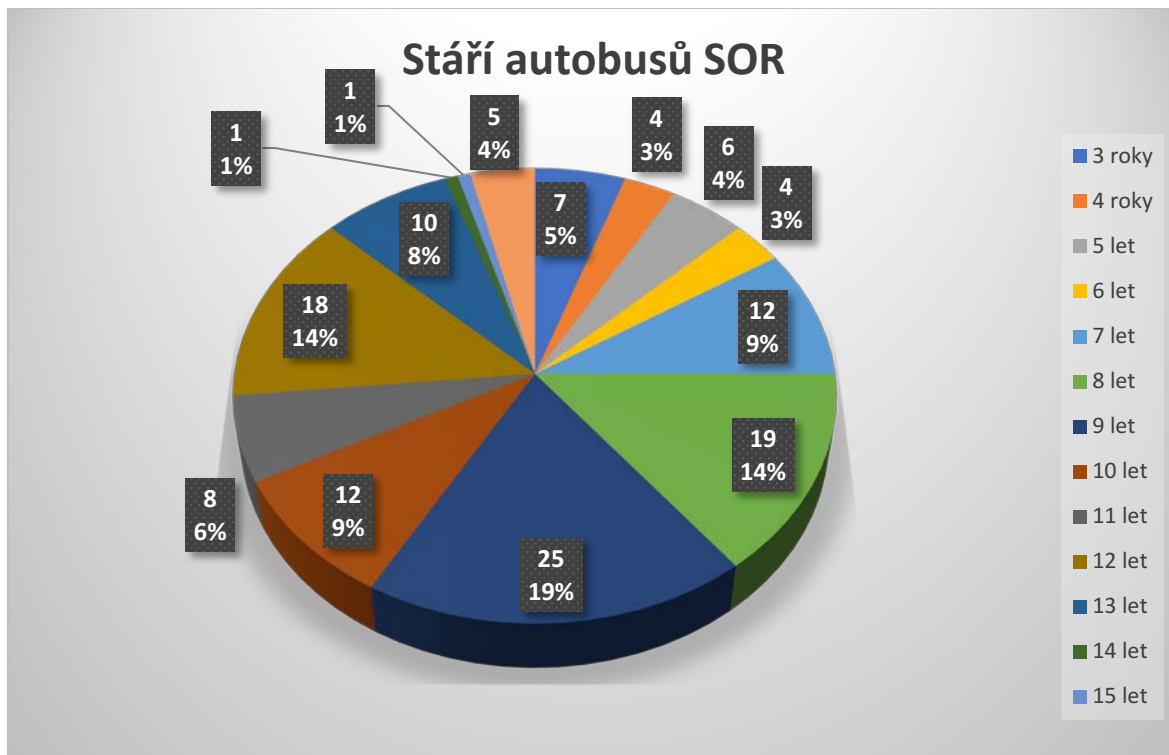
Graf 4.3 Modely značky SOR



Zdroj: Vlastní zpracování.



Graf 4.4 Stáří autobusů SOR

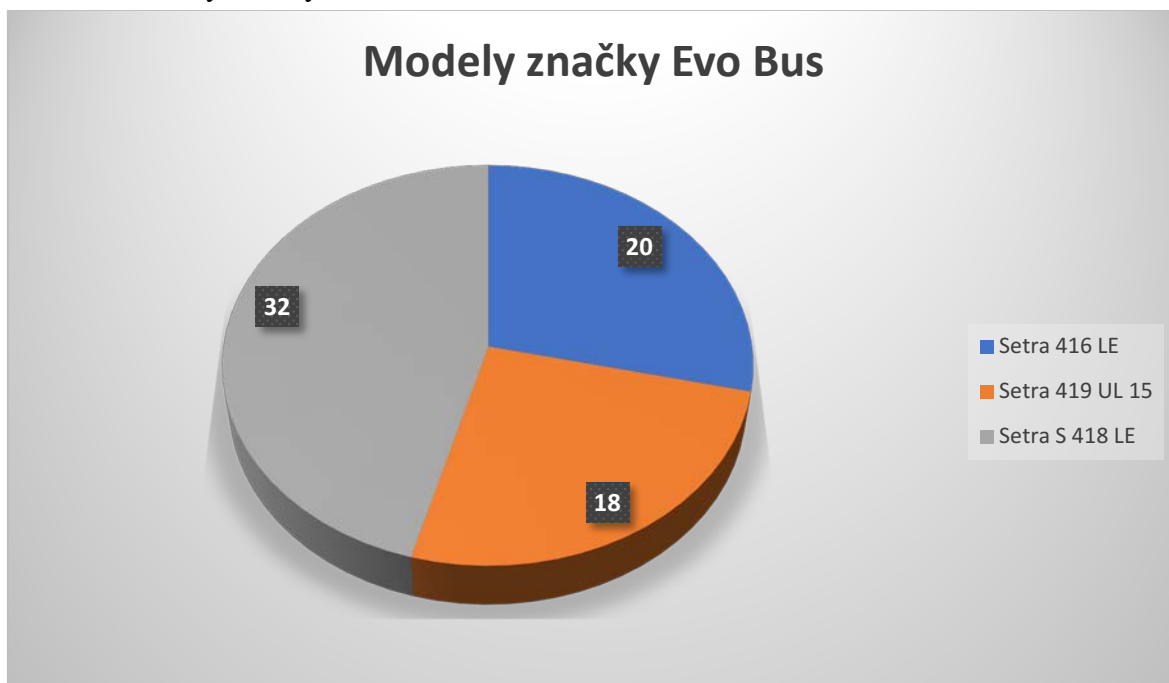


Zdroj: Vlastní zpracování.

### Evo Bus

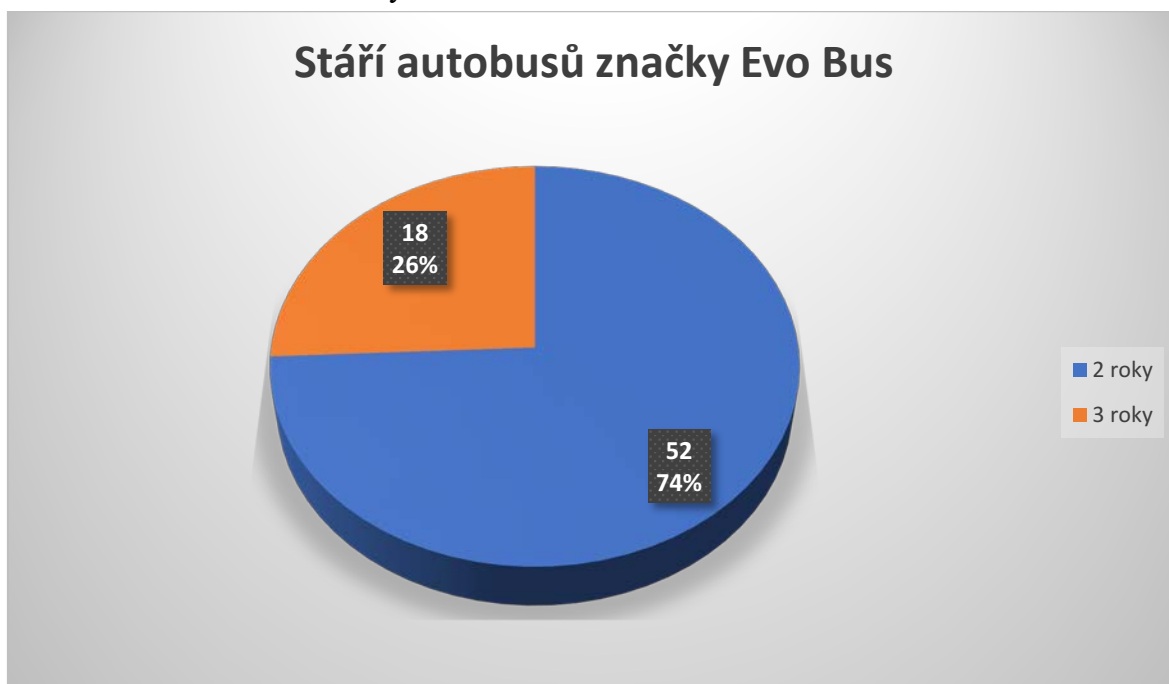
Stroje od společnosti Evo Bus jsou primárně využívány na meziměstské spoje s trasou linky z části vedoucí po silnicích I. Třídí a dálnicích. Jsou vybaveny výkonnějšími motory oproti ostatním autobusům. Spolu s autobusy od Mercedesu se také jedná o nejdražší modely ve vozovém parku.

Graf 4.5 Modely značky Evo Bus



Zdroj: Vlastní zpracování.

Graf 4.6 Stáří autobusů značky Evo Bus

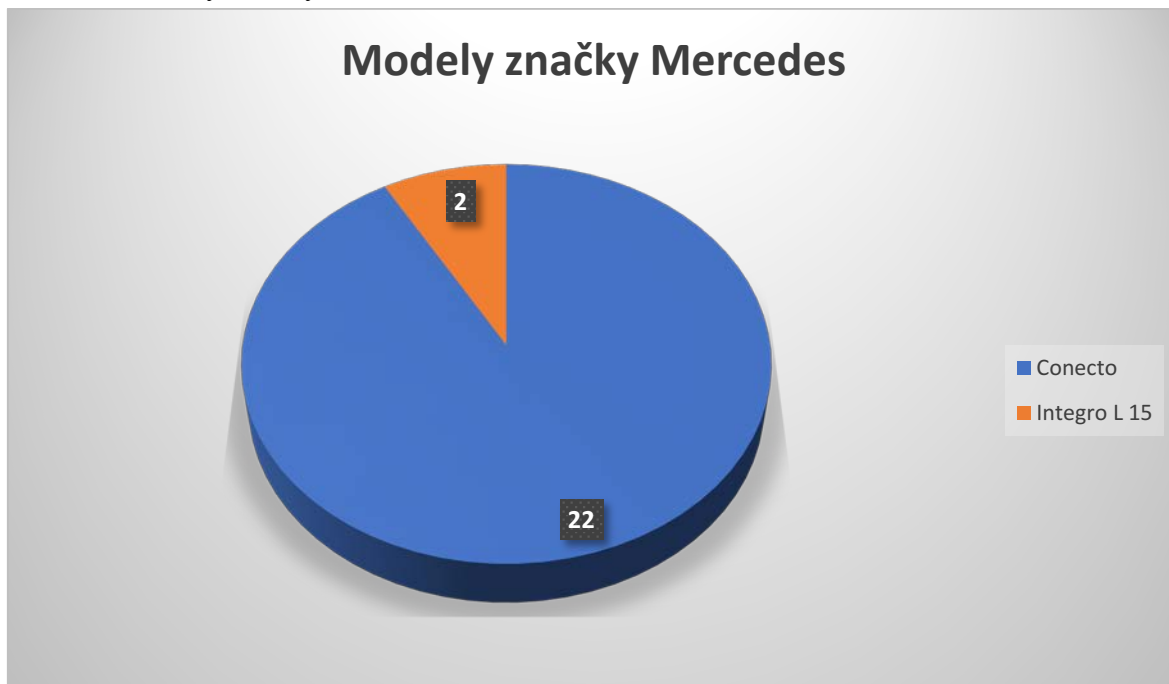


Zdroj: Vlastní zpracování.

## Mercedes

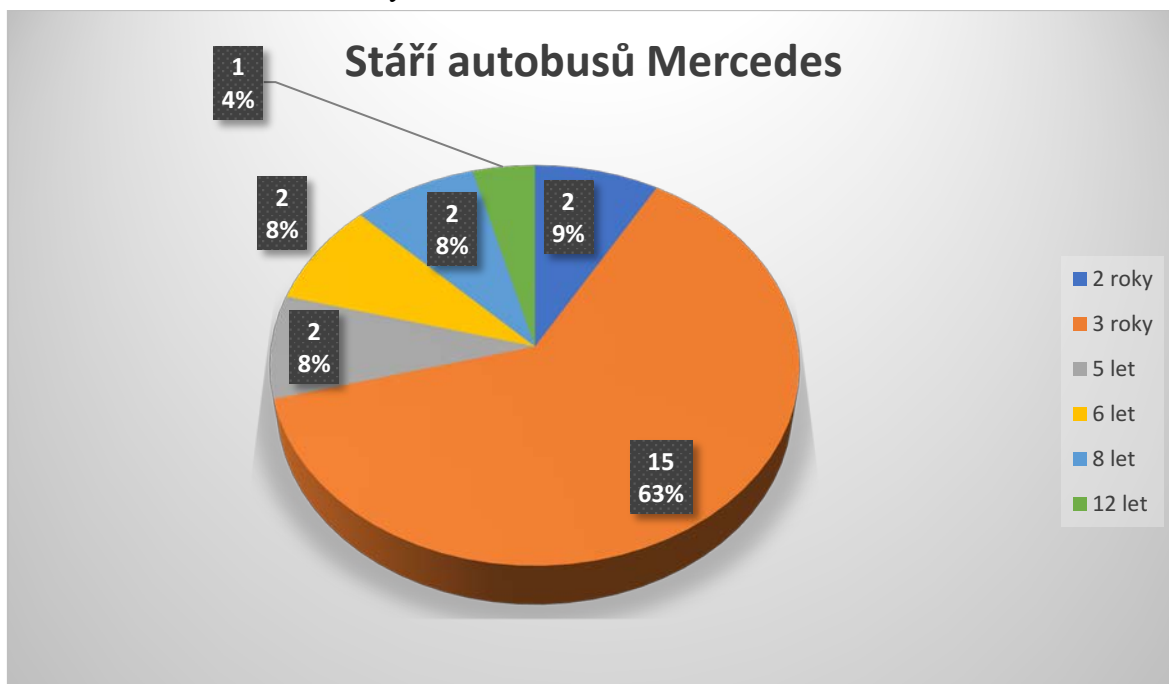
Vozy značky Mercedes patří mezi dražší stroje. 15 m typy Integro L 15 jsou postupně nahrazovány autobusy Setra o stejné délce. Městské nízkopodlažní Conecta byly hromadně nakoupeny po výhře v soutěži na zajištění městských linek v Příbrami.

Graf 4.7 Modely značky Mercedes



Zdroj: Vlastní zpracování.

Graf 4.8 Stáří autobusů značky Mercedes

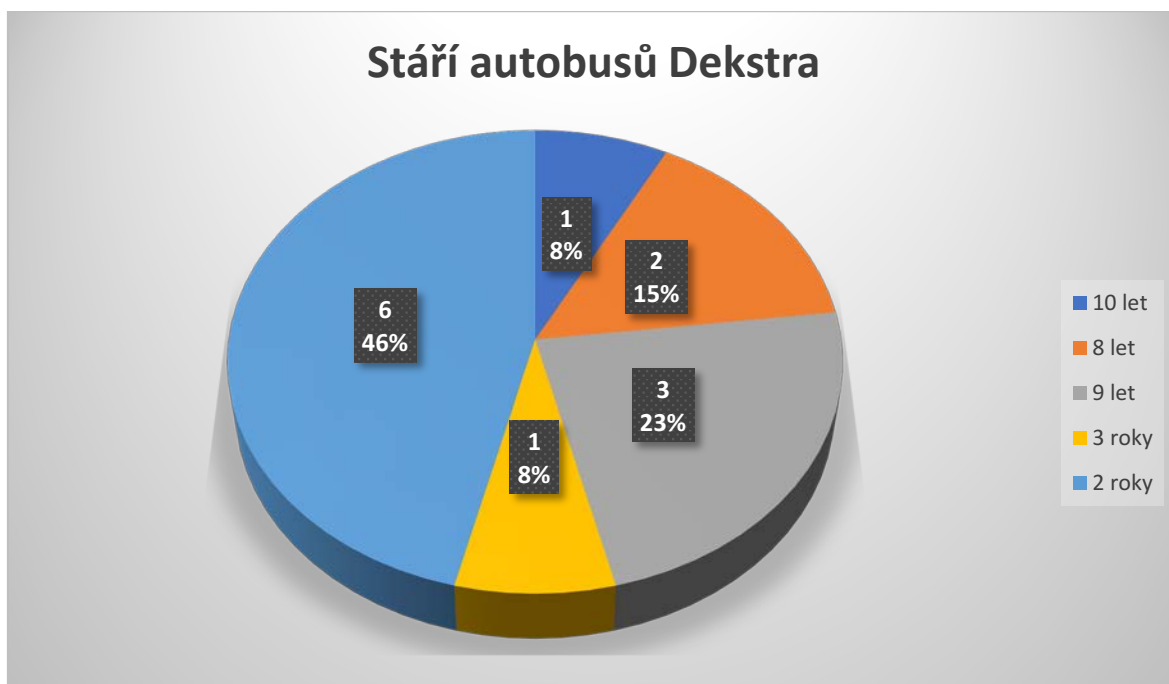


Zdroj: Vlastní zpracování.

## Dekstra

Dekstra patří ve společnosti mezi nejmenší autobusy, využití spočívá ve víkendových spojích a spojích s malou vytížeností. Kompaktní rozměry dovolují jízdu po úzkých silnicích mezi malými vesnicemi, kde by se klasický 12 m dlouhý autobus nevešel.

Graf 4.9 Stáří autobusů značky Dekstra



Zdroj: Vlastní zpracování.

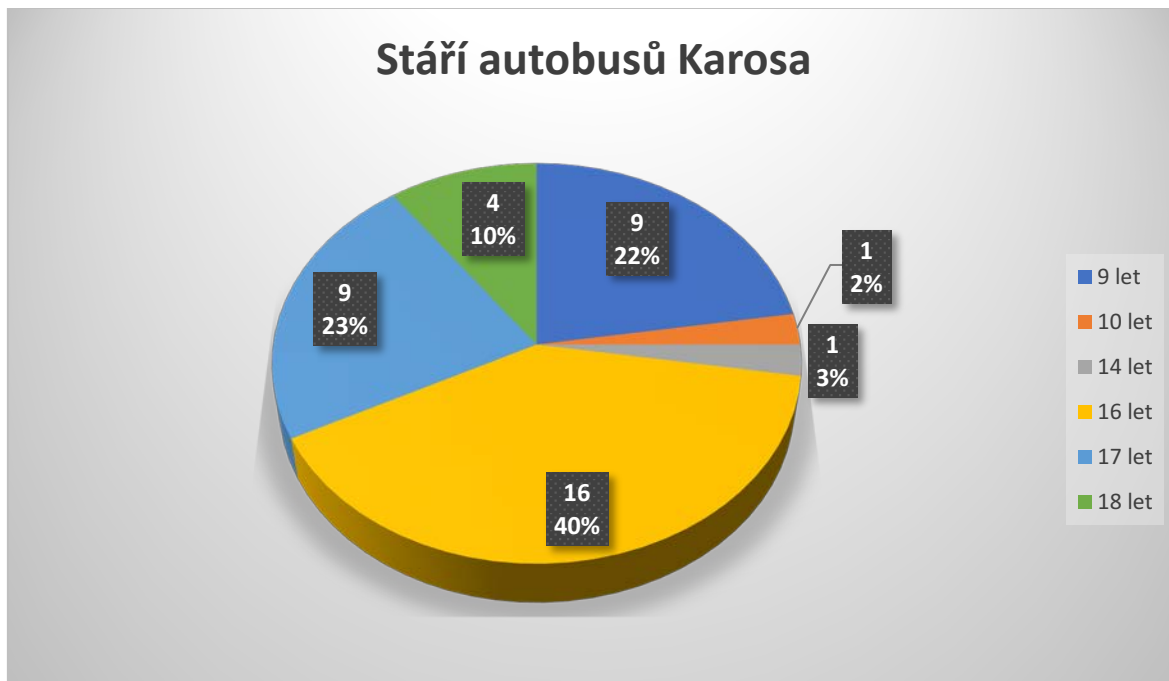
## MAN

Autobusy značky MAN jsou zastoupeny ve společnosti jen jedním typem a jedním modelovým rokem. Jelikož vozy byly nakoupeny z důvodu výhry ve výběrovém řízení na zajištění dopravní obslužnosti Plzeňského kraje. Jedná se o 12 m dlouhé stroje se stářím dva roky.

## Karosa

K nejstarším vozům patří ty značky Karosa. I přes svou spolehlivost a technickou jednoduchost již nedokážou plnit moderní standardy dopravy cestujících. Ke konci roku 2021 již byla většina vozů vyřazena. Několik zbývajících kusů složí jako zácvikové vozy pro nové řidiče nebo jako vozy záložní. Karosy byly převážně nahrazeny autobusy Iveco Crossway 12.

Graf 4.10 Stáří autobusů značky Karosa



Zdroj: Vlastní zpracování.

### 4.3 Provozní náklady

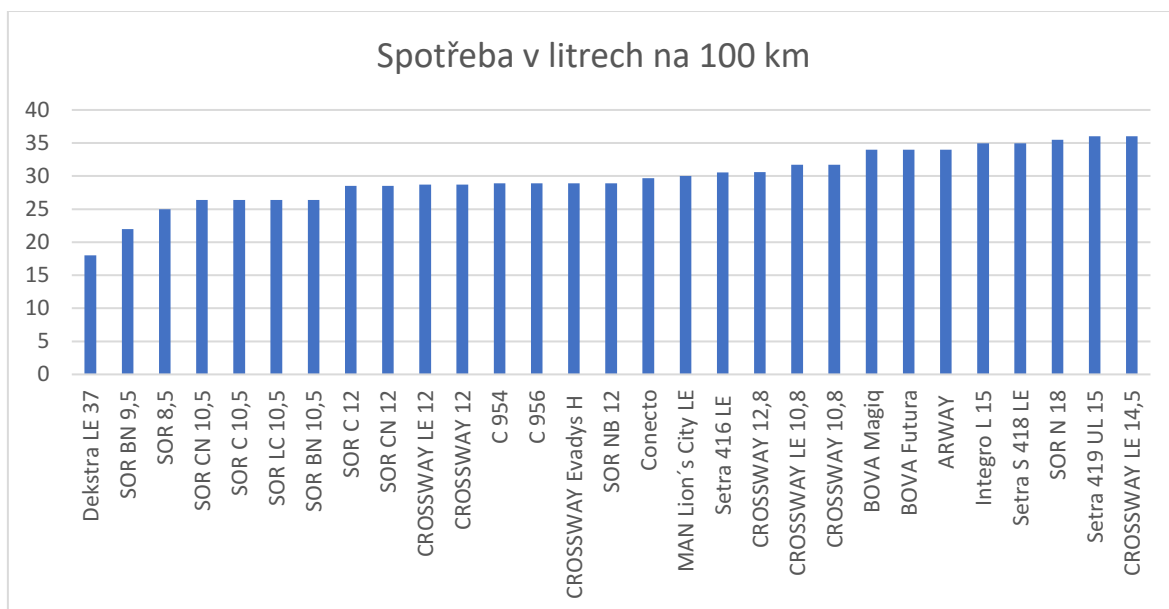
Už podle názvu je jasné, že PHM je nezbytná k pohonu daného vozidla. Jejich spotřeba je tedy nákladovou položkou, která vzniká každý den provozu autobusu. Celkem logicky je všeobecnou snahou tuto spotřebu minimalizovat, ať už na straně výrobce, tak na straně provozovatele autobusu. Výrobce může spotřebu minimalizovat využíváním úspornějších motorů, čímž dosáhne i snížení produkovaných emisí, může také upravovat aerodynamiku či snižovat váhu vyráběných autobusů.

U konvenčních pohonů se však už úspory hledají jen stěží a je jen otázkou času, kdy už žádných úspor nebude možné dosáhnout, případně jenom v laboratorních podmínkách a ne v reálném provozu. Proti tomu provozovatel autobusu je v oblasti spotřeby pohonných hmot omezen právě parametry danými výrobcem. Ovšem jízdní styl může také výrazně ovlivnit výslednou spotřebu. Je tak na místě motivovat řidiče autobusů ke snižování spotřeby. Zde však řidič také po určitém čase dosáhne hranice, pod kterou už není možné spotřebu snížit.

Mezi technické parametry ovlivňující spotřebu lze tedy zahrnout: aerodynamický odpor, valivý odpor pneumatik, účinnost motoru, hmotnost, počet náprav a další.

Graf 4.11 tuto skutečnost jen potvrzuje, jelikož nejvyšší spotřebu mají vozy, které mají tři nápravy a délku 15 a více metrů. Vozy Bova se z tohoto trendu mírně vymykají, jelikož se jedná o zájezdové autobusy.

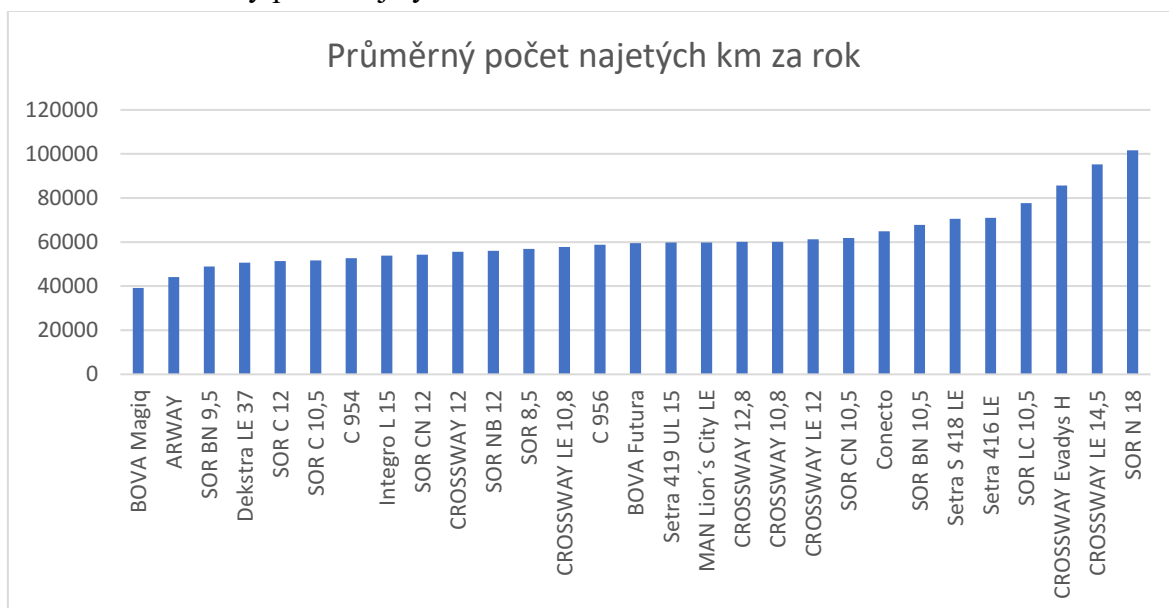
Graf 4.11 Spotřeba v litrech na 100 km



Zdroj: Vlastní zpracování.

Průměrný počet kilometrů najetý daným typem autobusu se pohybuje okolo 60 000 km za rok, výjimku však tvoří tři typy autobusů, které jezdí páteční linky, jedná se o linky mezi většími městy, které jezdí prakticky nepřetržitě, nemají například prázdninový jízdní řád.

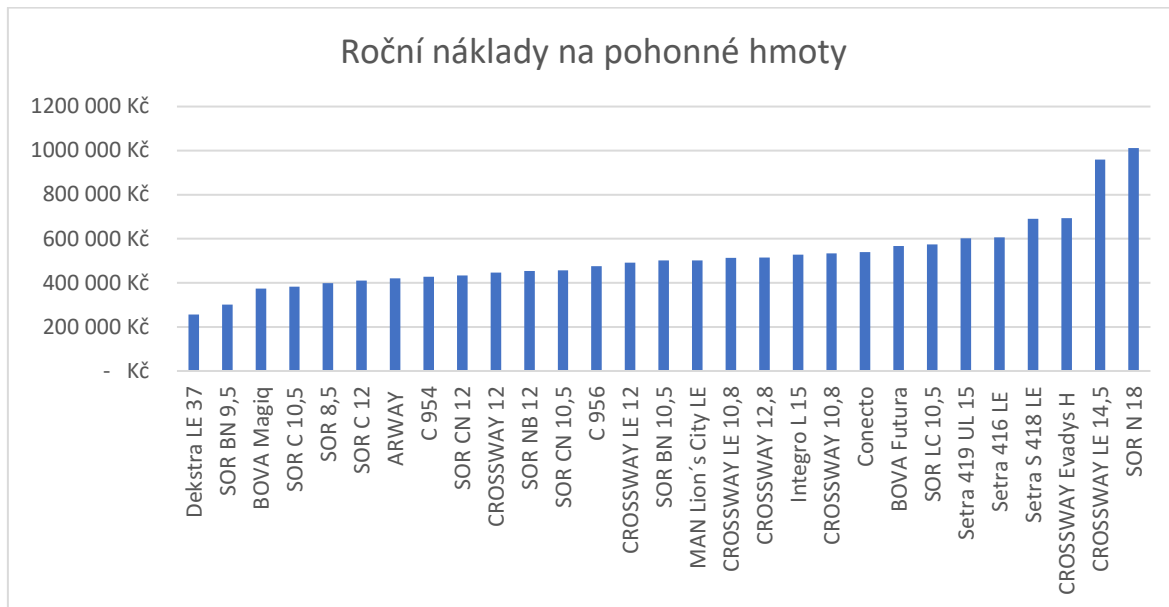
Graf 4.12 Průměrný počet najetých km za rok



Zdroj: Vlastní zpracování.

Se spotřebou a ročním nájedem souvisí o následující tabulka s ročními náklady na pohonné hmoty. Opět je zde jasně vidět dva druhy autobusů, které svými náklady jasně převyšují jiné typy.

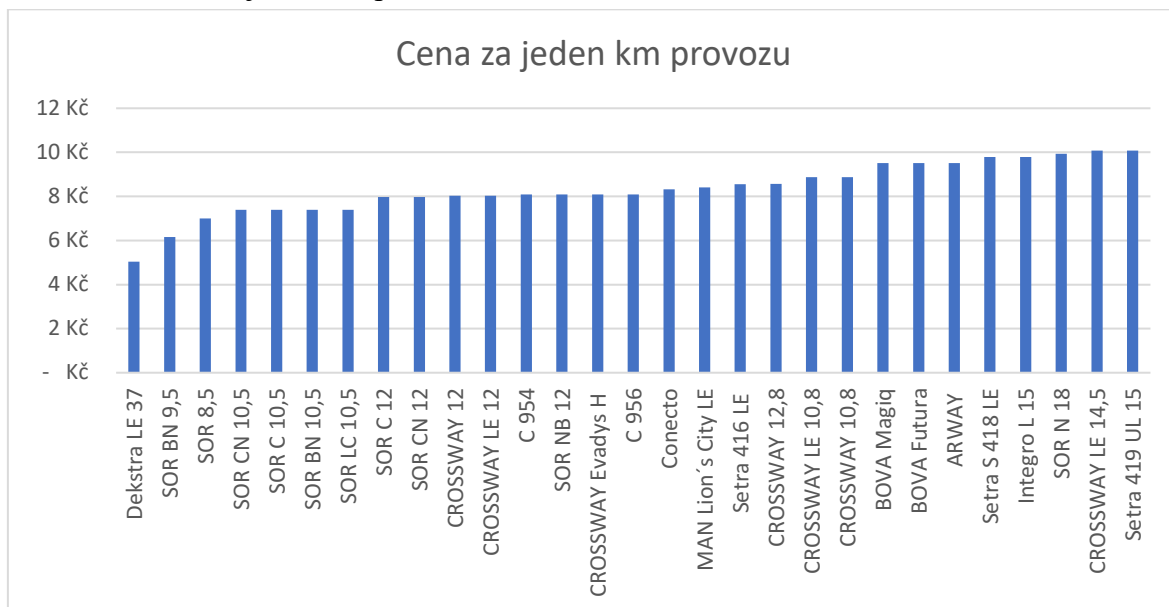
Graf 4.13 Roční náklady na pohonné hmoty



Zdroj: Vlastní zpracování.

Při přepočtu na 1 km je jasně zřejmé, proč autobusové společnosti, ale i někteří objednavatelé stále častěji volí pro dopravu menší autobusy.

Graf 4.14 Cena za jeden km provozu



Zdroj: Vlastní zpracování.

Cílem ASC je poskytování služby v oblasti veřejné dopravy vycházející z potřeby zajistit kvalitní službu, současně při zohlednění sociálních dopadů a dopadů na životní prostředí. Cílem je zvyšování počtů přepravených osob s využitím alternativních pohonů u autobusů.

Momentálně však ASC nemá ve svém vozovém parku žádný autobus na alternativní pohon. Jak vyplynulo z analýzy vozového parku, jsou všechny autobusy poháněny naftovým motorem. To znamená, že rozhodně je zde prostor pro návrhy na implementaci inovativnějších technologií. Nicméně vozový park je jednak rozšiřován a také modernizován, kdy jsou staré autobusy plnící nízké emisní normy nahrazovány novějšími autobusy, které plní přísnější normy ohledně emisí škodlivých látek, které přispívají ke znečištění ovzduší.

Vzhledem k počtu 357 autobusů jezdících po zpoplatněných komunikacích, a tedy vybavených mýtnou jednotkou, se mýtné stává jedním z nákladů, kde je možné ušetřit koupí nového autobusu s konvenčním pohonem splňujícím nejpřísnější EURO normu, tak i koupí ekologického autobusu. Mýtné se počítá na základě typu vozidla, hmotnosti, počtu náprav a pro moji práci nejdůležitějším kritériem, emisní třídou, na obrázcích 4.1 a 4.2 se nachází výše poplatku za každou emisní třídu.

Obr. 4.1 Sazby mýtného silnice I. třídy

MYTO CZ								
SAZBY MÝTNÉHO ZA UŽÍVÁNÍ SILNICE I. TŘÍDY PRO VOZIDLA KATEGORIE M2 A M3								
Tabulka sazeb mýtného (Kč/Km)								
Největší povolená hmotnost	Emisní třída							
	EURO 0-IV		EURO V, EEV		EURO VI		CNG-BIO-EURO VI	
	Počet náprav							
	v době od 5:00 do 22:00 hodin (denní sazba)							
	2	≥3	2	≥3	2	≥3	2	≥3
(3,5 t; 7,5 t)	0,032	0,043	0,025	0,033	0,022	0,029	0,019	0,026
<7,5 t; 12 t)	0,408	0,549	0,311	0,417	0,274	0,368	0,242	0,325
≥12 t	0,486	0,653	0,370	0,497	0,326	0,438	0,288	0,387
	v době od 22:00 do 5:00 hodin (noční sazba)							
	2	≥3	2	≥3	2	≥3	2	≥3
(3,5 t; 7,5 t)	0,033	0,044	0,025	0,033	0,022	0,029	0,019	0,026
<7,5 t; 12 t)	0,412	0,553	0,314	0,422	0,277	0,372	0,246	0,330
≥12 t	0,490	0,658	0,374	0,502	0,330	0,443	0,292	0,392

Zdroj: [32]



Obr. 4.2 Sazby mýtného dálnice

**MYTO** CZ

SAZBY MÝTNÉHO ZA UŽÍVÁNÍ DÁLNIČE PRO VOZIDLA KATEGORIE M2 A M3

Tabulka sazeb mýtného (Kč/Km)

Největší povolená hmotnost	Emisní třída							
	EURO 0-IV		EURO V, EEV		EURO VI		CNG-BIO-EURO VI	
	Počet náprav							
	v době od 5:00 do 22:00 hodin (denní sazba)							
	2	≥3	2	≥3	2	≥3	2	≥3
(3,5 t; 7,5 t)	0,051	0,068	0,043	0,058	0,040	0,054	0,037	0,050
<7,5 t; 12 t)	0,640	0,859	0,542	0,728	0,505	0,679	0,473	0,636
≥12 t	0,761	1,023	0,645	0,866	0,601	0,807	0,563	0,757
	v době od 22:00 do 5:00 hodin (noční sazba)							
	2	≥3	2	≥3	2	≥3	2	≥3
(3,5 t; 7,5 t)	0,051	0,068	0,043	0,058	0,040	0,054	0,038	0,051
<7,5 t; 12 t)	0,643	0,864	0,545	0,733	0,508	0,683	0,477	0,641
≥12 t	0,765	1,028	0,649	0,872	0,605	0,813	0,567	0,762

Zdroj: [32]

Vozidla na plyn, vodík a elektrobuses sice nejsou od placení mýtného osvobozena, byť tento návrh je již v plánu, mají však nižší sazby za km a nemusí platit přírůžku za znečištění ovzduší obr. 4.3. [32]

Obr. 4.3 Poplatky za znečištění ovzduší

MYTO CZ								
VÝŠE POPLATKU ZA ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ ZA UŽÍVÁNÍ DÁLNICE ČI SILNICE I. TŘÍDY PRO VOZIDLA KATEGORIE M2 A M3								
Výše poplatku za znečištění ovzduší (Kč/Km)								
Dálnice	EURO 0-IV		EURO V, EEV		EURO VI		CNG-BIO-EURO VI	
	2	≥3	2	≥3	2	≥3	2	≥3
(3,5 t; 7,5 t)	0,0131	0,0176	0,0054	0,0073	0,0025	0,0033	0,0000	0,0000
<7,5 t; 12 t)	0,1662	0,2234	0,0685	0,0921	0,0316	0,0425	0,0000	0,0000
≥12 t	0,1978	0,2657	0,0816	0,1096	0,0376	0,0505	0,0000	0,0000
Výše poplatku za znečištění ovzduší (Kč/Km)								
Silnice I. třídy	EURO 0-IV		EURO V, EEV		EURO VI		CNG-BIO-EURO VI	
	2	≥3	2	≥3	2	≥3	2	≥3
(3,5 t; 7,5 t)	0,0131	0,0176	0,0054	0,0073	0,0025	0,0033	0,0000	0,0000
<7,5 t; 12 t)	0,1662	0,2234	0,0685	0,0921	0,0316	0,0425	0,0000	0,0000
≥12 t	0,1978	0,2657	0,0816	0,1096	0,0376	0,0505	0,0000	0,0000

Zdroj: [32]

## 4.4 Implementace autobusů na alternativní pohon do provozu

Vzhledem k rozsáhlému počtu vozidel ve společnosti ASČ je implementace autobusů s alternativním pohonem možná. Avšak bez jakékoliv infrastruktury pro obsluhu a tankování těchto vozidel se jedná o velký zásah do financí společnosti, proto je třeba dříve hledat zdroje v okolí daných provozů, jako například tankovací stanice pro CNG.

Měsíční náklady za energii lze spočítat relativně přesně. Ovšem náklady za celé období lze spočítat přesně jen za podmínky, že ceny za elektřinu a naftu a CNG budou v příštích dvanácti letech téměř neměnné. Odhadovat budoucí vývoj cen je velice obtížné, a proto ve výpočtech použijí současnou cenu energií na trhu pro celé období.

### 4.4.1 Autobusy na CNG

Ceny autobusů, které jsou k dispozici ve sdělovacích prostředcích nebo u obchodních zástupců, jsou pouze orientační. Cena klesá při zakoupení většího počtu autobusů. Také dovednosti nakupujícího a jeho rozhodnutí, zda nakoupit určitou „osvědčenou značku“, nebo cenu vyjednáváním s konkurenčními společnostmi snížit na minimum. Technologie pohonu je čím dále dostupnější, a tak není problém pořízení vozidla s pohonem na CNG se

stejnou cenovkou, jakou má vozidlo na naftu. V případě výběrového řízení je nabídnutá cena strategií firmy. V tabulce 4.3 je uvedena orientační cena autobusů.

Tab. 4.3 Ceny autobusů na CNG

Model autobusu	Palivo	Požizovací cena
EKOBUS	CNG	6 350 000 Kč
Iveco Crossway CNG	CNG	5 000 000 Kč
Irisbus CNG	CNG	8 330 000 Kč
MAN Lion's City 12m CNG	CNG	5 300 000 Kč
SOR C 12	CNG	4 400 000 Kč
SOR CN 12	CNG	4 600 000 Kč
SOR CNG 10,5	CNG	4 700 000 Kč
SOR NB 12	CNG	5 600 000 Kč
SOR NBG 12	CNG	5 800 000 Kč
SOR NBG 18	CNG	7 800 000 Kč
Urbanway CNG 10,5m	CNG	6 500 000 Kč
Urbanway CNG 12m	CNG	6 600 000 Kč
Urbanway CNG 18m	CNG	9 950 000 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování.

Na nákup každého autobusu přispívají plynárenské společnosti částkou 200 000 Kč. Protihodnotou pro plynárenskou společnost je reklamní plocha na vozidle, kterou využívá k propagaci.

Dalším příspěvkem jsou dotace na nové CNG autobusy v rámci různých projektů, viz kapitola 3.4.

Řešení nákupem vozidel na CNG přináší vysoký ekonomický efekt. V jeho prospěch ukazuje cena paliva, která sice roste stejně jako ceny ostatních paliv, avšak cena CNG roste pomaleji a nedochází k takovým výkyvům. Důležitou výhodou, která upřednostňuje tento typ vozidel před srovnatelnými vozidly na elektřinu, je dostupnost nových vozů, které je možné nakoupit od několika výrobců, a to zpravidla v několika variantách. Spolu se širokou nabídkou přichází také servis vozidel, který je díky nabídce kvalitní. Dalším pozitivem jsou zásoby zemního plynu, které jsou oproti ropě zhruba dvojnásobné. Z toho se dá usuzovat, že tendence růstu cen nafty a zemního plynu se budou i nadále prohlubovat. Neustálé zvyšování podílu CNG vozidel také napovídá, že rozdíl mezi pořizovací cenou standardního vozidla a poháněného plynem se bude do budoucna ještě snižovat. Tedy nákup nových autobusů bude stále výhodnější. V tabulce 4.4 je přehled nákladů na provoz vozidla, je zde promítnuta

těž dotace od plynárenských společností a rozdíl pořizovací ceny klasického a plynového autobusu.

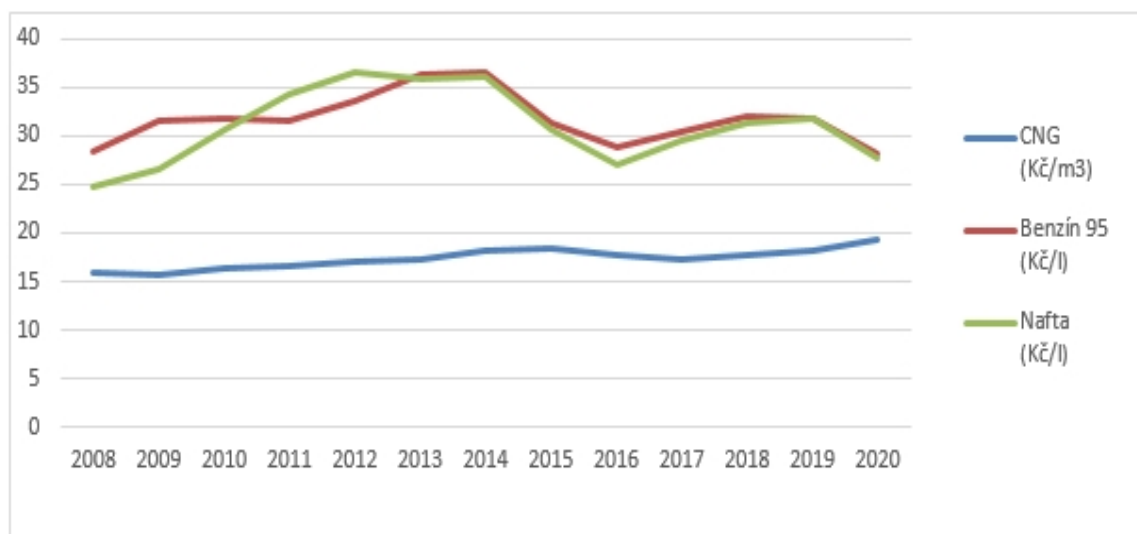
Tab. 4.4 Srovnání provozu autobusu na naftu a CNG

	Městský provoz MHD	Meziměstský provoz
Ukazatele		
Průměrná spotřeba MN (l/km)	36	31
Průměrná spotřeba CNG (m <sup>3</sup> /km)	42	37
Roční projezd (km)	60000	60000
Průměrná cena MN	28 Kč	28 Kč
Průměrná cena CNG	19 Kč	19 Kč
Provozní (servisní) náklady MN (průměr za rok)	60 000 Kč	52 000 Kč
Provozní (servisní) náklady CNG (průměr za rok)	100 000 Kč	90 000 Kč
Celkové roční náklady autobusu na MN	664 800 Kč	572 800 Kč
Celkové roční náklady CNG autobusu	578 800 Kč	511 800 Kč
Náklady na 1 km autobusu na MN	11,08 Kč	9,55 Kč
Náklady na 1 km CNG autobusu	9,65 Kč	8,53 Kč
Úspora CNG autobusu	1,43 Kč	1,02 Kč
Náklady mýto na 1 km MN	0,22 Kč	0,22 Kč
Náklady na mýto 1 km CNG	0,19 Kč	0,19 Kč
Najeto po zpoplatněných komunikacích (km, 16%)	9600	9600
Úspora 1 CNG za rok	46 000 Kč	23 288 Kč
Dotace od plyn. Společnosti (12 let)	200 000 Kč	200 000 Kč
Navýšení pořizovací ceny na rok (celkem 12 let)	300 000 Kč	350 000 Kč
Úspora CNG busu za 12 let	1 052 000 Kč	829 456 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování.

Přestože je zde úspora finančních prostředků vzhledem ke kolísající ceně nafty též špatně předvídatelná, například v roce 2014 byl rozdíl v ceně CNG a nafty necelých 15 Kč, ale v roce 2021 to bylo jen 9 Kč, viz graf 4.15. Pořízení nestandardního vozového parku znamená i větší starosti s jeho pořízením. Vypracování projektů. Sledování změn v legislativě, vystavění nebo zajištění plnicího zařízení. Nákup plynu na burzách. Také je třeba provádět pravidelná měření a v neposlední řadě odvětrat garáže.

Graf 4.15 Vývoj cen pohonných hmot



Zdroj: [33]

#### 4.4.2 Elektrobusy

U elektrobusů je zásadní čisté životní prostředí. A tak nemůžeme počítat s úsporami při provozování těchto vozidel, i když se spotřeba, tedy spíše poměr Kč/km, pohybuje na velmi nízké úrovni. Důvodem je vysoká pořizovací cena elektrobusu, tabulka 4.5, ke které se ještě musí započítat i nákup potřebného vybavení k dobíjení, tabulka 4.6 a nutnost výměny baterií, která vyrovná cenu potřebné energie.

Tab. 4.5 Ceny elektrobusů

Model autobusu	Palivo	Pořizovací cena
Mercedes Conecto	Elektro	12 500 000 Kč
Iveco Urbanway 10,5	Elektro	8 000 000 Kč
Siemens Rampini	Elektro	11 000 000 Kč
SOR EBN 10,5	Elektro	9 500 000 Kč
SOR EBN 11	Elektro	10 000 000 Kč
SOR EBN 8	Elektro	9 100 000 Kč
Škoda Perun HE	Elektro	13 000 000 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 4.6 Dodatečné náklady elektrobuseů

Dodatečné náklady za připojení a příslušenství	cena
Trolejový sběrač na střeše vozidla vč. připojení	275 000 Kč
Pasivní kontaktní díl na střeše vozidla vč. připojení	150 000 Kč
Kombinovaný nabíjecí systém (CCS)	25 000 Kč
Montáž kabeláže a příslušenství	37 500 Kč

Zdroj: [23]

Stejně jako na plynové autobusy je možné získat dotace na pořízení elektrobuseů, jako ekologicky čistých vozidel. Tyto dotace mohou pokrýt až 90 % nákladů. Hlavním důvodem však musí být zájem o ekologicky čistá vozidla, nelze totiž se 100 % přidělením dotací počítat. Závisí na množství zájemců a částce, která je k těmto účelům určena.

V České republice jsou elektrobusey zatím jen na okraji zájmu, spíše se jedná o testovací provoz. Neznamena to však, že by nedokázaly vyhovět řadě pravidelných linek, díky omezenému dojezdu, zvláště linek městských. Jde spíše o to, že autobusy na CNG používají společnosti už mnoho let a jsou v provozu ověřené. Není pochyb, že plynové autobusy obstojí i v těžkém terénu, to se o elektrobusech nedá říci. Jsou testovány i v horských podmínkách, ale zatím jsou spíše považovány za vozidla do lehčího terénu. Větší počet elektrobuseů od našeho výrobce zatím objednala pouze sousední Slovenská republika, aby je uvedla do provozu v Bratislavě. Možná, že právě tento krok bude důvodem k tomu, abychom i my s nimi začali více počítat.

Přes malé využití elektrobuseů v naší veřejné dopravě je možné zjistit dostatek informací k tomu, abychom mohli jejich výhodnost posoudit. V tabulce 4.7 jsou uvedeny výpočty nákladů na pořízení a provoz elektrobuseu.

Tab. 4.7 Srovnání provozu autobusu na naftu a elektrobuse

	Městský provoz MHD
Ukazatele	
Navýšení pořizovací ceny	5 000 000 Kč
Průměrná spotřeba MN (l/km)	36
Průměrná cena MN	28 Kč
Cena za elektrickou energii na 1 km	4 Kč
Roční projezd (km)	60000
Provozní (servisní) náklady MN (průměr za rok)	60 000 Kč
Provozní (servisní) náklady elektrobuse (průměr za rok)	357 000 Kč
Celkové roční náklady autobusu na MN	664 800 Kč
Celkové roční náklady elektrobuse	597 000 Kč
Náklady na 1 km autobusu na MN	11,08 Kč
Náklady na 1 km elektrobuse	9,95 Kč
Úspora elektrobuse za rok	1,13 Kč
Navýšení ceny elektrobuse (12 let)	5 000 000 Kč
Celkové náklady na elektrobuse (12 let)	12 164 000 Kč
Celkové náklady na MN	7 977 600 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování.

Rozdíl ceny mezi klasickým autobusem a elektrobusem je zjištěn poptávkou přímo u výrobce. Může se lišit při větším počtu nakupovaných vozidel.

Vzhledem ke skutečnosti, že elektrobuse je vhodný k provozu na městských linkách, není zde, jako v případě autobusu na CNG započítáno mýtné.

Cena za elektrickou energii na 1 km je určena na základě skutečných nákladů na 1 km při provozu elektrobuse.

Provozní a servisní náklady na elektrobuse jsou násobně vyšší od nákladů na dieselové autobusy. Důvodem je nutnost výměny baterií po 6 letech provozu nebo najetí 400 000 km. Tyto baterie mají vysokou pořizovací hodnotu, pohybuje se pro jeden autobus kolem 2 000 000 Kč. Právě tato skutečnost ovlivňuje rozdíl mezi ročními servisními náklady obou vozidel. Provozní a servisní náklady jsou na druhou stranu nižší díky jednoduchosti pohonu.

V nákladech není zahrnuto topení ve vozidle v zimních měsících. Elektrobuse jsou limitovány dojezdem a topení spotřebovává značnou část energie. U některých autobusů, které topí elektrickou energií, je doporučováno dobíjení až 12× denně, což je náročné časově

i finančně (trvá 3 hodiny). Je to způsobeno tím, že celkový poměr energie vynaložený na jízdu a na vytápění je 70 % na jízdu a 30 % na vytápění za rok. Na vytápění se tedy spotřebuje značná část energie, která je potřebná k jízdě. Tento nedostatek se řeší přídatným naftovým topením, které je u většiny elektrobuseů jako příplatková výbava.

Elektrobusey splňují náročné požadavky, na které jsme zvyklí u tramvají a trolejbusů. Je pravděpodobné, že v nejbližší budoucnosti na ně budou navazovat. V dnešní době je rozšiřování tramvajových a trolejbusových linek, vzhledem k obrovským investičním nákladům na začátku projektu, nemyslitelné.

#### **4.4.3 Autobusy na LPG**

V České republice v současné době nelze pořídit nový autobus na LPG. Poslední výrobce MAN, který autobusy dodal Dopravnímu podniku Mostu a Litvínova tyto vozy již přestal nabízet. Možností je hledat výrobce jinde v zahraničí nebo místo nákupu nových autobusů nechat staré přestavět. Nové vozy s tímto druhem pohonu nejsou v ČR dostupné a o přestavby není zájem z důvodů spíše bezpečnostních. Zatímco osobní automobily se přestavují na LPG v hojném počtu a představují pro majitele velkou ekonomickou výhodu, v hromadné dopravě je tato možnost považována za nepřijatelnou, přinášející rizika, stále se totiž objevují myšlenky, zda jsou přestavby dostatečně bezpečné. V současné době však v České republice existuje velmi hustá síť plnicích stanic. [34, 35]

#### **4.4.4 Hybridy**

Hybridní autobusy jsou v současné době na ústupu. Vychází z hlavního problému, který se u nich vyskytuje. Jsou těžké a složité. Ačkoli se uvádí u hybridních autobusů až 40% úspora paliva, ve skutečnosti se pohybuje v rozmezí 10 % až 20 %. Je to způsobeno tím, že složité technologie, zejména použití spalovacího motoru a elektromotoru, zvyšují hmotnost hybridního autobusu téměř o jednu tunu. Právě tato skutečnost vysvětluje, proč se procenta úspory paliva liší. Autobus s klasickým motorem je při stejném výkonu a stejném obsazení lehčí, a tedy úspornější, zde mizí výše uvedených 20 %.

V současné době pořízení hybridních autobusů nelze doporučit. Vysoká pořizovací cena, malá úspora paliva a nepříliš výrazné zlepšení životního prostředí tento typ pohonu staví na okraj zájmu.



#### 4.4.5 Plnicí stanice CNG

Při pořízení většího počtu vozidel na stlačený zemní plyn je běžné a výhodné vlastnit plnicí stanici. Je ideálním propojením zásobování palivem vlastního vozového parku a navíc přináší zisk z poskytování kapacit široké veřejnosti.

Pokud počítáme, že při velikosti vozového parku více než 20 vozů je potřeba počítat s odběrem 800 000 kg stlačeného zemního plynu, pak musíme počítat s těmito náklady:

Výstavba plnicí stanice přibližně 25 000 000 Kč.

Nákup plynu, lze se dostat až na hranici 15 Kč za 1 Kg.

- spotřební daň,
- elektrická energie na stlačení 1 kg CNG,
- elektrická energie na osvětlení a topení,
- vodné a stočné,
- mzdy zaměstnanců obsluhy stanice,
- nájemné pozemků,
- pojištění plničky,
- pravidelné revize,
- náklady na údržbu a opravy,
- servis technologie,
- náklady na úklid a ostrahu,
- poplatek za propojení karetního terminálu.

Pokud vynásobíme objem prodaného plynu cenou za kg a po odečtení nákladů opět vydělíme množstvím prodaného plynu, pak nám vyjde zisk přibližně 4 Kč/kg. To je při prodeji 800 tis. kg 3 200 000 Kč.

Výpočet je záměrně odvozen z průměrného zisku již existujících společností. Jednotlivé položky se v různých případech velmi odlišují. Vytvoření tohoto průměru z údajů získaných u již existujících plnicích stanic má vypovídající hodnotu mnohem vyšší.

Návratnost plnicí stanice je tedy v tomto případě 7 let a 10 měsíců.

V případě vlastní plnicí stanice můžeme počítat s dalšími úsporami, které ovlivňuje fakt, že se plnicí stanice nalézá v areálu podniku, a tak odpadají náklady za ujeté km k plnicí stanici a ostatní náklady, které jsou ovlivněny časovou náročností tohoto úkonu.

#### 4.4.6 Dobíjecí stanice el.

Investiční náklady elektrobuse není možné určit tak přesně jako například u pohonu na CNG. Důležitý je hlavně druh použitého elektrobuse. Pokud je využit elektrobuse, který je možné dobíjet z trakčního vedení (pokud je vybudováno), jsou investiční náklady rovny pořizovací ceně. V případě, že je kouspen elektrobuse vybavený pro nabíjení na zastávkách, případně v areálu provozovatele, jsou zde určité investiční náklady na infrastrukturu. Ty však lze stanovit pouze na konkrétní případy. Například pokud bude autobus dobíjen v areálu provozovatele, jsou zde náklady především pro vybavení měřirny proudové soustavy a elektroinstalace v depu. Tyto náklady mohou hrubým odhadem dosahovat výše do jednoho, ale záleží na typu dobíjení, viz tabulka 4.8. Vše závisí na konkrétní provozní situaci. Pokud by se autobus dobíjel i v zastávkách, je nutné na nich vybudovat rychlodobíjecí stanice. To ovšem závisí na konstrukci trasy a dojezdu konkrétního elektrobuse.

Tab. 4.8 Ceny za přípojky pro dobíjení elektrobuse

Druh dobíjení	Přípojka	Vstup do autobuse	Přenášený výkon (kW)	Cena (Kč)
Zásuvka, AC vstup	3x400V AC 250A	3x 400V AC 250A	170	225 000 Kč
Zásuvka, DC vstup	3x400V AC 250A	600V DC 170A	102	2 000 000 Kč
Zásuvka z tram sítě	600V DC 170A	600V DC 170A	102	375 000 Kč
Rameno s kontakty	3x400V AC 250A	3x 400V AC 250A	170	700 000 Kč
Pantograf, veřej. síť	3x400V AC 260A	600V DC 300A	180	3 125 000 Kč
Pantograf, tram. síť	600V DC 300A	600V DC 300A	180	800 000 Kč
Indukční přenos	3x400V AC 125A	3x 400V AC 87A	60	1 925 000 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Infrastruktura nezávisí jen na konstrukčním řešení dobíjení autobuse, ale i na počtu vozidel, která se budou v dané oblasti vyskytovat. V případě autobusů na naftu, CNG, ale vodík díky krátkému procesu tankování stačí na jeden provoz vždy jen jedna tankovací stanice. Jelikož dobíjení elektrobuse trvá několik hodin, je potřeba pro jeden provoz více dobíjecích stoujanů, s počtem stoujanů roste i cena za jejich stavbu a následnou údržbu.

## 5 Ekonomické a provozní vyhodnocení návrhu

V následující kapitole bude na základě již provedených výpočtů spočítána doba návratnosti investice v podmínkách společnosti ASČ. Vzhledem k rozsáhlosti vozového parku budu počítat pouze jeden provoz čítající 40 vozidel.

Na rozdíl od metody hodnocení investice pomocí čisté současné hodnoty, návratnost nebere v potaz vliv potenciální investice do podobně rizikové investice. Základem výpočtu doby návratnosti jsou celkové náklady na investici a také úspora plynoucí z přechodu na alternativní pohon. Z důvodu obtížně vyčíslitelného předpokládaného zisku byl výpočet značně zjednodušen a do výpočtu byla zahrnuta, stejně jako v případě čisté současné hodnoty investice, úspora, která plyne z provozu alternativních pohonů vůči naftě. Návratnosti jsou počítány s již uvedeným průměrným ročním nájezdem v ASČ, 60 000 km.

Jak už bylo v práci uvedeno, ASČ nemá ve svém areálu vybudovanou plnicí stanici CNG a ani dobíjecí stanice pro elektrobusy, tudíž tato podstatná investice musí být zahrnuta do výpočtu. Co se týká případných investic do pohonu CNG, jedná se primárně o pořízení autobusů a vlastní plnicí stanice, stejně tak jako u pořízení elektrobusů, kde se musí k stavbě samotných dobíjecích stanic položit ještě kabely vysokého napětí, které zvládnou vysoký odběr při nabíjení.

Při nákupu 40 autobusů je velmi pravděpodobné, že prodejce nabídne zákazníkovi množstevní slevu či jiné výhody, například levnější servis. Tyto výhody však do výpočtu nelze započítat, jelikož každý prodejce má svou politiku slev nastavenou jinak, navíc by tyto výhody byly zákazníkovi nabídnuty i v případě zakoupení stejného počtu autobusů s konvenčním pohonem.

V obou případech je počítána infrastruktura na částku 25 milionů Kč pro jeden provoz. V případě CNG se jedná o stavbu samotné plnicí stanice, zařízení pro odvětrávání prostor, bezpečností zařízení, tlakové nádoby.

## 5.1 Výpočet návratnosti investice do pohonu CNG

V případě linek MHD je cena navrhovaného autobusu 6 300 000 Kč. Bude propočítána srovnáním návratnosti investice ve srovnání s naftovým motorem. Jinak řečeno, budou porovnány investice do alternativního pohonu oproti investici do autobusu s konvenčním pohonem za 12 let, což je předpokládaná doba životnosti autobusů ve společnosti ASČ. Bude se tedy řešit, o kolik bude rozdíl mezi cenou autobusu s naftovým motorem a autobusem s pohonem CNG. Tento rozdíl v pořizovacích cenách je 350 000 Kč, respektive 150 000 Kč při započtení dotace plynárenské společnosti, což je tedy rovno celkovým investičním nákladům v případě nákupu autobusu na CNG. Úspora na celkových provozních nákladech vůči dieselovému motoru jsou 1,43 Kč/km v případě městského provozu. Pokud by se předpokládala životnost autobusu 12 let, ASČ ušetřilo na provozu oproti naftovému autobusu 1 052 000 Kč. Při pořízení 40 autobusů činí tato úspora 42 milionů.

Tab. 5.1 Městský provoz nafta a CNG

	Nafta městský provoz	CNG městský provoz
Pořizovací cena 1 autobus	6 300 000 Kč	6 450 000 Kč
Pořizovací cena (pro 40 autobusů)	252 000 000 Kč	258 000 000 Kč
Úspora 1 autobusu za 12 let	- Kč	- 1 052 000 Kč
Úspora 40 autobusů za 12 let	- Kč	- 42 080 000 Kč
Infrastruktura a vybavení budov	- Kč	25 000 000 Kč
Celkem	252 000 000 Kč	240 920 000 Kč
Rozdíl s naftou	- Kč	11 080 000 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování.

V případě meziměstských linek je cena navrhovaného autobusu vyšší než v případě linek městských, činí 6 800 000 Kč. Investice byla propočítána stejným způsobem jako v případě MHD, budou tedy porovnány investice do alternativního pohonu oproti investici do autobusu s konvenčním pohonem za 12 let. Rozdíl v pořizovacích cenách je 300 000 Kč, respektive 100 000 Kč při započtení dotace plynárenské společnosti, což je tedy rovno celkovým investičním nákladům v případě nákupu autobusu na CNG. Úspora na celkových provozních nákladech vůči dieselovému motoru jsou 1,02 Kč/km na meziměstských linkách. Pokud by se předpokládala životnost autobusu 12 let, ASČ ušetřilo na provozu, oproti naftovému autobusu 829 456 Kč. Při pořízení 40 autobusů činí tato úspora 33 milionů.

Tab. 5.2 Meziměstský provoz nafta a CNG

	Nafta meziměstský provoz	CNG meziměstský provoz
Pořizovací cena 1 autobus	6 800 000 Kč	6 900 000 Kč
Pořizovací cena (pro 40 autobusů)	272 000 000 Kč	276 000 000 Kč
Úspora 1 autobusu za 12 let	- Kč	- 829 456 Kč
Úspora 40 autobusů za 12 let	- Kč	- 33 178 240 Kč
Infrastruktura a vybavení budov	- Kč	25 000 000 Kč
Celkem	272 000 000 Kč	267 821 760 Kč
Rozdíl s naftou	- Kč	4 178 240 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování.

Dalším pozitivním argumentem pro CNG je fakt, že lze získat dotaci na nákup, kdežto na naftový autobus nikoliv. Zmíněná úspora pohonu u autobusů má vliv i na výši celkového zisku na 1 km, který by s každým dalším autobusem rostl, nicméně zde je třeba dodat, že při masovém rozšíření autobusů s pohonem CNG by bylo nutno vybudovat systém pro detekci a odvětrávání zemního plynu, tato investice je již započítána do položky „Infrastruktura a vybavení budov“.

V obou případech je vypočítána infrastruktura na částku 25 milionů pro jeden provoz. V případě CNG se jedná o stavbu samotné plnicí stanice, zařízení pro odvětrávání prostor, bezpečnostní zařízení, tlakové nádoby atd. Tato investice je jen jednorázová, následný provoz a údržba je cenově srovnatelná s klasickou čerpací stanicí na naftu, tyto stanice ASČ již vlastní.

## 5.2 Výpočet návratnosti investice do elektrického pohonu

V následující kapitole bude vypočtena návratnost případné investice AČ do autobusů s elektrickým pohonem. I zde se musí započítat podstatná investice ve formě stavby dobíjecích stanic a potřebné infrastruktury.

Tab. 5.3 Zhodnocení celkových nákladů

	Nafta městský provoz	Elektro městský provoz
Pořizovací cena 1 autobus	6 300 000 Kč	11 300 000 Kč
Pořizovací cena (pro 40 autobusů)	252 000 000 Kč	452 000 000 Kč
Navýšení nákladů 1 autobus za 12 let	- Kč	4 186 400 Kč
Navýšení nákladů 40 autobus za 12 let	- Kč	167 456 000 Kč
Infrastruktura a vybavení budov	- Kč	25 000 000 Kč
Celkem	252 000 000 Kč	644 456 000 Kč
Rozdíl s naftou	- Kč	392 456 000 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování.

Pořizovací cena autobusu je 11 300 000 Kč, cena je díky složitější technologii a bateriím oproti naftovému autobusu skoro dvojnásobná. I zde bude počítána návratnost do rozdílu investic mezi naftovým pohonem a pohonem elektrickým. Rozdíl mezi pořizovacími cenami elektrobuse a naftového autobusu je 3 000 000 Kč, další 2 000 000 Kč jsou připočteny ke kupní ceně kvůli nutnosti měnit akumulátory po 6 letech. Stejně jako v případě výpočtu návratnosti u CNG se bude postupovat analogicky.

Pochopitelně zde hraje podstatnou roli provozní úspora na 1 km v rámci elektrického pohonu, která byla počítána výše. Tato úspora vychází u elektrobuse na 1,13 Kč/km. V tuto chvíli by se mohlo zdát, že elektrobuse díky úspoře za jeden km provozu společnosti ušetří nemalé peníze, rozdíl vychází přesně 813 600 Kč ve prospěch elektřiny, při 40 autobusech úspora dosahuje 32,5 milionu. Při připočtení nákladů vynaložených při nákupu vozidel a následné výměně baterií v polovině životnosti autobusu se již nejedná o úsporu, ale o ztrátu ve výši 167 milionů, je tedy zřejmé, že se bez dotace nevyplatí dopravci tuto možnost realizovat.

Pokud by AČ chtěla využít elektrobuse v této míře, pak by to ekonomicky ještě více nedávalo smysl, protože by bylo třeba vybudovat výkonnější dobíjecí stanice, která by představovala skokové zvýšení investičních nákladů. V tomto případě je vhodná dobíjecí stanice, která podporuje rychlejší možnost dobíjení jednotlivých elektrobuse, což

představuje investici dalších 5 000 000 Kč. A pokud by se i s touto investicí počítalo společně s pořízením autobusu, dala by se poté celková výše této investice porovnat se zmíněnou investicí na úpravu budov pro pohon CNG, která představovala stejnou částku. V investici do stavby jsou zahrnuty náklady samotných stojanů na dobíjení v počtu úměrných k počtu zakoupených autobusů, úprava okolí a pokládka kabelového vedení, které je schopno zvládnout nápor při nabíjení.

Tento výpočet jen potvrzuje to, co již bylo řečeno, že zavádění elektrobuseů se v současných podmínkách bez dotací nemůže ekonomicky vyplatit.

Hlavní výhody, nevýhody a rizika zavádění alternativních pohonů do praxe jsou pak shrnuty v následující tabulce.

Tab. 5.4 Výhody a nevýhody zavádění alternativních paliv

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Snížení emisí z dopravy	Vyšší pořizovací cena
Ekonomická výhodnost (CNG)	Nutnost budování infrastruktury
Nevyčerpatelné zdroje (vodík, el. energie)	Málo provozních zkušeností
Dotační podpora (CNG)	Omezená životnost akumulátorů (elektrobusy)
<b>Rizika zavedení</b>	
Vysoká poruchovost vozidel	
Nenávratnost investice	

Zdroj: Vlastní zpracování.

## Závěr

V diplomové práci jsem zpracoval technologické aspekty konvenčních paliv nafty a benzínu spolu s alternativními palivy, jako jsou bionafta, ethanol, LPG, vodík, CNG a LNG. Zabýval jsem se zejména provozními vlastnostmi jednotlivých paliv, aktuálním stavem technologií a připraveností infrastruktury. Na základě jednotlivých aspektů jsem určil výhody a nevýhody jednotlivých paliv. S ohledem na vysvětlené problémy jsem u jednotlivých paliv zvažoval jejich potenciál.

Ekonomicky nejvýhodnější variantou obměny vozového parku je bezesporu nákup autobusů na zemní plyn CNG, nabídka CNG pro hromadnou dopravu je poměrně široká a s tím souvisí i dostupný kvalitní servis. Pro LPG je situace opačná. Nabídka dostupných autobusů neexistuje a servis stávajících autobusů na LPG je velmi drahý. Z těchto důvodů je výhodnější variantou autobus na CNG.

Pokud jde o pořízení většího počtu autobusů na CNG, je velmi dobrou investicí plnicí stanice. Řeší dostupnost paliva pro dopravní podnik a zároveň nabízí volnou kapacitu veřejnosti. Současné podniky vlastní více než 20 autobusů mají tendenci vystavět si i vlastní plnicí stanici. Neviditelným přínosem je další rozšíření sítě, která palivo nabízí. Právě ona je základním kamenem pro neustále se rozšiřující základnu těchto vozidel, a to jak pro hromadnou dopravu, tak i u osobních automobilů. Dnes už existují i malé plnicí stanice, které je možno používat pro plnění vozů v malých firmách i u jednotlivců. Takovou plnicí stanici je možné pořídit přibližně za 500 000 Kč. Tento rozmach a neustálé zhušťování sítě plnicích stanic napovídá, že toto palivo má budoucnost.

Další možností je pořízení elektrobuses. Přestože nákup nových elektrobuses je z finančního hlediska velmi nákladný, stejně tak jako výměna baterií. Je zřejmé, že se jedná o nejvýznamnější autobusy s alternativním pohonem. Už v dnešní době jsou testována i pro náročnější terén a umožňují dostatečný dojezd na to, aby se v hromadné dopravě mohla využívat. V tomto případě cena autobusu není rozhodujícím ukazatelem. Je jím hlavně ekologicky čistý provoz. A stále častěji se při porovnávání ceny a kvality klade důraz na kvalitu dopravy. Rozvoj elektrobuses by měl pomoci najít i čistší způsoby při výrobě primární elektrické energie a také by měl změnit standard prostředí, ve kterém trávíme většinu času. Je to energie, která řeší také dostupnost chráněných krajinných oblastí a památkově chráněných center měst. To, že nejsou elektrické autobusy dostatečně rozšířené



v hromadné dopravě, je pravděpodobně jen otázkou několika let, než se technologie vyvinou natolik, aby odstranily nedostatky, které dnešní elektrobuses tíží, a tím snížily i výrobní cenu elektrobuses.

V případě emisí zdraví škodlivých látek je třeba ještě rozlišovat lokální emise a emise celkové. Provoz je lokálně plně bezemisní. Emise vyprodukované v elektrárně při výrobě elektřiny jsem sice podrobněji nepočítal, ale z logické úvahy vychází jednoznačný závěr. Pokud soustředíme emise do jednoho místa, můžeme je zde mnohem účinněji eliminovat, a tím celkové emise snižovat.

Náhrada osobního automobilu elektromobilem nemá takový výsledný efekt jako nahrazení autobusu, který je nasazen v každodenním provozu a přepraví mnohonásobně více cestujících.

Z dnešního pohledu nelze vyzvednout přednosti hybridních autobusů. Kombinace vysoké pořizovací ceny a nevelkých úspor nákladů za pohonné hmoty v současné době nepřije jejich rozvoji. Neznamená to však, že by nebyly důležitým kamenem ve vývoji dopravních prostředků.

Vývoj vozidel na alternativní pohon je jen logickým krokem ve vývoji, kdy člověk začíná pohlížet na život jako celek. Už při výrobě a provozu počítá s tím, že pohodlí, rychlost a dostupnost jsou vykoupeny něčím jiným, co při výpočtu nákladů na jednotlivé výrobky není viditelné. Ale stačí poodstoupit a podívat se z dálky. Propojit jednotlivé oblasti a zamyslet se nad tím, kam takové myšlení povede v budoucnosti.

## Seznam zdrojů

- [1] US Energy Information Administration. *Eia.gov* [online]. 2020 [cit. 02.03.2022]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/international/data/world>
- [2] Vliv emisí na zdraví. *Hluk & Emise* [online]. 2008 [cit. 02.3.2022]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/vliv-emisi-na-zdravi/>
- [3] BUREŠ, Michal. Co je Zelená dohoda "Green Deal", jaký dopad bude mít na ČR?. *Finance.cz* [online]. 2020 [cit. 02.03.2022]. Dostupné z: <https://www.finance.cz/532792-co-je-green-deal/>
- [4] Tag Green Deal. *Zdopravy.cz* [online]. ©2022 [cit. 02.03.2022]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/tag/green-deal/>
- [5] Opatření EU v oblasti klimatu a Zelená dohoda pro Evropu. *Evropská komise* [online]. ©2022 [cit. 02.03.2022]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal\\_cs](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal_cs)
- [6] Národní akční plán čisté mobility. *MPO* [online]. 2015 [cit. 02.03.2022]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/narodni-akcni-plan-ciste-mobility--167456/>
- [7] Informace pro dopravní analýzy. *IODA* [online]. 2018 [cit. 02.03.2022]. Dostupné z: <http://data.ioda.cz/>
- [8] VLK, František. *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 8023964615.
- [9] ORVILLE, C. Cromer Charles Lafayette Proctor. *Britannica* [online]. 2014 [cit. 02.03.2022]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/gasoline-engine>.
- [10] Presscorner. *Evropská komise* [online]. 2018 [cit. 02.03.2022]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_18\\_6101](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_6101)
- [11] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Praha: Grada, 2005. ISBN 8024703505.

- [12] Čtyřtákní motor, jaký je jejich rozdíl a jaké mají výhody. *Sekačky – pily* [online]. 2020 [cit. 02.3.2022]. Dostupné z: <https://www.sekacky-pily.cz/dvoutaktni-nebo-ctyrtaktni-motor-jaky-je-jejich-rozdil-jake-maji-vyhody/n66/>
- [13] Fuels. *Alternative Fuels Data Center* [online]. 2020 [cit. 02.3.2022]. Dostupné z: <https://afdc.energy.gov/fuels.html>
- [14] Škoda Auto a.s. [online]. 2020 [cit. 02.3.2022]. Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/>
- [15] LPG. *Primagas.cz* [online]. 2020 [cit. 02.3.2022]. Dostupné z: <https://www.primagas.cz/lpg>
- [16] Užitečné informace: ekologie. *CNG.cz* [online]. 2020 [cit. 02.3.2022]. Dostupné z: <https://www.cng.cz/uzitecne-informace/ekologie>
- [17] Hydrogen Roadmap Europe – studie EU. *Fch.europa* [online]. 2019 [cit. 02.3.2022]. Dostupné z: <https://www.fch.europa.eu/>
- [18] Shell Hydrogen Study. *Shell* [online]. 2017 [cit. 02.3.2022]. Dostupné z: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/hydrogen/>
- [19] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2004. ISBN 8023916025.
- [20] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [21] Elektrobuses Volvo s průběžným dobíjením standardem OppCharge v Trondheimu. *Proelektrotechniky.cz* [online]. 2017 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/elektromobilita/315.php>
- [22] SLAVÍK, Jakub. *E-mobilita v MHD* [online]. 2013 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/elektromobilita/42.php>
- [23] *Klimaaktiv* [online]. 2020 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.klimaaktiv.at/>
- [24] Elektromobilitaet. *Siemens* [online]. 2020 [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/de/branchen/transport-logistik/elektromobilitaet/ebus-ladeinfrastruktur.htmlschunk>

- [25] Pantograf-up. *New.abb.com* [online]. nedat. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://new.abb.com/ev-charging/products/Pantograf-up>
- [26] Dachladestromabnehmer. *Schunk-group* [online]. nedat. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: <https://www.schunk-group.com/transit-systems/de/produkte/detail/dachladestromabnehmer-sls-102-und-sls-103~p6384>
- [27] Nachhaltige Reduzierung der Schadstoffbelastung. *Stemmann* [online]. nedat. [cit. 2022-05-03]. Dostupné z: [https://www.stemmann.de/de/produkte/ladestrom\\_systeme](https://www.stemmann.de/de/produkte/ladestrom_systeme)
- [28] *Cngplus* [online]. ©2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.cngplus.cz/>
- [29] Poznatky z konference: CNG autobusy – nejlepší řešení pro bezprašná čistá města. *tzbinfo* [online]. 2014 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.tzbinfo.cz/12082-poznatky-z-konference-cng-autobusy-nejlepsi-reseni-pro-bezprasna-cista-mesta>
- [30] Dotace na ekologické autobusy. *Technický deník* [online]. 2014 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/dotace-na-ekologicke-autobusy\\_24724.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/dotace-na-ekologicke-autobusy_24724.html)
- [31] *Arriva* [online]. ©2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.arriva.cz/>
- [32] *Myto.cz* [online]. ©2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://myto.cz/cs/>
- [33] Vývoj cen CNG v ČR a dalších paliv. *CNG4you* [online]. 2014 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/kolik-to-stoji/vyvoj-cen-cng-v-cr-a-dalsich-paliv.html>
- [34] *MAN Česká republika* [online]. ©2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.man.eu/cz/cz/domovska-stranka.html>
- [35] *Dopravní podnik* [online]. ©2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.dpmost.cz/>
- [36] Operační program Životní prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. ©2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.opzp.cz/>

# Seznam tabulek, grafů a obrázků

## Seznam tabulek

Tab. 2.1: Přehled základních vlastností jednotlivých druhů akumulátorů .....	35
Tab. 2.2 Srovnání jednotlivých pohonů vozidel.....	37
Tab. 3.1 Modely do 12 m .....	44
Tab. 3.2 Modely od 12 m do 15 m .....	45
Tab. 3.3 Modely nad 15 m.....	46
Tab. 3.4 Kupní ceny elektrobusů.....	47
Tab. 3.5 Dodatečné náklady při koupi elektrobusu .....	47
Tab. 4.1 Základní statistika vozového parku.....	54
Tab. 4.2 Skladba autobusů podle délky a typu.....	55
Tab. 4.3 Ceny autobusů na CNG.....	67
Tab. 4.4 Srovnání provozu autobusu na naftu a CNG.....	68
Tab. 4.5 Ceny elektrobusů.....	69
Tab. 4.6 Dodatečné náklady elektrobusů.....	70
Tab. 4.7 Srovnání provozu autobusu na naftu a elektrobusu.....	71
Tab. 4.8 Ceny za přípojky pro dobíjení elektrobusu .....	74
Tab. 5.1 Městský provoz nafta a CNG .....	76
Tab. 5.2 Meziměstský provoz nafta a CNG .....	77
Tab. 5.3 Zhodnocení celkových nákladů.....	78
Tab. 5.4 Výhody a nevýhody zavádění alternativních paliv .....	79

## Seznam grafů

Graf 4.1 Modely značky Iveco .....	55
Graf 4.2 Stáří autobusů Iveco .....	56
Graf 4.3 Modely značky SOR .....	56
Graf 4.4 Stáří autobusů SOR .....	57
Graf 4.5 Modely značky Evo Bus .....	58
Graf 4.6 Stáří autobusů značky Evo Bus .....	58
Graf 4.7 Modely značky Mercedes .....	59
Graf 4.8 Stáří autobusů značky Mercedes .....	59
Graf 4.9 Stáří autobusů značky Dekstra .....	60
Graf 4.10 Stáří autobusů značky Karosa .....	61
Graf 4.11 Spotřeba v litrech na 100 km.....	62
Graf 4.12 Průměrný počet najetých km za rok.....	62
Graf 4.13 Roční náklady na pohonné hmoty .....	63
Graf 4.14 Cena za jeden km provozu .....	63
Graf 4.15 Vývoj cen pohonných hmot .....	69

## **Seznam obrázků**

Obr. 1.1 NAP CM.....	14
Obr. 3.1 Výrobci elektrobusů .....	43
Obr. 4.1 Sazby mýtného silnice I. třídy .....	64
Obr. 4.2 Sazby mýtného dálnice.....	65
Obr. 4.3 Poplatky za znečištění ovzduší.....	66

## Seznam zkratek

ASČ – Arriva Střední Čechy

AUS 32 – AdBlue

CNG – Stlačený zemní plyn

CO – Oxid uhelnatý

CO<sub>2</sub> – Oxid uhličitý

ČR – Česká republika

ČSAD – Československá státní automobilová doprava

EU – Evropská unie

EU ETS – Systém EU pro obchodování s emisemi

FAME – Fatty acid methyl ester

H<sub>2</sub> – Vodík

HC – Uhlovodíky

HDP – Hrubý domácí produkt

Li-Pol – Lithium-polymerový akumulátor

LNG – Zkapalněný zemní plyn

LPG – Zkapalněný ropný plyn

MEŘO – Methylester řepkového oleje

MHD – Městská hromadná doprava

NAP CM – Národní akční plán čisté mobility

NiCd – Nikl-kadmiový akumulátor

NiMH – Nikl-metalhydridový akumulátor

NO<sub>x</sub> – Oxidy dusíku

O<sub>3</sub> – Přízemní ozón

PAU – Polycyklické aromatické uhlovodíky



PM – Pevné částice

SO<sub>2</sub> – Oxid siřičitý

USA – Spojené státy americké

<b>Autor</b>	Bc. Josef Bureš
<b>Název DP</b>	Využití alternativních paliv pro silniční vozidla
<b>Studijní obor</b>	DOL
<b>Rok obhajoby DP</b>	2022
<b>Počet stran</b>	72
<b>Počet příloh</b>	0
<b>Vedoucí DP</b>	prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D., DBA
<b>Anotace</b>	Na základě ekonomického a provozního hodnocení vozového parku nastavit ekonomické indikátory ovlivňující provoz a předložit návrhy. Vytvořit přehled legislativních opatření, cílů programu Green Deal EU, zhodnocení různých typů pohonů používaných vozidel hromadné přepravy osob v kontextu provozních nákladů, využitelnosti vzhledem k povaze linek osobní dopravy a návrh ekonomických indikátorů. V závěru předložit návrh vozového parku pro danou společnost.
<b>Klíčová slova</b>	doprava, alternativní paliva, osobní doprava, Green Deal, logistika
<b>Místo uložení</b>	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
<b>Signatura</b>	