

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2014

Bc. Miloslav Kaňka

Dopravní fakulta Jana Pernera

Možnosti uplatnění pohonu zemním plynem v zemědělství

Bc. Miloslav Kaňka

Diplomová práce

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 21. 5. 2014

Miloslav Kaňka

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Miloslav Kaňka
Osobní číslo: D12764
Studijní program: N3708 Dopravní inženýrství a spoje
Studijní obor: Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury:
Ochrana životního prostředí v dopravě
Název tématu: Možnosti uplatnění pohonu zemním plynem v zemědělství
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 :

Cílem práce je posoudit proveditelnost, technické možnosti a ekologické benefity zavedení pohonu CNG jako alternativního paliva v podnicích zemědělské výroby a srovnání provozu na motorovou naftu, bionaftu a zemní plyn. K tomu lze využít i praktických zkušeností z provozu CNG autobusů případně jiných vozidel podobných výkonů, kde je na rozdíl od zemědělství již dostatečná praxe s provozem.

1. Úvod
2. Vlastnosti zemního plynu
3. Současný stav využití zemního plynu pro pohon motorových vozidel
4. Požadavky na úpravu spalovacích motorů při přechodu na zemní plyn
5. Instalace a provedení zásobníků plynu na vozidlo
6. Plnění paliva
7. Předpokládaná ekonomická náročnost přestavby a její návratnost
8. Výběr vhodných dopravních prostředků, pracovních strojů a ostatních zařízení v zemědělství k plynifikaci
9. Posouzení dopadů této plynifikace na životní prostředí
10. Posouzení dopadů této plynifikace na ekonomiku provozu
11. Posouzení technických možností (studie proveditelnosti) plynifikace v zemědělství
12. Srovnání paliv CNG, bionafta, motorová nafta v provozech zemědělství.
13. Závěr.

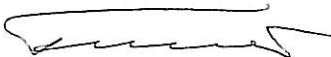
Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

Vlk, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Vlk, Brno, 2004. ISBN 80-239-1602-5
Žákovec, J.: Informační servis Gas- plyn v dopravě, GAS. ISSN 1212-7825
Kameš, J.: Alternativní pohon automobilů. Ben, Praha, 2005. ISBN 978-80-7300-127-8
Vlk, F.: Koncepce motorových vozidel. Vlk, Brno, 2000. ISBN 80-2385276-0
Takáts, M.: Příslušenství plynových motorů, ČVUT, Praha, 1996. ISBN 80-01-01058-9

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Milan Graja, CSc.
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky
Datum zadání diplomové práce: 21. února 2014
Termín odevzdání diplomové práce: 23. května 2014


prof. Ing. Bohumil Cúlek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2014

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi s touto prací jakkoli pomohli, poradili, poskytli podklady nebo své praktické zkušenosti a rady, panu doc. Ing. Milanu Grajovi CSc., panu Ing. Jaroslavu Kazdovi ze ZOD Podhradí, panu Ing. Jiřímu Lachoutovi ze společnosti E.ON a zaměstnancům firmy MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s. Soběslav.

Anotace

Ve své práci se zaměřuji na možnosti využití plyných paliv v dopravě, a to od historických počátků, historického vývoje v jednotlivých evropských zemích až do současné doby. Nejvíce se soustředuji na možnost využití stlačeného zemního plynu (CNG) v zemědělské výrobě, protože v tomto odvětví se nyní nově začíná CNG spolu s bioplynem jako palivem prosazovat a výrobci zemědělské techniky tomuto trendu vychází vstříc svými inovativními řešeními, které v práci popisuji stejně jako výhody a nevýhody provozu na CNG. Zvláště v některých odvětvích zemědělství, kde se používá ve velké míře manipulační technika, se může CNG jako palivo s úspěchem uplatnit taktéž. V práci jsou také uvedeny reálné zkušenosti z provozu vysokozdvizných vozíků poháněných CNG, které mohou být inspirací pro jakýkoliv zemědělský podnik, který o zavedení CNG jako paliva uvažuje. V práci je zpracována finanční studie provozu automobilů a traktorů na CNG v ZOD Podhradí, stejně tak jako exemplární příklad zjednodušené ekologické emisní studie pro traktory.

Klíčová slova: CNG, provoz na CNG, vysokozdvizný vozík, příslušenství CNG motorů, vlastnosti plyných paliv, metan, plnicí stanice CNG, snižování emisí

Annotation

This contribution is focused on the possibilities of utilization gas fuels in transportation, from the historical beginning, the historical development in individual European countries till now. The main focus is on the possibility of using compressed natural gas (CNG) and biogas in agriculture, because the industry is starting the production of new CNG tractors and other vehicles using in agriculture nowadays. The advantages and disadvantages of CNG usage are mentioned too. In some sectors of agriculture, where the handling machines are used, may CNG as fuel be applied successfully. The contribution deals with the real experience of usage the lift trucks powered by CNG, which can be an inspiration for the farms where they consider of CNG as fuel for their vehicles. In contribution is processed financial study of cars and tractors working on CNG in agricultural and trade company ZOD Podhradí, as well as an exemplary example for simplified environmental emission studies for tractors.

Keywords: CNG, CNG usage, lift truck, CNG engines equipment, gas fuels properties, methan, filling stations CNG, emissions reductions

Obsah

Obsah	7
Seznam obrázků	9
Úvod.....	9
1. Plyny používané pro pohon spalovacích motorů v dopravě	12
1.1 Plyny a jejich vlastnosti	12
1.1.1 Propan butan – LPG.....	12
1.1.2 Bioplyn.....	13
1.1.3 Stlačený zemní plyn - CNG	13
1.1.4 Zkapalněný zemní plyn – LNG	16
1.1.5 Bionafta.....	17
1.1.6 Motorová nafta.....	20
2. Bezpečnost provozu a plnicí stanice	21
2.1 Některá bezpečnostní řešení CNG autobusů a jiných vozidel.....	21
2.2 Bezpečnost při plnění vozidel zemním plynem.....	21
2.3 Druhy plnění CNG.....	22
2.3.1 CNG plnicí zařízení – rychlé plnění	22
2.3.2 CNG plnicí zařízení – pomalé plnění	22
3. Situace v ČR a ve světě.....	23
3.1 Statistika k roku 2013	23
4. Historie pohonů silničních vozidel na plyn	26
4.1 Velká Británie	27
4.2 Francie	27
4.3 Německo	27
4.4 Itálie	28
4.5 Plynové pohony v hromadné dopravě	28
4.6 Situace plynových pohonů v Československu (později v České republice).....	29
5. Srovnání naftových, benzínových a CNG pohonů z hlediska emisí.....	32
5.1 Snížení emisí – zemní plyn / nafta.....	33
5.2 Snížení emisí – zemní plyn / benzín	33
6. Příslušenství CNG motorů	34
6.1 Obecný popis funkce a složení CNG vozidla motoru.....	34
6.2 Palivová soustava.....	35
6.3 Druhy plynových motorů.....	38
7. Traktory provozované na CNG.....	40
7.1 Steyr 6195 CVT	40
7.2 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power	44
8. Plnicí zařízení	46
8.1 Domácí plnicí zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05	46
8.2 Veřejná/areálová plnicí stanice	50
9. Možnosti využití CNG ve skladech zemědělských produktů, provozech živočišné výroby aj.....	53
9.1 Provoz vysokozdvizných vozíků na CNG	54
10. Rozbor možností přestaveb vozidel na provoz CNG.....	55
10.1 Tovární přestavby	55
10.2 Dodatečné přestavby	56
10.2.1 Orientační ceníky přestavby osobních a užitkových vozidel získaný od firmy Gera a.s.	56
11. Náročnost vybudování provozu na CNG.....	58

12. Rozbor možností využití CNG v ZOD Podhradí, Choustník	59
12.1 Výběr vhodných strojů pro plynofikaci	59
12.2 Investice:	63
12.3 Řešení.....	64
12.3.1 Optimistické řešení:	64
12.3.2 Ekonomické řešení:.....	64
12.3.3 Realistické řešení:	65
12.4 Zjednodušená ekologická emisní studie	66
12.5 Alternativní možnost provozu na bionaftu	67
13. Závěr	68
15. Seznam použitých zdrojů a literatury	69

Seznam obrázků a tabulek

Obr. č. 2.1 Zajímavost - malý ruský autobus GAZ dodatečně přestavěný na zemní plyn	14
Obr. č. 2.1 Plnicí koncovka NGV1 používaná například pro osobní automobily	23
Obr. č. 2.2 Plnicí koncovka NGV2 používaná například u autobusů a nákladních automobilů	23
Obr. č. 3.1 Vývoj počtu CNG vozidel, celosvětově [6].....	24
Obr. č. 4.1 Ukázka anglických vozidel s gumovými balóny	27
Obr. č. 4.2 Italský FIAT při plnění stlačeného zemního plyn	28
Obr. č. 4.3 Československý automobil Praga s tlakovou nádobou na střeše.....	29
Obr. č. 4.4 Autobus Praga TO na nestlačený svítiplyn v ulicích.....	30
Obr. č. 4.5 Autobus Praga TO na nestlačený svítiplyn při plnění	30
Obr. č. 4.6 Nákladní automobil vybavený kotlem na dřevoplyn (výrobce Dokogen, dnešní Atmos)	31
Obr. č. 5.1 Snížení emisí [g.km ⁻¹] u vozidel s pohonem na zemní plyn a nafty [7]	33
Obr. č. 5.2 Snížení emisí (g.km ⁻¹) u vozidel s pohonem na zemní plyn a benzín [7].....	33
Obr. č. 5.3 Potenciál redukce emisí při využití zemního plynu v dopravě [7]	34
Obr. č. 6.1 Tlakové nádrže CNG autobusu umístěné na střeše vozidla.....	35
Obr. č. 6.2 Redukční ventil CNG autobusu	36
Obr. č. 6.3 Směšovač CNG autobusu	37
Obr. č. 6.4 Vstřikovací trysky CNG autobusu	37
Obr. č. 6.5 Schéma palivové soustavy monovalentního spalovacího motoru na CNG [8]	38
Obr. č. 7.1 Traktor Steyr 6195 CVT s mobilním nosičem CNG tlakových lahví na předním třibodovém závěsu	40
Obr. č. 7.2 Schéma palivové soustavy traktoru na bivalentní provoz [8].....	42
Obr. č. 7.3 Traktor Steyr 6195 CVT s mobilním nosičem CNG tlakových lahví na předním třibodovém závěsu [8]	43
Obr. č. 7.4 Traktor Steyr 6195 CVT se speciální nástavbou nosiče CNG tlakových lahví na střeše	44
Obr. č. 7.5 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power [9]	45
Obr. č. 7.6 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power – částečný pohled na umístění tlakových nádrží CNG [9]	45
Obr. č. 8.1 : Plnicí zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05 [12]	46
Obr. č. 8.2 Schéma plnicího zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05 [12].....	49
Obr. č. 8.3 Plnění Škody Octavie v areálu firmy MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s. [12]	50
Obr. č. 8.4 Pohled na plnicí zařízení MJ05 bez krytů [12]	50
Obr. č. 8.5 Veřejná plnicí stanice otevřeného typu od českého výrobce společnosti Gascontrol s.r.o. [10].....	51
Obr. č. 8.6 Třístupňový kompresor švýcarského výrobce GREENFIELD používaný ve veřejných plnicích stanicích společnosti Gascontrol s.r.o. [10]	52
Obr. č. 8.7 Veřejná plnicí stanice kontejnerového typu od výrobce TVAJA s.r.o. [11]	53
Obr. č. 9.1 Plnění vysokozdvizného vozíku LINDE H20 v areálu firmy MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s. [12]	54
Obr. č. 10.1 Pohled na umístění tlakových nádrží CNG při přestavbě autobusu firmou ZLINER [14].....	57

Tabulka č. 3.1 Rostoucí trend CNG vozidel a veřejných plnicích stanic, celosvětově [6]:	24
Tabulka č. 3.2 Rostoucí trend CNG vozidel a veřejných plnicích stanic, Evropa (včetně Ruska, Běloruska a Turecka):	24
Tabulka č. 3.3 Statistika podle druhu vozidel, Evropa [6]:	24
Tabulka č. 3.4 Statistika podle druhu vozidel, celosvětově [6]:	25
Tabulka č. 3.5 Roční průměrná spotřeba CNG v dopravě, celosvětově [6]:	25
Tabulka č. 3.6 Statistika vozidel podle druhu, počet veřejných plnicích stanic CNG, prodej CNG a nárůst prodeje, ČR [6]:	25
Tabulka č. 4.1 Sazby spotřební daně na CNG v ČR [6]	32
Tabulka č. 8.1 Technická data plnicího zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05 [12]	47
Tabulka č. 9.1 Ekonomické porovnání provozu 2 vysokozdvizných vozíků Linde H20 řady 392 (nosnost 2t) v provedení CNG a DIESEL [12]:	55
Tabulka č. 10.1 Ceník přestavby vozidla vybaveného sekvenčním vstřikováním (včetně DPH) [13]	56
Tabulka č. 10.2 Ceník přestavby vozidel vybavených staršími systémy přípravy směsi paliva (včetně DPH) [13]	57
Tabulka č. 11.1 Orientační ceník zařízení potřebný pro provoz na motorovou naftu	58
Tabulka č. 11.2 Orientační ceník zařízení potřebný pro provoz na CNG	58
Tabulka č. 12.1 Traktory vhodné k nahrazení typem Steyr 4135 Natural Power	60
Tabulka č. 12.2 Traktory vhodné k nahrazení typem Steyr 6195 CVT	61
Tabulka č. 12.3 Traktory, které v současné době nelze nahradit CNG traktory	61
Tabulka č. 12.4 Naftová osobní a lehká užitková vozidla	61
Tabulka č. 12.5 Alternativní CNG vozidla ke stávajícím naftovým [15]	62
Tabulka č. 12.6 Benzínová osobní a lehká užitková vozidla	62
Tabulka č. 12.7 Alternativní CNG vozidla ke stávajícím benzínovým [16]	62
Tabulka č. 12.8 Orientační rozpočet pro nákup strojů a zařízení	64
Tabulka č. 12.9 Orientační rozpočet pro nákup strojů a zařízení	65
Tabulka č. 12.10 Normativní produkce emisí [26]	66
Tabulka č. 12.11 Produkce emisí za hodinu práce	66
Tabulka č. 12.12 Produkce emisí za sledované období modelový rok 2013	67
Tabulka č. 12.13 Produkce emisí pro modelový rok (1000 h.rok ⁻¹)	67

Úvod

Tématem plynofikace dopravy jsem se měl možnost již v minulosti poměrně rozsáhle zabývat, a to na soutěži Enersol 2008, při příležitosti mé závěrečné maturitní práce na SPŠSS v Táboře v roce 2009 i v mé bakalářské práci na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích. V těchto pracích jsem se snažil získat informace o provozu dopravních prostředků a pracovních strojů na CNG. V zemědělském odvětví je CNG rozšířeno zatím ještě méně než kdekoli jinde, nicméně v současné době se pomalu začínají nabízet řešení plynofikace zemědělských provozů a z mého pohledu je důležité být připraven a hledět v tomto směru do budoucnosti. Pravdou je, že historie je učitelkou života, tedy ani zjistitelná historická fakta z prostředí plynofikace dopravy jsem nevynechal a zařadil je do své práce, a poté se věnoval současnosti a snažil se řešit problematiku provozu dnešních vozidel na CNG.

Navíc si myslím, že toto jistě zajímavé téma o CNG pohonech je dobré zpracovat pro potřeby studentů i části veřejnosti, která se o tuto problematiku zajímá, protože spousta informací chybí i v učebních textech. Cílem této práce tedy je seznámení se s plyny používanými v dopravě, historií využití plynů v dopravě, problematikou a ekonomikou provozu vozidel na CNG, současnými možnostmi využití CNG v oboru zemědělství i praktickými zkušenostmi získanými v praxi. Nedílnou součástí práce je i finanční studie a exemplární příklad zjednodušené ekologické emisní studie.

1. Plyny používané pro pohon spalovacích motorů v dopravě

1.1 Plyny a jejich vlastnosti

1.1.1 Propan butan – LPG

Propan butan – LPG je směs zkapalněných rafinérských plynů – uhlovodíků, obsahující převážně propan a butan a menší množství vyšších uhlovodíků, přičemž poměr obsahu propanu a butanu v LPG je v různých zemích odlišný. LPG vzniká při rafinaci ropy anebo jako kapalná frakce separovaná od metanu v průběhu těžby zemního plynu. Za normálních atmosférických podmínek se propan butan vyskytuje v plynné formě. Propan butan je v současnosti nejvíce využívaný plyn v dopravě, jako automobilové palivo je využíván již několik desetiletí. Jedná se o levné, z ekologického pohledu příznivé palivo. Díky vazbě na ropu je ale otázkou, zda může být LPG považován za alternativní pohonnou hmotu.

Výhody:

- poměrně snadno, ochlazením nebo stlačením, ho lze převést do kapalného stavu
- v kapalném stavu zaujímá pouze 1/260 svého plynného objemu
- snadný přechod mezi oběma skupenstvími je pro praktické využití velmi výhodný
- příznivá cena

Nevýhody:

- nevýhodou je mírný pokles výkonu při přestavbě
- přestavba vozu je jednoduchá, ale poměrně drahá
- při úniku z nádrží se LPG díky větší hmotnosti než vzduch drží při zemi

Složení LPG:

Směsi se liší podle ročního období: propan-butan letní (40/60) a směs propan-butan zimní (60/40). V tlakových lahvích je uchováván v kapalném formě a uvolňuje se z nich ve formě plynné, ve které je také použit pro spalování. Plyn je odorizován.

1.1.2 Bioplyn

V dopravě se bioplynem rozumí palivo vzniklé biologickými procesy z organických hmot, které je pro účely pohonu motorových vozidel zbaveno nežádoucích příměsí, zejména oxidu uhličitého a sirovodíku, tak aby odpovídalo požadavkům na zemní plyn (obsah metanu vyšší než 95 %, výhřevnost srovnatelná).

Výhody:

- ekologické palivo
- produkt z obnovitelných zdrojů

Nevýhody:

- jeho omezené množství
- lokální výroba (většinou jsou bioplynové stanice umístěny odlišně od místa spotřeby)
- náročné a nákladné čištění na kvalitu zemního plynu

1.1.3 Stlačený zemní plyn - CNG

Zemní plyn je přírodní hořlavý plyn využívaný jako významné plynné fosilní palivo. Jeho hlavní složkou je metan (obvykle přes 90 %) a etan (1–6 %). Nachází se v podzemí buď samostatně, nebo společně s ropou. Používá se také jako zdroj vodíku při výrobě dusíkatých hnojiv. Díky tomu, že obsahuje především metan, má v porovnání s ostatními fosilními palivy při spalování nejmenší podíl CO_2 na jednotku uvolněné energie. Je proto považován za ekologické palivo. Ve vozidlech se využívá ve stlačené podobě (CNG). Samotný zemní plyn je bez zápachu; proto se při jeho distribuci provádí odorizace, tj. přidávají se do něj zapáchající plyny (např. etyl-merkaptan) tak, aby čichem bylo možno pocítit zemní plyn ve vzduchu v koncentraci větší než 1 procento. Energeticky lze říci, že 1 m³ CNG odpovídá cca 1 l benzínu.



Obr. č. 2.1 Zajímavost - malý ruský autobus GAZ dodatečně přestavěný na zemní plyn (fotografii jsem pořídil v ukrajinském městě Mukačevo)

Výhody stlačeného zemního plynu CNG

Zemní plyn má velký potenciál pro využití jako motorové palivo. Je levný, má vysoké oktanové číslo, jedná se o čisté palivo, které nemá problémy se současnými i budoucími emisními limity. Zemní plyn může být užíván jako motorové palivo v klasických spalovacích motorech, benzínových nebo přímo plynových. Zemní plyn lze využívat jednak ve formě stlačeného plynu (tlak až 22 MPa), tak ve zkapalněné formě (při teplotě -162°C). „Vysokotlaká“ verze je v současnosti preferovanější variantou. Delší životnost zásob zemního plynu oproti ropě a rovnoměrnější rozložení nalezišť zemního plynu ve světě je velmi významnou skutečností pro budoucí rozvoj využití zemního plynu v dopravě.

Provoz CNG vozidel se oproti provozu vozidel s naftovými motory vyznačuje především následujícími výhodami:

a) Z hlediska ochrany životního prostředí:

- výrazné snížení emisí pevných částic (PM – Particulate Matters), které jsou u naftových motorů považovány z důvodu mutagenních a karcinogenních účinků za nejzávažnější
- kouřivost vznětových motorů je u plynových pohonů prakticky eliminována
- snížení dalších dnes sledovaných složek emisí – oxidů dusíku NO_x a emisí oxidu uhelnatého CO

- snížení emisí oxidu uhličitého (skleníkového plynu) cca o 10 -15 %
- výrazné snížení nemetanových, aromatických a polyaromatických uhlovodíků (PAU), aldehydů
- snížení tvorby ozónu v atmosféře nad zemí, který způsobuje tzv. „letní smog“
- spaliny z motorů na zemní plyn neobsahují oxid siřičitý (SO₂)
- do zemního plynu se nepřidávají aditiva a karcinogenní přísady
- plynové motory mají tišší chod, úroveň hluku např. plynových autobusů oproti naftovým je díky „měkčímu“ spalování nižší o 50 % vně vozidel a o 60-70% uvnitř vozidel
- při tankování nevznikají žádné ztráty paliva (odpařování nafty)
- nemožnost kontaminace půdy v důsledku úniku nafty na silnici, v garáži
- pohon na CNG je oproti ostatním ekologičtější i v dopravě pohonných hmot, kdy nafta, benzin či LPG se dováží zpravidla nákladními auty, zatímco zemní plyn je dopravován plynovodem

b) Z hlediska provozního:

- u dvoupalivových systémů zůstává zachována možnost užívání benzínu
- lepší směřování plynu se vzduchem umožňuje rovnoměrnost palivové směsi, možnost pracovat s vysokým součinitelem přebytku vzduchu, rovnoměrnější plnění válců, menší zatěžování motoru
- zvýšení celkového dojezdu u dvoupalivových systémů
- díky čistotě paliva se prodlužuje životnost motorového oleje i samotného motoru, nevytvářejí se karbonové usazeniny (zde se myslí v porovnání s motory poháněné benzinem nebo naftou)
- nemožnost zcizení pohonné hmoty
- ve srovnání s naftovými motory snížení hlučnosti motoru
- lepší startování při nízkých teplotách
- vysoká antidetonační schopnost – vysoké oktanové číslo zemního plynu (130) umožňuje motoru pracovat i v oblasti výrazného ochuzení palivové směsi, zvyšuje odolnost vůči klepání motoru
- CNG palivo je ve srovnání s naftou a benzinem levnější

Nevýhody stlačeného zemního plynu CNG :

a) Největším problémem pro rychlejší rozšíření stlačeného zemního plynu je nedostatečná infrastruktura tj. málo plnicích stanic. (Každé alternativní palivo, které se snaží konkurovat tradičním pohonným hmotám, trpí neexistencí dostatečné infrastruktury.)

b) Nevýhodou jsou vyšší náklady:

- na vozidlo - přestavby vozidel na plyn zvyšují cenu vozidla, sériově vyráběné plynové vozy jsou dražší (menší počty kusů, individuální výroba),
- na plnicí stanice, na díly plynových zástaveb - lze však očekávat, že tyto náklady celkově klesnou s širším využíváním zemního plynu v dopravě.

Z hlediska provozního:

- zvýšení celkové hmotnosti automobilu a tím snížení povolené hmotnosti užitečné v důsledku instalace tlakové nádrže na plyn. Řešením je užití tlakových lahví z kompozitních materiálů, které jsou až 5x lehčí než tradiční ocelové
- zpřísněná bezpečnostní opatření (garážování, opravy atd.)
- snížení výkonu motoru (o cca 5–10 %) u přestavovaných vozidel
- menší dojezd CNG vozidel oproti klasickým palivům (osobní automobil dodatečně upravený na provoz na zemní plyn na něj ujede cca 200–250 km)
- nutnost pravidelných kontrol plynových zástaveb
- zmenšení zavazadlového prostoru nebo užitého prostoru o prostor, který zabírá tlaková nádrž, je možno řešit umístěním tlakové nádrže na střeše (autobusy), pod vozidlo (osobní, nákladní automobily) nebo do jiných prostor (např. místo náhradního kola)

1.1.4 Zkapalněný zemní plyn – LNG

Na LNG (Liquefied Natural Gas) dnes ve světě jezdí přibližně několik tisíc vozidel, nejvíce v USA. Nárůst využívání LNG je v nejbližších letech očekáván v Asii (Čína, Korea) a v Evropě (Anglie, Německo, Španělsko).

Výhody LNG:

- větší dojezd vozidla na LNG oproti CNG (jedna z hlavních nevýhod CNG), na srovnatelnou úroveň s klasickými pohonnými hmotami

Pro srovnání:

- 1,5 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru benzínu

- 1,7 litru LNG energeticky odpovídá 1 litru nafty

- vysoce čisté palivo s minimem škodlivých emisí
- vysoká hustota energie (srovnatelná s ropnými látkami)
- nepřiliš těžká palivová nádrž
- doba plnění srovnatelná s klasickými palivy
- bezpečný provoz (vyšší zápalná teplota LNG oproti benzínu)
- oproti CNG zmenšení objemu palivových nádrží a tím zvětšení úložného prostoru ve vozidle

Nevýhody LNG:

- uchovávání za velmi nízkých teplot
- odpar z nádrže při delší odstávce vozidla
- složitější a nákladnější technologie v porovnání se stlačeným zemním plynem
- jiná technologie plnění vozidel a nová rizika při tankování
- do ČR není zemní plyn v kapalném stavu přepravován

Vlastnosti:

Zkapalněný zemní plyn je 90–100% metan (se zbytky etanu, propanu, vyšších uhlovodíků, dusíku ...), který je zchlazen na -162°C při atmosférickém tlaku. Je to studená, namodralá, průzračná kapalina bez zápachu, nekorozivní, netoxická, s malou viskozitou. Zkapalněný zemní plyn zaujímá cca 600 x menší objem než plynný zemní plyn.

1.1.5 Bionafta

V současné době se v zemědělských, ale i jiných podnicích začíná uvažovat o nasazení bionafty jako paliva. Výrobci některých moderních vozidel použití směsné bionafty (s přesně definovaným poměrem směsi) schvalují jako plně adekvátní palivo pro svá vozidla. Je však potřeba provozu na toto palivo upravit standardní servisní úkony na vozidle (kratší interval výměny motorového oleje, olejového a palivového filtru).

Bionafta (často také označovaná FAME - fatty acid methyl ester) je směs metylesterů nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. Je považována za ekologické palivo, neboť se vyrábí z obnovitelných zdrojů, kterými může být např. řepkový olej, palmový olej, slunečnicový olej, použitý fritovací olej aj. 80% celosvětové produkce bionafty je však vyrobená z řepkového oleje (MEŘO – methyl ester řepkového oleje).

V ČR se bionafta přimíchává do motorové nafty a tvoří její 6,3% složku. Důvodem je programová legislativní strategie EU snažící se o větší palivovou soběstačnost evropských států.

Výroba

Na 1 t metylesterů řepkového oleje (MEŘO) je potřeba okolo 2,5 t řepky. K výrobě bionafty mohou být použity i tuky živočišného původu. Proces výroby bionafty ze vstupních olejů se nazývá transesterifikace. [1]

Bionafta první generace

Čistý MEŘO bez příměsí ropných produktů.

Bionafta druhé generace

Směs 30 až 36 % čistého metylesteru nenasycených mastných kyselin řepkového oleje (**MEŘO**) s ropnými látkami minerálního charakteru.

Možné problémy s použitím bionafty

Možná rizika provozu na bionaftu byla přezkoumána provozem v různých dopravních prostředcích. Ověřování realizovala nezávislá auditní, testovací a ověřovací společnost SGS CZECH REPUBLIC S.R.O., a to ve dvou etapách pro palivo EKODIESEL B100 (obchodní název pro B100 od výrobce Preol a.s.) a jednou etapu pro palivo SMN 30 (Směsná motorová nafta od téhož výrobce). Závěry z těchto ověřování provozu hovoří o bezproblémovosti použití obou paliv za dodržení určitých zásad (např. snížený interval výměny palivových filtrů apod.) [2][3][4].

Výhody bionafty:

- *Při spalovacím procesu lépe shoří, a tím výrazně snižuje kouřivost naftového motoru, emise polétavého prachu, síry, oxidu uhličitého, aromatických látek a uhlovodíků vůbec.*
- *Čistá bionafta není toxická, je biologicky odbouratelná a neobsahuje žádné aromatické látky ani síru. Bionafta nezpůsobuje ve vodě mikrobiologické zatížení až do koncentrace 10 mg/l a je pro ryby neškodná. Testy na Univerzitě v Idaho prokázaly, že ve vodním roztoku je po 28 dnech degradováno 95 % bionafty oproti pouhým 40 % motorové nafty.*
- *Hlavní výhodou je že je vyráběna z obnovitelných zdrojů.*
- *Má vysokou mazací schopnost (je mastnější než motorová nafta), a tím snižuje opotřebení motoru a prodlužuje životnost vstřikovacích jednotek. Mazací schopnost nafty je zvláště důležitá pro rotační vstřikovací čerpadla, kde jsou veškeré jeho pohyblivé části mazány naftou a ne mazacím olejem.*
- *Nevyžaduje žádné zvláštní podmínky pro uskladnění. Lze ji skladovat ve stejných zásobnících jako motorovou naftu, kromě betonových zásobníků.*
- *Bionafta (podobně jako fosilní paliva) má velkou hustotu energie ve srovnání s elektrickými akumulátory elektromobilů (Pro srovnání: 1 litr nafty (hustota 0,8 kg/litr) obsahuje 9,750 kWh využitelné energie. Olověný akumulátor může dosáhnout okolo 0,030 až 0,035 kWh/kg což odpovídá 0,014 až 0,017 kWh/litr (hustota 2,1 kg/litr), Li-ion akumulátor (který je například v mobilních telefonech) má 200 Wh/kg[1].*

Nevýhody bionafty:

- *Mizivá účinnost využití sluneční energie. Podíl energie využitelné spálením bionafty a energie slunečního záření dopadajícího na pole s řepkou o velikosti potřebné k získání příslušného množství bionafty činí 0,08 %, zatímco u fotovoltaických panelů lze v podmínkách České republiky získat z plochy 8 - 10 m² ročně kolem 1 MWh elektrické energie, což představuje účinnost nejméně 10 %.*
- *Bionafta je silnější rozpouštědlo než standardní nafta, a tak rozrušuje usazeniny v palivovém potrubí, čímž se mohou ucpat vstřikovací ventily. Z tohoto důvodu výrobci aut doporučují vyměnit palivový filtr několik měsíců po přechodu na spalování bionafty. Při vyšším poměru smíchání s motorovou naftou může bionafta poškodit přírodní kaučuk a materiály z polyuretanové pěny.*

- *Při kontaktu s větším množstvím vody vznikají z bionafty mastné kyseliny, které mohou způsobit korozi palivového systému[1].*

1.1.6 Motorová nafta

Motorová nafta je jedním z nejdůležitějších produktů ropných rafinérií. Z hlediska výroby ji můžeme zařadit mezi střední ropné destiláty. Získává se destilací ropy a dalšími navazujícími technologickými procesy jako jsou hydrogenační rafinace, hydrokrakování, katalytické krakování atp. Obecně můžeme motorovou naftu charakterizovat jako složitou směs převážně ropných uhlovodíků s 12 až 22 atomy uhlíku vroucí v rozmezí cca 180 až 370 °C. Aby tato směs byla použitelná jako motorové palivo, musí splňovat celou řadu kvalitativních ukazatelů, které jsou u všech výrobců předmětem pečlivé výstupní kontroly [5].

2. Bezpečnost provozu a plnicí stanice

2.1 Některá bezpečnostní řešení CNG autobusů a jiných vozidel

Jako příklad použití CNG vozidel mohou vhodně sloužit autobusy, protože zde se CNG pohon rozšířil a poměrně úspěšně se používá a lze tedy předpokládat, že se může podobně rozšířit tento pohon i do jiných vozidel i traktorů.

V porovnání s autobusy vybavenými vznětovými motory jsou autobusy, spalující stlačený zemní plyn CNG, konstrukčně vybaveny takto:

- umístění nádrží na střeše – v případě úniku stoupá plyn nahoru
- tlakové nádrže, potrubí a spoje odolnost 100 MPa = pětinasobek provozního tlaku (nejvýše 22 MPa)
- vysokotlaké vedení – vždy mimo prostor cestujících ve ventilovaném pouzdře
- snímač kolize = vypnutí motoru (dostupný uvnitř vozu)
- umístění plnicího hrdla mimo oblast zasaženou v případě havárie
- bezpečnostní uzávěr nádrže – zařízení zabráňuje nastartování motoru pokud nejsou zamčena plnicí dvířka
- tepelná pojistka na 100°C po dobu 3 min, na každé nádrži
- několik elektromagnetických škrťacích ventilů – v případě ohrožení uzavřou rozvod CNG po vozidle
- tavné pojistky na nádržích – kontrolovaný a bezpečný únik CNG při požáru

2.2 Bezpečnost při plnění vozidel zemním plynem

Nejdůležitější bezpečnostní opatření u CNG plnicích stanic a ve vozidlech na zemní plyn:

- každá plnicí stanice je vybavena nouzovým "červeným" tlačítkem pro okamžité ukončení plnění
- každá plnicí přípojka výdejního stojanu je vybavena tzv. „trhací spojkou“, která v případě, že obsluha plnicího zařízení omylem neodpojí po ukončení plnění přípojku od koncovky vozidla a odjíždí, přeruší plynotěsně spojení přípojky k výdejnímu stojanu
- pokud by v průběhu plnění praskla plnicí přípojka, výdejní stojan zaznamená příliš velký tok plynu a okamžitě přeruší plnění
- tloušťka stěny tlakové nádoby ve vozidle je vypočtena pro tlak 30 MPa (1,5 násobek provozního tlaku), t.j. pro tlak, který ani při nejextrémnějších teplotách nemůže nastat

- uvnitř tlakové nádrže je tzv. "inline ventil", který okamžitě zastaví přívod plynu při poklesu tlaku např. při porušeném plynovém potrubí při nehodě a zabrání tak případnému úniku plynu
- v případě požáru vozidla se roztaví tavná pojistka a plyn kontrolovaně odhoří, aniž by tlaková nádoba ve vozidle explodovala

Z hlediska bezpečnosti při plnění se velkým nebezpečím jeví záměna CNG a LPG. Bylo zaznamenáno několik tragických havárií při naplnění stlačeného zemního plynu do vozidla s pohonem na propan butan. Vzhledem k několikanásobně vyššímu tlaku CNG došlo k roztržení nádrže LPG a následnému výbuchu.

2.3 Druhy plnění CNG

2.3.1 CNG plnicí zařízení – rychlé plnění

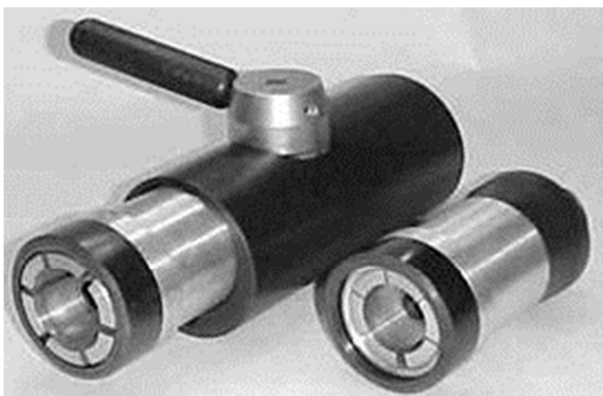
Zemní plyn z plynovodní sítě je v CNG plnicích stanicích vysušován v sušičkách plynu a pomocí kompresoru stlačován na tlak 20–30 MPa. CNG plnicí stanice mají výkon kompresoru vyšší než $20 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. CNG je poté skladován v soustavě tlakových zásobníků, vzájemně propojených. Při vlastním plnění CNG do vozidel se přepouští stlačený zemní plyn z tlakových zásobníků prostřednictvím výdejního stojanu do tlakových nádob ve vozidle. Plnicí pistole na hadici výdejního stojanu se připojí pomocí rychloupínacího systému na plnicí koncovku vozidla. Doba plnění CNG vozidla je srovnatelná s čerpáním kapalných pohonných hmot (3–5 minut).

2.3.2 CNG plnicí zařízení – pomalé plnění

Plnění CNG do vozidel se provádí přímo pomocí plnicího zařízení (většinou bez tlakových zásobníků). Hlavní součásti plnicího zařízení jsou kompresor, výdejní zařízení, měření a regulace. Výkon kompresoru je do $20 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Plnění probíhá zpravidla několik hodin v době, kdy vozidlo není v provozu – v nočních hodinách nebo v přestávkách jízdy. Urychlit toto plnění lze spřažením plnicí stanice se stabilními zásobníky CNG. Tento způsob plnění CNG je vhodný především pro osobní a lehká užitková vozidla, které parkují na stálém místě a nejezdí nepřetržitě. Často je využíván i pro některá speciální vozidla – pro vysokozdvizné vozíky ve skladech nebo pro rolby ledu na zimních stadionech.



Obr. č. 2.1 Plnicí koncovka NGV1 používaná například pro osobní automobily



Obr. č. 2.2 Plnicí koncovka NGV2 používaná například u autobusů a nákladních automobilů

3. Situace v ČR a ve světě

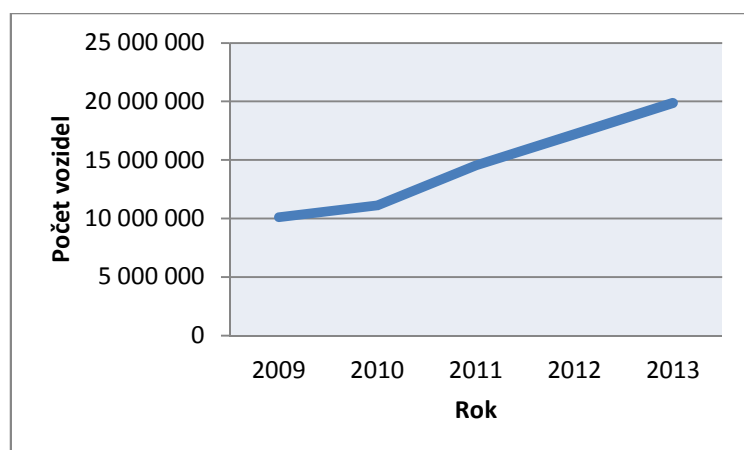
V České republice resp. v Československu se zemní plyn jako pohonná hmota začal uplatňovat již od roku 1981, kdy byla provedena první přestavba vozidla na zemní plyn. Počátkem 90. let minulého století patřila naše republika v plynofikaci dopravy na přední místa ve světě. Dobře se rozbíhající program plynofikace dopravy se ale zpomalil, nastala léta stagnace. Před Českou republiku se dostaly další evropské země, které s plynofikací dopravy začínaly daleko později. Počátkem 21. století zájem o zemní plyn opět roste.

3.1 Statistika k roku 2013

Počet CNG vozidel každým rokem globálně roste. Obr. 3.1 znázorňuje trend tohoto růstu

Tabulka č. 3.1 Rostoucí trend CNG vozidel a veřejných plnicích stanic, celosvětově [6]:

Rok	Počet CNG vozidel	Počet veřejných plnicích stanic
2009	10 106 444	15 198
2010	11 111 615	16 554
2011	14 550 720	18 113
2012	17 193 023	21 393
2013	19 872 932	25 288



Obr. č. 3.1 Vývoj počtu CNG vozidel, celosvětově [6]

Tabulka č. 3.2 Rostoucí trend CNG vozidel a veřejných plnicích stanic, Evropa (včetně Ruska, Běloruska a Turecka):

Rok	Počet CNG vozidel	Počet veřejných plnicích stanic CNG
2009	1 120 992	2 628
2010	1 452 798	2 649
2011	1 559 005	2 728
2012	1 730 693	4 180
2013	1 848 550	4 570

Tabulka č. 3.3 Statistika podle druhu vozidel, Evropa [6]:

Rok	Osobní / LDVs	Atobusy	Nákladní / MD,HD	ostatní
2009	967 808	59 100	91 313	2 776
2010	1 180 070	145 185	123 911	3 632
2011	1 268 385	153 045	123 484	14 091
2012	1 257 720	278 409	193 756	není k dispozici
2013	1 348 974	278 587	193 983	není k dispozici

Tabulka č. 3.4 Statistika podle druhu vozidel, celosvětově [6]:

Rok	Osobní / LDVs	Autobusy	Nákladní / LD,HD	Ostatní
2009	10 419 962	401 601	223 069	66 983
2010	11 813 788	412 863	208 746	87 331
2011	13 581 713	434 133	250 384	284 490
2012	15 856 742	701 758	363 578	270 945
2013	17 852 374	837 567	458 500	724 491

Tabulka č. 3.5 Roční průměrná spotřeba CNG v dopravě, celosvětově [6]:

Rok	Spotřeba [mld. m ³]
2009	29,2
2010	35,4
2013	76,9

Tabulka č. 3.6 Statistika vozidel podle druhu, počet veřejných plnicích stanic CNG, prodej CNG a nárůst prodeje, ČR [6]:

Rok	Veřejné plnicí stanice CNG	Vozidla celkem	Osobní / LDVs	Autobusy	Ostatní voz.	Prodej CNG [mil. m ³]	Nárůst prodeje CNG [%]
2004	9	250	150	100	0	2.773	
2005	9	450	280	165	5	3.01	8.5
2006	11	580	400	180	0	3.584	19.1
2007	17	900	680	195	25	5.79	61.6
2008	17	1200	950	215	35	6.758	16.7
2009	23	1800	1465	270	65	8.082	19.6
2010	32	2500	2112	300	88	10.058	24.4
2011	34	3250	2807	336	107	12.089	20.2
2012	45	4300	3818	362	120	15.242	26
2013	50	6300	5747	404	149	21.952	44

Z výše uvedených statistických údajů je zřejmé, že spotřeba CNG a provoz CNG vozidel je na velkém vzestupu a CNG palivo má pro mobilní dopravní prostředky a pracovní stroje budoucnost. S rostoucím rozšířením CNG tedy lze očekávat rozšíření tohoto paliva do dalších oblastí, jako je například zemědělství.

4. Historie pohonů silničních vozidel na plyn

Vyžití CNG pro pohon dopravních prostředků není žádnou novou myšlenku, jen díky dokonalejším technologiím je možné dnes mnohem účinněji zavádět taková vozidla do provozu a nebýt k tomu nuceni například složitými válečnými podmínkami, kdy byla nouze o benzín a naftu.

Vynález výbušného plynového motoru je spojen především se jmény Rivaz a Lenoir. Švýcarský vojenský vysloužilce Issac de Rivaz získal r. 1807 patent na vozidlo poháněné výbušným motorem. Vůz dokonce postavil a veřejně zkoušel. Jeho motor měl válec, v němž elektricky zapaloval směs svítiplynu a vzduchu. Píst, který byl výbuchem vytlačen vzhůru, byl pak svojí váhou a atmosférickým tlakem vzduchu tlačен dolů, přičemž ozubeným hřbetem poháněl soukolí, do nějž se pohyb přenášel na kola vozu.

Opravdového úspěchu ale dosáhl až Francouz belgického původu Jean Joseph Etienne Lenoir, kterého lze považovat za vlastního tvůrce výbušných motorů, neboť je přivedl k takovému stavu dokonalosti, že je bylo možno opravdu prakticky využít. Dne 10. listopadu 1859 získal patent na motor poháněný svítiplynem a v roce 1860 začal již stavět vůz s plynovým motorem. Plyn byl stlačený v nádržce umístěné ve vozidle. V roce 1863 vykonal Lenoir s tímto vozidlem první jízdu z Paříže do jejího předměstí Joinville le Pont a zpět rychlostí 6 km/hod. Celá trať měřila 18 km. V této době se ale začaly rychle vyvíjet spalovací systémy na kapalná paliva, tedy benzín, naftu či petrolej a plynové pohony byly téměř zapomenuty. O jejich návrat se postaral nedostatek kapalných paliv během první poloviny 20. století - světové války. V praxi se zjistilo, že plyn má pro pohon motorových vozidel vynikající vlastnosti. Především byl provoz s použitím svítiplynu levnější než s kapalnými pohonnými hmotami, motory snadněji startovaly i v mrazivém počasí a samozřejmě byl provoz ekologičtější, což si kupodivu již v počátcích užívání spalovacích motorů naši předkové plně uvědomovali. Nevýhodou použití nestlačeného svítiplynu byl velmi malý akční rádius automobilů. Vývoj proto jednoznačně směřoval k používání stlačeného plynu. Ten se sice po 2. světové válce poněkud zastavil, ale energetická krize 60. a 70. let jej opět vzkřísila. Dnes jsou plynové pohonné systémy hojně využívány hlavně v hromadné dopravě po celém světě a tento trend se stále zdokonaluje a modernizuje. Od začátku 90. let se plynná paliva na trhu pohonných hmot stále více prosazují.

4.1 Velká Británie

Ve Velké Británii se automobily vybavovaly gumovými balóny připevněnými na střeše, do kterých se z nízkotlakého potrubí plnil opět svítiplyn. Nevýhodou byl hlavně poměrně malý dojezd (dáno malým obsahem plynu v balónech).



Obr. č. 4.1 Ukázka anglických vozidel s gumovými balóny

4.2 Francie

Kolem roku 1930 se ve Francii začalo poprvé objevovat použití stlačeného svítiplynu v automobilové dopravě a brzy se rozšířilo do dalších evropských zemí. Byly vyráběny kompresní tankovací stanice, tlakové lahve, přestavována vozidla, stlačený svítiplyn se začal běžně používat. Souběžně s rozvojem použití stlačeného svítiplynu byly prováděny pokusy s použitím i jiných plynů, především metanu a kalového plynu.

4.3 Německo

Zkapalněné uhlovodíkové plyny se začaly v Evropě používat počátkem třicátých let. Jsou tedy jedním z nejmladších motorových plyných paliv. Tekuté plyny byly poprvé použity v Porúří v roce 1934 k pohonu 50 nákladních automobilů. O tři roky později již jezdilo na území Říše 12 tisíc nákladních automobilů na tekutý plyn. V roce 1937 činila spotřeba tekutého plynu na území Německa 50 tisíc tun ročně. Tekutý plyn se získával jako vedlejší produkt při výrobě benzínu z uhlí.

4.4 Itálie

Ve využití zemního plynu pro pohon vozidel má primát Itálie. Snadná dostupnost zemního plynu z vlastní těžby ve 30. letech minulého století umožnila nástup a později širší rozmach užití zemního plynu pro účely dopravy v Itálii.



Obr. č. 4.2 Italský FIAT při plnění stlačeného zemního plynu

4.5 Plynové pohony v hromadné dopravě

Poprvé v městské hromadné dopravě byl plyn poprvé použit nikoli pro pohon autobusů, ale tramvají. V roce 1893 jezdilo v Drážďanech 6 tramvají poháněných motory na stlačený svítiplyn. Stlačený svítiplyn byl uložen v 6 nádržkách po 1 m³, ve kterých byl svítiplyn stlačen přetlakem 0,6 MPa. Vůz dosahoval rychlosti 10 –12 km.hod⁻¹ a měl dojezd až 40 km. V letech 2. světové války pro nedostatek kapalných pohonných hmot jezdily v Evropě autobusy městské hromadné dopravy, nákladní a osobní automobily nejen na svítiplyn, zemní plyn nebo zkapalněné uhlovodíkové plyny, ale byl využíván i dřevoplyn. Ten byl využíván nejen v silniční dopravě, ale i pro pohon lokomotiv, zejména v Německu. Po 2. světové válce bylo používání plynu v dopravě ve většině evropských zemí na dlouhá léta utlumeno a do popředí se opět dostaly klasické kapalně pohonné hmoty – benzín a nafta. Opětovný nástup použití plynu pro pohon vozidel nastal v 60. a 70. letech, razantní přechod na plyn pak ke konci osmdesátých a zejména v devadesátých letech minulého století. Na olympiádě v

Mnichově v roce 1972 byly s úspěchem použity městské autobusy poháněné stlačeným nebo zkapalněným zemním plynem. Později byly použity na běžné linky.

4.6 Situace plynových pohonů v Československu (později v České republice)

Využívání plynu v dopravě začalo v českých zemích v roce 1936. Konkrétně se jednalo o používání stlačeného svítiplynu k pohonu automobilů, autobusů a traktorů. Vítkovické železárny jako první vyráběly kompresní tankovací stanice a provozovaly na svítiplyn vlastní nákladní vozy. V roce 1937 došlo k výstavbě kompresní stanice v Hradci Králové, kde se na převedení městské autobusové dopravy na plyn dohodla městská plynárna s místním dopravním podnikem.



Obr. č. 4.3 Československý automobil Praga s tlakovou nádobou na střeše

Stlačený svítiplyn k pohonu autobusů, nákladních i osobních automobilů se začal používat v Praze, Hradci Králové a v dalších českých městech. V 30. a 40. letech jezdily plynové autobusy také v Krnově, Olomouci, Mladé Boleslavi. V té době byla v Praze v plynárně v Michli postavena kompresní stanice na plnění lahví stlačeným svítiplynem. V Praze bylo ještě s rostoucím nedostatkem kapalných pohonných hmot potřebných k válečným účelům nutno roku 1944 otevřít další 2 plynové čerpací stanice. V tomto období jezdily v Praze autobusy městské hromadné dopravy, nákladní a osobní automobily i na dřevoplyn. Typickým jevem při dřevoplynovém provozu byly zásoby bukových špalíků ukládané v pytlích na střechách vozů.



Obr. č. 4.4 Autobus Praga TO na nestlačený svítiplyn v ulicích



Obr. č. 4.5 Autobus Praga TO na nestlačený svítiplyn při plnění

V období druhé světové války byl na našem území pohon dřevoplynem zaveden i u motorových vozů bývalých Českomoravských drah BMD – ČMD. V roce 1941 a 1943 byly dodány dvě série motorových vozů v provedení na dřevoplyn. Systém dřevoplynového zařízení pro pohon vozidel je stejný jako u moderních kotlů na dřevoplyn.

Po válce však, obdobně jako v celé Evropě, používání plynu v dopravě ustoupilo do pozadí a na scénu se vrátily klasické kapalně pohonné hmoty. Zemní plyn jako pohonná hmota se začal v Československu uplatňovat od roku 1981, kdy byla provedena první přestavba vozidla na zemní plyn. Plány dalšího rozvoje byly smělé. V roce 1985 byla vypracována komplexní studie řešící náhradu kapalných paliv zemním plynem, podle níž v cílovém roce 1995 mělo být postaveno několik desítek plnicích stanic a na zemní plyn mělo jezdit několik tisíc vozidel, především nákladních automobilů a autobusů.



Obr. č. 4.6 Nákladní automobil vybavený kotlem na dřevoplyn (výrobce Dokogen, dnešní Atmos)

Pozn. Podobný nákladní automobil, avšak značky Praga, jako je na obrázku č.6 je možno vidět v Muzeu historických vozidel v Pořežanech u Týna nad Vltavou. Toto vozidlo v době druhé světové války při kritickém nedostatku pohonných hmot rozváželo mléko v Českých Budějovicích.

V roce 1989 byla v plynárně Měcholupy uvedena do provozu plnicí stanice stlačeného zemního plynu určená zejména pro autobusy v Praze. Prvních 5 autobusů poháněných stlačeným zemním plynem zahájilo v Praze provoz v roce 1991. V té době se rozšiřovalo používání plynových autobusů v městské dopravě i do dalších měst, hlavně na Moravě – Havířov, Frýdek Místek, Uherské Hradiště, Prostějov. Veškeré plynové autobusy byly přestavěny na zemní plyn z původních autobusů naftových, nejednalo se o plynové autobusy od výrobce. Takový způsob se může jevit jako složitý, finančně náročný a neefektivní. Nový autobus se musí částečně demontovat a upravit na plynový pohon. V té době to však byl jediný možný způsob, zahraniční plynové autobusy byly výrazně dražší a český výrobce plynové autobusy nenabízel.

Rovněž plynové osobní a nákladní automobily byly individuálně přestavované, neexistovaly ani sériově vyráběné automobily na zemní plyn ani nebyly schváleny hromadné přestavby - vozidel – homologace. Individuální přestavby se v praxi neosvědčily, to byl hlavní důvod, proč se dobře rozvíjející program plynofikace zpomalil až zastavil.

Česká republika byla počátkem 90. let minulého století v plynofikaci dopravy na předním místě ve světě. Díky stagnaci v dalších letech se ale před ní dostaly další evropské země, které s plynofikací dopravy začínaly později. Neváhaly však využít poznatků z počátečních fází

plynofikace a počet vozidel na zemní plyn i plnicích stanic tam nyní úspěšně roste (př. Německo, Francie).

Od roku 1999 se situace začala měnit. V oblasti osobních automobilů v roce 1999 byly schváleny hromadné přestavby vozidel na zemní plyn. Nutno podotknout, že se u nás pro CNG uplatňuje velmi nízká spotřební daň, která má dlouhodobou perspektivu.

Tabulka č. 4.1 Sazby spotřební daně na CNG v ČR [6]

Rozmezí let	Sazba spotřební daně na CNG [Kč/m ³]
2007 – 2011	0
2012 – 2014	0,36
2015 – 2016	0,72
2017 – 2019	1,44
od 2020	2,36

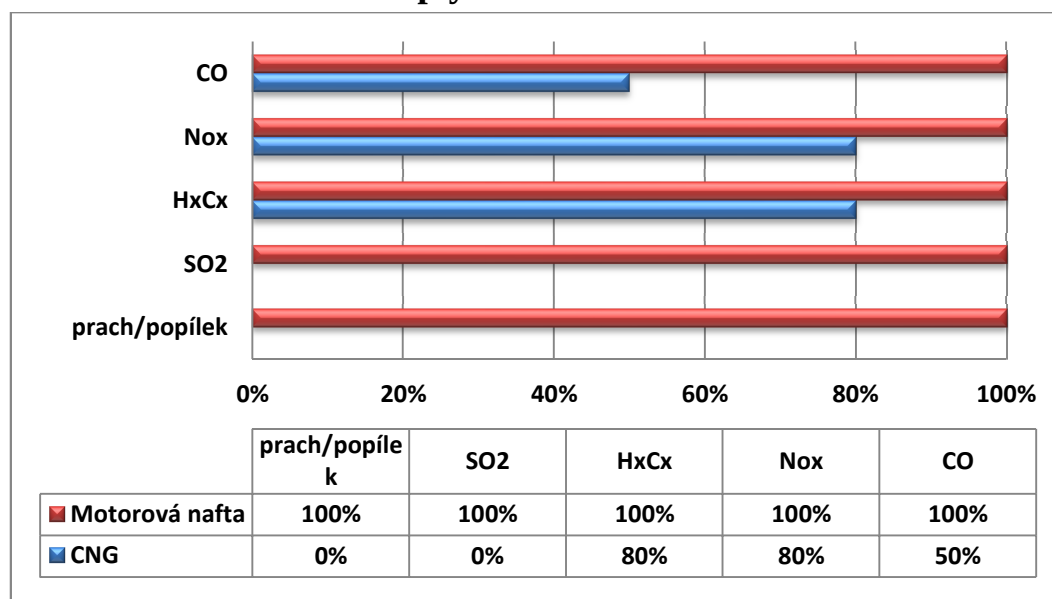
Po roce 2020 se předpokládá dlouhodobější fixace sazby spotřební daně na CNG na úrovni roku 2020.

5. Srovnání naftových, benzínových a CNG pohonů z hlediska emisí

Jak je vidět v následujícím srovnání, vozidla na zemní plyn produkují výrazně méně škodlivin než vozidla s klasickým pohonem. Ačkoliv nejde o obnovitelný zdroj energie, jeho spalování je ekologičtější než spalování konvenčních paliv v dopravě jako je benzin nebo nafta. Je to dáno především ekologicky příznivějším podílem vodíku a uhlíku zemního plynu resp. metanu. Mimo jiné jsou z tohoto hlediska CNG vozidla oproti dieselovým (např. vysokozdvížné vozíky) mnohem vhodnější pro provoz v uzavřených prostorech – tedy například v zemědělských nebo skladovacích halách.

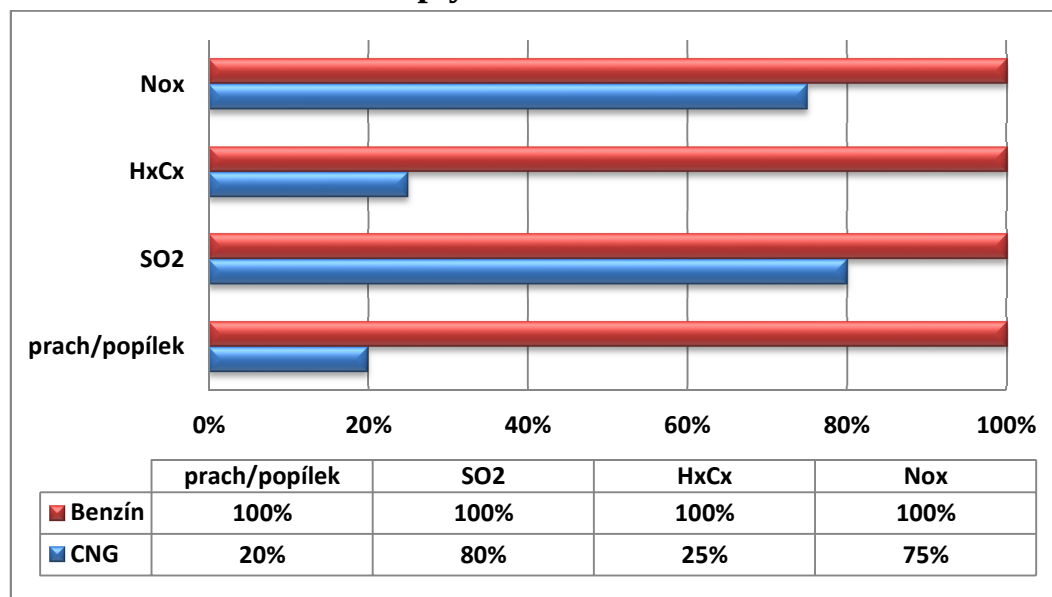
Od roku 1999 jsou u nově vyrobených nesilničních vozidel a pracovních strojů požadovány emisní limity dané normou známou pod názvem „STAGE“, která se postupně vyvíjí (podobný význam jako „Euro“ u silničních vozidel).

5.1 Snížení emisí – zemní plyn / nafta

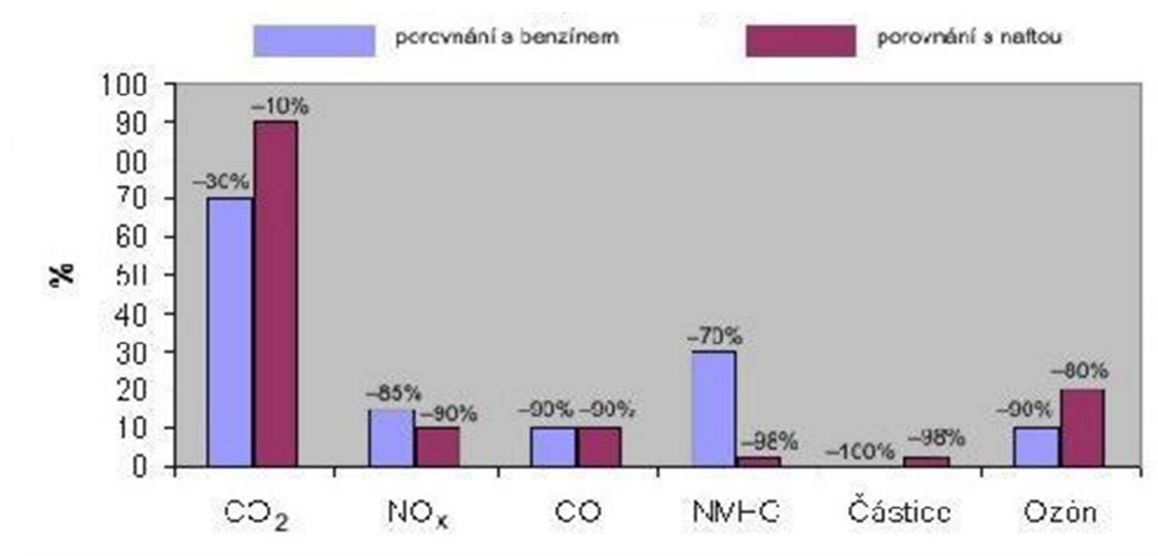


Obr. č. 5.1 Snížení emisí [g.km⁻¹] u vozidel s pohonem na zemní plyn a nafty [7]

5.2 Snížení emisí – zemní plyn / benzín



Obr. č. 5.2 Snížení emisí (g.km⁻¹) u vozidel s pohonem na zemní plyn a benzín [7]



Obr. č. 5.3 Potenciál redukce emisí při využití zemního plynu v dopravě [7]

6. Příslušenství CNG motorů

6.1 Obecný popis funkce a složení CNG vozidla motoru

Plnění vozidel stlačeným zemním plynem (tlak cca 20 MPa) u CNG plnicích stanic se provádí prostřednictvím plnicí pistole výdejního stojanu, která se spojí s plnicí koncovkou vozidla. Palivovou nádrží CNG je soustava plynových tlakových nádob. Ty jsou většinou ocelové, ale stále více se prosazují i vylehčené nádoby kompozitní. U osobních a dodávkových automobilů bývají tlakové nádoby umístěny pod vozidlem, u autobusů pak v zavazadlovém prostoru nebo na střeše u nízkopodlažních autobusů. Při jízdě se CNG z tlakových nádob prostřednictvím vysokotlakého plynového potrubí dostává do vysokotlakého regulátoru, kde dochází k redukci tlaku plynu na potřebný provozní tlak. Prostřednictvím palivové lišty se zemní plyn přivádí od regulátoru plynu k jednotlivým vstřikovačům, které zajišťují vstřikování plynu do jednotlivých válců. Elektronická část plynové zástavby – řídicí jednotka slouží k správnému provozu vozidla na zemní plyn, řídí dávkování plynu. Na přístrojové desce automobilu je umístěn ukazatel množství CNG.

Popis je proveden na příkladu součástí autobusu Irisbus Citelis 18M CNG z důvodu podobnosti motorů (především výkonově) s motory, které se používají, nebo by se mohli používat i v zemědělství. Jednotlivé součásti CNG vozidel s možností použití v zemědělství (vysokozdvíhací vozíky, traktory atd.) jsou velmi podobné těm z CNG autobusů.

6.2 Palivová soustava

Je dosti odlišná od motorů spalujících konvenční paliva.

Obecně se skládá z následujících částí:

Tlakové nádrže CNG (lahve)

Mohou být umístěny na střeše vozidla (autobusy), pod podvozkem (osobní a nákladní automobily) nebo v jiných prostorech vozidla (například nad motorem vysokozdvizného vozíku, předním tříbodovým závěsem traktoru atd.). Nádrže se vyrábějí z oceli, nebo z kompozitních materiálů, což je výhodné z hlediska celkové úspory hmotnosti vozidla. Tlak v nádržích se po úplném doplnění paliva může lišit na druhu vozidla a palivové soustavy, například u CNG autobusů je maximální tlak v nádržích 22 MPa. Tento tlak vlivem spotřebovávání paliva klesá, což umožňuje určit množství zásoby CNG v nádržích, tento údaj je pak pro informaci zobrazen na palubní desce vozidla.



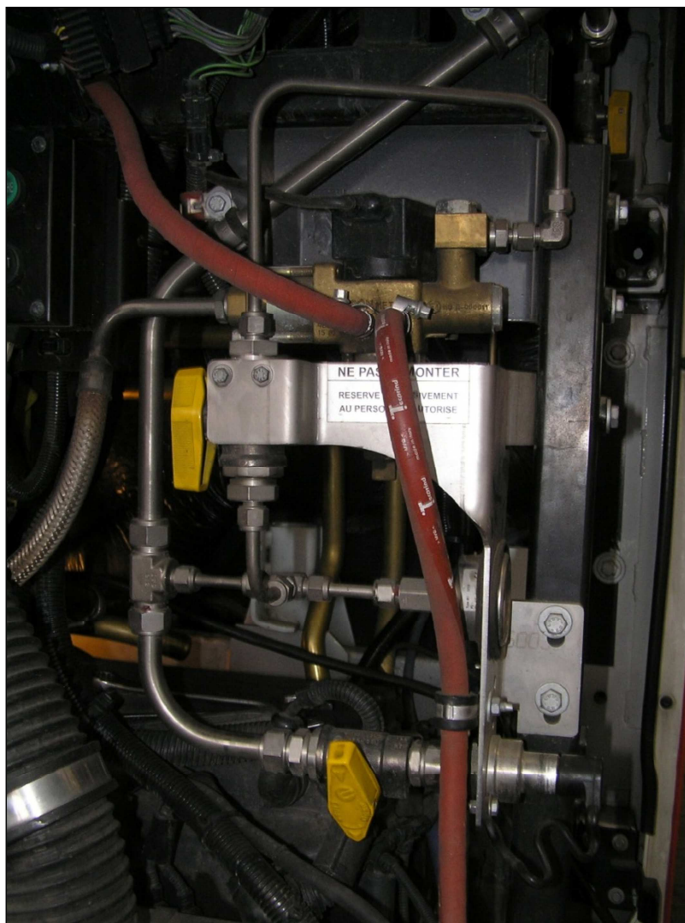
Obr. č. 6.1 Tlakové nádrže CNG autobusu umístěné na střeše vozidla

Tlakové potrubí

Je složeno z nerezových trubiček, armatur (uzavírací, zpětné, připojovací atd.), filtru a bezpečnostních protipožárních pojistek.

Redukční ventil

Tento ventil redukuje tlak v potrubí. Pokud jsou nádrže plné, je v nich tlak stlačeného plynu 22 MPa, tento ventil redukuje tlak na 1 MPa.



Obr. č. 6.2 Redukční ventil CNG autobusu

Sací soustava

Součásti sacího potrubí CNG motoru jako je filtr vzduchu, sací potrubí či turbodmychadlo se obvykle příliš neliší od těch motorů, které jsou určena pro pohon na konceptní paliva. Proto se zaměřím hlavně na specifické příslušenství sací soustavy CNG motorů.

Směšovač

Směšovač je vlastně s nadsázkou řečeno jakousi obdobou karburátoru benzinového motoru. Pomocí údajů z 18ti čidel, zpracovaných centrální řídicí jednotkou, směšuje nejvhodnější okamžitou směs stačeného zemního plynu CNG a vzduchu. Čidla jsou umístěna na různých místech motoru, měří základní parametry vzduchu a CNG na vstupu do směšovače, dále parametry spalín na výstupu motoru, okamžitý tlak a teplotu plynu v nádržích, okamžité

otáčky motoru, zařazený rychlostní stupeň nebo atmosférické podmínky, zjištěné vně vozidla. Je mimo jiné spojen s plynovým pedálem řidiče.



Obr. č. 6.3 Směšovač CNG autobusu

Vstříkovací trysky

Vstříkovací trysky CNG mají podobnou konstrukci jako vstříkovací trysky na benzin. U CNG autobusu Irisbus Citelis 18M CNG jsou vždy 2 vstříkovací trysky na 1 válec.

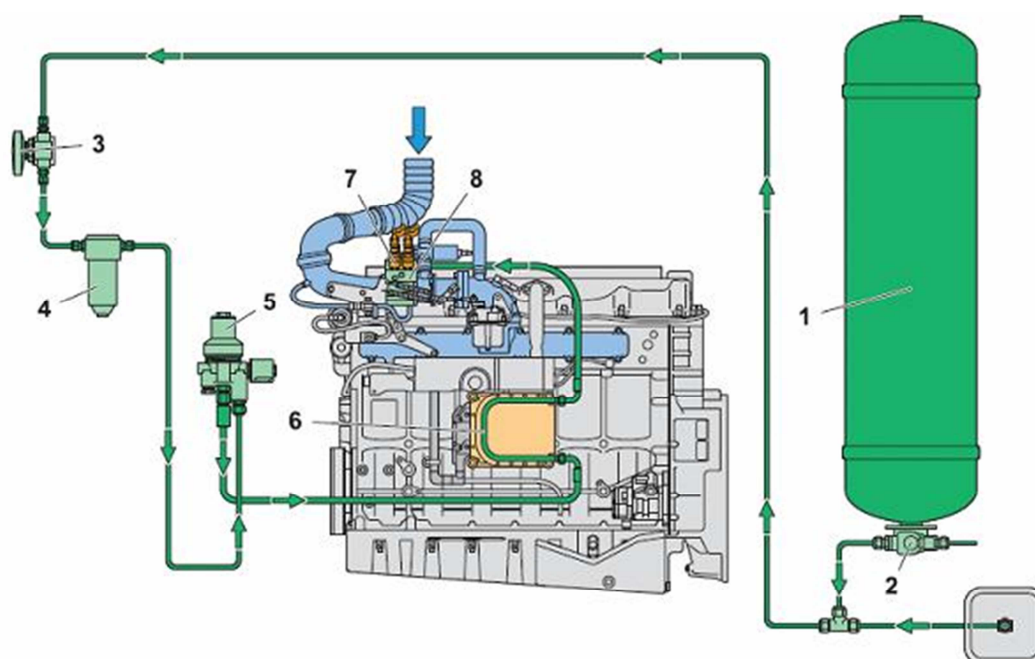


Obr. č. 6.4 Vstříkovací trysky CNG autobusu

6.3 Druhy plynových motorů

Monovalentní motor:

Tento druh motoru je určen pro spalování výhradně jednoho druhu paliva – v našem případě CNG. Tomu jsou přizpůsobeny další parametry motoru jako komprese, zapalování atd. Výhodou monovalentního motoru je, že je schopen spalovat CNG s vyšší účinností, než motory bivalentní, protože veškeré součásti a nastavení jsou přizpůsobené spalování jednoho charakteristického paliva. Nevýhodou je nemožnost přepnutí na jiný druh paliva, s tím je spojený i kratší akční rádius vozidla. Příkladem může být autobus Irisbus Citelis 18M CNG.



1-tlakový zásobník, 2-plnicí ventil, 3-uzavírací ventil, 4-filtr, 5-regulátor tlaku, 6-řídicí jednotka, 7,8- dávkovací ventil

Obr. č. 6.5 Schéma palivové soustavy monovalentního spalovacího motoru na CNG [8]

Bivalentní motor

Je motor, jehož příslušenství umožňuje spalovat 2 různé druhy paliva a to buď zcela odděleně, nebo společně. Bivalentní motor je výhodný z důvodu možnosti přepínáním mezi spalováním obou druhů paliv (podle konstrukce zvlášť, nebo společně) a tím cenové úspore na palivu nebo při případné nemožnosti doplnění jednoho z paliv, dále také zvětšení akčního rádiusu vozidla. Nevýhodou je, že motor vozidla musí být konstruován s jistým „kompromisem“, neboť musí pracovat s oběma palivy pokud možno stejně a každé palivo má poněkud jiné požadavky na provedení součástí motoru. Proto mají tyto motory trochu menší účinnost, než motory monovalentní.

Oddělené spalování

V praxi se s motorem s odděleným systémem paliv setkáme v některých osobních automobilech, a to nejčastěji v kombinaci benzin – CNG. Řidič má tedy možnost přepínat mezi spalováním CNG a benzinu podle svého vlastního uvážení. V České republice CNG automobilů s odděleným spalováním sice příliš nejedí, ale v zahraničí (zejména v Německu a Itálii) je jejich provoz poměrně rozšířený. U nás jsou spíše používána vozidla s odděleným bivalentním spalováním benzin – LPG.

Společné spalování

Toto řešení se používá například u traktoru Steyr 6195 CVT, který lze dovybavit komponenty pro spalování CNG. Používá se zejména v případě přestavby vznětových naftových motorů na CNG z důvodu výchozí komprese, která není vhodná pro spalování samotného CNG. Přímé použití CNG není u motoru možné vzhledem k nulové hodnotě cetanového čísla a vysoké teplotě vznícení. Tyto dva parametry jsou v podstatě klíčové pro vznícení paliva. Motor funguje tak, že se současně do spalovacího prostoru přivádí plynné a kapalně palivo. Kapalně palivo při tom slouží k iniciaci vznícení, neboť plynné palivo má vysokou teplotu vznícení a běžnou kompresí tzn. tlakem a teplotou ve spalovacím prostoru by nedošlo k jeho zapálení. Výhodou tohoto systému je úspora nafty, jejíž spotřeba může při společném spalování klesnout až na 40% výchozí hodnoty. Další výhodou je, že v případě nedostatku CNG je motor schopen pracovat pouze na naftu. Nevýhodou tohoto systému je nutnost motor dovybavit dalším příslušenstvím.

7. Traktory provozované na CNG

7.1 Steyr 6195 CVT

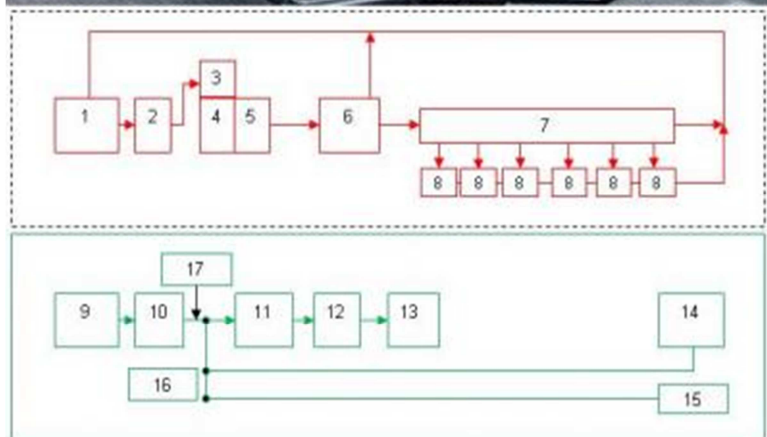
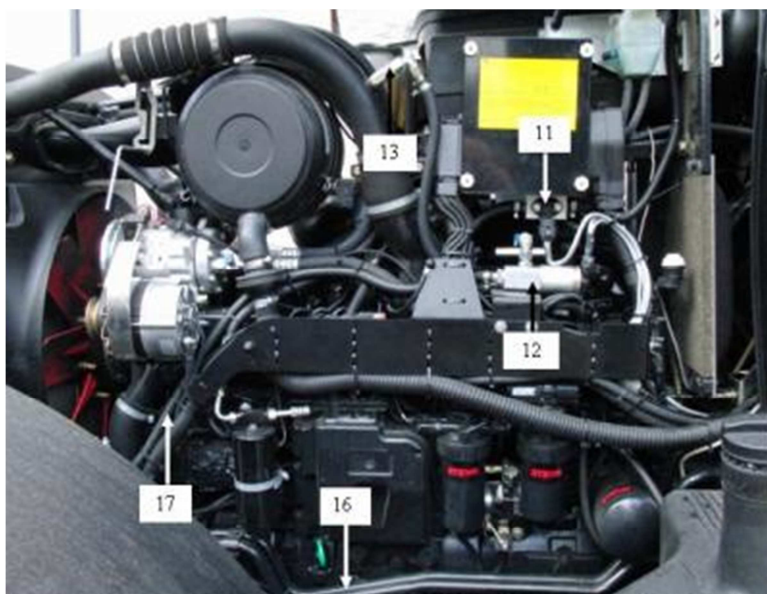


Obr. č. 7.1 Traktor Steyr 6195 CVT s mobilním nosičem CNG tlakových lahví na předním tříbodovém závěsu

Tento traktor je vybaven standardně šestiválcovým vznětovým motorem o objemu 6,6 l s palivovou soustavou Common Rail a disponuje přibližně 145 kW výkonu. Snaha hledat řešení pro snižování nákladů na provoz traktoru směřuje také do oblasti využívání jiných druhů paliv než je motorová nafta. Přitom je také cílem omezovat negativní účinky provozu vznětového motoru na životní prostředí. Jedním z takových řešení je varianta provozu traktoru na plynné palivo jako je u tohoto modelu. Motor je možno po přestavbě provozovat v bivalentním režimu společného spalování nafty a CNG (případně čištěného bioplynu). Tato přestavba se týká jen vnějších komponentů, podobně jako u přestaveb spalovacích motorů osobních automobilů. Základ palivové soustavy tvoří zásobník, ve kterém je plyn udržován pod tlakem přibližně 20 MPa. U traktoru Steyr mohou být tlakové láhve umístěny v mobilním nosiči, uchyceném na předním tříbodovém závěsem nebo případně zadním tříbodovém závěsem. Pro zvýšení doby provozu se umísťují i do spodní části traktoru. V nosiči, který je určen pro zavěšení na tříbodový závěs se nachází šest lahví s celkovým objemem 50 l. V nosiči umístěném ve spodní části traktoru se nachází devět 22 l a jedna 16 l láhev. Všechny tlakové lahve jsou vyrobeny z oceli. Plnění lahví je možné provádět přes plnicí stanice CNG nebo přímo z domovní přípojky (domovní čerpací stanice) při nižším tlaku než u plnicí stanice.

Tím se prodlužuje doba plnění, která probíhá obvykle přes noc. Mimo CNG lze používat bioplyn s vysokým obsahem metanu na úrovni 95 – 97 %. To znamená, že bioplyn z běžné produkce bioplynových stanic není vhodné přímo používat, neboť obsahuje 55 až 70 % metanu a proto se musí ještě čistit, aby se zvýšila koncentrace metanu (čištění bioplynu spočívá hlavně v odstranění oxidu uhličitého, sirovodíku a vodní páry). Z tlakových lahví je plyn veden přes zpětný ventil do regulátoru tlaku, ve kterém se snižuje tlak na úroveň 0,38 MPa. Snížený tlak plynu se přivádí k dávkovacímu ventilu, který je společný pro všechna sací potrubí. Palivová soustava obsahuje dále několik snímačů např. teploty výfukových plynů, otáček spalovacího motoru, tlaku plynu a snímač nasávaného vzduchu. Do řídicí jednotky palivové soustavy pro motorovou naftu se při přestavbě nezasahuje. Výhoda plynného paliva umožňuje odstranit jak podávací, tak vysokotlaké čerpadlo, což znamená snížení ztrátového výkonu motoru a tím i spotřeby paliva.

Úkolem řídicí jednotky motoru je mimo jiné zajišťovat funkci výkonnostního regulátoru tzn. dávkou paliva udržovat konstantní otáčky při rostoucím zatížení neboli, zvyšujícím točivém momentu. Pro tento typ regulace potřebuje řídicí jednotka dva parametry: polohu plynového pedálu a otáčky motoru. Samozřejmě existují další korekční konstanty na teplotu a tlak paliva a tlak v sacím potrubí. Pokud je standardní palivový systém doplněn o „druhou“ palivovou soustavu, v případě traktoru Steyr o plyn, dochází k jeho dávkování do sání a zvyšování obsahu energii paliv přivedených do spalovacího prostoru.



Palivový okruh pro motorovou naftu

Palivový okruh pro CNG

Palivový okruh pro motorovou naftou: 1-palivová nádrž, 2-hrubý filtr, 3-elektrické podávací čerpadlo, 4-hrubý filtr, 5-jemný filtr, 6-vysokotlaké čerpadlo, 7-tlakový zásobník, 8-vstřikovače

Palivový okruh pro CNG: 9-tlakové láhve, 10-zpětný ventil, 11-regulátor tlaku, 12-dávkovací ventil, 13-připojení k sacímu potrubí, 14-tlakové lahve ve spodní části traktoru, 15-připojení tlakových lahví z nosiče v zadním tříbodovém závěsu, 16-vedení k tlakovým lahvím ve spodní části traktoru a připojení tlakových lahví z nosiče v zadním tříbodovém závěsu, 17-vedení od tlakových lahví

Obr. č. 7.2 Schéma palivové soustavy traktoru na bivalentní provoz [8]

Řídící jednotka standardní palivové soustavy pozná, že pro udržení stávajících otáček motoru může snížit vstřikované množství motorové nafty. Množství přiváděného plynu vychází z úplné charakteristiky motoru s detailním rozbohem vstřikovaného množství paliva v závislosti na otáčkách motoru a velikosti točivého momentu. Uvedená charakteristika byla změřena v laboratorních podmínkách a uložena do řídicí jednotky palivové soustavy s plynem. Na základě těchto dvou parametrů, tedy otáček motoru a velikosti spotřeby paliva lze přesně stanovit zatížení motoru a podle toho i množství dávkovaného plynu. Plyn je přiváděn pouze

v oblasti charakteristiky mimo vnější obalovou křivku, aby nedocházelo k přehřívání spalovacího motoru. V provozu může podíl motorové nafty klesnout na úroveň 40 %, ekonomický rozdíl tak dosahuje přibližně 44 %. Tuto přestavbu traktoru provádí rakouská firma LuPower ve spolupráci výrobcem traktorů Steyr. [8]



Obr. č. 7.3 Traktor Steyr 6195 CVT s mobilním nosičem CNG tlakových lahví na předním tříbodovém závěsu [8]



Obr. č. 7.4 Traktor Steyr 6195 CVT se speciální nástavbou nosiče CNG tlakových lahví na střeše

Traktor Steyr 6195 CVT z obrázků 8.4 je používán rakouským zemědělcem, který jako palivo používá čištěný bioplyn z vlastní živočišné výroby.

7.2 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power

Novinka společnosti Steyr je traktor Steyr Profi 4135 Natural Power, který pracuje v monovalentním režimu, tedy pouze na CNG či bioplyn. Jde o třílitrový čtyřválec o výkonu 100 kW s max. točivým momentem 542 N.m. Tento traktor je výsledkem spolupráce firmy Steyr s jejím vlastníkem, italskou společností FIAT, která má s vývojem CNG vozidel velké zkušenosti (největší evropský výrobce CNG vozidel). Společnost FIAT je dodavatelem motoru pro tento traktor, tlakové nádrže jsou umístěné v různých částech traktoru (pod podvozkem, na střeše, mezi nápravami i za kabinou vozidla). [9]



Obr. č. 7.5 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power [9]



Obr. č. 7.6 Traktor Steyr Profi 4135 Natural Power – částečný pohled na umístění tlakových nádrží CNG [9]

8. Plnicí zařízení

Pokud se uživatel rozhodne provozovat svoje vozidlo na CNG, musí se zamyslet nad možností doplňování paliva plnicím zařízením. Veřejné plnicí stanice se sice postupně rozšiřují, ale v současné době je jich v porovnání s čerpacími stanicemi konvenčních paliv stále málo. Vozidla na CNG jsou tímto poněkud v nevýhodě oproti vozidlům na konvenční paliva. Ovšem například u linkových nebo městských autobusů, které mají předem daný jízdní plán a plnicí zařízení v dosahu tento problém není, protože plnění lze snadno naplánovat – toto řešení aplikuje například dopravce Commet Plus s.r.o. v Táboře při plnění svých autobusů ve své veřejné plnicí stanici

8.1 Domácí plnicí zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05



Obr. č. 8.1 : Plnicí zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05 [12]

Tabulka č. 8.1 Technická data plnicího zařízení MOTOR JIKOV CNG MJ05 [12]

Nejvyšší dovolený výstupní tlak	23,5 MPa (20 MPa při 15 °C)
Maximální vstupní tlak plynu	0,02 MPa
Rozsah provozních teplot	-20 až +50 °C
Nominální výkon min.	5 m ³ .h ⁻¹
Elektrické připojení	3x400V, 50 Hz, AC
Proudový jistič pro připojení	10 A
Elektromotor	2,2 kW, 2800 ot.min ⁻¹
Rozměry šířka x výška x délka v mm	600 x 1050 x 780 mm
Hmotnost	135 kg
Hluk v 5 metrech od zařízení	65 dB

Popis zařízení:

Plnicí zařízení CNG MJ05 je kompaktní zařízení pro plnění zemního plynu do motorových vozidel s pohonným systémem CNG. Toto zařízení se obzvláště vyplatí provozovatelům, kteří využívají zemní plyn jako palivo pro domácnost vzhledem k výhodnému tarifu, který určuje distributor. Vstup plynu do zařízení je prostřednictvím nízkotlaké přípojky plynu a dovoluje plnění několika vozidel denně. Při plnění do vozidel je doba čerpání vozidla závislá na velikosti nádrže (např. prázdná nádrž 70 l se plní maximálně 3 hodiny, obvykle to postačuje u osobních automobilů na dojezd přes 200 km), při dosažení plné nádrže dojde k automatickému vypnutí jednotky a odpuštění zbytku natlakovaného plynu zpět do systému. Jednotka je určena pro malé skupiny vozidel s provozem jednotky nepřekračujícím 15 h denně. Zařízení má uzamykatelný kryt, pod kterým je umístěno ovládání zařízení a přístup k plnicí hadici. Ze zadní strany je realizováno elektrické a plynové připojení, jsou zde umístěny odfuky pojistných ventilů a výpustní ventil odkalování.

Zařízení se skládá z třístupňového kompresoru pro stlačování plynu, elektromotoru pro pohon kompresoru, ovládání a elektroniky, která řídí proces plnění a hlídá provozní stavy zařízení, sušičky plynu, expanzní nádoby pro odkalení kompresoru a odvětrání plynu. Dále má zařízení integrovaný plynoměr pro odečet spotřeby nasávaného plynu a metanové čidlo pro detekci úniku plynu. Zařízení je vybavena též teplotní kompenzací, která zaručuje, že plněné zásobníky stlačeného plynu nebudou nadměrně zatěžovány z důvodu nárůstu tlaku při zvýšení atmosférické teploty. Zařízení je standardně vybaveno jednou sadou na plnění, která se skládá z trhací spojky, plnicí hadice a koncovky. Jako příslušenství může být jednotka vybavena druhou připojovací sadou pro plnění dvou vozidel najednou. V tomto případě se čas plnění úměrně prodlouží. Trhací spojka zabezpečuje to, že při náhodném vytržení plnicí hadice nedojde k úniku plynu (např. kdyby řidič odjel s připojenou plnicí hadicí). Zařízení je vybaveno ventilátorem a plášť jednotky je opatřen větracími otvory pro výměnu vzduchu.

Všechna provozní hlášení jsou indikována na textový display. Kompresor je mazaný olejem, havarijní indikaci poklesu tlaku oleje zjistí uživatel na ovládacím displeji.

K plnicí stanici (popřípadě jejich kaskádě) je možno připojit stacionární tlakové zásobníky CNG, což jsou vlastně 150l tlakové lahve a je možno je stavebnicově uspořádat. Plnicí stanice naplní stacionární tlakové zásobníky na 2,3 MPa, ze kterých se pak CNG plní do vozidla. Tento způsob instalace plnicího zařízení a tlakových zásobníků CNG urychluje plnění vozidel na cca 3-5min (podle velikosti nádrží vozidla). Toto řešení je obvyklé například při provozu skupiny CNG vysokozdvížných vozíků, osobních automobilů atd. [12]



49



Obr. č. 8.3 Plnění Škody Octavie v areálu firmy MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s. [12]



Obr. č. 8.4 Pohled na plnicí zařízení MJ05 bez krytů [12]

8.2 Veřejná/areálová plnicí stanice

Veřejné plnicí stanice jsou určené pro komerční prodej CNG. Pro firmy, které spotřebovávají větší množství CNG, jako např. firmy provozující autobusy na CNG jsou určeny tzv. areálové plnicí stanice. Není však vyloučeno, že areálová plnicí stanice může být zpřístupněna pro komerční prodej CNG a stát se tak veřejnou plnicí stanicí.

Klienti veřejných plnicích stanic po naplnění platí buď v hotovosti popřípadě kreditní kartou u obsluhy plnicí stanice, nebo pokud je veřejná plnicí stanice bezobslužná, mají speciální klientskou kartu, na základě které jim provozovatel plnicí stanice CNG fakturuje.

Veřejné plnicí stanice fungují na stejném principu, jako například MJ05 s tlakovými zásobníky, avšak veškeré zařízení je mnohonásobně větší a výkonnější (přesný výkon se dimenzuje dle potřeby zákazníka). Plnění zde trvá jen několik minut (z důvodu zásoby stlačeného zemního plynu v tlakových zásobnících, odkud se přepouští do vozidel) v závislosti na objemu tlakových nádrží vozidla.



Obr. č. 8.5 Veřejná plnicí stanice otevřeného typu od českého výrobce společnosti Gascontrol s.r.o. [10]



Obr. č. 8.6 Třístupňový kompresor švýcarského výrobce GREENFIELD používaný ve veřejných plnicích stanicích společnosti Gascontrol s.r.o. [10]

Veřejná plnicí stanice od firmy TVAJA s.r.o.

Základním stavebním kamenem stanic TVAJA jsou kompresory renomované firmy DELTA COMPRESION S.A. Tato firma disponuje více než dvacetiletou zkušeností ve výrobě vysokotlakých kompresorů pro CNG a vyrábí rozsáhlou výkonovou řadu kompresorů pod značkou ASPRO. Tato řada začíná kompresorem se sacím tlakem 0,02 MPa a výkonu $90 \text{ Nm}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ a končí kompresorem se sacím tlakem 5,5 MPa a výkonu $3\,500 \text{ Nm}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Plně automatický chod kompresoru je řízen elektronickou řídicí jednotkou firmy Siemens. Kompresory jsou standardně vybaveny systémem „měkkého startu“ elektromotoru, který zabezpečí snadný rozběh kompresoru a snižuje nároky na rozběhový proud. Celá technologie plnicí stanice je umístěna v ocelovém kontejneru, který je vybaven tlumiči hluku na vstupu i výstupu chladicího vzduchu, se standardní hlukovou úrovní 75 dB a v případě požadavku lze dodat i provedení s úrovní hluku pod 60 dB. V tomto kontejneru jsou dále umístěny

skladovací tlakové nádrže CNG se základním objemem 2100 litrů (velikost je možné upravit podle potřeby stanice) a systém sušení plynu na vstupu i na výstupu. Pro výdej CNG je použit stojan firmy COMPAC, které dosahují rychlosti plnění až $80 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$. Hadice jsou osazeny koncovkami NGV 1 popř. NGV 2. Stanice se vybavují jedno, dvou nebo třístupňovým systémem plnění, který umožní optimální plnění CNG co se týče rychlosti a objemu. [11]



Obr. č. 8.7 Veřejná plnicí stanice kontejnerového typu od výrobce TVAJA s.r.o. [11]

Pro provoz CNG zemědělských vozidel a strojů nelze díky menšímu rozšíření stávajících veřejných plnicích stanic počítat s možností jejich využití. Zásadním důvodem nemožnosti použití stávajících veřejných stanic je také jejich většinou odlehlá poloha vůči zemědělským podnikům (venkov). Pro provoz vysokozdvížných vozíků, které nemají většinou přidělené registrační číslo a na silnici tedy nesmí, je tento způsob (a hlavně doprava k veřejné plnicí stanici) prakticky nemožný.

9. Možnosti využití CNG ve skladech zemědělských produktů, provozech živočišné výroby aj.

Legislativa

Provoz dopravní a manipulační techniky konkrétně v potravinářských skladech není legislativně přesně definován. Tuto problematiku upravuje Nařízení vlády 378/2001 Sb., které například vyžaduje ve vnitřních prostorech u vozíků se spalovacími motory použití katalyzátoru, ale vliv emisí na potravinářské produkty neupravuje.

Praxe

Pro zjištění podrobností o praktickém provozu vysokozdvížných vozíků jsem se obrátil na p. Ing. Vladislava Záveského, product managera společností zabývajících se prodejem vysokozdvížných vozíků (Linde Material Handling Česká republika s.r.o.). Dle jeho sdělení se v potravinářské výrobě používají téměř výhradně vysokozdvížné vozíky elektrické, které v daném prostředí žádné emise výfukových plynů nemají. Pravděpodobně je to dáno interním výrobním předpisem provozů, prevencí a levnějším provozem elektrických vysokozdvížných vozíků v porovnání s dieselovými. Ve mnou osloveném provozu bramborárny společnosti Intersnack, a.s. Choustník vlivy emisí na zemědělské produkty nejsou známy a je používána elektrická manipulační technika. Dále jsem zjišťoval poznatky z praxe v Bramborárně Třebeň, kde je používán dieselový vysokozdvížný vozík, který má provozovatel v plánu v nejbližší době nahradit vysokozdvížným vozíkem elektrickým.

9.1 Provoz vysokozdvížných vozíků na CNG



Obr. č. 9.1 Plnění vysokozdvížného vozíku LINDE H20 v areálu firmy MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s. [12]

Pokud pomineme ekologicky pozitivní dopad provozu vozidel na CNG v porovnání s konvenčními palivy, má provoz vysokozdvížných vozíků na CNG obrovskou výhodu v ekonomičnosti provozu. Pokud v konkrétním podniku vybudujeme plnicí stanici (například MJ05 se stacionárními tlakovými zásobníky), vychází provoz vysokozdvížných vozíků skutečně levně. Takové řešení jsem měl možnost blíže prozkoumat během osobní návštěvy firmy MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ a.s. v Soběslavi, kde je vybudovaná nová plnicí stanice vlastní výroby a na CNG zde jezdí 3 vysokozdvížné vozíky a několik firemních

osobních automobilů Škoda Octavia a Škoda Fabia. Toto řešení se zde osvědčilo natolik, že při průběžné obměně vozového parku a vysokozdvížných vozíků jsou nově pořízená vozidla výhradně na CNG. Takové řešení by mohlo být inspirací pro zemědělské podniky zabývající se např. provozováním skladů ovoce a bramboráren.

Tabulka č. 9.1 Ekonomické porovnání provozu 2 vysokozdvížných vozíků Linde H20 řady 392 (nosnost 2t) v provedení CNG a DIESEL [12]:

Palivo	Spotřeba		Cena Kč.[l ⁻¹ ,m ⁻³]	Náklady na 1 Mth [Kč.Mth ⁻¹]	Náklady při provozu 2000 Mth.rok ⁻¹ [Kč]
	[l.Mth ⁻¹]	[m ³ .Mth ⁻¹]			
Diesel	2,1		32	67,2	134 400
CNG		2,23	10	23,3	44 600

Údaje uvedené v tabulce č. 10.1 jsem zpracoval na základě zjištěných údajů z provozu 9 ks vysokozdvížných vozíků Linde H20 na CNG, kdy bylo za 24 měsíců spotřebováno 53.427 m³ CNG při nájezdu 23.904 Mth provozních hodin tzn. že bylo dosaženo průměrné spotřeby plynu 2,23 m³.Mth. Cena 10Kč na jednotku byla určena jako přibližná cena určená distributorem zemního plynu pro zákazníky, kteří zároveň zemním plynem i vytápí budovy. Cena motorové nafty byla zaokrouhlena jako cena bez DPH. Z tohoto porovnání lze zjistit, že při použití CNG jako pohonné hmoty vysokozdvížných vozíků můžeme ušetřit téměř 70% nákladů na pohonné hmoty v porovnání s motorovou naftou. Je třeba si ale uvědomit, že ceny paliv i zemního plynu jsou pohyblivé a tudíž toto srovnání není zcela neměnné v čase. Zemní plyn má ovšem poměrně stabilní cenu na rozdíl od ropných produktů jako je motorová nafta a benzin či produktů souvisejícími se zpracováním ropy jako je LPG, jehož prodejní cena je závislá na poptávce resp. ceně benzínu a motorové nafty, která dlouhodobě roste.

Z tohoto měření a porovnání provozu na obě paliva lze předpokládat, že by se CNG dalo dobře využít i v zemědělských provozech, jako například objektech živočišné výroby, skladech zemědělských produktů (ovoce, brambory aj.), protože provoz vozidel na CNG by byl ekonomicky i ekologicky přínosný.

10. Rozbor možností přestaveb vozidel na provoz CNG

10.1 Tovární přestavby

Při továrních přestavbách se výrobci již ve fázi výroby snaží umísťovat nádrže do konstrukce vozidla tak, aby nebyl omezen uživatelský komfort. Zpravidla je voleno několik nádrží menších průměrů/objemů pod podlahou vozu (osobní a nákladní vozidla), nebo na střeše vozidla (autobusy). Nejčastěji používanými jsou ocelová provedení tlakových lahví (výrobce

např. Vítkovice Cylinders a.s.), která jsou cenově nejvýhodnější. Ocelové láhve však mají oproti nižším výrobním nákladům výraznou nevýhodu ve zvýšené hmotnosti. Motor konstruovaný přímo pro zemní plyn (Dedicated Natural Gas Engine) dosahuje o něco lepší provozní parametry než motor benzínový, spalující zemní plyn (jiný kompresní poměr, časování rozvodů, chlazení). Osobní a dodávková vozidla na CNG nabízejí v České republice například výrobci Opel, Fiat, Ford, Mercedes-Benz, VW, Škoda a Citroen. Autobusy na CNG nabízí zejména čeští výrobci jako SOR a Karosa (resp. Iveco). Nákladní a užitková vozidla na CNG nabízí např. Iveco, Mercedes-Benz a Renault.

10.2 Dodatečné přestavby

Přestavba motorů na CNG z diesellových motorů (nahrazuje naftu) snižuje emise na úroveň normy Euro 5 bez nutnosti dodatečného čištění výfukových plynů, avšak dnes se již diesellové motory dodatečně téměř nepřestavují (traktor Steyr 6195 CVT je jedním z mála vozidel, který se na pohon CNG přestavuje) a vyrábějí se motory přímo pro CNG. Zážehový (v tomto případě benzínový) motor se v zásadě nepřestavuje, změní se (nebo přidá) palivový systém pro zemní plyn. Vozidla mohou být dvoupalivová (většina modelů na českém trhu), mají dvě nádrže - na CNG a benzín. Dodatečná přestavba zážehového vozidla spočívá především v montáži vstřikovacího zařízení CNG, nádrže a příslušenství. Tyto komponenty vyrábí například společnost Elpigaz a namontované zařízení lze kdykoli přemontovat do jiného vozidla stejné emisní kategorie.

10.2.1 Orientační ceníky přestavby osobních a užitkových vozidel získaný od firmy Gera a.s.

Tabulka č. 10.1 Ceník přestavby vozidla vybaveného sekvenčním vstřikováním (včetně DPH) [13]

Druh palivové soustavy vozidla	Cena přestavby [Kč]
Sekvenční vstřikování pro 3 válcový motor	44.000
Sekvenční vstřikování pro 4 válcový motor	44.500
Sekvenční vstřikování pro 6 válcový motor	56.600
Sekvenční vstřikování pro 8 válcový motor	60.300

Tabulka č. 10.2 Ceník přestavby vozidel vybavených staršími systémy přípravy směsi paliva (včetně DPH) [13]

Druh palivové soustavy vozidla	Cena přestavby [Kč]
Vozidla s karburátorem a neřízené systémy	Od 26.000
Vozidla se vstřikováním paliva řízený systém, 4 válcový motor	Od 34.400
Vozidla se vstřikováním paliva řízený systém, 6 válcový motor	Od 36.400

Všechny ceny přestaveb jsou počítány s jednou válcovou nádrží CNG o objemu 50 l. Každá další nádrž CNG je za příplatek 11000 – 15000 Kč [13].

Generálními opravami a přestavbami autobusů na pohon CNG se zabývá společnost ZLINER, která provádí přestavby autobusů KAROSA řady B 700 (městský) a C 700 (meziměstský) na pohon stlačeným zemním plynem (CNG). Autobus je vybaven motorem TEDOM M1.2C – ML 640 FNG o výkonu 210 KW. Jízdní dosah na jedno naplnění je cca 400 km. Přestavba je prováděna z originálních dílů renomovaných výrobců a je oficiálně schválena Ministerstvem dopravy a spojů ČR. Umístění nádrží CNG je v případě autobusů přestavěných společností ZLINER v zavazadlovém prostoru autobusu (pod podlahou) [14].



Obr. č. 10.1 Pohled na umístění tlakových nádrží CNG při přestavbě autobusu firmou ZLINER [14]

11. Náročnost vybudování provozu na CNG

Pokud by se zemědělský podnik rozhodl provozovat svojí dopravní a manipulační techniku na CNG, musí tuto investici zvážit především z hlediska návratnosti této investice, resp. přínosu tohoto druhu provozu pro podnik. Následující tabulky jsem zjistil průzkumem u prodejců dané techniky a zobrazí přibližnou představu o ekonomické náročnosti pořízení CNG vozidel v porovnání s dieselovými vozidly.

Tabulka č. 11.1 Orientační ceník zařízení potřebný pro provoz na motorovou naftu

Zařízení	pořizovací cena [Kč bez DPH]
Výdejní zařízení nafty + 2000l nádrž	33900
Steyr 6195 CVT	2000000 - 2500000
Vysokozdvíhový vozík Linde H18 D	490000

Tabulka č. 11.2 Orientační ceník zařízení potřebný pro provoz na CNG

Zařízení	pořizovací cena [Kč bez DPH]
Plnicí stanice CNG MJ05	139000
Steyr 6195 CVT	2000000 - 2500000
Přestavba traktoru na CNG	375000 – 500000
Vysokozdvíhový vozík Linde H18 CNG	640000

Pozn. Cena traktoru a přestavby na CNG je uvedena jako rozmezí z důvodu rozdílné ceny traktoru v závislosti na jeho výbavě a přestavby na počtu tlakových nádrží CNG.

Návratnost investice do CNG provozu nelze v zemědělství jednoznačně určit z důvodu rozmanitého druhu provozu a s tím spojené kolísavé spotřeby vozidel. Jako určité vodítko k rozvaze návratnosti vysokozdvíhových vozíků může sloužit Tabulka č. 9.1.

12. Rozbor možností využití CNG v ZOD Podhradí, Choustník

Zemědělské a obchodní družstvo Podhradí sídlící v jihočeské obci Choustníku je zaměřené jak na rostlinnou, tak na živočišnou výrobu. Podmínky a výrobní zaměření družstva neumožňují efektivně provozovat případnou bioplynovou stanici k produkci vlastního biometanu pro pohon zemědělské a dopravní techniky, proto se v tomto případě budu zabývat pouze možnostmi provozu vozidel a pracovních strojů na CNG. Družstvo má k zemnímu plynu dobrý přístup (využívá ho pro vytápění budov), takže vybudování případné CNG plnicí stanice je možné.

ZOD Podhradí v současné době aktivně používá zhruba 33 traktorů různých výkonností a různého stáří, které by bylo možno alternativně nahradit traktory na CNG. Traktory s vyššími výkony, nákladní automobily a speciální pracovní stroje v současné době nemají vhodnou CNG alternativu, proto se s jejich nahrazením neuvažuje. V příloze je zpracovaný kompletní přehled vybrané skupiny traktorů s reálně naměřenými měsíčními spotřebami nafty jednotlivých strojů za rok 2013, ze kterých jsem vycházel i pro své veškeré výpočty.

12.1 Výběr vhodných strojů pro plynofikaci

Vzhledem ke stáří většiny traktorů, které podnik vlastní, by se dalo s přihlédnutím k ekonomické situaci podniku uvažovat o modernizaci strojového parku. Tato modernizace by měla jít ruku v ruce s plynofikací podniku, tedy nákupu vhodných pracovních strojů s možným provozem na CNG a infrastruktury (v tomto případě především vybudování plnicí stanice).

Traktory s výkonem do 101,5 kW

Pokud by se zemědělský podnik rozhodl přejít na CNG provoz, musel stávajících 33 kusů stávající naftových traktorů (Tabulka č. 12.1) nahradit CNG traktory. Výkony těchto stávajících traktorů jsou velmi rozmanité, a to od cca 28 kW do 101,5 kW. Jako vhodná alternativa se tedy jeví **Steyr 4135 Natural Power** s výkonem 100 kW.

Dá se však očekávat, že CNG traktor zastane více práce, než naftové traktory s výrazně nižším výkonem (do 60kW), a tak lze předpokládat i případnou redukci traktorového parku, tedy nikoliv výměnu „kus za kus“.

Tabulka č. 12.1 Traktory vhodné k nahrazení typem Steyr 4135 Natural Power

RZ	TOVÁRNÍ ZNAČKA	TYP	VÝKON [kW]	ROK VÝROBY
TA5439	ZETOR	5211	28.3	1985
TA5723	ZETOR	5211	28.3	1986
C009982	ZETOR	5011	32.1	1983
TA7429	ZETOR	5011	32.1	1982
TA5994	ZETOR	7211	39.5	1986
C006254	ZETOR	7211	39.5	1985
C013246	ZETOR	7245	39.5	1985
TA6500	ZETOR	7245	39.5	1988
TA8222	ZETOR	7245	39.5	1985
TA7813	ZETOR	6011	44.7	1984
TA5338	ZETOR	6748	48.5	1974
TA7436	ZETOR	6911	48.5	1978
TA7572	ZETOR	6911	48.5	1979
TA6225	ZETOR	6911	48.5	1977
TA5339	ZETOR	6911	48.5	1980
TA7951	ZETOR	6718	48.5	1973
C009983	ZETOR	7045	52.5	1983
TA7811	ZETOR	7045	52.5	1984
TA7456	ZETOR	7011	52.5	1982
TA7807	ZETOR	7011	52.5	1983
TA6224	ZETOR	7011	52.5	1981
TA5847	ZETOR	7745	60.4	1986
TA5311	ZETOR	10111	65.6	1984
C004456	ZETOR	10145	65.6	1985
TA7242	MASSEY FERGUSON	1007 THC	68	1999
TA7664	ZETOR	10540	78.3	1986
TA7583	ZETOR	10540	78.3	1997
C019926	CASE	IH MAXXUM 110	82	2010
TA5479	ZETOR	12011	89.5	1984
C019610	JOHN DEERE	6534 STANDARD	97.7	2008
TA5759	ZETOR	16145	101.3	1997
TA5915	ZETOR	16145	101.3	1986
TA5989	ZETOR	16145	101.3	1986
TA5239	ZETOR	16145	101.3	1986

Traktory s výkonem do 145 kW

V případě výkonnějších traktorů používaných zejména pro práce na polích se jeví jako vhodnou alternativou traktor **Steyr 6195 CVT** pracující v bivalentním režimu spalování motorová nafta – CNG. ZOD Choustník vlastní 4 vhodné traktory, které by šli takto nahradit (Tabulka č. 12.2).

Tabulka č. 12.2 Traktory vhodné k nahrazení typem Steyr 6195 CVT

RZ	TOVÁRNÍ ZNAČKA	TYP	VÝKON [kW]	ROK VÝROBY
TA8177	CASE	IH MAGNUM 7220 PRO	115.6	2008
TA4476	ŠT	180 N	132	1984
TA7814	ŠT	180 N	132	1984
C019491	NEW HOLLAND	T.7250	147	1997

Traktory s výkonem nad 145 kW

V současné době není vyvinut CNG traktor s výkonem nad 145 kW. ZOD Choustník vlastní 3 nejvýkonnější traktory používané na ty nejtěžší práce, které by zatím CNG traktorem nahradit nešly (Tabulka č. 12.3). Vzhledem k principu přípravy bivalentní palivové směsi se však dá předpokládat v budoucnosti možnost přestaveb naftových traktorů se vstřikovacím systémem Common Rail na bivalentní režim spalování motorová nafta – CNG.

Tabulka č. 12.3 Traktory, které v současné době nelze nahradit CNG traktory

RZ	TOVÁRNÍ ZNAČKA	TYP	VÝKON [kW]	ROK VÝROBY
TA7668	STEYR	9220 A	167	1994
TA8082	STEYR	9270 A	206	1997
C020559	CASE	IH MAGNUM 310	230.4	2008

Osobní a lehká užitková vozidla

V kategorii osobních a lehkých užitkových vozidel je obměna stávajících vozidel za CNG vozidla nejjednodušší. Nabídka CNG vozidel této kategorie se neustále zvětšuje a už nyní máme možnost najít vhodné alternativy, jedinou výjimkou je SUV Hyundai Tuscon, za které se v současné době nepodařilo najít podobné CNG vozidlo. Výhodou je, že všechna uvedená alternativní CNG vozidla jsou schopna jezdit i na benzín.

Tabulka č. 12.4 Naftová osobní a lehká užitková vozidla

RZ	ZNAČKA	TYP	VÝKON [kW]	ROK VÝROBY	ROČNÍ NÁJEZD [km]
2C61781	ŠKODA	FELICIA VAN PLUS	47	1998	20 000
2C31332	FIAT	DUCATO	81	2003	30 000
2C33370	RENAULT	MASTER	59	2000	25 000
4C20642	HYUNDAI	TUCSON	103	2007	30 000
TAL1265	VW	TRANSPORTER	45	1993	20 000

Tabulka č. 12.5 Alternativní CNG vozidla ke stávajícím naftovým [15]

TOVÁRNÍ ZNAČKA	TYP	VÝKON [kW]	PRŮMĚRNÁ SPOTŘEBA [kg/100km]	POŘIZOVACÍ CENA bez DPH [Kč]
FIAT	Doblò Van CNG 3,4 m ³	88	4.9	359 760
FIAT	Ducato 3.0 16V NP	100	8.8	606 200
FIAT	Ducato 3.0 16V NP	100	8.8	606 200
NENÍ ADEKVÁTNÍ SUV 4x4 VOZIDLO S POHONEM NA CNG				
FIAT	Doblò Van CNG 4,2 m ³	88	4.9	374 940

Tabulka č. 12.6 Benzínová osobní a lehká užitková vozidla

RZ	ZNAČKA	TYP	VÝKON [kW]	ROK VÝROBY	ROČNÍ NÁJEZD [km]
4C00190	FORD	FUSION	59	2008	10 000
4C74926	ŠKODA	FELICIA COMBI 1,3	50	2001	20 000
5C69529	ŠKODA	FELICIA COMBI 1,3	50	1999	20 000
5C71681	ŠKODA	FELICIA COMBI 1,3	50	1998	20 000
5C71081	DACIA	LOGAN COMBI	62	2012	25 000
TAL4170	ŠKODA	FABIA	50	2001	20 000
TAH6576	ŠKODA	FELICIA	50	1995	20 000
TAH6844	ŠKODA	FELICIA	40	1995	20 000

Tabulka č. 12.7 Alternativní CNG vozidla ke stávajícím benzínovým [16]

TOVÁRNÍ ZNAČKA	TYP	VÝKON [kW]	PRŮMĚRNÁ SPOTŘEBA [kg/100km]	POŘIZOVACÍ CENA bez DPH [Kč]
FIAT	Qubo 1,4 NP	51	4.3	296347
FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	252796
FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	252796
FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	252796
FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	252796
FIAT	Punto EVO 1,4 NP	57	4.2	277588
FIAT	Punto EVO 1,4 NP	57	4.2	277588
FIAT	Punto EVO 1,4 NP	57	4.2	277588

12.2 Investice:

Plnicí stanice

V případě, že by se ZOD Choustník rozhodlo přistoupit na provoz výše zmíněných výkonnostně vhodných traktorů na CNG, prvně by se musela vybudovat plnicí stanice. Ta by se dala použít i pro komerční prodej CNG veřejnosti, neboť další nejbližší plnicí stanice je v Táboře, zhruba 15 km od Choustníka.

Po konzultaci předpokládaných spotřeb paliva s odborníkem na CNG problematiku panem Ing. Jiřím Lachoutem jsem došel k závěru, že nejvhodnější řešení pro náš záměr by byla plnicí stanice s výkonem 150 Nm³/h, neboť dokáže bez problémů a s dostatečnou rezervou pokrýt potřebu CNG jak pro potřebu ZOD, tak pro přímý prodej veřejnosti. Výše investice do vybudování takové plnicí stanice se pohybuje dle sdělení pana Ing. Jiřího Lachouta ze společnosti E.ON okolo 6 500 000 Kč.

Osobní automobily a lehká užitková vozidla

Aktuální pořizovací ceny těchto CNG vozidel jsou uvedeny v tabulkách 12.5 a 12.7.

Traktory

Pořizovací cena traktoru Steyr 6195 CVT a jeho přestavby na CNG není přesně daná a závisí na stupni výbavy traktoru, počtu CNG lahví apod. Proto zvolená cena je pouze orientační.

Pořizovací cena traktoru Steyr 4135 Natural Power ještě není definovaná, neboť se předpokládá, že půjde do oficiálního prodeje až v roce 2015. Z hlediska konkurenceschopnosti se však dá předpokládat, že jeho cena nepřesáhne 150% ceny běžného modelu traktoru na motorovou naftu.

Údržba a servis

Ceny servisních prací, náhradních dílů nejsou započítány, neboť u CNG traktorů nejsou známy. Předpokládám však jistou paralelu s CNG autobusy, kde jsou sice servisní náklady vyšší, nicméně v porovnání s vysokou úsporou na palivu jsou akceptovatelné.

12.3 Řešení

13.3.1 Optimistické řešení:

ZOD by bylo schopné zajistit finance na kompletní jednorázovou obměnu svých vozidel a pracovních strojů.

Tabulka č. 12.8 Orientační rozpočet pro nákup strojů a zařízení

Zařízení	Počet	Or. cena 1 ks [Kč]	Výsledná cena [Kč]
Steyr 6195 CVT + přestavba CNG	4	2 500 000	10 000 000
Steyr 4135 Natural Power	33	1 600 000	52 800 000
FIAT Doblo Van CNG	1	359 760	359 760
FIAT Ducato 3.0 16V NP	2	606 200	1 212 400
FIAT Doblo Van Maxi CNG	1	374 940	374 940
FIAT Qubo 1,4 NP CNG	1	296 347	296 347
FIAT Doblò Panorama	4	252 796	1 011 184
FIAT Punto EVO 1,4 NP	3	277 588	832 764
Plnicí stanice CNG 150 Nm ³ .h ⁻¹	1	6 500 000	6 500 000
Cena celkem [Kč] :			73 387 395

Výsledky

Předpokládané roční úspory na palivu spotřebovaném osobními a lehkými užitkovými vozidly jsou přibližně 267 730 Kč.

Předpokládané roční úspory na palivu spotřebovaném traktory jsou přibližně 1 218 358 Kč.

Předpokládané celkové roční úspory na palivu jsou přibližně 1 486 088 Kč.

12.3.2 Ekonomické řešení:

ZOD by nahradilo pouze traktory, které používá nejvíce a na jejichž provozu by ušetřilo alespoň 60 000 Kč/rok. Dále by pořídilo některá nová osobní a lehká užitková vozidla (s předpokládanou úsporou na palivu minimálně 20 000 Kč ročně), některá novější stávající benzínová by nechalo přestavět na CNG. Plnicí stanice by se vybudovala pouze menší o výkonu 135 Nm³.h⁻¹ a s menšími zásobníky. Dle sdělení p. Ing. Jiřího Lachouta by taková plnicí stanice stála přibližně 1 800 000 Kč.

Tabulka č. 12.9 Orientační rozpočet pro nákup strojů a zařízení

Zařízení	Počet	Or. cena 1 ks [Kč]	Výsledná cena [Kč]
Steyr 6195 CVT + přestavba CNG	2	2 500 000	5 000 000
Steyr 4135 Natural Power	5	1 600 000	8 000 000
FIAT Ducato 3.0 16V NP	1	606 200	606 200
FIAT Doblo Van Maxi CNG	1	374 940	374 940
Přestavba na CNG Dacia Logan	1	44 500	44 500
FIAT Doblò Panorama	3	252 796	758 388
FIAT Punto EVO 1,4 NP	3	277 588	832 764
Plnicí stanice 135 Nm ³ .h ⁻¹	1	1 800 000	1 800 000
Cena celkem [Kč] :			17 416 792

Výsledky

Předpokládané roční úspory na palivu spotřebovaném osobními a lehkými užitkovými vozidly jsou přibližně 220 449 Kč.

Předpokládané roční úspory na palivu spotřebovaném traktory jsou přibližně 685 657 Kč.

Předpokládané celkové roční úspory na palivu jsou přibližně 906 106 Kč.

12.3.3 Realistické řešení:

Z výše zmíněných cenových údajů vyplívají náklady potřebné k jednorázovému přechodu na CNG u vybraných vozidel a pracovních strojů. Domnívám se, že pokud by se ZOD Choustník rozhodlo přejít na pohon svých vozidel stlačeným zemním plynem, obměna by měla přicházet postupně v několika etapách závislých na finančních možnostech investora a dle potřeby obměny aktuálních vozidel a pracovních strojů.

Vzhledem k tomu, že přibližně 81% traktorů bylo vyrobeno v letech 1973- 1988 a 75% osobních a lehkých užitkových vozidel jsou vyrobeny před rokem 2004, bude jejich postupná obměna stejně nutná. Například CNG vozidla FIAT jsou většinou srovnatelně drahé a v některých případech dokonce levnější, než stejné modely vybavené benzínovým motorem a tak není finanční zátěž na nákup takového vozidla příliš velká oproti koupi vozidla s konvenčním benzínovým motorem.

S každoročně stoupajícím zájmem o CNG by bylo vhodné vypracovat poptávkovou analýzu v Choustníku a jeho okolí, aby se mohl sestavit odhad objemu komerčního prodeje. V obci sídlí například velký potravinářský závod Intersnack a.s. (výrobce chipsů), na který je navázaná další rozsáhlá logistická činnost.

12.4 Zjednodušená ekologická emisní studie

Pro porovnání ekologického přínosu CNG traktoru z hlediska emisí jsem se rozhodl vybrat traktory podobných výkonů, Steyr 4135 Natural Power, který by v době svého uvedení do prodeje měl plnit emisní normu STAGE IV platnou pro rok 2015 a stávající John Deere 6534 Standard, který plní emisní normu STAGE IIIA z roku 2008. Většina ostatních traktorů vzhledem ke stáří totiž neplní žádné emisní normy, neboť ty byly zavedeny až později.

Bohužel k traktorům Steyr 4135 Natural Power ještě nejsou k dispozici žádné podrobnější údaje o produkci emisí. Musím proto pro potřeby výpočtů vycházet z obecného pravidla redukce produkce emisí z grafu č. 6.1. Výsledky se proto mohou od reality trochu lišit.

Tabulka č. 12.10 Normativní produkce emisí [26]

Stroj	Měrná spotřeba [g/kWh]	Nox [g/kWh]	HC [g/kWh]	CO [g/kWh]	PM [g/kWh]
John Deere 6534	231	4	4	5	0.3
Steyr 4135 NP	225	3.2	0.152	2.5	0

Tabulka č. 12.10 byla sestavena na základě emisních norem STAGE IIIA a výrobcem udávané měrné spotřeby (John Deere 6534) a norem STAGE IV upravených dle obecných pravidel redukce emisí při použití CNG z obrázku č. 6.1. Měrná spotřeba pro traktor Steyr je použita obecná 225 g/kWh pro CNG pístový motor [26].

Tabulka č. 12.11 Produkce emisí za hodinu práce

Stroj	Měrná spotřeba [g/h]	Nox [g/h]	HC [g/h]	CO [g/h]	PM [g/h]
John Deere 6534	22568.7	390.8	390.8	488.5	29.3
Steyr 4135 NP	22500	320	15.2	250	0

Tabulka č. 12.11 zobrazuje produkci emisí na hodinu práce jednotlivými traktory.

Měrná spotřeba paliva v gramech za hodinu byla získána vztahem:

$$\text{Měrná spotřeba paliva} \left[\frac{\text{g}}{\text{kWh}} \right] \times \text{Výkon traktoru [kW]} = \text{Měrná spotřeba paliva} \left[\frac{\text{g}}{\text{h}} \right]$$

Tabulka č. 12.12 Produkce emisí za sledované období modelový rok 2013

Stroj	Spotřeba paliva [l,kg.rok ⁻¹]	Normativní práce [h]	Nox [kg]	HC [kg]	CO [kg]	PM [kg]
John Deere 6534	13431	595.1	232.6	232.6	290.7	17.4
Steyr 4135 NP	9594	426.4	136.4	6.5	106.6	0

V tabulce 13.12 jsou již uvedeny konkrétní hodnoty produkce emisí za sledované období modelového roku 2013. Vycházel jsem z reálné spotřeby nafty traktorem John Deere 6534.

Spotřeba paliva nafty za rok byla zjištěna měřením v podniku ZOD Podhradí.

Teoretická spotřeba paliva CNG byla zjištěna na základě předpokladu, že 1m³ CNG má přibližně stejnou energetickou hodnotu jako 1 l nafty a 1 kg CNG odpovídá přibližně 1,4 m³.

Normativní práce byla získána vztahem:

$$\frac{\text{Spotřeba paliva za rok 2013 [l, kg]}}{\text{Měrná spotřeba paliva } \left[\frac{g}{h} \right] / 1000} = \text{Normativní práce [h]}$$

Tabulka č. 12.13 Produkce emisí pro modelový rok (1000 h.rok⁻¹)

Stroj	Modelová práce [h]	Nox [kg]	HC [kg]	CO [kg]	PM [kg]
John Deere 6534	1000	390.8	390.8	488.5	29.3
Steyr 4135 NP	1000	320	15.2	250	0

Tabulka č. 12.13 udává rozdíly v produkci emisí za 1000 h normativní práce.

12.5 Alternativní možnost provozu na bionaftu

Z důvodu sezonní nepravidelnosti provozu a zimnímu provozu některých traktorů v ZOD Choustník je podle mého názoru nevhodné použití čistého MEŘO jako paliva, protože by mohlo docházet k problémům se startováním a degradaci paliva v palivové soustavě strojů. MEŘO navíc pro mnoho z vozidel není výrobcem schválené palivo. Pro ekonomické porovnání jsem tedy zvolil alternativní palivo Ekodiesel, což je obchodní název pro SMN 30. Pro výpočty byla spotřeba paliva Ekodiesel navýšena o 5% [17].

Přestavba vozidel spočívá v nahrazení stávajících pryžových součástí palivové soustavy za takové, které jsou vůči vyššímu obsahu bionafty odolnější. Z hlediska údržby se obecně doporučuje zkrátit interval výměny palivových filtrů o polovinu.

Výsledky

Předpokládané roční úspory na palivu spotřebovaném osobními a lehkými užitkovými vozidly jsou přibližně 31 623 Kč.

Předpokládané roční úspory na palivu spotřebovaném stávajícími traktory jsou přibližně 418 764 Kč.

Předpokládané celkové roční úspory na palivu jsou přibližně 450 387 Kč.

13. Závěr

Cílem této práce bylo popsat technické řešení využití alternativního zdroje paliva pro pohon vozidel, dále vyhodnotit ekonomický a ekologický dopad použití stlačeného zemního plynu (CNG) pro pohon vozidel.

Nelze zpochybnit ekologický přínos CNG vozidel pro životní prostředí, tento druh plynu je díky dobrému podílu vodíku a uhlíku z fosilních paliv nejčistší a jako palivo pro spalovací motory je poměrně vhodný. Pokud se budou CNG vozidla v rámci dopravy rozšiřovat, je zde reálná možnost zkvalitnění životního prostředí.

Ekonomický přínos je z uvedeného rozboru rovněž pozitivní, přestože počáteční investice do CNG zařízení jsou nákladnější než u konvenčních druhů pohonných hmot a také je potřeba počítat s tím, že úspory takto získané nebudou mít každoročně stejnou hodnotu. Nejistá je také budoucnost tzv. zelené nafty (navrácení určitého podílu spotřební daně z nafty spotřebované v zemědělských činnostech), což může ještě více podpořit rozšiřování alternativních paliv v zemědělství.

V zemědělství se používání CNG právě teď začíná prosazovat, a to zejména díky novým traktorům Steyr a snahou zemědělců snižovat svoje náklady na výrobu. V tomto sektoru má provoz na CNG ještě výhodu, že jeho alternativou může být čištěný bioplyn (tzv. biometan), který má podobné složení jako zemní plyn, a pokud zemědělský podnik vlastní technologii na jeho výrobu a čištění, může si palivo pro svoje vozidla vyrábět sám.

15. Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] Bionafta. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bionafta>
- [2] Zpráva o výsledcích ověřování paliva Ekodiesel B100. 2012. Dostupné z: http://www.preol.cz/admin/files/pdf/zprava-B100_VeoliaTP_Preol_20120109.pdf
- [3] Závěrečná zpráva II. etapy projektu Provozní zkoušky směsné motorové nafty SMN 30. 2010. Dostupné z: <http://www.preol.cz/admin/files/pdf/Zprava-Preol-II-etapa.pdf>
- [4] Závěrečná zpráva třetí etapy projektu Provozní sledování směsné motorové nafty SMN 30 pro společnost PREOL a.s. LOVOSICE. 2010. Dostupné z: http://www.preol.cz/admin/files/pdf/Zprava-SMN30_3e_zaver-final2.pdf
- [5] Motorová nafta. ČESKÁ RAFINÉRSKÁ, a.s. [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.ceskarafinerska.cz/cz/motorova-nafta.aspx>
- [6] Statistiky. Český plynárenský svaz [online]. [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/statistiky.html>
- [7] Ekologie. RWE Energo, s.r.o. [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/626/>
- [8] Palivová soustava Steyr 6195 CVT. Palivová soustava Steyr 6195 CVT [online]. 2011, č. 1 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://www.agrics.cz/obrazky-soubory/tz_palivovanadrzsteyr-d0757e.pdf?redir
- [9] Steyr Presents Dedicated Natural Gas Tractor. Steyr Presents Dedicated Natural Gas Tractor [online]. 2011, č. 1 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.ngvglobal.com/steyr-presents-dedicated-natural-gas-tractor-1130>
- [10] GASCONTROL, společnost s r.o. [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.gascontrol.cz/benzinove-cng-stanice.html>
- [11] TVAJA CNG S.R.O. GASCONTROL, společnost s r.o. [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.tvajacng.eu/verejne-plnici-stanice>
- [12] Firemní archiv společnosti MOTOR JIKOV STROJÍRENSKÁ s.r.o.
- [13] Přestavby vozidel na CNG. GERA s.r.o. [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.gera.cz/prestavby-lpg-cng/cng-prestavby>
- [14] Přestavby autobusů na CNG. ZLINER s.r.o. [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://zliner.cz/sluzby/prestavby-autobusu-na-cng/>
- [15] Nabídka CNG vozidel. FIAT ČR spol. s r.o. [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.fiat.cz/cng/nabidka+cng+vozidel>

- [16] Ceníky a Katalogy. FIAT ČR spol. s r.o. [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.fiatprofessional.cz/ceniky-a-katalogy/>
- [17] HOLÝ, Martin. Porovnejte vliv různých druhů biopaliv (složení, výrobce) pro vznětové motory na jejich výkon a měrnou spotřebu. [online]. 2012 [cit. 2014-05-20]. Bakalářská práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUĎĚJOVICÍCH, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Josef Frolík. Dostupné z: <<http://theses.cz/id/shg23e/>>.
- [18] Vlk, F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Vlk, Brno, 2004. ISBN 80-239-1602-5
- [19] Žákovec, J.: Informační servis Gas- plyn v dopravě, GAS. ISSN 1212-7825
- [20] Kameš, J.: Alternativní pohon automobilů. Ben, Praha, 2005. ISBN 978-80-7300-127-8
- [21] Vlk, F.: Koncepce motorových vozidel. Vlk, Brno, 2000. ISBN 80-2385276-0
- [22] Takáts, M.: Příslušenství plynových motorů, ČVUT, Praha, 1996. ISBN 80-01-01058-9
- [23] Autorova maturitní závěrečná práce „Plynofikace dopravy“
- [24] Autorova práce pro soutěž Enersol „Plynové CNG autobusy v silniční dopravě“
- [25] KAŇKA, Miloslav. Možnosti uplatnění pohonu zemním plynem v zemědělství. [online]. 2012 [cit. 2014-05-20]. Bakalářská práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUĎĚJOVICÍCH, Zemědělská fakulta. Vedoucí práce Josef Frolík. Dostupné z: <<http://theses.cz/id/hbku5t/>>.
- [26] HRDINA, Dominik. Návrh výpočtového modelu pro posuzování ekologických vlastností silničních motorových vozidel [online]. 2010 [cit. 2014-05-20]. Diplomová práce. UNIVERZITA PARDUBICE, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Milan Graja. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10195/36461>.
- [27] ŠTYLÁREK, Milan. VYUŽITÍ BIOPLYNU V DOPRAVĚ [online]. 2012 [cit. 2014-05-20]. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ, ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ. Vedoucí práce JAN VOPAŘIL. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/5742/BP%20Využití%20bioplynu%20v%20dopravě%20ŠTYLÁREK.pdf?sequence=1>

16. Přílohy

Traktory

Vybraná skupina traktorů ZOD Podhradí, spotřeby nafty za rok 2013.....	72
Náhrada všech současných traktorů za Steyr CVT 6195.....	73
Náhrada všech současných traktorů za Steyr 4135 NP.....	74
Provoz současných traktorů na EKODIESEL (SMN30)	74
Kombinace Steyr 4135 NP a Steyr 6195 CVT – optimistické řešení.....	74
Kombinace Steyr 4135 NP a Steyr 6195 CVT – ekonomické řešení.....	74
Stávající osobní a lehká užitková vozidla.....	75

Osobní a lehká užitková vozidla

Alternativní provoz na CNG – optimistické řešení.....	75
Alternativní provoz na CNG – ekonomické řešení.....	75
Alternativní provoz na EKODIESEL (SMN30)	76

Vybrané skupina traktorů ZOD Požehrad, spočítány za rok 2013

cena nafty [Kč/l]	28.2
cena CNG [Kč/kg]	21.5
cena EKODIESEL [Kč/l]	24.0
cena benzínu [Kč/l]	29.9

RZ	TOVAŘNÍ ZNAČKA	TPP	POHON	VÝKON (kW)	ROK VÝROBY	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	CELKEM [l]	cena za naftu [Kč]
TA5439	ZEJTOR	5211	2WD	28.3	1985	128	128	78	123	126	98	92	103	97	119	148	214	1 504	42 413
TA5723	ZEJTOR	5211	2WD	28.3	1986	0	35	115	60	160	30	100	60	95	60	120	30	865	24 393
C009982	ZEJTOR	5011	2WD	32.1	1983	140	130	58	136	106	111	98	113	67	146	141	126	1 372	38 690
TA7429	ZEJTOR	5011	2WD	32.1	1982	199	203	125	83	102	130	46	93	83	122	11	51	1 248	35 194
TA5994	ZEJTOR	7211	2WD	39.5	1986	0	0	0	0	0	83	0	0	0	0	0	101	184	5 189
C006254	ZEJTOR	7211	2WD	39.5	1985	0	0	0	82	0	114	182	182	45	0	0	0	605	17 061
C013246	ZEJTOR	7245	4WD	39.5	1985	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	20	564
TA6500	ZEJTOR	7245	4WD	39.5	1988	209	108	242	346	364	299	314	285	308	292	299	376	3 442	97 064
TA8222	ZEJTOR	7245	4WD	39.5	1985	47	59	70	50	204	80	82	734	448	460	217	0	2 451	69 118
TA7813	ZEJTOR	6011	2WD	44.7	1984	0	81	37	148	42	76	89	327	217	174	166	78	1 435	40 467
TA5338	ZEJTOR	6748	4WD	48.5	1974	57	0	64	104	91	122	89	86	94	120	172	105	1 104	31 133
TA7336	ZEJTOR	6911	2WD	48.5	1978	0	0	0	287	587	338	637	706	681	686	197	0	4 119	116 156
TA7572	ZEJTOR	6911	2WD	48.5	1979	25	28	103	105	190	88	121	135	132	142	119	105	1 293	36 463
TA6225	ZEJTOR	6911	2WD	48.5	1977	0	0	113	141	217	256	57	222	110	99	30	0	1 245	35 109
TA5339	ZEJTOR	6911	2WD	48.5	1980	45	51	296	314	248	183	103	133	236	210	198	135	2 152	60 686
TA7951	ZEJTOR	6718	2WD	48.5	1973	164	168	54	133	141	176	88	121	89	82	130	82	1 428	40 270
C009983	ZEJTOR	7045	4WD	52.5	1983	135	182	153	40	252	151	153	368	75	151	0	40	1 700	47 940
TA7811	ZEJTOR	7045	4WD	52.5	1984	348	183	218	309	166	578	135	240	390	298	244	105	3 214	90 635
TA7456	ZEJTOR	7011	2WD	52.5	1982	0	183	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	217	6 119
TA7807	ZEJTOR	7011	2WD	52.5	1983	135	129	160	96	108	266	210	171	163	145	118	169	1 870	52 734
TA6224	ZEJTOR	7011	2WD	52.5	1981	303	265	247	324	324	347	330	453	480	469	590	576	4 708	132 766
TA6847	ZEJTOR	7745	4WD	60.4	1986	0	161	231	232	165	214	213	525	432	435	50	77	2 735	77 127
TA5311	ZEJTOR	10111	2WD	65.6	1984	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	40	1 128
C004456	ZEJTOR	10145	4WD	65.6	1985	0	0	0	41	0	66	0	0	0	0	0	0	107	3 017
TA7242	MASSEY FERGUSON	1007 THC	4WD	68.0	1999	139	43	0	1 125	680	498	81	997	1 010	451	67	116	5 207	146 837
TA7664	ZEJTOR	10540	4WD	78.3	1986	342	205	511	1 118	830	913	363	917	772	1 332	307	335	7 945	224 049
TA7583	ZEJTOR	10540	4WD	78.3	1997	0	0	0	237	54	59	0	0	0	0	0	0	416	11 731
C019926	CASE	IH MAXXUM 110	4WD	82.0	2010	1 531	1 218	1 558	1 337	1 459	1 323	1 254	1 263	1 003	988	1 396	1 472	15 802	445 616
TA5479	ZEJTOR	12011	2WD	89.5	1984	0	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220	6 204
C019610	JOHN DEERE	6534 STANDARD	4WD	97.7	2008	372	310	635	1 250	1 370	1 290	1 012	2 809	1 723	1 625	524	511	13 431	378 754
TA5759	ZEJTOR	16145	4WD	101.3	1997	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	57	1 607
TA5915	ZEJTOR	16145	4WD	101.3	1986	557	798	529	334	116	684	653	899	0	0	0	0	4 570	128 874
TA5989	ZEJTOR	16145	4WD	101.3	1986	315	240	0	977	705	910	568	919	835	1 139	287	33	6 928	199 370
TA5339	ZEJTOR	16145	4WD	101.3	1986	343	220	396	516	530	625	265	874	765	1 152	253	150	6 089	171 710
TA8177	CASE	IH MAGNUM 7220 PRO	4WD	115.6	2008	0	0	112	2 858	1 075	1 718	401	2 694	2 537	3 782	378	0	15 555	438 651
TA4776	ŠT	180 N	4WD	132.0	1984	0	0	0	465	941	676	170	637	492	847	227	0	2 577	72 671
TA7814	ŠT	180 N	4WD	132.0	1984	135	167	50	212	257	919	570	637	492	847	227	0	4 513	127 267
C019491	NEW HOLLAND	T7250	4WD	147.0	1997	0	0	0	2 259	1 320	1 762	1 023	3 202	3 362	3 078	1 214	0	17 220	485 604

SOUČTY	5 024	4 965	5 339	14 361	12 014	14 159	9 038	20 155	16 934	18 623	7 462	4 861	139 588	3 936 382
--------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	-------	--------	--------	--------	-------	-------	---------	-----------

Náhrada všech současných traktorů za Steyr CMT 6.195				cena nafty [Kč/l]	28.2	
převod:				cena CNG [Kč/kg]	21.5	
0.87				cena EKODIESEL [Kč/l]	24.0	
				cena benzínu [Kč/l]	29.9	
60% nafty[l]	40% nafty [l]	60% CNG [kg]	cena 40%NM [Kč]	cena 60% CNG [Kč]	součet cen NM+CNG [Kč]	ušetřeno [Kč]
902.4	601.6	785.1	16 965.1	16 879.4	33 844.5	8 568.3
519.0	346.0	451.5	9 757.2	9 707.9	19 465.1	4 927.9
823.2	548.8	716.2	15 476.2	15 398.0	30 874.1	7 816.3
748.8	499.2	651.5	14 077.4	14 006.3	28 083.7	7 109.9
110.4	73.6	96.0	2 075.5	2 065.0	4 140.6	1 048.2
363.0	242.0	315.8	6 824.4	6 789.9	13 614.3	3 446.7
12.0	8.0	10.4	225.6	224.5	450.1	113.9
2 065.2	1 376.8	1 796.7	38 825.8	38 629.6	77 455.3	19 609.1
1 470.6	980.4	1 279.4	27 647.3	27 507.6	55 154.9	13 963.3
861.0	574.0	749.1	16 186.8	16 105.0	32 291.8	8 175.2
662.4	441.6	576.3	12 453.1	12 390.2	24 843.3	6 289.5
2 471.4	1 647.6	2 150.1	46 462.3	46 227.5	92 689.9	23 465.9
775.8	517.2	674.9	14 585.0	14 511.3	29 096.4	7 366.2
747.0	498.0	649.9	14 043.6	13 972.6	28 016.2	7 092.8
1 291.2	860.8	1 123.3	24 274.6	24 151.9	48 426.5	12 259.9
856.8	571.2	745.4	16 107.8	16 026.4	32 134.3	8 135.3
1 020.0	680.0	887.4	19 176.0	19 079.1	38 255.1	9 684.9
1 928.4	1 285.6	1 677.7	36 253.9	36 070.7	72 324.6	18 310.2
130.2	86.8	113.3	2 447.8	2 435.4	4 883.2	1 236.2
1 122.0	748.0	976.1	21 093.6	20 987.0	42 080.6	10 653.4
2 824.8	1 883.2	2 457.6	53 106.2	52 837.9	105 944.1	26 821.5
1 641.0	1 094.0	1 427.7	30 850.8	30 694.9	61 545.7	15 581.3
24.0	16.0	20.9	451.2	448.9	900.1	227.9
64.2	42.8	55.9	1 207.0	1 200.9	2 407.8	609.6
3 124.2	2 082.8	2 718.1	58 735.0	58 438.2	117 173.1	29 664.3
4 767.0	3 178.0	4 147.3	89 619.6	89 166.7	178 786.3	45 262.7
249.6	166.4	217.2	4 692.5	4 668.8	9 361.2	2 370.0
9 481.2	6 320.8	8 248.6	178 246.6	177 345.8	355 592.4	90 024.0
132.0	88.0	114.8	2 481.6	2 469.1	4 950.7	1 253.3
8 058.6	5 372.4	7 011.0	151 501.7	150 736.1	302 237.8	76 516.4
34.2	22.8	29.8	643.0	639.7	1 282.7	324.7
2 742.0	1 828.0	2 385.5	51 549.6	51 289.1	102 838.7	26 035.3
4 156.8	2 771.2	3 616.4	78 147.8	77 752.9	155 900.8	39 468.8
3 653.4	2 435.6	3 178.5	68 683.9	68 336.8	137 020.8	34 689.0
9 333.0	6 222.0	8 119.7	175 460.4	174 573.8	350 034.2	88 616.8
1 546.2	1 030.8	1 345.2	29 068.6	28 921.7	57 990.2	14 681.2
2 707.8	1 805.2	2 355.8	50 906.6	50 649.4	101 556.0	25 710.6
10 332.0	6 888.0	8 988.8	194 241.6	193 260.1	387 501.7	98 102.3
83 753	55 835	72 865	1 574 553	1 566 596	3 141 149	795 233

součty

Náhn rada všech současných traktorů za Steyr 4135 NP	
převod:	0.87

Provoz současných traktorů na EKODIESEL (SMN30)	
vyšší spotř.	1.05

Kombinace Steyr 4135 NP a Steyr 6195 CVT
optimistické řešení

Kombinace Steyr 4135 NP a Steyr 6195 CVT
ekonomické řešení

CNC [kg]	tem [K]	uséferio [K]
1 308.5	28 132.3	14 880.5
752.6	16 179.8	8 213.2
1 939.6	25 653.3	13 027.1
1 085.8	23 343.8	11 849.8
160.1	3 441.7	1 747.1
526.4	11 316.5	5 744.5
17.4	374.1	189.9
2 994.5	64 982.6	32 681.8
2 132.4	45 866.0	23 712.2
1 248.5	26 841.7	13 025.3
960.5	20 050.3	10 482.5
3 383.5	77 045.9	39 109.9
1 124.9	24 185.6	12 777.0
1 083.2	23 387.7	11 821.3
18 722	40 253.2	20 433.2
1 242.4	26 710.7	13 585.9
1 479.0	31 798.5	16 741.5
2 796.2	60 117.9	30 516.9
188.8	4 059.0	2 060.4
1 626.9	34 978.4	17 555.7
4 096.0	88 053.1	44 702.5
2 739.5	51 158.2	25 868.8
34.8	748.2	379.8
93.1	2 001.4	1 016.0
4 330.1	97 396.9	49 400.5
6 512.2	148 611.2	75 397.8
361.9	7 781.3	3 949.9
13 747.7	29 576.4	15 040.0
191.4	4 115.1	2 088.9
11 685.0	25 126.9	12 527.3
49.6	1 066.2	541.2
3 975.9	85 181.9	43 392.2
6 027.4	129 588.2	65 781.4
5 297.4	113 994.7	57 815.1
13 332.9	29 056.3	14 694.7
2 242.0	48 202.8	24 686.6
3 263.3	84 415.7	42 850.9
14 981.4	322 100.1	163 505.9

Bondar(t)	Genel(K)	Ustüme(K)
1 579.2	37 990.8	4 512
9083	21 796.0	2 595
1 440.6	34 574.4	4 116
1 310.4	31 446.6	3 744
139.2	4 356.8	552
653.3	15 246.0	1 815
21.0	504.0	60
3 614.1	86 738.4	10 326
2 573.6	61 765.2	7 353
1 506.8	36 162.0	4 305
1 159.2	27 879.8	3 312
4 325.0	107 798.8	12 357
1 357.7	32 585.6	3 879
1 307.3	31 374.0	3 735
2 259.6	54 280.4	6 456
1 499.4	35 986.6	4 284
1 785.0	42 884.0	5 100
3 374.7	80 999.8	9 642
227.9	5 468.4	651
1 965.5	47 124.0	5 610
4 949.4	118 641.6	14 124
2 871.8	68 922.0	8 205
42.0	1 008.0	120
112.4	2 569.4	321
5 467.4	131 216.4	15 621
8 342.3	200 214.2	23 835
436.8	10 483.2	1 248
16 592.1	398 210.4	47 406
231.0	5 544.0	660
14 102.6	338 461.2	40 293
59.9	1 368.4	171
4 795.5	115 164.0	13 710
7 274.4	174 585.6	20 784
6 393.5	155 442.8	18 267
16 332.8	391 986.0	46 665
2 705.9	64 994.0	7 731
4 738.7	113 727.6	13 559
18 081.0	433 944.0	51 660

Wavelength [K μ m]	StoI
14.949.8	S ϕ W 4135 NP
8.598.1	S ϕ W 4135 NP
13.637.7	S ϕ W 4135 NP
12.405.1	S ϕ W 4135 NP
1.829.0	S ϕ W 4135 NP
6.013.7	S ϕ W 4135 NP
198.8	S ϕ W 4135 NP
34.133.5	S ϕ W 4135 NP
24.62.9	S ϕ W 4135 NP
14.63.9	S ϕ W 4135 NP
10.973.8	S ϕ W 4135 NP
40.942.9	S ϕ W 4135 NP
12.852.4	S ϕ W 4135 NP
12.375.3	S ϕ W 4135 NP
21.390.9	S ϕ W 4135 NP
14.194.3	S ϕ W 4135 NP
16.898.0	S ϕ W 4135 NP
31.947.2	S ϕ W 4135 NP
2157.0	S ϕ W 4135 NP
18.587.8	S ϕ W 4135 NP
46.797.5	S ϕ W 4135 NP
27.185.9	S ϕ W 4135 NP
39.6	S ϕ W 4135 NP
1.003.6	S ϕ W 4135 NP
51.757.6	S ϕ W 4135 NP
78.973.3	S ϕ W 4135 NP
4.135.0	S ϕ W 4135 NP
157.071.9	S ϕ W 4135 NP
2.186.8	S ϕ W 4135 NP
133.504.1	S ϕ W 4135 NP
566.6	S ϕ W 4135 NP
45.425.8	S ϕ W 4135 NP
68.604.3	S ϕ W 4135 NP
60.524.7	S ϕ W 4135 NP
88.616.84	S ϕ W 6195 C/T
14.681.17	S ϕ W 6195 C/T
25.110.56	S ϕ W 6195 C/T
98.102.34	S ϕ W 6195 C/T

[illegible]

SOUČTY

121 442	2 610 994	1 325 388
---------	-----------	-----------

146 567	3 517 618	418 764
---------	-----------	---------

1 218 358685 657

Stávající osobní a lehká užitková vozidla

1) naftová

RZ	TOVÁRNÍ ZNAČKA	TYP	VÝKON [Kw]	PRŮM. SPOTŘEBA [kg.100km ⁻¹]	ROK VÝROBY	ROČNÍ NÁJEZD [km]	MNOŽSTVÍ PALIVA [l]	CENA [Kč]
2C61781	ŠKODA	FELICIA VAN PLUS 1,9D	47	6.3	1998	20 000	1 266	35 701.2
2C31332	FIAT	DUCATO 2,3 JTD 15	81	8.7	2003	30 000	2 610	73 602.0
2C33370	RENAULT	MASTER L1H1	59	10.1	2000	25 000	2 525	71 205.0
4C20642	HYUNDAI	TUCSON	103	7.4	2007	30 000	2 220	62 604.0
TAL1265	VW	TRANSPORTER 1,9D	45	9.6	1993	20 000	1 920	54 144.0
2) benzínová								
4C00190	FORD	FUSION JU2	59	6.8	2008	10 000	677	20 228.8
4C74926	ŠKODA	FELICIA COMBI 1,3	50	7.0	2001	20 000	1 406	42 011.3
5C69529	ŠKODA	FELICIA COMBI 1,3	50	7.0	1999	20 000	1 406	42 011.3
5C71681	ŠKODA	FELICIA COMBI 1,3	50	7.0	1998	20 000	1 406	42 011.3
5C71081	DACIA	LOGAN K7MA8 COMBI	62	7.7	2012	25 000	1 933	57 743.1
TAL4170	ŠKODA	FABIA	50	7.4	2001	20 000	1 486	44 401.7
TAH6576	ŠKODA	FELICIA	50	6.9	1995	20 000	1 380	41 234.4
TAH6844	ŠKODA	FELICIA	40	7.1	1995	20 000	1 426	42 608.9

SOUČET

629 507

Alternativní provoz na CNG

optimistické řešení

1) naftová

	TOVÁRNÍ ZNAČKA	TYP	VÝKON [Kw]	PRŮM. SPOTŘEBA [kg.100km ⁻¹]	ROK VÝROBY	ROČNÍ NÁJEZD [km]	MNOŽSTVÍ PALIVA [kg]	CENA [Kč]	UŠETŘENO [Kč]
	FIAT	Doblo Van CNG	88	4.9	2014	20 000	980	21 070	14 631.2
	FIAT	Ducato 3.0 16V NP	100	8.8	2014	30 000	2 640	56 760	16 842.0
	FIAT	Ducato 3.0 16V NP	100	8.8	2014	25 000	2 200	47 300	23 905.0
	NENÍ VHODNÁ ALTERNATIVA								0.0
	FIAT	Doblo Van Maxi CNG	88	4.9	2 014.0	20 000	980	21 070	33 074.0
2) benzínová									
	FIAT	Qubo 1,4 NP CNG	51	4.3	2014	10 000	430	9 245	10 983.8
	FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	2014	20 000	980	21 070	20 941.3
	FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	2014	20 000	980	21 070	20 941.3
	FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	2014	20 000	980	21 070	20 941.3
	FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	2014	25 000	1 225	26 338	31 405.6
	FIAT	Punto EVO 1,4 NP	57	4.2	2014	20 000	840	18 060	26 341.7
	FIAT	Punto EVO 1,4 NP	57	4.2	2014	20 000	840	18 060	23 174.4
	FIAT	Punto EVO 1,4 NP	57	4.2	2014	20 000	840	18 060	24 548.9

SOUČET

299 173

267 730

Alternativní provoz na CNG

ekonomické řešení

1) naftová

	TOVÁRNÍ ZNAČKA	TYP	VÝKON [Kw]	PRŮM. SPOTŘEBA [kg.100km ⁻¹]	ROK VÝROBY	ROČNÍ NÁJEZD [km]	MNOŽSTVÍ PALIVA [kg]	CENA [Kč]	UŠETŘENO [Kč]
	FIAT	Ducato 3.0 16V NP	100	8.8	2014	25 000	2 200	47 300	23 905.0
	NENÍ VHODNÁ ALTERNATIVA								0.0
	FIAT	Doblo Van Maxi CNG	88	4.9	2014	20 000	980	21 070	33 074.0
2) benzínová									
	FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	2014	20 000	980.0	21 070	20 941.3
	FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	2014	20 000	980.0	21 070	20 941.3
	FIAT	Doblò Panorama	88	4.9	2014	20 000	980.0	21 070	20 941.3
	DACIA	Logan (CNG)	62	5.8	2014	25 000	1 449.4	31 162	26 581.5
	FIAT	Punto EVO 1,4 NP	57	4.2	2014	20 000	840.0	18 060	26 341.7
	FIAT	Punto EVO 1,4 NP	57	4.2	2014	20 000	840.0	18 060	23 174.4
	FIAT	Punto EVO 1,4 NP	57	4.2	2014	20 000	840.0	18 060	24 548.9

SOUČTY

216 922

220 449

Alternativní provoz na Ekodiesel

RZ	TOVÁRNÍ ZNAČKA	TYP	VÝKON [Kw]	PRŮM. SPOTŘEBA [l.100 km ⁻¹]	ROK VÝROBY	ROČNÍ NÁJEZD [km]	MNOŽSTVÍ PALIVA [l]	CENA [Kč]	CENA EKODIESEL [Kč]	UŠETŘENO [Kč]
2C61781	ŠKODA	FELICIA VAN PLUS 1,9D	47.0	6.3	1 998.0	20 000.0	1 266.0	35 701.2	31 903.2	3 798.0
2C31332	FIAT	DUCATO 2,3 JTD 15	81.0	8.7	2 003.0	30 000.0	2 610.0	73 602.0	65 772.0	7 830.0
2C33370	RENAULT	MASTER L1H1	59.0	10.1	2 000.0	25 000.0	2 525.0	71 205.0	63 630.0	7 575.0
4C20642	HYUNDAI	TUCSON	103.0	7.4	2 007.0	30 000.0	2 220.0	62 604.0	55 944.0	6 660.0
TAL1265	VW	TRANSPORTER 1,9D	45.0	9.6	1 993.0	20 000.0	1 920.0	54 144.0	48 384.0	5 760.0

SOUČTY

297 256	265 633	31 623
---------	---------	--------