



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO**  
**INŽENÝRSTVÍ**

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING**

## **CNG JAKO PALIVO VOZŮ FLOTILY MALÉHO PODNIKU**

**CNG AS FLEET CAR'S FUEL IN SMALL COMPANY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE**  
**AUTHOR**

**TOMÁŠ PAPP**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
**SUPERVISOR**

**Ing. JAN VOPAŘIL**

**BRNO 2012**

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Tomáš Papp

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **CNG JAKO PALIVO VOZŮ FLOTILY MALÉHO PODNIKU**

v anglickém jazyce:

### **CNG AS FLEET CAR'S FUEL IN SMALL COMPANY**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést rešerši současného stavu poznání v oblasti využívání stlačeného zemního plynu jako paliva pro spalovací motory osobních automobilů. Vyhodnotit výhodnost obměny vozového parku podniku malé či střední velikosti využívajícího převážně malé městské vozy poháněné ropnými produkty za vozy jezdící na CNG při uvažování CNG plnicí stanice v blízkosti sídla podniku.

Cíle bakalářské práce:

1. Shrnutí výhod a nevýhod využívání CNG v osobních automobilech.
2. Porovnání životnosti vozu na CNG s vozem spalujícím ropné produkty.
3. Vytvoření modelové studie obměny vozového parku.
4. Popsání bariér bránících používání CNG ve fleet managementu konkrétního podniku.

Seznam odborné literatury:

[1] VLK, F. Alternativní pohony motorových vozidel. 1. vyd. Brno : Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004. 226 s. ISBN 80

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Vopařil

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 20.11.2011

L.S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá využitím stlačeného zemního plynu jako paliva ve vozovém parku tvořeném osobními automobily. Zkoumá výhodnost jeho využití jako alternativu k vozidlům poháněným ropnými produkty.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

CNG, vozový park, životnost, osobní automobil

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with use of CNG as fuel for passenger car fleet in a small company. It researches the benefits of CNG used as an alternative to petrol and diesel engines.

## **KEYWORDS**

CNG, fleet, service life, passenger vehicle



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

PAPP, T. CNG JAKO PALIVO VOZŮ FLOTILY MALÉHO PODNIKU. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 28s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Vopařil.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Vopařila a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2012

.....

Tomáš Papp



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Janu Vopařilovi za cenné připomínky při zpracování bakalářské práce a rodičům za trpělivost a podporu.



## OBSAH

Úvod .....	6
1 CNG jako palivo v osobních automobilech.....	7
1.1 Historie plynu v automobilech.....	7
1.2 Výhody využívání CNG .....	8
1.2.1 Ekologický aspekt .....	8
1.2.2 Bezpečnost.....	9
1.2.3 Ekonomický provoz.....	10
1.2.4 Provozní vlastnosti .....	11
1.3 Nevýhody využívání CNG.....	12
1.3.1 Nerozvinutá síť plnicích stanic.....	12
1.3.2 Opotřebením motoru.....	12
1.3.3 Omezený dojezd na plyn .....	13
1.3.4 Zůstatková hodnota vozidel.....	13
2 Porovnání životnosti vozu na CNG s vozem spalujícím ropné produkty.....	14
2.1 Mazání motoru .....	14
2.2 Opotřebením komponentů .....	15
2.3 Účinnost katalyzátoru výfukových plynů .....	16
3 Modelová studie obměny vozového parku.....	17
3.1 Přehled vybraných automobilů na českém trhu .....	18
3.2 Ekonomické a motorické srovnání vozidel podle zaměření .....	19
3.2.1 Vozidlo pro dopravu osob .....	19
3.2.2 Vozidlo pro dopravu nákladu .....	20
3.2.3 Teoretické náklady na dosažení celkového dojezdu .....	21
4 Vyhodnocení obměny vozového parku .....	22
Závěr.....	23





## ÚVOD

V moderním, neustále se rozvíjejícím světě je rychlý a efektivní transport úplnou samozřejmostí. K tomu lidstvu už přes sto let slouží automobily se spalovacími motory. Neustálým vývojem se výroba zrychlila a zjednodušila. Jejich oblíbenost narostla až do dnešních rozměrů, kdy je často problém vůbec zaparkovat. Daleko závažnějším problémem, který vznikl rozšířením automobilů je však znečištění životního prostředí způsobené emisemi, předpokládané vyčerpání zdrojů ropy a rostoucí ceny pohonných hmot. Je proto nutné hledat alternativy, které by dokázali zastoupit úlohu ropných paliv v dopravě.

Jednou z možností je využití zemního plynu, který je nedělnou součástí domácností i průmyslu, ale jako palivo pro automobily je v České republice rozšířen jen málo. Tato práce provádí rešerši současného stavu poznání v oblasti využití stlačeného zemního plynu v dopravě a porovnává jeho použitelnost jako alternativu k ropným palivům.



# 1 CNG JAKO PALIVO V OSOBNÍCH AUTOMOBILECH

## 1.1 HISTORIE PLYNU V AUTOMOBILECH

Automobily poháněné svítíplynem se začali objevovat během 1. světové války kvůli vážnému nedostatku ropných paliv. Svítíplyn, který vzniká jako vedlejší produkt výroby koksu, byl napuštěn do nepropustného vaku na střeše, protože je nemožné ho stlačit beze změny chemického složení.



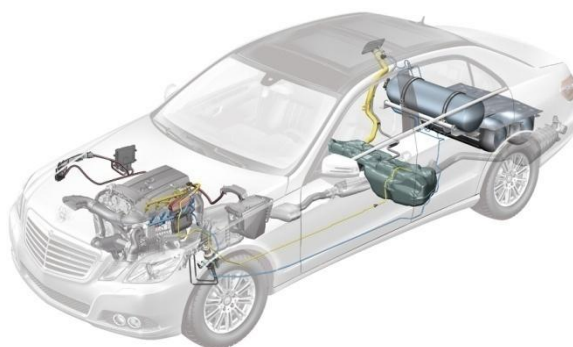
*Obr. 1: První automobil poháněný plynem [5]*

Ve Francii během 2. světové války byli vyráběny první automobily se zásobníky na stlačený zemní plyn, jak je známe dnes. Opět bylo nutné kompenzovat nedostatek ropných paliv.



*Obr. 2: Citroën Traction Avant [5]*

Od padesátých let pokračoval vývoj v oblasti pohonu na zemní plyn ve stínu benzínu a nafty. CNG právě zažívá návrat a technologie má stále prostor pro zlepšování provozních vlastností těchto vozidel.



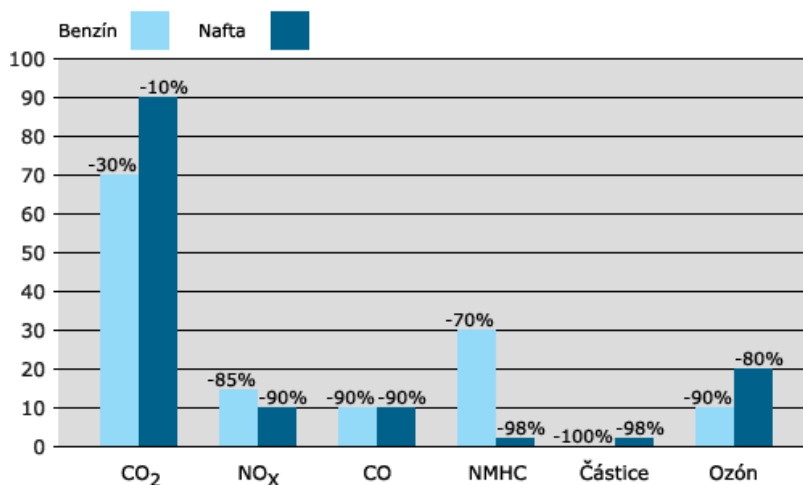
Obr. 3: Mercedes – Benz E200 NGT, pohled na palivový systém a motor [21]

## 1.2 VÝHODY VYUŽÍVÁNÍ CNG

### 1.2.1 EKOLOGICKÝ ASPEKT

21. století je obdobím největšího příklonu k ekologické zodpovědnosti a ochraně životního prostředí. Příkladem jsou neustále přísnější emisní normy. Nejčistší z běžných paliv je právě zemní plyn. Spalování CNG v porovnání s benzínem a naftou nezanedbatelně redukuje negativní vliv dopravy na ekosystém:

- snížení emisí CO<sub>2</sub> o 10 %-30 % a CO o 90 % ,
- snížení emisí NO<sub>x</sub> o 85 %-90 % ,
- do plynu nejsou přidávány aditiva, která působí karcinogenně,
- úplná eliminace oxidu siřičitého a pevných částic v spalínách,
- nehrozí ztráty odpařováním – hermeticky uzavřený tankovací systém,
- při úniku nemůže nastat kontaminace půdy nebo vody,
- využití bioplynu jako alternativy,
- eliminace kouřivosti motoru,
- tižší a rovnoměrnější chod (snížení hlučnosti vně i uvnitř vozidla),
- splnění emisní normy EURO 6.[6]



Obr. 4: Porovnání emisí vzniklých spalováním CNG, benzínu a nafty [6]



Jednou z nezanedbatelných hodnot u paliv je i tzv. „vodní intenzita“ (water intensity). Je to poměr množství vody spotřebované k zpracování paliva potřebného k ujetí určité vzdálenosti. Zpracování zemního plynu je v tomto směru nejméně náročné ze všech paliv, protože je po získání prakticky jenom čištěn od mechanických nečistot a stlačován, kdežto při rafinaci ropných produktů jsou potřebné enormní objemy vody.[7]

V roce 2006 byl v Německu schválen zákon, který zamezuje vstup vozidel do vyznačených „zelených“ zón v městech, pokud nesplňují předepsanou emisní normu. Vozidla na CNG mají vstup bez omezení, proto jsou využívány pro zásobování a v městských službách.

### 1.2.2 BEZPEČNOST

Ve všeobecném povědomí je zemní plyn vnímán jako nebezpečný pro svou výbušnost. Pro praktické využití v automobilech bylo potřebné vyvinout systém, který v případě jakékoliv situace zabrání výbuchu. Zásobníky na stlačený plyn musí být konstruovány tak, aby bezproblémově odolávaly všem faktorům, které na ně působí. Jsou to zejména:

- opakované změny tlaku a teploty během plnění
- extrémní výkyvy okolních teplot (-40°C až 85°C)
- koroze a vliv prostředí (odolnost vůči solím, kyselinám, zásadám)
- vibrace
- požár vozidla
- kolize

Zásobníky podléhají přísným testům, které prověří bezpečnost v každé situaci. Při konstrukci se využívá posílení ocelového pláště částečným nebo úplným obalením uhlíkovými vlákny. Tím se zvyšuje pevnost nádrže a zabrání se jejímu náhlému roztržení. Zároveň se sníží i hmotnost zásobníku, protože je možné snížit tloušťku ocelového pláště při zachování stejné pevnosti. Posledním trendem je nahrazování oceli plastem v kombinaci s uhlíkem za účelem další redukce hmotnosti.



Obr. 5: Zásobník z uhlíkových vláken [8]



Dalším prvkem zvyšujícím bezpečnost je použití elektronicky kontrolovaného solenoidového ventilu pro každý zásobník. Ten zabezpečuje dodávku CNG do motoru jen za chodu. V případě poklesu tlaku v přívodu plynu zpětný ventil dodávky automaticky přeruší. Pro případ požáru jsou zásobníky vybaveny tepelnou pojistkou, která zaručí řízené odfouknutí plynu, když okolní teplota přesáhne 110°C (teplota vznícení zemního plynu je až 537°C) a tlakovou pojistkou, která se spustí při tlaku nad 260 bar.[8]

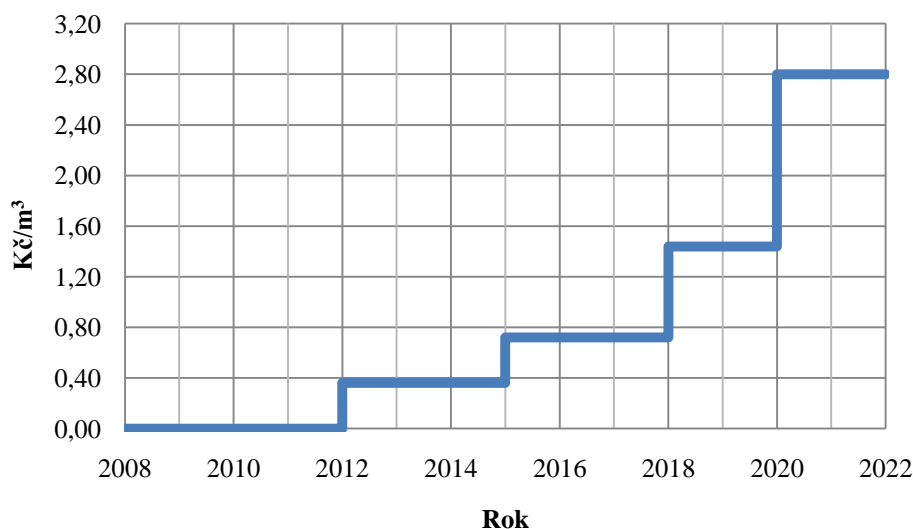
Díky novele vyhlášky o technických podmínkách požární ochrany staveb bylo umožněno automobilům s pohonem CNG parkovat v podzemních garážích. Na rozdíl od LPG, které se při úniku koncentruje u země v dírách a je velmi obtížné jej důkladně odstranit, CNG stoupá nahoru a je následně odstraněno ventilací. Garáž musí být vybavena dostatečnou vzduchotechnikou s detektory úniku plynu a také se vyžaduje souhlas majitele objektu.

### 1.2.3 EKONOMICKÝ PROVOZ

Využití CNG může přinést výraznou úsporu na provozních nákladech fleetů. Firmy se při nákupu vozidel řídí celkovými provozními náklady – TCO (Total Cost of Ownership). Pořizovací cena osobních automobilů schopných spalovat zemní plyn se přiblížila k ceně verzí s naftovými motory. Podíl složky PHM na TCO v roce 2009 představoval při malých vozidlech 30%, při nižší střední třídě 26% a při střední třídě 22%. V roce 2011 se však podíl PHM zvýšil v průměru o 5%. Je pravděpodobné, že ceny paliv už jen porostou. Jednou z možností optimalizace nákladů je právě využití alternativních paliv, kde CNG je nejreálnější a nejdostupnější možnost. Ve světě se zavádějí nástroje podpory pro jednodušší a dynamičtější uplatnění této technologie na trhu.

Dobrovolná dohoda mezi plynárenskými společnostmi a státem umožnila rozvoj využití zemního plynu v dopravě s cílem nahradit do roku 2020 minimálně 10% celkové spotřeby pohonných hmot v dopravě zemním plynem. Nástrojem podpory je daňové zvýhodnění:

- nulová sazba silniční daně
- nízká sazba spotřební daně na CNG určený k použití pro pohon motorů



Obr. 6: Vývoj spotřební daně během následujících let[9]

Spotřební daň, která bude v platnosti od 1. 1. 2020, bude cca 2,80Kč/m<sup>3</sup>. Při porovnání s aktuálními spotřebními daněmi uplatněními na kapalné ropné pohonné hmoty (benzín – 12,84 Kč/l, nafta 10,95 Kč/l a částečně LPG) se jedná o velmi nízkou sazbu. Obecně lze konstatovat, že ceny CNG se budou pohybovat stále přibližně na úrovni okolo 50% ceny benzínu. [9]

#### 1.2.4 PROVOZNÍ VLASTNOSTI

CNG motory dosahují nižší třecí ztráty, což se projevuje tižším a kultivovanějším chodem. Zemní plyn má dobrou odolnost proti klepání a proto může být použita vyšší komprese, než u benzinového motoru bez toho, aby došlo k předčasnému vznícení směsi. Díky tomu je možné dosáhnout vyšší teplotní efektivity a nižší měrné spotřeby energie než s benzinem. Ve válci se plyn se vzduchem výborně mísí, což se projeví snadnějším startem studeného motoru. U sériově vyráběných vozidel na CNG jsou motory primárně laděny na spalování plynu, tedy výkon a kroutící moment se sníží jen při přepnutí na benzin a to nepatrně. Přepínání mezi palivem nastává ve většině vozidel automaticky podle momentálních podmínek a potřeb a to bez trhání nebo dočasné ztráty výkonu. Osobní a menší užitkové automobily se kvůli flexibilitě vyrábějí s bivalentním pohonem benzin/plyn. Jejich dojezd se tak zlepší a majitel není vázán jenom na plnicí stanice CNG a může volně plánovat každou trasu. Zásobníky dedikovaných CNG vozidel jsou zakomponovány mezi zadní nápravou pod podlahou a taky na místě rezervního kola. Zavazadlový prostor se tak dá plnohodnotně využít.

Servisní intervaly jsou ve většině případů stejné jako u konvenčních modelů vozidel. Jedinou výjimkou je pravidelná kontrola zásobníků na těsnost, kterou je potřebné absolvovat každých 10 let.[3]

Plynárenské podniky v České republice garantují stálou vysokou kvalitu plynu. Je tedy vyloučené poškození nebo zničení motoru, které může nastat použitím degradované nafty nebo benzínu, u kterých je kvalitu nemožné jednoduše zkontrolovat a je jiná u každé čerpací stanice.[1]





## 1.3 NEVÝHODY VYUŽÍVÁNÍ CNG

### 1.3.1 NEROZVINUTÁ SÍŤ PLNICÍCH STANIC

Koncem roku 2011 bylo v Česku 34 veřejných plnicích stanic CNG, z toho pět v Praze. Během letošního ledna přibyly další tři – v Ostravě, v Úpici a v Terezíně. Na jaře se otevře další v Žebráku. V roce 2020 by podle odhadu České plynárenské unie mělo v tuzemsku fungovat 300 až 400 plnicích stanic.[10]

V porovnání s 3717 veřejnými čerpacími stanicemi je to jenom velmi řídká síť. Plnohodnotní využití benefitů CNG ve fleetu podniku je spjato se vzdáleností nejbližší plnicí stanice. Řešením může být instalace malého plnicího zařízení, které se napojí na plynovou přípojku a může doplnit dvě vozidla najednou.



Obr. 7: Mapa plnicích stanic v České republice [11]

### 1.3.2 OPOTŘEBENÍ MOTORU

CNG je po celou dobu v plynné podobě a proto mu chybí latentní teplo vypařování, které by ochlazovalo sací potrubí. Spolu s nedostatečným mazáním se to projevuje ve vyšších provozních teplotách pístů, ventilů a bloku motoru. To může vést k problémům s chlazením v teplejším prostředí, ale zejména jsou nutně kladeny vyšší nároky na použité materiály součástí motoru.



### 1.3.3 OMEZENÝ DOJEZD NA PLYN

Zásobníky, které jsou rozměrově přijatelné pro použití v osobních automobilech mohou pojmout jen přibližně 25kg CNG (Opel Zafira CNG). Pro propočet platí, že 1kg CNG = 1,14 l nafty resp. 1,43 l benzínu. Z toho plyne, že vozidlo je schopné pojmout energetický ekvivalent 28,5 l nafty resp. 36 l benzínu. Dojezd na CNG je tak u daného modelu limitován na přibližně 530 km, při využití přídavné benzínové nádrže o objemu 14 l pak stoupne o dalších 150 km. Pro zvýšení dojezdu bude potřebné dále snižovat spotřebu paliva. I když se tyto parametry díky neustálému vývoji zlepšili, je to stále o 30 – 45% nižší dojezd než s ropnými palivy. Tím klesá ekonomická výhodnost spalování zemního plynu.[12]

### 1.3.4 ZŮSTATKOVÁ HODNOTA VOZIDEL

Problémem vozidel s alternativním pohonem včetně CNG je nízká zůstatková hodnota. Na trhu s ojetými automobily se daří především klasickým automobilům se spalovacími motory, které umí opravit téměř každý autoservis a náhradní díly lze shánět levněji od druhovýrobců. Ojeté automobily na CNG se prodávají pod cenami automobilů se zážehovými motory. Nízké zůstatkové hodnoty tak znatelně znevýhodňují splátky operativního leasingu u nových automobilů s alternativními pohony. [13]





## 2 POROVNÁNÍ ŽIVOTNOSTI VOZU NA CNG S VOZEM SPALUJÍCÍM ROPNÉ PRODUKTY

CNG si vyžaduje osobitý přístup ve vývoji technologických řešení. Výrobci, kteří se dříve soustředili na obrovský trh s benzínovými a diesellovými automobily postupně přicházejí s produkty vyvinutými speciálně pro CNG za účelem zvýšení životnosti, optimalizace emisí a provozních nákladů.

### 2.1 MAZÁNÍ MOTORU

Spalování CNG způsobuje rychlejší degradaci vlastností motorového oleje. Výsledkem je zvýšená zátěž celého spalovacího systému. Motor je vystaven velkým teplotním změnám, protože plyn nedokáže odvádět teplo tak efektivně jak tekuté palivo. Aby se minimalizovali ztráty třením a zabránilo se zablokování pístu, tloušťka filmu maziva musí být dostatečná pro dosažení hydrodynamického nebo smíšeného tření v kontaktu pístních kroužků a stěny válce.

Olej pro použití v CNG motorech má svá specifika. Jedním z klíčových je obsah sulfátového popela, který nesmí překročit 1%. Zvýšený obsah vede k tvorbě "hot-spots", míst, kde spékáním oleje vzniká kyselina způsobující korozi. Obsah fosforu, který v benzínových motorech plní funkci aditiva proti otěru musí být limitován kvůli zachování výkonu a životnosti katalyzátoru. Další důležitou vlastností je odolnost vůči nadměrnému poklesu viskozity.[14]

Vlastnost	Jednotka	OMV Multigas SAE 15W-40
Hustota/15 °C	Kg/m <sup>3</sup>	884
Bod vzplanutí	°C	230
Viskozitní třída	SAE	15W-40
Viskozita/40 °C	mm <sup>2</sup> /s	105
Viskozita/100 °C	mm <sup>2</sup> /s	14,3
Viskozitní index	-	138
CCS/-20 °C	mPa.s	6900
Bod tuhnutí	°C	< -27
TBN	Mg KOH/g	8,3
Sulfátový popel	% hm.	1,03

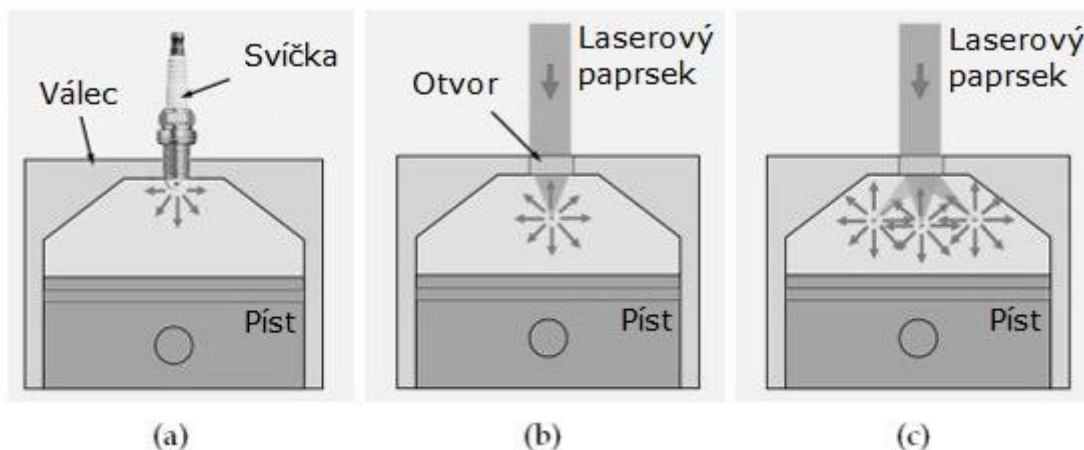
Tab. 1: Přehled vlastností motorového oleje OMV Multigas[15]



## 2.2 OPOTŘEBENÍ KOMPONENTŮ

Ve vysokotlakém regulátoru plynu nastává expanze plynu z 200 bar na vstupu z nádrže na cca 6 bar na výstupu do sacího kanálu. Nízká hustota energie a nedostatek latentního tepla vypařování zemního plynu snižuje objemovou účinnost o cca 3% ve srovnání s benzinovými motory se sekvenčním vstřikováním. Pokud není použito přímého vstřikování, objemová účinnost motoru s nepřímým vstřikem může být nižší o 10% až 15% v závislosti na optimalizaci nastavení. Z tohoto důvodu utrpí CNG motor výkonové ztráty v důsledku vysídlení vzduchu plynným palivem. Ve skutečnosti mohou být tyto ztráty kompenzovány zvýšením kompresního poměru, protože motory na zemní plyn mohou být bezpečně provozovány v kompresním poměru až 15:1, pokud je zachována kvalita plynu. Umožňuje to odolnost proti klepání zodpovídající oktanovému číslu 130. Vysokého kompresního poměru je dosaženo použitím plochých pístů bez prohlubně. Pro zvýšení výkonu a točivého momentu lze také použít ventily s vysokým zdvihem. Za účelem vyrovnání ztrát hustoty výkonu kvůli chudosti směsi je výhodné použít přeplňování pro zvýšení objemu vzduchu ve válci. Nicméně, spalování chudé směsi při vysokém tlaku vyžaduje značné zvýšení energie pro její vznícení, což výrazně snižuje životnost zapalovacích svíček. Zkrácená a nepředvídatelná životnost běžných svíček tak zvyšuje náklady na údržbu. Proto je potřeba použít odolné modely speciálně vyvinuté pro spalování dvou typů paliv. [16]

V následujícím desetiletí můžeme očekávat nahrazení běžných svíček zapalováním pomocí laserového paprsku. Prototypy úspěšně zvládli testování v reálných podmínkách. Jejich výhodou je u použití s CNG schopnost zapálení velmi chudé směsi, vysoce přesná ovladatelnost a téměř neomezená životnost. [17]



Obr. 8: Různé typy zapalování (a) svíčkou, (b) laserovým paprskem, (c) vícebodové zapalování [17]

Skupenské teplo odpařování je energie potřebná na proměnu určitého množství látky z kapaliny na plyn. Tekutá paliva se po vstříknutí při kontaktu se stěnami sacího potrubí odpaří a to způsobí jejich ochlazení. U plynu tento jev nenastává, proto se zvyšuje i teplota pístu, stěny válce, ventilů a sedel ventilů. Vzhledem k nepřítomnosti rozprášeného paliva působícího jako chladící medium a problematickému mazání CNG motoru, ventily a sedla se přehřívají a to má za následek zvýšené hodnoty opotřebení. Sací ventily mohou být místem



tvorby usazenin, protože zemní plyn neobsahuje čistící aditiva. Vysoká odolnost vůči tepelnému zatížení a opotřebení kluzných částí je zásadní. Dosáhnout se dá vhodnou volbou materiálů a metod povrchových úprav. Běžné je použití chrommolybdenové oceli u ventilu v kombinaci s pancéřováním talířku ventilu materiálem Stellite F®.[16]



*Obr. 9: Pancéřování ventilu materiálem Stellite F® [18]*

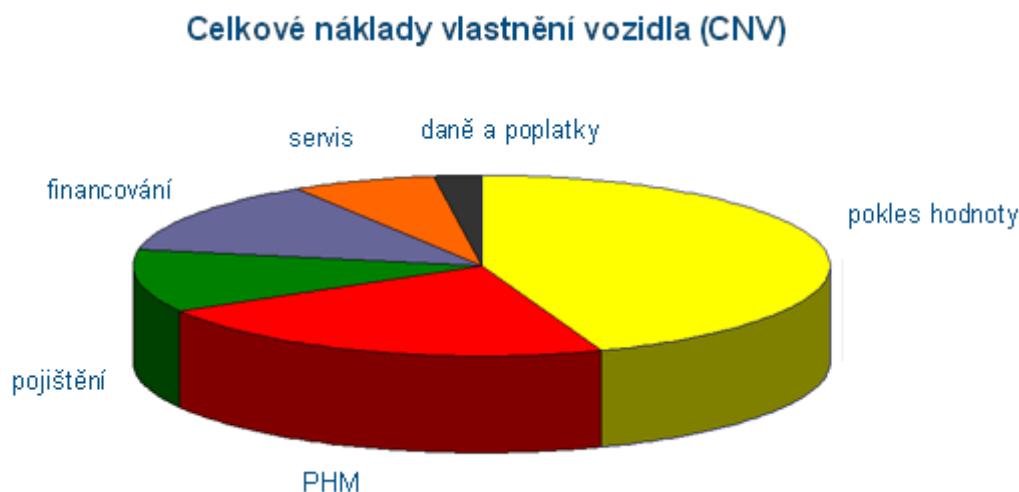
### 2.3 ÚČINNOST KATALYZÁTORU VÝFUKOVÝCH PLYNŮ

CNG automobily splňují nejpřísnější emisní normy za předpokladu správné funkce katalyzátoru. Hlavním složkou emisí je nespálený metan ( $\text{CH}_4$ ), který je velmi těžké rozložit katalytickou oxidací a má větší vliv na skleníkový efekt než oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ). Výrazný, až osminásobný nárůst množství nespálených uhlovodíků (THC) ve výfukových plynech se projevuje po ujetí 35000 km na CNG, což zodpovídá cca 800 h běžného provozu. Zajímavým faktem je, že při provozu na benzín vykazují hodnoty emisí THC jen nepatrný nárůst. Pravděpodobným důvodem snížení katalytické aktivity oxidu palladnatého je vznik vrstvy palladia na jeho povrchu v kombinaci s nižší teplotou výfukových plynů u CNG. Jistý podíl na degradaci mají usazeniny pocházející z motorového oleje, proto je jedním z důležitých specifik složení oleje šetrnost vůči katalyzátoru, aby se zabránilo nechtěným reakcím v něm.[19]



### 3 MODELOVÁ STUDIE OBMĚNY VOZOVÉHO PARKU

Základem pro fleetové rozpočty a pro zjištění výhodnosti nákupu konkrétního automobilu v dlouhodobém horizontu je systém hodnocení TCO (Total Cost of Ownership), jinak CNV (celkové náklady vlastnění vozidla). Vyjadřuje celkové náklady očekávané po dobu provozu vozidla. Umožňuje přesné srovnání alternativ a další optimalizaci výběru.



Obr. 10: Graf CNV[20]

Pro zhodnocení výhodnosti přechodu flotily na CNG jsou podstatné složky PHM a pokles hodnoty. Na další složky tvořící TCO nemá změna paliva výraznější vliv.



### 3.1 PŘEHLED VYBRANÝCH AUTOMOBILŮ NA ČESKÉM TRHU

V tabulce je uveden přehled oblíbených modelů aut s pohonem CNG, jsou zastoupeny modely určené pro dopravu osob i modely určené pro rozvoz nákladu se zvětšeným úložným prostorem a zvýšenou nosností.

Tab. 2: Přehled vybraných vlastností automobilů s pohonem CNG[21]

Automobil	Kombinovaná spotřeba (100 km)		Palivové náklady (100 km)		Celkový dojezd [km]
	benzín	CNG	benzín	CNG	
	[l]	[kg]	Kč1)	Kč2)	
Fiat Qubo 1,4	6,6	4,3	237	103	1005
Fiat Dobló 1,4	7,2	4,9	259	118	1060
Fiat Punto EVO 1,4	6,3	4,2	227	101	1020
Opel Zafira 1,6T	7,8	5,1	280	122	560
VW Touran 1,4 TSI	7,4	4,7	266	113	550
VW Caddy 2,0	8,7	5,9	313	140	760
VW Passat 1,4 TSI	7,2	4,6	259	111	900
Mercedes-Benz E200 NGT	7,3	5,7	263	136	1060

<sup>1)</sup> 36,00 Kč/l, <sup>2)</sup> 24,00 Kč/kg



## 3.2 EKONOMICKÉ A MOTORICKÉ SROVNÁNÍ VOZIDEL PODLE ZAMĚŘENÍ

Pro srovnání byly zvoleny dva modely aut se třemi druhy motorizace. Motorizace byla volena s ohledem na podobné výkonnostní parametry.

### 3.2.1 VOZIDLO PRO DOPRAVU OSOB

Jako vhodná volba vozidla určeného hlavně pro dopravu osob byl zvolen Volkswagen Passat z několika důvodů. Díky své variabilitě je vhodný a osvědčený jako manažerský vůz nebo jako taxi. Zásobníky plynu nijak neovlivňují vnitřní ani zavazadlový prostor. Objem nádrží je vhodně vyvážen, v případě nedostupnosti plynové plnicí stanice na trase je možné jezdit na benzín delší dobu bez nutnosti dotankování.

Tab. 3: Srovnání parametrů Volkswagen Passat [21]

Model / Motorizace	1,4 EcoFuel CNG	1,8 TSI	2,0 TDI
	110 kW (150 k)	118 kW (160 k)	103 kW (140 k)
	4 válcový CNG/benzín	4 válcový benzínový	4 válcový diesel
Zdvihový objem [cm <sup>3</sup> ]	1390	1798	1968
Max.výkon, [kW] při 1/min	110/5500	118/5000	103/4000
Max. točivý moment, [Nm] při 1/min	220/4500	250/1500	320/2500
Emisní třída	EURO 5	EURO 4	EURO 5
CO <sub>2</sub> [g/km]	121	178	146
Maximální rychlost [km/h]	210	220	203
Spotřeba paliva [kg], [l/100 km] <sup>1)</sup>	4,6	7,6	5,6
Zrychlení 0-100 [s]	9,8	8,6	9,8
Objem nádrží CNG [kg] / benzín (nafta) [l]	21/31	-/70	-/70
Dojezd CNG / celkem [km]	460/900	920	1250
Cena včetně DPH	748 900 Kč	692 900 Kč	714 900 Kč
Cena paliva	24,00 Kč/kg	36,00 Kč/l	35,00 Kč/l
Palivové náklady na 1 km	1,11 Kč	2,74 Kč	1,96 Kč
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč [km]	901	365	510
Náklady při 30 000 km za rok	33 300 Kč	82 200 Kč	58 800 Kč
Roční úspora při jízdě na zemní plyn	-	48 900 Kč	25 500 Kč

<sup>1)</sup> kombinovaná spotřeba



### 3.2.2 VOZIDLO PRO DOPRAVU NÁKLADU

V tomto případě byl zvolen model Volkswagen Caddy. Má nadprůměrný dojezd na CNG, dobré provozní vlastnosti a variabilitu, která rozšiřuje pole využitelnosti. Může být vybaven jak pro dopravu více osob, tak pro dopravu tovaru a zásobování.

Tab. 4: Srovnání parametrů Volkswagen Caddy [21]

Model / Motorizace	2,0 CNG	1,2 TSI	1,6 TDI
	80 kW (109 k)	77 kW (105 k)	77 kW (105 k)
	4 válcový CNG/benzín	4 válcový benzínový	4 válcový diesel
Zdvihový objem [cm <sup>3</sup> ]	1984	1197	1598
Max. výkon, [kW] při 1/min	80/5500	77/5000	77/4400
Max. točivý moment, [Nm] při 1/min	160/3500	175/4100	250/4500
Emisní třída	EURO 5	EURO 5	EURO 5
CO <sub>2</sub> [g/km]	156	158	152
Maximální rychlost [km/h]	169	164	166
Spotřeba paliva [kg], [l/100 km] <sup>1)</sup>	5,9	6,8	5,7
Zrychlení 0-100 [s]	9,2	13,7	13,3
Objem nádrží CNG [kg] / benzín (nafta) [l]	37/13	-/60	-/60
Dojezd CNG / celkem [km]	600/760	880	1050
Cena vč. DPH	600 744 Kč	517 797 Kč	565 776 Kč
Cena paliva vč. DPH	24,00 Kč/kg	36,00 Kč/l	35,00 Kč/l
Palivové náklady na 1 km	1,42 Kč	2,45 Kč	1,99 Kč
Ujetá vzdálenost za 1000 Kč [km]	704	408	501
Náklady při 30 000 km za rok	42 600 Kč	73 500 Kč	59 700 Kč
Roční úspora při jízdě na zemní plyn	-	30 900 Kč	17 100 Kč

<sup>1)</sup> kombinovaná spotřeba



### 3.2.3 TEORETICKÉ NÁKLADY NA DOSÁHNUTÍ CELKOVÉHO DOJEZDU

Při aktuální nízké hustotě sítě plnicích stanic může nastat situace, kdy je potřebné využít obou dostupných paliv. Teoretické náklady byly vyčísleny pro případ, že byl dosažen maximální dojezd na CNG a následně na benzín. I v takovém případě jsou u obou vozidel palivové náklady za 1 km nižší než u naftové verze, která je následuje v ekonomické výhodnosti.

Tab. 5: Teoretické náklady VW Caddy 2,0EcoFuel

Režim provozu	Režim CNG	Režim benzín
Palivové náklady na 1 km	1,42 Kč	3,13 Kč
Dojezd [km]	600	160
Náklady na naplnění nádrží	888 Kč	468 Kč
Náklady při celkovém dojezdu	1356 Kč	
Cena za 1 km při využití obou paliv	1,78 Kč	

Tab. 6 : Teoretické náklady VW Passat 1,4 EcoFuel

Režim provozu	Režim CNG	Režim benzín
Palivové náklady na 1 km	1,11 Kč	2,59 Kč
Dojezd [km]	460	440
Náklady na naplnění nádrží	504 Kč	1116 Kč
Náklady při celkovém dojezdu	1620 Kč	
Cena za 1 km při využití obou paliv	1,80 Kč	





## 4 VYHODNOCENÍ OBMĚNY VOZOVÉHO PARKU

Osobní automobily s pohonem na CNG mají vysokou pořizovací cenu a v České republice není možné získat dotaci pro nákup ekologických osobních vozidel. Z toho plyne pomalejší návratnost investice. Reálné snížení nákladů na PHM nastane po kompenzaci vyšší pořizovací ceny, která nastane po ujetí přibližně 30 000 km ve srovnání s naftovým pohonem a přibližně 50 000 km s benzínovým pohonem. Jistou kompenzací je nulová silniční daň pro vozidla do 12 tun, ale v případě osobních aut jde o úsporu jen přibližně 3000 Kč ročně.

Hlavní předpoklady pro plnohodnotné využití výhod CNG jako paliva vozů flotily malého podniku jsou:

- plnicí stanice v blízkém okolí podniku,
- vysoký počet kilometrů ujetých ročně,
- maximální využití jízdy na plyn.

Při splnění těchto předpokladů je přechod na CNG jasnou volbou pro snížení nákladů podniku bez omezení mobility a flexibility a je nástrojem trvale udržitelného rozvoje.



## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo seznámit čtenáře s technologií a výhodností použití CNG v osobních automobilech. Je pravděpodobné, že CNG bude v budoucnosti využíváno v o mnoho větším měřítku. Je to nejperspektivnější volba pro nadcházející roky za předpokladu, že se rozšíří infrastruktura plnicích stanic a klesnou ceny vozidel s pohonem na zemní plyn. Zvýšení zájmu o ekonomicky výhodné a ekologické alternativní palivo bude prospěšné pro zlepšování použitých technologií. Každým rokem se rozšiřující síť plnicích stanic a rostoucí počet nových modelů vozidel dávají možnost podnikům chopit se šance pro úspory financí a přispět k ekologii.



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VLK, F. Alternativní pohony motorových vozidel. 1.vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004. 226 s. ISBN 80-239-1602-5.
- [2] KAMEŠ, J. Alternativní pohony automobilů. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2008. 232 s. ISBN 978-80-7300-127-8
- [3] Podmínky provozu, oprav, údržby a kontroly motorových vozidel s pohonným systémem CNG = Requirements for operation, repair, maintenance and inspection of th NGV's: TDG G 982 02: schválena dne 18.11.2008 / [realizace avydání technických doporučení Český plynárenský svaz]. Praha: GAS, 2009. 16 s. ISBN: 978-80-7328-143-4
- [4] BEROUN, S., BLAŽEK, J. Vlastnosti vozidlového zážehového motoru při provozu na alternativní paliva CNG a LPG. In: Sborník Motorová paliva 2008 – Motor Fuels 2008. Výzkumné centrum Josefa Bočka, Bratislava 2009.
- [5] The First Natural Gas Vehicles. In: Fuel for Thought [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://blog.westport.com/2012/04/first-natural-gas-vehicles.html>
- [6] Co je CNG?. NGVA [online]. 2010 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.ngva.cz/cz/page/co-je-cng>
- [7] What is CNG?: Water intensity of transportation fuels. CNGnow [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.cngnow.com/what-is-cng/clean/Pages/information.aspx>
- [8] GAMBONE, Livio. CNG Cylinders 101. 2005, 53 s. Dostupné z: <http://www.kulpenergy.com/wp-content/uploads/2011/12/CNGCylinderDesignandSafety.pdf>
- [9] Daně. CNG [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.cng.cz/cs/dane/>
- [10] Firmy kupují auta na plyn, na palivu ušetří polovinu. KALÁB, Vladimír. Lidovky.cz [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: [http://byznys.lidovky.cz/firmy-kupuji-auta-na-plyn-na-palivu-usetri-polovinu-fyo-/firmy-trhy.asp?c=A120126\\_103311\\_firmy-trhy\\_nev](http://byznys.lidovky.cz/firmy-kupuji-auta-na-plyn-na-palivu-usetri-polovinu-fyo-/firmy-trhy.asp?c=A120126_103311_firmy-trhy_nev)
- [11] Mapa CNG stanic v ČR. Autohaus Morava [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: [http://media1.webgarden.name/images/media1:4f968f8bec850.jpg/mapaCNG\\_r.jpg](http://media1.webgarden.name/images/media1:4f968f8bec850.jpg/mapaCNG_r.jpg)
- [12] Nový Opel Zafira Tourer CNG. CNG expert [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.cngexpert.cz/opel-zafira-cng.html>
- [13] Kritéria nákupu a prodeje firemních vozidel. Business car [online]. 2010 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.business-car.cz/clanek/kriteria-nakupu-a-prodeje-firemnych-vozidel>
- [14] ADRIL, Elvis a Shahrir ABDULLAH. Comparative Study of Characteristic of Lubricant Oils In Gasoline and Compressed Natural Gas Engines. *European journal of scientific research* [online]. 2009, Vol.30, No.2, pp.282-293 [cit. 2012-05-28]. ISSN 1450-216X. Dostupné z: [http://www.eurojournals.com/ejsr\\_30\\_2\\_12.pdf](http://www.eurojournals.com/ejsr_30_2_12.pdf)



- [15] OMV multigas plus SAE 10W-40. Lubstar [online]. 2010 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.lubstar.cz/files/cs/omv-multigas-sae-15w-40-cs.pdf>
- [16] MUK CHO, Haeng a Bang-Quan HE. Spark ignition natural gas engines—A review. Energy conversion and management [online]. 2007, vol. 48, Issue 2 [cit. 2012-05-25]. ISSN 0196-8904. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890406001919>
- [17] TSUNEKANE, Masaki. Micro-Solid-State Laser for Ignition of Automobile Engines [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. ISBN 978-953-7619-80-0. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/advances-in-solid-state-lasers-development-and-applications/micro-solid-state-laser-for-ignition-of-automobile-engines>
- [18] Stellite Seats. G&S Valves [online]. 2010 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.gsv valves.co.uk/sourcehtml/images/Stellite%20Seat%20Valves%20-%20Sectioned%20-.jpg>
- [19] WINKLER, Alexander, Panayotis DIMOPOULOS, Roland HAUERT, Christian BACH a Myriam AGUIRRE. Catalytic activity and aging phenomena of three-way catalysts in a compressed natural gas/gasoline powered passenger car. Applied Catalysis B: Environmental [online]. 2008, roč. 84, 1-2, s. 162-169 [cit. 2012-05-25]. ISSN 09263373. DOI: 10.1016/j.apcatb.2008.03.013. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926337308001197>
- [20] Optimalizace nákladů. AZ MOBILITY [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: <http://www.azmobility.cz/optimalizace-nakladu/>
- [21] CNG Company [online]. 2012 [cit. 2012-05-25]. Dostupné z: [www.cngcompany.cz](http://www.cngcompany.cz)