

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

TOMÁŠ URBAN

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

ALTERNATIVNÍ PALIVA A MOŽNÉ ZDROJE
JEJICH VYUŽITÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR:

Tomáš Urban

VEDOUCÍ PRÁCE:

Ing. Petr Jilek, DiS.

2009

UNIVERSITY OF PARDUBICE
JAN PERNER TRANSPORT FACULTY

**ALTERNATIVE FUELS AND THE POSSIBLE SOURCES
OF THEIR USAGE**

BACHELOR WORK

AUTHOR:

Tomáš Urban

ACTING SUPERVISOR:

Ing. Petr Jilek, DiS.

2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš URBAN**

Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**

Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**

Název tématu: **Alternativní paliva a možné zdroje energie pro pohon silničních vozidel**

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

- 1 - Legislativní stránka v oblasti paliv a emisí spalovacích motorů
- 2 - Druhy alternativních paliv a jejich srovnání z pohledu budoucího využití
- 3 - Reálnost využití alternativních paliv v daném regionu
- 4 - Ekologický a ekonomický přínos alternativních paliv

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**Matějovský, V.: Automobilová paliva. Praha Grada Publishing 2005 Vlk,
F.: Alternativní pohony motorových vozidel. Brno 2004**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Jilek, DiS.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. června 2009**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

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 Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 25. dubna 2009

Tomáš Urban

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Petru Jilkovi, DiS. za cenné rady, informace a připomínky, které mi poskytl během zpracovávání mé bakalářské práce. Děkuji všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem pomohli v mém studiu a dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za trpělivost a podporu při mém studiu.

RESUMÉ

Tato práce se zabývá porovnáním jednotlivých alternativních paliv z hlediska ekonomického a ekologického přínosu. Na začátku je uveden stručný přehled uhlovodíkových paliv spolu s platnou legislativou České republiky. Dále následuje přehled možných alternativních paliv se stručným zhodnocením. V závěru je uvedeno porovnání dvou paliv, která jsou ukázkově aplikována do osobních automobilů.

Klíčová slova

Alternativní paliva, CNG, LPG

SUMMARY

The thesis deals with the comparison of particular alternative fuels from the point of view of the economic and environmental benefit. In the beginning there is a brief overview of hydrocarbon fuels and their valid legislative of the Czech Republic. This is followed by an overview of possible alternative fuels and their brief evaluation. In the end of the thesis there is a comparison of two fuels, which are exemplary applied into passenger vehicles.

Keywords

Alternative fuels, CNG, LPG

Obsah

ÚVOD.....	11
1 LEGISLATIVNÍ STRÁNKA V OBLASTI PALIV A EMISÍ SPALOVACÍCH MOTORŮ 12	
1.1 Historie vývoje paliv.....	12
1.2 Schválená paliva pro provoz vozidel v ČR.....	12
1.3 Přehled norem paliv dle ČSN EN.....	13
1.4 Emisní normy spalovacích motorů.....	14
1.5 Vývoj emisních norem.....	15
1.6 Hodnoty emisních omezení EURO pro osobní automobily.....	16
2 DRUHY ALTERNATIVNÍCH PALIV A JEJICH SROVNÁNÍ Z POHLEDU BUDOUCÍHO VYUŽITÍ.....	17
2.1 Plynná paliva.....	17
2.1.1 Zemní plyn.....	18
2.1.2 Ropný plyn LPG.....	18
2.2 Biopaliva.....	19
2.2.1 Bionafta.....	20
2.2.2 Etanol a metanol.....	21
2.2.3 Bioplyn.....	22
2.3 Vodík.....	23
2.3.1 Palivové články.....	24
2.4 Srovnání alternativních paliv z pohledu budoucího využití.....	25
3 REÁLNOST VYUŽITÍ ALTERNATIVNÍCH PALIV V DANÉM REGIONU... 26	
3.1 Charakteristika automobilu.....	26
3.1.1 Technické parametry vozidel.....	27
3.2 Pořizovací ceny automobilů.....	27
3.3 Přestavba (zástavba) vozidla na LPG.....	28
3.3.1 Montáž systému LPG.....	28
3.4 Výsledné ceny automobilů.....	29
3.5 Průměrné spotřeby vozidel.....	29
3.5.1 Finanční náklady při provozu na CNG, LPG a benzín.....	30
3.6 Náklady na údržbu (revizi) zařízení LPG, CNG.....	30

3.7	Výpočet návratnosti ceny zařízení a ekonomická stránka LPG	31
3.8	Ekonomická stránka CNG	32
3.8.1	Finanční úspora při provozu na LPG a CNG.....	32
3.9	Plnicích stanice v kraji Vysočina.....	33
3.9.1	Rozmístění stanic CNG	33
3.10	Celkové provozní zhodnocení	34
4	EKOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ PŘÍNOS ALTERNATIVNÍCH PALIV	35
5	ZÁVĚR	36
	SEZNAM TABULEK.....	38
	SEZNAM OBRÁZKŮ	39
	SEZNAM GRAFŮ	40

Úvod

Životní prostředí je stále ve větší míře zatěžováno emisemi, které jsou škodlivé pro zdraví člověka. Jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících kvalitu ovzduší je automobilová doprava. Je proto samozřejmé, že celý svět se tomuto závažnému problému věnuje s intenzivním nasazením. Jako nástroj na snížení emisí byly zavedeny emisní normy pro jednotlivé kategorie silničních vozidel, které se nestále zpřísňují. Výrobci automobilů jsou tím nuceni konstruovat stále modernější konstrukce motorů, které tyto emisní hodnoty splňují. Přísnému dohledu neunikly ani pohonná paliva, u kterých se hlídá složení a množství jednotlivých chemických prvků.

Vlivem zmenšujících se zásob ropy, ze které se motorová paliva vyrábějí a ekonomické situace se pomalu do popředí dostávají alternativní paliva, která by v budoucnu mohla plně nahradit ta stávající. Velkého pokroku bylo dosaženo v případě hybridních pohonů nebo elektropohonů s využitím palivových článků.

V této bakalářské práci bych se chtěl zaměřit na alternativní paliva jako možný či stávající zdroj pro pohon motorových vozidel a porovnat, zda mohou plně zastoupit uhlíková paliva z ekologického a ekonomického využití.

1 Legislativní stránka v oblasti paliv a emisí spalovacích motorů

1.1 Historie vývoje paliv

Jako první používané palivo byl plyn. Používal se již v 19. století pro pohon stacionárních motorů, později i pro pohon automobilů. První použitá kapalná paliva se objevila kolem roku 1870 při zkonstruování Ottova motoru, ze kterého se později vyvinuly dnešní moderní spalovací motory. Začátkem 20. století se v Německu objevily první směsi benzinu a lihu pod názvem Spirit. Poté následovaly první kvalitní benziny, které se nazývaly Premium a Super, obsahující směsi aromatických uhlovodíků s benzinem. Jelikož konstrukční vývoj motorů šel strmě nahoru, bylo nutné vyvinout pro tyto motory vhodná paliva, která by zaručila bezproblémový chod motoru. Proto se do paliv přidávaly olovnaté sloučeniny pro zvýšení oktanového čísla a pro lepší startování motoru začala být upravována těkavost. Počátek vzniku dnešní motorové nafty se přiřazuje k roku 1892, kdy Robert Diesel předvedl svůj první motor po dlouhém experimentování s uhelným prachem.

1.2 Schválená paliva pro provoz vozidel v ČR

Zákony České republiky nedovolují, aby se v provozu na pozemních komunikacích objevily jiné hořlaviny, než ty, které předpisy stanovují. V některých případech právní předpis umožňuje použití paliva, které není mezi povolenými, ale za podmínky souhlasu výrobce motoru, který se zaručí, že při používání tohoto typu paliva nevzniknou žádné ekologické či technické problémy.

V současné době jsou stanoveny v České republice požadavky na pohonné hmoty pro provoz silničních vozidel Vyhláškou č. 229 Ministerstva průmyslu a obchodu. Tato vyhláška definuje paliva, u kterých jsou jejich vlastnosti v souladu s platnými normami. Dále Vyhláška definuje složky paliv, které se získávají z obnovitelných zdrojů. Mezi tyto zdroje patří bioetanol, ze kterého se vyrábí ETBE (Ethyl-terc. butyl éter) nebo MEŘO.

1.3 Přehled norem paliv dle ČSN EN

- ČSN EN 228 – udává čtyři druhy bezolovnatých benzinů s různým oktanovým číslem, která jsou stanovena výzkumnou metodou a s obsahem přísady AVSRA. Tato přísada zabraňuje rychlému opotřebení výfukových sedel u starších typů vozidel. Přehled těchto paliv je zobrazen v tabulce 1.

Název	Normal	Super	Super Plus	Special
Označení	BA-91	BA-95	BA-98	BA-91
OČVM (min)	91	95	98	91
Obsah přísady typu AVSRA	neobsahuje	neobsahuje	neobsahuje	obsahuje

Tab. 1: Přehled paliv dle normy ČSN EN 228 [1]

- ČSN EN 590 – pro motorové nafty pro mírné klima a pro arktické klima
- ČSN EN 589 – zkapalněné ropné plyny LPG (Liquefield Petroleum Gas)
- ČSN 38 6110 – stlačený zemní plyn CNG (Compressed Natural Gas)
- ČSN 65 6508 – směsné motorové nafty obsahující MEŘO
- ČSN EN 14214 + AC – metylestery masných kyselin (FAME)

Přeprava těchto paliv se provádí pomocí nákladních vozidel, která musí být řádně označena, že přepravují nebezpečný náklad. Příklad přepravy paliv je uveden na obrázku 1.



Obr. 1: Možný způsob přepravy pohonných hmot [2]

1.4 Emisní normy spalovacích motorů

V dnešní době patří silniční doprava k nejrozšířenější a stále více se prosazující dopravě vůbec. S tím úzce souvisí produkce škodlivin, které tato doprava produkuje. Škodliviny, které jsou produkovány zážehovými nebo vznětovými motory, mají negativní vliv na zdraví lidí, zvířat a také na kvalitu životního prostředí. Proto je nutné tyto škodlivé látky snižovat. Nejprve byly tyto problémy pouze v místech silného dopravního ruchu a v okolí velkých měst, ale v současné době je zřejmé, že zvyšující se počet motorových vozidel má za následek globální atmosférické změny, které mohou znehodnotit celkové klima naší planety.

Jako nástroj ke snížení škodlivin v ovzduší zavedla v roce 1992 evropská komise pro životní prostředí emisní normy EURO, které platí pro celou Evropskou unii tedy i pro Českou republiku. Normy určují maximální obsah škodlivých látek, které jsou obsaženy ve výfukových plynech pro vozidla, která budou k danému datu homologována.

Normy se vztahují jak na naftové motory, tak i na benzinové s tím, že pro oba typy platí mírně odlišné limity. Důvod je takový, že složení výfukových plynů u těchto motorů není jednotný, protože oba druhy motorů produkují odlišné složení výfukových plynů.



Obr. 2: Znečištění ovzduší od motorových vozidel [3]

1.5 Vývoj emisních norem

Jako první začala platit norma EURO 1, která byla v platnosti od roku 1992. Limity, které nařizovala, platily pro zážehové motory, tak i pro vznětové současně. U těchto motorů omezovala max. množství oxidu uhelnatého (CO) a vzájemný součet oxidů dusíku (NO_x) a nespálených uhlovodíků (HC). Dále zážehové motory musely užívat bezolovnatá paliva a u vznětových motorů byla omezena produkce pevných částic.

Po EURO 1 následovala v roce 1996 norma EURO 2, která od sebe oba typy motorů již oddělovala. Vznětové motory měly určité zvýhodnění v emisích NO_x a HC, naopak zážehové motory byly na tom lépe v max. množství CO.

Norma EURO 3 přinesla v roce 2000 výraznou změnu, kdy oddělila HC a NO_x od sebe a určila limity pro každou z nich zvlášť, jak pro vznětové, tak i zážehové motory. Další novinkou bylo omezení tvorby HC u zážehových motorů, kdy platila maximální hranice 0,20 g/km.

V současné době platí norma EURO 4, která vstoupila v platnost v roce 2005. Ta dosavadní limity opět zpřísnila. Snížila obsah pevných částí a emisí oxidu dusíku ve výfukových plynech automobilů na polovinu.

Zavedení normy EURO 5 bylo původně plánované na rok 2008, ale díky velkému nátlaku ze strany automobilového průmyslu se podařilo nástup této normy oddálit. Po zavedení této normy se omezení bude týkat zatím jen nových modelů. Starší modely, kterým dobíhá výroba, ji plně pocítí až od roku 2011. Nová emisní norma EURO 5 tentokrát postihuje více vznětové motory a snaží se je srovnat s motory zážehovými. EURO 5 snižuje emisní limit pro pevné částice na pětinu oproti současnému stavu, což se dá splnit jen při instalaci vysoce účinných filtrů pevných částic, které však nejsou nejlevnější. Rovněž bude třeba použít nových technologií pro dosažení limitů na NO_x. Pro některé výrobce automobilů nebudou tyto limity velkou zátěží, protože dnes již některá nová vozidla se zážehovými motory tyto normy splňují.

1.6 Hodnoty emisních omezení EURO pro osobní automobily

V příložené tabulce je uveden přehled od jakého roku norma platí a v jaké výši jsou příslušné emisní limity. Hodnoty jsou vždy uváděny v gramech na kilometr.

Norma	Datum zavedení	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Nafta						
Euro 1	07/1992	2,72	-	0,97	-	0,14
Euro 2	01/1996	1,00	-	0,70	-	0,08
Euro 3	01/2000	0,64	-	0,56	0,50	0,05
Euro 4	01/2005	0,50	-	0,30	0,25	0,025
Euro 5	2008-?	0,50	-	0,25	0,20	0,005
Benzín						
Euro 1	07/1992	2,72	-	0,97	-	-
Euro 2	01/1996	2,20	-	0,50	-	-
Euro 3	01/2000	2,30	0,20	-	0,15	-
Euro 4	01/2005	1,00	0,10	-	0,08	-
Euro 5	2008-?	1,00	0,075	-	0,06	0,005

CO – oxid uhelnatý
 HC – nespálené uhlovodíky

NO_x – oxidy dusíku
 PM – pevné částice

Tab. 2: Přehled emisních limitů

2 Druhy alternativních paliv a jejich srovnání z pohledu budoucího využití

Alternativní paliva jsou typem paliv, která mohou nahradit stávající uhlovodíková (benzín, nafta). Důvodů zavádění těchto alternativních paliv je několik. Jednak snižující se zásoba ropy, což se projevuje v ceně paliv. Dále je to ekologické hledisko, protože uhlovodíková paliva jsou velkou zátěží pro životní prostředí jak při výrobě, tak i při jejich spalování. V neposlední řadě také ekonomické důvody. Rozdělení těchto paliv je uvedeno v tabulce 3.

Skupina	Druh	
Plynná	Zemní plyn CNG a LNG	
	Ropný plyn LPG (Propan – Butan)	
Biopaliva	Bionafta 1. a 2. generace, MEŘO	
	Etanol a Metanol	Bioetanol
		Biometanol
Bioplyn		
Vodík	Palivové články	

Tab. 3: Přehled alternativních paliv

2.1 Plynná paliva

Zavedením paliv má řadu výhod i nevýhod. Plynná uhlovodíková paliva jsou z hlediska přípravy směsi výhodnější oproti kapalným, jelikož umožňují lepší promísení paliva se vzduchem a také snadnější dodržení směšovacího poměru. S tím úzce souvisí emise, které jsou menší oproti kapalným palivům. Dále nesmívají olejový film ze stěn válců, netvoří karbonové úsady ve spalovacím prostoru a neředí motorový olej.

Jako nevýhody lze uvést malý počet plnicích stanic, nesnadné skladování a velký zastavěný objem ve vozidle, který zabírají zásobníky paliva.

2.1.1 Zemní plyn

Je směs plynných uhlovodíků a nehořlavých složek (85% metanu CH₄, 10% dusíku N a 5% vyšších uhlovodíků), které výrazně snižují škodliviny ve výfukových plynech.

V porovnání s benzínem přináší o 25% nižší emise oxidu uhličitého, o 75% nižší emise oxidu uhelnatého a až o 80% nižší emise aromatických uhlovodíků. Zemní plyn umožňuje lepší směřování se vzduchem, proto je možné pracovat s vysokým součinitelem vzduchu. K zapálení je potřeba dvojnásobná teplota oproti benzínu. Plyn se při použití ve vozidlech vyskytuje ve dvou skupenstvích, a to jako CNG (stlačený zemní plyn) a LNG (zkapalněný zemní plyn).

CNG bývá v zásobovací nádobě stlačen na 20 až 30 MPa a jedná se o klasický zemní plyn.

LNG je vysoce čisté palivo s minimálním obsahem škodlivých emisí v podobě namodralé průzračné kapaliny bez zápachu s malou viskozitou. K získání zkapalněného plynu je třeba zemní plyn ochladit na -162 °C. Zkapalněný plyn má cca 600krát menší objem, než plynný zemní plyn.

Výhody LNG:

- nízká hmotnost a menší rozměry plnicí nádoby oproti CNG
- doba plnění srovnatelná s klasickými palivy
- bezpečný provoz (pro zapálení je potřeba vyšší teplota oproti klasickým palivům)

Nevýhody LNG:

- ke skladování je třeba nízkých teplot
- při delším odstavení vozidla dochází k úniku par
- složitější a nákladnější technologie výroby v porovnání s CNG

2.1.2 Ropný plyn LPG

LPG je směs plynů (Propan-Butan), který lze získat ze dvou zdrojů, a to ze zemního plynu (60% celkové bilance) a nebo z ropy (40% celkové bilance) jako frakce s nejnižším bodem varu.

Získání tohoto paliva z ropy je limitováno světovými zásobami, proto se předpokládá, že se zvýší produkce LPG ze zemního plynu v souvislosti s jeho očekávaným rostoucím využitím. Směs LPG obsahuje velice málo síry a žádné olovo, proto je toto palivo z ekologického hlediska velice výhodné.

Na celém světě v současné době toto palivo využívá přes 5 milionů automobilů (580 v České republice), a proto patří k nejvíce používaným plynným palivům na světě.

Směs obou plynů je za běžných podmínek plynná, ale k docílení kapalného stavu stačí plyn stlačit poměrně malým tlakem.

LPG se používá pro pohon osobních a užitkových automobilů, ale také je plně využíván u vysokozdvihných vozíků pracujících v uzavřených prostorech, jelikož výfukové plyny jsou málo toxické. Při použití v osobních automobilech je možné se setkat s omezením při vjezdu do podzemních garáží (bezpečnostní důvody).

Výhody:

- levnější provoz
- nízké emise
- dobré antidetonační vlastnosti
- vysoké oktanové číslo

Nevýhody:

- drahá přestavba
- narušuje přírodní pryž
- menší výhřevnost

2.2 Biopaliva

Fosilní zdroje energie jako je ropa, zemní plyn a uhlí se těží již přes sto let. Vlivem stále se zvětšující těžbě a využívání těchto paliv dochází k rapidnímu snižování kvality životního prostředí vlivem zvýšení CO₂. Proto dochází k hledání tzv. obnovitelných zdrojů, které by se získávaly ze „stálých“ zdrojů, např. biomasy, bioplynu, přímým využitím sluneční či jiných přírodních energií.

Biomasa je hmota, která vzniká z cíleně pěstovaných rostlin nebo odpadů ze zemědělské či potravinářské produkce.

Jedním z možných zdrojů pro výrobu kapalných paliv jsou olejniny, které mohou zastoupit palivo pro vznětové motory. Jako zástupci těchto paliv se jeví řepka olejná nebo slunečnice.

Biomasu můžeme rozlišit podle obsahu vody na:

- **suchou** (dřevo a dřevní odpady, sláma) – lze jí spalovat přímo
- **mokrou** (tekuté odpady) – nelze jí spalovat přímo
- **speciální biomasa** (olejniny, cukernaté plodiny) – získání bionafty nebo lihu

2.2.1 Bionafta

Tento druh nafty se vyrábí ze semen řepky. Nejprve se semena lisují a za působení katalyzátorů při vysoké teplotě se mění na metylester (MEŘO) řepkového oleje, který je již použitelný jako palivo.

MEŘO je čirá nažloutlá kapalina bez toxických látek a volně mísitelná s naftou. Této naftě se 100% metylesterem se říká „bionafta první generace“, která se v České republice nepoužívá.

Jelikož je tato výroba nafty s čistým obsahem metylesteru dražší než běžná nafta, začaly se do metylesteru přidávat lehké ropné produkty nebo alfa-olefiny, které cenu snižují. Této naftě se říká „bionafta druhé generace“, která musí obsahovat nejméně 30% metylesteru řepkového oleje, kterým zaručuje výhřevnost a velmi dobrou biologickou odbouratelnost. Při porovnání s běžnou motorovou naftou dochází u bionafty k výraznému úbytku nespálených uhlovodíků a dále neobsahuje žádné síry, proto vlivem spalování nevznikají oxidy síry (SO_x), které způsobují kyselou dešť. Při použití oxidačních katalyzátorů se dále daří snížit obsah aldehydů a ketonů, které jsou nápadně značným zápachem.

Výhody:

- cenové zvýhodnění díky 5% DPH
- až poloviční snížení kouřivosti
- dobrá mazací schopnost a biologická odbouratelnost (90% za 21 dní)

Nevýhody:

- poškozuje pryžové součástky a způsobuje tvorbu úsad
- vyšší spotřeba způsobená vlivem menší výhřevnosti
- častější výměna motorového oleje

2.2.2 Etanol a metanol

Tyto dva alkoholy se používají jako palivo pro zážehové motory. Získávají se pomocí fermentace probíhající na cukerných roztocích. Již po 30 hodinách fermentace je ve vzniklé kašovitě látce asi kolem 9% alkoholu, který je po destilaci ihned vhodný k použití jako palivo ve spalovacích motorech. Výhodou tohoto procesu je, že zbylá kaše lze využít na vedlejší produkty, jako například na bílkovinná krmiva. Nevýhodou je, že celý výrobní proces je velice nákladný.

Pod názvem bioetanol (kvasný líh) je označován ethanol vyráběný technologií alkoholového kvašení z rostlin s velkým obsahem škrobů a sacharidů (kukuřice, brambory, obilí,...). Při výrobě bioetanolu se musí nejdříve rostliny s obsahem škrobu enzymaticky přeměnit na cukr a potom fermentovat. Takto vyrobený bioetanol se může okamžitě používat jako palivo, ale v praxi se čistý ethanol nepoužívá. Jen v malém množství (kolem 8%) se přimíchává do ropných paliv, kde se podílí na snížení emisí CO₂.

Výhody:

- vyšší oktanové číslo
- dobrá výrobní dostupnost
- dokonalejší spalování a vyšší výkon motoru

Nevýhody:

- zvýšená koroze kovových materiálů
- škodlivé výpary
- napadá plastické hmoty

Biometanol je možné vyrobit nejen z biomasy, ale také z vybraných fosilních paliv, jako jsou zemní plyn či uhlí. Při porovnání výroby metanolu získaného z biomasy, vychází výrobní cena na dvojnásobek oproti výrobě ze zemního plynu. Z výsledků měření vyplývá, že 700 litrů metanolu lze získat z jedné tuny suché biomasy. Metanol lze plně uplatnit jako čisté palivo nebo jako směs. Tento alkohol má v porovnání s klasickými palivy řadu výhod. Jednak má vysokou energetickou hustotu, která umožňuje vysokou účinnost spalování, ale také menší výparnost, která je z hlediska bezpečnosti velice výhodná. Dále to je rozpustnost ve vodě, vyšší oktanové číslo a také ověřené výrobní technologie.

Jako nevýhody lze uvést vysokou toxicitu, která je velice nebezpečná při tankování pohonných hmot, špatné startování v zimním období, neviditelnost hořícího plamene a smívání oleje.

Zajímavostí je, že metanol získaný ze dřeva a použitý jako náhrada za benzin, dokáže snížit všechny emise o 20 až 70%. Metanolem lze také nahradit naftu u vznětových motorů a výrazně tak ovlivnit emisní hodnoty. Přehled snížení emisních hodnot při použití metanolu je uveden v tabulce 4.

Emise	Snížení
Oxidy dusíku NO _x	- 65%
Oxid uhelnatý CO	- 95%
Uhlovodíky HC	- 95%
Pevné částice PT	- 100%

Tab. 4: Snížení emisí při použití metanolu ve srovnání s naftou [4]

2.2.3 Bioplyn

Tento druh alternativního paliva se získává metanogením kvašením organických látek jako jsou chlévská mrva či odpady z městských čistíren. Složení bioplynu je tvořeno směsí několika různých plynů, ve kterých největší podíl zabírá metan (55 až 75%), dále oxid uhličitý (25 až 40%) a ostatní plyny jako je vodík, dusík, sirovodík, které tvoří 1 – 3% celkového obsahu. Bioplyn se převážně používá k pohonu stabilních motorů, které slouží na výrobu elektřiny.

Při použití jako palivo v motorových vozidel je třeba ještě tento plyn dále vyčistit od oxidu uhličitého a sirovodíku, aby odpovídal předpisům pro zemní plyn. Toto využití je jen ojedinělé (Švédsko, Švýcarsko, Francie a Island).

Výhody tohoto paliva jsou nízké emise a 25% finanční úspora ve srovnání s benzinem. K nevýhodám patří nestabilní produkce výroby, jelikož teplota vhodná k fermentačním procesům je kolem 40 °C a to je v zimním období problémem dosáhnout.

2.3 Vodík

Vodík je nejčastěji se vyskytujícím prvkem na zemi. Má velké zastoupení ve vodě, ale také ve fosilních palivech a biomase. Je nejčistším palivem, jelikož při jeho spalování vzniká jako vedlejší produkt pouze voda. To je velice výhodné při použití v motorových vozidel.

Vodík lze využít dvěma základními způsoby:

- jako palivo v zážehových motorech a to jako samotný prvek, nebo v kombinaci s jiným palivem, jako je metan či benzin
- jako surovinu pro elektrochemickou oxidaci v palivových článcích generujících elektrickou energii použitou pro pohon motorového vozidla

Vodík lze vyrábět několika způsoby:

- z vody pomocí elektrolýzy (ekonomicky náročné)
- z fosilních paliv pomocí parního reformování zemního plynu
- parciální oxidací ropných zbytků
- zplyňováním uhlí.

Výhody:

- při spalování žádné emise
- vodík se dá snadno vyrábět z obnovitelných zdrojů

Nevýhody:

- drahá výroba
- ve směsi s vodíkem je silně výbušný
- problém v utěsnění plnicích nádob

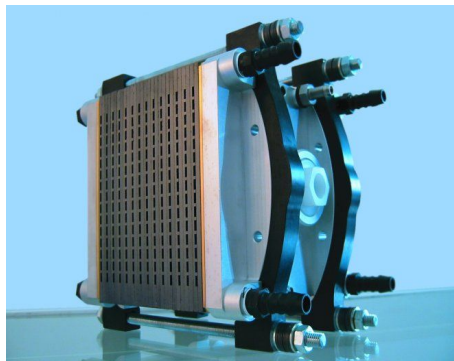
2.3.1 Palivové články

Palivové články jsou elektrochemická zařízení, která kontinuálně přeměňují chemickou energii plynného vodíku a kyslíku na elektrickou energii. V těchto zařízeních není vodík tepelnou cestou spalován, ale elektrochemicky oxidován. Při této reakci současně vzniká elektrická energie, která se využívá k pohonu elektromotoru. Přivádí-li se kyslík na povrch jedné elektrody a vodík na povrch druhé, dojde za vhodných podmínek ke vzniku elektrického obvodu.

Palivových článků existuje několik typů, které se od sebe liší chemickým složením elektrolytu, provozními teplotami a druhem spalovaného média.

Nízkoteplotní palivové články využívají kyslík (většinou ze vzduchu) a jako palivo jim slouží vodík nebo methanol.

Vysokoteplotní články mohou spalovat i některá konvenční uhlovodíková paliva. Možný případ konstrukce palivového článku je zobrazen na obrázku 3.



Obr. 3: Palivový článek [5]

Výhody:

- ekologická čistota a vyšší jízdní dojezd oproti klasickým elektromobilům
- vyřazené palivové články nezatěžují životní prostředí těžkými kovy jako olověné akumulátory

Nevýhody:

- citlivost k některým příměsím v palivu, případně v okysličovadle
- vysoké investiční náklady a příliš nízká životnost

2.4 Srovnání alternativních paliv z pohledu budoucího využití

Vlivem velkého nárůstu počtu motorových vozidel a stále se snižujícím zásobám ropy, která je prvotní hmotou pro dnešní používaná paliva motorových vozidel se očekává právě rozvoj alternativních paliv. Tento rozvoj také silně ovlivní ekologické nároky, které se neustále zpřísňují. Jako velice slibnou náhradou benzínu se v nejbližších letech jeví zemní plyn a to v podobě CNG. Dnes již se vozidla s tímto palivem vyrábějí a zásoby zemního plynu podle studií při současné spotřebě vycházejí na 150 let. K rozvoji zemního plynu napomáhají nízké emise při spalování, relativně nízká cena a také zachování stávající konstrukce spalovacího motoru. K dalším výhodám patří již poměrně hustá síť plnicích stanic, které mají tu výhodu, že zemní plyn lze získávat přímo z rozvodu. Jako určité nevýhody, které hovoří proti CNG, je zástavba plnicích láhví. Ty jsou větších rozměrů a proto dochází ke zmenšení vnitřního prostoru. Dále také z hlediska bezpečnosti je větší riziko exploze při úniku. Jako velice slibné palivo budoucnosti se jeví také palivové články. Jejich velkou předností je, že jsou schopny vyrábět elektrickou energii do té doby, dokud mají přísun paliva (vodík). To je veliký rozdíl oproti akumulátorům. Dále jsou velice šetrné k životnímu prostředí a mají velkou životnost. Velikou nevýhodou je výroba paliva pro tyto články, která je velice ekonomicky nákladná. Z hlediska bezpečnosti vzniká problém s utěsněním článků, jelikož směs vodíku se vzduchem je velice výbušná. Nejčastěji se dnes palivové články využívají jako doplňkový zdroj energie v kancelářských budovách.

3 Reálnost využití alternativních paliv v daném regionu

Alternativní paliva se pomalu dostávají do popředí zájmu v České republice. Velký nárůst poptávky je z důvodu ekologické a ekonomické výhodnosti provozu na tyto paliva.

Ekologické stránky těchto paliv byly popsány již v předchozí části, proto by bylo vhodné porovnat i jejich ekonomickou stránku. Realizace tohoto srovnání bude provedena na dvou nových vozech značky Volkswagen, která budou provozována na dvě různá alternativní paliva (CNG, LPG). Jedno z vozidel bude pořízeno s již namontovaným systémem CNG od výrobce vozidla. U druhého vozidla dojde k přestavbě na provoz LPG až po jeho zakoupení.

Srovnání bude zaměřeno na pořizovací ceny automobilů a finanční úsporu. Dále bude zhotoven návrh na rozmístění plnicích stanic CNG v kraji Vysočina.

3.1 Charakteristika automobilu

Osobní automobily, která budou k porovnání použita, se nazývají Volkswagen Touran s výbavou Trendline. Použitý agregát u vozidla na CNG bude zážehový motor 2.0 EcoFuel a u druhého vozidla, které bude přestavěno na LPG, to bude zážehový motor 1.6.



Obr. 4: Volkswagen Touran [6]

3.1.1 Technické parametry vozidel

	Touran 2.0 EcoFuel	Touran 1.6
Druh motoru	4válcový benzínový	4válcový benzínový
Zdvihový objem [cm ³]	1984	1595
Max. výkon [kW (k) při 1/min]	80 (109)/5400	75 (102)/5600
Max. točivý moment [Nm při 1/min]	160/3500	148/3800
Emisní třída	Euro 4	Euro 4
CO ₂ zplodiny [g/km]	154	193
Palivo	CNG nebo Natural 95	Natural 95
Převodovka	5stupňová manuální	5stupňová manuální
Pohotovostní hmotnost [kg]	1563	1427
Celková hmotnost [kg]	2180	2090
Nejvyšší rychlost [km/h]	180	179
Zrychlení z 0-100 [km/h]	13,5	12,9
Spotřeba paliva na 100 km		
Městský provoz	12,0 [m ³]	11,0 [l]
Mimo město	6,6 [m ³]	6,5 [l]
Kombinovaný provoz	8,6 [m ³]	8,1 [l]

Tab. 5: Technické údaje vozidel

3.2 Pořizovací ceny automobilů

Při koupi automobilu s CNG využijeme příspěvku 60 000 Kč od státu v podobě „šrotovného“, který je limitován kupní cenou do 700 000 Kč. Příspěvek na druhý automobil nelze využít, jelikož u běžného automobilu musí být kupní cena do 500 000 Kč. Tento příspěvek by šel uplatnit např. na vozidlo Volkswagen Golf 1.6 s pořizovací cenou 404 000 Kč.

	Touran 2.0 EcoFuel	Touran 1.6
Cena nového vozidla [Kč]	639 400	544 600
Dotace od státu [Kč]	60 000	–
Pořizovací cena [Kč]	579 400	544 600

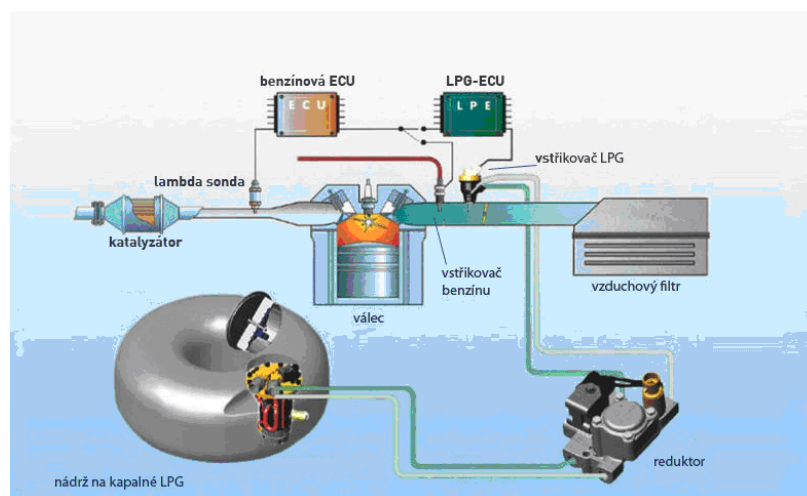
Tab. 6: Pořizovací ceny automobilů

3.3 Přestavba (zástavba) vozidla na LPG

Při přestavbě vozidla na LPG je nutné mít schválení, které povoluje příslušný úřad, který určí podmínky přestavby, po kterých při jejich splnění provede zápis přestavby do technického průkazu. Pro povolení přestavby je nutné předložit technickou dokumentaci přestavby, protokol o tlakové zkoušce nádrže, kontrolu plynové zástavby a dále doklad plnění emisních limitů v pověřené zkušebně ÚSMĐ – DEKRA v Českých Budějovicích nebo ÚVMV – TÚV v Praze. Cena za vykonání jednotlivých zkoušek a zápis do technického průkazu je 10 000 Kč.

3.3.1 Montáž systému LPG

Pro přestavbu byl použit systém sekvenčního vstřikování AC-STAG 300 určený pro moderní automobily s vícebodovým vstřikováním. Tento systém zajišťuje vstřikování plynu do válců pomocí vstřikovacích trysek, které jsou elektronicky řízeny od řídicí jednotky LPG. Zásobník plynu by tvořila toroidní nádrž, která by byla umístěna místo rezervního kola. Ostatní části zařízení by byly umístěny v oblasti motorového prostoru. Hmotnost celého zařízení je cca 40 kg. Výhodou použití tohoto systému vstřikování je, že spotřeba i výkon motoru se při provozu na plyn blíží provozu na benzin. Cena za montáž tohoto systému vstřikování se pohybuje od 27 500 Kč. Schématické zapojení tohoto systému je zobrazeno na obrázku 5.



Obr. 5: Schéma sekvenčního vstřikování LPG [7]

3.4 Výsledné ceny automobilů

Z tabulky 7 vyplývá, že cenový rozdíl mezi oběma automobily po namontování systému LPG je 2 700 Kč. Tuto částku lze ve srovnání s pořizovací cenou automobilu zanedbat.

	Touran 2.0 EcoFuel	Touran 1.6
Požizovací cena [Kč]	579 400	544 600
Cena za schválení přestavby [Kč]	–	10 000
Cena za montáž systému LPG [Kč]	–	27 500
Výsledná cena vozidla [Kč]	579 400	582 100

Tab. 7: Výsledné ceny automobilů

3.5 Průměrné spotřeby vozidel

Jelikož došlo při instalaci systému LPG ke zvýšení pohotovostní hmotnosti vozidla, je proto nutné uvažovat i s nárůstem spotřeby, která vzroste cca o 5% v závislosti na jízdních podmínkách. Výsledná spotřeba vozidla na LPG je po tomto navýšení uvedena v tabulce 8, z níž plyne, že po následné instalaci systému LPG lze považovat průměrné spotřeby obou automobilů za přibližně stejné.

Provoz	Touran 2.0 EcoFuel	Touran 1.6 LPG
Městský provoz	12,0 [m ³]	11,6 [l]
Mimo město	6,6 [m ³]	6,8 [l]
Kombinovaný provoz	8,6 [m ³]	8,5 [l]
Průměr	9,06 [m³]	8,96 [l]

Tab. 8: Spotřeba paliva po instalaci systému LPG

3.5.1 Finanční náklady při provozu na CNG, LPG a benzín

K porovnání finančních nákladů bylo nejprve zjistit aktuální ceny paliv v České republice. Ceny paliv, které byly k výpočtu použity, jsou uvedeny v tabulce 9.

Druh paliva	Cena paliva
CNG	15,20 [Kč/m ³]
LPG	12,80 [Kč/l]
Natural 95	25,70 [Kč/l]

Tab. 9: Ceny paliv v České republice

Celkový přehled nákladů při provozu na jednotlivá paliva je uveden v tabulce 10.

Provoz	CNG [Kč/km]	LPG [Kč/km]	BA [Kč/km]	Rozdíl BA/CNG [Kč/km]	Rozdíl BA/LPG [Kč/km]
Městský	1,824	1,485	2,827	1,003	1,342
Mimo město	1,003	0,870	1,670	0,667	0,800
Kombinovaný	1,307	1,088	2,082	0,775	0,994
Průměr	1,378	1,147	2,193	0,815	1,045

Tab. 10: Porovnání finančních nákladů CNG, LPG, BA

Z tabulky 10 vyplývá, že finanční náklady při provozu na jednotlivá paliva nejsou zanedbatelná, právě naopak,

3.6 Náklady na údržbu (revizi) zařízení LPG, CNG

U obou systémů se každý rok provádí revize celého zařízení, která je zaměřena především na těsnost systému. Cenová položka za tuto revizi se pohybuje okolo 300 Kč.

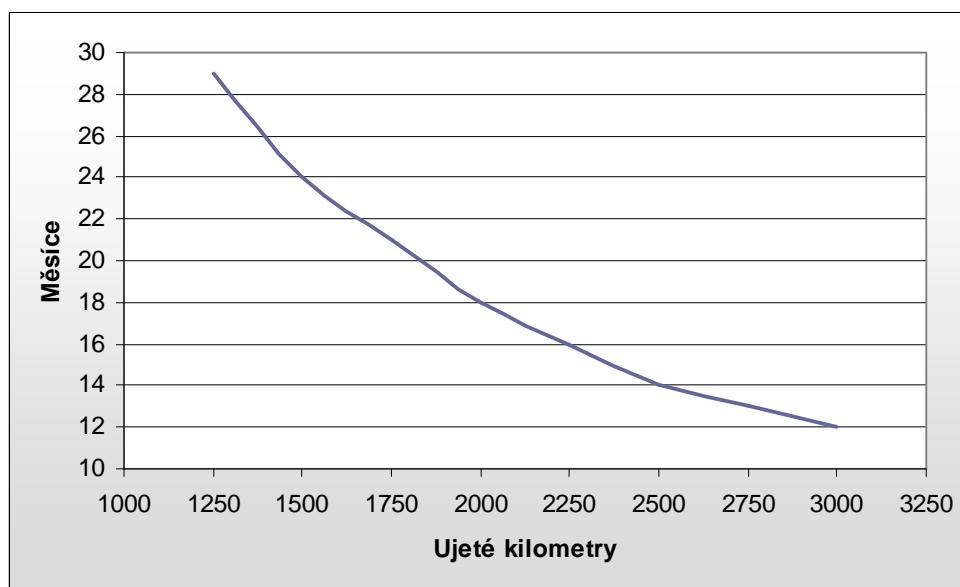
U LPG je nutná každých 30 000 km repase reduktoru včetně výměny membrán a LPG filtru. Cena této revize je od 1 500 Kč, to znamená, že navýšení nákladů je 0,05 Kč za ujetý kilometr. Obě tyto položky jsou v celkových ušetřených nákladech zanedbatelné.

3.7 Výpočet návratnosti ceny zařízení a ekonomická stránka LPG

Požizovací cena celého systému LPG včetně schválení od příslušného úřadu byla 37 500 Kč. Výpočet návratnosti ceny investované do zařízení v závislosti na počtu ujetých kilometrů je uvedeno v tabulce 11.

Ujeté kilometry za měsíc	Rozdíl BA/LPG [Kč/km]	Ušetřené peníze za měsíc [Kč]	Návratnost ceny LPG	Ušetřené peníze za rok [Kč]
1250	1,045	1306	29 měsíců	15 672
1500	1,045	1567	24 měsíců	18 804
1750	1,045	1828	21 měsíců	21 936
2000	1,045	2090	18 měsíců	25 080
2250	1,045	2351	16 měsíců	28 212
2500	1,045	2612	14 měsíců	31 344
2750	1,045	2874	13 měsíců	34 488
3000	1,045	3135	12 měsíců	37 620

Tab. 11: Návratnost ceny LPG v závislosti na počtu ujetých kilometrů



Graf 1: Návratnost investice do LPG

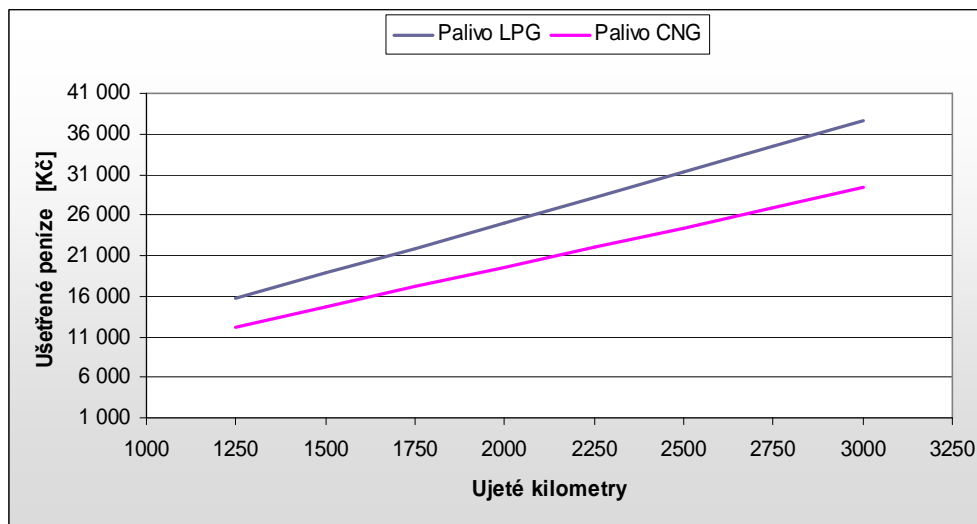
3.8 Ekonomická stránka CNG

V tabulce 12 jsou uvedeny peněžní úspory při provozu automobilu na CNG v závislosti na počtu ujetých kilometrů.

Ujeté kilometry za měsíc	Rozdíl BA/CNG [Kč/km]	Ušetřené peníze za měsíc [Kč]	Ušetřené peníze za rok [Kč]
1250	0,815	1019	12 228
1 500	0,815	1223	14 676
1750	0,815	1426	17 112
2000	0,815	1630	19 560
2250	0,815	1834	22 008
2500	0,815	2038	24 456
2750	0,815	2241	26 892
3000	0,815	2445	29 340

Tab. 12: Ušetřené peníze při provozu na CNG

3.8.1 Finanční úspora při provozu na LPG a CNG



Graf 2: Ušetřené peníze v závislosti na počtu ujetých kilometrů

Z grafu 2 vyplývá, že provoz na LPG je ekonomičtější v porovnání s CNG. Při ujetí stejného počtu kilometrů (3 000) je finanční rozdíl úspory 8 280 Kč. Tato cenová položka je pro majitele vozu na LPG jistě výhodná.

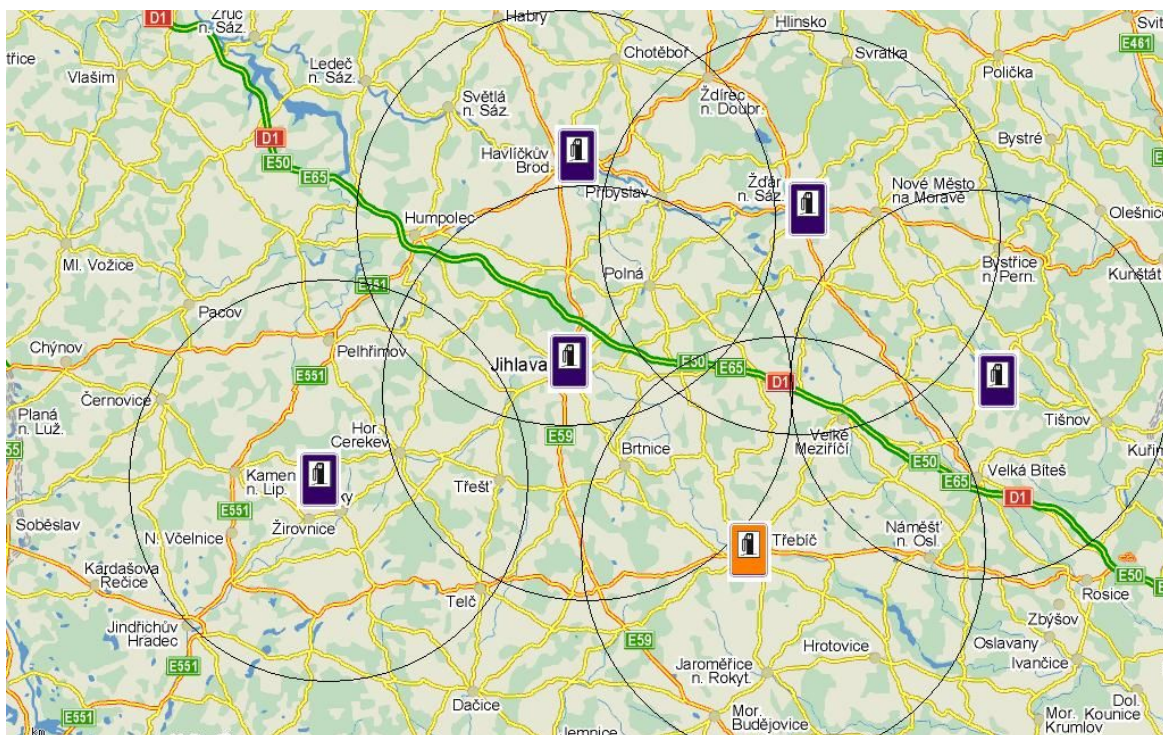
3.9 Plnicích stanice v kraji Vysočina

Počet plnicích stanic LPG je v kraji Vysočina celkově 21. Tento počet stanic je pro dojezd automobilu mezi jednotlivými stanicemi plně dostačující. Stanic na CNG je v kraji pouze jedna a to ve městě Třebíč.

Počet těchto stanic je pro vozidla, které mají dojezd jen kolem 300 kilometrů velice málo, a proto bude snahou navrhnout další rozmístění stanic na CNG pro tento kraj.

3.9.1 Rozmístění stanic CNG

Rozmístění jednotlivých plnicích stanic je zvoleno v dosahu 25 km od krajského města Jihlavy. Pro tento rádius je zvolen celkový počet 5 stanic. Jedna stanice bude přímo v krajském městě a zbylé čtyři stanice budou rozmístěny dle obrázku 6.



Obr. 6: Celkové rozmístění CNG stanic

3.10 Celkové provozní zhodnocení

Hodnocení se bude týkat nejprve automobilu Touran 2.0 EcoFuel, jenž je poháněn palivem CNG. Předností tohoto vozu je již namontovaný systém na provoz CNG od výrobce vozidla, proto zde neplatí žádné prostorové omezení z důvodu zástavby systému. Vůz má udávanou kombinovanou spotřebu paliva CNG 8,6 m³ na 100 km, což je z hlediska ceny paliva CNG přijatelné. Pro hovoří i nízké emise, které jsou v emisních limitech EURO 4. Velká nevýhoda tohoto vozu je, že automobil má malý jízdní dosah. Vůz má pod podlahou čtyři ocelové nádrže na 18 kg stlačeného plynu, které vystačí jen na 310 kilometrů. Záchranou není ani 13 l nádrž benzínu, která je určena pro nouzový provoz či dojezd. Z důvodu malé hustoty čerpacích stanic na CNG v České republice je to velmi nedostačující.

Ke kladům druhého automobilu Touran 1.6 přestavěného na provoz LPG patří měkčí chod motoru v porovnání s benzinem. Velkou předností této přestavby je také vysoký jízdní dosah vzhledem k tomu, že je možnost použití obou paliv (LPG, benzin). Pro hovoří i nízké emise a také dostupnost specializovaného servisu. Nevýhodou vozidla na LPG je vysoká počáteční investice do přestavby vozidla, která se vrátí už za několik roků podle počtů najetých kilometrů. Pro majitele vozu, který najezdí měsíčně jen 500 km, je tato přestavba velice nevýhodná. Další nevýhody jsou: zmenšení zavazadlového prostoru, kde bývá umístěná válcová nádrž (toroidní místo rezervního kola), zvětšení pohotovostní hmotnosti vozidla o 40 až 60 kg podle typu LPG zařízení a snížení výkonu vozidla v průměru o 5% v porovnání s benzinem.

Z porovnání vyplívá, že v kraji Vysočina je výhodnější využití automobilů na LPG. Důvodů je několik. Jednak je zde velký počet plnicích stanic v porovnání se stanicemi na CNG, dobrá dostupnost odborného servisu, ale také větší finanční úspora ve srovnání s provozem na CNG.

4 Ekologický a ekonomický přínos alternativních paliv

Při posuzování ekologické a ekonomické výhodnosti použití alternativních paliv není možné hodnotit pouze konečnou fázi spotřeby paliv ve vozidlech, ale je nutné zhodnotit jejich celý „životní cyklus“ zahrnující i předcházející fáze. V některých případech může být tato fáze natolik náročná, že výsledný ekonomický či ekologický efekt paliva může být při samotné spotřebě na vozidle zanedbatelný.

Zhoršující se životní prostředí a rostoucí ceny ropy vedou k hledání ekologicky šetrných paliv, která by byla možná v budoucnu používat jako náhradu za uhlovodíková. S tím souvisí nástup alternativních paliv, která jsou z tohoto ekologického hlediska přijatelná. Za jedno z neekologičtějších paliv jsou považována biopaliva, která se získávají z odpadní biomasy. K vypěstování této biomasy je zapotřebí velké zabránění zemědělské půdy a tím dochází ke zvýšení cen potravin. To způsobí velkou ekonomickou zátěž, která je v porovnání s ekologickou stránkou paliva velice markantní. Jako další příklad lze uvést například biololíh. Ten se získává z cukrové třtiny a je opět z hlediska energetické bilance jedno z neekologičtějších paliv. To však přestává platit v případě, jestliže dojde ke kácení tropických deštných lesů. Biomasa z těchto lesů je velice bohatá na uhlík a při jejím spálení se vytvoří tolik oxidu uhličitého, že to ekologický efekt při biolihu zcela zvrátí.

5 Závěr

Alternativní paliva, která jsou v dnešní době na vzestupu z důvodu docházejících zásob ropy, mají menší produkci škodlivin ve srovnání s uhlovodíkovými. Tyto paliva dále přinášejí mnohdy i ekonomickou úsporu, jelikož jejich pořizovací ceny jsou menší z důvodu levnější výroby.

V České republice je nejvíce rozšířeno alternativní palivo LPG. Důvodem tohoto rozšíření je poměrně hustá síť plnicích stanic, ale také nízké provozní náklady v porovnání s benzinem. Velkou nevýhodou tohoto palivo je, že přestavba (zástavba) vozu na toto palivo je velice finančně nákladná a její návratnost je podle počtu najetých kilometrů až za několik roků.

Snahou této práce bylo porovnat jednotlivá alternativní paliva z ekologické a ekonomické stránky. Dále byl zhotoven návrh na rozmístění plnicích stanic CNG v kraji Vysočina, kde dosavadní počet těchto stanic neodpovídá na pokrytí celého kraje.

Celkové zjištění je takové, že alternativní paliva zatím nejsou schopna plně zastoupit dnešní uhlovodíková. Velké naděje se z budoucího hlediska dávají do plyných paliv, která jsou již dnes velice rozšířená, ale po celém světě zatím nejsou stejné podmínky (hustota plnicích stanic), které by umožnily celoplošné rozšíření. Je proto otázkou výzkumu a ekonomického vývoje, jaká alternativní paliva budou v budoucnu využívána.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MATĚJOVSKÝ, V. *Automobilová paliva*. Praha: Vydavatelství Grada Publishing, a.s., 2005. 1. vyd. 224 s. ISBN 80-247-0350-5
- [2] Společnost FT Servis s.r.o. se sídlem v Brně [online]. Dostupné na WWW: < <http://www.ftservis.cz/index2.htm> >.
- [3] *Článek o emisích aut* [online]. Dostupné na WWW: < <http://tn.nova.cz/magazin/auta/bezpecnost-a-zakony/emise-u-aut-zase-jen-kompromis.html> >.
- [4] VLK, F. *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2006. 1. vyd. 375 s. ISBN 80-239-6461-5
- [5] *Článek o palivových článcích* [online]. Dostupné na WWW: < <http://www.mmspektrum.com/clanek/vodikovy-palivovy-clanek-pohon-budoucnosti> >.
- [6] Fotogalerie výrobce motorových vozidel Volkswagen [online]. Dostupné na WWW: < <http://www.volkswagen.cz/modely/touran/galerie/fotogalerie/> >.
- [7] *Článek o výběru LPG* [online]. Dostupné na WWW: < <http://www.hondaclub.cz/default.aspx?a=1554> >.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Přehled paliv dle normy ČSN EN 228	13
Tab. 2: Přehled emisních limitů	16
Tab. 3: Přehled alternativních paliv	17
Tab. 4: Snížení emisí při použití metanolu ve srovnání s naftou.....	22
Tab. 5: Technické údaje vozidel	27
Tab. 6: Pořizovací ceny automobilů	27
Tab. 7: Výsledné ceny automobilů	29
Tab. 8: Spotřeba paliva po instalaci systému LPG	29
Tab. 9: Ceny paliv v České republice	30
Tab. 10: Porovnání finančních nákladů CNG, LPG, BA.....	30
Tab. 11: Návratnost ceny LPG v závislosti na počtu ujetých kilometrů	31
Tab. 12: Ušetřené peníze při provozu na CNG.....	32

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Možný způsob přepravy pohonných hmot	13
Obr. 2: Znečištění ovzduší od motorových vozidel	14
Obr. 3: Palivový článek	24
Obr. 4: Volkswagen Touran	26
Obr. 5: Schéma sekvenčního vstřikování LPG	28
Obr. 6: Celkové rozmístění CNG stanic	33

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Návratnost investice do LPG.....	31
Graf 2: Ušetřené peníze v závislosti na počtu ujetých kilometrů	32