

# THE ALTERNATIVE FUELS FOR VEHICLES

## ALTERNATIVNÍ PALIVA PRO MOTOROVÁ VOZIDLA

**Čupera J.**

Ústav základů techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: xcupera@node.mendelu.cz

### ABSTRACT

This article provides an overview of vehicle alternative fuel availability and development. Considered vehicles' alternative fuels include natural gas and propane, ethanol and methanol, electric-hybrid, and fuel cell powered vehicles. However, gas fuels represent the major focus of this paper, because advances in engine technology and fuel storage offer the potential for increasing of the efficiency, performance, and range of these vehicles for minimum next 50 years.

**Keywords:** alternative fuel, natural gas, petroleum gas

### ABSTRAKT

V příspěvku jsou uvedena alternativní paliva pro motorová vozidla z pohledu dostupnosti a budoucího vývoje. Jako alternativní palivo lze v současnosti označit zemní plyn, ropné plyny, etanol či metanol, hybridní pohony či vozidla poháněná energií palivových článků. Nicméně hlavní pozornost je věnována plynným palivům, která se jeví jako perspektivní minimálně do poloviny tohoto století.

**Klíčová slova:** alternativní palivo, zemní plyn, ropný plyn

### ÚVOD

Vývoj trvale udržitelných zdrojů energie nezbytné pro dopravní prostředky znamená, že lidstvo musí komplexně posoudit problematiku získávání a transformaci z primárních zdrojů s ohledem na ovlivnění životního prostředí výrobou, přenosem a transformací energie, účinnost těchto přeměn a v neposlední řadě také cenu vyrobené energie i náklady na vybudování potřebné infrastruktury a pořízení vozidel. Sama nutnost existence dopravních prostředků pro rozvoj civilizace s sebou přináší rozporuplné a protichůdné požadavky jak ze strany jedince (nízká cena, spolehlivost, výkonnost), tak celé společnosti (emise, hluk, zápach, spotřeba fosilních paliv). Charakterizujeme-li tedy vozidlo jako technické dílo, pak základním motivem k jeho vzniku je podmíněn zásadou, aby negativní dopady způsobené výrobou a provozem byly mnohem nižší, než je jeho přínos. V tomto smyslu lze chápat nové směry při vývoji a výrobě dopravních prostředků využíváním alternativních paliv pro klasické způsoby pohonu, ale i hledání nových, ekologických jako východisko ze současné kritické situace zhoršování

životního prostředí. Skleníkový efekt a ozónová díra, to jsou důsledky lidské činnosti, touhy po volnosti a svobodě, kterou lidem dopravní prostředky přináší, proto se při řešení tohoto globálního problému nelze opírat pouze o technická provedení, nýbrž je nutná změna postoje člověka k přírodě, k využívání jejího přírodního bohatství a nalezení skutečných lidských hodnot vůči životnímu prostředí.

### **Důvody k zavádění alternativních paliv**

Argumenty pro zavádění alternativních paliv jsou v kostce následující:

- neustále zmenšující se zásoby ropy,
- ochrana životního prostředí,
- využití zemědělské půdy k pěstování energetických rostlin,
- možnost využití odpadů,
- snaha o snížení provozních nákladů.

### **Základní rozdělení alternativních paliv pro motorová vozidla**

Následující rozdělení alternativních paliv je provedeno dle skupenství, ve kterém se nacházejí ve vozidle. Tuto skutečnost je však třeba upřesnit s ohledem na skupenství při vstupu do spalovacího prostoru, např. LNG se sice v zásobníku nachází v kapalné fázi, ale již při tvorbě směsi se nachází ve stavu plynném. Ve výčtu nechybí elektrická energie, ačkoliv v smyslu ryze chemických paliv jím není. Je totiž nutno vzít v úvahu konverzi z uhlovodíkových paliv či vodíku právě na elektrickou energii ve vozidle (případ palivových článků).

#### **I. PLYNY**

1. CNG (Compressed Natural Gas) – stlačený zemní plyn,
2. LNG (Liquified Natural Gas) – zkapalněný zemní plyn,
3. LPG (Liquified Petroleum Gas) – zkapalněný ropný plyn,
4. Vodík,
5. Bioplyn.

#### **II. KAPALINY**

1. Alkoholy (metanol, etanol, isopropanol, terc. butanol aj.),
2. Ethery (MTBE, ETBE, TAME, DIPE, TAEE),
3. MEŘO, případně bionafta.

#### **III. OSTATNÍ**

1. Elektrická energie.

### Dosavadní poznatky z praktického použití alternativních paliv

Během několika posledních let se ve vozidlových laboratořích MZLU ověřovala možnost náhrady klasických ropných paliv alternativními s důrazem na zachování výkonových parametrů při zachování, resp. snížení množství emitovaných škodlivin ve výfukových plynech osobních automobilů. Je nutno dodat, že z pohledu střednědobé perspektivy se zájem soustředí na plynná paliva a to zejména na zemní plyn v komprimované formě CNG a zkapalněné ropné plyny LPG, označované také pod komerčním názvem propan-butan. V následujících odstavcích budou nastíněny výhody a nevýhody obou hlavních alternativních paliv současnosti pro zážehové motory a to na konkrétních případech dvou komerčně přestavěných vozů různých koncepcí tvorby směsi, ale podobných parametrů, která byla podrobena zkoušce po přestavbě (LPG) či specifikované době provozu za účelem stanovení stability parametrů (CNG).

### Komprimovaný zemní plyn – CNG

Majoritní složkou zemního plynu je metan, který tvoří více než 90 % vol. Vzhledem k nízké měrné hmotnosti je nutno zvyšovat energetickou hustotu paliva kompresí, a to až na 20 ÷ 25 MPa. V tabulce č.1 jsou uvedeny základní vlastnosti zemního plynu relevantní vzhledem k „motorářské branži“.

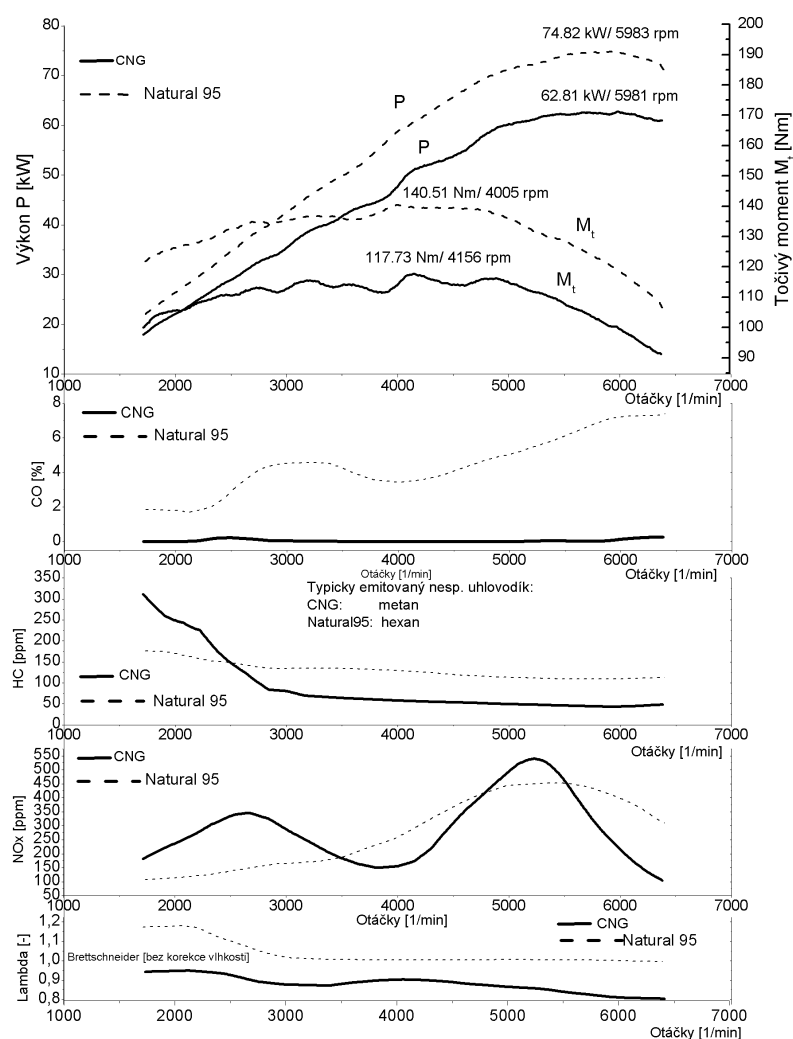
Tab. 1: Základní vlastnosti zemního plynu

Skupenství, barva, zápach		plynné, bezbarvý, bez zápachu	
Teplota	tání	-182,5	°C
	varu	-161,6	°C
Meze výbušnosti	horní	15	%
	dolní	4,4	%
Hustota		0,7138	kg.m <sup>-3</sup> při 0°C a 101,325 kPa
Teplota vznícení výbušné atmosféry		537	°C
Max. výbušný tlak		0,68	MPa
Min. zápalná energie		0,28	mJ při 8,5 % obj. CH <sub>4</sub> ve vzduchu
Max. spalovací rychlost		0,338	m.s <sup>-1</sup>
Spalné teplo		39,858	MJ.m <sup>-3</sup>
Výhřevné teplo		35,923	MJ.m <sup>-3</sup>
Adiabatická teplota spalování		2055	°C
Teoretická spotřeba vzduchu		9,52	m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup>
Oktanové číslo v.m.		128	

V grafu 1 jsou uvedeny výsledky měření vozidla Renault Megane 1.6 16V, které je schopno spalovat oba druhy paliv (benzin, CNG, tzv. bi-fuel) pouhým přepnutím voliče na přístrojové desce. Vozidlo je vybaveno systémem Landi-Renzo italské provenience

s jednoduchou přípustí paliva a dvoustupňovou redukcí tlaku paliva před vstupem do regulačního členu.

Graf 1: Renault Megane 1.6 v provedení bi-fuel (benzín, CNG)



Pokles výkonu (16 %) při spalování CNG je dán nižší výhřevností směsi, ovšem je nutno také zahrnout hledisko nastavení obou systémů, kdy při provozu na benzín se vyžaduje maximální možná dodávka paliva (limitovaná emisními předpisy), zatímco nastavení přípustě CNG striktně dodržuje stechiometrii výjma excusu v nízkých otáčkách.

Emisní zatížení při spalování zemního plynu je již na první pohled nižší, než je tomu u benzínu, zásadní výhodou

je nižší podíl uhlíku, tedy omezení tvorby  $CO_2$  potažmo skleníkového efektu. Objem emitovaného CO při hoření CNG je nižší řádově, u nespálených uhlovodíků je patrný rozpor, neboť v nižších otáčkách lze pozorovat poměrně vysokou koncentraci nespálených uhlovodíků, což je zapříčiněno faktem, že při spalování chudých směsí s poklesem reakčních rychlostí při expanzi roste množství emitovaných nespálených uhlovodíků přibližně stejně jako při spalování bohaté směsi. Dalším činitelem je nízká reaktivita metanu bránící dodatečné likvidaci v katalyzátoru. Toto negativum však lze jednoduše řešit pečlivějším nastavením parametrů tvorby směsi. Velmi nežádoucí složkou výfukových plynů je skupina oxidů dusíku  $NO_x$ , která ovšem není spojena s palivem, nýbrž se jedná o transformaci parazitní složky vzduchu – dusíku  $N_2$  na nebezpečné  $NO_x$ . V žádném případě tedy nelze označit jevy spojené se vznikem  $NO_x$  jako hmotově-bilanční, ale pouze jako reakčně-kinetické se silnou závislostí dekompozice NO na teplotě. Poslední část grafu znázorňuje přístup řízení tvorby směsi k výsledným parametrům

motoru. Z těchto jasně plyne maximalizace výkonových parametrů u benzínu a naproti tomu minimalizace tvorby škodlivin u spalování zemního plynu.

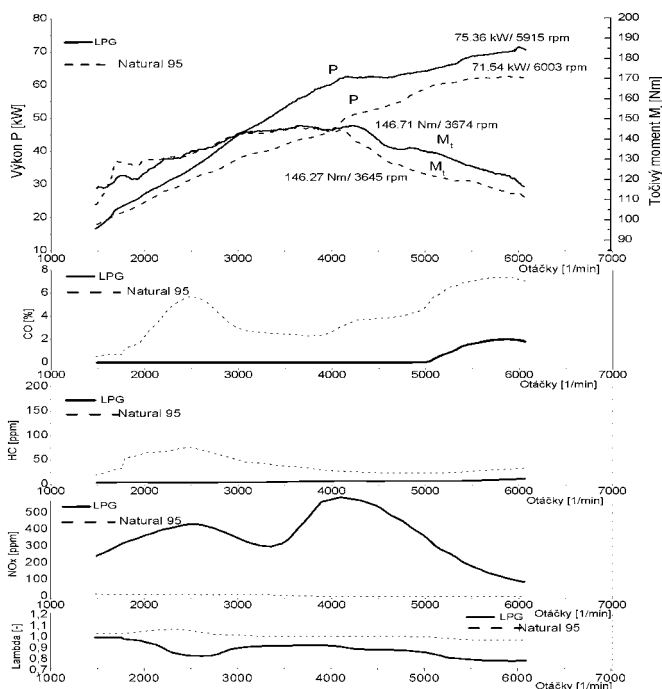
### Zkapalněný ropný plyn – LPG

Zkapalněný ropný plyn, známý pod obchodním názvem propan-butan, je směs uhlovodíků, která je za normálních podmínek v plynném stavu. Tuto směs lze poměrně snadno ochlazením nebo stlačením převést do kapalného stavu. Propan-butan je plyn charakteristického zápachu, je nejedovatý, ale nedýchatelný s oktanovým číslem mezi 94-96 (VM).

Tab. 2: Základní charakteristika LPG

Fyzikální vlastnosti složek LPG		PROPAN	n-BUTAN
Hustota kapalné fáze	[kg.m <sup>-3</sup> ]	510	580
Hustota plynné fáze	[kg.m <sup>-3</sup> ]	1,97	2,59
Bod varu	při 0°C a tlaku 1,01 MPa	-42,6	-0,6
Výparné teplo	při 0°C v kJ/kg	378,58	383,86
Výhřevnost	kWh/kg	12,87	12,69
Spalné teplo	kWh/kg	13,98	13,74
Nejvyšší spalovací teplota se vzduchem/s kyslíkem	°C	1925/2850	1895/2850
Zápalná teplota (se vzduchem)	°C	510	430
Meze výbušnosti (se vzduchem)	obj. % plynu	2 až 9,5	1,5 až 8,5
Teoretická spotřeba vzduchu	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	24,36	32,308

Graf 2: Opel Astra 1.6 v provedení bi-fuel (benzín, LPG)



Již na první pohled je patrný značný výkonový růst při spalování LPG, tento pozoruhodný rozdíl je dán maximální optimalizací parametrů při zástavbě zařízení AG-Autogas. Řízení motoru je plně v kompetenci vlastního elektronického systému.

Z pohledu emisí platí podobné závěry jako při spalování CNG. Celý systém LPG je optimalizován pro minimalizaci škodlivin ve výfukových plynech. Dokladem je množství emitovaného CO ve

spalinách, kdy v oblastech maximálního výkonu je motor endotermicky chlazen nespáleným palivem, které je redukováno v katalytickém systému.

## **ZÁVĚR**

### **Hodnocení zkoušených alternativních paliv a perspektiva pro 21. století**

Praktické ověření technických parametrů v laboratořích MZLU bez výhrad potvrdila emisní výhody obou zde uváděných paliv vůči konvenčním ropným palivům. Tento pozitivní efekt byl předpokládán, ale větší překvapení s sebou nesly výsledky výkonových zkoušek, kdy se projevila pečlivost celé přestavby. Při spalování CNG v zážehovém motoru pokles výkonu plně korespondoval s očekáváním, díky nižší výhřevnosti směsi. U LPG je situace poněkud komplikovanější a velmi záleží na typu přestavby. Vyšší výkon při provozu na LPG u vozu Opel Astra je takřka šokující pokud vezmeme v úvahu „emisní čistotu“ výfukových plynů. U ostatních sledovaných vozidel došlo k mírnému poklesu výkonu do 7 % (Š Felicia, BRC) či výkon zůstal stejný (Š Octavia, vstřik. Tartarini). Pozitivním faktem je, že při vývoji nových systémů motormanagementu LPG jsou již aplikovány požadavky OBD, resp. EOBD.

Perspektiva pro 21. století je následující. V prvním desetiletí zůstane jednoznačně jako hlavní zdroj motorových paliv ropa. Pozornost bude soustředěna zejména na výzkum a vývoj nových technologií jimiž lze dále snížit množství emisí výfukových plynů. S tenčícími se zásobami ropy budou současné klasické pohonné hmoty – benzín a nafta – ztrácet na významu, ostatní dnešní alternativní paliva vyráběná destilací z ropy – propan butan – skončí spolu s nimi. Část fosilních paliv bude možno nahradit energií z biomasy využíváním zemědělských ploch k pěstování energetických plodin. Jedná se zejména o výrobu metanolu, etanolu a metylesteru řepkového oleje pro konvenční spalovací motory. Další možností je využití bioplynu, jehož hlavní část tvoří metan, majoritní složka zemního plynu. Množství takto vyrobených paliv však tvoří pouze nepatrný zlomek potřebné energie. Zbytek bude muset lidstvo čerpat stále ze zásob zbylých fosilních paliv, zejména zemního plynu. Dlouhodobá strategie světové dopravy s jeho využitím počítá na přechodnou dobu po vyčerpání zásob ropy. V další etapě hledání alternativních paliv bude dominantní roli hrát vodík. Ten se již dnes jeví jako velmi perspektivní a to v obou typech použití, buď jako palivo pro současné spalovací motory nebo formou palivových článků v elektromobilech. Všechny problémy s výrobou vodíku budou vyřešeny teprve v době (předpoklad 2050), kdy lidstvo ovládne mechanismus jaderné syntézy, která přinese takřka nevyčerpatelné zásoby energie.

### **Další zdroje informací:**

[http://www.mendelu.cz/~agro/af/technika/docs/alternativnizdroje\\_soubory/frame.htm](http://www.mendelu.cz/~agro/af/technika/docs/alternativnizdroje_soubory/frame.htm)

Souhrn alternativních paliv:

<http://www.eere.energy.gov/consumerinfo/refbriefs/ta7.html>