

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera

Aspekty provozu vozidel MHD s pohonem CNG a možnosti dalšího rozvoje
ekologické MHD v Dopravním podniku města Pardubic a.s.

Bc. Filip Mácal

Diplomová práce

2014

UNIVERSITY OF PARDUBICE

Jan Perner Transport Faculty

The aspects of running of municipal public transport vehicles with CNG drive
and the opportunities for further development of ecological municipal public
transport in Dopravní podnik města Pardubic a. s.

Bc. Filip Mácal

Diploma thesis

2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Filip Mácal**
Osobní číslo: **D11917**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury:
Ochrana životního prostředí v dopravě**
Název tématu: **Aspekty provozu vozidel MHD s pohonem CNG a možnosti
dalšího rozvoje ekologické MHD v Dopravním podniku města
Pardubic a.s.**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

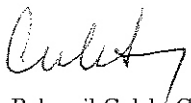
- 1) Úvod do problematiky provozu vozidel MHD s pohonem na CNG
- 2) Porovnání provozních parametrů autobusů na CNG s klasickými autobusy a trolejbusy
- 3) Ekologické aspekty CNG v městské autobusové dopravě
- 4) Řešení současných provozních problémů v DPMP a.s.
- 5) Výhled na rozvoj a provoz vozidel s ekologickým pohonem v DPMP a.s.
- 6) Shrnutí a závěr

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

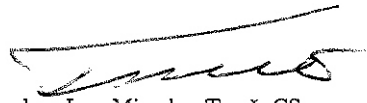
1. VLK, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Brno: nakladatelství Vlk, 2004, ISBN 80-239-1602-5. 61s, 71s.
2. Interní zprávy a dokumentace DPMP a.s.
3. <http://www.cng.cz> on-line

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Jilek, DiS.
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: 21. února 2014
Termín odevzdání diplomové práce: 23. května 2014


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2014

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 14. 5. 2014

Bc. Filip Mácal

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé práce panu Ing. Petru Jílkovi a Dopravnímu podniku města Pardubic a.s. za poskytnutí potřebných informací.

ANOTACE

Práce se zabývá problematikou provozu autobusů a plnicí stanice na stlačený zemní plyn – CNG v Dopravním podniku města Pardubic a.s., řešením a objasňováním aktuálních provozních problémů a překážek v rozvoji městské dopravy na zemní plyn a rozvojem ekologické MHD v Pardubicích.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stlačený zemní plyn; CNG; autobus; Dopravní podnik města Pardubic a.s., MHD, emise, ekologický provoz.

ANNOTATION

The thesis occupies with the issue of running buses and a compressed natural gas station – CNG - in Dopravní podnik města Pardubic, a.s. It tries to resolve and clarify current operating problems and obstacles in the development of natural gas public transportation and with the development of ecological municipal public transport in Pardubice.

KEY WORDS

Compressed natural gas; CNG; bus; Dopravní podnik města Pardubic a. s.; municipal public transport; emission of pollutants; ecological transport.

OBSAH

ÚVOD	13
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY PROVOZU VOZIDEL MHD S POHONEM CNG V DPMP	14
1.1 Aspekty CNG jako paliva pro vozidla	14
1.2 Plnicí stanice.....	14
1.3 Legislativa a normy k CNG	17
1.4 Provozně - bezpečnostní rizika	20
1.5 Politická rizika	22
1.5.1 Daňová politika	22
1.5.2 Mezinárodní politika	24
2 POROVNÁNÍ PROVOZNÍCH PARAMETRŮ AUTOBUSŮ NA CNG S KLASICKÝMI AUTOBUSY A TROLEJBUSY	25
2.1.1 Výhody a nevýhody autobusů na CNG	25
2.1.2 Výhody a nevýhody trolejbusů.....	25
2.1.3 Výhody a nevýhody autobusů na naftu	26
2.1.4 Současné typy autobusů na stlačený zemní plyn.....	27
2.2 Porovnání nákladů na palivo.....	29
2.3 Porovnání technických parametrů vozidel DPMP	30
2.3.1 Citelis 12 M CNG.....	30
2.3.2 Citelis 18M CNG.....	30
2.3.3 Trolejbus Škoda 14 Tr	31
2.3.4 Trolejbus Škoda 21 Tr	31
2.3.5 Trolejbus Škoda 24Tr Irisbus	31
2.3.6 Trolejbus Škoda 26 Tr Solaris	32
2.3.7 Trolejbus Škoda 28 Tr Solaris	32
2.3.8 Autobus Karosa – Renault Citybus a Citelis 12M.....	32
2.3.9 Ostatní provozované naftové autobusy Karosa	32
2.3.10 Shrnutí rozdílů.....	33

2.3.11	Porovnání vlivu na životní prostředí	34
3	EKOLOGICKÉ ASPEKTY PROVOZU CNG V MHD	35
3.1	Všeobecné	35
3.2	Emise výfukových zplodin	35
3.2.1	Výpočet celkových emisí CO ₂ u autobusů na naftu a na CNG	36
3.2.2	Výpočet tvorby emisí NO _x novými Citelisy 12 CNG	37
3.2.3	Výpočet tvorby emisí CO novými Citelisy 12 CNG	38
3.2.4	Výpočet tvorby emisí NMHC novými Citelisy 12 CNG	38
3.2.5	Výpočet tvorby emisí CH ₄ novými Citelisy 12 CNG	39
3.3	Emise hluku	39
4	ŘEŠENÍ SOUČASNÝCH PROVOZNÍCH PROBLÉMŮ V DPMP	40
4.1	Konkurence	40
4.2	Obecná provozní problematika	40
4.3	Rozšíření vozového parku	41
4.4	Záměna palivové základny autobusů	42
4.5	Rozšíření plnicí stanice	42
4.6	Jiná alternativa záložní stanice	44
5	VÝHLED NA ROZVOJ A PROVOZ VOZIDEL S EKOLOGICKÝM POHONEM V DPMP	45
5.1	Jiná alternativní vozidla	45
5.1.1	Elektro-busy	45
5.1.2	Trolejbusy s bateriovým pohonem	46
5.1.3	Obnova vozového parku autobusů	46
5.2	Rozšíření stávající trolejbusové sítě	46
5.2.1	Autobusové linky projíždějící centrem města	46
5.2.2	Nejnovější linky a trati	47
5.3	Optimalizace nasazování jednotlivých trakcí na stávající linky	49
5.3.1	Linky pouze s bateriovými trolejbusy.	49

5.3.2	Ryze autobusové linky.....	50
5.3.3	Prodloužení některých trolejbusových linek bateriovými trolejbusy.....	51
5.3.4	Shrnutí optimalizace vozového parku	53
5.4	Shrnutí základních poznatků – SWOT analýza	54
5.5	Dostavba městských okruhů.....	56
ZÁVĚR.....		57
Použitá literatura		59

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Tabulka 1 – Srovnání zemního plynu a konvenčních paliv	21
Tabulka 2 – Spotřeba plynu autobusy DPMP	29
Tabulka 3 – Spotřeba energie trolejbusů a transformačních stanic DP	29
Tabulka 4 – Zisky z prodeje CNG externím subjektům	29
Tabulka 5 – Náklady na palivo - nafta	30
Tabulka 6 – Porovnání počtu míst pro cestující	33
Tabulka 7 – Porovnání emisních limitů s emisemi udávanými výrobcem	36
Tabulka 8 – Porovnání emisí s normou Label EEV	36
Tabulka 9 – Počty nasazovaných vozidel v jednotlivých trakcích	54
Tabulka 10 – SWOT analýza CNG	55
Tabulka 11 – SWOT analýza bateriového pohonu	55

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

A – Autobus

AkuTr – akumulátorový nebo též bateriový trolejbus

CNG – stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas)

DP – dopravní podnik ve smyslu stavby, areálu, vozovny atp.

DPMP – Dopravní podnik města Pardubic, a.s.

DO – dílny údržby

LPG – zkapalněný ropný plyn (Liquefied Petroleum Gas)

MHD – městská hromadná doprava

NMHC – ne-metanové uhlovodíky

NO_x – oxidy dusíku

Tr – trolejbus, též součást označování trolejbusů Škoda

ÚVOD

Dějiny autobusové dopravy v Pardubicích a okolí se začaly psát před více než sto lety. Dne 13.5.1908 se rozjely státní poštovní autobusy, jako první v předlitavské části Rakouska – Uherska do Holic a do Lázní Bohdaneč. Vznik ryze městské hromadné dopravy v Pardubicích se začal psát mnohem později a to v roce 1950. Za uplynulých šest desetiletí se v rámci dopravního podniku vystřídalo na 420 různých autobusů.

V roce 2009 Dopravní podnik města Pardubic a.s. (dále DPMP) vybudoval plnicí stanici na stlačený zemní plyn a s touto investicí zároveň pořídil i první autobusy na tento druh paliva. Vydal se tak po vzoru tuzemských i zahraničních dopravních podniků a dopravců novým směrem, který přináší nejen ekologické, ale i ekonomické výhody.

Úkolem této práce bude osvětlit výhodnost a perspektivnost stlačeného zemního plynu – CNG jako paliva nejen z hlediska ekologického, ale v současnosti asi nejsledovanějšího hlediska ekonomického. Zároveň hodlám podat přesvědčující argumenty o výhodnosti dalšího budování a rozšiřování infrastruktury a vozového parku, ale i upozornit na aktuálně nejvýznamnější rizika a nedostatky plynoucí z aktuálního stavu infrastruktury pro plnění vozidel zemním plynem.

Posledním bodem této práce bude návrh na úpravy ve vedení některých linek v návaznosti na optimalizaci vozového parku, jejímž cílem bude co nejvíce snížit počet autobusů s naftovým motorem a jejich náhrada ekologičtějšími vozy na CNG, trolejbusy a trolejbusy s bateriovým pohonem, popřípadě elektro-busy.

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY PROVOZU VOZIDEL MHD S POHONEM CNG V DPMP

1.1 Aspekty CNG jako paliva pro vozidla

Zemní plyn byl jako palivo do motorových vozidel používán už ve třicátých, čtyřicátých i padesátých letech 20. století. Většímu rozšíření však tehdy bránila omezená dostupnost zdrojů a jednoduchost provozu na naftu a benzín.

Složení zemního plynu těženého v různých nalezištích je rozdílné. Vždy převažuje metan, v malém množství obsahuje i vyšší uhlovodíky, dokonce i butan a pentan. Někdy mohou být příměsí i inertní oxid uhličitý a dusík. Ty jsou z hlediska výhřevnosti nežádoucí složkou. Vyšší uhlovodíky se při zpracování zemního plynu odstraňují, protože by mohly kondenzovat v potrubí. Je-li obsah CO_2 a N_2 příliš vysoký, odstraňují se také. V každém případě se vždy odstraňuje sirovodík a případné další sirné sloučeniny. Norma požaduje, aby se plyn dodávaný do sítě skládal alespoň z 85 % z metanu. Ve skutečnosti je jeho obsah vyšší a pohybuje se kolem 95%.

Dnešní jednoduchost distribuce plynu ke koncovému uživateli, který je dodáván již existující rozsáhlou sítí veřejných plynovodů a celkově vyspělejšími technologiemi a materiály výrazně nahrávají tomuto palivu i jako alternativní pohonné látky pro dopravní prostředky. Kromě této nesporné výhody má zemní plyn oproti benzínu vyšší oktanové číslo, což velmi příznivě ovlivňuje chod motoru i jízdní vlastnosti vozidla. Řidiči kromě tiššího chodu a plynulejší, příjemnější jízdy zvláště oceňují živost a větší sílu motoru. Kromě těchto předností je to i snadnější startování v zimních měsících.

Klasické spalovací motory jsou významným zdrojem látek znečišťujících ovzduší. Protože naprostá většina používaných paliv je na bázi uhlovodíků, vzniká jejich spalováním především obrovské množství oxidu uhličitého. Z jedné tuny uhlovodíkového paliva přibližně 3 tuny CO_2 , který se významnou měrou podílí na tvorbě skleníkového efektu. [1],[2]

1.2 Plnicí stanice

Plnicí stanice CNG se napojují na nejbližší dostupný plynovod o nejvyšším tlaku. Plynovod s vyšším tlakem umožňuje plnění s nižšími nároky na kompresní výkon a tím i nižší nároky na elektrickou energii potřebnou na kompresi CNG. Plnicí stanice je možno připojit

na sací tlak 1kPa až 2MPa při použití vhodných kompresorů. Všechny funkce plnicí stanice jsou plně automatizovány. Součástí plnicí stanice je kompletní zázemí pro obsluhu, pokud se předpokládá vícesměnný provoz po celý den a noc. Avšak všechny funkce plnicí stanice mohou být plně automatizovány.

Vybudování plnicích stanic si bude vyžadovat také náklady na nové zaškolení pracovníků na vyšší odbornou úroveň.

Plnicí stanice sestává z těchto dílčích celků:

-vstupního objektu obsahujícího přívodní potrubí, filtraci, regulační zařízení a měřiče zemního plynu

-sušičky zemního plynu na rosný bod – 40 °C

-kompresorové stanice s výstupním tlakem 25 MPa

-tlakového zásobníku na tlak 20 MPa

-výdejních stojanů pomalého a rychlého plnění

-řídícího systému

Zemní plyn se nejdříve mechanicky filtruje, je vysušen v sušícím zařízení a přiveden na sání kompresorů. Zde se stlačí na tlak 25 MPa a je veden do zásobníku o třech sekcích nebo přímo třemi samostatnými potrubními rozvody do výdejního stojanu. Tlak, při kterém se plyn plní do nádrže vozidla je 20 MPa. Hadice, kterou se plní plyn, umožňuje plynotěsné napojení na nádrž vozidla. Plnění nádrže vozidla probíhá ve třech fázích. Pomocí elektromagnetických ventilů jsou postupně po vyrovnání tlaků v jedné sekci zásobníku a v nádrži zapínány další sekce zásobníku. Tyto další sekce zásobníku byly natlakovány na 25 MPa. Nádrž vozidla může být natlakována na 20 MPa přímo přes výdejní stojan.

Stanice pomalého plnění není vybavena tlakovým zásobníkem. K plnění nádrží dochází postupně a ve větším počtu vozidel. Plyn se tankuje přímo z výtlaku kompresorů. Jejich spuštění a provoz je také řízen dle tarifu elektrické energie a jsou spouštěny hlavně na levnější noční proud. U stanice pomalého plnění je výdejní stojan nahrazen větším počtem stání s plnicími hadicemi.

Doba plnění 80 litrové nádrže na tlak 200 barů u stanice pomalého plnění je až 8 hodin.

Stanice rychlého plnění

Externí zákazník má na odběr stlačeného plynu s DPMP uzavřenou smlouvu. Zároveň jsou mu stanoveny podmínky a opatření pro pohyb po areálu DPMP a je zaškolen pro obsluhu

výdejního zařízení. Na základě této smlouvy je mu přidělena čipová karta, kterou používá při obsluze výdejního stojanu. Po příjezdu ke stojanu připojí hadici s koncovkou ke svému vozu, přiloží kartu ke snímači a potvrdí odběr. Zařízení následně začne s plněním jímky vozidla, dokud nedosáhne tlaku 20 MPa.

Na výdejním stojanu se také ukazuje množství natankovaného CNG v kg a jeho cena. Plnění osobního vozidla nebo dodávky trvá několik minut a výdej čítá zhruba 7 – 9 kg stlačeného plynu. Tankovací doba nádrže autobusu se pohybuje od 5 do 15 minut. Po dosažení tlaku se plnění automaticky zastaví a obsluha je na tuto skutečnost upozorněna zvukovým signálem. Zároveň je po dokončení automaticky vytisknut lístek s množstvím a cenou paliva.

Nedostatkem tohoto samoobslužného zbrojení je nemožnost regulovat množství odebraného CNG na jeden odběr. Stává se tak, že ke stojanu přijede nákladní vozidlo naložené baterií jímek o objemu několika set litrů, které si zde jednorázově nebo i postupně naplní. To má za následek vyčerpání většiny nebo veškeré stlačené zásoby plynu a s tím i spojené spuštění kompresorů. Protože k těmto odběrům dochází během běžného denního provozu, běží kompresory i době vyššího tarifu za elektřinu a může se stát (a stává se), že je tím dokonce překročen špičkový limit odběru elektřiny. Z toho pro DPMP plynou zbytečně vyšší náklady na stlačení a je na zváženu, jestli se takové odběry vůbec vyplatí. Pro tyto případy by bylo vhodné naprogramovat výdejní zařízení na nějaký maximální možný odběr a toto mít ošetřeno i smluvně. Protože se nejedná o příliš častý případ, bylo by vhodné v případě zájmu o odběr takto vysokého množství stanovit odběrateli časy, ve kterých je to možné, popřípadě mu nabídnout možnost plnění přes noc nebo v době snížené taxi za elektřinu na výdejním stojanu pomalého plnění. [3]

Technické parametry plnicí stanice

vstupní tlak	4 bar (0,4 MPa)
hodinový výkon kompresoru	400 Nm ³ /hod.
počet kompresorů	2 kusy
výstupní tlak pro rychloplnění a pomalé plnění	240 bar (24 MPa)
příkon asynchronního motoru	75 kW
jmenovité otáčky	1 500 ot/min.
celkový vodní objem tlakového zásobníku pro rychloplnění	3,92 m ³
počet stojanů pro rychloplnění	1 kus /2 hadice
typ plnicí pistole pro rychloplnění i sekvenční plnění	NGV 1

počet stojanů pro sekvenční plnění	10 kusů /20 hadic
ovládání výdejních stojanů	elektrické
sušení neregenerační adsorpční	1 750 hod.

[3]

1.3 Legislativa a normy k CNG

Zákon č.311/2006 Sb.,

o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot. Upravuje požadavky na složení a jakost pohonných hmot, sledování a monitorování složení a jakosti prodáváných pohonných hmot, prodej a výdej pohonných hmot a evidenci čerpacích stanic pohonných hmot. [4]

Zákon č. 458/2000 Sb. ,

o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů.

Plnicí zařízení pro motorová vozidla s pohonem na zemní plyn se nepovažují za plynárenská zařízení ve smyslu tohoto zákona, a proto mu nepodléhají. [4]

Zákon č. 261/2007 Sb.,

o stabilizaci veřejných rozpočtů. Ošetřuje platby daní, jejich výši, podmínky a možnosti osvobození a další. [4]

Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2008 § 19

Od září 2011 platí vyhláška MV ČR č. 268/2011 Sb., kterou se mění vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb. Parkování CNG vozidel v podzemních hromadných garážích pro veřejné užívání je dovoleno za určitých podmínek (dostatečné odvětrávání, detektory úniku plynu, souhlas majitele, atd.). V § 20 je řešena technická nezpůsobilost plynového zařízení.

Nahrazená vyhláška č. 23/2008 Sb., řeší vybavení garáží pro parkování CNG vozidel, vybavení servisu nebo opravny CNG vozidel a parkování CNG vozidel v podzemní hromadné garáži pro veřejné užívání. [4]

Předpis EHK/OSN č.110

Jednotná ustanovení pro schvalování typu:

I. zvláštních součástí motorových vozidel, která ve svém pohonném systému používají stlačený zemní plyn (CNG);

II. vozidel s ohledem na zástavbu zvláštních součástí schváleného typu pro použití stlačeného zemního plynu (CNG) k jejich pohonu. [5]

Předpis EHK/OSN č. 115

Řešící problematiku dodatečné montáže CNG, vztahuje se na přestavby vozidel z provozu na pohon alternativním palivem LPG, nebo CNG. [5], [6]

ČSN 65 6517

Tato norma stanovuje požadavky a zkušební metody pro stlačený zemní plyn určený k použití ve vozidlech se spalovacími, především zážehovými motory, které jsou na tento druh paliva konstruovány. Uvedené požadavky lze aplikovat i pro stacionární spalovací motory pro toto palivo určené. [5]

ČSN 730804

Stanovuje požární bezpečnost staveb - výrobní objekty - příloha i Garáže

ČSN 38 6110

Stanovuje jakostní standardy zemního plynu.

TDG 304 02

Tato technická pravidla stanovují základní podmínky pro stavbu nových a rekonstrukce stávajících plnicích stanic, jejich umístění, provedení, technické požadavky, zkoušení, provoz, odbornou způsobilost obsluhovatелů a kontrolu provozu. Platí pro plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla i pro čerpací stanice s tradičními kapalnými palivy, které slouží zároveň i pro vydávání zemního plynu. [5], [6]

TDG 982 01

Tato technická pravidla určují požadavky na vybavení garáží, servisů, opraven a jiných prostor používaných pro parkování, odstavování a stání (v úrovni terénu i mimoúrovňově) motorových vozidel s pohonem na CNG. Současně vymezují podmínky pro projektování,

výstavbu a provoz. Pravidla také konkrétně stanovují minimální požadavky na vybavení prostor pro provádění kontrolních a údržbových prací, odborná způsobilost a požadavky na provozovatele objektu, vybavení předmětných prostor požárně bezpečnostním zařízením a určují podmínky bezpečného provozního režimu v těchto objektech. [5], [6]

TDG 982 02

Tato technická doporučení určují požadavky a podmínky provozu, oprav, údržby a kontroly vozidel s pohonem na stlačený zemní plyn (CNG). Předmětná doporučení definují základní pojmy užívané v praxi pro pohon CNG. Dle zákona č. 56/2001Sb., o podmínkách provozu na pozemních komunikacích, s odvoláním na Dohodu o přijetí jednotných technických pravidel pro kolová vozidla, zařízení a části, které se mohou montovat a nebo užívat na kolových vozidlech a o podmínkách pro vzájemné uznávání homologací, udělených na základě podmínek uvedených v této Dohodě, jsou stanoveny požadavky na zvláštní komponenty motorových vozidel se systémem CNG, jejich užití, kontrolu a zajišťování údržby.

K provádění činností spojených s homologací, může výrobce vozidla či držitel typového schválení přestavby vozidla uplatnit požadavky a povinnosti na své zaměstnance, na odbornou způsobilost zaměstnanců včetně práva mlčenlivosti. Technické a organizační požadavky a podmínky pro provoz, opravy, údržbu a kontroly motorových vozidel s pohonným systémem CNG, uvedené v těchto doporučení, mají za cíl sjednotit rozsah prováděných prací a především zajistit bezpečnost provozu a užití CNG jako alternativního paliva motorových vozidel. Tato doporučení navazují na TDG 304 02 a souvisejí s TDG 982 01. [5], [6]

TDG 982 03

Tato technická doporučení stanovují základní podmínky pro umístování, provedení a provoz plnicích zařízení pro motorová vozidla s pohonem na zemní plyn. V doporučeních jsou uvedeny požadavky na bezpečnost práce a požární bezpečnost.

Plnicí zařízení pro motorová vozidla s pohonem na zemní plyn splňující požadavky těchto doporučení jsou zařazena jako malé stacionární zdroje (do 200 kW) znečišťování ovzduší ve smyslu zákona č. 86/2002 Sb. [5], [6]

1.4 Provozně - bezpečnostní rizika

Tlakové nádoby zemního plynu jsou na vozidlech umístovány v pevném skeletu z kvalitního materiálu. Plyn je v tlakových nádobách uskládáván pod tlakem 200 barů. Ještě před zamontováním do vozu je každý zásobník zkoušen na tlak 300 barů, proti roztržení je odolný až do tlaku 450 - 500 barů. Každý zásobník plynu má vlastní elektronicky kontrolovaný ventil, který zabezpečuje dodávku zemního plynu do motoru pouze v době jeho chodu. Také speciální mechanické ventily přeruší dodávku paliva k motoru v případě snížení tlaku v přívodu plynu např. z důvodu nehody. Pro případ požáru jsou zásobníky plynu vybaveny ochrannou pojistkou, která zaručí řízené "odfouknutí" expandujícího plynu v okamžiku, kdy teplota přesáhne hranici 110 °C (přestože zemní plyn má teplotu vznícení 537 °C).

Vozidla na zemní plyn jsou mnohem bezpečnější než vozidla na benzín, naftu nebo LPG. Vyplývá to z fyzikálních vlastností zemního plynu, technického zabezpečení i ze zkušeností z dlouhodobého provozu.

Zemní plyn je, oproti kapalným palivům (benzínu, naftě, LPG), lehčí než vzduch a při úniku teda stoupá vzhůru.

Teplota vzplanutí i vznícení u zemního plynu je oproti benzínu mnohonásobně vyšší.

Silnostěnné plynové tlakové nádoby, vyráběné z oceli nebo kompozitních materiálů, jsou bezpečnější než tenkostěnné nádrže na kapalné pohonné hmoty. Tlakové nádoby procházejí řadou zkoušek mnohem přísnějších oproti zkouškám nádrží kapalných paliv. Hlavně se zkouší odolnost proti nárazu, požáru, zvýšení tlaku. Ani v praktickém provozu, při havárii plynových vozidel, kdy byl automobil totálně zničen nebo po požáru garáže plynových autobusů, nedošlo k významnějšímu poškození plynových nádob. Aby byla bezpečnost vozidel na zemní plyn zajištěna dlouhodobě, jsou předepsány periodické kontroly a revize plynového zařízení.

Výrobce autobusů garantuje naprostou těsnost celé plynové soustavy vozidla. Na základě této garance se všechny vnitřní prostory – garáže, dílny a podobně, kde mohou být odstaveny autobusy, nepovažují za výbušné prostředí, a tedy se na ně vztahují nižší bezpečnostní nároky. Tento status je nezanedbatelnou výhodou zvláště v uzavřených místech, kde se spolu potkávají autobusy i trolejbusy, tedy v halách s trolejovým vedením pod stálým napětím nebo v dílnách, kde je řada možných iniciátorů ohně.

Všechny takové vnitřní prostory jsou opatřeny detektory metanu, automatickým

otevíráním střešních odvětrávacích průduchů a v případě vyšší koncentrace i nuceným odsáváním a zvukovým varovným systémem. Interiérové trolejové vedení je opatřeno automatickým odpojovačem umístěným mimo budovu. Odpojovač se v případě úniku sám neaktivuje a dodávku proudu do troleje nepřerušuje, ale je-li odpojen, není možné ho v případě detekce plynu sepnout. Toto řešení umožňuje evakuaci vozidel ze zasažených prostor.

Zemní plyn má nejpriznivější mez výbušnosti ve směsi se vzduchem ze všech pohonných hmot. Srovnání teploty vzplanutí, vznícení a mezí výbušnosti nabízí Tabulka 1.

Tabulka 1 – Srovnání zemního plynu a konvenčních paliv

	Benzíny	Nafta	CNG
Teplota vzplanutí	- 20 °C	55 °C	650 °C
Teplota vznícení	340 °C	250 °C	537 °C
Meze výbušnosti ve směsi se vzduchem.	0,6 – 8 %	0,6 – 6,5 %	5 – 15 %

Z tabulky 1 vyplývá, že z hlediska požární bezpečnosti je zemní plyn o něco méně rizikové palivo v porovnání s benzínem nebo motorovou naftou. Výhoda spočívá hlavně v tom, že výbušná je až mnohem vyšší koncentrace plynu ve směsi se vzduchem, zvláště ve styku s otevřeným ohněm, odletujícími jiskrami, elektrickým obloukem nebo cigaretou. Vyšší teplota vznícení plynu pak snižuje riziko iniciace od rozpálených součástí, přímotopů a podobně.

Ve srovnání s nároky na vozidlové nádrže na motorovou naftu nebo benzín musejí být tlakové lahve na stlačený zemní plyn vyrobené z kvalitních kompozitních materiálů nebo ocelí a velmi pevné. Dle dostupných zdrojů odolávají silným úderům kladiva, nárazům, dokonce i střelbě. Jsou opatřeny bezpečnostním uzávěrem a přetlakovými ventily.

Potrubí a spoje jsou dimenzovány na tlak 1000 bar tedy na 5 násobek provozního tlaku.

Díky fyzikálním vlastnostem zemního plynu je zcela eliminována možnost ekologické havárie vzniklé například v důsledku poruchy palivového rozvodu nebo proražení nádrže, na rozdíl od nafty nebo benzínu, které se rozlijí po zemi a vsakují se do zeminy, pokud se navíc nevznítí.

1.5 Politická rizika

Politická rizika patří mezi naprosto nevyzpytatelné aspekty každého odvětví a při hospodaření s palivy to platí dvojnásob.

Bylo by zcela nesmyslné, mluvit pouze o pozitivích, chválit a vyzdvihovat zemní plyn jako nejideálnější palivo. Je třeba si představit i negativní stránku věci, kterou by mohl být nedostatek plynu nebo vysoká cena.

1.5.1 Daňová politika

Nafta a benzín jsou zatíženy fixní spotřební daní a dále daní z přidané hodnoty. Spotřební daň z nafty činí 10,95 Kč/l a z benzínu 11,84 Kč/l. To spolu s DPH 21 % činí bezmála polovinu ceny paliva.

Zemní plyn je zatížen daní z plynu ve výši 34,20 Kč/MWh a 21% DPH. Při stále stejném tempu přechodu k alternativním palivům, jednoho dne dojde k situaci, že vozidla na CNG nebo LPG budou svými počty na stejné nebo i vyšší úrovni naftová nebo benzinová. To by pro státní rozpočet znamenalo obrovský úbytek příjmů a na to by vláda mohla reagovat buď zatížením zemního plynu adekvátní spotřební daní, nebo jiným finančním opatřením. V tom okamžiku už by zemní plyn jako palivo nemusel být tak výhodný.

Základem daně z elektřiny je její množství v MWh. Sazba daně činí 28,30 Kč/MWh. Dle § 8 zákona č. 261/2007 Sb. je od této daně osvobozena mj. elektřina určená k použití nebo použitá při provozování dráhy a drážní dopravy pro přepravu osob a věcí na dráze železniční, tramvajové a trolejbusové.

Daň z plynu

Podle ustanovení § 4 části čtyřicáté páté zákona číslo 261/2007 Sb., o stabilizaci veřejných rozpočtů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „ZDzP“), je předmětem daně z plynu také zemní plyn (v plynném stavu zařazovaný pod kód nomenklatury 2711 21, zkapalněný pod 2711 11) určený k použití, nabízený k prodeji nebo používaný pro pohon motorů, příp. pro výrobu tepla.

Zdanění zemního plynu použitého pro pohon motorových vozidel příslušnou daní z plynu závisí na účelu použití, pro který je dodáván jeho dodavatelem konečnému spotřebiteli (provozovateli plnicího zařízení). V praxi může být takovýto plyn dodáván

1. osvobozený od daně z plynu (většinou plyn určený pro výrobu tepla v domácnostech),

2. zdaněný nižší sazbou daně z plynu jako plyn určený k jinému použití než pro pohon motorových vozidel (nezahrnuje použití dle bodu 1), nebo

3. zdaněný příslušnou sazbou daně z plynu jako plyn určený pro pohon motorových vozidel.

V tomto členění je také daná problematika dále řešena:

1. Pro pohon motorových vozidel je používán zemní plyn dodávaný konečnému spotřebiteli (provozovateli plnicího zařízení) určený pro výrobu tepla v domácnostech a v domovních kotelnách.

Je-li zemní plyn určený pro výrobu tepla v domácnostech a v domovních kotelnách, je osvobozený od daně z plynu podle ustanovení § 8 odst. 1 písm. a) ZDzP. Pokud je však tento osvobozený zemní plyn použitý pro pohon motorů (např. je-li pomocí plnicího zařízení naplněn do nádrže motorového vozidla a následně spálen v jeho motoru) vzniká dnem takového jeho spotřeby povinnost příslušnou daň z plynu přiznat a zaplatit podle ustanovení § 5 odst. 1 písm. d) ZDzP. Plátcem této daně je pak podle ustanovení § 3 odst. 1 písm. d) ZDzP fyzická nebo právnická osoba, která takto zemní plyn použila.

Plátce daně je povinen podle ustanovení § 3 odst. 2 ZDzP podat návrh na registraci k dani z plynu u příslušného celního úřadu (celní úřad místně příslušný sídlu právnické osoby nebo místu pobytu fyzické osoby) nejpozději v den vzniku povinnosti daň přiznat a zaplatit. V období od 1. ledna 2012 do 31. prosince 2014 činí sazba daně pro výše uvedený zemní plyn 34,20 Kč/MWh spalného tepla. Tato sazba daně se má dále postupně zvyšovat.

2. Pro pohon motorových vozidel je používán zemní plyn dodávaný konečnému spotřebiteli (provozovateli plnicího zařízení) zdaněný nižší sazbou daně z plynu než je stanovena pro zemní plyn použitý pro pohon motorových vozidel.

Byla-li při dodání plynu uplatněna sazba daně nižší než sazba daně stanovená pro zemní plyn použitý pro pohon motorů, vzniká provozovateli plnicího zařízení dnem jeho spotřeby pro pohon motorů povinnost příslušnou daň přiznat a zaplatit podle ustanovení § 5 odst. 1 písm. c) ZDzP. Související registrace k dani z plynu, předkládání daňových přiznání, placení daně z plynu, měření množství spotřebovaného plynu a vedení evidence viz bod 1. [4]

1.5.2 Mezinárodní politika

Dalším politickým rizikem jsou mezinárodní vztahy, naše země je drtivou měrou (zhruba ze 73 %) závislá na plynu z Ruska, který je sem dodáván přes Ukrajinu a Slovensko. Politická situace mezi Ruskem a Ukrajinou je dlouhodobě vypjatá a v době psaní této práce toto napětí eskaluje v, takřka válečný, konflikt.

Česká republika spolu s okolní Evropou se již v minulých letech několikrát dostala si situace, kdy Rusko plyn odmítlo dodávat kvůli sporům s Ukrajinou. Kromě toho Ruská těžba stagnuje, skutečná perspektiva exportu je nejasná a přitom vlastní spotřeba plynu dále narůstá. Některé prognózy dokonce říkají, že po roce 2020 nebude možno s exportem z Ruska do Evropy vůbec počítat. [7]

Situace s nedostatkem plynu může reálně nastat a to by se projevilo nejen na jeho ceně. Současná roční spotřeba plynu v DPMP již přesahuje milion m³ a do budoucna bude ještě stoupat. [3]

2 POROVNÁNÍ PROVOZNÍCH PARAMETRŮ AUTOBUSŮ NA CNG S KLASICKÝMI AUTOBUSY A TROLEJBUSY

2.1.1 Výhody a nevýhody autobusů na CNG

Autobusy se vznětovými motory na CNG produkují mnohem méně emisí CO a NO_x, má značně nižší emise vyšších karcinogenních uhlovodíků a jsou téměř vyloučeny tuhé emise. Zbývající množství škodlivých látek je možno vyloučit trojcestným katalyzátorem s lambda-regulací.

Provozní výhodou je daleko lepší směšování zemního plynu se vzduchem, čímž vzniká rovnoměrnější palivová směs a možnost pracovat s vysokým součinitelem přebytku vzduchu. Zároveň vnitřní části motoru nejsou zanášeny karbonovými úsadami z nafty a díky tomu se výrazně prodlužuje životnost motoru i olejové náplně.

Spalováním CNG v motoru se nevytváří karbonové částice a tudíž nedochází k zanášení některých částí motoru a ani jejich uvolňování do mazacího oleje. Tím dochází k významnému prodloužení životnosti olejové náplně, z běžných 20 000 km u starších naftových motorů, na 30 000 km u CNG a dle výrobce i k prodloužení životnosti motoru na CNG oproti starším naftovým motorům. U nejnovějších naftových Citelisů se olejová náplň mění dokonce až po 40 000 km. [3]

Dosavadní zkušenosti v DPMP však mluví o něčem jiném. Vyšší spalovací teploty a tedy i celkově větší tepelné namáhání motoru CNG přinášejí naopak sníženou životnost řady jiných komponentů. Motorový olej se musí používat speciální a je nepoměrně dražší. Výměna po 30 tisících km je tak výhodou pouze ve srovnání se staršími autobusy. Zde je vidět značný vývojový rozdíl mezi naftovými a plynovými motory.

Jednou z nejvýznamnějších výhod jsou nižší náklady na pohonné hmoty, případně výhody poskytnuté státem, např. dotace nebo nižší daně.

Nevýhodou je vyšší cena ekologicky příznivých vozidel. Ta se ale bude s rostoucí produkcí těchto vozidel postupně snižovat.

2.1.2 Výhody a nevýhody trolejbusů

Konstrukční rychlost trolejbusů je 65 km/h až 70 km/h (dle typu), což je sice méně než u autobusů, ale není to na závadu, protože se trolejbusy (na rozdíl od autobusů) pohybují převážně po městě, kde je nejvyšší rychlost 50 km/h. Jediným místem s vyšší rychlostí je úsek

mezi Semtínem a Lázněmi Bohdaneč, kde rychlost 70 km/h zcela postačuje. Na vyšší rychlost ani není koncipováno trolejové vedení.

Výhodou oproti autobusům je nesrovnatelně vyšší životnost elektrického pohonu oproti spalovacím motorům a tedy i delší životnost celého vozu.

Nutno ještě podotknout, že u vozidel s elektromotory je výrazně vyšší účinnost při spotřebě energie, než u vozidel s tepelnými motory. Za rok 2013 měly pardubické trolejbusy průměrnou celkovou spotřebu 2,03 kWh/km, zatímco u autobusů CNG to po přepočtu činilo 5,17 kWh/km. To je z ekologického hlediska zajímavé srovnání při využívání energetických zdrojů. Ovšem pokud vezmeme v potaz účinnost výroby v uhelných elektrárnách a účinnost přenosu, a k tomu adekvátní srovnání s množstvím přímo spalované nafty nebo plynu, dojdeme k závěru, že elektřina z uhlí, při jejíž výrobě se do ovzduší dostává také nezanedbatelné množství oxidu uhličitého, patří k nejméně energeticky i ekologicky výhodnému zdroji. Ekologická zátěž z provozu trolejbusů se tak přenáší z hustě obydlených oblastí města do krajiny kolem tepelných elektráren. Mezi trolejbusy a novými autobusy s moderními spalovacími motory není zase tak velký rozdíl v globálním ekologickém hodnocení.

Abychom tedy trolejbusy mohli označit za skutečně ekologické, musela by být odebíraná elektřina z jaderné nebo vodní elektrárny, či jiného obnovitelného zdroje, ze kterého není žádné znečištění oxidem uhličitým.

Trolejbusy mají přibližně o 40 dB nižší hlučnost než klasické spalovací motory (které produkují hluk 80 – 90 dB) a proto jsou vhodné třeba na pěší zóny.

Největší nevýhodou trolejbusové dopravy je závislost na trolejovém vedení, které s sebou přináší mj. řadu úskalí, s kterými se nezávislá vozidla nemusí potýkat.

2.1.3 Výhody a nevýhody autobusů na naftu

Nespornou výhodou nafty jako paliva je její běžná dostupnost na každé čerpací stanici, poměrně snadná skladovatelnost i velkého množství a snadná obsluha a manipulace s ní při zbrojení. Tato jednoduchost skladování, ať už v mobilních cisternách či pevných nádržích, je strategická výhoda pro období, s vyšší cenou nebo nedostatkem komodity na trhu. Adekvátní množství plynu nelze ekonomicky stlačit na objem nafty.

Další významnou výhodou je i jednoduchý palivový systém vozidla, jehož hlavní součásti jsou nádrž, palivové čerpadlo a spojovací potrubí. Dalším pozitivem je možnost mít poměrně velkou nádrž, která svým objemem vystačí i na několik dní provozu. Nesporným

plusem je i nižší pořizovací cena vozu.

To bylo z výčtu nejvýznamnějších výhod vše, zbytek jsou hlavně negativa. První nevýhodou je stále mnohem vyšší cena litru nafty než adekvátního množství plynu nebo elektřiny, tedy vzato zároveň k účinnosti motoru. Dále je naftový motor velmi významným zdrojem emisí, hlavně pevných částic, které je nutno složitě odstraňovat drahými a vždy ne dost účinnými katalyzátory a filtry.

2.1.4 Současné typy autobusů na stlačený zemní plyn

Karosa Iveco Citelis CNG

Na trhu jsou od tohoto výrobce k dispozici délkové varianty Citelis 10,5 CNG; 12 CNG a 18 CNG. Tyto vozy jsou popsány níže v kapitole 2.3.

Mercedes-Benz Citaro CNG a Citaro G CNG

Model Citaro CNG byl prvním městským autobusem s pohonem na zemní plyn, který se pohyboval pod mezními hodnotami emisního standardu EEV.

Částice a oxid siřičitý nelze ve spalínách motoru prakticky prokázat. Emise oxidů dusíku jsou daleko pod emisemi vznětových nebo benzinových motorů. Kromě toho běží motor na zemní plyn mimořádně tiše.

Autobusy Citaro CNG pohání motor na zemní plyn M 447 hLAG s přeplňováním Turbo, chlazením plnicího vzduchu, lambda regulací a oxidačním katalyzátorem fungující na principu chudé směsi, který je obzvlášť příznivý pro spotřebu. Šestiválcový řadový motor OM 447 hLA s dvouventilovou technikou byl zdokonalen pro spalování zemního plynu a přestaven na pracovní princip Ottových motorů se zapalováním elektrickou jiskrou. Elektronika řídí regulaci směsi a stará se o to, aby byla do sacího traktu vháněna optimální směs vzduchu a zemního plynu se zřetelem na výkon motoru a emise výfukových plynů. Díky pohonu 185 kW (250 k) a 240 kW (326 k) při 2000/min a maximálních točivých momentech 1050 Nm popř. 1250 Nm při 1000/min – 1400/min jsou výkonnostní stupně motoru Citaro na zemní plyn přibližně na úrovni moderního čtyřventilového dieselového motoru OM 457 hLA.

U autobusů Mercedes-Benz Citaro je zemní plyn umístěn volitelně v pěti (samostatné vozidlo) až maximálně osmi (člankový autobus) tlakových nádržích na střeše vozidla s kapacitou 190 l. Tím disponují Citaro CNG palubní zásobou 950 až 1 520 litrů CNG.

Autobus Citaro CNG má celoplastové nádrže ovinuté uhlíkovým vláknem, mají při

stejně hmotnosti přibližně o 50 % větší objem než kovové a vydrží bez problému tlaky větší než 500 bar.

CITARO CNG

Je standardní 12 metrový autobus pro městský provoz o maximální hmotnosti 19 t. Délka je 11 950 mm, šířka 2 550 mm a výška 3 398 mm. V autobuse je k dispozici 31 míst k sezení a 62 míst k stání. Vůz je poháněn plynovým motorem M 447 hLAG s turbodmychadlem. Jedná se o řadový šestiválec o výkonu 185 kW. Převodovka je šestistupňová automatická ZF Ecomat.

CITARO G CNG

Kloubová varianta předchozího typu o celkové přípustné hmotnosti 29 t, délce 17 940 mm, výšce 3 398 mm a šířce 2 550 mm. Vůz má kapacitu 49 míst k sezení a 100 míst k stání. Je poháněn šestiválcovým řadovým motorem na zemní plyn M 447 hLAG s turbodmychadlem, s výkonem 240 kW a splňujícím normy Euro5 a EEV. Převodovka je automatická šestistupňová ZF Ecomat. [6]

VOLVO 7900 Gas

Typ 7900 Gas je k dostání v běžném dvanáctimetrovém či kloubovém provedení. Pohání je svisle uložený 9,4litrový plynový šestiválec G9B odvozený od vznětového motoru D9B. Verze pro zemní plyn dostala novou hlavu válce se sníženým kompresním poměrem na 10,25:1 a zapalovacími svíčkami s platinovými kontakty. Úprava také potkala písty, ventily a jejich sedla. Sání bylo také modifikováno vzhledem ke spalování zemního plynu. Nutno podotknout, že agregát G9B je schopen spalovat i bioplyn.

Vůz je vybaven řídicí jednotkou EMS (Engine Management Systém), která je schopná upravovat chod motoru v závislosti na kvalitě plynu. Motor má výkon 223 kW, točivý moment 1400 N.m je dostatečný i pro kloubové provedení vozidla. V rámci současné úpravy motor plní emisní standard EEV.

Dvanáctimetrový plynový bus pojme 80 cestujících (vznětová verze o patnáct pasažérů více). Typ 7900 Gas je také k dispozici v kloubovém, osmnáctimetrovém provedení pro až 150 cestujících. Pohání jej stejný motor. [9]

SOR NBG 12

Městský celonízkopodlažní autobus SOR NBG 12 je dvounápravový čtyřdvěřový autobus délky 12 180 mm s plynovým pohonem, který je určen pro hromadnou přepravu osob

městském provozu. Tomu odpovídá rozmístění sedadel s prostorem pro dětský kočárek a invalidní vozík pro přepravu tělesně postižených osob. Autobus je vybaven zařízením pro bezbariérový nástup a výstup, jeho celková přepravní kapacita je 92 osob. Standardně je vybaven automatickou převodovkou Allison s integrovaným retardérem nebo šestistupňovou plně synchronizovanou mechanickou převodovkou ZF. Použitý motor je značky Iveco CURSOR 8 CNG o výkonu 213 kW s emisní normou EURO V. [10]

2.2 Porovnání nákladů na palivo

Tato kapitola srovnává a vyhodnocuje náklady na spotřebované palivo potažmo elektrickou energii. Pro účely této práce jsem měl k dispozici údaje o hospodaření z let 2011 až 2013 pouze pro provoz trolejbusů a autobusů na CNG, které jsou zpracovány v tabulkách č. 2 a 3. Pro provoz naftových autobusů byly získané údaje výrazně stručnější, což ovšem pro tyto účely nesnižuje jejich vypovídací hodnotu. Náklady na naftu na km pro autobusy jsou zpracovány v tabulce č. 5.

Tabulka 2 – Spotřeba plynu autobusy DPMP

Rok	CNG autobusy - skutečné spotřeby a výkony							
	kg	m ³	kWh	Kč	ujeto km	kWh/km	Kč/km	Kč/kWh
2011	446 410,52	610 113,72	6 462 640,80	5 201 674,37	1 274 204,00	5,07	4,08	0,80
2012	527 020,63	720 284,37	7 601 801,67	7 301 084,29	1 507 541,00	5,04	4,84	0,96
2013	507 474,83	693 570,92	7 389 450,47	7 190 162,66	1 429 743,00	5,17	5,03	0,97

Tabulka 3 – Spotřeba energie trolejbusů a transformačních stanic DP

Rok	Trafostanice DP			Trakce - Trolejbusy					
	Kč	kWh	Kč/kWh	Kč	kWh	Ujeté km	kWh/km	Kč/km	Kč/kWh
2011	2 214 203	731 651	3,03	13 747 156	4 657 705	2 340 516	1,99	5,87	2,95
2012	2 135 991	781 153	2,73	12 939 209	4 687 047	2 324 716	2,02	5,57	2,76
2013	2 375 726	831 808	2,86	13 462 529	4 611 010	2 270 623	2,03	5,93	2,92

Tabulka 4 – Zisky z prodeje CNG externím subjektům

Rok	CNG - Prodej			
	Tržby CNG exter (Kč)	Elektřina ke stlačení (Kč)	Prodej CNG náklady (Kč)	"Zisk" z prodeje CNG
2011	853 264,40	504 740,68		
2012	1 676 791,70	594 453,00	1 039 962,12	636 829,58
2013	4 159 871,80	714 106,00	2 545 287,78	1 614 584,02

Tabulka 5 – Náklady na palivo - nafta

Autobusy - nafta		
Rok	Ujeto km	Kč/km
2011	2 076 200,00	11,06
2012	1 888 900,00	11,64
2013	1 861 137,00	11,05

Z přiložených tabulek vyplývá:

- Palivové náklady na kilometr jsou nejnižší u autobusů na CNG, ale od roku 2011 vzrostli ze 4,08 o 0,95 Kč na 5,03 Kč.
- Náklady na elektřinu u trolejbusů jsou mírně vyšší než na CNG a pohybují se meziročně kolem 5,90 Kč.
- Náklady na naftu jsou zhruba dvojnásobné oproti plynu i elektřině.
- V tabulce č. 4 jsou nastíněny zisky z prodeje stlačeného plyn externím zákazníkům, náklady na plyn a jeho stlačení.

2.3 Porovnání technických parametrů vozidel DPMP

2.3.1 Citelis 12 M CNG

Je plně nízkopodlažní autobus určený především pro městskou hromadnou dopravu. Základní délka Citelis 12M je 11 990 mm. Rozvor náprav je 6120 mm, maximální celková hmotnost 18 745 kg a nejvyšší rychlost 90 km/h. Výkon je přenášen na zadní nápravu přes automatickou převodovku značky Voith nebo ZF. Tyto parametry jsou společné pro standardní verzi Citelis 12M s dieslovým motorem i pro verzi Citelis 12M CNG.

V karoserii tohoto modelu jsou běžně troje dvojdílné dveře s jednotnou šířkou 1200 mm, a její interiér je uzpůsoben pro přepravu 88 cestujících, což je nižší kapacita než u dieselové varianty, která pojme 96 cestujících, k dispozici je 20 až 32 sedaček. Rozdíl v celkové nižší obsaditelnosti je způsoben vyšší hmotností vozu díky přidané plynové technologii, která svými tlakovými plynovými nádobami umístěnými na střeše vozidla zvyšuje i celkovou výšku na 3301 mm (oproti 2924 mm běžné verze). Vůz má vždy 4 nádrže na CNG, objem každé z nich 320 l, celkem tedy 1280 l. [8]

Dojezd vozu na jedno naplnění je v Pardubicích zhruba 400 km. [3]

2.3.2 Citelis 18M CNG

Je plně nízkopodlažní 18 metrový kloubový autobus s rozvorem náprav

5355 + 6675 mm se čtyřdveřovou nebo třídveřovou karoserií délky 17 900 mm. Citelis 18M CNG má sníženou maximální obsaditelnost na 148 cestujících, oproti dieselové verzi, které disponuje kapacitou 154 osob, sedaček je v interiéru 33–46 (4 dveře), 31 až 51 (3 dveře). Autobusy s celkovou maximální hmotností 28 000 kg mohou disponovat opět hnací jednotku Iveco Cursor 8 s výkonem 213 kW případně 243 kW. Zemní plyn se plní do deseti nádrží s jednotlivým objemem 154 l (celkem 1540 l), případně 155 l (1550 l). Těmito vozy DPMP nedisponuje.

Všechny autobusy řady Citelis lze vybavit různě velkou plošinou pro umístění dětských kočárků a invalidních vozíků, návaznými výklopnými nájezdovými plošinami a celou řadou alternativní výbavy. [8]

2.3.3 Trolejbus Škoda 14 Tr

Je typově nejstarším provozovaným vozem v rámci DPMP. Z dnešního pohledu se jedná o dožívající vozy, které jsou postupně nahrazovány novými typy. Nejstarších 8 vozů bylo vyrobeno v roce 1991 prošly v letech 1999 - 2001 modernizací a v dalších letech dalšími úpravami, zbývajících 10 vozů z let 1997 a 1999 revitalizací neprošlo.

Jeho délka je 11,34 m, výška 3,41 m a šířka 2,5. Kapacita vozu je 80 míst, z toho k sezení 24. Výkon motoru 100 – 120 kW. Maximální rychlost 65 km/h. [3]

2.3.4 Trolejbus Škoda 21 Tr

Je dvounápravový nízkopodlažní trolejbus pro městskou hromadnou dopravu. Základní délka vozu je 12 000 mm. Hmotnost prázdného vozu 11 250 kg a nejvyšší rychlost 65 km/h. Výška vozu je 3 365 mm. Výkon je přenášen na zadní nápravu z asynchronního trakčního motoru s výkonem 140 nebo 175 kW. Vůz má 26 míst k sezení a 60 míst k stání, celkem tedy 86. [3]

2.3.5 Trolejbus Škoda 24Tr Irisbus

Vozy 24Tr využívají karoserií autobusů Irisbus CityBus 12M a Citelis 12M. Jedná se o dvounápravový trolejbus se samonosnou karoserií. Interiér vozu je v celé délce nízkopodlažní, pouze sedačky jsou v zadní části umístěny na vyvýšeném stupínku. Díky schopnosti vypustit vzduch z pravé strany vypružení lze ještě více snížit nástupní hranu vozidla v zastávce.

První vyrobené vozy 24Tr měly karoserii typu CityBus z varianty poháněné CNG a tedy se zesílenou střechou. Délka vozu je shodná s autobusy 11 990 mm, výška přes sběrače 3500 mm, nejvyšší rychlost 65 km/h, hmotnost prázdného vozu 11 500 kg. Ve voze je 30 míst k sezení a 69 ke stání. [3]

2.3.6 Trolejbus Škoda 26 Tr Solaris

Je dvounápravový nízkopodlažní trolejbus pro městskou hromadnou dopravu. Základní délka vozu je 12 000 mm. Hmotnost prázdného vozu 11 340 kg, maximální celková hmotnost 18 000 kg a nejvyšší rychlost 65 km/h. Výška vozu je 3 490 mm. Výkon je přenášen na zadní nápravu z asynchronního trakčního motoru s výkonem 160 kW. Vůz má 34 míst k sezení a 68 míst k stání, celkem tedy 102. [3]

2.3.7 Trolejbus Škoda 28 Tr Solaris

Tento typ trolejbusu svou délkou 14,59 m, třemi nápravami a kapacitou 135 míst (k sezení: 43, ke stání: 92) poněkud vybočuje z řady výše zmíněných vozidel. Hmotnost prázdného vozu je 14 tu, výška 3,49 m a maximální rychlost 65 km/h. Výkon motoru je 240 kW. Vůz je ze stejné konstrukční řady jako kratší typ Škoda 26 Tr. [3]

2.3.8 Autobus Karosa – Renault Citybus a Citelis 12M

Tento typ vozu je dlouhou vývojovou řadou CityBusů končící nyní vozem Citelis 12 M a jeho variantami. Jedná se o nízkopodlažní autobus typového označení CityBus PS09B4 a CityBus PS09D1, celkem je v provozu 36 vozů tohoto typu a 4 vozy Citelis 12 M, výrobní typ označený CityBus PS09D2, CityBus PS09D3, CityBus PS09D4 a CityBus PS09D5, od každého typu jeden vůz. Vozy byly zakupovány postupně od roku 1999, prvních 9 vozů bude koncem roku ve službách DPMP již 16 let a vzhledem k jejich špatnému technickému stavu je uvažována jejich náhrada novými vozy.

Počet míst k sezení je 30, k stání 69, (u Citelis 12M až 71 míst k stání) délka vozu 11 990 mm, pohotovostní hmotnost 11 380 kg a motor Iveco Cursor F2 B o výkonu 189 – 213 kW. [3]

2.3.9 Ostatní provozované naftové autobusy Karosa

Kromě výše zmíněných vozů je v provozu dalších 13 autobusů – standardních městských vysokopodlažních vozů Karosa. Jedná se o 10 vozů Karosa B 951 E pořízených

v letech 2006 a 2007. Délka vozu je 11 320 mm a počet míst 31 k sezení a 68 k stání, dále jeden vůz Karosa B 731.40 z roku 1990 a modernizovaný v roce 2004 a 2 zbývající vozy řady Karosa B 931.1675.42 pořízené v šesti exemplářích v roce 1997 s obdobnými parametry, 31 místy k sezení a 68 k stání. Pohotovostní hmotnost těchto typů je 10100 – 10200 kg.

Ačkoliv poslední 3 jmenované vozy patří mezi nejstarší matadory provozované v DPMP, jejich technický stav není tak špatný jako u prvních vozů CityBus a v nejbližším výhledu se nepočítá s jejich vyřazováním. [3]

2.3.10 Shrnutí rozdílů

Srovnání kapacity prostoru pro cestující

Z hlediska provozu je kapacita vozu primárním aspektem a je do značné míry ovlivněna rozměry a limitována celkovou možnou hmotností.

Tabulka 6 – Porovnání počtu míst pro cestující

Trakce	Typ	Celkem míst	K sezení	K stání	Délka v metrech	Míst / m délky	Počet v DPMP
CNG	Citelis 12 CNG	88	20	68	12	7,33	22
	Citelis 18 CNG	154	33	121	18	8,56	0
Autobusy	CityBus	99	30	69	12	8,25	36
	Citelis 12	96	30	66	12	8,00	4
	B 951 E	99	31	68	11,3	8,76	10
	B 731.40	99	31	68	11,3	8,76	1
	B 931.1675.42	99	31	68	11,3	8,76	2
Trolejbusy	Š 14 Tr	80	24	56	11,3	7,08	17
	Š 21 Tr	86	26	60	12	7,17	15
	Š 24 Tr	99	30	69	12	8,25	6
	Š 26 Tr	102	34	68	12	8,50	10
	Š 28 Tr	135	43	92	14,6	9,25	11
Elektro-Busy	Š – s - Perun	82	24	58	12	6,83	0
	Siemens Ramp	46	13	33	7,7	5,97	0

V Tabulce 6 jsou uvedeny počty míst v jednotlivých typech vozů i jejich aktuální počet v běžném provozu. Aby bylo porovnání objektivní je počítáno jako poměr délky vozu ku počtu míst. Průměrná hodnota vozidel provozovaných v DPMP je 8,22 místa/metr. U autobusů na CNG je hmotnost vozu zvýšena plynovými jímkami na úkor počtu míst pro cestující. Tento rozdíl činí 8 – 11 míst oproti ostatním autobusům. Pro srovnání jsou do tabulky zařazeny i elektro-busy, který byly v Pardubicích na krátkém zkušebním provozu. Nejhuře si v tomto srovnání vedou elektro-busy s těžkými trakčními bateriemi (u Škoda

Solaris Perun s kapacitou 222 kWh a u Siemens Rampiny s kapacitou 96 kWh), ze srovnávací Tabulky 6 plyne, že rozdíl činí zhruba $\frac{1}{4}$ míst. Mezi ostatními vozy rozdíly nejsou tak vysoké a z hlediska provozu ani tak významné. [3]

Srovnání spotřeby

Průměrná spotřeba plynu, nafty a elektřiny převedená na kWh nebo litry nafty a rozpočítaná jednotlivé autobusy.

V roce 2013 byly tyto průměrné spotřeby na 100 km: 42,57 l nafty a 35,5 kg CNG. Převedeno na MWh/100km je průměrná spotřeba nafty 0,4257 MWh/100km. Spotřeba plynu je pak 0,5155 MWh/100km plynu.

Průměrná potřeba elektrické energie u trolejbusů byla za stejné období 0,203 MWh/100km. [3]

Daňové rozdíly

Nafta je zatížena spotřební daní 10,95 Kč za litr. Jeden kg nafty má výhřevnost 0,012 MWh/kg, to je 0,01 MWh/l. Daň na naftu tedy činí 1095,- Kč za 1 MWh.

Plyn je zatížen daní 34,20 Kč/MWh. Daň z plynu je tedy 32 x nižší než z nafty, to je 3,12 %.

Elektřina k napájení trolejbusové dráhy je dle zákona (viz výše) od daně z elektřiny osvobozena. [11]

2.3.11 Porovnání vlivu na životní prostředí

Tato problematika je nastíněna v následující části o ekologických aspektech provozu na stlačený zemní plyn.

3 EKOLOGICKÉ ASPEKTY PROVOZU CNG V MHD

Málokterá metoda vedoucí k ozdravení ovzduší a k ochraně zdraví lidí i přírody je zároveň tak ekonomicky výhodná, jako je plynofikace dopravy. Z ekologického hlediska lze spalování zemního plynu řadit mezi nejčistší druhy pohonu. Zemní plyn se skládá převážně z nejjednoduššího uhlovodíku – metanu, jehož spalováním vzniká především voda a oxid uhličitý. Proto vozidla na zemní plyn produkují výrazně menší množství škodlivin.

Vzhledem k tomu, že metan silně absorbuje infračervené záření, patří mezi významné skleníkové plyny. Je přibližně 20× účinnější než oxid uhličitý. Jeho obsah v atmosféře je přibližně devětkrát menší než obsah oxidu uhličitého (0,004% methanu a 0,037% oxidu uhličitého). [12]

3.1 Všeobecné

Zemní plyn je lehčí než vzduch a proto v případě úniku hned stoupá vzhůru a rozptyluje se v okolním vzduchu, popřípadě je unášen větrem. Při plnění tedy nemůže dojít ke znečištění vozidel ani vozovky a okolí, ani k proniknutí paliva do země. Protože jeho složení je hlavně metan, který se v přírodě běžně vyskytuje, lze považovat malé úniky během plnění za naprosto bezvýznamné. [12] Nepříjemností může být snad jen zápach odorantu methylmerkaptanu. To je obrovskou výhodou oproti naftě nebo benzínu, u kterých jsou případné úniky během tankování značně problematické. U nafty jsou to hlavně kontaminace půdy a skutečnost, že nafta je mastná a její přítomnost na vozovce je tedy nebezpečná. U benzínu spočívá hlavní riziko v jeho vysoké hořlavosti a ve vývinu výbušných par nad hladinou.

3.2 Emise výfukových zplodin

Stlačený zemní plyn je palivo, při jehož spalování v motorech se tvoří menší množství CO_2 a CO než při používání nafty. Oxid uhličitý (CO_2) a oxid uhelnatý (CO) patří mezi skleníkové plyny, které se usazují v atmosféře a dále se v ní nerozkládají. Způsobují spolu s dalšími skleníkovými plyny postupné oteplování země. Redukce těchto plynů, kterou můžeme dosáhnout záměnou paliva, je proto velmi důležitá. Ve srovnání s naftou produkují nové plynové autobusy méně NO_x (až o 70%) a 1000 krát méně pevných částí, které jsou karcinogenní.

Zároveň je u těchto plynových motorů snížena emise metanu (až o 98%) a nemetanových uhlovodíků až o 99%. Vyšší emise těchto látek by však byly závažnější a znamenali by špatné spalování, vzhledem k tomu že tvoří takřka 100% paliva.

Tabulka 7 – Porovnání emisních limitů s emisemi udávanými výrobcem

Emisní norma	Emise motoru v g/kWh			
	NO_x	CO	NMHC	CH₄
EURO 3	5	5,45	0,78	1,6
EURO 4	3,5	4	0,55	1,1
EURO 5	2	4	0,55	1,1
Label EEV	2	3	0,4	0,62
Cursor 8 CNG	0,43	2,16	0,004	0,015

Tabulka 8 – Porovnání emisí s normou Label EEV

Porovnání s Label EEV	NO_x sníženo o 78 %
	Co sníženo o 28 %
	NmHC sníženo o 99 %
	CH₄ sníženo o 98 %

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že i při provozu nejvýkonnějšího dodávaného motoru Cursor 8 CNG s výkonem 200kW jsou emise hluboko pod normou EURO 5 i pod normou Label EEV pro plynové motory. Emise NO_x se nacházejí 78 % pod stanovenou hranicí, množství CO je nižší o 28% a ne-matanové plynné uhlovodíky (NMHC) a metan (CH₄) jsou až na 99% pod stanovenou mez.

3.2.1 Výpočet celkových emisí CO₂ u autobusů na naftu a na CNG

Nafta

Různorodost vozového parku naftových autobusů budou celkové emise vypočteny z průměrné spotřeby nafty na 1 km. V roce 2013 bylo ujetu celkem 1 861 137 km

s průměrnou spotřebou 0,42 l/km. Celkem bylo projeto 781 677,54 l, to je 651 397,95 kg nafty. Výhřevnost nafty je $H_{NAFTY} = 42,7 \text{ MJ/kg } (/3600) = 0,012 \text{ MWh/kg}$, emisní faktor je 260 kg CO₂/MWh, koeficient průměrného nedopalu pro kapalná paliva je 0,01. Celkové množství CO₂ je

$$\begin{aligned} m_{NAFTA,CO_2} &= m_{NAFTY} \cdot H_{NAFTY} \cdot EF_{UHLÍKU} \cdot (1 - NEDOP) = \\ &= 651397,95 \cdot 0,012 \cdot 260 \cdot (1 - 0,01) = 2\,012\,037,988 \text{ kg} \approx 2\,012 \text{ t / rok} \end{aligned}$$

Celkem je vyprodukováno přibližně 2 012 038 kg CO₂ za rok.

To je v přepočtu **1,081 kg/km CO₂**.

CNG

V roce 2013 bylo ujetu autobusy na CNG celkem 1 429 743 km s průměrnou spotřebou 0,355 kg/km. Celkem bylo projeto 507 558,765 kg CNG. Výhřevnost CNG je $H_{CNG} = 9,5 \text{ kWh/m}^3 = 0,013 \text{ MWh/kg}$, emisní faktor je 200 kg CO₂/MWh, koeficient průměrného nedopalu pro plynná paliva je 0,005. Celkové množství CO₂ je

$$\begin{aligned} m_{CNG,CO_2} &= m_{CNG} \cdot H_{CNG} \cdot EF_{UHLÍKU} \cdot (1 - NEDOP) = \\ &= 507\,558,765 \cdot 0,013 \cdot 200 \cdot (1 - 0,005) = 1\,313\,054,525 \text{ kg} \approx 1\,313 \text{ t / rok} \end{aligned}$$

Celkem je vyprodukováno přibližně 1 313 054 kg CO₂ za rok.

To je v přepočtu **0,918 kg/km CO₂**.

Z předchozích výpočtů vyplývá, že spalováním zemního plynu vzniká o **15 %** méně emisí CO₂. [12]

3.2.2 Výpočet tvorby emisí NO_x novými Citelisy 12 CNG

Motor Cursor 8 CNG vozu Citelis 12 CNG produkuje dle údajů výrobce přibližně $m_{CNG,NOx/kWh} = 0,43 \text{ g/kWh}$ emisí NO_x. Roční spotřeba všech Citybusů CNG je $rs_{CNG,kWh/rok} = 7\,389\,450,47 \text{ kWh/rok}$. Množství emisí NO_x v kg/rok ze všech Citelisů CNG $m_{CityBusCNG,CO}$ je

$$m_{CNG,CO} = m_{CNG,NOx/kWh} \cdot rs_{CNG,kWh/rok} = 3\,177,464 \approx 3178 \text{ kg / rok}$$

Roční emise NO_x ze všech CityBusů CNG jsou 3 177, 463 kg/rok. Tvorba emisí NO_x připadající na 1 z 20 Citelisů 12 CNG v roce 2013 je $m_{CNG,CO} / \text{autobus}$

$$m_{CNG,NOx/autobus} = \frac{m_{CNG,NOx}}{P_{CitelisCNG}} = 158,873 \approx 159 \text{ kg / rok}$$

Počet ujetých kilometrů všemi 20 Citelisy 12 CNG je $s_{CNG} = 1\,429\,743 \text{ km/rok}$

a na 1 vozokm tedy připadá množství emisí $m_{CNG,NOx/1vzk}$

$$m_{CNG,NOx/1vzk} = \frac{m_{CNG,NOx}}{S_{CNG}} = 11,164 \text{ g / vozokm}$$

3.2.3 Výpočet tvorby emisí CO novými Citelisy 12 CNG

Motor Cursor 8 CNG vozu Citelis 12 CNG produkuje dle údajů výrobce přibližně $m_{CNG,CO/kWh} = 2,16 \text{ g/kWh}$ emisí CO. Roční spotřeba všech Citybusů CNG je $r_{CNG,kWh/rok} = 7\,389\,450,47 \text{ kWh/rok}$. Množství emisí CO v kg/rok ze všech Citelisů CNG $m_{CityBusCNG,CO}$ je

$$m_{CNG,CO} = m_{CNG,CO/kWh} \cdot r_{CNG,kWh/rok} = 15\,961,213 \cong 15\,961 \text{ kg / rok} \cong 16 \text{ t / rok}$$

Roční emise CO ze všech CityBusů CNG jsou 15 961,213 kg/rok. Tvorba emisí CO připadající na 1 z 20 Citelisů 12 CNG v roce 2013 je $m_{CNG,CO} / \text{autobus}$

$$m_{CNG,CO/autobus} = \frac{m_{CNG,CO}}{P_{CitelisCNG}} = 798,061 \cong 798 \text{ kg / rok}$$

Počet ujetých kilometrů všemi 20 Citelisy 12 CNG je $S_{CityBusCNG} = 1\,429\,743 \text{ km/rok}$ a na 1 vozokm tedy připadá množství emisí CO $m_{CityBusCNG,CO/1vzk}$

$$m_{CNG,CO/1vzk} = \frac{m_{CNG,CO}}{S_{CNG}} = 11,164 \cong 11,2 \text{ g / vozokm}$$

3.2.4 Výpočet tvorby emisí NMHC novými Citelisy 12 CNG

Motor Cursor 8 CNG vozu Citelis 12 CNG produkuje dle údajů výrobce přibližně $m_{CNG,NMHC/kWh} = 0,004 \text{ g/kWh}$ emisí NMHC. Roční spotřeba všech Citelisů CNG za rok 2013 je $r_{CNG,kWh/rok} = 7\,389\,450,47 \text{ kWh/rok}$. Množství emisí NMHC v kg/rok ze všech Citelisů CNG je $m_{CityBusCNG,NMHC}$

$$m_{CNG,NMHC} = m_{CNG,NMHC/kWh} \cdot r_{CNG,kWh/rok} = 29,558 \cong 30 \text{ kg / rok}$$

Roční emise NOx ze všech CityBusů CNG jsou 3 177, 463 kg/rok. Tvorba emisí NOx připadající na 1 z 20 Citelisů 12 CNG v roce 2013 je $m_{CNG,CO} / \text{autobus}$

$$m_{CNG,NMHC/autobus} = \frac{m_{CNG,NMHC}}{P_{CitelisCNG}} = 1,478 \cong 1,5 \text{ kg / rok}$$

Počet ujetých kilometrů všemi 20 Citelisy 12 CNG je $s_{CNG} = 1\,429\,743$ km/rok a na 1 vozokm tedy připadá množství emisí $m_{CNG,NOx/1vzk}$

$$m_{CNG,NMHC/1vzk} = \frac{m_{CNG,NMHC}}{s_{CNG}} = 0,02067 \cong 0,02 \text{ g / vozokm}$$

3.2.5 Výpočet tvorby emisí CH₄ novými Citelis 12 CNG

Motor Cursor 8 CNG vozu Citelis 12 CNG produkuje dle údajů výrobce přibližně $m_{CNG,NOx/kWh} = 0,015$ g/kWh emisí CH₄. Roční spotřeba všech Citybusů CNG je $r_{CNG,kWh/rok} = 7\,389\,450,47$ kWh/rok. Množství emisí CH₄ v kg/rok ze všech Citelisů CNG je $m_{CityBusCNG,CO}$ je

$$m_{CNG,CH_4} = m_{CNG,CH_4/kWh} \cdot r_{CNG,kWh/rok} = 110,842 \cong 111 \text{ kg / rok}$$

Roční emise NO_x ze všech CityBusů CNG jsou 3 177, 463 kg/rok. Tvorba emisí CH₄ připadající na 1 z 20 Citelisů 12 CNG v roce 2013 je $m_{CNG,CH_4/autobus}$

$$m_{CNG,CH_4/autobus} = \frac{m_{CNG,CH_4}}{P_{CitelisCNG}} = 5,542 \cong 5,5 \text{ kg / rok}$$

Počet ujetých kilometrů všemi 20 Citelisy 12 CNG je $s_{CNG} = 1\,429\,743$ km/rok a na 1 vozokm tedy připadá množství emisí $m_{CNG,NOx/1vzk}$

$$m_{CNG,CH_4/1vzk} = \frac{m_{CNG,CH_4}}{s_{CNG}} = 0,07752 \cong 0,08 \text{ g / vozokm}$$

3.3 Emise hluku

Emise hluku patří ve městech k velmi výrazným faktorům ovlivňujícím životní prostředí nejen v ulicích, ale i v domácnostech. Proto je velkou nespornou výhodou snížená hladina hluku a to o 8 – 10 dB oproti srovnatelným dieselovým motorům, což je v hladině akustického tlaku zhruba trojnásobek.

4 ŘEŠENÍ SOUČASNÝCH PROVOZNÍCH PROBLÉMŮ V DPMP

DPMP je dnes jediným místem v Pardubicích a blízkém okolí, kde lze zbrojit vozidla stačeným zemním plynem s tlakem 200 barů. Další nejbližší taková stanice je v Hradci Králové. Tento stav v sobě skýtá své výhody a zároveň i do jisté míry obrovské nevýhody.

4.1 Konkurence

Plynárenské společnosti, například RWE, mají velký zájem o toto pole působnosti a rády zajistí výstavbu vlastní plnicí stanice, což by pro DPMP byla za současné situace velká konkurence.

V okolí není žádná jiná stanice, kde by bylo možné autobusy plnit. To je zároveň možné využít a vybudovat plničku pro externí odběratele „mimo areál“ podniku. Tím by se tento zdroj paliva stal snadněji dostupným i mimosmluvním odběratelům.

Zisk z prodeje pro veřejnost a ostatní externí subjekty by postupně mohl pokrývat náklady na údržbu a rozšiřování vlastní základny a vozového parku. Jako již zavedený distributor stačeného zemního plynu je dopravní podnik v jedinečném výchozím postavení. V případě příchodu jiného velkého hráče na místní trh, přichází o velké množství potencionálních zákazníků. Již dnes je na trhu poměrně velké množství osobních i užitkových automobilů na alternativní paliva, jejichž rozvoj s rostoucími nebo stále se negativně měnícími cenami nafty a benzínu nabírá na významu. Řada výrobců nabízí vozidla s ryze CNG pohonem a tento sortiment se stále rozšiřuje. Současný trend vykazuje meziroční nárůst počtu vozidel o zhruba 20%.

4.2 Obecná provozní problematika

Současný arzenál plnicích stojanů je pro vlastní potřeby DPMP dostačující. K 1. Dubnu 2014 provozuje dopravní podnik 22 vlastních autobusů na CNG a disponuje 20 stojany pomalého plnění.

Největším problémem může v současné chvíli být maximálně využitá kapacita dvou kompresorů. Ty pracují dvěma základními způsoby – v čase, kdy běží na noční proud, se pomalým plněním doplňují jímky autobusů a přes den se plní baterie pro stojany rychloplnění. V případě delšího výpadku jednoho z nich, by došlo k výraznému omezení kapacity a zároveň

by mohlo docházet k neúměrnému přetěžování druhého kompresoru. Vzhledem k rozšiřující se poptávce externích zákazníků, by výpadek znamenal i možný odliv dalších příjmů.

Důležité je si uvědomit, že výpadek celé stanice znamená nejen odliv těchto příjmů z prodeje, ale hlavně 22 stojících neprovozních autobusů, které není kde dozbroit.

Ke dni 11. 4. 2014 provozuje dopravní podnik 75 autobusů pro městský provoz a z toho 22 vozů je na CNG. Možný výpadek takřka třetiny vozů by znamenal, že v krajním případě nebude ani pokryta potřeba grafikonu, ta je ve všední den 43 vozů. Nehledě na skutečnost, že na těchto 22 autobusů připadá bezmála polovina najetých kilometrů.

Vzhledem k nesporné výhodnosti provozu lze předpokládat další rozšíření vozového parku a to nejen v rámci DPMP, ale i u současných externích zákazníků. V případě postupného vyřazování naftových vozů a jejich nahrazování CNG vozidly bude třeba kompresorovou stanici stejně rozšířit, stejně tak jako počet stojanů.

4.3 Rozšíření vozového parku

Další rozšiřování je limitováno kapacitou plnicí stanice. Nynějších 20 pomalu plnicích míst s přehledem pokrývá potřeby 22 autobusů a vystačí do budoucna pro dalších 4 – 5 vozů. Je to způsobeno několika faktory. Jednak nikdy nevyjíždějí všechny vozy v jeden okamžik, takže vhodným nastavením priority zbrojení se autobusy plní postupně podle toho, jak brzo bude vyjíždět na linku. Tedy je i možné, že během odpoledne a noci se na jednom místě naplní i dva vozy. Dalším faktorem je rostoucí stáří vozů a s tím i nutná delší údržba. Kromě toho s rostoucím počtem těchto autobusů stoupá i množství dopravních nehod, kterých se stanou v městském provozu snadnými účastníky. Střetů s ostatními vozidly není málo a s rostoucím podílem CNG autobusů roste úměrně i jejich nehodovost a odstavování z důvodu oprav po střetu s jiným vozidlem. Lze tedy s určitou jistotou předpokládat, že 2 – 3 vozy budou odstaveny z provozu právě z důvodu servisu. Další 3 – 4 vozy je možné dozbroit rychlým plněním, popřípadě přes noc vozy u stojanů střídat. Celkem lze tedy bez větších problémů provozovat 30 CNG autobusů.

Park by se mohl ještě rozšířit o nějaké menší vozy pro méně frekventované linky, které by se plnily rychleji.

Na CNG by v budoucnu mohla jezdit i některá služební vozidla (dispečerská auta, pojízdná dílna DO apod.). Tyto vozy by do autobusového režimu nijak nezasahovali, protože jejich denní kilometrické výkony jsou maximálně několik desítek kilometrů a plyn by se doplňoval rychloplněním dle potřeby a ne každý den. Ve stavu DPMP je 38 vozidel, která

slouží jako výukové vozy autoškoly (včetně motocyklů), dispečerské vozy, pojízdné dílny, montážní vozy s plošinou či rukou, nákladní automobily a dodávky i zájezdové autobusy. Řada těchto vozidel bude postupně obměňována a ty nejvíce využívané by mohly být pořízeny ve verzi CNG.

Nejvíce by se tento pohon uplatnil u osobních automobilů autoškoly a dispečerských vozů. Na trhu je celá řada vhodných a osvědčených vozů od renomovaných výrobců.

4.4 Záměna palivové základny autobusů

Záměnou paliva v provozu autobusů dosáhneme zlepšení energetických, ekonomických a ekologických parametrů.

Prakticky realizovatelná, ale celkem zbytečná varianta, by byla přestavba stávajících autobusů na stlačený zemní plyn.

Nejoptimálnější variantou by byla postupná náhrada dožívajících naftových autobusů nákupem nových autobusů na CNG nebo jiný alternativní pohon. Tímto řešením by vozidla přibývala postupně a zároveň by se s nimi postupně rozšiřovala i příslušná infrastruktura. Nejednalo by se tedy jednorázově o tak vysoké investiční náklady jako při výstavbě nové plnicí stanice. Nezanedbatelnou položkou v tomto ohledu je i možnost čerpání dotací z EU. Jedná se však pouze o teoretickou ideální myšlenku.

4.5 Rozšíření plnicí stanice

Současný vývoj naznačuje, že se vozový park autobusů a dalších vozidel na CNG bude nadále rozšiřovat. Současná kapacita plnicí stanice je prozatím dostačující a bude i v nejbližším výhledu.

Rozšíření kapacity nebo vybudování rychlé plničky v areálu DP, přístupné z veřejné komunikace pro externí zákazníky, však brání několik významných překážek. Najít nové místo prodeje CNG pro externí zákazníky tak, aby neutrpěl už tak stísněný prostor vozovny a aby zákazníci mohli najíždět ke stojanům z veřejné komunikace je dost nereálné. Zároveň by to znamenalo, že takové výdejní místo pak bude muset být hlídáno obsluhou. Další problémy se týkají kapacity zdrojů.

Transformační stanice v DP, která napájí celý areál vozovny a přilehlou trolejovou síť, je společným zdrojem elektrické energie i pro sousední vojenský útvar. Ten zde má rezervovaný výkon, který využívá. Zároveň s tím by byla nedostačující i kapacita elektrorozvodné sítě v DP, tedy nedostatečný průřez vodičů pro přenos vyššího výkonu

k dalšímu kompresoru. Provést rekonstrukci a posílení podnikové trafostanice by znamenalo upravit stávající budovu nebo zřídit trafostanici jinou, použít výkonnější transformátory, možná vybudovat i novou kabelovou přípojku vn 35 kV, rozšířit vlastní rozvodnu nn, položit nové kabely 380 v atd. a to vše bez přerušení provozu v DPMP a u Vojenské správy.

Další, neméně důležitou skutečností, je kapacita přívodního středotlakého (4 bar) potrubí na zemní plyn. Kompresory nestlačují plyn, který do nich vlastním tlakem proudí, ale naopak ho s nemalým podtlakem nasávají a výrazně tak snižují celkový tlak v rozvodné síti. Přívodní potrubí není koncipováno na tak vysoký odběr. Tři zároveň běžící kompresory by si tak navzájem značně konkurovaly. To by znamenalo, že jeden by byl zapnutý na úkor druhého. Zvýšit výkon pro stlačování v současných podmínkách nelze, proto by jeden z nich musel být vždy vypnutý, v jistém slova smyslu v záloze. Nehledě na skutečnost, že pro třetí kompresor není vedle dvou stávajících místo. V takovém případě by se pro něho muselo najít místo jinde a vést sem přípojku plynu a odtud potrubí stlačeného plynu ke stojanům.

Dalším problémem pro případné rozšíření je nedostatek vhodného místa pro výdejní stojany pomalého plnění.

Rozšíření plnicí stanice za současných podmínek tedy není v areálu vozovny DPMP možné. Znamenalo by to nákladné rozšíření kapacity plynovodu a trafostanice s přílehlými vedeními. Pokud by byl zájem nebo tlak na další rozšiřování potřebné infrastruktury, ať již z potřeb DPMP nebo ze strany zákazníků, musela by se postavit nová plnicí stanice někde mimo areál DPMP.

Jak však bylo výše zmíněno, chybí Dopravnímu podniku záložní zdroj stlačeného plynu v případě závažné poruchy kompresorů nebo jejich opravy. Jiné poruchy jsou sekundárního charakteru a nejsou tedy tak závažné s tak významným vlivem na délku odstávky. Řešením by byl záložní kompresor na skladě. Oprava by se řešila tedy výměnou celého kompresoru. Porouchaný by byl odeslán na servis a po návratu by byl zařazen jako záložní do skladu. Tato varianta je vzhledem k nynější nemožnosti rozšíření plnicí stanice o další běžící kompresor jediným možným řešením, které zároveň zabezpečí nezávislost na dalších subjektech. Je však třeba propočítat ekonomické plusy a mínusy toho řešení, popřípadě dohodnout s dodavatelem odklad začátku záruční doby na okamžik namontování.

Ministerstvo pro místní rozvoj a Evropská unie výrazně podporuje tento typ dopravních prostředků a tato podpora bude jistě nadále trvat. Pokud by se podařilo vyřešit otázku místa, bylo by vhodné této možnosti využít k rozšíření kapacity zdrojů, zvláště pak transformační stanice v areálu DP. Ta bude potřeba i v případě, že by volba padla

na elektrický pohon. Zároveň s případným vyřešením výše zmíněných problémů rozšířit i plnicí stanici na 30 míst pomalého plnění ze současných 20. To by definitivně vyřešilo problém a dovolilo by to rozšířit vozový park až na 45 vozů.

4.6 Jiná alternativa záložní stanice

Pohon na stačený zemní plyn není jen doménou autobusových dopravců. Existuje řada měst a společností (hlavně v zahraničí), které provozují na zemní plyn popelářské vozy, vozy pro úklid a údržbu komunikací, důlní nákladní vozy, dodávky a další běžná užitková vozidla.

Protože jediným akcionářem DPMP a.s. je město Pardubice, které je zároveň jediným akcionářem společnosti Služby města Pardubic a.s. a SMP – Odpady a.s., mohli bychom uvažovat o vybudování druhé plnicí stanice, třeba menšího rozsahu pro Služby města Pardubic, v areálu na Hůrkách. Protože i tento podnik postupně omlazuje svůj vozový a strojní park, mohl by jít cestou vozidel na CNG. Tento systém by sice asi nebyl vhodný pro veškerá vozidla, ať už z hlediska rozměrnosti a hmotnosti tlakových jímek nebo jiných důvodů (například umístění na vozidla s výměnnými nástavbami), ale popelářské a metařské vozy by na plyn mohly jezdit.

Tato stanice by pak mohla bezpečně sloužit jako záložní pro Dopravní podnik a naopak.

Ovšem tato alternativa s sebou přináší nového konkurenta a na tom nic nezmění ani fakt, že se stejným vlastníkem. Ovšem zcela jistě je tato varianta mnohem schůdnější než konkurence zcela cizí.

5 VÝHLED NA ROZVOJ A PROVOZ VOZIDEL S EKOLOGICKÝM POHONEM V DPMP

Cílem této kapitoly je studie a plán rozvoje infrastruktury a vozového parku – CNG autobusy, trolejbusy, bateriové trolejbusy, elektro-busy a podobně, a dále vytvořit optimální poměr vozidel jednotlivých trakcí tak, aby zbyl minimální počet dieselových autobusů a převažovaly vozy na elektřinu a zemní plyn, a zároveň bylo co nejvíce zachováno současné linkové vedení.

5.1 Jiná alternativní vozidla

DPMP v posledních letech zkoušel různá vozidla s různými druhy pohonů od celé řady výrobců. Některé z nich budou představeny v následujících řádcích.

5.1.1 Elektro-busy

Do budoucnosti velmi zajímavá alternativa k autobusům se spalovacím motorem. Bohužel velikou nevýhodou elektro-busů je značná hmotnost trakčních baterií, kdy připadá zhruba 1000 kg baterií na 50 km dojezdu pro standardní 12 m autobus, to je při průměrném obratu 250 km / den zhruba 5 tun zátěže navíc. Taková hmota je naprosto nepřipustná a proto jsou tyto vozy vybavovány kapacitně menším akumulátorem a tedy i menším dojezdem. v obou případech se výrazně snižuje kapacita vozu pro cestující.

Kromě této nevýhody je dalším negativem poměrně nízká životnost baterií, která se počítá v řádu let, dle výrobce Škoda je životnost celého vozu 12 – 15 let počítá se s jednou výměnou baterií. Tedy životností cca 6 – 7 let. Na základě zkušeností, které DPMP učinil v únoru 2014 s provozem 12 m dlouhého elektrobusu Solaris Škoda Perun, bylo konstatováno, že tento typ vozidla MHD je pro svůj omezený akční rádius daný dojezdem zhruba jen 120 - 150 km na jedno dobítí vhodný pouze pro dělené služby všedních dnů. V období dopoledne mezi službami a pak i v noci se musí dobíjet. Pomalým dobíjením několik hodin. Vůz lze dobít i rychlým způsobem za 50 min. V případě většího vozového parku na oba způsoby dobíjení schází kapacita elektrického napájení ve vozovně.

Jiná zkušenost byla získána se zkušebním provozem elektrobusu Siemens Rampini, který měl možnost se během služby dobíjet přímo na trati pomocí dvoupólového polopantografu přímo z trolejového vedení trolejbusů. V tomto režimu, kdy rychlé průběžné

dobíjení probíhá na lince a pomalé dobíjení pak v noci ve vozovně, může takové vozidlo jezdit po celý den, avšak potřebuje mít v jízdním řádu delší přestávky (cca 20 až 25 min. po každém kole dlouhém 15 až 20 km). Takováto vozidla by pak za určitých podmínek mohla celodenně obsluhovat např. i linky číslo 6 a 8.

5.1.2 Trolejbusy s bateriovým pohonem

Trolejbus vybavený trakční napájecí baterií s dojezdem mezi 20 a 30 km. Tedy s poměrně lehkým akumulátorem, oproti elektro-busům, o hmotnosti cca 600 - 1000 kg, tedy s dojezdem mezi 30 až 50km. Ten by se nabíjel průběžně cestou městem po trolejové síti. Na okraji města, kde končí trolej, se automaticky (bez toho, aby řidič opustil stanoviště) stáhnou sběrače a trolejbus pokračuje v cestě na baterie, obslouží přilehlé vesnice do vzdálenosti 10 - 15 km a vrací se zpět. Výhodou tohoto řešení je nižší hmotnost, ale zůstává otazníkem životnost baterií.

Takovéto vozy jsou vyráběny např. firmou Solaris a vybavené výzbrojí Škoda. Zřejmě nejpokročilejším výrobcem na trhu je firma Siemens. Kapacitu baterií a tedy i možný dojezd si zákazník volí sám podle vlastních potřeb a nároků.

5.1.3 Obnova vozového parku autobusů

Výhled vyřazování dožívajících dieselových autobusů byl částečně nastíněn v kapitole 2.3. Pokud nedojde k nějaké vážnější nehodě nebo technické havárii na nových vozech, budou se postupně vyřazovat nejvíce opotřeбенé vozy z první dodávky CityBusů. Pravděpodobně se bude jednat o 6 - 9 vozů ze série evid. čísel 147 až 155, z roku 1998. Optimální by bylo jejich nahrazení stejným počtem Citelisů 12 CNG nebo jinými obdobnými vozy na CNG.

Z hlediska univerzálnosti v provozu ani ekonomických úspor nemá velký smysl pořizovat menší nebo větší vozy než 12m. Ale pro obsluhu některých periferií v určitých časových polohách by jistě svou kapacitou postačovaly některé typy minibusů, také s CNG pohonem, v počtu 3 – 5 kusů. Vozy však nesmějí mít problém zajet k vyšší hraně budovaných moderních nástupišť (týká se hlavně otevírání dveří ven mimo vůz). S tímto problémem se potýkaly zkoušené midibusy Rošero First.

5.2 Rozšíření stávající trolejbusové sítě

5.2.1 Autobusové linky projíždějící centrem města

Nejvytíženější linky, které spojují centrum města s okrajovými sídlišti, jsou vedeny

hlavně v trolejbusové trakci. Posledními významnými autobusovými linkami, které jsou provozovány převážně uvnitř města a nezajíždějí nikam mimo, jsou linka č. 6 spojující Ohrazenice – Polabiny – Nádraží – centrum – Višňovku a Duklu, a polookružní linka č. 8 v trase Dubina – centrum – nádraží – Svítkov – Popkovice – nádraží – centrum – Dubina.

Převedení těchto linek do trolejbusové trakce je výhledově nereálné. Stavba trati do Svítkova a Popkovic ve stopě dnešní linky 8 patří zatím mezi velmi nepravděpodobné projekty. Důvodů je více – složitý přechod trolejového vedení přes nadjezd u Parama, celková délka trati (ta by byla více než 3,5 km) a skutečnost, že by tato trať bezprostředně neobsloužila letiště, to leží až 500 m za odbočkou do Svítkova.

Převedení linky č. 6 do trolejbusového provozu ve stávající trase by znamenalo dobudovat 3 spojovací úseky ve stávající síti v celkové délce 5,6 km. U této linky je navíc drobný rozdíl trasy mezi provozem v denních a nočních hodinách, kdy přes den je linka vedena kolem městských hřbitovů ulicí Pod Břízkami a ve večerních hodinách ulicí Svobody a vyhýbá se tak i Zborovskému náměstí.

5.2.2 Nejnovější linky a trati

Nyní je ve stádiu aktivních příprav prodloužení trolejbusové trati od točny na Slovanech o 450 m k lesu na konec města. Důvodem jsou hlavně jiné záměry s pozemky pod současnou točnou na Slovanech, která tedy zanikne. Tímto prodloužením však vznikne navíc nový pár zastávek mezi ulicemi U Zábran a Potěšilova.

Druhým aktuálním projektem je stavba odbočného ramene z kruhové křižovatky Globus ulicí Doubravická, dále doprava do ulice Semtínské až na kruhovou křižovatku s ulicemi Pohránovskou, Trnovskou a Hradišťskou, která bude zároveň točnou. Tato trať mimo jiné vyřeší problém s překážejícími odstavenými vozy zkrácené linky 7 ve stanici Globus.

Třetím projektem, který je blízko realizaci, je prodloužení trati od točny Sluneční ulicí Jiřího Potůčka až do stanice Polabiny, TÚ. Na tomto úseku by teoreticky mohla vzniknout před křižovatkou s ulicí Jana Kubiše další zastávka, která by obsloužila nově vzniklé sídliště na opačném konci této ulice. Tato ulice ale nemá chodníky a vzhledem k pozemkovým problémům v případě jejich dodatečném dobudování je tato zastávka zatím nežádoucí.

Poslední dva projekty způsobí menší změny ve vedení některých linek, konečné řešení, kromě prodloužení linky 7, není zatím zcela doladěno.

Mezi další projekty patří dostavba trati ze stanice Pardubičky, Točna do průmyslové zóny v Černé za bory ulicí Průmyslovou do zastávky Zámeček, kde by vznikla nová točna. Před deseti lety, kdy byl tento projekt nejaktuálnější, bránila dostavbě tohoto úseku linka vysokého napětí. Nyní je vedení VN přeloženo, ale případná dostavba už není tak ekonomicky výhodná. Smyslem této trati měl být hlavně svoz zaměstnanců firmy Foxconn. Jenže ten je organizován soukromým dopravcem a délka dalšího působení této společnosti v Pardubicích také není jistá.

Zatím posledním a částečně rozbudovaným projektem je stavba trati od Dopravního podniku ulicí Teplého ve směru k Paramu, vpravo do silnice č. I/2 a silnicí I/37 k nádraží do ulice Jana Palacha. Nově vybudovaná křižovatka Teplého se silnicí I/2 je již osazena lampami na trakčních podpěrách. [3]

K zamyšlení se nabízí výstavba odbočného ramene do sídliště Závodu míru, buď ulicemi k Polabinám a nábřeží Závodu míru v délce 1 130m nebo pouze ulicí nábřeží Závodu míru přímo na křižovatku u stadionu v délce 1 000 m. Obě varianty mají své klady a zápory.

Elektrifikace třídy Karla IV. a S. K. Neumanna, kde jezdí páteří linka č. 6 je zatím spíše jen utopií. Tato trať by vytvořila paralelu k trati v ulici Jana Palacha a 17. listopadu a nehrozilo by tak nečekané odříznutí vozovny od zbytku sítě nějakou větší nehodou či havárií potrubí apod.

Nejstarším záměrem, uvažovaným už počátkem 50. let je vybudování trolejbusové tratě do Chrudimi, tehdy uvažované zejména jako prostředek pro dopravu zaměstnanců chemických závodů z chrudimských sídlišť. Dnes by to byl prostředek, jak ušetřit státní peníze, které by měly padnout na dvoukolejnou elektrifikovanou železniční trať Pardubice – Chrudim, která nyní již není připravovaná jen jako relativně krátká přeložka ve formě tzv. Medlešické spojky, ale jako zcela nová trať z pardubického hlavního nádraží okolo Zámečku, přes Nemošice a Ostřešany k chrudimské železniční zastávce u podniku Transporta. Trolejbusová trať by využila kvalitní vozovku bývalé silnice první třídy od Jesničánek přes Dražkovice, Mikulovice a Medlešice. Je třeba však počkat, až bude dobudován obchvat Chrudimi a tato silnice bude v celé své délce uvolněna pro místní dopravu. Tím by došlo došlo k přímému spojení obou center měst. Z hlediska letového provozu by trolejbusová trať v ose přistávací dráhy v úseku Jesničanky – Dražkovice nebyla možná. Proto zatím nedošlo a ani nemůže dojít k realizaci.

5.3 Optimalizace nasazování jednotlivých trakcí na stávající linky

Současná kapacita plnicí stanice CNG je schopná obsloužit maximálně 30 autobusů, zároveň je tato kapacita limitem pro jejich další pořizování. Pokud by se DPMP rozhodl jít moderní ekologickou cestou a zároveň cestou úspor za naftu, nabízí se řešení v kombinaci následujících trakcí – trolejbusy, trolejbusy s bateriovým pohonem a autobusy. Trakce trolejbusová má své zažité a osvědčené linky, ale daly by se zde uskutečnit jisté změny.

5.3.1 Linky pouze s bateriovými trolejbusy.

Tento systém by byl vhodný pro linky, které více jak polovinu své cesty stráví pod trolejí měst a zároveň se jedná o spoje s poměrně malou frekvencí. S postupným zaváděním bateriových trolejbusů na tyto relace by bylo optimální vyčkat až po případném zkušebním provozu, který by se realizoval na jednotlivých linkách.

14 – Polabiny, točna – Dopravní podnik po troleji a Dopravní podnik – Čivice, prům. zóna a zpět na baterie. Celkem ujetá vzdálenost mimo síť cca 16 km. Pro tuto linku jsou potřeba ve všední den 3 vozy a jeden záložní.

17 – Nádraží – Semtín, zastávka po troleji a dále Doubravice – Hrádek – Pohránov – Srch a zpět na baterie. Mimo síť cca 13 km. Linku po celý den obsluhuje jeden vůz.

18 – Semtín - Nádraží – Jesničanky po troleji a dále směr Mikulovice a zpět a Rybitví, závod – Černá u Bohdanče – Živanice, Nerad a zpět. Tato linka projíždí celým městem pod trolejí, na její trase je jeden úsek bez napájení, a sice Polabiny Sluneční – Trnová, náměstí, který by šel objet jinou trasou. Pokud by měla být tedy tato linka zachována v této podobě, nasazení bateriového trolejbusu je nereálné. Vzhledem ke skutečnosti, že se Mikulovice obsluhují pouze 4 x za den, nabízí se varianta prodloužit sem všechny nebo jen některé spoje linky 1 (podrobněji níže) a linku 18 zkrátit jen na relaci Nádraží – Živanice, Nerad s celkovou délkou obratu mimo síť cca 16 km. Na linku jsou ve všední den nasazovány 2 vozy. Jejím zkrácením k nádraží by se jeden vůz ušetřil. Změnou trasy tak, aby jel spoj od Nádraží až do Semtína pod trolejí by tuto linku obsloužily jeden bateriový trolejbus. Ve stávající trase jeden autobus. S touto linkou provozovanou Aku-Trolejbusem ale zatím nebude počítáno.

22 – Závodu míru – Nemošice, dva poměrně krátké úseky mimo trolejové vedení a pouze 6 párů spojů denně obslužených jedním autobusem. Optimální linka pro nasazení bateriového trolejbusu, ale pouze v případě, že dojde k zatrolejování ulice Závodu míru. Ve všední den je zde nasazován jeden vůz, o víkendu linka nejedí.

12 – Hlavní nádraží – Úhřetice, mimoměstská linka o celkové délce až 42 km

s proměnlivou trasou dle spoje. Pokud by došlo k dobudování trati k Zámečku, popřípadě až do Černé za bory, mohla by tato linka nadále obsluhovat své různorodé konečné (Zdravotní škola, Zámeček, Drozdice, Černá za Bory, Mnětice, Tuněchody a Úhřetice). Bez této dostavby by bylo reálné zajíždět bateriovým trolejbusem pouze do bližších konečných stanic a relaci do Tuněchod a Úhřetic vést nadále v autobusové trakci. Na linku je ve všední den potřeba 6 vozů, pokud bychom ji celou obsadili hybridními trolejbusy, potřebovali bychom ještě nějakou zálohu, tu by tvořily 2 až 3 vozy, které by byly v záloze pro linku 1 a 2 (viz níže).

5.3.2 Ryze autobusové linky.

Všechny městské nebo příměstské autobusové trasy nelze pro jejich charakter obsadit trolejbusy s akumulátory. Jsou to linky, které zajíždějí příliš daleko mimo město, a kapacita jejich baterií by nestačila, popřípadě se pod trolejí pohybují tak krátce, že by se nestačila dobít. Patří sem také linky, které trolejové vedení během své cesty několikrát opouštějí a docházelo by tak k delším zdržením a možným komplikacím v dopravě.

Patří sem následující linky:

6 – páteční linka napříč městem s velkým počtem spojů, síť opouští 3 x.

8 – polookružní linka z Dubiny do Svítkova, síť opouští také 3x.

9 – celkem frekventovaná, částečně meziměstská, linka z Rosic přes centrum města do Spojlá a Sezemic. Většina spojů končí ve stanici Hůrka.

10 – linka v trase Ostřešany – centrum – Cihelna – Staré Hradiště – Ohrazenice, trase je převážně mimo síť trolejového vedení.

15 – Sídliště Závodu míru – Opočíněk, mimoměstská linka dlouhá 26 km, z toho pouze 900 m pod trolejí.

16 – Hlavní nádraží – Dříteč, mimoměstská linka dlouhá 24 km

23 – Polabiny, točna – Staré Čívce, průmyslová zóna, pouze 10 km pod trolejí a 14 km mimo.

24 – Hlavní nádraží – Čepí, 7 km pod trolejí a 16 mimo město.

25 – Dubina, sever – Staré Čívce, průmyslová zóna. 36 km dlouhá linka s několika úseky pod trolejí.

26 – krátká sporadická (4 páry spojů) linka v Trase Dubina, Dubinská – Hlavní nádraží, převážně mimo trolej. Hlavním účelem této linky je Obsluha nové polikliniky v Rokycanově ulici.

28 – Závodu míru – centrum - Staročernsko – Veská – Zminný. Příliš dlouhá a členitá

trasa mimo síť trolejového vedení.

Z výše uvedených linek se pro provoz na CNG nejvíce hodí linky č. 6, 8, 9 a 28 protože projíždějí centrem města a hustě osídlenými okrajovými částmi. Zvláště na linky 6 a 8 by vozy na CNG měly být nasazovány prioritně.

Zbývající linky 10, 12, 15, 16, 23, 24, 25, 26 vyjíždějí i poměrně daleko mimo město a zároveň je jejich frekvence jen několik spojů denně. Mohou zůstat plně v režii naftových autobusů. Z tohoto dílčího závěru lze vyvodit i optimální počty.

5.3.3 Prodloužení některých trolejbusových linek bateriovými trolejbusy

V případě pořízení bateriových trolejbusů by se jednalo o nejzajímavější a nejpravděpodobnější nasazení, pro je těmto linkám věnována největší pozornost.

1 – prodloužení několika spojů z točny v Jesničánkách ve směru Dražkovice a Mikulovice jako náhrada linky 18. Dražkovice jsou celkem velkou obcí a jako součást města Pardubic by si zasloužily interval pravidelný a ne jen zajištění nepravidelné, tu jedenkrát, jindy dvakrát do hodiny apod. Toto jim stávající linka číslo 18, která i na své druhé straně zajišťuje provoz do několika různých destinací s ukončením u nádraží, u Globusu, v Rybitví, v Černé u Bohdanče, v Živanicích či v Dědku, nedokáže nikdy poskytnout.

Obsluha Dražkovic a Mikulovic linkou číslo 1 je možná, a to dokonce bez potřeby zvyšovat počet vozidel na lince. Dnešních 5 vozů na to bohatě postačí, protože linka číslo 1 má v Jesničánkách velmi dlouhé vyrovnávací doby (16 min.). V Dražkovicích by vycházela vyrovnávací doba 10 min. a v Mikulovicích 4 min. Pro případnou realizaci bych doporučoval zkrátit vyrovnávací dobu na Slovanech ze 4 na 3 minuty, abychom pak v Dražkovicích získali pauzu 11 min. (tj. 10 min. přestávka pro řidiče + 1 min. pro manipulaci s vozidlem na točně). Na točně v Dražkovicích doporučuji zřídit alespoň WC pro řidiče, což by ovšem bylo žádoucí i dnes, kdy na autobusové lince číslo 18 mají řidiči velmi omezený přístup k sociálním zařízením. Výstavba nového sociálního zařízení nebo jen WC bude nesrovnatelně levnější, nežli vybudování nového trolejového úseku s potřebným napájením (nehledě k tomu, že z hlediska letového provozu by něco takového nedaleko přistávací dráhy nebylo ani možné).

Do Dražkovic nebo dokonce až do Mikulovic lze ze stávajícího oběhu vozidel vybírat spoje dle potřeby. V pracovní dny je ve špičce interval 12 min., tudíž můžeme Dražkovice obsluhovat s intervalem (12), 24, 36 min. apod. V sedle je interval 15 min., takže lze jezdit dále v intervalu (15), 30, 45 min., a o víkendech je základní interval 20 min., tj. možnost

prodloužení v taktu (20), 40, 60 min. Ve všech těchto případech má linka číslo 1 shodnou oběžnou dobu pro jedno kolo 60 min. Čekací doby na konečných by tedy byly vždy stejné (večer a o víkendech dokonce delší díky zkráceným jízdným dobám).

Bylo by žádoucí mít pro linku číslo 1 ve vozovém parku minimálně 5 bateriových trolejbusů s rezervou 1 až 2 vozy, aby v případě nepojízdnosti některého z nich nebylo třeba na dotčený kurz vypravit autobus.

2 – prodloužení z točny Pardubičky do stanic Průmyslová a Zámeček, tedy v trase zamýšlené trolejbusové trati, v časech začátků a konců pracovní doby.

U linky číslo 2 by při prodloužení k Zámečku již muselo být nasazeno nejspíše o jeden vůz víc. Pokud bychom však pro zajištění přepravy použili linku 27, tak ta by dokázala k Zámečku zajíždět celkem pohodlně, protože má v Pardubičkách dlouhé vyrovnávací doby. Potřebovala by tam však sociální zařízení, což u dvojky není tak nutné, protože tam je sociální zařízení v Polabinách.

Pro linku 2 jsou ve všední den potřeba 4 trolejbusy a jezdí po celý den v intervalu 15 minut. Pokud bychom prodloužili jen některé spoje, museli bychom stejně asi nasadit 5 vozů, z toho alespoň 2 s bateriovým pohonem a Průmyslovou a Zámeček obsluhovat v intervalu 30 min. Pokud bychom chtěli Zámeček obsloužit všemi spoji po 15 minutách, bylo by nasazeno 5 bateriových trolejbusů, zálohu k nim by tvořily dva vozy, které jsou v záloze pro linku 1. Prodloužení této linky z Pardubiček k Zámečku je ve stejné trase jako linka 12, proto by nebylo nutné nasazovat bateriový trolejbus na všechny spoje, ale pouze v mezerách mezi linkou 12.

Pro tyto dvě linky bychom potřebovali celkem 7 vozů tohoto typu a k nim 2 – 3 vozy v záloze. S rostoucím počtem vozů klesá množství vozů potřebných jako záloha.

Tato možnost by znamenala větší využití elektrické energie, která je „ekologičtější“ než stávající kapalná paliva i než zemní plyn. V uvozovkách ekologičtější, protože emise nebo jiné zatížení nevznikají sice uvnitř města, ale prostě jen někde jinde. A je celkem jedno, o jaký zdroj elektrické energie se jedná, protože každá má nějaká svá úskalí. Do budoucnosti je předpoklad nárůstu spotřeby elektrické energie o více jak 50% díky elektrizaci dopravních výkonů.

DPMP patří s kvalitou a rozsahem sítě trolejbusových tratí v České republice ke špičce. Ale stále jsou zde významné linky a vytížené úseky, které volají po elektrifikaci.

Problematika provozu v centru města se nyní dále prohloubí s omezením

trolejbusového provozu na Třídě míru a novým tedy i dalším hrdlem se stane Sukova třída, potažmo křižovatka Sukovy třídy a Sladkovského. I to je dalším argumentem pro snižování emisní i hlukové zátěže v centru města.

5.3.4 Shrnutí optimalizace vozového parku

V rámci optimalizace bylo navrženo nasazovat do provozu vozidla tří trakcí – autobusy, trolejbusy a trolejbusy s trakční baterií. Byly posouzeny všechny provozované linky a podmínky, za jakých by bylo možno udělat změnu v nasazované trakci.

Autobusové linky č. 6, 8, 9, 10, 15, 16, 23, 24, 25, 26 a 28 zůstávají zatím beze změny. Na tyto linky je ve všední den nasazováno celkem 32. Když bude DPMP disponovat 30 vozy na CNG, jak bylo navrženo, zůstanou v denním provozu pouze 2 naftové autobusy spolu s dalšími 2 – 4 naftovými vozy jezdícími za dočasně neprozní vozy na CNG. Tedy v úhrnu maximálně 6 vozů ve všední den. O víkendech je za současné situace potřeba 17 vozů a po změně 14, tento stav je již dnes pokrýván pouze CNG autobusy. Pokud by byly pořízeny 4 menší vozy na CNG pro obsluhu méně vytižených okrajových linek, dostali bychom se do teoretické plné obslužnosti autobusy CNG.

DPMP by si stejně musel ponechat určitý počet naftových autobusů jako zálohu za trolejbusy (objížděky při výlukách, výpadky proudu) i za CNG vozy.

Trolejbusové linky č. 3, 4, 5, 7, 11, 13, 21 a 27 zůstávají beze změny. Ve všední den je na tyto linky nasazováno celkem 30 vozů a o víkendu 14.

Linka č. 18 zůstává v režii autobusů, ale je zkrácena na relaci Nádraží – Živanice, tím se ušetří 1 vůz.

Trolejbusové linky 1 a 2 jsou prodlouženy o několik stanic mimo síť a jsou na ně nasazeny akumulátorové trolejbusy. Na linku 2 jsou tyto vozy nasazeny jen na vybrané spoje. U linky 1 je to ve všední den 5 bateriových trolejbusů, u linky 2 jsou 2 bateriové trolejbusy a 2 běžné trolejbusy. O víkendu jsou počty nižší, viz Tabulka 9.

Zbývající autobusové linky 12, 14 a 17 jsou převedeny ve všech spojích a ve stávající trase do režie bateriových trolejbusů, celkem by se ve všední den jednalo o 10 vozů.

Celkem by pro zajištění denního provozu bylo potřeba 17 bateriových trolejbusů a k nim alespoň 3 vozy v záloze, tedy dohromady by vozový park musel čítat 20 trolejbusů na bateriový pohon. Tyto vozy by mohli být postupně zakoupeny jako náhrada dožívajících trolejbusů Škoda 14Tr a některých dožívajících autobusů CityBus z roku 1998. Prioritně bych s nasazováním prvních vozů začal u linky č. 1a zkrátit linku č. 18. Dále bych pokračoval

postupným nasazováním na linky č. 2, 12, 14 a 17. Zkušenostmi z provozu by se postupně ukázalo, pro jaké linky se tento druh vozidel nejlépe hodí.

Celou touto úpravou byl zároveň ušetřen 1 vůz zkrácením linky 18. Všechny změny v počtech nasazovaných vozidel jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 9 – Počty nasazovaných vozidel v jednotlivých trasech

Linka	Trakce	Počet vozů		Trakce po úpravě	Počet vozů po úpravě	
		Prac. den	So a Ne		Prac. Den	So a Ne
1	Tr	5	3	AkuTr	5	3
2	Tr	4	3	Tr/AkuTr	2/2	1/2
3	Tr	8	4	Tr	8	4
4	Tr	1	0	Tr	1	0
5	Tr	6	3	Tr	6	3
6	A	8	4	A	8	4
7	Tr	3	2	Tr	3	2
8	A	7	4	A	7	4
9	A	3	2	A	3	2
10	A	4	1	A	4	1
11	Tr	4	2	Tr	4	2
12	A	6	1	AkuTr	6	1
13	Tr	6	3	Tr	6	3
14	A	3	1	AkuTr	3	1
15	A	2	0	A	2	0
16	A	1	1	A	1	1
17	A	1	1	AkuTr	1	1
18	A	2	1	A	1	1
21	Tr	1	0	Tr	1	0
22	A	1	0	A	1	0
23	A	1	0	A	1	0
24	A	2	1	A	2	1
27	Tr	1	0	Tr	1	0
28	A	2	0	A	2	0
	Celkem	82	37		81	37
	A	43	17		32	14
	Tr	39	20		32	14
	AkuTr	0	0		17	9

Vysvětlivky: a - autobus, Tr - trolejbus, AkuTr – bateriový trolejbus.

5.4 Shrnutí základních poznatků – SWOT analýza

Základní poznatky k problematice provozu na CNG a možnostem rozšíření vozového parku o vozidla na baterie jsou shrnuty do SWOT analýzy v tabulkách 10 a 11.

Tabulka 10 – SWOT analýza CNG

SWOT analýza CNG	Klady	Zápory
Vnitřní původ	S: Silné stránky • nízké náklady na provoz • nižší hluk • nízké emise škodlivin • o 15% nižší produkce CO₂ • vyhovující akční rádius • při závadě nikdy nedojde k ekologické havárii	W: Slabé stránky • náklady na vybudování infrastruktury • vyšší cena vozidel • delší doba tankování • nemožnost dalšího rozšíření infrastruktury ve vozovně DPMP
Vnější původ	O: Příležitosti • možnost prodeje CNG dalším zákazníkům • zvýšení množství vozidel na plyn v městském provozu	T: Hrozby • přerušení dodávek plynu • porucha plnicí stanice

Tabulka 11 – SWOT analýza bateriového pohonu

SWOT analýza baterie	Klady	Zápory
Vnitřní původ	S: Silné stránky • čistý provoz bez emisí • není nutné budovat další trolejové vedení • využití rekuperace v samotném voze mimo trolej • velmi tichý provoz • zdroj elektřiny z troleje (u AkuTr)	W: Slabé stránky • nižší životnost baterií • velká hmotnost baterií • omezený dojezd • delší doba nabíjení • potřeba vybudování energeticky odpovídajících přípojek (u Elektro-Bus)
Vnější původ	O: Příležitosti • zavedení tichého provozu na nočních linkách • úsporný a čistý provoz v zácpách a v centrech měst • vývoj technologie baterií se stále posouvá vpřed • dobíjení Elektro-Busů dobíjecím pantografem z troleje • prodloužení některých trolejbusových linek AkuTr, bez budování troleje	T: Hrozby • možné poškození náprav vozu vlivem trvale vyšší pohotovostní hmotnosti • nižší životnost pneumatik u těžších vozů

5.5 Dostavba městských okruhů

Problém s vysokou dopravní zátěží v centru města by se z valné části vyřešil dostavbou některých částí vnějšího městského okruhu. Pardubice v historii neměly takové štěstí jako sousední Hradec Králové, kde mají vnitřní a vnější okruh, mimo jiné oba okruhy s trolejbusovou dopravou, a navíc i východní obchvat. Absence těchto komunikací a faktická nedokončenost východního průtahu kolem Parama, jsou nejpalčivějšími bolestmi tohoto města.

ZÁVĚR

Vybudování plnicí stanice a zakoupení vozů na stlačený zemní plyn bylo velmi dobré rozhodnutí. Provoz autobusů na plyn je oproti naftovým vozům daleko výhodnější a ze začátku provozu nových vozů dokonce výhodnější než trolejbusy. Oproti naftovým autobusům, které nyní vykazují meziročně ztrátu přes 4,5 milionu Kč, jsou CNG vozy 8,6 milionů v zisku (pro rok 2013). S rostoucím stářím vozového parku CNG se sice bude toto číslo snižovat, stejně tak mírně porostou náklady na 1 km, ale lze předpokládat, že se za současných podmínek nedostane do záporných hodnot.

Prodej CNG pro externí subjekty vykazuje velmi zajímavé zisky, které plně pokrývají veškeré provozní výlohy plnicí stanice. Tyto prostředky, které činí cca 1,5 milionu Kč ročně lze zpětně využít k dalšímu rozvoji.

Za nejdůležitější považuji nevpuštění konkurence do areálu DPMP, mělo by to za následek odliv příjmů, zábor již takhle omezeného prostoru a navíc není dostatečná kapacita zdrojů elektřiny ani plynu pro další rozšíření. Každý další kompresor či rozšíření bude za stávajících podmínek parazitovat na zařízení, které si pořídil DPMP pro svou potřebu.

Jako další krok do budoucnosti doporučuji investovat do posílení výkonu transformační stanice v areálu DP pro možnost dalšího rozšíření plnicí stanice o další kompresor a 10 stojanů pomalého plnění. Mírné rozšíření kapacity by bylo možné i zvětšením počtu jímek stačeného plynu pro rychlé plnění. Zvýšením výkonu transformační stanice zároveň do budoucna vznikne možnost nabíjení většího počtu bateriových trolejbusů popřípadě elektro-busů a to bez ohledu na to, jestli se základna CNG bude nebo nebude dále rozšiřovat.

Během psaní této práce bylo zjištěno několik provozních nedostatků. Nejvýznamnějším z nich je absence náhradního zdroje stlačeného zemního plynu, kterou lze nyní vyřešit pouze záložním kompresorem. Dále není regulován maximální možný odběr CNG pro externí odběratele, tím dochází k vyčerpání zásobníků a sepnutí kompresorů v době elektrické špičky za vyšší cenu i k občasnému překročení špičkového odběru elektřiny celého areálu a z toho plynoucích sankcí od energetické společnosti. To vše na úkor zisku, protože takovýto odběr je hrubě dotován z peněz DPMP.

Vedení DPMP by mělo zvážit zapůjčení a zkušební provoz trolejbusu s bateriovým pohonem a odzkoušet jeho možnosti v terénu například tak, jak bylo navrženo v kapitolách

5.3.1 a 5.3.3. Provoz velkých elektro-busů bez průběžného dobíjení byl shledán jako značně nevýhodný, ať už z hlediska nutného zázemí, hmotnosti nebo životnosti. Naproti tomu elektro-busy s možností průběžného dobití baterií s menší kapacitou z troleje by mohly být zajímavou náhradou naftových vozů, které již nebude možné nahradit autobusy na plyn. Tyto vozy by tak po boku trolejbusů a vozů na CNG dotvářely tichou, čistou a ekologickou MHD v Pardubicích.

Použitá literatura

- [1] Matějovský, V.: Automobilová paliva. Grada publishing, a.s., Praha 2005. ISBN 80-247-0350-5
- [2] Vlk, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2004. ISBN 80-239-1602-5
- [3] Interní dokumenty a zprávy DPMP a.s.
- [4] Ministerstvo vnitra ČR, Sbírka zákonů a Sbírka mezinárodních smluv [on-line] 2014 [cit. 2014-02-03] Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>
- [5] NORMSERVIS s.r.o., Technické normy a publikace celého světa [on-line]. [cit. 2014-25-04]
Dostupné z: <http://eshop.normservis.com/detail/tpg/30402/15.12.2011>
- [6] RWE, The energy to lead [on-line]. [cit. 04.04.2014]
Dostupné z: <http://www.cng.cz/>
- [7] KALOUS, Jindřich. Několik poznámek k rusko-ukrajinskému sporu o zemní plyn. *Britské listy* [online]. 12.1.2009, [cit. 21.05.2011]. Dostupné z: <http://blisty.cz/art/44689.html>
- [8] NEUMAN, Jan. Autobusy – Citelis v městské dopravě. *Automobil revue* [online]. 25.07.2013, [cit. 17.03.2014].
Dostupné z: http://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/autobusy-citelis-v-mestske-doprave_42184.html
- [9] ČERNÝ, Ladislav. Autobusy s alternativním pohonem Volvo: hybrydy, bio i CNG. *Auto.cz* [online]. 24.07.2013, [cit. 02.03.2014].
Dostupné z: <http://www.auto.cz/autobusy-s-alternativnim-pohonem-volvo-hybridy-bio-i-cng-75661>
- [10] SOR Libchavy spol. s r. o, Městský autobus SOR NBG 12 [online]. © 2014, [cit. 17.04.2014]. Dostupné z: <http://www.sor.cz/site/mestsky-autobus-sor-nbg-12>
- [11] I portál.POHODA.cz, Daň z elektřiny [online]. 24.07.2012, [cit. 19.04.2014].
Dostupné z: <http://portal.pohoda.cz/dane-ucetnictvi-mzdy/ostatni-dane/ekologicke-dane/dan-z-elektriny/>

- [12] HYRÁK, Zbyněk. Snižování emisí v dopravě v Uh. Hradišti [online]. 2008, [cit. 19.04.2014]. Dostupné z: <http://snizovani-emisi.ic.cz/emisni-vypocty.php>