

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Využití alternativních pohonů autobusů

Bc. Roman Fizér

Diplomová práce
2019

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Roman Fizér**
Osobní číslo: **D17334**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**
Název tématu: **Využití alternativních pohonů autobusů v CDS s.r.o. Náchod**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky**

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

Úvod

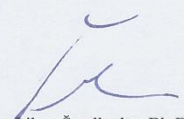
1. Teoretická východiska využití alternativních pohonů autobusů
2. Analýza stávajícího vozového parku CDS s.r.o. Náchod
3. Návrhy na využití alternativních pohonů autobusů v CDS s.r.o. Náchod
4. Zhodnocení návrhů

Závěr

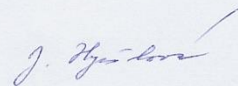
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucí/ho**
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavla Lejsková, Ph.D.**
Katedra dopravního managementu, marketingu
a logistiky

Datum zadání diplomové práce: **31. října 2018**
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2019**


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Jaroslava Hyršlová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 12. dubna 2019

Prohlašuji:

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

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012 Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 15. 5. 2019

Roman Fizér

Rád bych poděkoval vedoucí práce Ing. Pavle Lejskové, Ph.D. za velmi vstřícný přístup, odborné vedení diplomové práce. Také bych rád ocenil její časovou flexibilitu.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá problematikou alternativních pohonů a jejich využití v osobní dopravě, konkrétně u autobusů. Byla zpracována v CDS s. r. o. Náchod (CDS). Nejprve je pozornost věnována charakteristice dopravy, její funkci a negativním vlivům na životní prostředí. Poté je prezentována charakteristika jednotlivých druhů alternativních pohonů a jejich srovnání. Praktická část práce obsahuje analýzu CDS s ohledem na stávající vozový park a náklady provozu autobusů. Výsledky analýzy jsou základním východiskem pro návrhy opatření, jejichž realizací by mohlo CDS zmírnit negativní dopady dopravy na životní prostředí a případně ještě snížit své náklady na provoz autobusů v rámci osobní dopravy. Poslední částí je zhodnocení návrhů z hlediska vhodnosti směrem k definovanému cíli práce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Alternativní pohony, autobusy, environmentální dopady dopravy, vozový park

TITLE

Use of alternative drives for buses

ANNOTATION

Thesis deals with problematic of alternative drives and its use in public transport, specifically for buses. Work was compiled in CDS s. r. o. Náchod (CDS). First, attention is focused on characteristics of transport, its function and negative environmental impacts. After that is presented characteristics of individual alternative drives and its comparison. Analytical part contains analysis of CDS's rolling stock and costs of buses operation. Results of analysis are starting point for proposals. With realization of these proposals could CDS reduce negative impacts on environment and also reduce operation costs. Last part is evaluation of proposals.

KEYWORDS

Alternative drives, buses, environmental impacts of transport, rolling stock

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH POHONŮ AUTOBUSŮ.....	12
1.1 Funkce dopravy.....	12
1.2 Soukromé a společenské náklady a přínosy dopravy.....	12
1.2.1 Externality a možnosti jejich internalizace	13
1.3 Negativní vlivy dopravy na životní prostředí	13
1.4 Alternativní pohony.....	14
1.4.1 Důvody zavádění alternativních pohonů a paliv v dopravě.....	15
1.5 Vozidla na plynná paliva a jejich historický vývoj.....	15
1.5.1 CNG a LNG	16
1.5.2 Výhody a nevýhody CNG a LNG	17
1.5.3 LPG.....	18
1.5.4 Výhody a nevýhody LPG.....	18
1.6 Elektrický pohon.....	19
1.6.1 Historie elektromobilů	20
1.6.2 Druhy využívaných akumulátorů	20
1.6.3 Potřebná infrastruktura na dobíjení	22
1.6.4 Vliv elektromobility na životní prostředí.....	22
1.6.5 Výhody a nevýhody elektrobusů.....	23
1.7 Hybridní pohon	23
1.7.1 Historie hybridního pohonu	23
1.7.2 Hybridní autobus	24
1.8 Vodík.....	25
1.8.1 Historie palivových článků	25
1.8.2 Technologie palivových článků.....	25
1.8.3 Využití vodíkové technologie u autobusů.....	26
1.8.4 Výhody a nevýhody vodíkového pohonu	27
1.8.5 Praktické využití vodíkového pohonu u autobusu v ČR.....	27
1.9 Srovnání alternativních pohonů	29

2	ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO VOZOVÉHO PARKU CDS S.R.O. NÁCHOD	30
2.1	Důležité události v historii společnosti	30
2.2	Služby společnosti.....	31
2.3	Vozový park.....	32
2.4	Dopravní výkony.....	34
2.5	Základní ekonomické ukazatele	36
2.6	Nákladové položky související s nákupem a provozem autobusu.....	37
2.6.1	Náklady na pořízení autobusu	37
2.6.2	Dotace	37
2.6.3	Náklady související s provozem autobusu s diesellovým motorem.....	39
2.6.4	Spotřeba pohonných hmot	39
2.6.5	Náklady na opravy a údržbu.....	42
2.7	Předešlé zkušenosti s provozem autobusů na alternativní pohon	43
2.8	Shrnutí analýzy	44
3	NÁVRHY NA VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH POHONŮ AUTOBUSŮ V CDS S. R. O. NÁCHOD	46
3.1	Zavedení autobusů na CNG pohon do vozového parku.....	46
3.1.1	Náklady na infrastrukturu CNG	46
3.1.2	Náklady na pořízení autobusu na CNG	47
3.1.3	Náklady spojené s provozem autobusu na CNG	49
3.2	Využití elektrických autobusů v rámci meziměstské dopravy	50
3.2.1	Linky využitelné pro zavedení elektrobusu	51
3.2.2	Navrhovaný elektrobus SOR EBN 11	53
3.2.3	Náklady na zajištění provozuschopnosti elektrobusu.....	55
4	ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ	58
4.1	Zhodnocení nákladových položek jednotlivých alternativních pohonů.....	58
4.2	Čistá současná hodnota investice	63
4.2.1	CNG	65
4.2.2	Elektrický pohon	66
4.3	Návratnost investice do navrhovaných alternativních pohonů	67
4.3.1	Výpočet návratnosti investice do pohonu CNG	67
4.3.2	Výpočet návratnosti investice do elektrického pohonu	69

4.3.3	Shrnutí výpočtů návratnosti investice do alternativních pohonů	70
4.4	Zhodnocení z pohledu dopadů na životní prostředí	71
4.4.1	CNG	72
4.4.2	Elektrický pohon	74
4.5	Celkové zhodnocení	76
	ZÁVĚR	78
	POUŽITÁ LITERATURA	81
	SEZNAM TABULEK	86
	SEZNAM OBRÁZKŮ	87
	SEZNAM ZKRATEK	88

ÚVOD

V dnešní turbulentní době se doprava výrazně podílí na znečišťování životního prostředí. Z toho důvodu je v posledních letech na mezinárodní ale i na národních úrovních věnována velká pozornost snaze o zmírňování negativních dopadů dopravy na životní prostředí. Hledají se nové způsoby řešení tohoto problému, která by přispěla k redukci emisí skleníkových plynů, které se považují za zásadní globální problém. Významný vliv na znečištění způsobené dopravou mají dopravci provozující hromadnou dopravu a zejména způsob, jakým je tato doprava provozována.

Jednou z možností pro dopravce, jak se s touto svízelnou situací vypořádat, je implementace jednoho nebo více druhů alternativních pohonů do vozidel ve svém vozovém parku. Zde ovšem vyvstává zásadní problém ve využívání alternativních pohonů a hlavní důvod, proč nejsou v současnosti využívány tak, jak by společnost vyžadovala a hlavně potřebovala. Tím problémem 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 i národních akčních plánech, tak stále není dostatečná pomoc ze strany těchto subjektů pro samotné dopravce. To znamená, že každý dopravce hledá optimální průnik mezi svými potřebami, protože každý podnikající subjekt vykazuje činnost za účelem dosažení zisku a potřebami společnosti. Tudíž v optimálním případě jde o nalezení řešení, které jednak sníží negativní dopady na životní prostředí, tak i sníží náklady dopravní společnosti.

Tato diplomová práce bude zpracována v CDS s. r. o. Náchod (dále CDS). Společnost provozuje městskou hromadnou dopravu v Náchodě a také provozuje pravidelnou linkovou dopravu, na kterou je zaměřena tato práce. Cílem práce je navrhnout opatření, jejichž realizací by CDS přispělo k redukci negativních vlivů dopravy na životní prostředí a zároveň snížilo své provozní náklady. Návrhy budou vycházet z analýzy stávajícího stavu vozového parku.

Aby mohl být tento cíl splněn, bude třeba nejprve věnovat pozornost charakteristice dopravy, jejím funkcím a vlivům dopravy na životní prostředí. Poté budou charakterizovány jednotlivé druhy alternativních pohonů a jejich srovnání. Po zmapování teoretických aspektů řešeného problému bude možné provést analýzu stávajícího vozového parku CDS a nákladů souvisejících s nákupem a provozem autobusů.

Analýzu bude třeba zaměřit na vývoj vybraných ukazatelů, které mají vazbu na stávající stav vozového parku. CDS, 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.

Třetí část práce bude zaměřena na návrhy opatření, jejichž realizací by mohlo CDS zmírnit dopady provozování dopravy na životní prostředí. Tato opatření by měla vycházet z výsledků realizované analýzy.

Poslední část práce se bude věnovat zhodnocení navrhovaných řešení a hledání optimálního průniku v návaznosti s definovaným cílem práce.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH POHONŮ AUTOBUSŮ

Tato kapitola je věnována teoretickým poznatkům týkajících se charakteristických rysů dopravy, jejích nežádoucích vlivů na životní prostředí, ale i společenským přínosům. Podstatná část kapitoly je věnována alternativním pohonům, které by mohly snížit jednak dopad dopravy na životní prostředí, zároveň snížit provozní náklady, oproti běžným palivům, jako jsou nafta a benzín.

1.1 Funkce dopravy

Doprava umožňuje přemísťování osob a zboží, zároveň má vliv na rozvoj regionů, zkracuje vzdálenosti mezi nimi a vytváří pracovní příležitosti.

Dělení funkcí dopravy nabízí Eisler (2004):

- stimulační funkce, která iniciuje oživení ekonomiky pomocí investic do dopravní infrastruktury,
- sociálně stabilizační funkce, protože možné pochybení v dopravním systému porušuje stabilitu i vývoj ekonomiky,
- substituční funkce, která v osobní dopravě reguluje soustředování obyvatel do měst a v nákladní dopravě zastává funkci skladování,
- komplementární, je podle Eislera (2004) dominantní funkcí dopravy, jelikož umožňuje přepravu osob a zboží, přičemž vytváří pracovní příležitosti. Napomáhá rozvíjet regiony po ekonomické stránce a zároveň zkracuje vzdálenost mezi nimi.

1.2 Soukromé a společenské náklady a přínosy dopravy

Každá lidská činnost, dopravu nevyjímaje, nese své náklady a přínosy. Určité náklady jsou evidentní, některé si společnost zprvu neuvědomuje. Mezi zjevné náklady, které postihují každého uživatele patří pohonné hmoty, které jsou čerpány do dopravních prostředků. Na druhé straně jsou i náklady, které do svých rozhodnutí většina lidí nezahrnuje, jelikož jsou jen těžko vyčíslitelné na každý výkon. Důležité je také to, kdo vzniklé náklady nese. Podle Adamce (2008) existuje více možností, buď to může být spotřebitel skrze nakoupený lístek na dopravu, dále to může být stát a prostřednictvím daní celá společnost (vládní rozhodnutí, například o stavbě dálnice), také to může být například majitel domu, který musí kvůli nadměrnému hluku investovat do izolace oken. Nezbytnou podmínkou pro efektivní fungování trhu je, aby cena pravdivě odrážela všechny náklady.

Podle Adamce (2008) se dají náklady i přínosy dopravy rozdělit na společenské a soukromé. Společenské přínosy dopravy jsou výhody pro všechny subjekty společnosti, to znamená, že nejen pro přepravované subjekty, ale i ty, kdo vybranou dopravní službu nevyužívají. Mezi soukromé přínosy se řadí výhody, jako je lepší dostupnost zboží nebo časová úspora, tedy přínosy pro toho, kdo konkrétně dopravu využívá a soukromé náklady jsou finanční prostředky vynaložené uživatelem dopravy. Ty mohou být jak na jízdenku do prostředků hromadné dopravy, tak i na provoz a údržbu automobilu. Problematičtější je ale podle Adamce (2008) vymezení externích přínosů dopravy. Tvrdí, že většina přínosů dopravy je „individualizována“, tzn. že společenské náklady dopravy jsou rovny přínosům individuálním. Naproti tomu společenské náklady dopravy jsou vyšší než individuální. Tudíž se nedá hovořit o pozitivních externalitách, ale o přebytku spotřebitele, což může být větší komfort cestování díky kvalitnější dopravní infrastruktuře nebo úspora cestovního času.

1.2.1 Externality a možnosti jejich internalizace

Problematika externalit nabízí celou řadu definic, které se odlišují pouze v detailech.

Podle Jamese Meada (1973) je externalita událost, která přináší nějaké osobě nebo skupině osob, které neprojevili plný souhlas při přijímání rozhodnutí, určitý významný přínos či významnou škodu.

Šalovská (2009) popisuje externality jako vnější efekty, které probíhají mimo tržní mechanismus a způsobují neefektivní chování trhu. Dále tvrdí, že externality vznikají, pokud někdo nedostane úplné výnosy ze své činnosti, nebo z případě, že nenesou úplné náklady své činnosti.

Web elektronickemyto.cz (2013) píše, že mikroekonomie označuje za externality veškeré pozitivní i negativní dopady aktivit jednoho subjektu na ostatní subjekty. Mezi negativní externality dopravy se nejčastěji uvádí znečištění ovzduší, vibrace a hluk. Internalizaci externalit zohledňuje směrnice 2011/76/ES, která stanovuje maximální sazby přírůžek za znečištění a hluk, o které mohou členské státy EU zvýšit mýtné sazby. Sazby za externality mohou být součástí mýtné sazby, nebo mohou být účtovány uživateli komunikace zvlášť.

1.3 Negativní vlivy dopravy na životní prostředí

Jak píše Adamec (2008), k všeobecnému rozvoji společnosti výrazně přispěla doprava jejíž úloha má svá pozitiva, což je například přeprava osob, surovin nebo výrobků. Na druhé straně nese i své negativní dopady, což mohou být dopravní nehody, či emise skleníkových

plynů. Nepříznivě působí na životní prostředí evidentní nárůst přepravních výkonů, a i celkové množství osobních a nákladních automobilů.

Podle Rojana (1994) doprava ovlivňuje nejen ekonomiku, ale má i významné environmentální a sociální dopady. Právě problematika negativních dopadů dopravy na životní prostředí je podle něho v současné době velmi aktuální.

Nejčastěji se podle Adamce (2008) v současné době zmiňuje znečišťování ovzduší jako zásadní faktor, který negativně působí na životní prostředí, nicméně nezanedbatelný je také podíl na znečištění například podzemních a povrchových vod, půdy. Dalšími aspekty, které neopomíjí jsou fragmentace krajiny a zábor půdy dopravní infrastrukturou, které mají vliv na migraci živočichů a biodiverzitu. Výroba vozidel, ale i jejich likvidace způsobuje mnoho odpadu, který zatěžuje životní prostředí, protože současně se zmíněnými procesy dochází k produkci mnoha nebezpečných látek.

Škapa (2003) také upozorňuje na to, že dopady dopravy na životní prostředí jsou závislé především na tom, jakým způsobem jsou dopravní prostředky na dopravních cestách provozovány. Z hlediska sociálních a environmentálních dopadů dopravy je třeba upozornit na fyzikální působení vibrací a hluku, ale i chemického působení exhalací z výfukových plynů. Rojan (2004) přidává ještě přímě ohrožení člověka při dopravních nehodách, estetické a psychické vlivy.

Výše zmíněné důsledky jsou spíše dlouhodobějšího charakteru, nicméně v dnešní době v souvislosti se vzrůstající mobilitou dochází také k častějším haváriím, které způsobují akutní znečištění, které může mít dalekosáhlé následky. Podle Adamce (2008) se dá se říci, že v posledních letech, kvůli výše zmíněným důvodům, nabývá problematika dopravy ve vztahu ke zdraví člověka a životnímu prostředí na aktuálnosti.

1.4 Alternativní pohony

V této kapitole se bude práce zabírat alternativními pohony a palivy, které, jsou z ekologického pohledu příznivější pro životní prostředí než konvenční pohony (spalovací a vznětové motory) a paliva (benzín, nafta). Petroleum (2007) popisuje alternativní paliva, jako odlišná od běžných paliv, hlavně v surovinách, z nichž jsou vyrobena. Motivací pro jejich použití nemusí být jen jejich šetrnější dopad na životní prostředí, ale i nižší provozní náklady.

Mezi používané alternativní varianty konvenčním pohonům jsou v dnešní době řadí podle Vlka (2004):

- zemní plyn: stlačený (CNG) a zkapalněný (LNG),
- zkapalněný ropný rafinérský plyn (LPG),

- bioplyn,
- bionafta na základě metylesteru řepkového oleje,
- paliva s využitím alkoholu (etanol a metanol),
- vodík,
- elektrický proud.

Matějovský (2005) uvádí, že existuje větší množství alternativních paliv, která ovšem nejsou v České republice schválena pro provoz na pozemních komunikacích. Právní předpisy jednoznačně definují, která paliva mohou být používány, případně jaké musí mít vlastnosti. Požadavky na pohonné hmoty pro provoz vozidel na pozemních komunikacích jsou uvedeny ve vyhlášce č. 133/2010, která nahradila vyhlášku č. 229 z roku 2004. Jedná se o vyhlášku o požadavcích na pohonné hmoty, o způsobu sledování a monitorování složení a jakosti pohonných hmot a o jejich evidenci.

1.4.1 Důvody zavádění alternativních pohonů a paliv v dopravě

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.

Šebor (2006) uvádí automobilovou dopravu hned vedle průmyslové výroby jako hlavní znečišťovatele planety Země. Dále uvádí jako důvod i legislativní opatření, které v Evropě započalo již v 90. letech, kdy koncem roku 1992 byl zahájen program European Program on Emissions, Fuels and Engines (EPEFE). Na základě získaných výsledků a zkušebních prací byly pro motorová vozidla navrženy emisní limity a požadavky na kvalitu klasických kapalných motorových paliv. Poté v roce 2000 přišlo další zpřísnění těchto limitů.

1.5 Vozidla na plynná paliva a jejich historický vývoj

Tato podkapitola je věnována využívání plynných paliv v dopravě, jejichž využívání je pro provoz efektivnější z pohledu dopadu na životní prostředí i výše provozních nákladů.

Dle Hromádka (2012) sloužila v historii celá řada hořlavých plynů jako pohonný plyn. Mezi ně patřily například zemní plyn a svítiplyn, ale také se využíval metan (důlní plyn), kalový plyn, dřevoplyn, vysokopecní plyn, generátorový plyn a acetylén.

Dále uvádí, že v českých zemích se začalo využívat plynu v dopravě v roce 1936. Konkrétně k pohonu automobilů, autobusů a traktorů využívalo stlačeného svítiplynu. První

kompresní tankovací stanice vyráběly vítkovické železárny, které také na svítiplyn provozovaly vlastní nákladní vozy. Ve 30. a 40. letech se rozšířil stlačený svítiplyn i do dopravních podniků a začaly ho využívat pro provoz autobusů v Praze, Hradci Králové, ale i Olomouci, Krnově a Mladé Boleslavi. Za druhé světové války se rozšířil, kvůli nedostatku benzínu, i nestlačený svítiplyn a dřevoplyn. Po druhé světové válce, ale ustoupilo využívání plynu v dopravě do ústraní a opět se začaly vracet klasické kapalné pohonné hmoty. Až od roku 1981 se začal uplatňovat jako pohonná hmota zemní plyn, jelikož se byla provedena historicky první přestavba na vozidla na zemní plyn.

Další plány byly směrem k využívání zemního plynu, místo kapalných paliv dle Hromádka (2012) smělé. Byly vypracovány studie zabývající výstavbou několik desítek plnicích stanic, které měly být dokončeny v roce 1995 a měly být využívány především u autobusů a v nákladní dopravě. V Praze vyjelo v roce 1991 prvních pět autobusů poháněných zemním plynem. Poté se používání plynových autobusů rozšiřovalo hlavně na Moravě, jednalo se o města Havířov, Frýdek Místek, Prostějov a Uherské Hradiště. Dříve byly všechny autobusy přestavovány z původně naftových na zemní plyn, nejednalo se o tovární nastavení od výrobce.

Problém, který ale nastal byl s právě zmíněnou přestavbou. Nebyly totiž jasně stanovené postupy a individuální přestavby se v praxi neosvědčily, což způsobilo, že se původně slibně vypadající program plynofikace téměř úplně zastavil. Což se může jevit jako krok zpět, jelikož se Česká republika řadila v 90. letech z pohledu plynofikace na přední světová místa. Nicméně jak Hromádka (2012) pokračuje, tak se díky stagnaci dostaly do popředí další evropské země, které ale s plynofikací začaly později, jedná se například o Německo nebo Francii. Až kolem roku 1996 byla stanovena jasná pravidla pro dodatečné přestavby a od roku 2000 nabízí většina automobilek svá vozidla na plyn přímo z prvovýroby a poslední významný rok z pohledu plynofikace je rok 2003, kdy byla schválena dodatečná přestavba pro velký okruh vozidel, což podpořilo využívání plynných paliv.

1.5.1 CNG a LNG

Podle Vlka (2004) se zemní plyn skládá z 85 % metanu, 10 % dusíku a 5 % vyšších uhlovodíků. Zkratka CNG znamená stlačený zemní plyn (Compressed natural gas). Většinou bývá v nádrži automobilu stlačen na tlak až 200 bar. Zkratka LNG vyjadřuje zemní plyn zkapalněný (Liquified natural gas). Vlk (2004) tvrdí, že aby došlo ke zkapalnění zemního plynu je nutné, aby jeho teplota dosahovala $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$, čím se ale výchozí objem zmenší zhruba šestsetkrát. CNG patří v současné době, co se týče pohonů na plynná paliva u autobusů mezi

nejvíce využívané. Výhody a nevýhody a další charakteristiky CNG, ale i LNG následují v dalších podkapitolách

1.5.2 Výhody a nevýhody CNG a LNG

První výhoda se týká menšího zatížení životního prostředí, které je podle Vlka (2004) důsledkem především chemického složení zemního plynu. Jak je již výše zmíněno, jeho hlavní složkou je nejjednodušší uhlovodík, metan (CH_4). Dále pokračuje, že vozidla, která jsou poháněna zemním plynem, tak produkují při provozu výrazně méně škodlivin, než je tomu u klasických paliv (nafta, benzín). Poté poukazuje nejen na menší produkci oxidu uhličitého, ale i oxidu uhelnatého, oxidů dusíku, pevných částic či aromátů včetně benzenu. Tudíž i jejich podíl na skleníkovém efektu není tak výrazný jako u běžných paliv.

Další výhodou, kterou Vlk (2004) popisuje, je ekonomická výhodnost provozu, jelikož se náklady u zemního plynu snižují dvakrát, až třikrát v porovnání s klasickými palivy. Dále se vyjadřuje k provozním výhodám, kdy tvrdí, že vnitřní části motoru nejsou zaneseny karbonovými úsadami, čímž se prodlužuje životnost oleje i motoru. Jako poměrně zásadní výhodu uvádí zvýšení bezpečnosti v porovnání s naftou, benzínem nebo LPG. Podstatné je totiž, že výše zmíněná paliva se vyznačují tím, že jsou těžší než vzduch. Zápalná teplota je ve srovnání s benzínem dvojnásobná. Dále zmiňuje, že i nádrže, které jsou vyrobeny z oceli, hliníku či kompozitu jsou oproti benzínovým nádržím bezpečnější.

Poslední výhoda, kterou Vlk (2004) zmiňuje, spočívá v jednoduchosti distribuce plynu k uživateli, jelikož zemní plyn je distribuován pomocí vybudovaných plynovodů. To znamená, že s jeho využíváním se snižuje počet cisteren s kapalnými palivy. Také uvádí, že zemní plyn je oproti jiným fosilním palivům (nafta, benzín, propan butan) perspektivnější, jelikož jeho zásoby ve srovnání s ropou jsou větší.

Ve většině argumentů se autoři shodují, nicméně Hromádka (2012) tvrdí, že z hlediska přípravy směsi jsou plynná paliva výhodnější než kapalná, a to i díky lepšímu promísení a snadnějšímu dodržení směšovacího poměru paliva se vzduchem, čímž je snížen i celkový obsah škodlivin ve výfukových plynech. Další výhodou, kterou zmiňuje je, že plynná paliva neředí olej v klkové skříní motoru a nesmývají palivový film ze stěn válce. Hromádka (2012) ještě ve své publikaci přidává výhody nemožnosti zcizení pohonné hmoty, snížené hlučnosti motoru a lepšímu startování při nižších teplotách.

Zásadní nevýhodou podle Vlka (2004) je nedostatečně vybudovaná infrastruktura. Zejména se jedná o menší počet plnicích stanic, což je poměrně obvyklé, že každé alternativní palivo, má díky tomuto hendikepu sníženou možnost konkurence a svého rozšíření. Dále

zmiňuje, vysoké vstupní investice, ať už se jedná o vyšší cenu vozidla s přestavbou na zemní plyn, nebo zmíněné plnicí stanice. Podle Vlka (2004) se ale dá předpokládat, že s rozšiřováním využívání plynu v dopravě se tyto náklady budou redukovat. V souvislosti s komfortem dále zmiňuje nevýhodu spojenou se snížením výkonu auta po přestavbě na zemní plyn. Také tvrdí, že u vozidel s LNG, tudíž zkapalněným zemním plynem rostou nároky na izolaci nádrže. Poslední nevýhodou, kterou Vlk (2004) uvádí, je že v případě provozování vozidla na zemní plyn, je třeba dbát zvýšeným bezpečnostním opatřením, souvisejícím především s garážováním a opravami.

Ve většině nevýhod se autoři opět shodují, nicméně Hromádko (2012) uvádí ve své publikaci jako značnou nevýhodu, která brání většímu rozšíření ve společnosti, nesnadné skladování a distribuci plynu. Dále výčet nevýhod rozšiřuje o nižší dojezd oproti naftovým autobusům a vyšší celkovou hmotnost autobusu.

1.5.3 LPG

Vlk (2004) definuje, že LPG (Liquified petroleum gas) jako zkapalněný plyn má pozoruhodné vlastnosti, a to nejen z hlediska ochrany životního prostředí. Jedná se především o směs propanu a butanu, ve velmi malém množství obsahuje síru. Dále uvádí, že automobil s plynovým pohonem zachovává díky moderním technologiím srovnatelné jízdní vlastnosti i výkon, dokonce v nižších otáčkách je pružnější. Tankování LPG je velmi snadné a probíhá stejně jako čerpání benzínu. Za normální teploty je třeba ke zkapalnění jen velmi malý tlak. Podstatné je, že se stejně jako u CNG změní podstatně objem. Pro získání jednoho litru kapaliny je třeba zhruba 250 litrů propan-butanu. Dále se Vlk (2004) domnívá, že LPG je jako alternativní palivo jednoduše využitelné, protože je z technického hlediska ověřené a bezproblémové. Možná je i dodatečná montáž do sériových vozidel, pouze u vznětových motorů je nutná rekonstrukce na zážehový.

Hromádko (2012) uvádí, že LPG se získává v rafinériích při zpracování ropy a rovněž jako vedlejší produkt při těžbě zemního plynu a ropy. Dále popisuje tlakovou nádrž, která je nedílnou součástí vozu poháněného LPG. Nádrž je uzavřena víceúčelovým ventilem, který musí zajistit jak bezpečnostní, tak provozní funkce.

1.5.4 Výhody a nevýhody LPG

Nejpodstatnější výhodou je snížení provozních nákladů, jelikož jak uvádí Hromádko (2012) tak spotřeba se oproti benzínu zvýší o zhruba 20-30 %, nicméně náklady na pořízení LPG jsou oproti benzínu zhruba poloviční. Další výhodou je snížení produkce emisí. U motorů na LPG se nevytváří karbonové usazeniny, a i životnost oleje je delší. Jako další

výhodu Hromádko (2012) uvádí, že přestavbou na LPG nedochází ke ztrátě možnosti jezdit na benzín, jelikož přestavěná vozidla mají na palubní desce tlačítko umožňující přepínat mezi režimy. Zmíněno je i snížení hlučnosti motoru a delší dojezd, díky existenci druhé nádrže.

Mezi nevýhody řadí Vlk (2004) řidší síť čerpacích stanic, ale jejich počet s rozšiřováním provozu vozů na LPG rychle roste. Dále zmiňuje zvýšení celkové hmotnosti automobilu, čímž se sníží povolená užitečná hmotnost. S touto nevýhodou je spojeno i zmenšení objemu nákladového prostoru, obě tyto nevýhody jsou totiž spojeny s nutností existence tlakové nádrže. Dále Vlk (2004) upozorňuje na nutnost dodržovat bezpečnostní podmínky, hlavně parkování v podzemních garážích není dovoleno, což je způsobeno tím, že na rozdíl od CNG je těžší než vzduch a drží se u země. Další nevýhodou pro majitele vozů na LPG je nutnost každoroční pravidelné kontrolní prohlídky. Hromádko (2012) poukazuje i na vysoké počáteční náklady na přestavbu a na možné snížení výkonu motoru až o pět procent, což ale závisí na použitém systému a není pravidlem.

1.6 Elektrický pohon

Dalším typem alternativního pohonu, který je čím dál aktuálnější, je pohon elektrický. Jeho využití se stále rozšiřuje na trhu individuální automobilové dopravy, kdy v rámci některých států Evropy dostávají obyvatelé dané země dotace na nákup elektromobilu, díky jeho nulovým emisím škodlivých plynů. Nicméně elektromobilita se začíná využívat i rámci hromadné osobní dopravy. Je dokázáno, že znečišťování ovzduší škodlivými emisemi se projevuje nejvýrazněji v městech a městských aglomeracích. Zde tedy mají dopravní podniky k dispozici možnost využít tohoto alternativního pohonu. Nicméně v současnosti se využívají elektrobuses v dopravních podnicích především na městskou hromadnou dopravu. To je způsobeno především menším dojezdem elektrobuses, které jsou k dispozici v současné době. Už i v dnes ale existují vybrané typy určitých výrobců, které jsou vhodné i na meziměstskou a příměstskou dopravu.

Podle Vlka (2004) byla vozidla poháněná elektrickým pohonem již od jejich rozvoje značnými konkurenty pro vozidla poháněná spalovacími motory. Mezi jejich hlavní výhody řadí tichý provoz a fakt, že téměř neznečišťuje ovzduší.

Hromádko (2012) ve své publikaci vyzdvihuje především skutečnost, že elektromobily neprodukují žádné škodlivé emise a mají nízkou hladinu hluku. 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, typů elektromotorů je 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 elektrobusů je využívána energie, která by nebyla využita efektivně (byla 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 většinou případů přeměněna na teplo a nemá už další efektivní využití pro jízdu automobilu. Dalším významným aspektem v rámci elektromotorů je typ akumulátoru, kterých je na výběr také mnoho.

1.6.1 Historie elektromobilů

Vlk (2004) uvádí jako prvního významného konstruktéra elektromobilů Francouze H. Kriegera, jenž se v tomto odvětví angažoval již v 80. letech 19. století. Na území dnešní České republiky byl první, kdo sestavil elektromobil slavný elektrotechnik Ing. František Křížík. V té době se elektromobily konstruovaly tak, že každé kolo bylo poháněno svým elektromotorem a jednalo se o elektrické kočáry.

Dále Vlk (2004) popisuje, že v roce 1896 se ve Vídni začaly vyrábět první sériové elektromobily, za jejichž vznikem stál slavný konstruktér automobilového průmyslu Ferdinand Porsche. Ten se zapříčinil o vznik prvních hybridních pohonů, jejichž cílem bylo odstranit základní nedostatek elektrického pohonu, a to krátký dojezd. Nicméně další vývoj elektromotorů se datuje až k posledním dvaceti letům. Velký tehdejší rozvoj byl přehlušen velkými pokroky ve vývoji zážehových motorů. V posledních deseti letech se ale elektromobilita začíná čím dál více skloňovat, a to především díky snaze o snížení znečišťování ovzduší. Nově zkonstruované modely se již dostávají do sériové výroby.

1.6.2 Druhy využívaných akumulátorů

Hromádka (2012) tvrdí, že nejdůležitějším komponentem elektropohonu po jeho proniknutí na trh, je trakční baterie. Konečnou rychlost a zrychlení automobilu udává jejich **výkonová hustota**, což je elektrický výkon na jednotku hmotnosti. Dalším důležitým aspektem je **energetická hustota**, která určuje jejich dojezd. Dalšími důležitými parametry, které se sledují u akumulátorů jsou podle Vlka (2004) **nabíjecí doba**. Tady zmiňuje nabíjecí metodu Minit Charger, jejíž pomocí lze dobíjení výrazně zkrátit. Akumulátor je dobíjen v krátkých pulsech, avšak vyšším proudem. Když je pak akumulátor nabit na přibližně 80 %, proud klesá a zbylých 20 % trvá déle. Výhodou této metody je delší výdrž baterie. Dalším aspektem je

životnost baterie, která závisí jednak na způsobu nabíjení a vybíjení, ale také na údržbě apod. Další důležitou vlastností, kterou zmiňuje je **cena**. Vliv na kapacitu a životnost baterie má také její **údržba**. Posledním parametrem podle Vlka (2004) je **recyklace**, což je důležité u akumulátorů, které obsahují látky škodící životnímu prostředí.

Nejvíce využívané nejen do elektromobilů, ale například i do mobilních telefonů, jsou akumulátory s obsahem lithia. Jejich výhodou oproti starším typům je, že jsou schopny držet energii déle a netrpí paměťovým efektem, to znamená, že neztrácí svou kapacitu, pokud není baterie před nabitím úplně vybita.

Ramadhas (2011) popisuje dva typy akumulátorů s obsahem lithia, a to baterie **lithium-iontové** (Li-Ion) a **lithium-polymerové** (Li-Pol). Akumulátor Li-Ion popisuje Ramadhas (2011) jako nejvíce příslibnou variantu dobíjející baterie pro využívání v rámci elektromobilů. Vlk (2004) popisuje jako nevýhodu tohoto typu akumulátoru její vysokou pořizovací cenu. Dalším typem baterie, kterou se Ramadhas ve své publikaci zabývá je, Li-Pol (lithium-polymer). Její největší výhodou je velmi nízká úroveň samovybíjení se, naopak jako nevýhodu zmiňuje, její vliv na kapacitu při nižších teplotách v důsledku teplotní závislosti na iontové vodivosti, avšak tento typ baterie je dnes patrně nejvíce využíván v rámci elektrobusů.

Mezi další, avšak nepříliš perspektivní varianty do budoucna jsou akumulátory **nikl-kadmium** (Ni-Cd), jejichž výhodou je, že jsou plně recyklovatelné a bezúdržbové, jak tvrdí Vlk (2004), jejich nevýhodou ale je, že obsahují kadmium, které je jedovaté a pokud by baterie nebyla po použití okamžitě recyklována, hrozí zamoření okolního prostředí. Jejich další nevýhodou je, že trpí výše zmíněným paměťovým efektem. Dalším akumulátorem využívajícím nikl, je **nikl-metalhydridová**, kde je již podle názvu viditelně odstraněno kadmium, nejsou tudíž tak škodlivé životnímu prostředí. Akumulátory mají ve srovnání s nikl-kadmiovými podstatně vyšší výkon i energetickou hustotu, ale zase jsou značně dražší, nelze je tak často nabíjet a vybíjet a paměťový efekt se u nich vyskytuje také, tudíž také nejsou příliš perspektivní.

Dalším druhem akumulátoru jsou podle Volty.cz (2017) **ultrakapacity**, které mají výhodu v rychlém nabití, stejně rychlém poskytnutí vysokého výkonu a k tomu prakticky neomezenou životnost a téměř stoprocentní účinnost. Výčet výhod tím ale nekončí, je také vyroben z velmi levných a nezávadných materiálů. Ale i tak mají ultrakapacity nevýhody, mají totiž desetkrát až pětadvacetkrát nižší energetickou kapacitu na jednotku hmotnosti než elektrochemické akumulátory. Jejich využití je u elektromobilů výhodné, protože dokáží ukládat elektřinu generovanou při brzdění, to znamená že podporují tzv. rekuperaci energie.

Dříve byly ještě využívány akumulátory **olověné** nebo **sodík-síra**, nicméně ty už dnes v rámci elektromobility tak významné nejsou.

1.6.3 Potřebná infrastruktura na dobíjení

Způsobů dobíjení elektrobusů je více, jde o to zvolit co možná nejefektivnější variantu pro dané podmínky, jelikož některé varianty jsou výhodné pouze pro provozovatele městské hromadné dopravy.

Prvním způsob dobíjení uvádí Pohl (2011) a je jím stacionární dobíjení v areálu provozovatele. Způsob nabíjení již souvisí s variantou zvoleného akumulátoru, volí se buď pomalé dobíjení, které trvá přibližně osm hodin, nebo rychlé dobíjení v průběhu dne, které může trvat jen desítky minut. Akumulátory musí mít velkou kapacitu, jinak by nebyl provoz elektrobusu příliš efektivní, jelikož by nedisponoval dostatečným dojezdem na jedno nabití. Nicméně kapacitnější baterie zabírá větší prostor a má vyšší hmotnost.

Druhým a zároveň posledním způsobem, který také zmiňuje Pohl (2011) a je využitelný pro podmínky jízdy elektrobusů na delší vzdálenost je průběžné dobíjení. Pro tento způsob je nutné, aby byla dostupná infrastruktura pro dobíjení na výchozí i konečné zastávce elektrobusu. Efektivní je využití přestávek na konečných zastávkách. Po připojení na dobíjecí infrastrukturu je nutné alespoň 10-15 minut dobíjet. Tato krátká doba pochopitelně nestačí na plné nabití akumulátoru, takže je nutné dobíjet i podobně jako v prvním případě stacionárně v dobíjecí stanici, nicméně je tímto způsobem možné prodloužit dojezd a zajistit tak i celodenní provoz elektrobusu.

1.6.4 Vliv elektromobility na životní prostředí

Faktem, který nelze popřít je, že elektromobilita je dnes velmi významné téma, které se řeší téměř na celém světě. Především je v poslední době díky faktu, že automobily jezdící na elektro pohon, jsou šetrnější k životnímu prostředí. Podle toho se také chová trh s automobily, dnes již téměř každá automobilka má svůj elektro vůz. Elon Musk se k tomu postavil ještě radikálněji a vyrábí auta výhradně na elektrický pohon.

Již mnoho let se vedou spory ohledně vlivu elektromobily na životní prostředí. Jeden fakt je jasný, a to že elektrický pohon v automobilu je bezemisní, a tudíž i méně škodlivý pro životní prostředí než konvenční pohony na fosilní paliva. Zásadní otázkou v tomto sporu je původ elektrické energie, kterou je automobil poháněn. Pokud je energie vyráběna z obnovitelných zdrojů, tak není o ekologičnosti vozů poháněných elektromotorem sporu. Nicméně argumentem protistrany bylo, pokud není energie vyráběna z obnovitelných zdrojů a je vyráběna z většiny z uhlí, případně mixem jádra, uhlí i obnovitelných zdrojů, jak je tomu

v České republice. Podle Svatoše (2017), je i přesto elektromobil k životnímu prostředí šetrnější. Dokonce studie potvrdila, že i v případě, že je energie vyráběna „špinavou cestou“, tedy jen z uhlí, tak i přesto vůz poháněný touto energií produkuje o zhruba 25 % emisí méně než klasické spalovací motory.

1.6.5 Výhody a nevýhody elektrobusů

Za bezespornou výhodu elektrobusů se dá považovat jejich bezemisní provoz, nižší provozní náklady než v případě konvenčních pohonů, a to až čtyřikrát. A díky rekuperaci energie i vyšší účinnost, která je v případě elektrobusů až 90 %, oproti 40 % u naftového autobusu. Ramadhas (2011) uvádí jako výhodu i již zmíněný tichý chod motoru oproti naftovému motoru, který ale může být i na škodu, jelikož například chodci nemusí slyšet projíždějící elektrobus, tato nevýhoda poté ještě sílí v případě, že chodec je nevidomý.

Podle Hovorky (2014) je podstatnou nevýhodou je vysoká pořizovací cena. Další nevýhodou je nejasnost ohledně akumulátorů a jejich životnosti. S akumulátory souvisí i další nevýhoda, kterou je omezený dojezd. Jako další nevýhodu lze považovat, že některé elektrobusy jsou vytápěny pomocí nezávislých naftových topení, což v případě že využíváno je, eliminuje i výhodu týkající se nulového emisního zatížení.

1.7 Hybridní pohon

Hybridní pohon je kombinací dvou možných způsobů, jak automobil pohánět. Jedná se v dnešní době především o kombinaci motoru spalovacího a elektromotoru. Hybridní pohon umožňuje eliminovat největší nevýhodu pohonu elektrického. Podle Vlka (2004) je ideální kombinace, když každý systém využívá své výhody při rozdílných provozních stavech. Jako nejvhodnější doporučuje zmíněný elektromotor se spalovacím motorem, který umožňuje dobrý jízdní výkon a velký dojezd mimo město, kdežto elektromotor by se využil ve městě, jelikož umožňuje městský provoz bez emisí. K uložení elektrické energie se využívá akumulátorů, které jsou již uvedeny v kapitole týkající se elektromobilů.

1.7.1 Historie hybridního pohonu

Horčík (2009) poukazuje, že mezi hlavní postavy patřil stejně jako u elektromobilů, známý již zmíněný konstruktér Ferdinand Porsche. Základem vozu, který sestavil byl spalovací motor, který poháněl dynamo. Pomocí dynamu byla vytvořena energie, která proudila přes akumulátory do elektromotorů v předních kolech, k pohonu tedy sloužila pouze elektrická energie. Později v roce 1903 vymyslel verzi, kdy každé kolo mělo svůj elektromotor a tato konstrukce byla schopna dosáhnout až 110 kilometrů za hodinu.

V roce 1915 byl vynalezen systém nazvaný Dual Power, který vymyslela firma Wood Motor Vehicle. Systém využíval k běžnému provozu elektromotory, ovšem když bylo třeba zvýšeného výkonu, přidal se motor spalovací.

1.7.2 Hybridní autobus

Hromádko (2012) uvádí, že první hybridní autobus na světě má ve svém portfoliu společnost Daimler, která má i nejrozsáhlejší a nejdélejší zkušenosti s využíváním hybridních pohonů ve vozidlech. Zmíněný první hybridní autobus představila automobilka v roce 1969. V současné době Mercedes vyrábí hybridní autobus Mercedes-Benz Citaro BlueTec Hybrid.



Obrázek 1 Mercedes-Benz Citaro G BlueTec Hybrid (Acz, 2019)

Výše uvedený hybridní autobus od společnosti Mercedes-Benz využívá zmíněné výhody obou typů pohonů. Hromádko (2012) popisuje, že v městské aglomeraci na krátkých úsecích umožňuje bezemisní jízdu. Pohon funguje prostřednictvím čtyř motorů v nábojích kol zadní a střední nápravy, v čemž je jedinečný. Diesellový motor zde funguje pouze jako generátor pro výrobu proudu, pokud je potřeba, nepracuje tedy jako trvalý hnací agregát, jako je obvyklé.

Výše uvedený hybridní autobus lze zahlédnout i v České republice, kde ho využívají společnosti v rámci městské hromadné dopravy, například v Trutnově.

1.8 Vodík

Pro vodíkový pohon může být podle Vlka (2004) energie uvolňována ve dvou formách. Jednou variantou je přímo ve spalovacím motoru, druhá varianta je „studená“ forma v palivovém článku přímo přeměněna v elektrický proud.

U palivového systému napomáhá při určování směšovacího poměru vodíku a vzduchu elektronický směšovací systém. Při spalování vzniká přebytek vzduchu, který ve spalovacím motoru odnímá teplo, čímž zabraňuje tomu, aby se mohla směs samovolně vznítit. Snižování teploty rovněž zabraňuje vzniku škodlivých oxidů dusíku (NO_x). Vodíkové motory fungují podle Vlka (2004) bez přídavných zařízení téměř bez emisí a všechny emisní komponenty jsou sníženy až o 99,9 %.

Při využití palivových článků akumulátor zásobuje palubní síť elektrickou energií. Palivový článek má účinnost téměř 50 % a přebírá funkci konvenčního akumulátoru. Vlk (2004) předpokládá, že elektrovozidla poháněná palivovým článkem budou plnohodnotnou alternativou vozidel se spalovacím motorem, jelikož jejich účinnost je téměř dvojnásobná a dalším pozitivem jsou zmíněné nulové emise škodlivých emisí.

Prozatím chybí technologie, která by se zapříčinila o masové využití tohoto alternativního druhu pohonu, nicméně probíhají projekty, které se snaží získat zkušenosti, které by měly napomoci jeho rozšíření.

1.8.1 Historie palivových článků

Fuel cell today (2006) popisuje, že palivové články vznikaly již na počátku 19. století. Obecně se ale vznik palivového článku datuje do roku 1839, o což se zasloužil britský vynálezce a vědec sir Wiliam Robert Grove. Nicméně termín palivový článek vznikl až v roce 1889 a zasloužili se o to Charles Langer a Ludwig Mond, kteří použili jako zdroj energie svítíplyn. V roce 1932 použil zařízení Langera a Monda i Francis Bacon, začal ho vylepšovat, čímž se také na rozvoji palivových článků podílel. Až v roce 1959 vytvořil fungující systém o výkonu 5 kW. Palivové články se poté začaly využívat i při dobývání vesmíru v 60. letech 20. století. Později se uplatňovaly i v ponorkách hlavně díky tichému provozu, který přinášel značné výhody, a i díky nulovým emisím. Dále se vodíkový pohon začal uplatňovat v oboru dopravy, ale jeho praktické používání se stává aktuálním až v posledních letech, dříve to bylo pouze v rámci projektů a testování.

1.8.2 Technologie palivových článků

Základní princip činnosti popisuje Hromádko (2012). Palivové články jsou elektrochemická zařízení, která přeměňují chemickou energii v palivu přímo v elektrickou

energii. Jeho součástí jsou porézní elektrody oddělené elektrolytem. Dále existuje celá řada typů palivových článků (liší se především druhem elektrolytu a provozní teplotou), ale základní princip transformace je pro všechny stejný.

Oproti akumulátorům mají podle Vlka (2004) palivové články výhodu, že se téměř neopotřebovávají, stačí dodávat palivo. Důležitým parametrem, který udává vlastnosti palivového článku je **měrný výkon** udávaný ve wattech na kilogram hmotnosti, dalším parametrem může být **provozní teplota**, která je zde podstatně vyšší než u akumulátorů, s čímž je spojen následek, že trvá určitou dobu, než se článek zahřeje na provozní teplotu.

Dále Vlk (2004) popisuje podrobněji princip fungování, kdy je palivo přivedeno na zápornou elektrodu, kde oxiduje a uvolněné elektrony proudí ke kladně elektrodě. Tam je přiváděno oksličovadlo, které volné elektrony přijímá. V případě, že palivem je vodík a kyslík oksličovadlem, vzniká v palivovém článku jako odpadní produkt vodní pára.

Palivem ale nemusí být jen vodík, který je sice dle Hromádka (2012) nejčastější, ale mohou to být i paliva, která uvolňují vodík nepřímou, tzv. reformním procesem. Mezi tyto nepřímé zdroje vodíku patří metan, metanol, etanol, čpavek a zemní plyn. Tyto zdroje jsou reformovány vodní párou nebo tzv. parciální oxidací při vysokých teplotách a vzniká vodík a oxidy uhlíku.

Druhou variantu pro využívání vodíku přibližuje Vojtěch (2009) a je jí, jak již bylo v úvodu zmíněno, přímé spalování vodíku v motoru dopravních prostředků. Zde se využívá té vlastnosti vodíku, že v kombinaci se vzduchem tvoří výbušnou směs. Na jeho vývoji se pracuje, přestože se považuje za méně vhodný ve srovnání s palivovými články.

1.8.3 Využití vodíkové technologie u autobusů

Nicméně co se týká využití v rámci autobusů, tak má jistě větší perspektivu využití palivových článků, ale i tyto autobusy jsou využitelné podle Hinčicy (2018) spíše pro městskou hromadnou dopravu. Největší objednávku na vodíkové autobusy udělalo v roce 2018 Německo, konkrétně potom Kolín nad Rýnem a Wuppertal. V Kolíně nad Rýnem by mělo jezdit 30 autobusů a ve Wuppertalu 10. Autobusy dodá jedna z mála společností, která má vodíkové autobusy v rámci Evropy ve své nabídce, a tou je belgický Van Hool. Hinčica (2018) poukazuje na fakt, že tato objednávka je velikým povzbuzením pro vodíkovou technologii ve veřejné dopravě.

Dodávky těchto autobusů by měly začít počátkem roku 2019, ale nebude se jednat vyloženě o vodíkový pohon, ale mluví se spíše o hybridech, jelikož autobusy budou vybaveny kromě vodíkové nádrže také lithium-iontovými bateriemi.

Dále zmiňuje, že jakkoli se jedná o správný krok směrem k bezemisní dopravě, poukazuje na fakt, že dopravci se do provozu této technologie příliš hrnout nebudou zřejmě ani v blízké budoucnosti. Pořizovací cena a provoz jsou totiž nesmírně drahé a dopravci této technologie využívají pouze, mají-li pokryté financování vozů z dotací, což je i případ zmíněných Kolína nad Rýnem a Wuppertalu.

1.8.4 Výhody a nevýhody vodíkového pohonu

Mezi výhody vodíkového pohonu lze zahrnout dle Hovorky (2014):

- bezemisní provoz,
- jedná se o obnovitelný zdroj,
- dlouhá životnost palivových článků,
- možnost využití spalovacích motorů.

Mezi nevýhody vodíkového pohonu patří:

- vysoká pořizovací cena,
- vysoké provozní náklady,
- nutnost výroby vodíku,
- nízká hustota vodíku,
- z pohledu elektrické energie je výroba vodíku náročná,
- potřeba infrastruktury umožňující vodíkový pohon,
- dojezd je ve srovnání s konvenčními pohony nekonkurenceschopný.

Vodíkový pohon bývá označován jako pohon budoucnosti, nicméně jeho masovému rozšíření brání mnoho aspektů. Mezi ně patří například nízká hustota vodíku, kvůli čemuž by bylo nutné instalovat do vozů nádrže s velkým objemem, aby se mohl dojezd rovnat vozům s konvenčními pohony. Využití této technologie se předpokládá především u městské hromadné dopravy, právě kvůli výše zmíněnému menšímu dojezdu.

Podle studie Ministerstva pro životní prostředí (2019), týkající se využití vodíkového pohonu v dopravě v ČR je využívání vodíkového pohonu v Evropě motivováno především snahou o snížení emisí skleníkových plynů, až sekundárním cílem je podle strategických dokumentů Evropské komise snížení emisí škodlivých látek

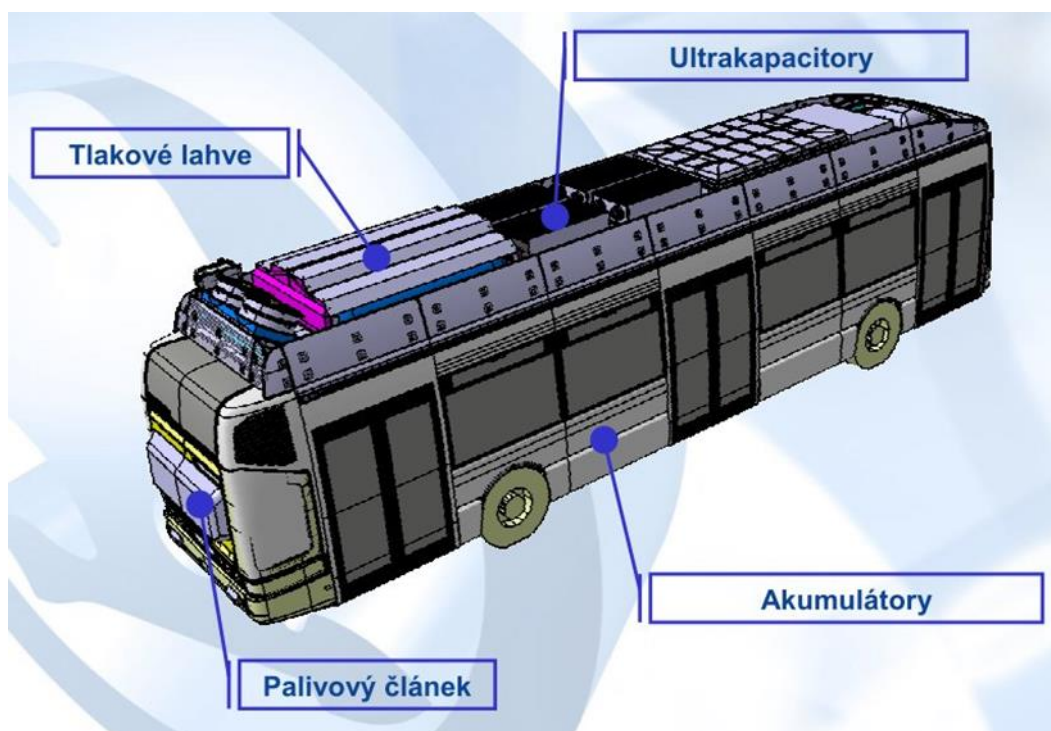
1.8.5 Praktické využití vodíkového pohonu u autobusu v ČR

Již v roce 2009 byl v České republice představen koncept autobusu (TriHyBusu) v rámci projektu financovaného MD a byla postavena i neveřejná plnicí stanice vodíku v Neratovicích.

Ale přesto podle studie Ministerstva dopravy (2019) Česká republika ve srovnání s ostatními regiony, které jsou v této oblasti, mírně zaostává. Zároveň poukazuje na skutečnost, že pokud využije zkušenosti z probíhajících či dokončených programů, může její růst v blízké budoucnosti akcelarovat.

Podle webu Trihybus (2019a) výše zmíněný autobus vycházel z koncepce trolejbusu Škoda Electric, a to karoserie, podvozek, trakční systém a výkonová elektronika. Základem jeho zdroje byl vodíkový palivový článek o výkonu 50 kW s protonvýměnnou membránou. Jako další zdroje byly využity lithium-iontové trakční baterie a ultrakapacitory.

Jako palivo autobusu slouží stlačený vodík, kterého je při plném natankování do nádrže, která je ukryta ve střešní nástavbě, asi 20 l. Tento autobus umožňuje využít účinnou rekuperaci energie, která ukládá při jízdě z kopce a deceleraci do sekundárních zdrojů a lze ji opětovně využít například při rozjezdu nebo jízdě do kopce.



Obrázek 2 Schéma koncepcí TriHyBusu (Trihybus, 2019b)

Výsledky testování byly veskrze pozitivní, jelikož oproti jiným vodíkovým autobusům vykazuje nižší spotřebu vodíku, což je způsobeno výše uvedenými zdroji, mezi které patří mimo palivový článek, také trakční baterie a ultrakapacitory.

1.9 Srovnání alternativních pohonů

V následující kapitole budou shrnuty základní parametry výše uvedených alternativních pohonů v kombinaci s konvenčním pohonem, a to vznětovým motorem, který je poháněn naftou.

Tabulka 1 Srovnání jednotlivých pohonů vozidel

Druh pohonu/ palivo	Pořizovací 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: Hromádko (2012), Vlček (2004); Hovorka (2014) upraveno autorem

2 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO VOZOVÉHO PARKU CDS S.R.O. NÁCHOD

V následující kapitole je provedena analýza CDS s.r.o. Náchod (dále jen CDS) s ohledem na provoz a současný stav vozového parku.

Nejprve je uvedena základní charakteristika CDS, zaměřující se na činnosti, které společnost realizuje. Dále zde jsou prezentovány dopravní výkony a základní ekonomické ukazatele a jejich vývoj v analyzovaném období, kterým jsou roky 2014-2018.

V další části této kapitoly jsou uvedeny nákladové položky související s nákupem a zajištěním provozu schopnosti autobusu. Dále je věnovaná část i nákladům souvisejícím s nákupem a provozem autobusů poháněnými alternativními pohony.

Faktickým základem pro tvorbu analytické části této diplomové práce jsou výroční zprávy společnosti a informace uvedené na webových stránkách, případně interní materiály společnosti CDS. Analýza vozového parku je základem pro návrhy a zhodnocení, které budou uvedeny v následujících kapitolách.

2.1 Důležité události v historii společnosti

Historie společnosti CDS se začala psát roku 1993, kdy byla zapsána do obchodního rejstříku. Jejím cílem byla privatizace státního podniku ČSAD Hradec Králové, konkrétně potom dopravního závodu číslo 503 v Náchodě. Společnost vlastnila střediska v Polici nad Metují a Bělovsi. Hlavní činností společnosti byl provoz nákladní dopravy, také celní a logistické služby.

V dubnu roku 1998 se povedlo dokončit privatizaci a novými majiteli byli se shodným podílem 20 %: Ing. Krejsa, Ing. Sekyra, p. Litterbach, p. Pouznar a p. Kaválek. Došlo k zakoupení prvních autobusů a následně i provozování prvních zájezdových linek a později i obsluze pravidelných autobusových linek.

Dalším zásadním rokem v historii společnosti byl rok 2001, kdy došlo k odkoupení prostor ČSAD v Náchodě a Broumově. Zároveň došlo k ekonomickému osamostatnění divize osobní dopravy.

V roce 2007 došlo k odkupu bývalého skladu Tepny (již zkrachovalá společnost, dříve se zabývající textilním průmyslem) v Náchodě. Tento sklad po modernizaci nabízí 2500 paletových míst. Skladování se tak stalo také významnou činností společnosti.

Další významný milník společnosti je rok 2009, kdy vznikla nová, už čtvrtá divize, a to technická. Ta zajišťuje ve střediscích v Broumově a Náchodě opravárenství, pneuservis, mytí a parkování vozidel, měření emisí, prodej pohonných hmot a další služby.

Doposud poslední zásadní událostí v činnosti CDS je přechod vlastnických práv v roce 2015, kdy se stali novými vlastníky pan Pouznar s podílem 60 % a pan Ing. Patzelt s podílem 40 %. V roce 2015 získala také společnost významnou Cenu starosty města Náchod v soutěži Firma roku Náchodska 2015. CSD si klade za cíl další rozvoj všech čtyř divizí.

2.2 Služby společnosti

CDS zajišťuje meziměstskou dopravu především v Královéhradeckém kraji a MHD pro město Náchod. Společnost také obsluhuje pravidelnou dálkovou linku do Prahy a Pardubic. Veškerá doprava pro Královéhradecký kraj je zajišťována v rámci systému IDS IREDO.

Mezi další služby, které CDS poskytuje patří i zájezdová a smluvní doprava a cyklobusy. Společnost si zakládá na spolehlivosti, kvalitě, profesionalitě a zkušenosti svých řidičů, díky čemuž nabízí zájezdovou dopravu v tuzemsku i zahraničí.

Výbava všech autobusů je přizpůsobena, aby poskytla maximální potřebnou bezpečnost a pohodlí cestujícím. Co se týká zájezdové dopravy, má CDS dispozici 15 autobusů o kapacitě od 20 do 55 míst. Autobusy nabízí možnost připojení vozíku, zavazadlového boxu, skříňového přívěsu a cyklovlek o kapacitě až 44 jízdních kol. Díky této výbavě může společnost nabízet služby například pro, školní akce a výlety, firemní a společenské akce, sportovní a kulturní akce, poznávací a pobytové zájezdy.

Díky svým zkušenostem v oboru nabízí CDS i zajištění smluvní dopravy na míru. Další činností, kterou CDS provozuje je silniční nákladní doprava, jak vnitrozemská, tak i mezinárodní. Věnuje se i kusovým zásilkám a mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí. CDS nabízí široké portfolio služeb, mezi které mimo provozování výše uvedené autobusové dopravy patří:

- autoservis,
- pneuservis,
- čerpací stanice,
- mytí vozidel,
- měření emisí,
- poskytování skladovacích prostorů,
- celních služeb,
- směnárny.

Nicméně, některé z těchto služeb souvisí spíše s provozováním nákladní dopravy, nebo jiné divize společnosti, které nejsou předmětem této diplomové práce. Tato diplomová práce se bude výhradně zabývat autobusovou dopravou, tudíž divize osobní dopravy.

2.3 Vozový park

Z hlediska negativních dopadů dopravy na životní prostředí má zásadní vliv složení a způsob provozování vozového parku. Jelikož technika a vývoj jde 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 stárnoucího vozidla se zásadně, s přibývajícím dobou provozu, zvyšují jeho náklady na provoz, údržbu, ale především na opravy.

CDS se snaží v rámci modernizace a obměny vozového parku čerpat peníze z evropských i místních fondů, především v rámci Ministerstva pro místní rozvoj, čímž chce zvýšit svou konkurenceschopnost na trhu veřejné dopravy. Společnosti se podařilo v roce 2018 získat dva elektrobusy s dotací 85 %, které odpovídají svými parametry daným normám a požadavkům, výměnou za dvě již nevyhovující vozidla. Bylo tomu tak, díky Evropskému fondu pro regionální rozvoj prostřednictvím Integrovaného regionálního operačního programu a Ministerstvu pro místní rozvoj, v jehož gesci tento program je.

Vozový park CDS se skládá z autobusů značek Iveco, SOR, Man, Mercedes, Karosa, Rošero, Mave Fiat a Setra. Všechny autobusy jsou vybaveny informačními panely a klimatizací. Společnost pracuje na obnově vozového parku, čímž udržuje vysoký standard přepravy cestujících.

Tabulka 2 Složení vozového parku

Typ autobusu	Rok pořízení	Emisní norma
SOR C 9,5	2003	EURO 3
SOR C 10,5	2003	EURO 3
KAROSA C 954	2002	EURO 3
SOR C 10,5	2004	EURO 3
Karosa C 956 AXER	2004	EURO 3
SOR C 9,5	2006	EURO 3
Mave Fiat	2006	EURO 3
SOR C 10,5	2008	EURO 4
SOR C 10,5	2008	EURO 4
Mercedes Benz	2009	EURO 4
SOR C10,5	2009	EURO 5
Rošero	2010	EURO 4
Rošero	2010	EURO 4

Typ autobusu	Rok pořízení	Emisní norma
Rošero	2010	EURO 5
SOR C 10,5	2011	EURO 5
SOR C 10,5	2011	EURO 5
Iveco Crossway LE 10,8	2012	EURO 5
Iveco Crossway LE 10,8	2012	EURO 5
Iveco Crossway LE 12	2012	EURO 5
Iveco Crossway LE 12	2012	EURO 5
SOR CN 10,5	2013	EURO 5
SOR CN 10,5	2013	EURO 5
SOR CN 9,5	2013	EURO 5
Mercedes Benz	2013	EURO 5
SOR LC12	2015	EURO 6
SOR LC12	2015	EURO 6
SOR CN9,5	2016	EURO 6
SOR CN9,5	2016	EURO 6
Iveco Crossway LE 12	2016	EURO 6
Iveco Crossway LE 12	2016	EURO 6
SETRA 415 LE	2016	EURO 6
SETRA 415 LE	2016	EURO 6
MAN LIONS COACH	2016	EURO 6
MAN LIONS COACH	2016	EURO 6
MAN LIONS COACH	2017	EURO 6
MAN LIONS COACH	2017	EURO 6
Iveco Crossway LE 12	2017	EURO 6
Iveco Crossway LE 12	2017	EURO 6
Iveco Crossway LE 10,8	2017	EURO 6
Iveco Crossway LE 10,8	2017	EURO 6
Iveco Crossway 12	2017	EURO 6
Iveco Crossway 12	2017	EURO 6
Mercedes Benz	2018	EURO 6
Mercedes Benz	2018	EURO 6
Iveco Crossway 12	2018	EURO 6
Iveco Crossway 12	2018	EURO 6
Iveco Crossway 12	2018	EURO 6
SOR EBN 9,5	2018	ELEKTRO
SOR EBN 9,5	2018	ELEKTRO
IVECO MAGELYS	2017	EURO 6
Iveco Crossway 12	2018	EURO 6
Iveco Crossway 12	2018	EURO 6
Iveco Crossway 12	2018	EURO 6
Iveco Crossway 12	2018	EURO 6
ROŠERO	2019	EURO 6
ROŠERO	2019	EURO 6
ROŠERO	2019	EURO 6

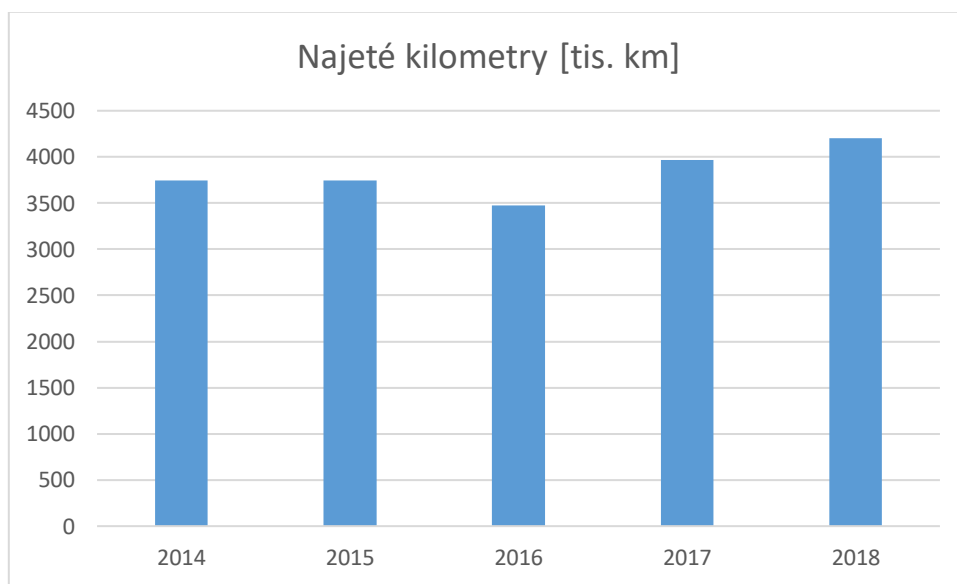
Zdroj: CDS Náchod, 2019

V tabulce 2 jsou informace týkající se aktuálního stavu vozového parku společnosti CDS. Z tabulky jasně vyplývá, že CDS postupně pracuje na obnově vozového parku, kdy každý rok obohacuje stávající stav modernějšími autobusy s vyšší emisní normou. Všechny nově dodané autobusy jsou vybaveny motory, které splňují emisní limity stanovené normou EURO 6, což je porovnání s vyřazovanými autobusy, které splňují výrazně nižší emisní normu, významné snižování výše emisí produkovaných autobusovou dopravou, a tím CDS přispívá ke zlepšení kvality ovzduší. Nicméně dalším faktem, kterého si lze povšimnout je, že v rámci vozového parku CDS lze stěží najít autobus využívající alternativní pohon. Výjimku tvoří rok 2018 a rozšíření vozového parku o dva elektrobusey značky SOR, typ EBN 9,5. Tyto elektrobusey jsou využívány pro zajištění městské hromadné dopravy v Náchodě.

Za sledovaných 16 let přibylo do vozového parku nejvíce nových autobusů v letech 2016 a 2017, kdy to bylo shodně po osmi autobusech.

2.4 Dopravní výkony

Na grafu v obrázku 3 jsou údaje týkající se najetých kilometrů všech autobusů, které jsou provozované v rámci linkové autobusové dopravy.



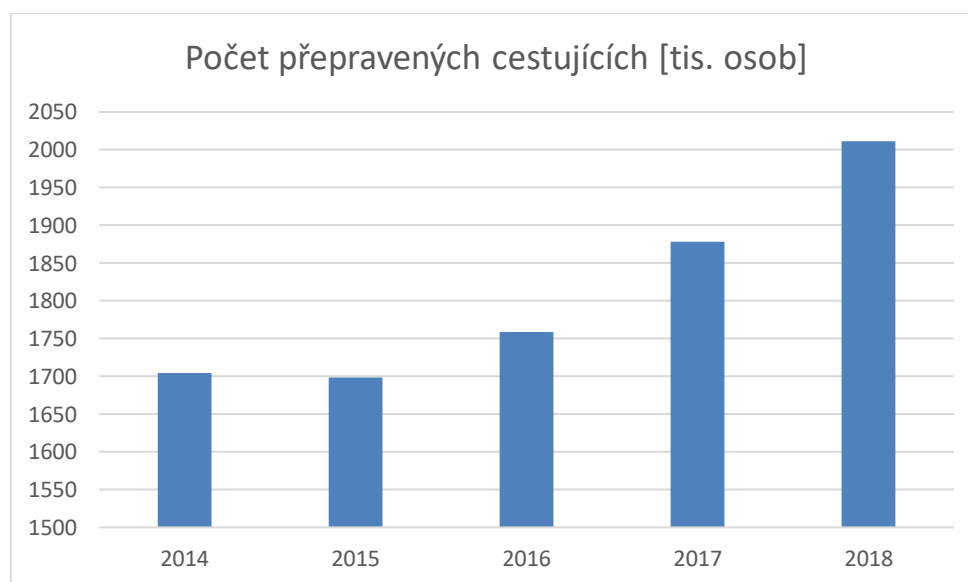
Obrázek 3 Graf zobrazující najeté kilometry v letech 2014-2018 (CDS Náchod, 2019)

Z grafu na obrázku 3 je patrné, že počet najetých kilometrů za posledních pět let narůstá, jediný propad byl v roce 2016, kdy byl oproti roku 2015 nájezd o 273 tisíc kilometrů nižší. Rok 2016 je tedy výjimkou v trendu růstu a CDS zaznamenala za sledované období jediný značný pokles. Tento pokles byl vyvolán faktem, že CDS běžně provozuje náhradní autobusovou dopravu v době výluky dané trasy pro České dráhy v rámci Královéhradeckého kraje. V uvedených letech 2014 a 2015 byla uzavřena dohoda a výlukové trasy zabezpečovala CDS

v rámci náhradní dopravy. V roce 2016 došlo k přerušení této vazby mezi CDS a Českými drahami, což vyvolalo zmíněný pokles v počtu najetých kilometrů. V letech 2017 a 2018 došlo k obnovení kontraktu a náhradní autobusová doprava v rámci daných výlukových tras je zabezpečována opět CDS. Nicméně po propadu v roce 2016 hodnota celkových najetých kilometrů v roce 2017 opět narostla a tento trend se potvrdil i v roce 2018. Největší nárůst ve sledovaném období byl v roce 2017, kdy počet najetých kilometrů vzrostl o téměř 500 000 km oproti roku 2016, což bylo způsobeno také zmíněným obnovením obsluhy výlukových tras pro České dráhy v rámci Královéhradeckého kraje. Do tohoto ukazatele promluvilo v menší míře i rozšíření vozového parku. Nejvyšší počet najetých kilometrů ve sledovaném období byl v roce 2018, a bylo to 4 201 532 km.

V roce 2019 CDS obsluhuje 42 linek, jak dálkových, tak z většiny příměstských a meziměstských. Všechny linky jsou vedeny v rámci integrovaného systému IREDO. Pouze dvě linky na území Královéhradeckého kraje jsou dálkové ze systému IDS IREDO a jedná se o linky číslo 640111 z Broumova do Prahy a 640120 z Broumova do Pardubic.

Převážný výkon příměstských a městských linek provozovaných v rámci pravidelné autobusové dopravy CDS dosáhl za rok 2018 celkové výše 2 010 963 přepravených platících cestujících, jedná se o nejvyšší počet přepravených za sledované období (roky 2014-2018). Graf vyjadřující počet přepravených osob za sledovaných pět let je vyobrazen na obrázku 4.



Obrázek 4 Počet přepravených osob v letech 2014-2018 (CDS Náchod, 2019)

Z výše uvedeného grafu (obrázek 4) je patrný nárůst počtu přepravených osob, který se dá předpokládat i z předešlého ukazatele, kterým byl celkový počet najetých kilometrů. U počtu přepravených osob je nárůst velmi markantní a vliv na růst má i neustálé rozšiřování provozovaných linek od roku 2014, čímž se zvyšují celkové přepravní kapacity CDS. V grafu

není viditelný mírný propad, který byl u počtu najetých kilometrů v roce 2016, což dokazuje, že tyto dva ukazatele spolu souvisí, ale není zde přímá úměra.

2.5 Základní ekonomické ukazatele

V následující kapitole jsou uvedeny základní ukazatele týkající se výsledků CDS za sledované období posledních pěti let (2014-2018). Jako základní ukazatele v rámci ekonomické aktivity byly vybrány tržby a zisk společnosti za divizi osobní dopravy.

Tabulka 3 Tržby a zisk v letech 2014-2018 [Kč]

Ukazatel	2014	2015	2016	2017	2018
Tržby	92 092 559	96 390 852	86 348 782	106 013 677	125 178 457
Zisk	-2 735 000	5 785 000	-1 429 000	2 008 000	8 225 000
Tržby na 1 km	24,55	25,76	24,87	26,75	29,79
Zisk na 1 km	-0,73	1,54	-0,41	0,51	1,96

Zdroj: CDS Náchod (2019); upraveno autorem

Z dat obsažených v tabulce 3 je patrné, že tržby společnosti každý rok nabývají vyšších hodnot. Jediná výjimka je v roce 2016, kdy tržby klesly o 10 000 000 Kč. Tento propad byl ovlivněn, jak již bylo výše uvedeno přerušením vazeb mezi CDS a Českými drahami, kdy v tomto roce nebyla náhradní autobusová doprava u výlukových tras v rámci Královéhradeckého kraje provozována společností CDS. Z dat obsažených na obrázku 3 a v tabulce 3 je naprosto zřejmé, že tržby mají úzkou vazbu na počet najetých kilometrů, což není překvapivé, jelikož CDS je dopravní společnost a jedná se o tržby pouze za divizi osobní dopravy. Stejně tak je zde vidět ještě užší vazba na obrázek 4, který znázorňuje počet přepravených platících cestujících, jelikož jejich platby jsou primárním zdrojem tržeb. Z dat ohledně počtu najetých kilometrů a tržeb za posledních pět let (roky 2014–2018) byl vypočítán ukazatel tržeb na jeden ujetý kilometr, který za sledované období nevykazoval výrazné výkyvy. Nejvyšší nárůst byl zaznamenán v roce 2018, kdy tržby na jeden ujetý kilometr stouply oproti roku 2017 o 3 Kč. Tento růst je zřejmě způsoben především nižším růstem počtu najetých kilometrů ve srovnání s růstem hodnoty celkových tržeb. Na růstu celkových tržeb se výrazně projevuje pravidelné rozšiřování obsluhovaných linek v rámci Královéhradeckého kraje, a tím dosažení větší kapacity v dopravních prostředcích. Nejnižší hodnota 24,55 Kč na jeden ujetý kilometr byla dosažena v roce 2014. Z dat obsažených v tabulce 3, lze jednoznačně usoudit, že společnost se ubírá správným směrem z pohledu finančního zdraví podniku.

Dalším ukazatel, na který byla v tabulce 3 zaměřena pozornost, je zisk společnosti CDS za divizi osobní dopravy.

Z dat obsažených v tabulce 3 lze vyčíst, že CDS za roky 2014-2018 dosáhla nejvyššího zisku v roce 2018, konkrétně to bylo 8,225 milionu Kč. Přepočítáno na jeden ujetý kilometr, to bylo 1,96 Kč. Naopak nejnižší zisk vykázala divize osobní dopravy v roce 2014, kdy byla ztráta ve výši 2,735 milionu Kč. Do této ztráty výrazně promluvily dozvuky hospodářské krize. Další ztrátový rok, byl rok 2016, nicméně zde je ztráta způsobena investicemi do vozového parku, jeho modernizace a rozšíření. V roce 2017 lze vidět velký nárůst zisku CDS, kdy oproti roku 2016 byl růst o 141 %. Z roku 2017 do roku 2018 byl nárůst ještě markantnější, konkrétně zisk vzrostl o téměř 410 %. Což je velmi pozitivní číslo vzhledem k budoucnosti společnosti a potenciální možnosti dalšího rozvoje.

2.6 Nákladové položky související s nákupem a provozem autobusu

Nákup autobusu znamená pro každou společnost podnikající v oboru dopravy vynaložení nemalého množství finančních prostředků. K provozování dopravního prostředku, konkrétně autobusu se však vážou další náklady související s udržením provozuschopnosti a jeho samotným provozem. Náklady na pořízení představuje kupní cena. Z provozních nákladů je rozhodně nejdůležitější položkou spotřeba paliva, ať už se jedná o motorovou naftu, CNG, LPG, elektrický proud nebo vodík. Dalšími náklady, které jsou podrobněji rozebrány v následujících kapitolách a souvisí se zajištěním provozuschopnosti autobusu a jsou to náklady na opravy a údržbu.

2.6.1 Náklady na pořízení autobusu

Náklady na pořízení nového dopravního prostředku jsou charakterizovány pořizovací cenou, kterou mohou ovlivnit: dotace, ceny konkurenčních výrobců nebo množstevní slevy. Mimo výše uvedené mohou hrát roli i jiné faktory, kterými může být například nadstandartní zákaznický servis nebo platební podmínky. V rámci nadstandartního zákaznického servisu se může v oboru dopravních prostředků využít prodloužená záruka, která ale pochopitelně vyžaduje vynaložení dalších finančních prostředků nad rámec kupní ceny. Dále se může jednat o proškolení zákaznických zaměstnanců v případě, že je v novém dopravním prostředku použita technologie, která nebyla doposud známá a vyžaduje speciální zacházení, což může být při nákupu dopravního prostředku s alternativním pohonem aktuální.

2.6.2 Dotace

Dotace jsou zřejmě nejvýraznějším nástrojem, který může část nákladů na pořízení nového dopravního prostředku pokrýt. A právě díky dotacím mají i dopravci, kteří nedisponují tolika finančními prostředky, možnost obnovovat svůj vozový park autobusy jednak novějšími,

jednak modernějšími, a tudíž šetrnějšími k životnímu prostředí. V České republice se dotacemi v této oblasti zabývá Ministerstvo pro místní rozvoj, Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo dopravy.

Největším fondem, který lze v rámci modernizace vozového parku využít je Integrovaný regionální operační program, který dle Ministerstva pro místní rozvoj (2019) rozdělil do konce února roku 2019 přes 80 miliard z Evropského fondu pro regionální rozvoj a bylo to na 5740 projektů v rámci celé České republiky. To znamená, že bylo rozděleno již téměř 70 % všech peněžních prostředků, které byly tomuto programu přiděleny.

Ministerstvo dopravy má ve své gesci především dotace do dopravní infrastruktury, tudíž další alternativou, jak získat potřebné dotace na modernizaci vozového parku, je Ministerstvo životního prostředí, které má již v názvu podnět k určitému zájmu o životní prostředí.

Na webových stránkách Státního fondu životního prostředí (2018) je zveřejněna nová výzva číslo 11/2018, nesoucí název: Vozidla na alternativní pohony. Příjem žádostí probíhá od 2. 1. 2019 do 30. 9. 2019 a celkově bude alokováno 100 000 000 Kč. Jedná se již o třetí výzvu, kdy nabízí Ministerstvo životního prostředí prostřednictvím Státního fondu životního prostředí České republiky dotace na vozidla s nízkými nebo nulovými emisemi. Mimo vozidla na alternativní pohon resort také podporuje dobíjecí stanice a rozšiřuje okruh příjemců. Nicméně bohužel tato dotace může být využita pouze v rámci veřejného sektoru, jelikož žádat mohou pouze územní samosprávné celky a městské části hlavního města Prahy, dále svazky obcí, státní příspěvkové organizace, veřejné výzkumné instituce, příspěvkové organizace obcí a krajů a společnosti vlastněné z více jak 50 % obcemi či kraji. Výše příspěvku je dána a konkrétně při dotaci na nákup nového vozidla se jedná o 20 000 Kč až 1 000 000 Kč. Dalo by se říci, že je škoda, že tyto dotace nemohou čerpat i menší dopravci, kteří by mohli tímto způsobem efektivněji modernizovat vozové parky a tím více přispívat ke strategickým cílům České republiky, potažmo celé EU, protože ve strategii Evropa 2020 je stanoveno, že segment dopravy má za cíl snížit emise skleníkových plynů o 20 % ve srovnání s rokem 1990.

Nutno však dodat, že dotace jsou přidělovány pouze na autobusy využívající alternativní pohony, jelikož podstatou je snižování negativních dopadů z dopravy na životní prostředí. Z výše zmíněného důvodu již autobusy poháněné motorem spalujícím naftu nejsou perspektivní a nárok na dotace nemají, avšak není tomu tak dlouho, co ještě dotace šly využít i na naftové autobusy, kde byly požadavkem nízkopodlažní autobusy, plnící nejvyšší emisní normy.

Jak bylo již výše zmíněno u charakteristiky vozového parku, tak dotací v rámci Integrovaného regionálního operačního programu využilo také CDS. Dva nové elektrobusesy

z roku 2018, které jsou využívány v rámci městské hromadné dopravy byly pořízeny z 85 % z dotace. Skutečnost, že jsou využívány pouze v rámci městské hromadné dopravy má také své opodstatnění. Podmínky jsou také stanovené Ministerstvem pro místní rozvoj. Tou zřejmě nejdůležitější a nejpodstatnější podmínkou je, že dopravce má povinnost mít uzavřenou smlouvu na dopravu, kterou chce daným autobusem zajišťovat, a to nejméně na dobu pěti let dopředu. Tudiž toto je velmi omezující podmínka a také hlavní důvod, proč CDS provozuje elektrobusy zatím pouze v rámci městské hromadné dopravy v Náchodě.

2.6.3 Náklady související s provozem autobusu s dieselovým motorem

V následující kapitole jsou zmíněny náklady, které souvisí s provozem autobusu, poháněným motorovou naftou. Tyto náklady mohou být stejně jako v případě pořizovací ceny různorodé, jelikož stejný druh i model autobusu může mít za různých podmínek odlišné provozní náklady.

Hlavní výhodou v případě pořízení nového autobusu je jednoznačně záruka výrobce, která kryje určité servisní náklady po dobu stanovenou ve smlouvě. Nutno dodat, že záruční doba závisí na dohodě mezi kupujícím a prodávajícím, jelikož vztahy podnikatelských subjektů se neřídí občanským zákoníkem, kde by byla stanovena záruka na dva roky, nýbrž se řídí zákoníkem obchodním, kde záruční doba závisí, jak bylo výše uvedeno na dohodě. Dále se může záruka lišit vzhledem k různým částem vozu. Například na karoserii (její korozi), je zpravidla vyšší záruka než v případě mechanických částí motoru.

V rámci provozních nákladů hrají nejvýznamnější roli položky:

- spotřeba pohonných hmot,
- náklady na opravy a údržbu.

2.6.4 Spotřeba pohonných hmot

Spotřeba pohonných hmot je nejvýznamnější a zároveň nejvyšší položka v rámci provozních nákladů autobusu. Tyto náklady jsou úzce spjaty s provozem, jelikož už podle názvu je zřejmé, že jsou nezbytné pro každodenní provoz autobusu. Snahou dopravních podniků je tyto náklady, pokud možno co nejvíce minimalizovat, využíváním nejmodernějších motorů, které jsou úspornější a zároveň produkují méně emisí. Do spotřeby také promlouvají aspekty jako váha autobusu či aerodynamika, což jsou také aspekty, na kterých vývoj neustále pracuje. Nicméně v současnosti již u konvenčních pohonů není příliš prostoru pro zdokonalování a snižování spotřeby, případně emisí škodlivých plynů.

Do spotřeby také mimo parametrů daných výrobcem, a s kterými nelze nic dělat, může promluvit i faktor, který ovlivnit lze a tím je jízdní styl řidiče. To znamená, že jednou z možností, je řidiče motivovat ke snižování spotřeby.

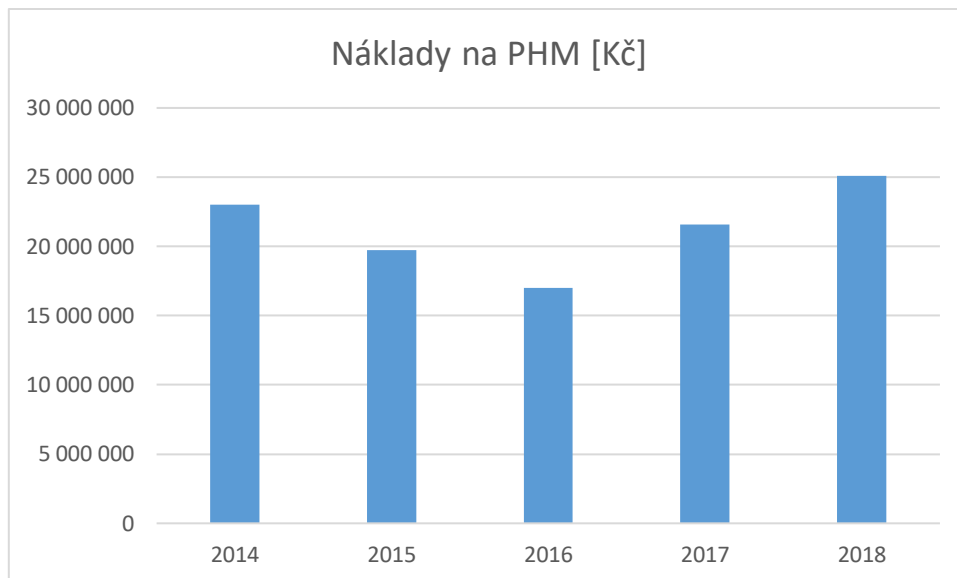
Z údajů v interních materiálech CDS vyplývá, že průměrná spotřeba autobusů, které jsou provozované v rámci pravidelné autobusové dopravy, se pohybuje kolem 28 litrů na 100 ujetých kilometrů.

Dále na obrázku 5 je vyobrazen nejrozšířenější typ autobusu, kterým CDS disponuje a jedná se o Iveco Crossway. Průměrná spotřeba autobusu Iveco Crossway nakoupeného v roce 2018 je 28 litru nafty na 100 ujetých kilometrů.



Obrázek 5 Iveco Crossway z vozového parku CDS (CDS Náchod, 2017)

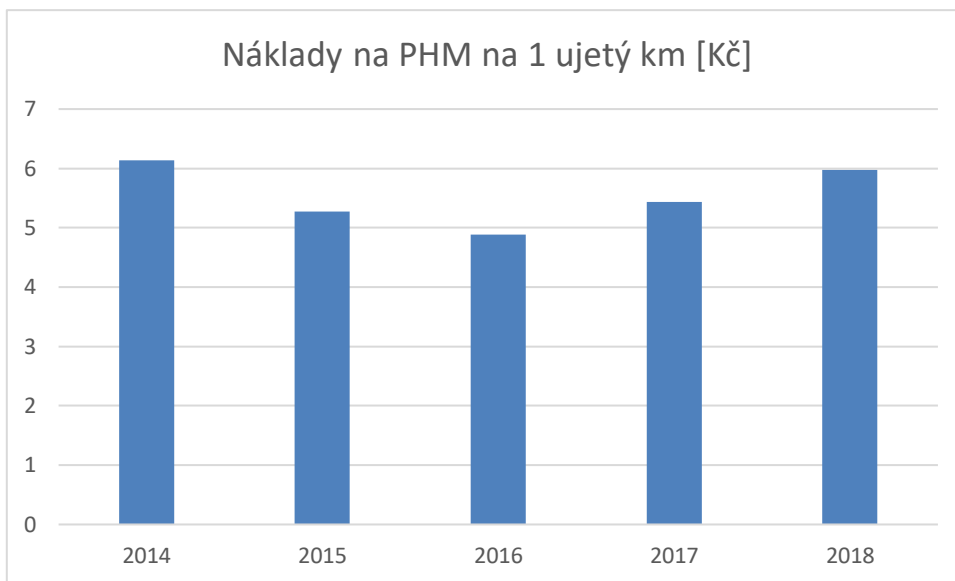
V grafu na obrázku 6 jsou uvedeny náklady na PHM za sledované období. Jelikož všechny doposud provozované autobusy v rámci pravidelné linkové dopravy jsou poháněny naftovými motory, tak náklady na pohonné hmoty, které jsou uvedeny v obrázku 6, jsou výhradně za naftu.



Obrázek 6 Náklady na PHM v letech 2014-2018 (CDS, 2019)

Velmi zajímavě vyšla data v grafu na obrázku 6. Jsou zde uvedeny náklady na pohonné hmoty v letech 2014-2018. Je zde vidět vazba na ujeté kilometry, stejně jako tomu v případě tržeb, nicméně dalo by se očekávat, že graf se bude vyvíjet naprosto stejným trendem, avšak není tomu tak. Je důležité zmínit, že důležitým faktorem ovlivňující výši nákladů na pohonné hmoty je aktuální cena nafty.

Největší propad ve výši nákladů za pohonné hmoty lze vidět v roce 2016, kde se projevuje zmíněná vazba na počet ujetých kilometrů, které v tomto roce také mírně klesly, na druhé straně je z grafu patrné, že cena nafty musela být v tomto roce nižší, jelikož propad nákladů je výraznější než propad najetých kilometrů. Opět CDS dosáhla nejvyšší hodnoty v roce 2018, kdy bylo najeto nejvíce kilometrů. Tato skutečnost se projevila výrazně i v následujícím ukazateli, který lze vidět v grafu na obrázku 7.



Obrázek 7 Náklady na PHM na jeden ujetý kilometr v letech 2014-2018 (CDS, 2019)

V grafu na obrázku 7 byly opět hodnoty nákladů na pohonné hmoty přepočítány na jeden ujetý kilometr. Nejnížší hodnota byla stejně jako v předešlých sledovaných ukazatelích dosažena v roce 2016, kdy přicházelo na jeden ujetý kilometr 4,89 Kč. Je zde jen potvrzena zřejmá vazba nákladů na pohonné hmoty a celkových ujetých kilometrů. Nejvyšší hodnota za roky 2014-2018 byla dosažena v roce 2014 a konkrétně to bylo 6,14 Kč. K tomuto ukazateli je nutno dodat, že silnou vazbu na výši nákladů za pohonné hmoty má aktuální cena dané pohonné hmoty, ať už se jedná v případě CDS o naftu, nebo paliva alternativních pohonů jako je CNG, elektrická energie, případně vodík.

I v tomto parametru je evidentní, že společnost CDS se výrazně rozvíjí v posledních letech a každý rok stoupají hodnoty ujetých kilometrů, počet přepravených osob, tržby, zisk a růst těchto ukazatelů musí logicky navyšovat také náklady na pohonné hmoty.

2.6.5 Náklady na opravy a údržbu

Údržba vozidel souvisí s úkony, které se dělají pravidelně a může se tak předcházet potenciálním poruchám, dopravní nehodě, případně i například úrazu cestujícího nebo zaměstnance podniku. Jedná se především o kontroly stavu vozidla, kdy se snaží dopravní podniky odstraňovat závady dříve, než dojde k závažnějšímu problému, který by mohl někoho ohrozit na zdraví, případně by mohl napáchat velké finanční škody.

Dá se říci, že CDS má v rámci nákladů na údržbu oproti některým dopravcům konkurenční výhodu, která spočívá v nižších nákladech právě za tyto úkony. Je tomu tak, jelikož v rámci svých služeb nabízí i autoservis a například i mycí rám, kde lze mýt i autobusy, pro které je také společně s kamiony převážně určen. Právě mytí je důležitým prvkem při péči

o autobus, protože například v zimním období je podvozek vystaven vlivu i chemických posypů, které by mohly mít neblahé dopady na jednotlivé součástky autobusu, které by mohly zkorodovat a tím se snížila jejich životnost.

Mezi další pravidelné úkony kontroly pochopitelně patří každodenní kontrola způsobilosti autobusu řidičem vozidla, který musí zkontrolovat, zda není na vozidle nějaká zřetelná závada, která by měla zabránit provozu, pokud je vše v pořádku nic nebrání řidiči v provozu. Mimo každodenní kontroly jsou také pravidelné plánované údržby, které jsou stanoveny vždy po ujetí určitého počtu kilometrů. Počet kilometrů, po kterém je nutná pravidelná kontrola je dán výrobcem vozidla. Poslední kontrolou je kontrola sezónní, která se provádí před začátkem zimního období a po skončení zimního období, tato kontrola slouží především ke kontrole podvozku a karoserie.

Opravy autobusů přicházejí v případech, kdy problémy již nastaly, lze jim předcházet pomocí zmíněné precizně provedené údržbě vozidel, nicméně nelze je zcela eliminovat. Některé opravy mohou být kryty v rámci záruky výrobce, případně prodloužené záruky, která může být využita v rámci nadstandartního zákaznického servisu a již to bylo uvedeno u nákladů souvisejících s pořízením autobusu. V případě již propadlé záruční doby je třeba využít služeb specializovaného autoservisu, nebo vlastního v tomto případě CDS. Pokud má dopravní podnik, či jiná společnost provozující veřejnou dopravu svůj autoservis, tak náklady na tyto opravy nejsou tak vysoké, jako v případě, že by musel využít služby autorizovaného, nebo jiného externího autoservisu.

Mezi pravidelné úkony týkající se údržby patří také výměna olejů a maziv, termíny těchto výměn jsou dané stejně jako v případě pravidelné kontroly výrobcem vozidla a v případě, že se tyto intervaly shodují, mohou se dělat najednou a lze ušetřit na čase.

Co se týká dalších nákladů, které souvisí s provozem autobusů, tak z interních materiálů společnosti vychází průměrně 3,2 Kč na jeden ujetý kilometr. Toto číslo zahrnuje náhradní díly, opravy, opravy v dodavatelských autoservisech a pneumatiky. Celkové náklady na jeden ujetý kilometr, jsou v rámci pohonu na motorovou naftu cca 10 Kč.

2.7 Předešlé zkušenosti s provozem autobusů na alternativní pohon

Společnost CDS má již zkušenosti s provozem autobusů na alternativní paliva, od roku 2018 přibyly do vozového parku dva nové elektrobuses SOR EBN 9,5 (obrázek 8), na které se CDS podařilo získat dotaci (ve výši 85 % z pořizovací ceny) z integrovaného regionálního operačního programu vyhlášeného Ministerstvem pro místní rozvoj. Nicméně tyto elektrobusesy

jsou provozované v rámci městské hromadné dopravy, což je způsobeno především hlavní nevýhodou autobusů s elektrickým pohonem, kterou je menší dojezd těchto vozidel.



Obrázek 8 Elektrobusy SOR pro CDS v Náchodě (Dmhalo415, 2019)

CDS má také zkušenosti s provozem autobusů na CNG, nicméně ve všech případech šlo o vypůjčené autobusy, tudíž nejsou k dispozici přesné údaje o veškerých nákladech. Z interních materiálů podniku ale vyplývá, že tyto autobusy jezdily se spotřebou 21 kg na 100 km. CDS je rovněž zastáncem podpory alternativních pohonů v dopravě, nicméně jak tvrdí ředitel divize osobní dopravy pan Ing. Robert Patzelt, je třeba aby byly dopravci více finančně podporováni v této oblasti. Touto pomocí jsou myšleny především dotace, díky kterým si dopravci jako je CDS mohou dovolit výrazněji modernizovat svůj vozový park a vyměňovat staré autobusy, jezdící na motorovou naftu a plnící nízké emisní normy za autobusy využívající moderní technologie. Ale právě nejnovější technologie vyžadují vysoké vstupní investice na nákup dopravního prostředku, ale v případě některých alternativních pohonů je třeba vybudovat ještě potřebnou infrastrukturu, která také nese vysoké náklady.

2.8 Shrnutí analýzy

Strategickým cílem CDS 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 má CDS ve svém vozovém parku již dva elektrobusy, které byly zakoupeny s 85% dotací a které využívá v rámci městské hromadné dopravy. Jak vyplynulo z analýzy vozového parku, tak mimo výše zmíněných elektrobusů, 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 k znečištění ovzduší.

Dopravní výkony, každoročně nabývají vyšších hodnot, ať už se jedná o počty najetých kilometrů nebo přepravených osob. Tento fakt je vyvolán primárně snahou každý rok zvyšovat počet obsluhovaných linek v rámci Královéhradeckého kraje. S tímto růstem obsluhovaných linek je souběžně nutné zajistit dostatečnou přepravní kapacitu, což může vést i k rozšiřování vozového parku. Dále byla provedena nepříliš rozsáhlá analýza základních ekonomických ukazatelů, kterými byly tržby a zisk. V závislosti na uvedených rostoucích dopravních výkonech se i tyto ukazatele každoročně zvyšují. Výjimka je v roce 2016, kdy je zisk CDS v záporných hodnotách, což je ale způsobeno investicemi do zmíněné modernizace vozového parku, dále do tohoto ukazatele promluvilo snížení tržeb v tomto roce, které bylo způsobeno ročním přerušením vazeb s Českými drahami a tím, že CDS nezajišťovalo v roce 2016 náhradní autobusovou dopravu na výlukových trasách.

Další částí analýzy byl rozbor nákladových položek souvisejících s nákupem a následně i zajištěním provozuschopnosti vozového parku, to znamená v případě CDS, autobusů. V této části byla potvrzena silná vazba vybraných nákladových ukazatelů na ukazatele výkonu. Výsledkem bylo, že celkové provozní náklady vychází v případě CDS průměrně na 10 Kč za jeden ujetý kilometr. Kdy 3,2 Kč tvoří v průměru náklady na opravy a údržbu a nejpodstatnější položkou jsou náklady na pohonné hmoty, které mají ale variabilní charakter, který je způsoben nestálou cenou nafty, což může poměrně zásadně hýbat s výší těchto nákladů.

Poslední kapitolou analytické části byly příklady využívání alternativních pohonů v CDS v minulosti. V této kapitole bylo uvedeno, že zkušenosti s využíváním alternativních pohonů CDS má, jelikož v minulosti využilo zápujček autobusů na CNG. Využívání autobusů i na jiné alternativní pohony se rozhodně nebrání, nicméně by ocenily větší participaci a zájem státu na obnově vozových parků soukromých dopravců provozujících službu veřejné dopravy.

3 NÁVRHY NA VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH POHONŮ AUTOBUSŮ V CDS S. R. O. NÁCHOD

V této kapitole jsou prezentovány návrhy opatření pro vyšší míru využívání alternativních pohonů v rámci vozového parku CDS. Realizací těchto návrhů by CDS mohlo výrazně přispět ke snížení negativních dopadů dopravy na životní prostředí. Cílem je snížení nejen negativních dopadů na životní prostředí, ale současně i celkových nákladů souvisejících s nákupem a provozem autobusů.

Tyto návrhy vyplývají z analýzy stávajícího stavu vozového parku, respektive provozování pravidelné autobusové dopravy. Návrhy se zaměřují výhradně na strukturu vozového parku CDS.

3.1 Zavedení autobusů na CNG pohon do vozového parku

Prvním návrhem je zapojení autobusů na CNG do běžného provozu, na linky obsluhované společností CDS. Ze všech alternativních pohonů, které jsou uvedeny v teoretické části, se jeví zavedení autobusů na CNG v podmínkách CDS jako nejpříjemnější. Hlavním důvodem pro tuto úvahu je fakt, že plnicí stanice CNG je v areálu CDS v Náchodě již vybudována, proto odpadá část nákladů spojená s jejím vybudováním.

Z analýzy vyplynulo, že CDS využívá pouze autobusy poháněné naftovými motory. Bylo také zmíněno, že určité zkušenosti s provozem autobusů na pohon CNG v CDS již mají. Nicméně všechny doposud provozované autobusy byly zapůjčené, a tudíž nemá CDS přesně zmapované veškeré provozní náklady autobusu na tento pohon. Návrh je koncipován tak, aby CDS zvážilo při postupné obnově vozového parku zařazení i autobusů na pohon CNG.

V případě zavádění pohonu CNG do vozového parku je vždy třeba zvážit veškeré náklady s tím spojené. Nejpodstatnější položkou v minulosti bylo v rámci těchto nákladů bezpochyby vybudování plnicí stanice. Dnes tomu už tak není a zároveň pro dopravce existují alternativy jejího financování. V současnosti se pohybují náklady na vybudování plnicí stanice zhruba na úrovni pořízení jednoho autobusu na CNG.

3.1.1 Náklady na infrastrukturu CNG

Jak bylo zmíněno v předešlé kapitole, podstatné náklady, které dopravci, jenž chce využívat v rámci svého vozového parku pohon CNG, jsou bezpochyby náklady na vybudování potřebné infrastruktury. To znamená stavbu plnicí stanice. Nicméně v rozhovoru na Cngstanice (2019) odpovídal na dotazy pan Václav Holovčák ze společnosti Bonett, která nabízí svým

zákazníkům alternativní možnosti financování. V článku upozorňují na fakt, že v současnosti jsou investice do infrastruktury plnicích stanic velmi přitažlivé, a to i pro subjekty, které se primárně energetikou či plynárenstvím nezabývají. Právě v této souvislosti je v článku zmíněna možnost využití tzv. CNG outsourcingu.

CNG outsourcing se využívá z důvodu, že CNG je palivo pro dopravce perspektivnější, jelikož provoz autobusu na CNG je levnější díky tomu, že spotřeba je srovnatelná, naopak nákup CNG je levnější, v porovnání s naftou. Pan Holovčák dále vysvětluje, jak tento outsourcing funguje. Spočívá v tom, že společnost Bonett vybuduje plnicí stanici na svoje náklady, současně provoz CNG infrastruktury je na náklady Bonettu. Zjednodušeně řečeno, touto formou poskytuje společnost Bonett svým zákazníkům CNG jako pohonnou hmotu a garantuje úsporu oproti dosavadním nákladům na naftu.

CDS využívá právě služeb společnosti Bonett a nechalo si plnicí stanici vybudovat ve vlastním areálu, nicméně tato plnicí stanice je veřejná, tudíž její služby může využít úplně kdokoliv. Právě v rámci spolupráce CDS a společnosti Bonett byla pro účely této diplomové práce společnost Bonett kontaktována a zodpověděla několik dotazů ohledně provozu plnicích stanic. Na dotazy odpovídal pan Dušan Matuška, který je manažerem pro klíčové zákazníky společnosti Bonett. Dotazy směřovaly především na podmínky, které musí splnit žadatel o plnicí stanici. Společnost Bonett realizuje stanici vždy na míru konkrétnímu zákazníkovi. Primárním parametrem je, aby měla stanice dostatečnou kapacitu pro odbavení všech vozidel zákazníka a k tomuto základu se připočítává určitá rezerva. Ideální případ je, když zákazník zná přesný počet vozidel a jejich spotřebu. Pak lze jednoduše spočítat přesný denní odběr a navrhnout vhodný kompresor a zásobník tlakových lahví, aby byla vozidla naplněna bez problému. Dále Bonett svým zákazníkům doporučuje, aby plnicí stanice byla přístupná i pro veřejnost. Hlavním důvodem je zrychlená návratnost celého projektu. Většina klientů toto bere v potaz a svou plnicí stanici nabízí i veřejnosti, stejně tak učinilo i CDS.

Je důležité, že tyto možnosti dopravci mají, jelikož CNG jako pohonná hmota je jistě přijatelnější pro životní prostředí než nafta. Nicméně pokud se provoz dopravcům nevyplatí ekonomicky, tak z logiky věci lze usoudit, že dopravci i jiné subjekty v oblasti dopravy nemají motivaci přecházet na alternativní pohony, jelikož primárním cílem každého podnikajícího subjektu je dosažení zisku.

3.1.2 Náklady na pořízení autobusu na CNG

Náklady na pořízení autobusu s pohonem na CNG jsou pochopitelně vyšší, než je tomu v případě konvenčních pohonů. Nicméně jak již bylo zmíněno v analytické části práce,

dopracovníci mají možnost využít dotací na nákup šetrnějších autobusů. Z informací od dealerů, s kterými je v kontaktu vedení CDS a projednává s nimi případné nákupy autobusů, je cena autobusu poháněného CNG v průměru o milion korun vyšší, než je tomu u pohonu naftového. Návrh počítá se zavedením autobusů SOR CNG ve variantě 10,5 pro využití na příměstských a meziměstských linkách.



Obrázek 9 SOR CNG 10,5 (SOR, 2019c)

Na obrázku 9 je navrhovaný autobus, jehož pořizovací cena je, dle dealera značky SOR pro CDS, 4 700 000 Kč. Tento autobus není vzhledově odlišný od naftové verze, ale jedná se o ekologičtější verzi. Na webových stránkách společnosti SOR (2019b) lze dohledat technická specifikata této verze. SOR vyrábí v CNG verzi celkem tři modifikace a jedná se o rozdílnou délku autobusu. Nejkratší je právě vybraná varianta 10,5, dále jsou varianty 12 a 12,3. Rozdíl je v délce daného autobusu, s čímž souvisí i kapacita, která je ve vybrané verzi, dle způsobu provedení 33 až 35 míst pro sedící cestující. Nádrže autobusu jsou čtyři a každá je o velikosti 315 l, tudíž celková kapacita nádrže je 1260 l.

Další alternativou, se kterou počítá návrh, je autobus společnosti Iveco. Jedná se konkrétně o autobus Iveco Crossway natural power. Tento autobus byl na webu Acz (2018a) představen na konci října roku 2018. Tento autobus je na rozdíl od výše uvedeného autobusu značky SOR využitelný především na delší vzdálenosti, jako dálkový autobus.

Crossway natural power byl představen na veletrhu v Lyonu a navazuje na úspěšnou verzi Crossway low entry natural power z roku 2017, která dokonce vyhrála v soutěži sustainable bus of the year 2018 (Udržitelný autobus roku 2018). Výhodou tohoto modelu jsou nádrže, na stlačený zemní plyn, umístěné ve střeše autobusu. Toto řešení má Iveco patentované a zajistilo to vyšší komfort při jízdě jak pro řidiče, tak hlavně pro cestující, což je poměrně

důležité, zváží-li se fakt, že je tento autobus využíván na delší vzdálenosti. V ostatních parametrech, jako jsou přepravní kapacita, přístupnost či objem zavazadlového prostoru, se nijak neliší od dieselové verze. Celkový objem nádrží je naprosto totožný jako u výše uvedeného autobusu značky SOR, a to je 1260 l. I Iveco má tento objem rozdělen do čtyř nádrží, každou o objemu 315 l. Tento autobus ve verzi 12 metrů a provedení LE (low entry), což znamená, že autobus je nízkopodlažní stojí 5 150 000 Kč. Klasická dvanáctimetrová verze stojí o 150 000 Kč méně, vychází tedy přesně na 5 000 000 Kč.

Na obrázku 10 je vyobrazena právě novinka od společnosti Iveco.



Obrázek 10 Autobus Iveco Crossway natural power (ACZ, 2018b)

3.1.3 Náklady spojené s provozem autobusu na CNG

V následující kapitole se bude práce zabývat ekonomikou provozu pohonu na CNG na jeden ujetý kilometr. U vozidel s pohonem na CNG, se v porovnání s konvenčními pohony, pohybují podle webu Eurocng (2019) řádově na 65 % v porovnání s dieselovým motorem a 45 % v porovnání s benzínovým pohonem. Cena je ještě nižší než cena provozu na LPG. V článku je uvedena i další výhoda, za kterou se uvádí fakt, že palivo z vozu nelze žádným způsobem zcizit. Nelze ho ani odčerpat do kanystru, což je způsobeno povahou paliva.

Co se týká srovnání provozních nákladů, je třeba zprvu provést přepočítání. Spotřeba CNG se totiž obvykle udává a sleduje v kilogramech na 100 ujetých kilometrech. Což ale nelze porovnávat se spotřebou nafty, jelikož to nelze srovnat objemově. Přepočítání je uvedeno rovněž na webu Eurocng (2019) a udává, že na jeden kilogram CNG připadá 1,4 m³ CNG, kdežto na

jeden litr nafty vychází 1,2 m³ CNG. Pokud se bude uvažovat spotřeba CNG, která byla u zkušebního autobusu na CNG v provozu v CDS, tak její spotřeba odpovídala 21 kg/100 km. Což po přepočtu vychází 29,4 m³ CNG a pokud se přepočte nafta na porovnatelný objem, vychází spotřeba (do výpočtu zahrnuta průměrná spotřeba 28 l/100 km) 33,6 m³ CNG. Již tento přepočet na objem dává najevo, že i spotřeba nafty je v porovnání s CNG vyšší, markantnější rozdíl je v ceně. Dalšími parametry je právě aktuální průměrná cena CNG, ke dni 28. 4. 2019 podle webu Cng (2019), kterou je 26,17 Kč/kg. Podle výše uvedených zdrojů jsou náklady autobusu na CNG 5,5 Kč za jeden ujetý kilometr. Oproti tomu motorová nafta, při průměrné uvedené výši spotřeby 28 l/100 km a průměrné ceně nafty z března roku 2019 dle webu Ccs (2019), byla 31,40 Kč/l. Pokud se vezmou v potaz výše uvedená vstupní data, pak náklady na jeden ujetý kilometr, při používání motoru poháněného motorovou naftou, jsou 8,8 Kč.

Co se týká nákladů spojených s opravami a údržbou, dá se říci, že v porovnání s autobusem poháněným diesellovým motorem se zde nevyskytují žádná další rizika ani výrazné rozdíly, lze tedy počítat stejnou výší těchto nákladů (3,2 Kč/km). Celkové náklady na zajištění provozuschopnosti jsou v případě CNG 8,7 Kč/km. Nutno ovšem dodat, že prostory, kde bude probíhat oprava, údržba nebo jen odstávka vozidla s pohonem na CNG, musí být vybaveny čidly, která rozpoznají únik zemního plynu a zároveň musí být vybaveny systémem pro jeho odvětrávání. Tento systém stál podle Hovoroky (2014), konkrétně v podmínkách Dopravního podniku města Pardubice, zhruba 5 000 000 Kč.

3.2 Využití elektrických autobusů v rámci meziměstské dopravy

Dalším návrhem, který by měl podpořit rozvoj alternativních pohonů v meziměstské a příměstské dopravě, a tím zmírnit negativní dopady dopravy na životní prostředí, je zavedení elektrických autobusů v rámci meziměstských a příměstských linek.

Z analýzy vyplynulo, že CDS již v současnosti využívá elektrobusy, jsou však prozatím využívány pouze v rámci městské hromadné dopravy. CDS se nebrání využívání elektrobusů i na meziměstských či příměstských linkách, avšak momentálně zde existuje několik překážek pro implementování tohoto návrhu. Tou nejpodstatnější, která již byla zmíněna v analytické části, je fakt, že elektrobusy jsou investičně velmi náročné řešení. Z pohledu aktuálně využívaných alternativních pohonů jsou elektrobusy rozhodně nejdražší alternativou (po vodíku, který není doposud tolik rozšířen). To je z důvodu především nutnosti vybudovat odpovídající infrastrukturu potřebnou pro provoz těchto autobusů. Samotné elektrobusy jsou v porovnání s autobusy na CNG, také dražší. O to více, když se vezme v potaz

porovnání s konvenčními pohony, konkrétně naftou, která vychází v průměru o 1 000 000 Kč levněji než autobusy s pohonem CNG.

Z výše uvedených důvodů je tedy potřeba na nákup elektrobusů využít nástroje, které pomohou dopravcům snížit objem prostředků nutných do této investice vložit. Jak již bylo zmíněno v analytické části práce, existují různé druhy dotací, které jsou nezbytné pro nákup elektrobusů. V úvodu analytické části bylo uvedeno, že CDS využívá autobusy s elektrickými pohony pouze v rámci městské hromadné dopravy. Což je do značné míry způsobeno další překážkou, která zde vyvstává a tou je fakt, že aby dopravce mohl čerpat dotace, musí mít sjednanou smlouvu na dopravu na dané lince alespoň na pět let dopředu, což ovšem může být problém z pohledu výběrových řízení v rámci Královéhradeckého kraje.

Dalším argumentem, proč jsou elektrické autobusy využívány především pro městskou hromadnou dopravu je fakt, že velkým problémem, z pohledu negativních dopadů na environmentální prostředí, je především doprava ve městech a městských aglomeracích. V této oblasti se mohou výrazně angažovat právě dopravní podniky, jakožto provozovatelé městské hromadné dopravy. Což je vlastně i CDS, jelikož jak bylo již zmíněno vedle obsluhování meziměstských a příměstských linek v rámci Královéhradeckého kraje také obsluhuje městskou hromadnou dopravu ve městě Náchod. Tam se dá říci, že přispívají ke zlepšení stavu životního prostředí už jen samotnou realizací hromadné přepravy osob, kdy jsou osoby přepravovány v rámci jednoho dopravního prostředku, narozdíl od individuální automobilové dopravy. Vedle zmíněného faktu může ovlivnit dopad na životní prostředí také způsobem provozování svého vozového parku. Myšleno výběrem a implementací vhodných typů alternativních pohonů.

3.2.1 Linky využitelné pro zavedení elektrobusu

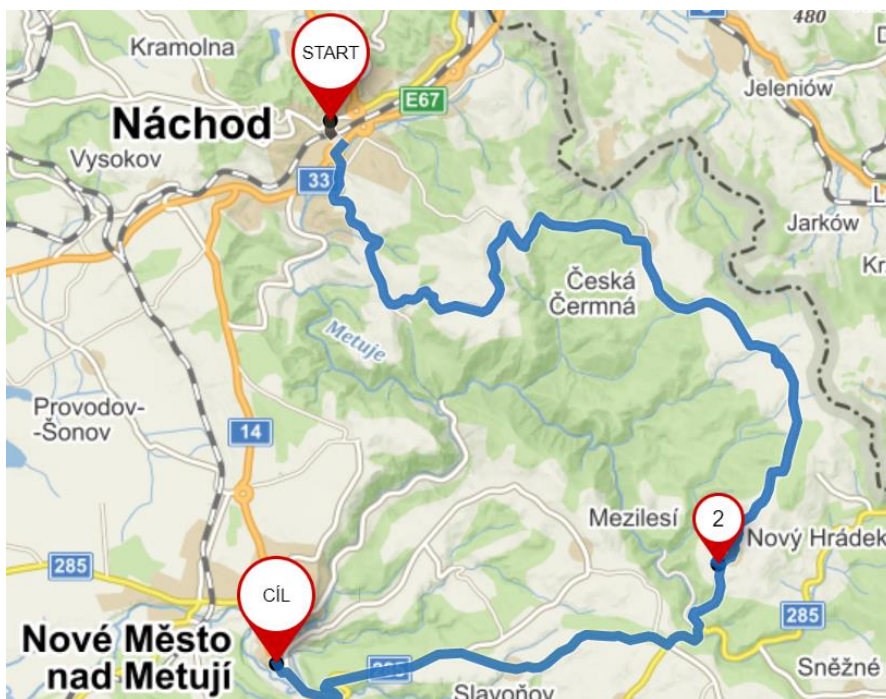
Jak je známo a bylo již uvedeno v předcházejících částech práce, elektrické autobusy vyžadují pro své zapojení do reálného provozu ideální podmínky. Těmito ideálními podmínkami jsou zde myšleny především vhodné linky, na které jsou tyto elektrobusy využitelné. Omezující podmínky pro nasazení elektrobusu jsou především jeho dojezd a také výškový profil trasy.

Prioritou při zavádění elektrobusů do provozu dopravních podniků je, aby byla využita tzv. rekuperace trakční energie. S pomocí rekuperace jsou spjaty velké úspory energie, jelikož energie, která je vyvinuta brzděním je navracena zpět do akumulátoru, a je možné ji opětovně efektivně využít. To znamená, že je pro efektivní spotřebování veškeré energie nutné vybrat linku, která ideálně odpovídá uvedeným omezujícím podmínkám. Tato linka by měla mít pestrý

výškový profil, který poskytuje prostor pro efektivní opětovné využití energie, která byla vyrobena pomocí rekuperace. Další podmínkou je pro elektrobusy, které nejsou průběžně dobíjeny na zastávkách, aby linky, které obsluhují, nepřekonávaly příliš dlouhou vzdálenost.

Z výše uvedených důvodů je třeba návrh na zavedení elektrických autobusů do provozu CDS více konkretizovat. Konkretizováno bude výběrem konkrétní vhodné linky podle zmíněných omezujících podmínek.

Po domluvě s panem Ing. Robertem Patzeltem, jakožto ředitelem divize osobní dopravy CDS, byly prokonzultovány možnosti a navržena jedna linka, která odpovídá zadaným parametrům. Zmíněnou variantou je linka číslo 640 131, která vede z Náchodu směrem na Nový Hrádek a končí v Novém Městě nad Metují.



Obrázek 11 Trasa linky číslo 640 131 z Náchodu do Nového Města nad Metují přes Nový Hrádek (Seznam.cz, 2019a)

Uvedená linka (obrázek 11) je dlouhá 32,9 kilometrů a celková jízdní doba je 1:58 h. Tato linka je zajímavá především svým výškovým traťovým profilem, který je zobrazen na obrázku 12. Navíc by nebylo třeba pro obsluhu této linky budovat elektrickou přípojku na trase linky, vše by bylo možné obsloužit z přípojky v depu.



Obrázek 12 Výškový profil linky 640 131 (Seznam.cz, 2019b)

Z obrázku 12 je patrné, že výškový trasový profil je velmi pestrý, což je způsobeno vysoko postaveným Novým Hrádkem, kdy se cestou překonává nejvyšší bod, který je 657 metrů nad mořem. Naopak Nové Město nad Metují leží v 290 metrech nad mořem, z čehož vyplývá veliký potenciál pro využití rekuperace trakční energie.

3.2.2 Navrhovaný elektrobus SOR EBN 11

Návrh nabízí také řešení v rámci výběru typu elektrického autobusu. Při rozhodování, který typ elektrického autobusu, je potřeba vzít v potaz řadu faktorů. Mezi důležité aspekty při rozhodování, který typ je vhodný, hraje roli především způsob dobíjení elektrobusu.

Zde bylo počítáno se skutečností, že CDS elektrobusy značky SOR již aktuálně ve svém vozovém parku má a rovněž disponuje silnou elektrickou sítí, tudíž náklady na vybudování další elektrické přípojky se rovnají pouze 100 000 Kč. To byl hlavní důvod pro navržení autobusu SOR EBN 11 (elektrický pohon), což je nejdelší z modifikací, které SOR ve verzi EBN nabízí. Nejdelší varianta je vybrána z důvodu vyšší kapacity. Navrhovaný elektrobus je nízkopodlažní v jedenáctimetrové verzi. SOR (2019d) nabízí nejen městskou verzi, ale je vedena i jako využitelná v rámci dopravy meziměstské.

Jelikož, jak bylo uvedeno u verze CNG, má CDS kontakt na dealera značky SOR. Bylo zjištěno, že cena elektrobusu ve verzi SOR EBN 11 (obrázek 13) je zhruba 9 500 000 Kč, což je o 500 000 Kč více než v případě verze EBN 9,5, které má již CDS ve svém vozovém parku.



Obrázek 13 SOR EBN 11 (SOR, 2019d)

Elektrobus značky SOR byl vybrán i z důvodu již nabytých zkušeností s tímto typem autobusu. Kapacita autobusu je podle provedení 23-33 sedících cestujících. V rámci technických parametrů elektrobusu je třeba zvážit jeho dojezd, který se v případě SORu pohybuje mezi 120–150 kilometry na jedno nabití. Výkon motoru je 120 kW. Co se týká kapacity baterie, tak SOR využívá baterie od výrobce Winston Battery a jedná se o typ akumulátoru lithium-iontový o kapacitě 172 kWh.

Možnou alternativou by mohl být elektrobus od značky Škoda transportation, model Perun HE. Škoda Perun HE (high energy) je dvanáctimetrový autobus, který je vybaven lithium polymerovými bateriemi s vysokou hustotou energie pro dosažení vysokých nájezdů na jedno nabití. Výrobce udává, že elektrobus ujede v městském provozu 150-200 kilometrů, přičemž si ještě drží rezervní energii pro nouzový dojezd. Vozidlo lze dobíjet po dobu noční zastávky v depu nebo standartním způsobem v depu, které do plného nabití zabere v průměru sedm hodin. Další možností je výkonná rychlodobíjecí infrastruktura, která dokáže elektrobus nabít do 70 minut.



Obrázek 14 Škoda Perun HE (Škoda transportation, 2019)

Na obrázku 14 je vyobrazen výše uvedený elektrobuses Škoda Perun HE, který je vhodný k nasazení na linkách s delšími dojezdy, kde není možné, nebo není vhodné vybudovat rychlodobíjecí infrastrukturu. Výhodou v případě nočního dobíjení je balancování jednotlivých článků baterie na stejnou úroveň nabití.

Pro zjištění pořizovací ceny a dalších informací k elektrobuse Škoda Perun HE byla kontaktována přímo Škoda transportation, jelikož tyto informace nejsou veřejně dostupné a lze je získat pouze po oficiální poptávce do firmy. Bylo zjištěno že orientační cena výše uvedeného elektrobuse je zhruba 13 000 000 Kč. Dále byly zjištěny náklady na vybudování dobíjecí stanice. Rychlodobíjecí stanice se nákladově pohybuje na úrovni 5 000 000 Kč a stanice pro pomalé dobíjení v depu se pohybuje kolem 1 000 000 Kč. Všechny uvedené ceny jsou orientační a vždy na ně mají přímý vliv požadavky konkrétního zákazníka.

3.2.3 Náklady na zajištění provozuschopnosti elektrobuse

Investiční náklady na zajištění provozu elektrobuse nejsou tak snadno vyčíslitelné jako je tomu u pohonu CNG. Je totiž mnoho možností, jak může být vybudována infrastruktura, záleží na typu dobíjení u zvoleného typu elektrobuse.

V případě CDS je již vybudována elektrická přípojka, která je využívána pro nabíjení dvou stávajících elektrobuse, které již jsou ve vozovém parku. Zde je systém takový, že vozidlo je dobíjeno v areálu provozovatele a náklady zde jsou především pro vybavení měničny proudové sestavy a elektroinstalace v depu. Tyto náklady se v případě CDS pohybovaly na úrovni 100 000 Kč, což je ale způsobeno faktem, že CDS disponuje silnou sítí. Pokud tomu tak

není, je ve většině případů třeba vybudovat trafostanici a tam se náklady již pohybují odhadem kolem 500 000 Kč. Náklady by byly o poznání vyšší, pokud by bylo třeba vybudovat potřebnou infrastrukturu pro průběžné dobíjení v zastávkách, které se používá v případě využívání ultrakapacitorů a toto řešení je vhodné především pro podmínky městské hromadné dopravy. To je případ, který byl uveden u verze Škoda Perun HE a byla zde nabídnuta i možnost vybudování rychlonabíjecí stanice, kde je cena nejméně 5 000 000 Kč.

Podstatné je také zmínit, že výrobci elektrobusů často spolupracují s výrobcí dobíjecích stanic, což může být pro zákazníka výhodou, nicméně to může přinést i problémy, protože vybudovaná infrastruktura nemusí být kompatibilní s jinými výrobci elektrobusů a v tom případě by byl podnik donucen využívat služeb pouze jednoho výrobce. V extrémním případě, vezme-li se v potaz skutečnost, že by tento výrobce přestal autobusy vyrábět, pak by původní investice byla naprosto zbytečná a stávající infrastrukturu by bylo třeba zrekonstruovat. I s tímto faktem návrh počítá, a proto byly vybrány elektrobusy, které jsou kompatibilní z pohledu dobíjecí infrastruktury.

I tento návrh, stejně jako v případě zavedení CNG autobusů vychází z aktuální situace CDS a využívá výhody stabilní infrastruktury, a tudíž nízké vstupní investici. Samozřejmě tato infrastruktura má také svou kapacitu a v případě vyšší míry využívání by bylo třeba stávající dobíjecí stanici rozšířit.

Co se týká pořizovací ceny elektrobusů, tak ceny se pohybují ještě na vyšší úrovni než autobusy na CNG. Cena elektrobusu SOR EBN 11 je kolem 10 000 000 Kč. Stejně jako v případě pohonu CNG je tedy většinou pro dopravce nutností využít dotace.

Provozní náklady jsou také složitější než v případě konvenčních pohonů a nelze je přesně vyčíslit. Velmi problematickým místem u elektrobusů jsou především jejich baterie. Lithium-iontové baterie mají totiž většinou nižší životnost, než je životnost elektrobusu. To představuje komplikaci, protože je třeba jejich výměna. U elektrobusu SOR se jedná přibližně o 2 000 000 Kč. Tato suma je téměř 20 % jeho pořizovací ceny, což je poměrně vysoká cena.

Spotřeba, jakožto další položka provozních nákladů se u elektrobusů uvádí v kWh na jeden ujetý kilometr. Je třeba upřesnit, že následující hodnoty, co se týká spotřeby a ceny za nákup 1 kWh jsou uvedeny z dat společnosti CDS. Pro srovnání se spotřebou konvenčního autobusu uvedeno ve spotřebě na 100 km vychází spotřeba trakční energie 90 kWh/100 km. Vezme-li se v úvahu cena 3 Kč/kWh, poté vychází na jeden ujetý kilometr 2,7 Kč. V případě elektrobusu SOR je třeba vzít v úvahu také náklady na vytápění, které vychází zhruba 4 Kč/100 km. Celkové náklady, nebudou-li se brát v potaz náklady na pořízení nové baterie v případě poruchy a bude-li se vycházet z nižší úrovně nákladů na údržbu a opravy stejně jako

v případě konvenčních pohonů, což se pohybuje na úrovni 2 Kč na km, vychází na jeden ujetý kilometr v rámci elektrického pohonu na 4,7 Kč. Z výpočtu, který byl proveden v rámci srovnání s pohonem CNG, vyplynulo že provozní náklady na 1 km v rámci diesellového motoru vycházely 12 Kč/km.

Nutno dodat, že elektrický pohon ještě není momentálně tak rozšířen a lze očekávat dodatečné náklady a zvýšenou poruchovost. Ta byla potvrzena i v rámci zkušebního provozu v Dopravním podniku Praha, kdy docházelo díky intenzivnímu zapojení do provozu a velkému počtu nabíjecích cyklů k rychlému poklesu kapacity akumulátoru, oproti původním očekáváním a propočtům.

Co se týká dalších druhů alternativních pohonů, které byly uvedeny v teoretické části, tak jejich využití u autobusů v meziměstské či příměstské dopravě buď není natolik perspektivní, nebo nejsou díky vysokým vstupním investicím projektu tolik využívány. Například využití vodíkové technologie je do budoucna jistě perspektivní, nicméně v současnosti přináší vysoké investiční náklady a pro účely této práce by nebyla vhodná, jelikož investiční náklady jsou ještě vyšší než v případě elektrického pohonu.

4 ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ

Jelikož jsou alternativní pohony autobusů z pohledu investičních nákladů náročnější než autobusy poháněné konvenčními pohony, je nutné vypočítat návratnost této investice s využitím úspor na provozních nákladech. V následující kapitole budou zhodnocena navržená řešení a na základě tohoto zhodnocení bude vybrána optimální varianta dle kritérií, která byla zvolena. Důležitá kritéria, která budou rozhodovat o výběru daného alternativního pohonu, jsou jednak jeho dopady na životní prostředí, tak hlavně výše nákladů spojená se zavedením daného alternativního pohonu. V návrhové části byly navrženy dvě alternativy, jakým způsobem by mohlo CDS implementovat ve větší míře do svého vozového parku využívání autobusů s alternativními pohony.

Diplomová práce byla zpracována v podmínkách společnosti CDS, která má zájem na využívání alternativních pohonů z pohledu jejich redukce negativních dopadů na životní prostředí. Jelikož se však jedná o soukromého dopravce, provozujícího mimo jiné službu ve veřejné dopravě, je pro ně velmi důležitá stránka ekonomická. Právě z tohoto důvodu jsou, pokud možno, co nepřesněji vyčísleny náklady jednotlivých alternativních pohonů.

Již v návrhové části byly vypočítány přibližné náklady, spojené s jednotlivými alternativními pohony. V této kapitole budou výsledky porovnány.

4.1 Zhodnocení nákladových položek jednotlivých alternativních pohonů

V první řadě je třeba porovnat náklady spojené s nákupem autobusů na alternativní pohony, které jsou vyobrazeny v tabulce 4.

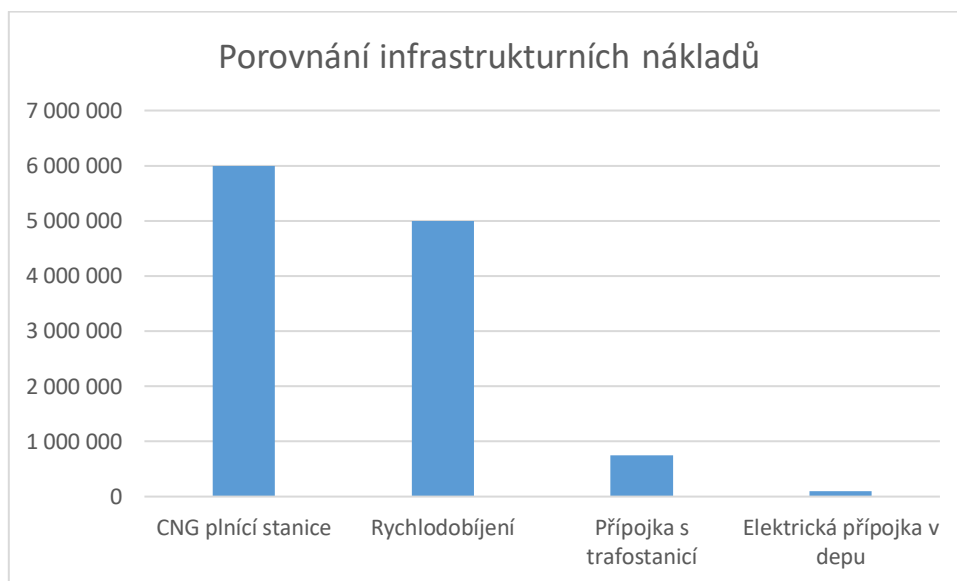
Tabulka 4 Srovnání pořizovacích nákladů jednotlivých navrhovaných autobusů

Model autobusu	Cena [Kč]	Pohon
SOR CNG 10,5	4 700 000	CNG
Iveco natural power	5 000 000	CNG
SOR EBN 11	9 500 000	Elektrický
Škoda Perun HE	13 000 000	Elektrický

Zdroj: SOR; Iveco; Škoda transportation

Z údajů v tabulce 4 vyplývá, že nejlevnější variantou je autobus společnosti SOR ve verzi CNG, jehož pořizovací cena je 4 700 000 Kč. Stejný model autobusu s dieslovým motorem vychází zhruba o 1 000 000 Kč levněji. Nejdražší z uvedených alternativ je elektrobuses od společnosti Škoda transportation, jehož cena je zhruba 13 000 000 Kč.

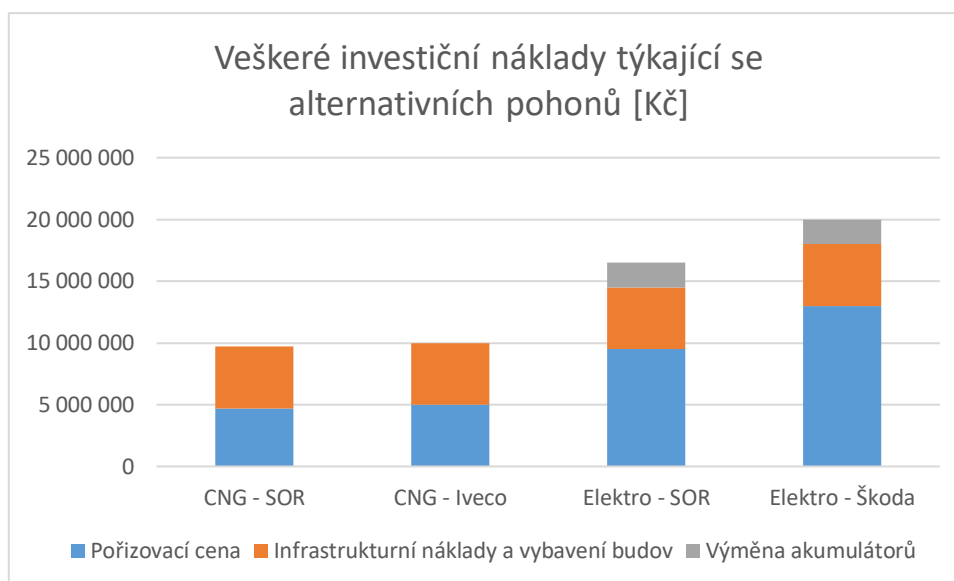
Další položkou v rámci investičních nákladů na zavedení alternativního pohonu jsou náklady spojené s investicí do infrastruktury, které jsou porovnány v grafu (obrázek 15).



Obrázek 15 Náklady nutné na vybudování potřebné infrastruktury v rámci alternativních pohonů (CDS Náchod, 2019; Bonett; Škoda transportation)

Jak je vidět z grafu (obrázek 15) tak, co se týká vybudování infrastruktury a nákladů s tím spojených, vychází z výše porovnaných jako nejdražší plnicí stanice CNG. Nicméně tento údaj může být zavádějící, jelikož v grafu jsou uvedeny ceny na vybudování jedné stanice nebo přípojky v případě elektrického pohonu. Ovšem v případě zavedení elektrických autobusů obvykle nestačí tato přípojka pouze jedna, ale je to závislé na počtu autobusů, a pak je třeba vypočítat jaká infrastruktura bude potřebná. Avšak v případě zavedení CNG je tato částka víceméně konečná, jelikož plnicí stanici může využít více autobusů a nepotřebují pro doplnění pohonných hmot tolik času, jako elektrobuses, které se povětšinou dobíjejí přes noc v průměru kolem šesti hodin. Nicméně podstatnou finanční přítěží pro podniky zavádějící do svých vozových parků autobusy na CNG ve větší míře je fakt, že musí zajistit v opravárenských budovách systém pro detekci úniku a odvětrávání zemního plynu, jak již bylo uvedeno výše. Tato investice je však jednorázová a s dalším rozšiřováním vozového parku o autobusy s pohonem CNG již nebude nutné tuto investici vynakládat znovu.

V grafu (obrázek 16) jsou všechny náklady, které by bylo nutné vydat na zavedení jednotlivých alternativních pohonů. Zahrnuty jsou pořizovací ceny (jednoho autobusu), infrastrukturní náklady a vybavení budov.



Obrázek 16 Investiční náklady na zavedení alternativních pohonů v podmínkách CDS (SOR 2019c, 2019d; Iveco; Škoda transportation)

V grafu (obrázek 16) je vidět, že větší infrastrukturní náklady by vznikly CDS s přestupem na pohon elektrický, jelikož při plošném zavádění elektrobuseů do podmínek CDS by vyžadovalo investici do infrastruktury, která se rovná výši investice do nákladů na detekci a odvětrávání opravárenských budov. Investice do elektrobuseů ovšem přináší také nutnou investici do výměny akumulátorů, které je třeba vyměnit po zhruba polovině životnosti elektrobuse. Náklady na úpravy budov jsou v případě CNG jednorázové a budou třeba jen revize, které budou vzhledem k počáteční investici zanedbatelné. Pokud bude probíhat postupná obměna vozového parku a tyto náklady se rozpočítají mezi více autobusů, budou pak náklady nižší. Avšak v případě dalšího rozšiřování vozového parku elektrobuseů by rozhodně bylo třeba do systému napájení investovat více a tyto náklady by neustále rostly. Nicméně i když jsou započítány všechny výše uvedené náklady, je vidět, že i tak se pohon na CNG vyplatí více, což je způsobeno nižší pořizovací cenou autobusu. Současně je nutné zmínit, že o co více je třeba investovat do infrastruktury, o to nižší mají elektrobusey provozní náklady, které budou rozebrány níže.

Další podstatnou složkou nákladů, které souvisejí se zajištěním provozuschopnosti autobusu jsou náklady na pohonné hmoty. V tabulce 5 lze vidět porovnání alternativních pohonů s ohledem na náklady na pohonné hmoty a jejich průměrnou spotřebu v rámci CDS.

Tabulka 5 Porovnání zvažovaných a stávajících pohonů z pohledu nákladů na PHM

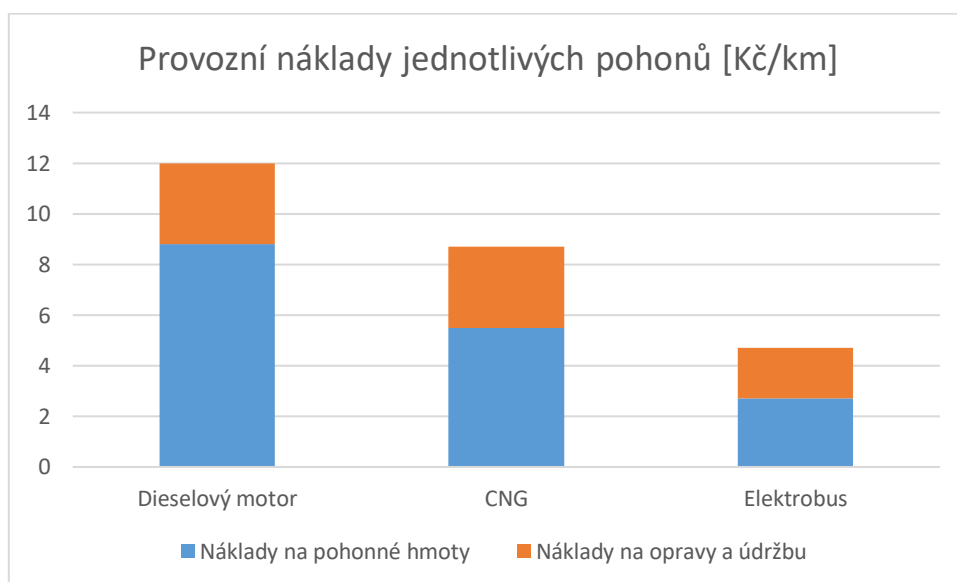
	Nafta	CNG	Elektrický pohon
Spotřeba [100 km]	28 l	21 kg	90 kWh
Náklady na km [Kč]	8,8	5,5	2,7

Zdroj: CDS Náchod (2019)

Dá se říci, že úspora nákladů na pohonné hmoty v rámci přechodu z diesellového motoru na pohon CNG je značná, konkrétně se jedná o 3,3 Kč za jeden ujetý kilometr. Nutné dodat, že tato hodnota se v čase výrazně mění a má silnou vazbu na aktuální cenu pohonných hmot, a to jak nafty, tak CNG. Tento výpočet byl prováděn z údajů uvedených v návrhové části a počítal s cenou 31,40 za 1 l nafty, 26,17 za 1 kg CNG a 3 Kč za 1kWh. Tento argument je značně přesvědčivý a rozhodně ukazuje, že používání pohonu na CNG je nejen šetrnější k životnímu prostředí, ale dokonce vychází i lépe z hlediska provozních nákladů. Co se týká nákladů na provoz elektrobusů, vychází na 1 km 2,7 Kč, což je z ekonomického hlediska ještě zajímavější.

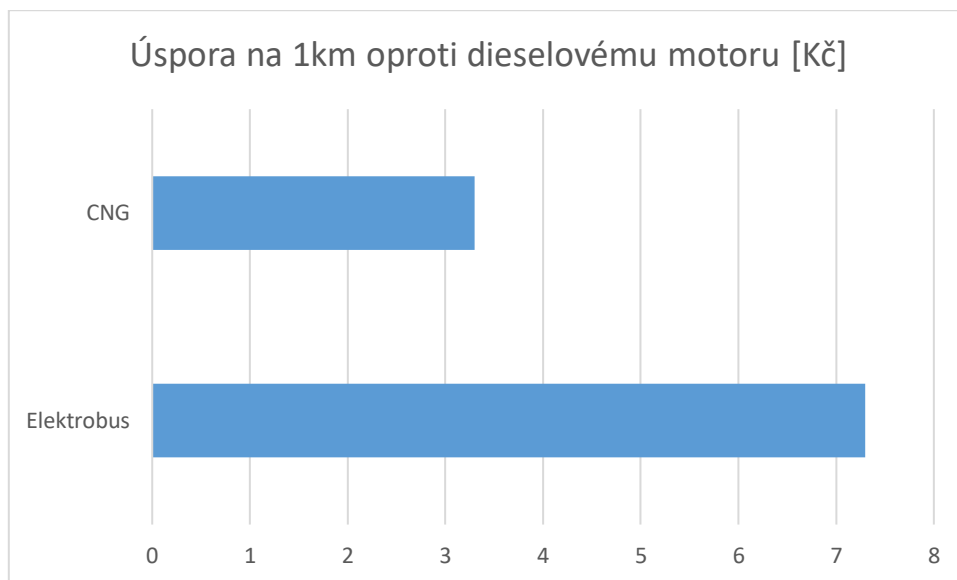
Důležitou informací je také již výše zmíněný fakt, a to rozdílné náklady na údržbu a opravy, které v rámci diesellového motoru a pohonu CNG jsou srovnatelné (u CDS v průměru 3,2 Kč/km), tak u elektrobusů se tyto náklady pohybují níže a konkrétně je to kolem 2 Kč/km.

Na obrázku 17 jsou zobrazeny celkové provozní náklady jednotlivých srovnávaných pohonů.

**Obrázek 17** Provozní náklady na 1 km jednotlivých srovnávaných pohonů (autor)

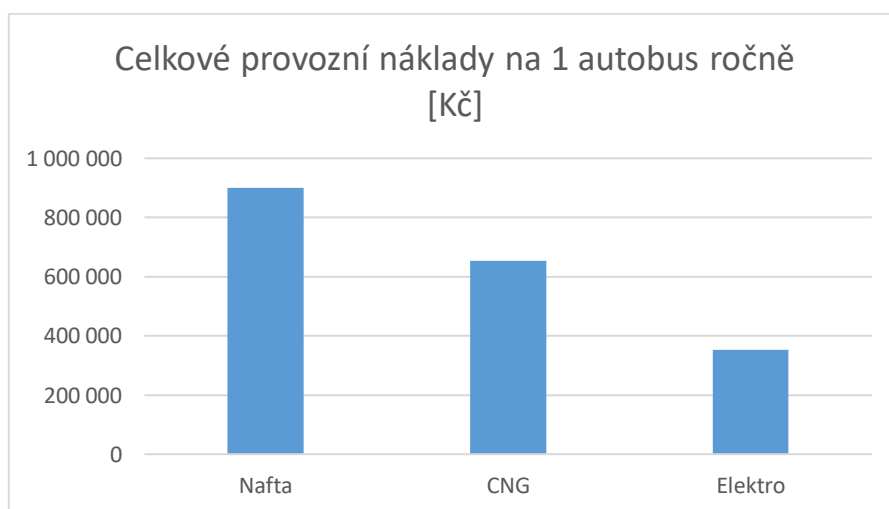
Z grafu jasně vyplývá, že co se týká provozních nákladů, tak jsou z ekonomického pohledu výhodnější obě zvažované alternativy. Z grafu je také patrné, že náklady na opravy a údržbu nejsou zásadní položkou provozních nákladů, ale jsou to náklady na pohonné hmoty,

což už bylo zmíněno v analytické části. Nejvyšší celkové provozní náklady na kilometr jsou u porovnávaných pohonů jednoznačně u nafty, a to konkrétně 12 Kč. Nejnižší naopak u elektrobuse, kde jsou náklady na jeden ujetý kilometr 4,7 Kč a u CNG vychází uvažované náklady na 8,7 Kč na kilometr. Co se týká úspor na jeden ujetý kilometr, tak ty jsou zobrazené v obrázku 18.



Obrázek 18 Výše úspory alternativních pohonů na 1 ujetý kilometr (autor)

V grafu je evidentní, že úspory alternativních pohonů, vůči konvenčním pohonům, konkrétně tedy zde uvažované naftě, jsou značné. U CNG vychází úspora 3,3 Kč/km a v případě elektrického pohonu je to 7,3 Kč/km. Z vyjádřené úspory nákladů na km lze jednoznačně usoudit, že aby se vyplatilo alternativní pohony zavádět, tak je třeba, co nejvíce vytěžovat tato vozidla, aby se investice vrátila co nejdříve.



Obrázek 19 Roční provozní náklady na 1 autobus (autor)

V obrázku 19 jsou uvedeny celkové provozní náklady na jeden autobus ročně. Z uvedených hodnot je jasné, že co se provozu týče, jsou alternativní pohony jednoznačně výhodnější. O poznání horší je to se vstupními investicemi. Dá se přibližně říci, že o co nižší jsou provozní náklady, o to vyšší jsou náklady infrastrukturní. Výše celkových ročních nákladů byla počítána s ročním nájezdem 75 000 kilometrů, což odpovídá reálným číslům nájezdu jednoho autobusu v rámci meziměstské a příměstské dopravy, v podmínkách CDS.

4.2 Čistá současná hodnota investice

Pro hodnocení investice byla zvolena metoda čisté současné hodnoty investice. Podle Máčeho (2006) je tato metoda výhodná, jelikož uvažuje vliv času a také možnou investici do podobně rizikového projektu, což je vyjádřeno diskontní sazbou. Jako průměrná výše diskontní sazby v oboru dopravy bylo počítáno s hodnotou 5 %, která byla použita po konzultaci v CDS. Uvažovaná doba životnosti investice je 10 let. Výpočet bude uvažovat nákup 10 autobusů od vybraného pohonu, včetně veškeré infrastruktury, kterou bude nutno vybudovat. Výpočet současné hodnoty investice se porovnává s případnou investicí do naftového autobusu.

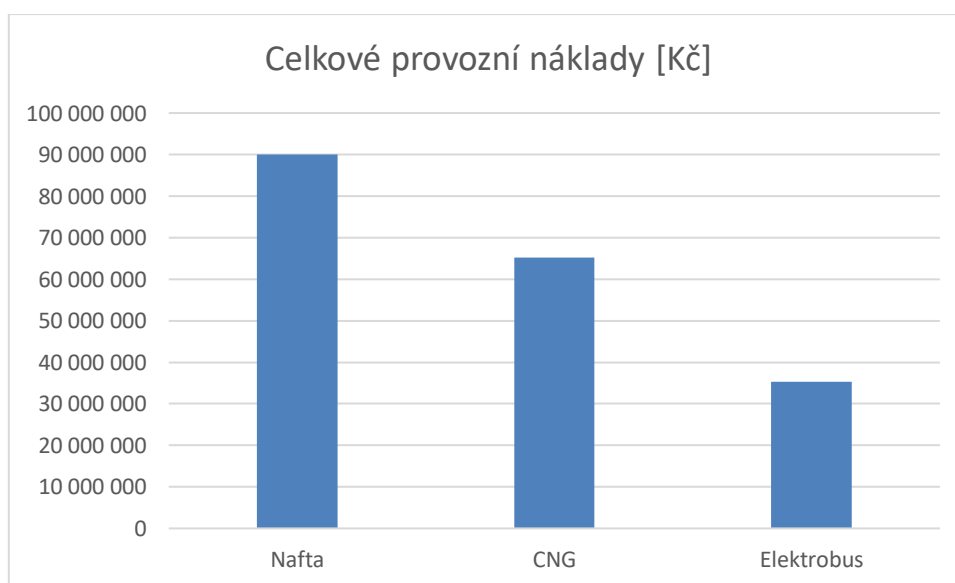
Tabulka 6 Srovnání investičních nákladů autobusů na naftu se CNG a elektrobusy [Kč]

	Nafta	CNG	Elektrobusy
Pořizovací cena	37 000 000	47 000 000	95 000 000
Infrastruktura a vybavení budov	-	5 000 000	5 000 000
Akumulátory	-	-	20 000 000
Celkem	37 000 000	52 000 000	120 000 000
Rozdíl s naftou	-	15 000 000	83 000 000

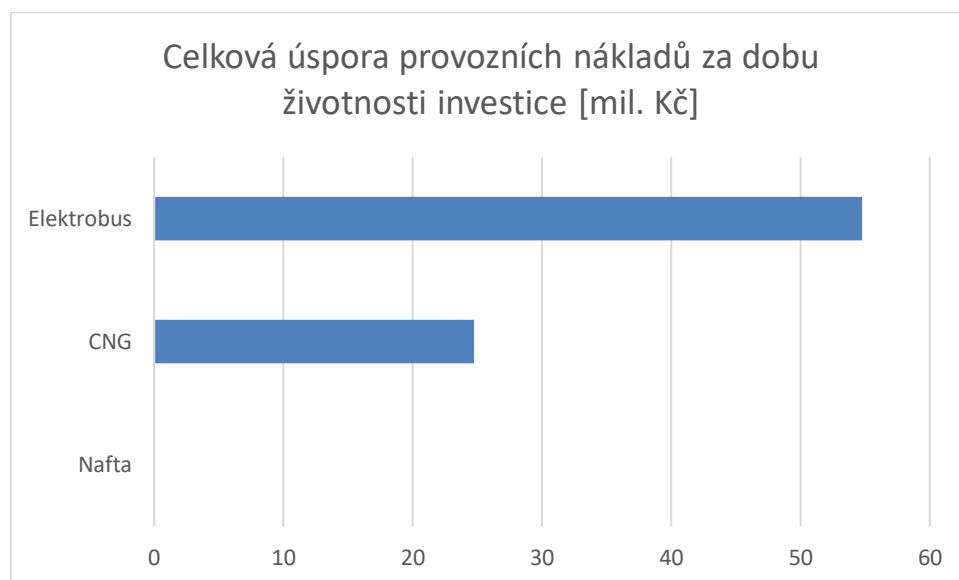
Zdroj: autor

V tabulce 6 jsou zobrazeny celkové investiční náklady daných pohonů. U naftového motoru hraje roli pouze pořizovací cena. U pohonu CNG je započítána investice do nutných úprav v opravárenských budovách, jelikož je potřeba u většího zapojení autobusů na CNG tento krok učinit. U elektrobusů jsou do těchto nákladů započítány, mimo nákladů na vybudování infrastruktury, také náklady na výměnu baterií, které se bohužel i se sebešetrnějším zacházením nelze vyhnout. Celková výše těchto nákladů je nejmenší u naftových autobusů (37 000 000 Kč), u autobusů s pohonem CNG se jedná o částku 52 000 000 Kč a nejvyšší částka je jednoznačně u elektrobusů (120 000 000 Kč).

Na obrázku 20 je uveden graf, který vyjadřuje výši celkových provozních nákladů u naftového motoru, pohonu CNG a elektrického pohonu. Z pohledu větší vypovídající hodnoty vzhledem do budoucna budou uvedena data za 10 autobusů daného pohonu a za předpokládané doby provozu 10 let.

**Obrázek 20** Celkové provozní náklady na jednotlivé pohony za 10 autobusů za 10 let (autor)

Stejně jako bylo již uvedeno ve zhodnocení jednotlivých návrhů, je jasné i z obrázku 20 že, co se týká výše provozních nákladů, jsou na tom nejlépe elektrobusesy. Stejně jako zde byla uvedena výše celkových provozních nákladů za 10 autobusů za dobu 10 let, bude stejně tak uvedena celková výše úspor na provozních nákladech u alternativních pohonů za stejnou dobu na stejném počtu autobusů, ta je vyobrazena na obrázku 21.



Obrázek 21 Výše celkové úspory na provozních nákladech za dobu životnosti autobusu (autor)

Výše uvedený graf (obrázek 21) je již klíčový. Zobrazuje totiž úsporu daných alternativních pohonů vůči naftovému motoru. Výše provozních úspor za 10 let na 10 autobusů je u pohonu CNG 24 750 000 Kč. U elektrobusesů se pak jedná o ještě vyšší úsporu, a to 54 750 000 Kč.

4.2.1 CNG

Důležitým údajem, který je nutné zahrnout pro relevantní porovnání, je výše celkových investičních nákladů na jednotlivé pohony po dobu životnosti investice, tedy 10 let. Do tohoto shrnutí budou vybrány varianty sobě si nejvíce odpovídající, tudíž autobusy SOR, které by měly být svými parametry srovnatelné. Uvedený vzorec je podle Máčeho (2006).

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IN = 4\,111\,293$$

kde:

NPV... čistá současná hodnota,

CF_t...peněžní toky v jednotlivých letech,

n...doba životnosti projektu,

r...diskontní úroková míra,

IN...výše počáteční investice

Tabulka 7 Peněžní toky investice za dobu životnosti investice CNG [Kč]

Roky	Úspory	Investice/náklady	Čistý peněžní tok	Diskontovaný peněžní tok
0	0	15 000 000	-15 000 000	-15 000 000
1	2 475 000	0	2 475 000	2 357 143
2	2 475 000	0	2 475 000	2 244 898
3	2 475 000	0	2 475 000	2 137 998
4	2 475 000	0	2 475 000	2 036 189
5	2 475 000	0	2 475 000	1 939 227
6	2 475 000	0	2 475 000	1 846 883
7	2 475 000	0	2 475 000	1 758 936
8	2 475 000	0	2 475 000	1 675 177
9	2 475 000	0	2 475 000	1 595 407
10	2 475 000	0	2 475 000	1 519 435
Celkem	24 750 000	15 000 000	9 750 000	4 111 293

Zdroj: autor

Tabulka 7 je z pohledu celé práce zásadní. Z údajů v ní obsažených jasně vyplývá, že pohon CNG je pro CDS z ekonomického pohledu výhodný i po započtení veškerých nákladů souvisejících s infrastrukturou a vybavením budov. Důležité je, že výhodnost byla potvrzena metodou čisté současné hodnoty investice, která zohledňuje do výpočtu i vliv času. Výhodnost z ekonomického pohledu je vyjádřena na příkladu zavedení deseti autobusů, jelikož návrh počítá nejen s jednorázovým nákupem jednoho autobusu s pohonem CNG, ale tato diplomová práce chce klást důraz na perspektivu tohoto návrhu do budoucího fungování CDS. Podle výpočtu by měla uvedená investice za 10 let přinést CDS zisk v podobě 4 111 293 Kč.

4.2.2 Elektrický pohon

Analogicky bude čistá současná hodnota investice spočítána pro elektrický pohon. Stejně jako v případě CNG se bude i u elektrobuses počítat se všemi investicemi, souvisejícími s provozováním elektrobuses (také 10) po dobu životnosti investice, která byla stanovena na 10 let.

Tabulka 8 Peněžní toky investice za dobu životnosti investice do elektrobuseů [Kč]

Roky	Úspory	Investice/náklady	Čistý peněžní tok	Diskontovaný peněžní tok
0	0	63 000 000	-63 000 000	-63 000 000
1	5 475 000	0	5 475 000	5 214 286
2	5 475 000	0	5 475 000	4 965 986
3	5 475 000	0	5 475 000	4 729 511
4	5 475 000	0	5 475 000	4 504 296
5	5 475 000	20 000 000	-14 525 000	-11 380 718
6	5 475 000	0	5 475 000	4 085 530
7	5 475 000	0	5 475 000	3 890 980
8	5 475 000	0	5 475 000	3 705 696
9	5 475 000	0	5 475 000	3 529 234
10	5 475 000	0	5 475 000	3 361 175
Celkem	54 750 000	83 000 000	-28 250 000	-36 394 024

Zdroj: autor

V tabulce 8 byla spočítána čistá současná hodnota investice pro případ elektrobuseů. Na rozdíl od pohonu CNG, jsou výsledky v záporné hodnotě a poměrně zásadně, tudíž investice za daných podmínek není pro CDS výhodná. Oproti CNG je velkou investiční zátěží, mimo počáteční investice, také nutná výměna akumulátorů.

Co se týká shrnutí výsledků metody čisté současné hodnoty investice, dá se tvrdit, že zavedení autobusů na pohon CNG je pro CDS výhodné i po zvážení možné investice do podobně rizikové investice.

4.3 Návratnost investice do navrhovaných alternativních pohonů

V následující kapitole bude na základě již provedených výpočtů spočítána doba návratnosti investice v podmínkách společnosti CDS.

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 CDS, 75 000 kilometrů.

4.3.1 Výpočet návratnosti investice do pohonu CNG

Jak už bylo v práci uvedeno, CDS má ve svém areálu vybudovanou plnicí stanici, tudíž tato podstatná investice nebude zahrnuta do výpočtu. Co se týká případných investic CDS do

pohonu CNG, jedná se primárně o pořízení autobusů, dále zmíněného systému pro odvětrávání a čidel pro detekci přítomnosti zemního plynu v opravárenských budovách. Tento systém by však bylo nutné vybudovat až v případě rozhodnutí, že CNG autobusy budou zaváděny ve větší míře a nebude možné, případně se finančně nevyplatí, provádět opravy externě. Proto do aktuální situace, při výpočtu návratnosti, nebudou zahrnuty.

Cena navrhovaného autobusu od výrobce SOR, modelu CNG 10,5 je 4 700 000 Kč. Bude propočítána návratnost investice ve srovnání s naftovým motorem. Jinak řečeno, za jak dlouho se vrátí CDS investice do alternativního pohonu, oproti investici do autobusu s konvenčním pohonem. Bude se tedy řešit za kolik kilometrů, respektive za jak dlouho se CDS vrátí rozdíl mezi cenou autobusu s naftovým motorem a autobusem s pohonem CNG. Tento rozdíl v pořizovacích cenách je 1 000 000 Kč, což je tedy rovno celkovým investičním nákladům v případě SORu CNG 10,5. Úspora na celkových provozních nákladech vůči dieselovému motoru jsou 3,3 Kč/km. Návratnost této investice je po ujetí 303 030 km, což s ročním nájezdem 75 000 km je návratnost za 4 roky. Pokud by se předpokládala životnost autobusu 10 let, poté by za zbývajících šest let provozu, CDS ušetřilo na provozu, oproti naftovému autobusu 1 485 000 Kč. Dalším pozitivním argumentem pro CNG je fakt, že lze získat dotaci na nákup, kdežto na naftový autobus nikoliv. Zmíněná úspora pohonu u autobusů by měla vliv i na výši celkového zisku na jeden ujetý kilometr, který by s každým dalším autobusem rostl, nicméně zde je třeba dodat, že při masovém rozšíření autobusů s pohonem CNG by bylo nutno vybudovat výše zmíněný systém pro detekci a odvětrávání zemního plynu.

Proto zde bude uvedena i varianta, jako v případě výpočtu čisté současné hodnoty investice pro 10 autobusů i se zmíněným systémem pro detekci a odvětrávání zemního plynu. Tato varianta je uvedena z důvodu vyššího příspěvku jednotlivých autobusů z úspor na provozních nákladech na infrastrukturní náklady a zmíněných úpravách budov. Tato návratnost by byla po ujetí 4 545 455 km, což ale přichází na všech 10 autobusů a zmíněná návratnost by byla po 6 letech., což vychází téměř stejně jako v případě metody čisté současné hodnoty a jen to potvrzuje výhodnost této investice pro CDS.

Nyní bude obdobný výpočet proveden u druhé varianty CNG pohonu, tedy autobusu Iveco natural power, který je využitelný na dálkové trasy. To znamená, že fungování autobusů SOR CNG 10,5 a Iveco natural power by mohla probíhat souběžně, avšak s využitím na jiných linkách. Autobus Iveco je dražší pouze o 300 000 Kč, což znamená, že návratnost investice je srovnatelná s výše vypočítaným autobusem značky SOR. Pokud by se postupovalo analogicky jako v případě SORu, a braly se do úvahy stejná vstupní data, pak by investice byla zpět za

393 940 km, což představuje 5,25 roku. Zde by byla úspora oproti autobusu s naftovým motorem, za předpokladu životnosti 10 let, 1 175 625 Kč.

V případě, že by CDS učinilo strategické rozhodnutí a rozhodlo se úpravy budov zahrnout už při nákupu prvního autobusu, pak by návratnost, počítající s autobusem SOR CNG 10,5 (5 000 000 za úpravy budov a 1 000 000 rozdíl mezi cenami autobusů), byla za 1 818 182 km, což je při ročním nájezdu jednoho autobusu 75 000 km, 24,24 let. Z tohoto údaje je zřejmé, že by se daný autobus, za dobu své životnosti, návratnosti investice jistě nedočkal. Jednalo by se ale o investici, kterou by v budoucnu nebylo třeba opakovat. V následujících letech by bylo třeba dělat pravidelné revize systému, ale tyto nákladové položky by již byly s tou vstupní zanedbatelné.

4.3.2 Výpočet návratnosti investice do elektrického pohonu

V následující kapitole bude vypočtena návratnost případné investice CDS do autobusů s elektrickým pohonem. I zde podstatná část investice odpadá, jelikož elektrická přípojka je rovněž v areálu CDS již vybudována a díky silné síti v depu budou náklady na vybudování další potřebné přípojky pouze 100 000 Kč.

To znamená, že co se týká investičních nákladů, je nejvýraznější položkou samotný nákup dopravního prostředku, jelikož v současné situaci by infrastrukturní náklady (v případě zakoupení jednoho autobusu) byly pouze 100 000 Kč, na vybudování další elektrické přípojky v depu CDS. Do výpočtu je také nutné zahrnout předpokládanou výměnu baterií, jelikož při předpokladu životnosti elektrobuse 10 let, je tato výměna nevyhnutelná zhruba na úrovni 350 000 ujetých kilometrů. Na výměnu akumulátorů u jednoho autobusu bude počítána částka 2 000 000 Kč.

Pořizovací cena autobusu SOR EBN 11, který byl uveden v návrhové části jako jedna z možných alternativ, je 9 500 000 Kč. I zde bude počítána návratnost do rozdílu investic mezi naftovým pohonem a pohonem elektrickým. Cena naftového autobusu SOR BN je 3 700 000 Kč. Rozdíl mezi těmito cenami s připočtením 2 000 000 Kč za výměnu akumulátorů po 5 letech a 100 000 Kč za elektrickou přípojku je 7 900 000 Kč. 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 7,3 Kč/km. Pokud se částka 7 900 000 vydělí právě hodnotou 7,3, vyjde, že autobus by musel ujet 1 082 192 km, aby na nákupu elektrobuse CDS finančně netrhalo ve srovnání s nákupem naftového autobusu. Což je počítáno s ročním nájezdem 75 000 km, zpět po 14,42 letech, což je zřejmé, že se bez dotace

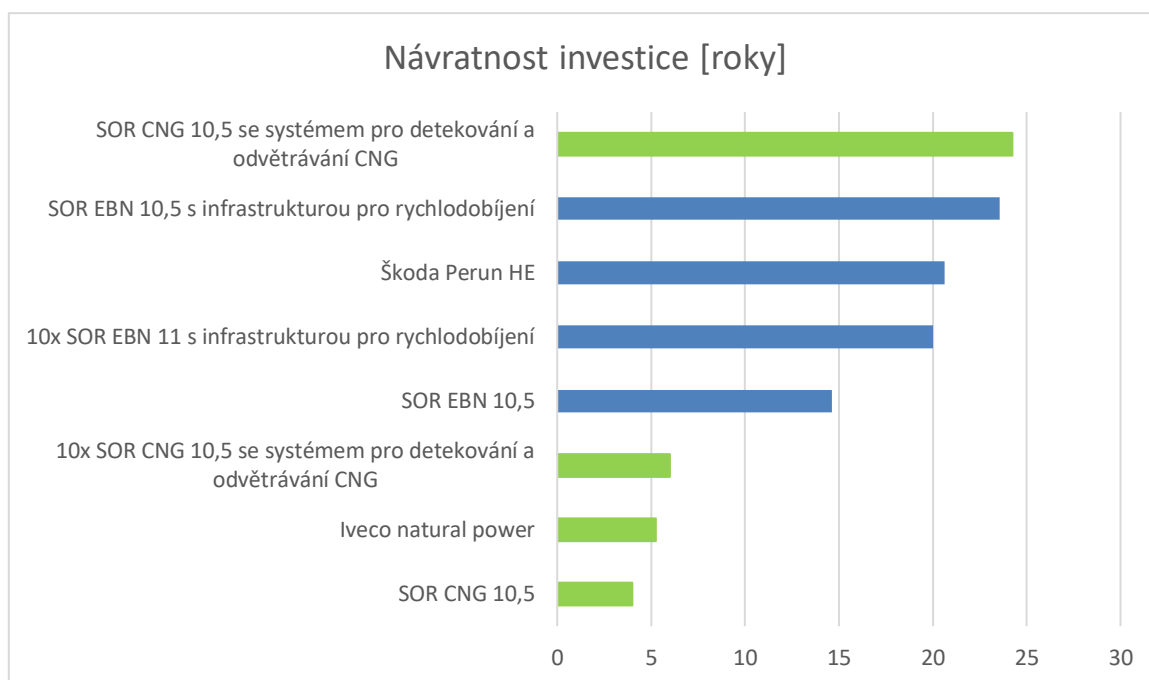
nevypatí dopravci realizovat, pokud se počítá s životností elektrobuse 10 let. A pokud by CDS chtělo využít elektrobuse ve větší míře, pak by to ekonomicky ještě více nedávalo smysl, protože by bylo třeba vybudovat výkonnější dobíjecí stanice, která by představovala skokové zvýšení investičních nákladů. V takovém případě by byla 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. Se zahrnutím uvedených vstupů by návratnost investice (12 900 000) dosahovala výše 1 767 123 km, což představuje vyjádřeno v letech 23,56 let.

Stejně jako v případě CNG bude návratnost přepočítána i pro 10 autobusů (SOR EBN 11) se zahrnutím infrastrukturní investice 5 000 000 Kč a 2 000 000 Kč na každý elektrobuse, z důvodu zmíněné nutné výměny akumulátorů. Tento výpočet jen potvrzuje to, co již bylo řečeno, že zavádění elektrobuse se v současných podmínkách bez dotací nemůže ekonomicky vyplatit. Návratnost vychází na 19 let, respektive ujetí jednoho z autobusů 1 445 783 km.

Pokud by se vzala do úvahy druhá varianta u elektrobuse, tedy elektrobuse od výrobce Škoda transportation, konkrétně Škoda Perun HE, který byl podrobněji popsán v návrhové části, kde je cena 13 000 000 Kč, což je ještě o 3 300 000 Kč nad rámec pořizovací ceny elektrobuse značky SOR (celkově 11 300 000 Kč), pak vychází po analogickém výpočtu, který zahrnuje kromě jinak stejné vstupní hodnoty, návratnost po 1 547 945 ujetých kilometrech. Což by se vrátilo při ujetí 75 000 km ročně, za 20,64 let.

4.3.3 Shrnutí výpočtů návratnosti investice do alternativních pohonů

Na závěr zhodnocení návratností bude uveden graf (obrázek 22), který pohromadě zobrazí výsledky dosažené pomocí uvedených výpočtů v předešlých kapitolách.



Obrázek 22 Návratnost investice do alternativních pohonů oproti naftovému autobusu (autor)

V grafu na obrázku 22 jsou vyjádřeny návratnosti investic do CNG (zeleně) a elektrického pohonu (modře). Všechny výpočty jsou založené na porovnání cen s naftovým autobusem. Tudíž vypočítaná návratnost není za celý autobus, ale pouze za rozdíl v cenách u alternativních pohonů oproti konvenčnímu. Tyto autobusy se oproti naftovým vyplatí po ekonomické stránce, z důvodu nižších provozních nákladů a na rozdíl od elektrického pohonu. Za dobu své životnosti jsou autobusy na CNG schopny dostát návratnosti investice, a navíc uspořit poměrně vysokou částku na výši provozních nákladů. V obrázku 22 je nejvyšší hodnota návratnosti paradoxně u autobusu na CNG, nicméně tato hodnota je způsobena tím, že zmíněná investice počítá nejen s rozdílem mezi nákupem naftového autobusu a autobusu s pohonem CNG. Tento rozdíl je 1 000 000 Kč. Dále počítá i s vybudováním systému pro detekování a odvětrávání zemního plynu, což představuje investici 5 000 000 Kč. Výše této investice je oproti elektrobusem o poznání nižší, současně nižší je také úspora provozních nákladů na 1 km. Právě větší rozdíl v úspoře způsobuje fakt, že tato varianta CNG má delší návratnost než veškeré varianty u elektrobusem.

4.4 Zhodnocení z pohledu dopadů na životní prostředí

V následující kapitole budou uvedena fakta, související s negativními dopady na životní prostředí u navrhovaných druhů alternativních pohonů. Toto zhodnocení je velmi náročné, co se týká přesného vyčíslení dopadů, například emisí. Proto budou uvedena především ověřená

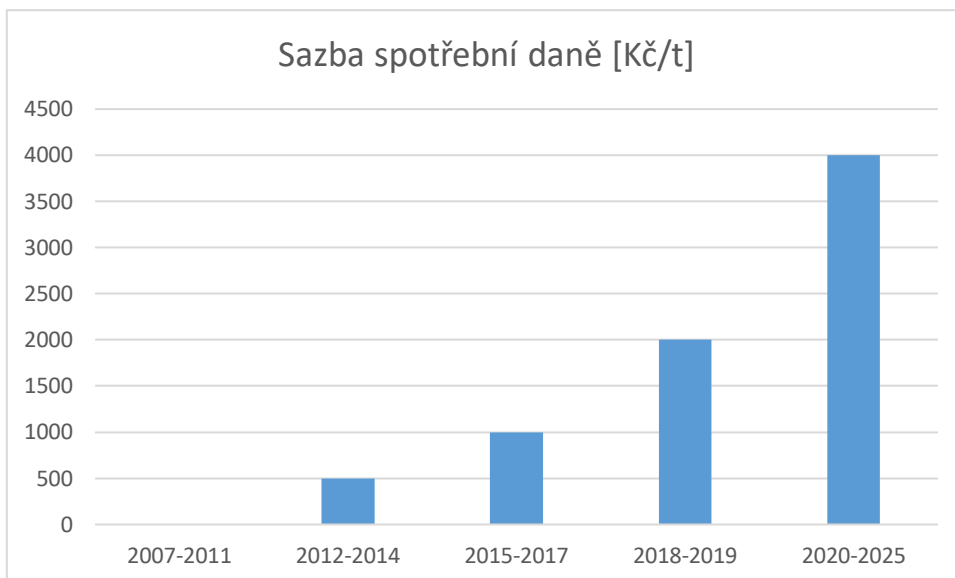
fakta týkající se jak dopadů CNG, tak elektrického pohonu. Je pravdou, že vlivy alternativních pohonů na životní prostředí byly do značné míry probírány již v teoretické části práce, nicméně v následujících kapitolách bude pozornost věnována jen CNG a elektrickému pohonu.

4.4.1 CNG

Ekologické výhody zemního plynu ve srovnání s konvenčními palivy (nafta, benzín) jsou popsány na webu Cng (2019). Píše se tam, že výhody CNG vyplývají především z jeho složení, respektive poměru uhlíku a vodíku v molekule. Zemní plyn je tvořen zhruba z 98 % z metanu CH_4 s poměrem 1:4 ve prospěch vodíku. Dalším argumentem proti konvenčním palivům je fakt, že vozidla na zemní plyn produkují výrazně menší procento škodlivin, než vozidla na naftu či benzín. Mezi tyto škodliviny nejsou počítány pouze oxidy dusíku a oxidu uhelnatého nebo uhlíčitého či pevných částic. Jde také o karcinogenní látky, mezi které se počítají polyaromatické uhlovodíky, aldehydy a aromáty, včetně benzenu. Dále je v článku zmíněno, že vliv na skleníkový efekt je u vozidel na zemní plyn menší než v případě nafty či benzínu, konkrétně je potenciál pro snížení emisí CO_2 až o 20–25 %.

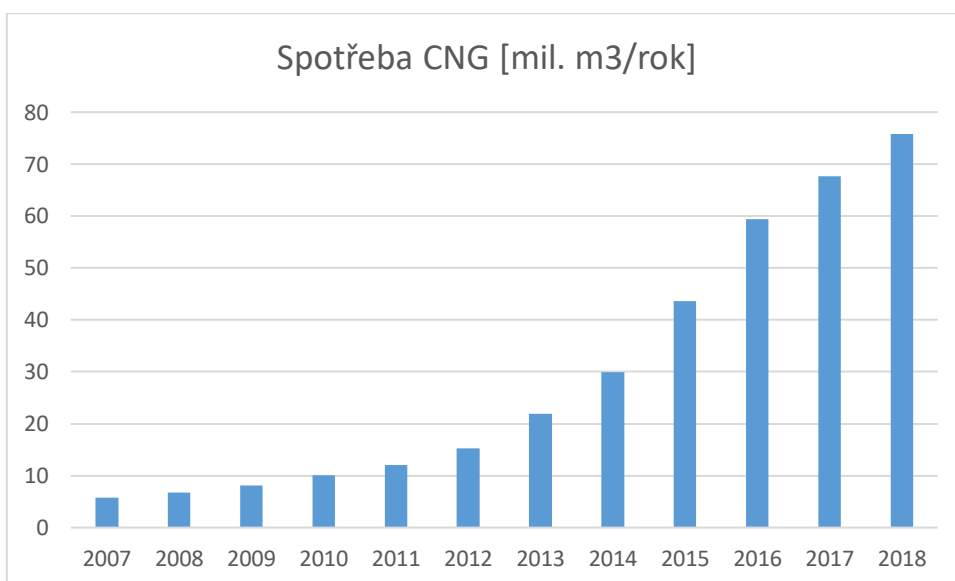
Dalším výrazným argumentem, který je na webu Cng (2019) zmíněný, je fakt, že kouřivost vznětových motorů je u plynových pohonů téměř eliminována. Dále nejsou do zemního plynu přidávána aditiva a karcinogenní přísady. Zemní plyn také ve srovnání s obvyklými palivy snižuje tvorbu ozónu v atmosféře nad zemí, který způsobuje tzv. letní smog. Zároveň mají plynové motory tišší chod a úroveň hluku plynových autobusů je díky jinému způsobu spalování je nižší o 50 % vně vozidel a o 70 % uvnitř vozidel. Významným argumentem je také nemožnost kontaminace půdy v důsledku nežádoucích úniků nafty na silnici.

Právě v návaznosti na výše uvedené výhody CNG oproti doposud provozovaným palivům, kterými byla nafta a benzín, bylo v roce 2018 podepsáno dle Ministerstva životního prostředí (2019) memorandum o dlouhodobé spolupráci v oblasti vozidel na zemní plyn, na dobu určitou do konce roku 2025. Toto memorandum má za cíl stanovit přiměřené podmínky pro další rozvoj zemního plynu v dopravě. Stěžejním závazkem, je že sazba daně pro zemní plyn, který je určen pro pohon motorů nepřekročí hranici 290 Kč/MWh. Pro větší názornost bude uvedena tabulka podle webu cng4u.cz a vývoj spotřební daně na zemním plynu



Obrázek 23 Vývoj spotřební daně na zemní plyn 2007-2025 (Cng4you, 2011)

Dle údajů v grafu (obrázek 23) je jasně vidět, jak sazba spotřební daně velmi rychle rostla, což je vysvětleno následujícím grafem (obrázek 24), ve kterém je uvedena spotřeba zemního plynu za sledované období.



Obrázek 24 Vývoj spotřeby zemního plynu v letech 2007-2018 (ČTK, 2018)

Zde je vidět jasně, jak se stát snaží využít rozvoje alternativních paliv i ve svůj prospěch, což je pochopitelné, nicméně lze jen spekulovat, jak by se trend vyvíjel, pokud by ještě více podporoval rozvoj zemního plynu v dopravě. Touto podporou je myšleno nezvyšování neustále této sazby s rostoucí spotřebou. V této práci je několik argumentů právě pro implementaci autobusů s tímto pohonem do vozových parků dopravců. Je třeba zmínit fakt, že jakýkoliv pohyb sazby daně je úzce svázán s cenou zemního plynu, tudíž má také okamžitou vazbu na

výši nákladů na pohonné hmoty, tím pádem na výši celkových provozních nákladů. To znamená, že sazba spotřební daně je nástroj, kterým může stát podpořit rozmach využívání zemního plynu. Momentálně bylo sepsáno výše zmíněné memorandum, nicméně to znamená, že cena je zafixována pevně do konce roku 2025, ale co se stane až vyprší lze opět jen spekulovat. Dá se ale vzhledem k historickým datům předpokládat, že pokud půjde spotřeba zemního plynu opět nahoru, což by tak mělo být vzhledem k žádným restriktivním opatřením týkající se využívání zemního plynu.

Dalo by se namítnout, že výše sazby spotřební daně není ekologickým vlivem CNG na životní prostředí, tudíž by v této kapitole být neměla. Nicméně nelze popřít fakt, že nárůst využívání zemního plynu má rozhodně vzhledem k informacím uvedeným v úvodu této kapitoly pozitivní vliv na životní prostředí. Zvýšená spotřeba se dá totiž vysvětlit buď všeobecným růstem dopravy jako celku, nebo většímu zastoupení vozidel na CNG v rámci individuální automobilové dopravy, ale také je možným vlivem obměna vozových parků dopravních podniků a dopravců poskytujících veřejnou službu v dopravě. Ať už je výsledek jakýkoliv, rozhodně je vzhledem k enviromentálním dopadům na planetu pozitivnější, než tomu bylo v minulosti.

4.4.2 Elektrický pohon

V následující kapitole budou vzpomenuty fakta týkající se elektromobility a jejího dopadu na životní prostředí. V současné době je toto téma velmi kontroverzní. Důvodem je na jednu stranu bezemisní provoz automobilů, které jsou poháněny elektrickou energií, na druhou stranu, výroba elektromobilů a zejména poté jejich akumulátory již tak ekologicky přátelské nejsou. I původ energie je často uváděn jako aspekt ovlivňující ekologii elektromobilů.

Jak tvrdí Červinková (2018), evropská agentura pro životní prostředí (dále EEA) vydala zprávu, ve které hodnotí celý životní cyklus elektromobilů a jejich dopady na kvalitu ovzduší, klimatickou změnu, hluk a ekosystémy v porovnání s konvenčními automobily. Podle této studie, která nese název *Electric vehicles from life circle and circular economy perspectives* (Elektromobily z pohledu životního cyklu a perspektivy v cirkulární ekonomice), jsou elektromobily během jejich celého životního cyklu méně škodlivé pro životní prostředí než konvenční pohony. Emise škodlivých plynů bývají vyšší ve výrobní fázi bateriových automobilů, avšak výrazně nižší v průběhu jeho využívání. Největším problémem, který je článku zmíněn je právě výroba elektromobilů a důvodem je zejména těžba a spalování uhlí potřebného k vyrobení elektřiny potřebné k dokončení výrobního procesu. Nicméně se očekává, že nízkouhlíková výroba elektrické energie bude v klíčových produkčních oblastech

akumulátorů (Čína, Japonsko, Jižní Korea) růst a tyto dopady budou zmírněny. EEA v této souvislosti navrhuje, aby byly negativní dopady na ekosystémy minimalizovány přístupem cirkulární ekonomiky, která klade důraz na recyklaci a opětovné použití. Tento přístup by bylo vhodné aplikovat v případě baterií. Pokud by jejich výroba byla standardizována, bylo by snadnější je následně opětovně použít.

Dalším častý argumentem proti elektromobilitě je „špinavý“ původ elektrické energie, která je využita pro provoz elektromobilu. Tento argument vyvrací studie, kterou ve svém článku zmiňuje Svatoš (2017), a která byla již zmíněna v teoretické části a zde bude více rozvedena. Tato studie potvrzuje, že i v případě, že je elektrická energie vytvořena pouze z nejméně ekologického zdroje, tedy z uhlí, tak i v tomto případě je provoz elektromobilu z pohledu produkce škodlivých emisí šetrnější než v případě nafty či benzínu. Jako příklad v rámci studie sloužilo Polsko, které je na tom s výrobou elektrické energie podobně jako Česká republika, tudíž nečerpá energii pouze z obnovitelných zdrojů, naopak spíše vyrábí elektřinu „špinavější“ cestou. Výsledky ovšem dokázali, že i tak vůz poháněný touto elektřinou produkuje zhruba o 25 % méně emisí než klasické spalovací motory. Elektřina se stále častěji stává čistou, jelikož vyspělé země přechází na energii z obnovitelných zdrojů.

Dalším pozitivním argumentem, který Svatoš (2017) v článku zmiňuje je fakt, že chemické postupy pro výrobu lithiových baterií se optimalizují a mohou významně snížit dosavadní negativní dopady na environmentální prostředí. Navíc u novějších technologií výroby se daří výrobcům redukovat hmotnost baterií, tím pádem i celého elektromobilu a tím snižují také spotřebu. Snížená spotřeba logicky vede i ke snížení úrovně využité energie pro provoz elektromobilu, čímž se celkově redukuje negativní dopady elektromobility a zároveň náklady na pohonné hmoty.

Posledním důležitým aspektem v rámci elektromobility, který bude v této kapitole řešen a je často vzpomínán jako argument proti elektromobilitě, je likvidace baterií.

Zde je základem pro argumentaci článek Vytlačila (2018). Článek se zabývá především Li-ion bateriemi, ale nicméně k podobné povaze materiálů, z kterých jsou akumulátory vyráběny se lze domnívat, že podobné postupy jsou aplikovatelné i v případě baterií Li-Pol, které jsou modernější, ale stejně jako v případě Li-Ion baterií, je jejich základem lithium. Recyklace materiálů je především motivována ekonomickou hodnotou recyklovaných materiálů a pokud není jejich hodnota velká, často se jejich recyklace tolik neřeší. Nicméně v budoucnu by mohl být trh s elektromobily brzděn právě nedostatkem potřebného materiálu. Podmínky recyklace jsou zakotveny v legislativě. V EU existuje směrnice (2006/66/ES), která uvádí, jak mají být různé typy baterií recyklovány. V návaznosti na tuto směrnici je tu opatření EU

493/2012, které stanovuje pravidla pro výpočet recyklační účinnosti procesů odpadních baterií a akumulátorů. Uvedené směrnice také zahrnuje i odpovědnost a povinnost výrobce, který dodává baterie na trh, za jejich sběr a recyklaci. Výrobce se tak mimo jiné zavazuje, že 95 % baterií dodávaných na trh, musí být zpětně shromáždít a 50 % z celkové hmotnosti musí recyklovat a zprávu o recyklaci dodat příslušným úřadům.

Přes to všechno je podle Vytlačila (2018) úroveň recyklace v dnešní době na nízké úrovni. Důvodem ale není pouze nedostatečná ekonomická motivace subjektů vyrábějících akumulátory, ale především fakt, že většina baterií doposud nedosáhla konce své životnosti. Jelikož největší rozkvět v oblasti elektromobilů nastal až v posledních zhruba deseti letech. Nicméně jak je v článku uvedeno dále, recyklace je dnes určena hlavně legislativními a bezpečnostními požadavky uvedených směrnic a nařízení. Je tedy jasné, že i v tomto odvětví má legislativa velký zásah do chodu odvětví. Do budoucna jde tedy především o záměr vybudování ekonomicky nezávislého recyklačního řetězce, kde by motivací neměla být ekonomická hodnota materiálu obsaženého v akumulátorech, nýbrž šetrnost k životnímu prostředí a opětovné využití již vytěžených surovin.

Pokud se tedy bude hodnotit celkový dopad uvedených alternativních pohonů, CNG a elektromobility na životní prostředí, tak rozhodně bylo uvedeno hodně silných argumentů pro jejich zavádění. Pokud by se měla porovnat elektromobilita a pohon CNG, tak těžko nalézt ukazatel vhodný pro porovnání a výběru šetrnějšího způsobu. Nicméně z uvedených faktů je zřejmé, že oba dva srovnávané druhy alternativního pohonu jsou ekologičtější než konvenční pohony. To znamená, že i v této pasáži práce jsou argumenty pro nahrazování starších naftových autobusů ve vozovém parku CDS novějšími autobusy s alternativními pohony

4.5 Celkové zhodnocení

V úvodní kapitole zhodnocení se práce zabývala zhodnocením investice pomocí metody čisté současné hodnoty investice. U této metody byla vypočítána jak varianta zavedení autobusů s pohonem CNG, tak elektrobuses. Výsledky ukázaly, že ekonomicky efektivní se jeví pouze varianta s pohonem CNG. Byly provedeny také výpočty prosté návratnosti, kdy bylo jen potvrzeno, co vyšlo u čisté současné hodnoty, tedy opět se ukázala výhodnost pro CDS pouze v případě CNG. Dalším pozitivním přínosem pro zavádění CNG je i jeho dopad na životní prostředí, který byl rozebrán v další podkapitole, týkající se zhodnocení z pohledu dopadů jednotlivých alternativních pohonů na životní prostředí. U tohoto zhodnocení lze jen těžko přímo porovnat CNG a elektrický pohon, ale byla uvedena základní fakta, týkající se obou

pohonů. Bylo potvrzeno to, co se tvrdí již v teoretické části. Alternativní pohony jsou z pohledu ekologického šetrnější k životnímu prostředí než pohony konvenční.

Z výše uvedených důvodů lze konstatovat, že zavedení autobusů na pohon CNG by splnilo cíle práce, kterými bylo vyšší využívání alternativních pohonů, současně při zlepšení situace ohledně negativních vlivů dopravy na životní prostředí. Podstatný je také fakt, že pomocí zhodnocení bylo vypočítáno, že se to CDS vyplatí i po ekonomické stránce, na rozdíl od zavádění elektrobusů.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá tematikou využívání alternativních pohonů u autobusů. Byla zpracována ve společnosti CDS, která se zabývá mimo jiné provozováním pravidelné autobusové dopravy a také obsluhuje městskou hromadnou dopravu v Náchodě. Cílem práce bylo navrhnout opatření, jejichž realizací by CDS přispělo k redukci negativních vlivů dopravy na životní prostředí a zároveň snížilo své provozní náklady. Tento cíl by mohl být splněn výběrem vhodného alternativního pohonu, dle výše uvedených podmínek.

Teoretická část se v úvodu věnovala dopravě, jejím funkcím a vlivům jednak na společnost a také na životní prostředí. Protože doprava výrazně ovlivňuje nejen ekonomiku, ale má zároveň významné environmentální a sociální dopady. Právě dopady na životní prostředí jsou v současné době velmi aktuálním a ožehavým tématem. CDS, jakožto subjekt provozující hromadnou dopravu osob, již tímto významně přispívá k snižování negativních dopadů dopravy na životní prostředí. Nicméně CDS, stejně jako ostatní provozovatelé jak městské hromadné dopravy, tak pravidelné autobusové dopravy, má možnost negativní dopady redukovat ještě způsobem provozování svého vozového parku a jeho složením. Myšleno tak, že pokud se rozhodne využívat alternativních pohonů a vezme tento fakt v potaz při postupné obměně vozového parku, lze vedle redukování produkce nežádoucích škodlivých látek, také snížit své provozní náklady. V teoretické části jsou analyzovány jednotlivé dostupné alternativní pohony.

Ve druhé kapitole je provedena analýza stávajícího stavu vozového parku CDS. Vybrány byly ukazatele odrážející dopravní výkony společnosti, dále jsou uvedeny základní ekonomické ukazatele a největší část této kapitoly se práce zabývá rozbohem nákladových položek souvisejících se zajištěním provozuschopnosti autobusů. Provedenou analýzou bylo zjištěno, že perspektiva pro zavádění alternativních pohonů v CDS rozhodně je, jelikož mimo dvou elektrobuses, provozovaných v rámci městské hromadné dopravy, jsou veškeré provozované autobusy na naftový pohon. Dále byla zjištěna perspektiva v již vybudované plnicí stanici na CNG a stabilní výkonné elektrické síti, která zajišťuje v počátku snížené náklady na budování elektrických přípojek. Cílem CDS je zvyšování počtu přepravených osob, avšak při respektování sociálních a environmentálních dopadů.

Na základě údajů zjištěných v analýze byla navržena možná řešení, která by mohla za určitých okolností splnit stanovený cíl. Ze všech možných alternativních pohonů byly vybrány dva typy pohonu, které jsou podmínkám CDS nejvýhodnější. Těmito zvolenými pohony byly CNG a elektrický pohon. Autobusy na CNG od značek SOR a Iveco a elektrické autobusy od značek SOR a Škoda transportation. U elektrického pohonu byla i navržena ideální linka, na

keré by mohl elektrobus jezdit. Tato linka byla vybrána s ohledem na omezující podmínky, jimiž jsou u elektrického pohonu dojezd a pestrý výškový profil trati, aby bylo možné využít nespornou výhodu elektrobusů, kterou je schopnost rekuperace trakční energie. Dle uvedených omezujících podmínek byla vybrána linka číslo 640 131 z Náchodu do Nového města nad Metují, přes Nový Hrádek, kde právě elektrobus překonává veliké převýšení.

Poslední část této diplomové práce se zabývala vyhodnocením, který z navrhovaných pohonů je pro CDS výhodnější jak z pohledu nákladů spojených s jeho pořízením i provozem, tak z pohledu jejich ekologické stopy. Nejprve bylo hodnocení investice prováděno pomocí metody čisté současné hodnoty investice. Zhodnocení bylo prováděno s ohledem na nákup pouze jednoho autobusu daného pohonu. Dále ale byla věnována pozornost situaci, kdy by bylo nakoupeno 10 autobusů daného pohonu, aby byl znázorněn vliv příspěvku z úspory na provozních nákladech do vysokých počátečních investic, souvisejících s budováním infrastruktury. Výsledky byly pozitivní pouze u pohonu CNG, kdy ve zmíněné situaci nákupu 10 autobusů a započtení veškerých nákladů souvisejících s nákupem a provozem po celou dobu životnosti investice, vyšla čistá současná hodnota 4 111 293 Kč, kdežto u elektrobusů byla tato hodnota záporná (-36 394 024 Kč).

Další částí zhodnocení byla prostá návratnost investice, která byla počítána v porovnání s investicí do konvenčního pohonu. To znamená, že byla vypočítána návratnost rozdílu mezi pořizovacími cenami naftového autobusu a autobusu na CNG i elektrobusu. Do tohoto propočtu byly zahrnuty veškeré investiční náklady, které by momentálně CDS musela vynaložit při nákupu jednoho autobusu daného pohonu. U CNG byly pominuty náklady na systém pro detekci a odvětrávání opravárenských budov. U elektrického pohonu pak byly připočítány pouze minimální náklady na vybudování potřebné infrastruktury (100 000 Kč) a nutné náklady na výměnu akumulátorů zhruba po polovině životnosti elektrobusu (2 000 000 Kč). Z těchto výpočtů vyšla návratnost CNG autobusu SOR za čtyři roky. U elektrobusu byla tato návratnost v případě srovnatelného autobusu SOR vypočítána na 14,42 let. Toto číslo převyšuje předpokládanou životnost investice, tudíž nebylo doporučeno. Aby nemohlo být sporu o nezahrnutí veškerých investičních nákladů na jednotlivé pohony, byly vypočítány také celkové investiční náklady v případě pořízení 10 autobusů daného pohonu a byly hodnoceny za celou dobu životnosti investice (10 let), stejně jako v případě čisté současné hodnoty. Do tohoto propočtu byly zahrnuty v případě CNG i náklady na systém pro detekci a odvětrávání zemního plynu a v případě elektrobusů byla zahrnuta podstatně vyšší částka na vybudování infrastruktury. Ze srovnání investičních nákladů a přičtení úspor z provozu po dobu životnosti investice, vyšlo, že za 10 let na 10 autobusech CDS ušetří v případě nákupu autobusů

s pohonem CNG, místo naftových, 9 750 000 Kč. Návratnost v tomto případě byla po šesti letech. Ztráta v případě elektrobusů by byla 28 250 000 Kč.

Podstatným faktem je, že provoz uvedených alternativních pohonů je výrazně levnější v porovnání s naftou, nicméně jejich pořizovací ceny a náklady na vybudování infrastruktury jsou podstatně vyšší. Tudíž je třeba autobusy s alternativními pohony využívat co nejvíce, jelikož čím více kilometrů ujedou, tím více se ušetří na provozních nákladech, respektive tím dříve bude vykompenzována vyšší úroveň vstupních nákladů. Důležité je také, že veškeré výpočty, které jsou součástí práce, nepočítaly s žádnými dotacemi na nákup autobusů na alternativní pohony. Přichází tedy do úvahy, že s pomocí dotací lze veškeré návratnosti urychlit. Na základě výše uvedených výsledků s přihlédnutím k faktu, že oba dva alternativní pohony jsou ekologicky šetrnější než nafta, byl doporučen pro zavedení pohon CNG.

POUŽITÁ LITERATURA

- ACZ, 2018a. Iveco Bus uvádí nový dálkový autobus Crossway Natural Power. In: *Auto.cz* [online]. [cit 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/galerie/profi/62315/iveco-bus-uvadi-novy-dalkovy-autobus-crossway-natural-power?foto=0>
- ACZ, 2018b. Iveco Crossway Natural Power. In: *Auto.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://img2.auto.cz/img/29/full/5346048_.jpg
- ACZ, 2019. Mercedes-Benz Citaro G BlueTec Hybrid. In: *Auto.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/galerie/profi/29592/mercedes-benz-citaro-g-bluetec-hybrid-v-beznem-provozu?foto=1>
- ADAMEC et. al, 2008. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. Praha: Grada. ISBN: 978-80-247-2156-9.
- CCS, ©2019. Průměrné měsíční ceny PHM – ceny benzínu a nafty. In: *Ccs.cz* [online]. [cit 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.ccs.cz/phm>
- CDS NÁCHOD, ©2009. O společnosti. In: *Cdsnachod.cz* [online]. [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <http://www.cdsnachod.cz/informaceospolecnosti.html>
- CDS NÁCHOD, 2019. *Statistická ročenka*. Náchod: CDS Náchod
- CDS NÁCHOD, Kvě 02, 2017. Iveco Crossway 12. In: *Facebook.com* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://scontent.fprg2-1.fna.fbcdn.net/v/t1.0-9/18301656_1303482383021283_8471882933859345659_n.jpg?_nc_cat=100&_nc_ht=scontent.fprg2-1.fna&oh=af1f0e5f6523691f757c2d34dd24bc4e&oe=5D6C2188
- CNG STANICE, 2019. Jak financovat výstavbu CNG stanice? In: *Cngstanice.cz* [online]. [cit 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.cngstanice.cz/jak-financovat-vystavbu-cng-stanice.html>
- CNG, ©2019. Ceny CNG. In: *Cng.cz* [online]. [cit 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.cng.cz/ceny>
- CNG.CZ, ©2019. Ekologie. In: *Cng.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.cng.cz/uzitecne-informace/ekologie>

CNG4YOU, ©2011. Vývoj spotřební daně na CNG v ČR. In: *Cng4you.cz*. [online]. [cit 2019-04-26]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/dane-a-podpora/vyvoj-spotrebni-dane-na-cng-v-cr.html>

CZECH NEWS CENTER, ©2001-2019. Profi. In: *Auto.cz*. [online]. [cit 2019-04-19]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/mercedes-benz-citaro-g-bluetec-hybrid-beznem-provozu-66199/foto?foto=1>

ČERVINKOVÁ, Jana, Lis 28, 2018. Studie: Elektromobily vypouští během životního cyklu méně emisí než konvenční vozy. In: *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektromobilita/studie-elektromobily-vypousti-behem-zivotniho-cyklu-mene-emisi-nez-konvencni-vozy/>

ČTK, 2018. Spotřeba CNG v ČR loni stoupla o 14 %. In: *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/spotreba-cng-v-cr-loni-stoupla-o-14/>

DMHALO415, 2019. Elektrobusy SOR. In: *Dmhalo415.eu* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://i2.wp.com/dmhalo415.eu/wp-content/uploads/2018/10/elektrobusy_2.jpg?w=1024

EISLER, Jan, 2004. *Ekonomika dopravních služeb a podnikání v dopravě*. Praha: Nakladatelství Oeconomica. ISBN 80-245-0772-20.

EUROCNG, ©2012-2019. Ekonomika provozu na CNG. In: *Eurocng.cz* [online]. [cit. 2019-04-26] Dostupné z: <https://www.eurocng.cz/o-cng/ekonomika-provozu-na-cng/>

FUEL CELL TODAY, 2014. History. In: *Fuelcelltoday.com* [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <http://www.fuelcelltoday.com/history>

HINČICA Libor, 2018. Největší objednávka na vodíkové autobusy v Evropě, 40 vozů zamíří do Německa. In: *Cs-dopravak* [online]. [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <http://www.cs-dopravak.cz/zpravy/2018/3/7/nejvt-objednvka-na-vodkov-autobusy-v-evrop-40-voz-zam-do-nmecka>

HORČÍK, Jan, 2009. Historie hybridních aut 1. díl. In: *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/clanky/historie-hybridnich-aut-1-dil>

HOVORKA, Lukáš, 2014. *Alternativní pohonné systémy autobusů z pohledu investičních a provozních nákladů*. Pardubice. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.

- HROMÁDKO, Jan, 2012. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4455-1.
- MATĚJOVSKÝ, Vladimír, 2005. *Automobilová paliva*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0350-5.
- MÁČE, Miroslav, 2006. *Finanční analýza investičních projektů: praktické příklady a použití*. Praha: Grada. ISBN 80-247-1557-0.
- MEADE, James E, 1973. *The theory of economic externalities: The control of environmental pollution and similar social costs*. Sijthoff: Institut Universitaire de Hautes Etudes Internationales. ISBN 90-286-0433-2.
- MINISTERSTVO DOPRAVY, ©2019. Studie – Využití vodíkového pohonu v dopravě v České republice. In: *Hytep.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://www.hytep.cz/images/dokumenty-ke-stazeni/Studie-Vyuziti-vodikoveho-pohonu-v-doprave-v-Ceske-republice.pdf?fbclid=IwAR0dZUaLYjvOfWoTENSSeeUWlcKNx7KO92MPBrgYdNPttcz_kY6ux5F6JIN8
- MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ, ©2019. Irop. In: *Mmr.cz* [online]. [cit 2019-04-25]. Dostupné z: <https://irop.mmr.cz/cs/Pro-media/tiskove-zpravy/MMR-IROP-rozdelil-jiz-80-miliard-korun-do-regionu>
- MINISTRESTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, 2018. Memorandum podpoří další rozvoj vozidel na CNG do roku 2025. Stát tak chce přispět ke snížení znečištění ovzduší. In: *Mzp.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_180522_CNG
- PETROLEUM, ©2007-2019. Výkladový slovník. *Alternativní paliva*. Petroleum [online]. [cit. 2019-01-23]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/slovník.aspx?pid=121>
- POHL, Jiří, 2013. *Průběžně dobíjené elektrobusy* [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/elektromobilita/57.php>
- RAMADHAS, Arumugam S, 2011. *Alternative fuels for transportation*. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 978-1-4398-1957-9.
- ROJAN, Jiří et al, 1994. *Městské komunikace*. Praha: Vysoké učení technické. ISBN 80-01-01060-0.

SDRUŽENÍ PRO DOPRAVNÍ TELEMATIKU, ©2013. Ekonomika. In: *Elektronickemyto.cz* [online]. [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <http://www.elektronickemytne.cz/jake-jsou-negativni-externality-tezke-silnicni-dopravy/>

SEZNAM.CZ, 2019a. Plánovač trasy. In: *Mapy.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&x=16.1872143&y=50.3830066&z=12&rc=9kzTPxZq4T9IKJixZZaf9kxP4cH1&rs=muni&rs=muni&rs=muni&ri=2463&ri=2505&ri=2504&mrp=%7B%22c%22%3A200%2C%22d%22%3Atrue%2C%22dt%22%3A%222019-05-02T13%3A03%3A00%22%2C%22i%22%3A%5B0%2C0%2C0%5D%7D&rt=&rt=&rt=&xc=%5B%5D>

SEZNAM.CZ, 2019b. Výškový profil trasy. In: *Mapy.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?planovani-trasy&x=16.1872143&y=50.3830066&z=12&l=1&rc=9kzTPxZq4T9IKJixZZaf9kxP4cH1&rs=muni&rs=muni&rs=muni&ri=2463&ri=2505&ri=2504&mrp=%7B%22c%22%3A200%2C%22d%22%3Atrue%2C%22dt%22%3A%222019-05-02T13%3A03%3A00%22%2C%22i%22%3A%5B0%2C0%2C0%5D%7D&rt=&rt=&rt=&xc=%5B%5D>

SOR, ©2019a Váš partner pro městskou, meziměstskou a turistickou dopravu. In: *Sor.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://www.sor.cz/wp-content/uploads/2018/11/CNG_105-12-123_CZ_NEW_LoRes.pdf

SOR, ©2019b. SOR CNG. In: *Sor.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.sor.cz/cng/>

SOR, ©2019c. SOR CNG. In: *Sor.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://www.sor.cz/wp-content/uploads/2017/09/sor_cng6.jpg

SOR, ©2019d. SOR EBN. In: *Sor.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://www.sor.cz/wp-content/uploads/2017/09/sor_ebn3.jpg

STÁTNI FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, © 2019. Národní program životního prostředí. In: *Narodniprogramzp.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.narodniprogramzp.cz/nabidka-dotaci/detail-vyzvy/?id=64>

- SVATOŠ, Patrik, 2017. Elektromobily mají pozitivní dopad na životní prostředí, tvrdí nová studie. In: *Fdrive* [online]. [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/elektromobily-maji-pozitivni-dopad-na-zivotni-prostredi-tvrdi-nova-studie-1583>
- ŠALOVSKÁ, Božena, 2009. *Makroekonomie a mikroekonomie*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT. ISBN 978-80-01-04373-8
- ŠEBOR, G., M. POSPÍŠIL, J. ŽÁKOVEC, 2006. *Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě* [online]. Praha: VŠCHT [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/cs/Strategie/Zivotni_prostredi/Alternativni_paliva.html
- ŠKAPA, Petr, 2003. *Doprava a životní prostředí*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. ISBN 80-248-0433-6.
- ŠKODA TRANSPORTATION, ©2019. Škoda Perun HE. In: *Skoda.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/photo-ct-2394-760-546-.jpg>
- TRIHYPBUS, 2019a. Autobus. In: *H2bus.cz* [online]. [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <http://www.h2bus.cz/index.php/cz/autobus>
- TRIHYPBUS, 2019b. Autobus. In: *H2bus.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: http://www.h2bus.cz/images/CLANKY/AUTOBUS/Autobus/bus_schema.jpg
- VLK, František, 2004. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk. ISBN 80-239-1602-5.
- VOJTĚCH, Dalibor, 2009. *Perspektivy automobilů poháněných vodíkem*. Chemické listy. ISSN 1213-7103.
- VOLTY.CZ, 2017. Ultrakapacitory akumulátory budoucnosti. In: *Volty.cz* [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <https://www.volty.cz/2017/05/20/ultrakapacitory-akumulatory-budoucnosti>
- VYTLAČIL, Petr, 2018. Recyklace li-ion baterií – úvod. In: *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/akumulace-energie/recyklace-lithium-ion-baterii-uvod/>

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1 SROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH POHONŮ VOZIDEL	29
TABULKA 2 SLOŽENÍ VOZOVÉHO PARKU	32
TABULKA 3 TRŽBY A ZISK V LETECH 2014-2018.....	36
TABULKA 4 SROVNÁNÍ POŘIZOVACÍCH NÁKLADŮ JEDNOTLIVÝCH NAVRHOVANÝCH AUTOBUSŮ	58
TABULKA 5 POROVNÁNÍ ZVAŽOVANÝCH A STÁVAJÍCÍCH POHONŮ Z POHLEDU NÁKLADŮ NA PHM	61
TABULKA 6 SROVNÁNÍ INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ AUTOBUSŮ NA NAFTU SE CNG A ELEKTROBUSY	64
TABULKA 7 PENĚŽNÍ TOKY INVESTICE ZA DOBU ŽIVOTNOSTI INVESTICE CNG	66
TABULKA 8 PENĚŽNÍ TOKY INVESTICE ZA DOBU ŽIVOTNOSTI INVESTICE DO ELEKTROBUSŮ	67

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1 MERCEDES-BENZ CITARO G BLUETEC HYBRID	24
OBRÁZEK 2 SCHÉMA KONCEPCE TRIHYBUSU	28
OBRÁZEK 3 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ NAJETÉ KILOMETRY V LETECH 2014-2018	34
OBRÁZEK 4 POČET PŘEPRAVENÝCH OSOB V LETECH 2014-2018.....	35
OBRÁZEK 5 IVECO CROSSWAY Z VOZOVÉHO PARKU CDS.....	40
OBRÁZEK 6 NÁKLADY NA PHM V LETECH 2014-2018	41
OBRÁZEK 7 NÁKLADY NA PHM NA JEDEN UJETÝ KILOMETR V LETECH 2014- 2018.....	42
OBRÁZEK 8 ELEKTROBUSY SOR PRO CDS V NÁCHODĚ.....	44
OBRÁZEK 9 SOR CNG 10,5.....	48
OBRÁZEK 10 AUTOBUS IVECO CROSSWAY NATURAL POWER.....	49
OBRÁZEK 11 TRASA LINKY ČÍSLO 640 131 Z NÁCHODU DO NOVÉHO MĚSTA NAD METUJÍ PŘES NOVÝ HRÁDEK.....	52
OBRÁZEK 12 VÝŠKOVÝ PROFIL LINKY 640 131	53
OBRÁZEK 13 SOR EBN 11	54
OBRÁZEK 14 ŠKODA PERUN HE.....	55
OBRÁZEK 15 NÁKLADY NUTNÉ NA VYBUDOVÁNÍ POTŘEBNÉ INFRASTRUKTURY V RÁMCI ALTERNATIVNÍCH POHONŮ.....	59
OBRÁZEK 16 INVESTIČNÍ NÁKLADY NA ZAVEDENÍ ALTERNATIVNÍCH POHONŮ V PODMÍNKÁCH CDS.....	60
OBRÁZEK 17 PROVOZNÍ NÁKLADY NA 1 KM JEDNOTLIVÝCH SROVNÁVANÝCH POHONŮ.....	61
OBRÁZEK 18 VÝŠE ÚSPORY ALTERNATIVNÍCH POHONŮ NA 1 UJETÝ KILOMETR.....	62
OBRÁZEK 19 ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY NA 1 AUTOBUS	62
OBRÁZEK 20 CELKOVÉ PROVOZNÍ NÁKLADY NA JEDNOTLIVÉ POHONY ZA 10 AUTOBUSŮ ZA 10 LET	64
OBRÁZEK 21 VÝŠE CELKOVÉ ÚSPORY NA PROVOZNÍCH NÁKLADECH ZA DOBU ŽIVOTNOSTI AUTOBUSU	65
OBRÁZEK 22 NÁVRATNOST INVESTICE DO ALTERNATIVNÍCH POHONŮ OPROTI NAFTOVÉMU AUTOBUSU.....	71
OBRÁZEK 23 VÝVOJ SPOTŘEBNÍ DANĚ NA ZEMNÍ PLYN 2007-2025	73
OBRÁZEK 24 VÝVOJ SPOTŘEBY ZEMNÍHO PLYNU V LETECH 2007-2018	73

SEZNAM ZKRATEK

CDS	CDS s. r. o. Náchod
CNG	Compressed natural gas (stlačený zemní plyn)
EEA	Evropská agentura pro životní prostředí
EU	Evropská unie
LNG	Liquified natural gas (zkapalněný zemní plyn)
PHM	Pohonné hmoty