

**Vysoká škola logistiky o. p. s.**

**Alternativní pohony silničních vozidel**

**(Diplomová práce)**



Vysoká škola  
logistiky  
o.p.s.

# Zadání diplomové práce

student	<b>Bc. Zdeněk Burda</b>
studijní program	Logistika
obor	Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Alternativní pohony silničních vozidel**

Cíl práce:

Na základě ekonomického a provozního hodnocení vozidlového parku nastavit ekonomické indikátory ovlivňující provoz vozidel a předložit návrhy. Vytvořit přehled legislativních opatření, zhodnocení různých pohonů používaných u silničních nákladních vozidel v kontextu na provozní náklady a návrh ekonomických indikátorů. V závěru předložit návrh vozového parku pro danou firmu.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretická východiska řešení (legislativní, technická)
2. Alternativní pohony silničních vozidel
3. Nastavení ekonomických indikátorů ovlivňujících provoz vozidel
4. Návrh řešení vozového parku
5. Ekonomické a provozní vyhodnocení návrhu

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

FRYBERT, Jan. Alternativní pohony. Brno: Integrovaná střední škola automobilní, 2015. ISBN 978-80-260-7548-6.

GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

PERNICA, Petr. Logistika pro 21. století (1. - 3. díl.) Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.


Datum zadání diplomové práce:

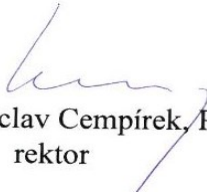
30. 10. 2020

Datum odevzdání diplomové práce:

13. 5. 2021

Přerov 30. 10. 2020

  
Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.  
rektor

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 13. 5. 2021

  
.....

podpis

## **Anotace**

Cílem této práce bylo vypracovat přehled alternativních pohonů a paliv tak, aby po přečtení mohl jedinec či firma kvalifikovaně přemýšlet o tom, zda a proč zvolit alternativní pohon například u svého vozidla. Cílem bylo podívat se na výhody a nevýhody jednotlivých paliv, zhodnotit míru ekologičnosti a ekonomičnosti. Za tímto účelem jsem v praktické části analyzoval vzorek 40 strojů od osobních po nákladní automobily.

## **Klíčová slova**

alternativní paliva, nafta, bionafta, HVO, metanol, etanol, bioplyn, LPG, zemní plyn, vodík, elektřina, emise, srovnání nákladů, spotřeba paliva.

## **Annotation**

Aim of my thesis has been focused on making a summary of alternative engines and fuels. I want to provide enough information for every individual or company to make them qualified to decide if and why they should choose an alternative fuel for example when buying a new car. The main goal was to compare advantages and disadvantages of each fuel, considering how ecological and economical they are. That is the reason of me analyzing 40 machines ranging from personal vehicles to heavy duty trucks.

## **Key words**

alternative fuel, diesel, biodiesel, HVO, methanol, ethanol, LPG, CNG, hydrogen, electric vehicle, emissions, comparison of cost, fuel consumption.

## **Poděkování**

Chci poděkovat panu prof. Ing. Václavu Cempírkovi, Ph.D. za vedení mé práce a cenné rady při jejím řešení. Dále bych chtěl poděkovat firmě Písky Čert za to, že mi dali podklady k praktické části. Nerad bych opomněl moji rodinu, přítelkyni a přátele, kteří mě ve studiu po celou dobu podporovali.

# Obsah

Úvod	9
1 Rozdělení spalovacích motorů	11
1.1 Typy spalovaných paliv	11
1.2 Paliva klasická a alternativní	12
1.3 Fosilní a obnovitelná paliva	12
1.4 Pozitiva využití biopaliv	13
1.5 Negativa využívání biopaliv	13
2 Plynná paliva	16
2.1 LPG	16
2.1.1 Základní systémy LPG:	16
2.1.2 Výhody LPG	17
2.1.3 Nevýhody LPG	18
2.2 CNG	18
2.3 Duální plynový systém CNG nebo LPG u vznětového motoru	19
3 Kapalná alternativní paliva	21
3.1 Bionafta	21
3.1.1 Situace s podílem biosložky v naftě v Evropské unii	23
3.1.2 Přejechod na čistou bionaftu	26
3.2 Bioethanol první generace	27
3.3 LNG	30
4 Biopaliva druhé generace	33
4.1 Bioetanol	34
4.2 HVO (Hydrogenačně upravený rostlinný olej)	34
4.3 GTL	37
5 Třetí generace biopaliv	39

6	Elektromobilita	42
6.1	Hybridní pohon	42
6.2	Elektromobily	45
6.3	Původ elektřiny	47
7	Vodík	49
8	Návratnost investice do vozidla na alternativní paliva	51
8.1	Osobní vozy	51
8.2	Nákladní vozy	53
	Závěr	58
	Seznam zdrojů	60
	Seznam grafických objektů	70



## Úvod

S rostoucí populací a zvyšujícím se provozem se v zemích prvního světa stále víc řeší otázky udržitelnosti a zdraví. Všem je asi jasné, že ropy není neomezené množství a že staré kouřící naftové motory nepředstavují budoucnost pohonu silničních vozidel. Daleko složitějším tématem ale je, co benzín a naftu nahradí a v jakém časovém horizontu je reálné najít ekvivalentní řešení. A aby toho nebylo málo, politická situace často mění pravidla hry tak, že ani výrobci nejsou schopni udržet krok. Nedávno skončila doba, kdy koncern VW přestal vidět budoucnost v pohonu na CNG, který byl po určitý čas silně podporován. Stejný scénář jsme viděli u paliva E85 nebo 100% bionafty, které prakticky zmizely z trhu poté, co přestaly být daňově zvýhodněny. Otázkou tedy zůstává, co je a bude budoucností, a který pohon bude pouze krátkodobým trendem.

Při zpracování této práce jsem pocíťoval jak nadšení, když jsem narazil na novou technologii, která slibuje čistější spalování, ekonomičtější a ekologičtější provoz, tak i beznaděj po prozkoumání, jaké má každá alternativa negativa, jako například způsob těžby či způsob pěstování plodin.

Je zajímavé sledovat, jak se historie opakuje a jak se po 150 letech ideologicky vracíme zpět na začátek vývoje automobilů, kdy první vozy byly poháněné elektromotorem a pro zvýšení dojezdu byly zaváděny hybridní systémy. Samozřejmě, že jsou dnešní vozidla nesrovnatelně lepší a vyspělejší, ale je přinejmenším pozoruhodné sledovat filozofický návrat ke kořenům automobilismu.

Mě osobně velmi fascinuje i pokrok vědy, který dokazují biopaliva třetí generace. Je úžasné, že pomocí genetiky jsou vědci schopni nahrazovat části genomu u sinic tak, aby produkovaly více tuku, který je následně využíván jako biopalivo. Líbí se mi představa, že nejsou potraviny zpracovávány na palivo a nemusí se tak zvyšovat cena potravin u nás ani ve světě.

Co naopak považuji jako závažné z hlediska ekologie, je transport palmového oleje z Asie do Evropy, kde tvoří část biosložky naftového paliva. Obdobná situace je i u bioetanolu, který je odebírán z jižní Ameriky. Celkově lze sledovat provázanost automobilového průmyslu s globální ekonomikou, což také činí mnohá rozhodnutí velmi obtížnými, protože při omezení dovozu jedné komodity mohou státy uvalit zákaz importu na jiné komodity.

V praktické části jsem se zaměřil na analýzu a návrh řešení vozového parku firmy Písky Čert, se kterou spolupracuji, a to s ohledem na získané podklady k 40 strojům, od osobních po nákladní vozy. Mohl jsem tak počítat náklady na konkrétních strojích a analyzovat různé alternativy pohonu.

Cílem práce je vytvoření přehledu současných i budoucích alternativních paliv, která se dají využívat v silniční dopravě, porovnat jejich silné a slabé stránky a zhodnotit vliv jak z ekologického a ekonomického, tak i z praktického hlediska.

# 1 Rozdělení spalovacích motorů

## 1.1 Typy spalovaných paliv

Hromádko [1] rozděluje pohony následovně:

### 1. Plynové motory

- LPG,
- CNG,
- LNG,
- kychtový plyn,
- generátorový plyn,
- kalový plyn bioplyn.

### 2. Motory na kapalná paliva

- ropná lehko odpařitelná paliva (benzín, petrolej),
- ropná těžko odpařitelná paliva (nafta, mazut),
- kapalná paliva neropného původu (methanol, ethanol, methylester řepkového oleje),
- směsná paliva (lihobenzínová paliva jako E85, nafta smíchaná s methylesterem řepkového oleje např. SMN30).

### 3. Vícepalivové motory

- LPG+ benzín,
- CNG + benzín,
- bioplyn + benzín,
- CNG + nafta,
- LPG + nafta.

### 4. Motory na tuhá paliva

U těchto motorů je do systému na přípravu směsi přiváděno palivo v tuhém práškovém stavu (např. uhelný prach).

## **1.2 Paliva klasická a alternativní**

**Mezi klasická patří [2]:**

1. Benzín,
2. Nafta.

**Mezi alternativní paliva můžeme zařadit [2]:**

1. stlačený zemní plyn (CNG),
2. zkapalněné ropné rafinérské plyny (LPG),
3. bioplyn,
4. bionafta a paliva na základě metylesteru řepkového oleje,
5. paliva s využitím alkoholů (etanol a metanol),
6. vodík,
7. elektrický proud.

## **1.3 Fosilní a obnovitelná paliva**

Výše uvedený způsob však není jediným možným dělením, lze paliva členit také na fosilní a obnovitelná. Alternativní paliva nelze zaměnit za ta obnovitelná, ne všechna alternativní paliva jsou totiž obnovitelná.

Mezi fosilní paliva tedy patří:

1. Benzín,
2. Nafta,
3. Zemní plyn (CNG),
4. Propan-Butan (LPG),
5. Vodík vyrobený ze zemního plynu nebo uhlí

Mezi obnovitelná paliva patří:

1. Biopaliva 1. generace: zdrojem biomasy jsou produkty určené primárně k výrobě potravin (cukrová třtina, obilí, řepa, slouží k výrobě bioetanolu; rostlinné oleje na výrobu bionafty).

2. Biopaliva 2. generace: zdrojem biomasy jsou nepotravinářské suroviny (lignocelulóзовé odpady, bioetanol; odpady BTL syntetická paliva).
3. Biopaliva 3. generace: využití řas (případně dalších mikroorganismů), vodík, lipidy, cukry, bionafta, bioetanol.

#### **1.4 Pozitiva využití biopaliv**

- Biopaliva patří mezi obnovitelné zdroje energie, tj. zdroje, které jsou k dispozici a jejichž zásoba se obnovuje v časovém horizontu srovnatelném s jejich využíváním, na rozdíl od fosilních paliv, která se vytvářela po mnoho geologických období, ale mohou být vyčerpána již během několika desetiletí. [1]
- Zvýšená spotřeba biopaliv v dopravě je jedním z prostředků, jimiž stát může snížit svou závislost na dovozu ropy a mít tak více pod kontrolou trh s pohonnými hmotami v dopravě.
- Využíváním biopaliv se snižuje produkce emisí skleníkových plynů, zejména CO<sub>2</sub>. Při spalování tohoto materiálu se uvolní jen tolik emisí CO<sub>2</sub>, kolik bylo předtím ze vzduchu využito fotosyntézou. U biopaliv se tento oxid uhličitý pouze vrací zpět do ovzduší. Výroba biopaliv je však energeticky náročná. Proto se musí pro celkové posouzení úspory emisí CO<sub>2</sub> stanovit její produkce v celém životním cyklu, tj. produkce CO<sub>2</sub> při pěstování, až po konečné spálení ve vozidle.
- Pěstování biomasy pro výrobu biopaliv přináší další možnosti využití zemědělské půdy a je tak příležitostí, jak vytvořit v resortu zemědělství a lesnictví nová pracovní místa. Výroba biopaliv musí být z hlediska životního prostředí udržitelná.

#### **1.5 Negativa využívání biopaliv**

- Nepříznivá bilance v produkci CO<sub>2</sub>; pěstování rostlin a jejich zpracování na biopalivo je energeticky náročný proces, při kterém se do ovzduší vypouští CO<sub>2</sub>. Produkce takto vzniklého oxidu uhličitého dosahuje u biopaliv první generace 50 i více procent z uspořené produkce CO<sub>2</sub>, u biopaliv druhé generace je tento podíl výrazně nižší.
- Pro výrobu plodin na výrobu paliva je potřeba velkých zemědělských ploch. Tato potřeba může vést ke kácení pralesů v tropických oblastech (19% biosložky

v naftě pochází dle studie GAIN REPORT 2019 i v Evropě z palmového oleje). [2] V našem klimatickém pásu se to projevuje zabíráním zemědělské půdy pro pěstování potravin, a s tím spojeným dalším negativem, které představuje nárůst ceny potravin.

- Dopady na kyselost půdy, použitá umělá hnojiva, ztráta biodiverzity a jedovatost pesticidů mají negativní vliv na přírodu. [3]
- Také potřeba hnojiv na bázi dusíku a fosforu pro produkci těchto plodin představuje ohrožení zdrojů podzemních a povrchových vod výluhem těchto látek, které značnou měrou přispívají k eutrofizaci. [4]
- Diskutabilní je také zavádění vyššího podílu biosložky v palivu kvůli nezávislosti na ropě, dle studie IISD je 50% biosložky z dovozu, nebo z dovezených surovin.
- Dotace na biosložku v palivu byly v roce 2011 celosvětově 88 miliard dolarů [5], to tedy musí zaplatit provozovatelé vozidel nebo daňový poplatníci.
- Technické problémy spojené s používáním ve spalovacích motorech. Vesměs všechna biopaliva vyžadují úpravu palivové soustavy a optimalizaci chodu motoru. Některá biopaliva vyžadují zkrácení intervalů výměny oleje nebo výměnu hadiček a koncovek. Část biopaliv má negativní vliv na produkci základních škodlivých emisí.
- Podle Fakulty výrobních technologií a management UJEP a České asociace petrolejářského průmyslu a obchodu se na výrobu litru biopaliva spotřebuje 2500 litrů vody. [6]
- Větší množství řepky vede k úhynu zvěře. Jedná se o procesy probíhající nezávisle na sobě v organismu, například srnčí zvěře, při nadměrném příjmu řepky. Jedním z nich je těžká porucha trávení, k níž dochází při nadměrném příjmu mladých řepkových listů v důsledku jejich vysokého obsahu dusíkatých látek (bílkovin) a velmi nízkého podílu strukturální hrubé vlákniny. Další faktory mající negativní vliv na zvěř jsou vysoký obsah dusičnanů v řepce, monodietní (jednostranný) příjem řepky obsahující nedostatek vlákniny, stejně jako acidóza (překyselení) nebo naopak alkalóza (pravý opak překyselení) obsahu bachoru. [7]
- Motor má o několik procent nižší výkon.

V České republice máme dva producenty pohonných hmot:

- **Unipetrol** RPA, ten produkuje: LPG, benzíny a motorovou naftu. Vyrábí se ve dvou rafinériích (rafinérie Litvínov a rafinérie Kralupy n. Vltavou).
- **ČEPRO**, které vyrábí benzíny a motorovou naftu. Vyrábí se blendováním polotovarů (preblendů) z tuzemských rafinerií a polotovarů z dovozu.

Společnost ČEPRO, která je jedním z největších daňových skladů na území ČR a zajišťuje dodávky, prodej a přimíchávání biosložek dle norem ČSN EN 228 pro benzíny, resp. ČSN EN 590 pro motorovou naftu, přidává ke svým palivům tyto složky z obnovitelných zdrojů:

- **bioetanol** přidávaný do automobilového benzínu
- **bioETBE** přidávaný do benzínu jako vysokooktanová komponenta při výrobě v rafinériích
- **FAME (MEŘO)** určený k přimísení do motorové nafty

Společnost Unipetrol, která zásobuje například síť stanic Benzina, přidává do nafty pod obchodním názvem Verva, na některých stanicích, naftu s přídavkem HVO. [8]

Každý daňový sklad musí dle zákona č. 180/2007 Sb. zařídit přimíchání biosložek do pohonných hmot, které uvolňuje do volného oběhu. Pohonné hmoty naskladněné bez biosložky jsou tedy při vstupu do systému ČEPRO zatíženy biopoplatkem, který v sobě nese veškeré "bio" náklady. Biosložky skladované v externích nádržích se přidávají ve stanoveném poměru pomocí dávkovacího zařízení do benzínu nebo motorové nafty přímo na výdejní lávce před plněním do automobilové cisterny.

S ohledem na polohu ČR a okolní rafinerie na Slovensku, v Rakousku a SRN jsou pohonné hmoty významnou součástí zahraničního obchodu s okolními státy (Slovenskem, Maďarskem, Polskem, SRN a Rakouskem). Z celkového dovozu paliv činí podíl benzínu a motorové nafty cca 77 % z celého dovozu pohonných hmot a ve vývozu je to 53 %. Hodnoty výměny zboží v posledních pěti letech stagnují. [9]

## 2 Plynná paliva

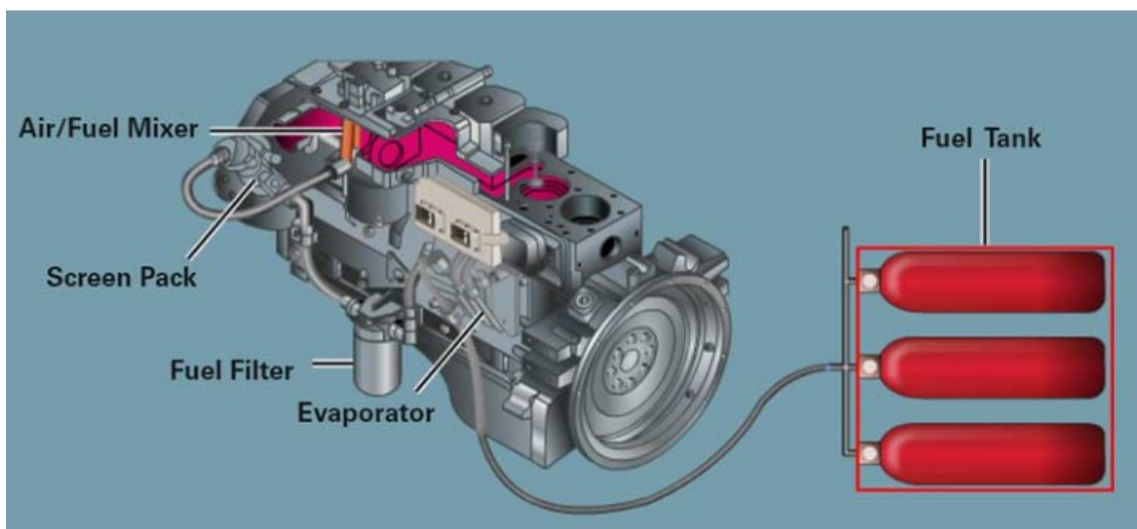
Použití plynu jako paliva není žádnou novinkou, metan byl použit již v roce 1872 v Ottově spalovacím motoru. Tehdy však neměl tento způsob paliva dlouhého trvání a byl nahrazen benzínem a naftou. Jeho opětovné použití vyvolala nutnost hledat alternativu během první a druhé světové války, kdy byl nedostatek paliva. V dnešní době se plynná paliva dostala opět do popředí zájmu pro svoji nižší cenu nebo vyšší ekologičnost.

### 2.1 LPG

LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), zkapalněné ropné plyny propan, butan a jejich směsi. Chemický vzorec propanu je  $C_3H_8$ , chemický vzorec butanu je  $C_4H_{10}$ . Tento plyn vzniká při rafinaci ropy nebo se získává z metanu v průběhu těžby zemního plynu. Ochlazením či stlačením se následně zkapalňuje, čímž se dosáhne 260krát menšího objemu. LPG se používá jako levnější alternativa benzínu. [10]

#### 2.1.1 Základní systémy LPG:

**Systém s centrálním směšovačem** – je určený pro vozidla s karburátorem, která si vystačí s jednoduchým systémem, který má centrální směšovač.



Obr. 2.1 Systém LPG

Zdroj: [60].



**Sekvenční vstřikování LPG** – je zatím nejlepším a nejrozšířenějším systémem, který je určený pro moderní automobily. Vstřikování je řízeno elektronicky pro individuální válec zvlášť. U tohoto systému bývají spotřeba i výkon motoru nejbližší klasickému provozu na benzín.

**Sekvenční vstřikování LPG pro motory s přímým vstřikováním** – zařízení pracuje na stejném principu jako sekvenční vstřikování plynu, pouze software řídicí jednotky je vytvořený přímo výrobcem a nastaven pro daný typ a kód motoru. Systém funguje tak, že vstřikuje kombinovaně benzín-plyn v pevně daném poměru tak, že např. po každém sedmém vstříknutí paliva LPG následuje vstříknutí benzínu. Děje se tak proto, že vstřikovače benzínu umístěné v hlavě válců je třeba chladit. Nevýhodou je, že při provozu na LPG se spotřebovává i benzín, a to podle stylu jízdy od 10% do 30%. [10]

**Sekvenční vstřikování kapalné fáze LPG** – systém využívá vlastních vstřikovačů, které vstřikují kapalné LPG palivo do sání motoru. Funguje stejně jako sekvenční vstřikování plynu, jen se nepoužívá přehřevu LPG, ale palivo je dopravováno do motoru pomocí čerpadla umístěného v plynové nádrži. Velkou nevýhodou je vysoká cena systému. Tento princip je také velmi citlivý na kvalitu paliva LPG. [10]

**Vstřikování kapalné fáze LPG** – nejmodernější a nejnovější systém vstřikování LPG do motoru fungující přes originální benzínové vstřikovače. Celý systém řídí originální benzínová motorová řídicí jednotka. Tento systém je určen především pro motory s přímým vstřikováním benzínu do hlavy válců. [10]

### 2.1.2 Výhody LPG

- nižší cena za ujetý km, díky nízké spotřební dani na LPG
- delší životnost motorového oleje, protože se nevytvářejí karbonové usazeniny
- nižší emise výfukových plynů
- dvě nádrže zvyšují dojezd vozidla
- obtížné odcizení pohonných hmot
- vozidla na LPG, CNG a hybridní pohony neplatí v současnosti silniční daň

## Výhody LPG ve srovnání s CNG

- nádrže zaberou méně místa ve vozidle
- hustší síť čerpacích stanic
- široká síť servisů LPG
- levnější servis

### 2.1.3 Nevýhody LPG

- nezanedbatelná počáteční investice za pořízení a schválení zařízení do vozidla
- zmenšení zavazadlového prostoru (neplatí při použití nádoby místo rezervního kola)
- snížení výkonu motoru (asi o 5% – neplatí pro sekvenční vstřikování LPG)
- zvýšení spotřeby paliva (asi o 10-30%)
- nutnost pravidelné servisní prohlídky
- nemožnost parkování v podzemních garážích

## Nevýhody LPG ve srovnání s CNG

- nestálá kvalita plynu
- riziko exploze či úniku
- sezónní výkyvy ceny plynu

## 2.2 CNG

CNG (*Compressed Natural Gas*), stlačený zemní plyn. Jedná se o bezbarvý, nezapáchající, nejedovatý a nedýchatelný plyn. Jeho hlavní složkou je metan s chemickým vzorcem CH<sub>4</sub>. Jak je známo, právě uhlík je zodpovědný za emise CO a CO<sub>2</sub>. Spalováním metanu tedy vzniká CO<sub>2</sub> a vodní páry, které nepředstavují ekologický problém. Pokud započítáme všechny faktory, které mají vliv na spalování, vyjde nám, že pohon na CNG má o 25% menší emise [11]. Vozidla na CNG produkují v provozu až jedenáct krát méně oxidů dusíku než naftová auta. [14]

Pokud se však podíváme na věc z jiného úhlu pohledu a zohledníme i těžbu, pak jsou dle Janoucha produkty ze zemního plynu horší než spalování ropných produktů, protože metan, který uniká při těžbě, má 40násobně větší schopnost udržet v atmosféře teplo než molekuly CO<sub>2</sub> [12]. Dle názoru mnoha odborníků uniká při těžbě zemního plynu až 15% podle způsobu těžby. Brzezina jde ve svém tvrzení ještě dál a uvádí, že potenciál metanu oteplovat atmosféru je 80× vyšší, než v případě CO<sub>2</sub>. Také ale podotýká, že metan zůstává v atmosféře po dobu deseti let. [13]

Přestavba vozidla, které nebylo z výroby vybaveno pohonem na CNG, je možná, ale rozhodně to není tak časté a levné jako přestavba na LPG. Pro ideální spalování metanu je potřeba jiného poměru vzduchu než u benzínu. Rovněž obvykle dojde k zásadní změně velikosti kufru, protože lahev na CNG musí mít určitý tvar, který není možné vměstnat do místa pro rezervní kolo. Proto jsou vozy vybavené tímto pohonem často z výroby konstrukčně upravené oproti benzínovým modelům. [11]

### **2.3 Duální plynový systém CNG nebo LPG u vznětového motoru**

Málo zmiňovanou alternativou k pohonu na naftu je přestavba na duální pohon diesel LPG, kdy je vozidlo schopno jezdit na motorovou naftu úplně stejně jako před přestavbou a po přepnutí do duálního režimu na přibližně 80% NM a 20% LPG. Režimy lze libovolně přepínat. Tento poměr není v provozním režimu motoru pevný a konečný průměrný poměr závisí na způsobu, v jakém je vozidlo provozováno. Úspora v duálním režimu NM+LPG se u těchto vozidel pohybuje od 10% v nákladech na pohonné hmoty v závislosti na režimu provozu, způsobu jízdy a mnoha dalších okolnostech. [15]

Výrobce tohoto systému udává jako příklad vozidla DAF XF105, která mají běžnou spotřebu okolo 33-35 l/100km nafty, kdy je spotřeba v duálním režimu o cca 10 l nafty nižší, ale spotřebují zhruba stejné množství LPG. 10 l nafty je tedy nahrazeno 10 l LPG, které jsou přibližně za 1/2 ceny. Výsledná reálná úspora tedy odpovídá zhruba 5 litrům ušetřené nafty na 100 km. Cena přestavby je proměnlivá a záleží na systému a konfiguraci použitých nádrží LPG, ale pohybuje se v rozmezí 58–100 000. Kč bez DPH. [15]

Zápis změny pohonu do TP je dle distributora těchto pohonů formalita, která je v podstatě stejná jako u všeobecně známých přestaveb benzínových motorů osobních automobilů.

Plynový systém se skládá z výkonných prvků a řídicího systému. Systém má svoji elektronickou řídicí jednotku (ECU) a kabelový svazek, který propojuje všechny

komponenty sestavy. Montáž celé sestavy je neinvazivní a jediným zásahem do stávajících dílů vozidla je napojení vody pro ohřev reduktoru CNG (hadička 8 mm) a vyvrtání 3 děr do sacího potrubí se závitem M6 pro trysky.

Elektrická instalace je zcela separátní od elektroniky vozidla. Řídící jednotka plynu používá vlastní senzory a veškeré parametry motoru čte bezkontaktně z datové sběrnice CAN. Systém má napájecí napětí 12 V. K napájení používá vlastní měnič 24/12V/400W. Pro tankování CNG jsou na vozidle osazeny dva ventily plnění CNG typu NGV1. Ventily jsou umístěny na obou stranách vozidla, aby bylo možné bez problémů využít výdejní stojan CNG bez ohledu na to, na které straně se nachází. Plnění nádrží CNG o objemu 300-350 l netrvá déle než 15 minut. [15]

### 3 Kapalná alternativní paliva

Kapalná paliva mají převažující podíl v současné dopravě. Drtivá většina aut je dnes poháněná spalováním benzínu nebo nafty. Rafinérské společnosti jsou dnes však legislativně nuceny přimíchávat část biosložky jak do benzínu, tak do nafty. Ačkoliv před časem bylo 100% MEŘO i E85 daňově zvýhodněné, v České republice se po zrušení slev na spotřební prakticky vytratilo z trhu.

#### 3.1 Bionafta

Abychom dali reálné možnosti náhrady ropných paliv do kontextu, musíme mít na paměti, že celosvětová roční těžba ropy je více než 4 000 Mt, globální produkce rostlinných olejů dosahuje přibližně 200 Mt, z čehož na výrobu bionafty připadá pouze necelých 30 Mt. [16]. V Česku celková spotřeba standardních pohonných hmot za rok 2018 dosáhla objemu 8 003 mld. l (za rok 2017 to bylo celkem 7 940 mld. l) a je tvořena v rozhodující míře právě spotřebou nafty (73,4 %) a jen z 26,6 % spotřebou automobilových benzínů. [17] Je tedy dobré dívat se po náhradě.

Bionafta je alternativní palivo do vznětových motorů, které slouží jako náhrada za motorovou naftu minerálního původu, nebo, častěji, jako příměs motorové nafty. Jedná se o alternativní palivo, protože je vyráběná z obnovitelných zdrojů jako řepka či palmový olej. Velkou výhodou bionafty je její biologická odbouratelnost, která činí dle Demibrase [18] mezi 80,4% a 91,2% po třiceti dnech, zatímco běžná ropná motorová nafta se rozloží pouze z 24,5%. Na rozdíl od motorové nafty vyrobené z ropy, je bionafta vyrobena z obnovitelného zdroje, rostlinného oleje.

Bionafta na bázi metylesterů mastných kyselin se vyrábí transesterifikací rostlinného oleje a primárního alkoholu za přítomnosti katalyzátoru. Chemicky je označováno jako FAME, popřípadě FAEE, což je anglická zkratka názvu *fatty acid methylester* neboli metylester mastné kyseliny, popřípadě *fatty acid ethyl ester* neboli etyl ester mastné kyseliny podle toho, který z alkoholů je při výrobě použit, jestli metanol nebo etanol. Pokud se mísí metanol s hydroxidem sodným, a pak s olejem vylisovaným ze semen řepky olejné nebo ze sójových bobů, tak nám vedlejším produktem vznikne glycerín, který lze využít např. při výrobě zubních past nebo sirupů proti kašli.

V českém jazyce je bionafta spíše známá pod označením MEŘO, což je zkratka pro metylester řepkového oleje. Tento název je dán surovinou, z které se bionafta vyrábí. Řepka olejka je pro vysoký energetický obsah a vhodnost pěstování v Evropě hlavní plodinou pro výrobu bionafty. Další suroviny vhodné pro výrobu bionafty se mění podle oblasti produkce bionafty. Může být využitý např. sójový, palmový, slunečnicový, kokosový olej, ale také živočišné tuky a jedlé oleje již použité, podle toho se výsledný produkt dělí na bionaftu první a druhé generace. MEŘO musí být minimálně ze 31 % tvořen metylestery, zbytek jsou potom látky ropného charakteru. Technické požadavky a požadavky na kvalitu metylesterů mastných kyselin podléhají normě ČSN EN 14 214 a motorová nafta dále normě ČSN EN 590. Bionafta je obecně s naftou mísitelná v jakémkoliv poměru.

Tab. 3.1 Spotřeba FAME/MEŘO v letech 2013-2019 ve vybraných zemích

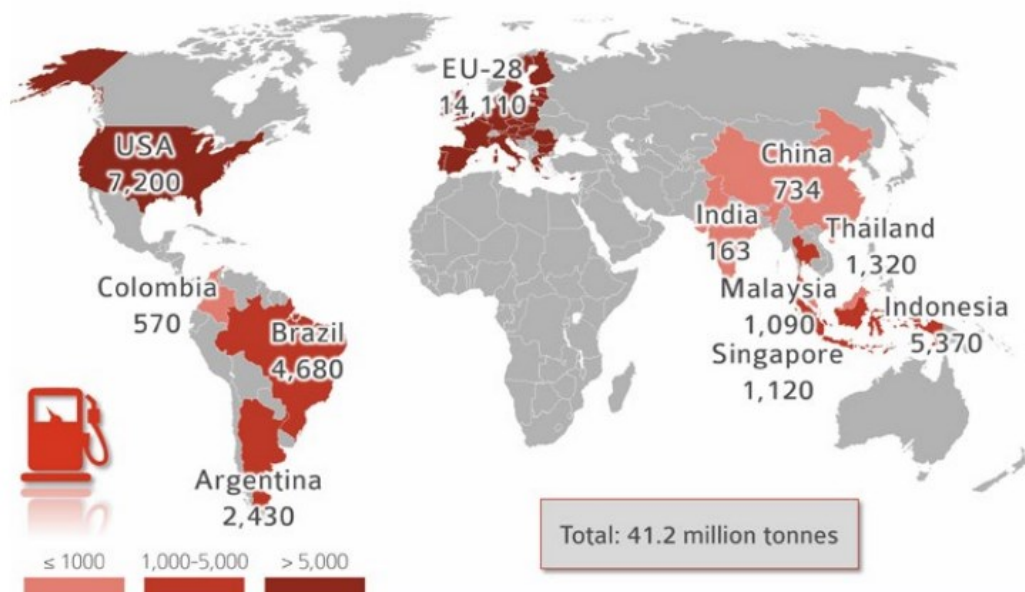
FAME/MEŘO tis l.	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Belgie	300	446	248	235	290	252	270
Německo	2600	3000	3085	3119	3208	3344	3400
Anglie	267	143	149	342	467	476	520
Francie	2100	2174	2230	1888	2095	2299	1908
Rakousko	217	292	340	307	295	287	290
Polsko	648	692	759	871	904	881	966
Švédsko	130	157	139	109	66	258	130
<b>Česká rep.</b>	<b>182</b>	<b>219</b>	<b>168</b>	<b>149</b>	<b>157</b>	<b>194</b>	<b>248</b>
Slovensko	105	101	125	110	109	110	110
<b>EU-28</b>	<b>9440</b>	<b>10689</b>	<b>10694</b>	<b>10787</b>	<b>11852</b>	<b>12563</b>	<b>12370</b>
USA	4523	4230	4217	5226	5316	5185	5742
Brazílie	2567	3009	3464	3345	3776	4708	5193
Indonésie	2411	3162	1283	2877	2742	3550	7360

Zdroj: [61].

## Above-average increase in biodiesel in the EU-28

Biodiesel production in key countries, in 2018, in 1,000 tonnes

© AMI 2019 | Source: FAS, Oil World



Obr. 3.1 Produkce bionafty v klíčových zemích

Zdroj: [62].

### 3.1.1 Situace s podílem biosložky v naftě v Evropské unii

Řepkový olej je dominantní složkou bionafty v Evropské unii a v roce 2019 byl obsažen celkově v 43% celkové produkce. Její podíl však klesá od vrcholu v roce 2008, kdy byl řepkový olej v 72% biosložky. Za tento jev jsou zodpovědné zejména dva faktory. Prvně je to recyklace použitého oleje, který je zpracováván pomocí hydrogenace a následně přimícháván do nafty pod názvem HVO. Druhým důvodem je nízká cena dováženého methyl esteru sójového oleje (SME) a methyl esterů palmového oleje (PME). Dále je očekáváno, že v roce 2020 klesne celková úroda řepky kvůli zákazu tří insekticidů.[2]

Recyklovaný použitý olej na smažení (UCO) byl druhou nejdůležitější částí biosložky. Tak vysokého podílu však bylo dosaženo pomocí legislativní úpravy, kdy je použitý UCO počítán jako ekvivalent dvojnásobného množství, ve srovnání se zdrojem biopaliva první generace. K tomuto kroku přistoupily státy jako Rakousko, Belgie, Chorvatsko, Francie, Maďarsko, Irsko, Polsko a další. Německo a Česká republika šly cestou uplatnění mandátu. Od roku 2016 se roční přírůstky snižují. V roce 2019 byly největšími producenty UCO methyl esterů Nizozemí, Německo, Velká Británie, Portugalsko, Španělsko a Rakousko. Dohromady vyprodukovali 90% této komodity.

Na rok 2020 byl predikován pokles o 7% kvůli nedostatku použitých olejů. V celé EU se výkup a sběr použitého kuchyňského oleje zpomalil nebo zcela zastavil kvůli protipandemickým opatřením souvisejícím s uzavřením restaurací nebo omezením jejich provozu. To vytváří prostor pro případný import této komodity z Číny, jednoho z hlavních dodavatelů do EU, Čínu však postihla stejná situace s uzavíráním a omezováním restaurací jako Evropu.

Palmový olej je třetí ve svém podílu v biosložce v roce 2019. Jeho spotřeba klesla o 7% kvůli zvýšené ceně PME z Indonésie. Palmový olej se používá zejména ve Španělsku, Itálii, Francii a Nizozemí, daleko méně pak ve Finsku, Německu a Portugalsku. Pro rok 2020 byla predikce celkového objemu pro Evropu srovnatelná, protože nižší spotřeba ve Španělsku je vyvážena zvýšenou produkcí ve Francii.

Palmový olej je velmi kontroverzní komoditou, a tak se Evropská unie rozhodla v roce 2019 zavést clo ve výši 8-18% na palmový olej. V reakci na toto nařízení Indonésie zvýšila povinný podíl biosložky ve své domácí naftě z 20% na 30% od ledna 2020, což mělo za následek významné snížení exportu, a odhaduje se, že jejich celková domácí spotřeba bude 7,8 milionů t. Za první kvartál tak bylo exportováno pouze 2 000 t oleje ve srovnání s 337 000 t za první kvartál předchozího roku. [19] Evropská unie dále rozhodla, že od roku 2023 do roku 2030 se bude snižovat až na 0% podíl palmového oleje v biosložce nafty.

Použití sójového oleje a palmového oleje v bionaftě je omezeno EU normou DIN EN 14214 a chladným podnebím. SME nesplňuje vlastnosti jodidových hodnot, (které se používají jako indikátory oxidační stability) a PME má vyšší bod tuhnutí než RME a SME, takže neposkytuje dostatečnou stabilitu v zimě v severní Evropě. Na druhou stranu je zde snaha o maximální užití SME a PME pro jejich nižší cenu. Norma se dá splnit, pokud se smíchá řepkový, sójový a palmový olej. Většina sójového oleje je spotřebována ve Španělsku, následuje Německo a Nizozemí.

Norma u FAME se věnuje zejména obsahu vody, oxidační stabilitě a nízkoteplotním vlastnostem. Oxidační stabilita je ovlivněna způsobem rafinace jak výchozího oleje, tak i rafinací vyrobeného metylesteru. Pokud nejsou dodrženy v dostatečné míře požadavky na čistotu produktu, dochází ke snížení jeho oxidační stability a tvorbě usazenin, výsledkem je oxidace při skladování i v palivovém systému, dochází k ucpávání palivových filtrů. Protože je FAME citlivé na manipulaci během distribučního procesu, je nutné věnovat pozornost i mikrobiologické kontaminaci, která může významně ovlivňovat užité vlastnosti těchto paliv. [20]

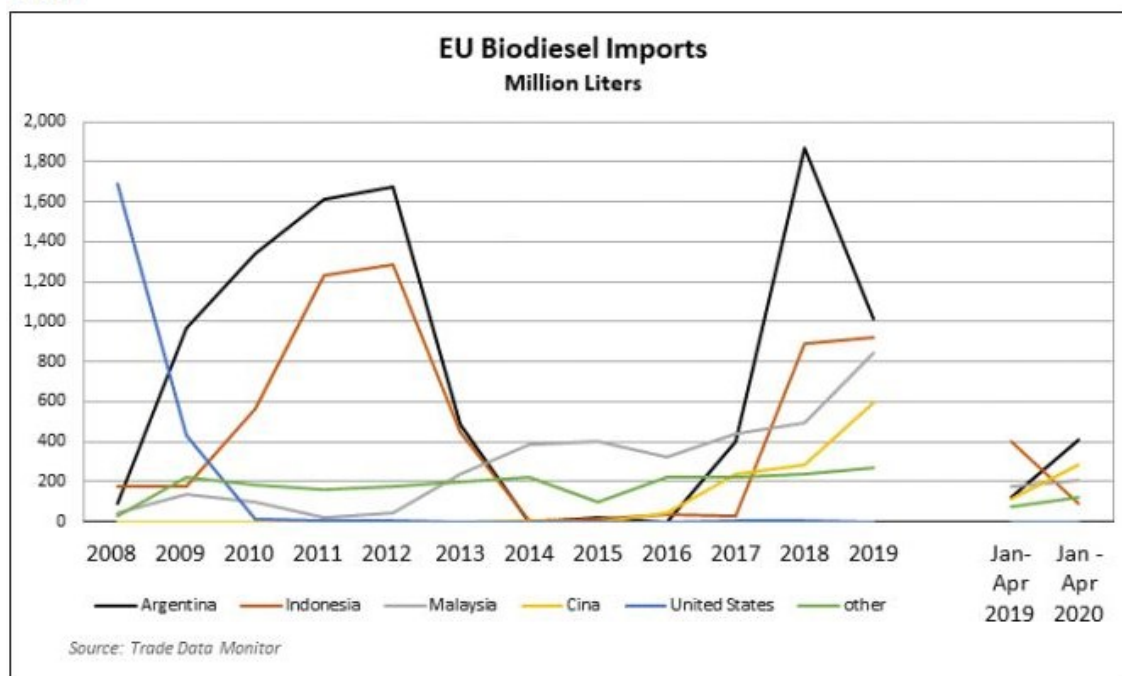


Odpadní živočišný tuk a loje (AFME – *animal fats methylesters*) není tak populární ve dvojím započítávání do objemu biosložky jako UCO, protože méně států ho takto počítá. Pouze Dánsko, Finsko, Francie, Nizozemí a Velká Británie. Navíc, Německo nezapočítává hovězí odpadní tuk mezi zdroj biopaliva vůbec, a tak ho vyváží do jiných členských států. Zvýšený zájem o zpracování je spíše důsledkem efektivity nových provozů a zvýšení kapacity provozů stávajících než jeho výkupní cenou. V roce 2019 byla největším spotřebitelem živočišného tuku v bionaftě Itálie následována Nizozemím a Francií.

Slunečnicový olej je použit pouze v 1% celkového objemu biosložky a je to zejména díky Řecku, Francii a Bulharsku, dohromady mají tyto tři státy 63% spotřebu z daného objemu. Svým dílem ke spotřebě přispívají také Rumunsko a Maďarsko.

Do kategorie ostatní můžeme zahrnout olej z borovic a dřeva (Švédsko), mastné kyseliny (Německo a Finsko) a tuk ze semen bavlníku (Řecko).

#### Trade



Obr. 3.2 Množství importované bionafty z vybraných zemí

Zdroj: [63].

### 3.1.2 Přechod na čistou bionaftu

Mnoho výrobců schvaluje používání 100% bionafty ve svých strojích. Nabízí se tedy otázka, jak postupovat, pokud se u svého stroje rozhodnu přejít na čistou bionaftu. Například americký výrobce traktorů Case IH ve své brožuře uvádí následující kroky a doporučení:

- Nádrž na naftu by měla být čistá, bez usazenin a vody,
- Doporučuje se použití baktericidního aditiva do nafty, které slouží ke zničení bakterií, hub a řas, které jsou v zárodku, a zabraňuje jejich dalšímu vytváření,
- Nepoužívat měď, mosaz, olovo a zinek v částech palivového systému,
- Nahradit gumové koncovky u strojů vyrobených před rokem 1992,
- Vyhýbat se skladování bionafty déle než 3 měsíce.



Obr. 3.3 Stroj provozovaný na bionaftu Case IH Steiger

Zdroj: [64].

Provoz zemědělských strojů na řepkový olej již zkoumalo Německo. Celkem v tomto výzkumu bylo zahrnuto 111 strojů od výrobců Deutz Fahr, Fendt, Case IH, John Deere a další. 20 traktorů bylo malých s výkonem do 74kW, 78 traktorů mělo motory do 130 kW a 1 traktor dosahoval výkonu až 560 kW. Kvůli diverzitě byly tyto stroje používány u 7 různých zemědělských firem

a odsloužily si minimálně 2400 motohodin za tři roky. Pro větší názornost byly stroje rozdílné a vybaveny různými systémy vstřikování nafty, od řadových a rotačních čerpadel, až po systém *common rail*. Některé motory nebyly ponechány sériové a byly modifikovány na provoz na řepkový olej tak, aby umožňovaly provoz v chladnějších teplotách, jiné byly ponechány sériové. Po vyhodnocení testu bylo 30 traktorů bez závad, 35 traktorů mělo závady v pohonném ustrojí za méně než 2 tisíce euro, 36 mělo závady mezi 2 a 15 tisíci euro a u 10 traktorů převýšila cena opravy 15 tisíc euro. Závady vstřikovacích čerpadel musely být řešeny u 37 strojů, vstřikovačů u 26, palivový systém u 71 strojů, 13 strojů potkaly problémy s pístem a potíže s výfukovými ventily byly řešeny u 15 traktorů. [21]

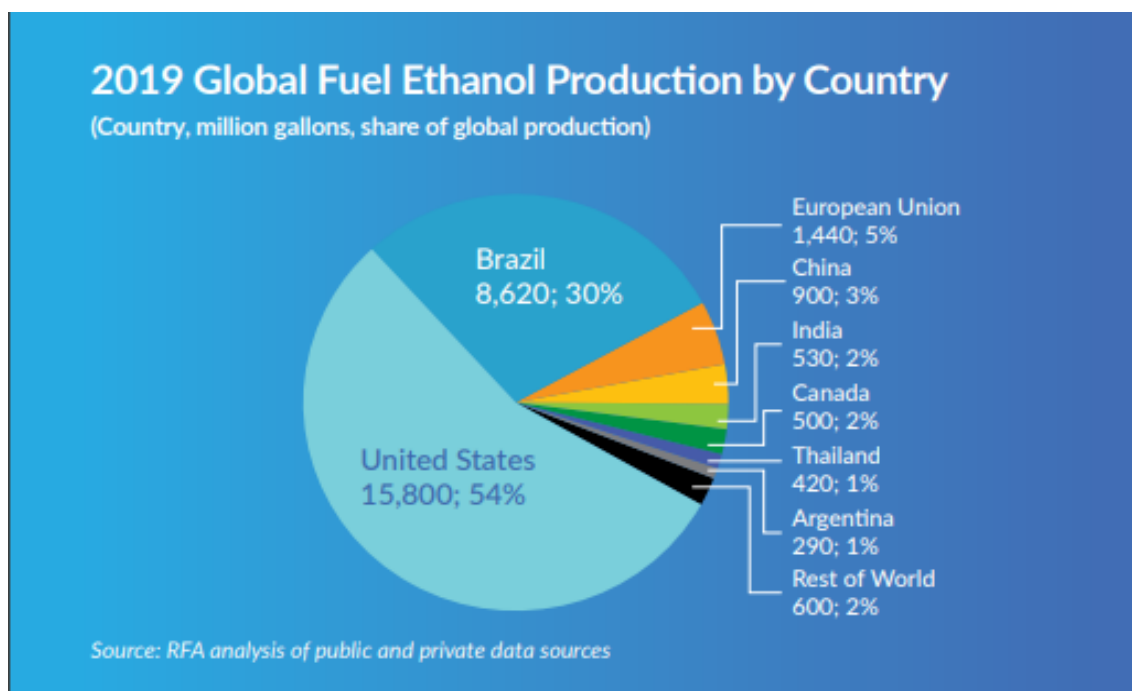
### **3.2 Bioethanol první generace**

Bioethanol první generace je složka, která se v současnosti běžně používá jako příměs do benzínu. Jeho výroba totiž není složitá, kvasinky umí na ethanol proměnit všechny rostlinné produkty, které obsahují cukry. Je-li třeba přeměnit plodinu, která má v sobě škroby nebo polysacharidy, používá se enzymů, které pomohou s přeměnou na jednoduché cukry. Poté, co proběhne kvasný proces, se ethanol destiluje a je připraven ke spálení v benzínovém motoru. Jako základ se používá zejména obilí, řepa, kukuřice a brambory. [22]

Největší podíl bioethanolu v palivu se používá v Brazílii, celkově největší objem spotřebovaného ethanolu mají Spojené státy. V případě Brazílie je to dáno historicky, kdy v roce 1975 v rámci programu zvaném *Programa Nacional do Álcool* (PROALCOOL) díky snížení závislosti na dovážené ropě zavedla Brazílie povinné přimíchávání alkoholu do benzínu. V roce 1979 to činilo 15% a podíl se zvyšoval v následujících letech. Další výhodou tohoto přístupu bylo snížení toxicity vzduchu, jelikož palivo obsahovalo méně olova. [23]

Bioethanol z kukuřice se používá i ve Spojených státech a velkou oblibu má zejména ve státech Středozápadu, protože kukuřice se tam hojně pěstuje. V konkrétních číslech je 94% ethanolu vyrobeno právě z kukuřičného škrobu. Celkově je dle reportu Renewable Fuels Association za rok 2019 produkce ethanolu ve Spojených státech zodpovědná za 68 600 pracovních míst, 43 miliard dolarů hrubého domácího produktu a 23 miliard

dolarů příjmů domácností. Jak je tedy vidět, produkce biopaliva není čistě environmentální otázkou, ale i otázkou politickou.



Obr. 3.4 Světová produkce palivového etanolu dle země původu

Zdroj: [65].

Veliká nevýhoda ethanolu první generace jako paliva je, že je vyráběn z potravin, které tak nemohou být konzumovány, a tím se zvyšuje jejich cena. [24]

### E85

Kategorií paliva, na kterou bylo dříve nahlíženo jako na výbornou alternativu, je palivo E85. Jedná se o mix, kde až 85% složky tvoří etanol, zbytek je tvořen benzínem. 85% ethanolu tvoří maximum, které se komerčně přidává do paliva, samozřejmě pro závodní využití lze namíchat palivo s až 97% ethanolu.

Využití E85 je výhodné z více důvodů, jednak pochází z přírodního a obnovitelného zdroje, rovněž emise oxidu uhličitého při spalování v motoru jsou částečně vyváženy množstvím, které zemědělské plodiny přemění na kyslík během svého růstu. V průměru lze takto emise snížit o 34%, pokud budeme brát jako zdroj kukuřičný škrob. K podstatně zajímavějším číslům se dostaneme, pokud používáme jako zdroj celulózu, ale to se jedná o biopalivo druhé generace. [25]

Výhodou E85 je vysoké oktanové číslo, které dosahuje 105 oktanů. To je výhodné z mnoha důvodů. Vysoké oktanové číslo snižuje náchylnost ke klepání a umožňuje moderním přeplňovaným motorům využít svůj potenciál. Rovněž toto palivo lépe chladí vnitřek válce. [26]

Mezi negativa tohoto paliva lze zahrnout o 33% menší výhřevnost, což v praxi znamená, že se na dosažení stejného výkonu spálí větší množství paliva. To je však ve Spojených státech vyváжено jeho nižší cenou. V České republice došlo ke zrušení podpory tohoto druhu biopaliva v roce 2020 a cenově tedy výhodnější není. [26]

Dalším negativem je ochota bioethanolu vázat na sebe vodu, a tím vytvořit korozivní prostředí v palivové soustavě. Ethanol je také antilubrikant, to znamená, že nemaže palivový systém, což je patrné zejména u dvoutaktních motorů provozovaných na E85. Toto palivo dokáže v extrémních případech i zničit palivové hadičky, pokud nejsou vyrobeny ze speciálních materiálů.

Další nevýhodou je nestálost množství ethanolu přidávaného do E85. Název sice evokuje, že by mělo jít o 85% ethanolu ve směsi, prakticky se však lze setkat i s množstvím podstatně nižším. Tento problém řeší tzv. *Flex Fuel* systém, který dokáže na základě dat z čidla klepání spočítat, o jaký mix se jedná, a lze tak vozidlo používat jak na E85, tak na jakoukoliv směs E85 a benzínů, v případě nutnosti i na čistý benzín.

Nejzásadnějším problémem i z morálního hlediska je ovšem produkce zemědělských plodin pro účel produkce paliva. Mezi roky 2005 a 2008 se kukuřice zdražila trojnásobně, pšenice a rýže zhruba dvojnásobně. Navíc použití těchto plodin jako palivo mělo vliv na potravinovou krizi v letech 2007 a 2008, jež podle Světové banky dostala 110 milionů lidí pod hranici hladu. [27]

Dle Fraunhoferova institutu dokonce celková uhlíková stopa po započtení orby, hnojení a sklizně dosahuje 150 kg kysličníku uhličitého na GJ energie oproti 85 kg v případě ropného benzínu. [27]

### 3.3 LNG

LNG (*liquefied natural gas*), jedná se o zemní plyn zmrazený na teplotu  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a právě při procesu mrazení se stane z plynu tekutina, která má namodralé, netoxické a nekorozivní vlastnosti. Zmrazením lze dosáhnout zmenšení objemu až 600x oproti zemnímu plynu, což představuje obrovský benefit při skladování a transportu. [28] LNG je z velké části tvořen metanem. Dalším benefitem je jeho energetická hustota srovnatelná s ropnými palivy, která dosahuje 55MJ/kg neboli 22 MJ/l.

K prvnímu reálnému využití LNG došlo poprvé v 50. letech v SSSR, kde byl plyn z nalezišť u Azovského moře použit k pohonu zemědělských strojů [29]. Společnost Shell v roce 1964 začala veřejně obchodovat s LNG a dodala technologii pro první elektrárnu na LNG na světě. O růstu důležitosti této komodity svědčí zvyšující se objem přepravy, kdy v roce 1964 bylo přepraveno 80 000 t, v roce 2000 to bylo 100 milionů t a v roce 2017 už 300 milionů t. [30]

Nabízí se srovnání s CNG pro jejich podobné vlastnosti, avšak existuje celá řada rozdílů. Rozdílný je např. způsob tvorby. CNG je stlačováno, aby se dosáhlo požadovaných vlastností, zatímco LNG je zmrazováno, aby bylo dosaženo zkapalnění. Právě proces mrazení je energeticky náročný, a proto je cena LNG vyšší. Proces je však reverzibilní a lze tak z LNG získat zpět zemní plyn, například pro domácnosti, a jeho zkapalnění se tak může používat pouze při transportu.



Obr. 3.5 Loď dopravující LNG

Zdroj: [66].

V dopravě představuje LNG oproti CNG výhodu právě ve své velikosti, která je třikrát menší než CNG, ale i díky energetické hustotě, kdy je reálný více než trojnásobný dojezd, a tak jej lze využít i u dálkových kamionů. Například nákladní vozidlo Iveco Stralis nabízí velikost dvou palivových nádrží o celkové kapacitě 1080l, které umožňují načerpání 390 kg LNG a dojezd až 1500 km. [31]

Další přidanou hodnotou, o které se příliš nehovoří, je fakt, že vozidla provozovaná na LNG nemusí mít pro splnění emisní normy Euro 6 žádné zásadní emisní systémy, jako například EGR, vstřikování močoviny pro redukci oxidů dusíku s filtrem SCR, nemusí mít ani filtr pevných částic ani vstřikovače na dodatečné vstřikování paliva.

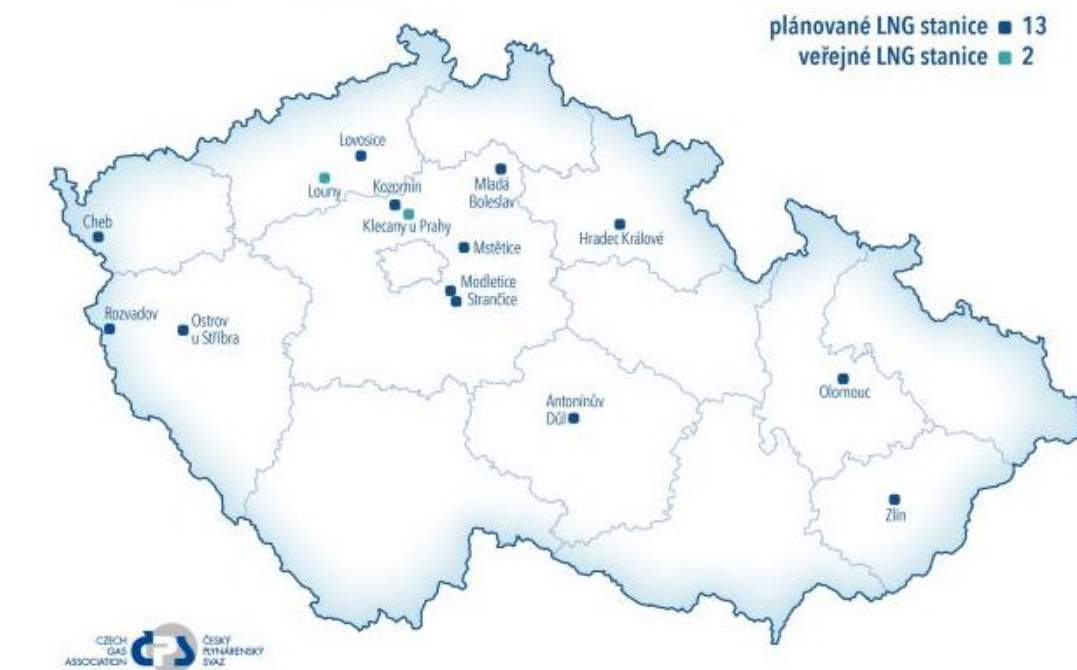


Obr. 3.6 Systém LNG ve vozidle

Zdroj: [60].

Zásadním negativem je nutnost uchovávat LNG při nízkých teplotách, což je finančně i technologicky náročné, pokud totiž teplota vzroste, z tekutiny se stává opět plyn, který se může odpařit ven z nádrže. Druhým negativem, které je však dočasné, je nedostatečná síť čerpacích stanic. V roce 2020 byly v celé České republice pouze 2 veřejné plnicí stanice na LNG, oproti 219 veřejným a 226 domácím plnicím stanicím na CNG. Rovněž počet vozidel je velmi rozdílný, v roce 2020 bylo registrováno 27 478 na CNG oproti pouhým 36 na LNG. [32]

## Veřejné plnicí stanice LNG v České republice



Obr. 3.7 Mapa stanic LNG

Zdroj: [67].

Testování LNG probíhá v mnoha zemích, například ve Švédsku přešla společnost GDL na BioLNG ve spolupráci s výrobcem nákladních vozidel Volvo a poskytovatelem plynu firmou Gasum, která provozovala v roce 2020 13 z 23 plnicích stanic ve Švédsku. Výsledkem jsou ve srovnání s HVO naftou emise oxidu uhličitého nižší o 90% a náklady na palivo nižší o 25%. [33]



Obr. 3.8 Plnicí stanice a tahač na LNG

Zdroj: [33]



## 4 Biopaliva druhé generace

Zatímco biopaliva první generace soutěží na polích s potravinami, druhá generace biopaliv nabízí alternativy, které naopak spotřebované potraviny recyklují. Dále se může jednat o geneticky modifikované plodiny, které mají vyšší podíl celulózy proti ligninu nebo o recyklaci odpadních kuchyňských olejů. V současnosti známe tyto technologie:

- hydrolýzu celulózy a následná anaerobní fermentace na bioalkoholy a syntetická paliva,
- pyrolýzu biomasy na syntézní plyn s následnou FT syntézou,
- hydrotermické štěpení biomasy,
- technologie BTL,
- výrobu bioplynu BNG (biomethanu) ze zemědělského odpadu,
- výroba alifatických a cyklických uhlovodíků katalytickou dezoxidací nepotravinářské biomasy,
- hydrogenaci použitých kuchyňských olejů.

V Česku např. biopalivo z kafilerních tuků, tedy odpadů z potravinářství a gastronomie, vyrábí firma Oleo Chemical, ve výrobním závodě v Liberci. V roce 2018 vyrobila 50 000 t bionafty z odpadních kalifikačních tuků. Budoucnost Olea Chemical je ale nejistá, firma je v konkurzu. Firma svůj produkt prodává výhradně do zahraničí například firmám Shell a Vitol. [34]

Koncem roku 2018 začala výroba bionafty z odpadů také v továrně BioVis v Ústí nad Labem. Provoz patří Chemoprojektu. Tato firma vyráběla v roce 2019 36 000 t biopaliv ročně, plná roční produkce však činí 70 000 t. BioVis do roku 2016 produkoval i biopaliva z řepky, jejich výrobu však pro neekonomičnost ukončil. [35]

Prvních pět tisíc tun bionafty z odpadu vyrobila v roce 2018 i firma Agrofert, která je v Česku jinak dominantním výrobcem řepkového biodieselu. Na bionaftu druhé generace používá stejnou surovinu jako BioVis, tedy použité kuchyňské tuky. [34]

Biopaliva 2. generace z dřevní štěpky pak v rámci evropského projektu COMSYN vyvíjí výzkumně-vzdělávací centrum UniCRE patřící do holdingu Unipetrol. Komerční využívání takto vyrobených biopaliv předpokládá ředitel UniCRE Jiří Hájek během 5–8 let.

## 4.1 Bioetanol

### Výroba bioethanolu druhé generace:

Při výrobě etanolu lze použít biomasu na bázi dřevnatých a lignocelulosových surovin. K těmto surovinám patří rychle rostoucí energetické plodiny (např. vrba, blahovičník, eukalyptus), zbytky ze zemědělské produkce (sláma, řepné řízky, vylisovaná cukrová třtina), zbytky ze zpracování dřeva, jiné dřevnaté odpady (kůra, piliny) a organické podíly komunálního pevného odpadu (papír, lepenka). Technologie výroby bioethanolu z lignocelulosové biomasy je poměrně složitá. V současné době je předmětem rozsáhlé výzkumné činnosti a její významnější komerční využití se předpokládá v horizontu několika let. Důvodem zájmu o tuto surovinu je fakt, že je k dispozici ve značném množství a je levnější než potravinářské plodiny, obzvláště pokud se zaměříme na různé druhy odpadů. Zpracování lignocelulosové biomasy na bioethanol vykazuje taktéž lepší energetickou bilanci. [36]

## 4.2 HVO (Hydrogenačně upravený rostlinný olej)

V potravinářském průmyslu je katalytická hydrogenace rostlinných olejů známá jako technologie, která se používá pro ztužování tuků. Cílem je částečná nebo úplná hydrogenace uhlovodíkových řetězců nenasycených mastných kyselin vázaných v molekulách triacylglycerolů. Chemická podstata esterových skupin ale zůstává zachována, takže v případě úplné hydrogenace rostlinných olejů je produktem směs triacylglycerolů nasycených mastných kyselin. Při hydrogenaci rostlinných olejů za účelem výroby dieselových biopaliv nejsou žadáným produktem triglyceridy mastných kyselin, ale uhlovodíky. Při hydrogenační přeměně rostlinných olejů na uhlovodíky tak dochází k daleko významnějším a zásadnějším chemickým změnám, které vyžadují vyšší reakční teplotu a tlak. Pro označení procesu hydrogenační přeměny rostlinných olejů na uhlovodíky se používají různé výrazy; nejčastěji se tento proces označuje termínem hydrogenace, můžeme se ale setkat i s pojmem hydrokrakování nebo též hydrodeoxygenace. Pro finální uhlovodíkové produkty hydrogenace rostlinných olejů se v anglické literatuře používá zkratka HVO (*hydrotreated vegetable oil*). Jako HVO se přitom často označují i produkty částečně nebo zcela vyráběné z upotřebených kuchyňských olejů a odpadních tuků, přestože odpadní původ biomasy u tohoto produktu poněkud lépe vystihuje označení HEFA (*hydrotreated esters and fatty acids*). [16]

Hlavním produktem tohoto procesu je uhlovodíková směs, která svým destilačním rozmezím odpovídá motorové naftě (cca 200–360 °C), přičemž kvalita tohoto biopaliva je mnohem vyšší než kvalita bionafty (FAME), a dokonce i vyšší než kvalita standardní motorové nafty vyrobené z ropy.

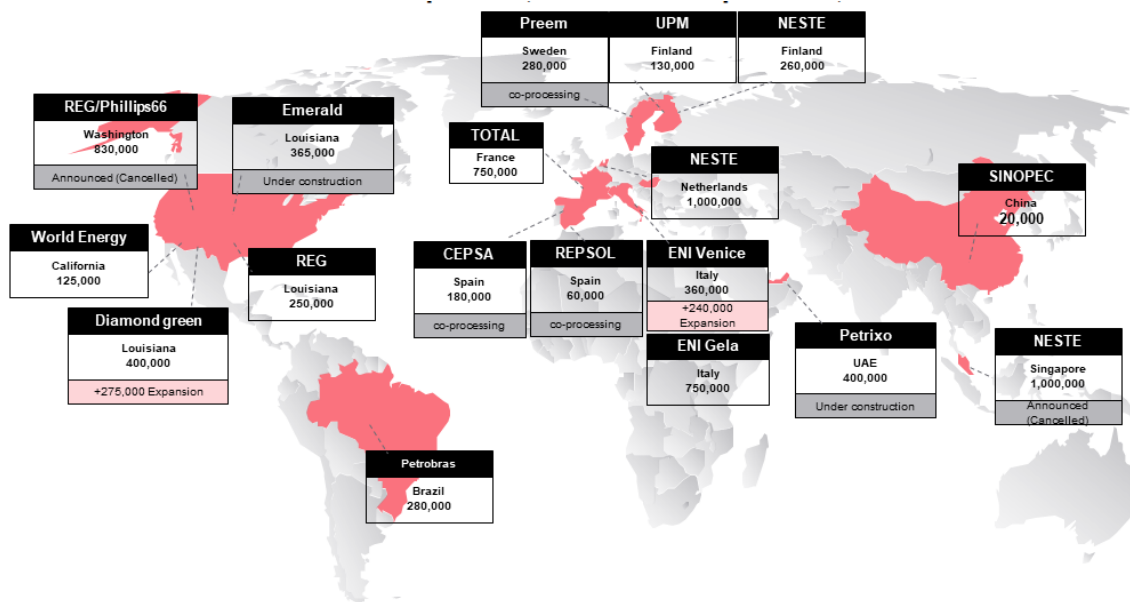


Obr. 4.1 Barva nafty s 30% HVO (světlá) a barva nafty s řepkovou biosložkou

Zdroj: [8].

Při průmyslové výrobě HVO vzniká rovněž menší množství lehčích uhlovodíků, jejichž podíl lze do jisté míry ovlivnit nastavením provozních podmínek celé technologie. Vedle HVO vhodných jako náhrada nafty vzniká i specifická obdoba benzínu a petrolejové frakce, kterou je možné využít jako alternativní palivo pro letecké turbínové motory, a také při hydrogenaci vzniká z 1 t rostlinných olejů a živočišných tuků zhruba 50 kg biopropanu. [16]

V Evropě je největším výrobcem HVO finská společnost Neste Oil vyrábějící HVO v rafineriích ve Finsku, v Singapuru a v Nizozemí. V roce 2015 činila celková kapacita těchto jednotek 2,4 Mt HVO. Pro výrobu HVO, dle svých webových stránek, využívají z více než 60% suroviny odpadního charakteru (zvířecí a rybí tuk a odpadní produkty z rafinace olejů). Zbylé oleje pak tvoří palmový olej, příp. menší množství jiných rostlinných olejů.



Obr. 4.2 Výrobní HVO paliva (instalované a plánované)

Zdroj: [68].

Správné značení motorového paliva obsahujícího HVO dle ČSN EN 16942:

- Čisté HVO se značí symbolem XTL,
- Směs HVO s motorovou naftou při zachování odpovídající hustoty směsi, je správně označení B7,
- Obsahuje-li směs vyšší podíl FAME, řídí se označení jeho podílem (B20, B30).

Výrobce nákladních vozů Scania uvádí, že při spalování HVO je možné dosáhnout snížení emisí CO<sub>2</sub> o 85%. Zvýší se náklady na pohonné hmoty ve srovnání s běžnou motorovou naftou, avšak požadované servisní intervaly motorů zůstávají stejné.

Prvním krokem Scanie bylo schválení paliva HVO pro nákladní vozidla a autobusy s motory Euro 5. U vozidel Euro 6 pak v tuto chvíli probíhají provozní testy, do kterých se zapojilo několik švédských dopravců.

Test jízdy na čisté HVO provedl v roce 2013 motoristický časopis *Svět motorů* ve voze Škoda Octavia 1.9 TDI 77 kW, vyrobenou v roce 2009, plnící emisní normu euro 4 a bez filtru pevných částic. Výhody shrnul Vaculík [37] následujícím způsobem:

- HVO neobsahuje aromáty ani síru.

- Mnohem méně váže vodu a má téměř neomezená oxidační stabilitu, takže nevádí delší skladování.
- Na rozdíl od MEŘO neobsahuje kovy jako vápník, draslík, a fosfor, takže nezanáší vstřikovače.
- Velmi vysoké cetanové číslo, které znamená lepší kulturu chodu motoru.
- Vyšší výhřevnost v přepočtu na kilogramy.
- Podstatně menší kouřivost, vozidlu byl na naftu naměřen součinitel absorpce 1,05 (neprošel by na STK) na HVO 0,62 (vůz by prošel bez problému).

### 4.3 GTL

GTL (*Gas To Liquid*) je souhrnný termín pro různé technologie pro přeměnu zemního plynu na kapalné uhlovodíky, případně jiné kapalné produkty. V současné době se termín GTL nejčastěji pojí s technologií, která je patentovaná firmou Shell, jejímž nejvýznamnějším produktem je motorová nafta [38]. Nejedná se o úplnou novinku, jelikož provozuje tyto technologie ve svých zařízeních v malajském Bintulu od roku 1993 a s vývojem začala firma podstatně dříve, v sedmdesátých letech. V Malajsii se jedná o malou rafinerii, která vyrábí 14 700 barelů tohoto vysoce kvalitního paliva denně (1 barel = 159 litrů). V současnosti jsou další dvě výroby BTL v Kataru. Jedna vznikla spoluprací mezi Qatar Petroleum (51%) a firmou Sasol (49%), druhou provozuje právě Shell a Qatar Petroleum.

Základ celé technologie tvoří zpracování zemního plynu na syntézní plyn následováno produkcí uhlovodíků (syntetické ropy) Fischer-Tropschovou syntézou a přepracování získaných uhlovodíků na kvalitní motorová paliva. Největšího výtěžku je dosahováno právě u motorové nafty, která je pro složení meziprojektu (převážně parafinické uhlovodíky) velmi kvalitní, má vysoké cetanové číslo a zanedbatelný obsah síry a aromatických uhlovodíků.

Náhrada nebo přídavek GTL v sobě skrývá několik pozitiv, dle firmy Qatar Petroleum. Jedním je, že zásoby zemního plynu jsou větší než zásoby ropy, druhým je snazší transport kapaliny do místa spotřeby, tedy za předpokladu, že těžba a zpracování jsou realizovány ve stejné lokalitě. Její doprava na světové trhy může probíhat prostřednictvím existující běžné infrastruktury používané pro transport ropy, jejíž kapacity by

se při poklesu její těžby měly dále uvolňovat. Další zásadní benefit je, že naftová vozidla jím mohou být poháněna a nemusí se tak měnit komponenty v palivovém systému. A konečně musíme také zmínit čistotu spalování, která je lepší ve srovnání s jinými alternativami právě pro čistotu a kvalitu produktu. Kapalné produkty Fischer-Tropschovy syntézy jsou bez síry, dusíku, neobsahují těžké kovy ani asfalteny a soli. Jejich přimícháváním do surové ropy se v rafineriích vyrobené produkty podstatně zkvalitní.



**Shell**  
**GTL Fuel Diesel**

Obr. 4.3 Porovnání GTL paliva a nafty

Zdroj: [69].

## 5 Třetí generace biopaliv

### Řasy

Řasy jsou fotoautotrofní (jen výjimečně heterotrofní) organismy schopné fotosyntézy, jejichž funkce v ekosystému je primární produkce organické hmoty. A právě organická hmota z řas (tuky) jako biopalivo by mohly být alternativou ropných paliv. Například společnost ExxonMobil, jedna z největších ropných společností na světě, investuje do vývoje miliony dolarů a chce dle svého tvrzení z roku 2018 v roce 2025 produkovat 10 000 barelů paliva z řas denně.

Zásadní problém, který je třeba vyřešit, představuje způsob, jakým řasy ukládají tuky. K produkci tuku jim totiž musí chybět dusík. Bílkoviny obsahují dusík a tuky nikoliv, takže pokud dojde k omezení dusíku, řasy přeměňují uhlík z kysličníku uhličitého a sluneční energii na tuky pro případ energetické nouze. Tento proces probíhá ze stejného důvodu, pro který lidské tělo přeměňuje cukry na tuky. A zde nastává zádrhel a důvod, proč mnozí odborníci lámali a lámou nad řasami hůl. Řasy používají dusík k produkci enzymů a cukry s enzymy na tvorbu tuků, ale zároveň potřebují dusík pro tvorbu chlorofylu, který jim umožňuje zachytit sluneční energii. Tedy, nedostatek dusíku vede sice k větší produkci tuku v buňce, ale také k menšímu růstu řasy kvůli nedostatku chlorofylu (a následně množství produkované a ukládané energie). Je tedy nutné zajistit, aby byl nedostatečný růst vykompenzován množstvím uloženého tuku v buňce. [39]

Zdrojem optimismu by mohl být výzkum publikovaný v *Nature Biotechnology*, který tvrdí, že množství tuku (který může sloužit jako palivo) se u řasy *nannochloropsis gaditana* podařilo zdvojnásobit. Bylo k tomu zapotřebí aplikace CRISPR–Cas9, která umožňuje změnit část genomu a přepsat 18 z 20 transkripčních faktorů bránících řase hromadit tuk. Vědcům se podařilo dosáhnout toho, že řasy dokáží lépe přeměňovat cukry na tuky, a to z 20% u obyčejných řas na 40-55% u zmutovaných řas. [40]

Brown [39] k tomu dodává, že řasy byly šlechtěny i s ohledem na přežití ve volné přírodě, a to v různě slané vodě, při rozdílných světelných a teplotních podmínkách. Největší překážkou tak stále zůstává produktivita a schválení ve Spojených státech od EPA.

ExxonMobil však není jedinou firmou, která se snaží vyvinout tento způsob alternativního paliva, stejný záměr mají firmy DU Pont a Bio Architecture Lab of Seattle, které získaly dotaci a snaží se přijít na efektivní způsob, jakým by se daly řasy přeměnit na biobutanol. Chtějí vyrobit surovinu s podobnou strukturou, jako má celulóza, protože ta by mohla mít větší energetickou hustotu než bioetanol a mohlo by se jí tedy přidat do benzínu více. Výchozí myšlenka je výborná, ale technologicky se stále nepovedlo vyladit přeměnu řas na cukry ani jejich zpracování s použitím biokatalyzátorů. [41]

Biobutanol má výhodu v tom, že je biologicky odbouratelný, naopak nevýhodou je nižší oktanové číslo ve srovnání s bioethanolem, což bude vyžadovat jiný přístup při míchání benzínu s touto složkou a rafinérskou výrobou. Důležité bude omezení přídavku olefinů a větší tlak na mísení isoalkanických frakcí s nízkou citlivostí paliva, avšak není důvod předpokládat, že by si rafinérské společnosti neporadily. Další výzvou je relativně vysoká viskozita v porovnání s uhlovodíky a nižšími alkoholy. Tento aspekt bude důležitý u směsných paliv při mrazivých teplotách, protože vysoká hustota bude více namáhat palivové čerpadlo. Toto však lze řešit obdobným způsobem jako u bionafty, například předehřevem paliva.

Pro výrobu biobutanolu byla objevena vhodná bakterie s názvem *Clostridium tyrobutyricum* a vyšlechtěna bakterie *Clostridium acetobutylicum*, které v synergetickém procesu mají výtěžnost 42-45%, kde první má funkci přeměny glukózy na kyselinu máselnou a vodík a druhá mění kyselinu na butanol. Výroba probíhá ve dvou fermentátorech a na konečnou destilační fázi putuje butanol pouze s 10% vody. Při první fázi se uvolňuje vodík, který může zvýšit energetickou výtěžnost o 18%.

Obrovskou výhodou řas je potenciálně až stonásobně vyšší výnos než u polních plodin, kdy z jednoho hektaru lze vyrobit ze sóji 470 l biopaliva, z řepky 1 200 l a z řas 66 000-94 000 l z jednoho hektaru.

Dalším potenciálním pozitivem je využití řas pro čištění odpadní vody.

Naopak výraznou nevýhodou je značná spotřeba vody k přeměně řas na biopaliva. Dle výzkumů [42] je třeba na 1 litr biopaliva až 3000 l vody. K tomu, aby mohla být výroba biopaliva z řas úspěšná, bude třeba snížit spotřebu vody a také celkově vylepšit ekonomickou stránku celého procesu. [43]



S ohledem na další výzkum jsou relevantní následující otázky: jak dostat vodu ven z řas, jak z nich dostat olej, co udělat s bílkovinou, která zbyde po odstranění oleje a jak celkově optimalizovat proces výroby paliva.

## 6 Elektromobilita

Se vším mediálním rozruchem, který elektromobily v současné době působí, je velmi těžké připustit, že elektrické automobily nebo hybridy nejsou žádnou novinkou; první takový vůz se proháněl po Zemi již v roce 1832 a sestrojil ho Robert Anderson [44]. V roce 1889 byl představen první elektrický vůz ve Spojených státech. První hybridní vozidlo spatřilo světlo světa v roce 1901, kombinovalo elektrický pohon s bateriemi a spalovacím motorem a na svědomí jej neměl nikdo jiný, než Ferdinand Porsche. Elektromobily se staly velice oblíbeným dopravním prostředkem, a to zejména díky své jednoduché konstrukci, spolehlivosti a snadnému ovládní. Dalším významným plusem byl fakt, že nešpinily motoristy jako jiná vozidla a byly tiché, ale na druhou stranu byly pomalé a velice drahé.

Z Čechů přispěl do automobilového průmyslu František Křižík, který sestavil svůj elektromobil v roce 1895. Jeho vůz měl poháněnou zadní nápravu, nad kterou byl umístěn akumulátor se 42 články z olova. Celkový výkon tohoto stroje byl 5 koní. [45]

Po vynálezu startéru roku 1912, a také pro levnou sériovou výrobu, začaly spalovací automobily významně konkurovat elektromobilům. Fordy T byly asi o polovinu levnější než elektroauto, i cena benzínu klesala s nárůstem těžby ropy. V průběhu let tak vozy se spalovacím motorem vytlačily elektroauta. [46]

### 6.1 Hybridní pohon

Hybridní pohon dává dohromady několik zdrojů energie, které pohání jeden dopravní prostředek. Jedná se například o využití spalovacího motoru, palivového článku, elektromotoru a akumulátoru. Nejčastěji se ale setkáváme s kombinací elektromotoru a spalovacího motoru. Důvodem takového slučování je eliminace nevýhod daného pohonu. Problém s malou kapacitou akumulátorů v případě elektrického pohonu řeší spalovací motor, a naopak elektromotor pomáhá redukovat emise způsobené spalovacím motorem, zejména při jízdě v městském provozu. [47]

Hybridní pohon je zajímavý hlavně proto, že samotný spalovací motor má nízkou účinnost. Ta se pohybuje někde mezi 25% a 40%. Nejvyšší účinnosti u sériového vozu

dosahuje Toyota se svým motorem 1.5 s kódovým označením A25-FXS s účinností až 41%, a i ten je navržen pro fungování s elektromotorem. [48]

Podle studie amerického úřadu pro energetiku má čistě elektrické auto finální účinnost 77-82%, 17% přitom dělá rekuperační brzdění, bez něhož by byla účinnost nižší a činila by přibližně 60-65%.

K největším ztrátám u elektromobilu dochází už v momentě, kdy se baterie vozu nabíjí, ztratí se tak až 16% energie. Studie ADAC zjistila, že pro nabití baterii Tesly X na plnou kapacitu 100kWh, spotřebujete ve skutečnosti 108,3 kWh, což je 8,3%. [49]

Dalších 16% jsou přirozené ztráty v pohonném ústrojí, což je logicky překonávání všech elektrických a mechanických odporů. Další ztrátovost je prakticky zanedbatelná. Celkově je pohon sice mnohem efektivnější, na druhou stranu však stále zaostává, jelikož pro svůj provoz potřebuje velmi těžké akumulátory. S tím pak souvisí relativně malý dojezd na jedno nabití baterie v řádech stovek km. Jejich spojení je tak výhodným kompromisem.

### **Rozdělení hybridů**

Slovo hybrid znamená z více původů. V případě aut tedy mluvíme o pohonu, který je řešen několika způsoby, nejčastěji kombinací spalovacího motoru a elektromotoru. U těchto pohonů rozlišujeme tři různé verze.

#### **Asistovaný hybrid (*mild hybrid*)**

Asistovaný hybrid je známý i pod anglickým názvem *mild hybrid*, protože dominantní je převážně spalovací motor, zatímco elektrický pohon spíše asistuje a ukládá také energii, která vzniká při brzdění a zpomalování a kterou dokáže využít k jízdě. Hlavním benefitem je snížení spotřeby auta a zvýšení dynamiky. Toto řešení dokáže snížit spotřebu paliva a emise CO<sub>2</sub> až o 10%. [50]

#### **Plný hybrid (*full hybrid*)**

Podstatou plného hybridu je, že elektromotor může fungovat nezávisle na spalovacím motoru, dostačuje-li kapacita baterie. Spalovací motor je zde pro případy, kdy je baterie vybitá, ale nabíjení probíhá výhradně během jízdy, není možné plný hybrid dobít elektřinou ze sítě. Elektromotor takto dokáže významně snížit spotřebu paliva a rovněž se elektromotory ukazují jako velmi spolehlivé pro tento druh pohonu.

## Plug-in hybrid

Plug-in hybridy je, na rozdíl od full hybridů, možné nabíjet ze zásuvky nebo dobíjecí stanice. Tento pohon nabízí flexibilitu, kdy při krátkých jízdách vozidlo funguje pouze jako elektroauto a zároveň majitel nemusí mít auto druhé, pokud se rozhodne jet na delší vzdálenost. Dojezd na čistě elektrický pohon bývá v řádu desítek km, proto je vhodný spíše do města. [51]

Tab. 6.1 Přehled plug-in hybridních vozů

Značka a model vozu	Dojezd na čist elektrický pohon v km
BMW i3	200
Chevrolet volt	85
Honda Clarity plug-in	77
Hyundai Ioniq plug-in	47
Kia Optima Plug in	45
Ford Fusion	42
Kia Niro plug-in	42
Mitsubishi Outlander Plug-in	35
Toyota Prius Pirme	40
Volvo S60 T8	35
Volvo S96 T8	34
BMW i8	29
BMW 530e	26
BMW 740e	23
Porsche Panamera 4 e-hybrid	23
Porsche panamera Turbo S e-hybrid	23
Mini Cooper S E countryman all4	19
Mercedes GLC350e	16
Subaru Crosstrek plug-in	27

Zdroj: vlastní zpracování.

## **Dobíjení a reálná spotřeba**

Institut Fraunhofer ISI a Mezinárodní rada pro čistou dopravu (ICCT) provedly výzkum na více než 100 tisíc uživatelů plug-in hybridů v Číně, USA, Kanadě i Evropě a potvrdily, že plug-in hybridy nejsou až tak úsporné, jak je udáváno dle normy NEDC. Zásadním problémem je nedostatečná infrastruktura dobíjení a neochota uživatelů dobíjet vůz po každé jízdě. Navíc většina veřejných dobíjecích plug-in hybridů neumožňuje tento typ dobíjení. Pro dobíjení v domácích podmínkách jsou nejlepším řešením tzv. *wallboxy*. Například Škoda Superb iV se z běžné domácí zásuvky nabíjí zhruba 5 hodin, pomocí wallboxu s výkonem 3,6 kW to trvá 3,5 hodiny.

## **6.2 Elektromobily**

Elektromobily zatím zůstávají mimo zájem většiny společnosti, jak dokazují prodeje. Změnu tohoto trendu nabízejí dotace. Například jedno z nejlevnějších aut na trhu Volkswagen UP! se prodává v základní benzínové verzi za 298 000 Kč, elektrická verze stála v zaváděcí akci 449 000 Kč, bez akce však je jeho cena 605 000 Kč. Podobný scénář nastal v některých spolkových zemích v Německu, kdy na tento typ vozidla poskytují dotaci ve výši 6000 eur. Za první tři měsíce roku 2020 se tak prodalo 20 000 těchto vozů s elektrickým pohonem, což představuje 50% všech prodejů daného modelu. [52]

Čisté elektromobily se dostávají do portfolia většiny značek. Tyto vozy nabízejí dojezd, který většině uživatelů při běžné činnosti stačí. Řada z nich nabízí dojezd přes 200 km, což se jeví jako dostatečné pro většinu uživatelů. Dle Federal Highway Administration je i dojezd ve výši 160 km dostatečný pro 90 % domácností ve Spojených státech. [53]

Tab. 6.2 Přehled čistě elektrických vozů

Výrobce a model	Dojezd v km	Cena v Kč
Kia Soul EV 30kW	448	869 000
VW e-up	250	605 000
Peugeot e208	340	810 000
Renault Zoe	395	835 000
Audi E-tron	414	1 884 900
Tesla model S	455	2 000 108
Honda E	220	889 000
Hyundai Ioniq	311	900 000
Nissan e-NV 200 Evalia	301	1 050 000

Zdroj: vlastní zpracování.

Hodnoty dojezdu jsou však měřeny dle normy, která se dle studie ADAC nejeví jako úplně přesná. Auta jezdí po silnici a v nich sedí lidé, kteří mají jiné požadavky na jízdní dynamiku a komfort, než jsou v laboratoři při testech. Navíc ani samotné nabíjení není bezztrátový proces. Dle této studie je tak třeba na plné nabití 100kWh Tesly X potřeba 108,3 kWh elektřiny.

Jako nejúspornější se jeví Hyundai Ioniq, který spotřeboval 14,7 kWh/100 km. Dodávka z dílny Nissan s názvem e-NV 200 Evalia spotřebovala téměř dvakrát tolik - 28,1 kWh/100 km. I modely průkopníka mezi moderními elektroauty Tesla S a X si řekly zhruba o 10 kWh víc než malý Hyundai. Výrobci udávaná spotřeba realitě příliš neodpovídá, ostatně stejně jako u spalovacích motorů. I nejúspornější Hyundai Ioniq má udávanou spotřebu 11,5 kWh, ve skutečnosti spotřebuje o 3,2 kWh víc. U Renaultu Zoe byla spotřeba větší o 7 kWh a u Nissanu Leaf ZE1 o 6,9 kWh. [54]

Navzdory tomu, že elektromotor může působit jako jediný systém sdílený všemi automobilkami, existuje několik různých variant:

**Kartáčový stejnosměrný**, jeho výhodou je velký točivý moment v nízkých otáčkách, naopak mezi nevýhody patří velikost, nízká účinnost a zahřívání kartáčů.

**Bezkartáčový asynchronní**, jinak zvaný též indukční, použitý například v Tesle S.

**Synchronní kartáčkový s kroužkovým rotorem**, používaný například v Renault Zoe.

**Bezkartáčový synchronní s permanentním buzením**.

Výhodou těchto technologií je, že mohou pracovat jako motor, tedy pohánět, anebo jako generátor, tedy převádět mechanickou energii na elektrickou. To skvěle ilustruje rekuperace při brzdění, kdy se elektřina ukládá do akumulátoru.

### 6.3 Původ elektřiny

O elektřině se hovoří jako o čistém pohonu. V jistém ohledu je to pravda, elektromobily samy o sobě neprodukují při jízdě žádné emise. To však neznamená, že elektřina na jejich provoz pochází ze zdrojů, které lze prohlásit za ekologické či neprodukující žádné emise. Vždyť u mnoha zemí tvoří největší podíl energie tepelná ze spalování uhlí, a to by zřejmě málokdo prohlásil za ekologické. V energetickém mixu ČR máme zastoupeny zejména jaderné a fosilní zdroje.

Tab. 6.3 Přehled zdrojů elektřiny

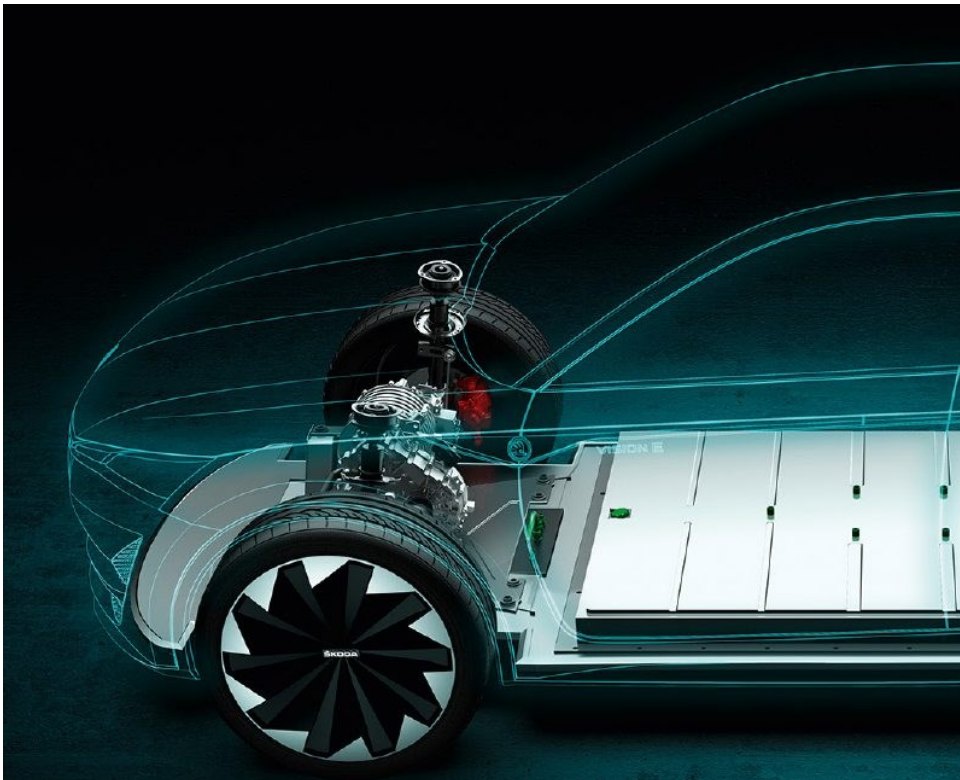
Zdroje energie	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Obnovitelné zdroje - Celkem</b>	<b>5,68%</b>	<b>10,95%</b>	<b>11,77%</b>	<b>10,11%</b>	<b>7,60%</b>	<b>6,17%</b>	<b>3,90%</b>
- Sluneční	1,96%	2,63%	2,88%	2,77%	2,14%	2,07%	1,66%
- Větrné	0,47%	0,57%	0,71%	0,63%	0,45%	0,22%	0,00%
- Vodní	1,93%	2,56%	2,67%	1,15%	1,43%	0,77%	0,44%
- Geotermální	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
- Biomasa	1,33%	2,19%	2,34%	5,57%	3,58%	3,11%	1,81%
- Ostatní	0,00%	2,99%	3,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Fosilní zdroje - Celkem</b>	<b>57,65%</b>	<b>52,77%</b>	<b>55,10%</b>	<b>59,53%</b>	<b>57,40%</b>	<b>56,95%</b>	<b>57,01%</b>
- Hnědé uhlí	40,71%	41,27%	42,15%	43,91%	43,77%	44,63%	46,18%
- Černé uhlí	6,11%	5,78%	6,31%	6,97%	5,38%	4,18%	2,84%
- Zemní plyn	8,30%	5,52%	6,41%	8,40%	5,45%	5,80%	7,74%
- Ropa a ropné produkty	0,01%	0,06%	0,05%	0,05%	0,06%	0,04%	0,15%
- Druhotné zdroje a ostatní	2,52%	0,14%	0,18%	0,20%	2,73%	2,30%	0,10%
<b>Jaderné zdroje - Celkem</b>	<b>36,67%</b>	<b>36,28%</b>	<b>33,13%</b>	<b>30,36%</b>	<b>35,01%</b>	<b>36,88%</b>	<b>39,09%</b>

Zdroj: [75].

Z uhelných dolů, ať už jsou v provozu či nikoliv, se uvolňují miliony tun důlního metanu. O tomto problému se příliš nemluví, avšak Mezinárodní energetická agentura (IEA) odhaduje, že každý rok se do atmosféry dostane 40 milionů tun tohoto skleníkového plynu, který ovlivňuje globální oteplování až 30krát více než oxid uhličitý. To znamená, že těžba uhlí se podílí na změnách klimatu, stejně jako letecká a lodní doprava dohromady. [55]

K tomu je třeba připočítat emise, které vzniknou při výrobě aut a těžbě surovin potřebných pro výrobu baterií.

Co se podpory elektromobilů týká, existuje názor, že i když elektřina nepochází z ekologického zdroje, je stále lepší produkovat emise mimo město, kde je lidé přímo nevdechují.



Obr. 6.1 Instalace elektromotoru a baterií ve vozidle

Zdroj: [70].



## 7 Vodík

Na západních trzích se objevují vozy, které mají zkratku FCV (*Fuel Cell Vehicle*). Tato vozidla používají jako palivo vodík. Ten představuje další alternativní palivo a jedná se o obnovitelný zdroj energie nenarušující životní prostředí, neprodukuje při chemické reakci CO, CH ani CO<sub>2</sub>. Největší množství vodíku je vázáno ve vodě. Energie vložená do rozkladu je ve vodíku akumulována do okamžiku zpětného převodu (řízené spalování v ZM), nebo výrobou elektrické energie v palivových článcích. Vodík také nepředstavuje alternativu k elektrickým vozům, každé auto na vodík totiž v současnosti využívá elektromotor k pohonu, ale namísto akumulátoru nabitého elektřinou ze sítě je poháněno palivovým článkem.

O tom, že se nejedná o nereálný projekt, svědčí například vůz Toyota Mirai, kterého se po celém světě prodalo již 11 tisíc. Toyota popisuje proces jízdy na vodík tak, že natankovaný vodík se uloží do vysokotlakých karbonových zásobníků. Během jízdy je přiváděn vzduch do sady palivových článků, kam proudí i vodík. Zde dochází k chemické reakci, při které se produkuje elektřina, která pohání elektromotor. [56]



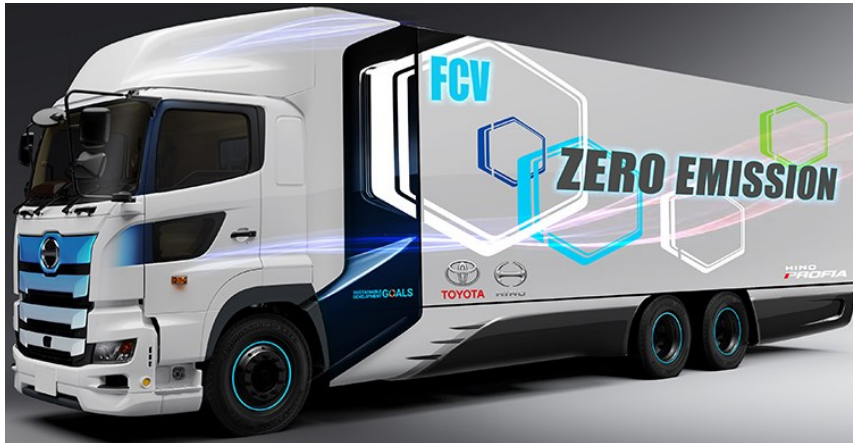
Obr. 7.1 Elektromotor a palivové články značky Toyota

Zdroj: [71].

Jako palivo se používá stlačený (25–70 Mpa), kapalný (-253°C) vodík. V ČR je první plnicí stanice stlačeného (30MPa) vodíku od 2010 v Neratovicích. Velkým benefitem je rychlost plnění, nádrž lze naplnit během 3 minut, což je srovnatelné s čerpáním běžných paliv.

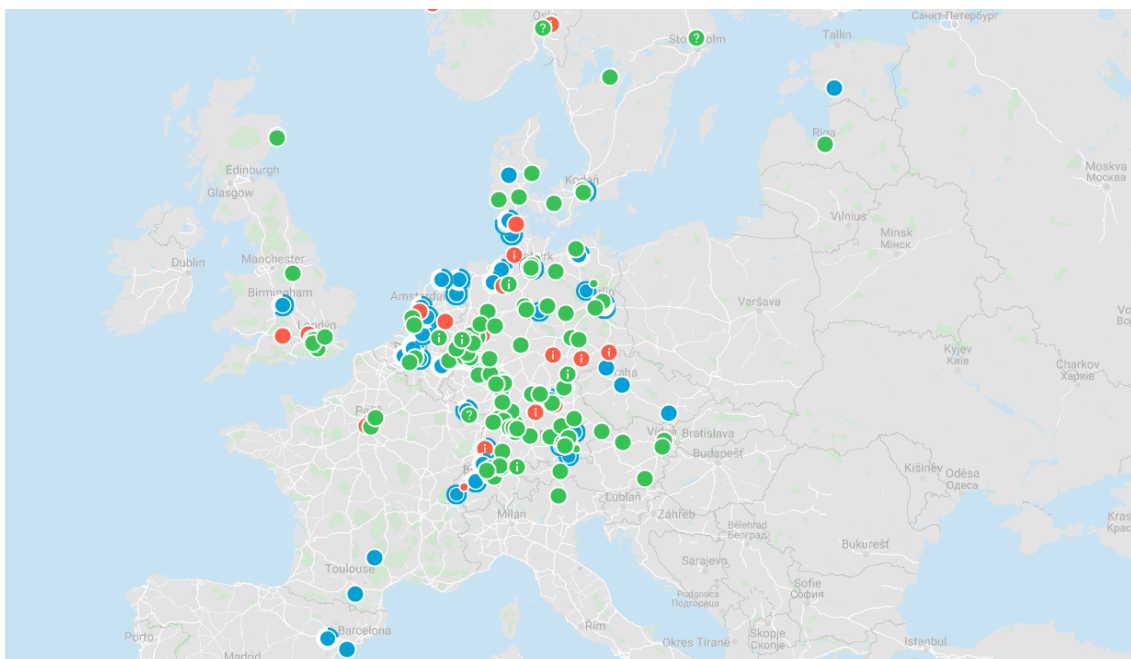
Do testování palivových článků se vrhne od roku 2022 i nákladní divize automobilky Toyota, která ve spolupráci s Hino Motors provozuje nákladní automobily s dojezdem

zhruba 600 km. Dohodly se se společnostmi Asahi Group, Seino Transportation, NEXT Logistics a Yamato Transport, že převoz nápojů, autodílů mezi závody Toyoty a dalších zásilek bude realizován právě takto. Vozidlo bude schopné odvézt až 25 tun, o ukládání elektřiny se bude starat Li-on baterie a motor bude řešen synchronním elektromotorem na střídavý proud. [57]



Obr. 7.2 Nákladní vůz na vodíkový pohon

Zdroj: [72].



Obr. 7.3 Mapa stanic, kde lze načerpat vodík jako palivo

Zdroj: [76].

## 8 Návratnost investice do vozidla na alternativní paliva

Ve vozovém parku společnosti Písky Čert jsou zastoupeny vozy jak osobní, tak nákladní. Provedu proto analýzu obou druhů. U obou kategorií jsou nabízeny alternativní pohony jak od samotných výrobců, tak i od společností, které nabízejí následnou montáž. Rozdílná je však dostupnost informací online i od samotných prodejců.

### 8.1 Osobní vozy

Ve vozovém parku společnosti Písky Čert jsou osobní vozy nejvíce zastoupeny vozy Škoda Octavia třetí generace. Jak je vidět v tabulce, náklady na provoz nových vozů jsou paradoxně vyšší než provoz vozu Škoda Octavia první generace, protože mají vyšší spotřebu i nutnost používat AdBlue. Čísla také dokládají, že průměrná spotřeba převyšuje spotřebu tabulkovou, kterou udává výrobce.

Tab. 8.1 Přehled osobních vozidel ve firmě Písky Čert a jejich reálná spotřeba

Značka a model	Spotřeba (l)	Nájezd za rok (km)	Další náklady
Škoda Octavia 1	4.5	30 000	žádné
Škoda Octavia 3	5.4	30 000	Ad blue
Škoda Yetti	6.6	30 000	Ad Blue
Škoda Superb	6.8	28 000	Ad blue

Zdroj: vlastní zpracování.

U nových vozů Škoda Octavia ve výbavě Ambition se nabízí zajímavé srovnání identického vozu v identické výbavě, ale s rozdílnými druhy pohonů.

Tab. 8.2 Náklady na provoz při nájezdu 30 tisíc km/rok

Druh PHM	motor	Cena vozu	Cena za jed. paliva	spotřeba	Náklady palivo 30tkm
Benzín	1.5 TSI	597 000	27,90	5.9	49 383
Nafta	2.0 TDI	596 000	27,30	4.5	36855
100% měřo	2.0 TDI	596 000	31.05	4.5	41917
CNG	1.5 TSI	617 000	27,35 kg	5.7 m <sup>3</sup> =4.0 kg	32820
LPG	1.5 TSI	632 000	12,21+27.9	6.5 lpg+1.3 benz	34710
Elektrína plug-in	1.4 TSI	835 000	4,80	60 km na el. Poté benzín	

Zdroj: vlastní zpracování.

Dříve byla Bionafta B100 cenově výhodnou alternativou k motorové naftě při cenovém rozdílu 2,50 Kč/litr ve prospěch bionafty. Kvůli změně daňových zákonů však bionafta již není osvobozena od spotřební daně a B100 je o cca 5,37 Kč dražší než motorová nafta, a tak prakticky zmizela z nabídky čerpacích stanic. Rovněž zvýšené náklady na servis ji nefavorizují. Za předpokladu, že se spotřeba nezvýší, nás pak bude každý rok stát toto alternativní palivo ve voze Škoda Octavia celkem 41 917 Kč, což je o 5 062 Kč více než motorová nafta. V životním cyklu automobilu 5 let a 150 000 km se jedná o částku 25 310 Kč.

Při podobné pořizovací ceně vozu se jeví jako zajímavé srovnání mezi vozidlem spalujícím benzín a naftu. V neprospěch benzínového motoru hovoří vyšší spotřeba i vyšší cena benzínu. Celkem je to 1,4 litrů pohonných hmot a tento rozdíl znamená při nájezdu 30 000 km za rok o 420 litrů spáleného benzínu více; celkem je rozdíl 12 528 Kč za rok a 62 640 Kč za 5 let. V neprospěch benzínu hraje i složitější logistika, protože naftu mohou služební vozy čerpat ze stejného zdroje jako ostatní nákladní stroje a majitel tak může dále ušetřit na pohonných hmotách díky množstevní slevě.

Další dříve velmi vyhledávanou alternativou je CNG, dříve hlavně s ohledem na nižší sazbu spotřební daně a velkou podporou koncernu VW. Spotřební daň se sice zvýšila na 2,80 Kč za m<sup>3</sup>, ale vláda se zavázala nezvýšit tuto částku nad 3 Kč do konce roku 2025. Stále je však významně nižší než spotřební daň na benzín, která je 12,84 Kč a 9,95 Kč u nafty. Navzdory vyšší spotřební dani je ale CNG stále výbornou alternativou ke konvenčním palivům, například roční náklady na pohonné hmoty jsou pouze 32 820 Kč, což je o 4035 Kč méně za rok a 20175 Kč za pět let méně ve srovnání s naftovou Octavií. Cena za CNG verzi Octavie je však vyšší právě o 20 000 Kč. Čistě technicky tedy může jedinec jezdit ekologičtěji a jedinou faktickou nevýhodou zůstává nižší dojezd kvůli malé nádrži na CNG, jelikož má kapacitu pouze 18 kg. Reálný dojezd tak činí 450 km. Provozuje-li Octavii na CNG firma, ušetří navíc na silniční dani.

Přímovstříková vozidla nemohou být provozována čistě na LPG, proto je třeba počítat na každých 100 ujetých km ještě se zhruba 1,3 l benzínu. V celkovém výpočtu tak při nájezdu 30 000 km provozovatel utratí 34 710 Kč. Tento pohon tedy vychází hůře než CNG, stále však vychází lépe než pohon čistě na benzín či naftu. Teoreticky se vyšší pořizovací cena vyplatí ve srovnání s benzínovým motorem již po 22 000 km a ve srovnání s naftou se vyplatí po necelých 30 000 km.

U plug-in hybridu velmi záleží na stylu používání. Pokud bychom brali jako průměrný roční nájezd 30 000 km, pak nám nájezd vychází zhruba na 150 km za den. Vozidlo by tedy teoreticky mohlo najet 50-60 km na elektřinu za 4,80 Kč a zbytek na benzín. Při spotřebě 6 l/100 km mi vychází náklad na palivo na km na 1,72 Kč a 51 660 Kč při nájezdu 30 000 km. Pokud připočteme ještě o více než 200 tisíc vyšší pořizovací cenu, je jasné, že takový vůz se firmě nevyplatí.

## **8.2 Nákladní vozy**

Ve firmě Písky Čert jsou využívány zejména nákladní vozy Man. Ty nabízejí, dle zkušeností, potřebnou trvanlivost při zachování výborné spotřeby. I mezi nákladními vozy však existují vozy, které se dají koupit v provedení na CNG nebo LNG. Další možností je dodatečná instalace LPG či CNG. Nyní jsou na trhu k dostání tři tahače na pohon LNG. Dostat se k informacím je velmi obtížné a ani samotní prodejci mnohdy nejsou schopni nebo ochotni poskytnout informace o produktech.

Tab. 8.3 Technické srovnání tahačů na LNG

TECHNICKÉ PARAMETRY	Iveco Stralis 460 LNG	Scania R410 LNG	Volvo FH LNG
Počet válců/ventilů	6/24	6/24	6/24
Objem válců (cm <sup>3</sup> )	12 900	12 700	12 800
Vrtání x zdvih (mm)	135 x 150	130 x 160	131 x 158
Kompresní poměr	12,0:1	12,6:1	17:01
Motorový olej v motoru (litry)	41	43	33
Největší výkon (kW/ot. za min)	338/1900	302/1900	375 kW/2300
Točivý moment (N.m/ot. za min)	2000/1100	2000/1100-1400	2100/1000-1400
Hmotnost soupravy (t)	44	44	
Pohon náprav	4x2	4x2	4x2

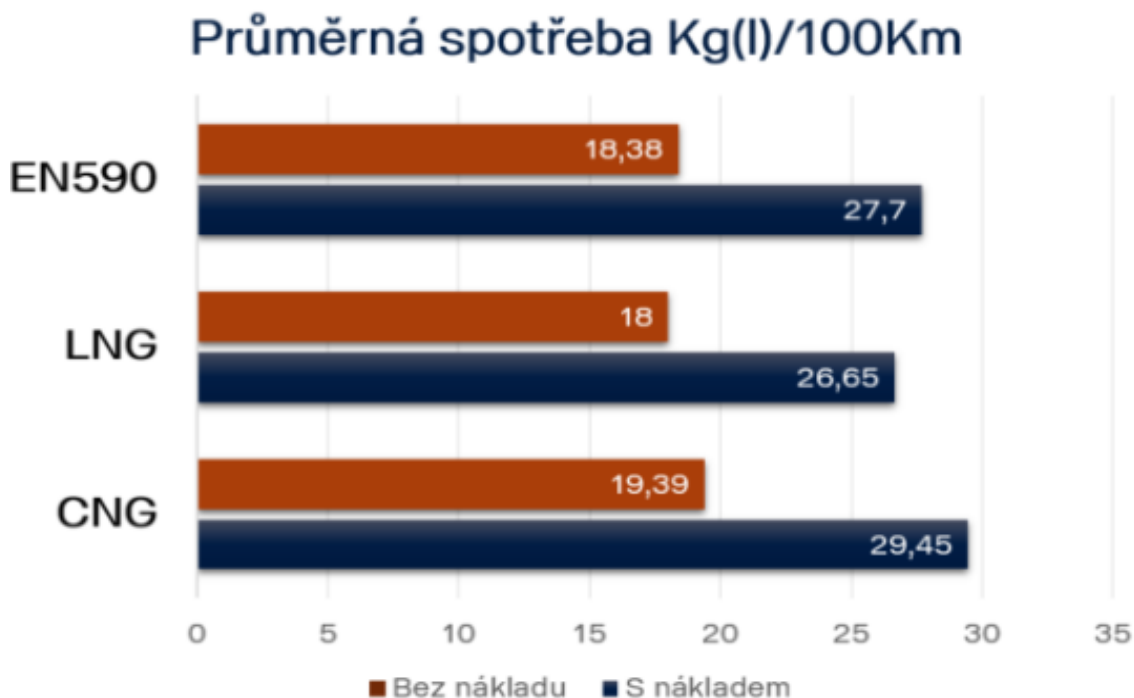
Zdroj: vlastní zpracování.

Pro porovnání ekonomičnosti provozu bylo provedeno několik testů. Jeden v České republice značkou Scania, na trase Chrášťany – Planá – Karlovy Vary – Chomutov – Louny – Chrášťany s délkou 350 km. Testován byl vůz Scania R410 poháněný LNG. Naložená souprava měla 21 t. [58]

Obdobný test provedla firma Cryogas. Ta provozovala soupravy značky Iveco, model Stralis 400, předchůdce novějšího typu Stralis 460. Firma proti sobě postavila modely na LNG a motorovou naftu, které byly provozovány na trase dlouhé 10 637 km v případě modelu na LNG a 9 504 km v případě spalování nafty. Test proběhl v roce 2017.

Z dat tedy vyplývá, že nákladní vůz naložený nákladem má na LNG spotřebu o 4–15% nižší než ekvivalentní vůz spalující naftu. Naopak při spalování CNG je spotřeba u naložené soupravy o 6% vyšší v neprospěch CNG.

V případě nenaložené soupravy je pak spotřeba nafty o 1% vyšší než spotřeba LNG, naopak spotřeba CNG je vyšší o 5% než spotřeba nafty.



Obr. 8.1 Průměrná spotřeba paliv na testovací trase

Zdroj: [58].

Od společnosti GastroNet s.r.o. s plnicí stanicí LNG ve Zdíbsku jsem v dubnu 2021 obdržel cenovou nabídku na LNG za 28 Kč za kilogram. Cena za naftu byla ve stejném období za 27 Kč. Pokud má tedy prázdná souprava spotřebu nafty 18,38 l/100 km, činí náklady 4,96 Kč na km. Při pohonu na LNG a spotřebě 18 l/100 km se dostáváme na částku 5,04 Kč na km. Při pohonu na CNG, který měl v dubnu 2021 cenu 28 Kč, se při spotřebě 19,39 l/100 km dostáváme na 5,42 Kč za km.

U naložené soupravy byla spotřeba nafty 27,7 l/100 km a náklady činí 7,48 Kč na km. LNG mělo spotřebu 26,65 l/100 km a náklady jsou tedy 7,46 Kč na km. A konečně spotřeba tahače na CNG byla 29,45 l/100 km, to znamená náklad 8,24 Kč na km.

Do výpočtů však musíme zahrnout ještě tři faktory a těmi jsou odpuštění silniční daně a mýta u pohonu na alternativní paliva, zvýšené náklady na servis u vozidel poháněných na zemní plyn a výrazně vyšší pořizovací cenu vozů na zemní plyn. Servisní náklady jsou

dle dealera značky Scania o 1 Kč na km vyšší než v případě pohonu na naftu. Naopak odpuštěné mýto a silniční daň mohou přiblížit tento druh paliva zpět k nákladům na provoz tahače na naftu. Písky Čert totiž platí přibližně 1 Kč za km na mýtu, a tak by firma uspořila cca 40 000-50 000 Kč ročně na silniční dani a až 200 tisíc na mýtu. Cena tahače je až o 40% vyšší, konkrétně Iveco S-way vychází na 3,2 milionu Kč a tahače Man používané ve firmě Písky Čert jsou pořizovány za 2,2 milionu Kč. Teoreticky se tedy dá za 4-5 let ušetřit na daních na pokrytí rozdílu mezi CNG tahačem a tahačem naftovým. Různí výrobci však mají rozdílnou cenovou politiku, například Scania vychází u pohonu na CNG dražší pouze o 400 tisíc Kč a návratnost je kratší.



Obr. 8.2 Tahač na LNG

Zdroj: [73].

Mezi negativa provozu tahače na LNG patří nutnost vypouštět odpařující se CNG. Tahač Iveco má v nádržích tlak 0,75-0,85 MPa a teplotu -125 až -135 °C. Není-li vozidlo denně v provozu, musí se CNG vypustit. Pokud jsou nádrže plné, je třeba je vypustit až po 4 dnech, pokud je v nádrži zemního plynu jen čtvrtina, pak je nutné odpustit plyn za méně než 3 dny. [59]

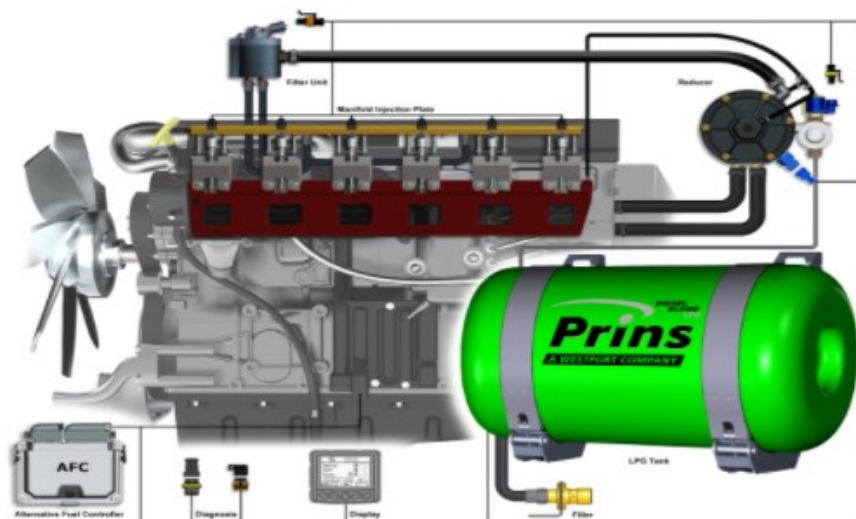
Pokud by si firma chtěla zřídit vlastní plnicí stanici na CNG, je třeba počítat s nemalými náklady. Ta je dle mnou zadané kalkulace společnosti Bonett 26 milionů Kč bez DPH. To je zcela zásadní rozdíl oproti vlastní čerpací stanici na naftu, kde se pohybujeme o několik řádů níž. Alternativou je dlouhodobý pronájem pozemku firmě Bonett, pak se náklady na plnicí stanici neplatí.

Další možností alternativního pohonu motoru je instalace duálního systému pro kombinované spalování LPG a nafty. To dle výrobce probíhá v poměru 80% nafta a 20% LPG, v závislosti na jízdním režimu. Technicky je určité množství nafty nahrazeno



LPG, která má však poloviční cenu. Cena za přestavbu může být až 100 000 Kč. Obzvláště zajímavá by teoreticky mohla být úspora u nákladních aut přepravujících beton, u kterých se pohybuje spotřeba mezi 70-80 l nafty.

Scania P 380CB 8x4, která slouží jako míchačka, má spotřebu 70 l nafty na 100 km. Cena přestavby je 100 000 Kč a nahradíme-li 20% nafty LPG, ušetříme 2 Kč na km. Návratnost investice je tedy zhruba 50 000 km. Negativem jsou neznámé servisní náklady a záruka v případě poruchy. Rovněž spotřeba LPG je diskutabilní, neboť provoz v Pískovnách je velmi specifický. Negativem může být i nižší cena při výkupu či nemožnost vozidlo prodat.



Obr. 8.3 Kombinovaný pohon LPG a nafta

Zdroj: [74].

Menší sklápěč Man má motor o objemu 4,5 l. V průměru najede 60 000 km za rok při spotřebě 21 l. Pokud by došlo k nahrazení 4 l nafty LPG, úspora by byla 0,6 Kč /km. Pokud bychom počítali s nejnižší cenou za instalaci 50 000, byla by návratnost investice 83 000 km, tedy zhruba rok a čtvrt.

## Závěr

U osobních vozidel lze sledovat trend elektrifikace, kdy jsou vozidla vybavována hybridním systémem, ten v sobě kombinuje spalovací motor a elektromotor, a to jak u vznětových, tak u zážehových motorů. Tento způsob nepředstavuje alternativu, pouze snižuje spotřebu v určitém režimu jízdy. Alternativou zatím málo rozšířenou jsou elektromobily, jejichž elektromotory nabízejí vyšší účinnost než spalovací motory. Ani zde však nelze ve většině případů hovořit o ekologičnosti, protože pro výrobu baterií je třeba náročné těžby a zdroje energie nejsou ani ve většině zemí EU obnovitelné.

Obrovský potenciál do budoucna má pohon na vodík, který ve spojení s palivovými články a elektromotorem představuje technologický posun od spalovacích motorů a pro své vlastnosti a rychlost plnění představuje cennou alternativu.

U vozidel spalujících naftu je vidět odklon od 100% bionafty po zrušení státní podpory a 100% MEŘO, ten prakticky zmizel z nabídky čerpacích stanic. Naopak povinná biosložka motorové nafty v ČR zůstává i nadále na hodnotě 7% a lze předpokládat i její růst.

Trendem je přimíchávání HVO složky do prémiové nafty, kvůli její vyšší ceně a relativnímu nedostatku této komodity ale zřejmě nedojde k jejímu masivnějšímu rozšíření, byť mnoho výrobců schvaluje používání i 100% HVO ve svých motorech.

Pro pohon zážehových motorů zmizelo z nabídky čerpacích stanic, po zrušení státní podpory, palivo E85 bioethanol. Naopak do benzínu se musí přimíchávat 5% ethanolu a hovoří se o zvýšení tohoto podílu.

Osobní vozidla na CNG představují alternativu, která se vyplatí i po několika desítkách tisíc km, v případě některých modelů se ale nevyplatí vůbec kvůli vyšší pořizovací ceně. U LPG je situace podobná a zejména u nepřímovstříkových vozidel dává přestavba na LPG smysl a může se vrátit již po ujetí několika desítek tisíc km.

U nákladních vozidel, pokud není cena paliva CNG zvýhodněna nebo není na vozidlo poskytována státní podpora, se tahače spalující CNG nevyplatí, protože mají vyšší servisní náklady, spotřebu i pořizovací cenu (rámcově o jednu čtvrtinu). Pokud se k tomu přidá i výrazně kratší dojezd a delší doba plnění, pak představuje nevýhodnou alternativu

k naftě. V České republice mají odpuštěno mýtné a silniční daň a proto mohou být zajímavou alternativou, pro dopravce, kteří jezdí kratší trasy.

Nákladní vozidla poháněná LNG jsou zajímavou alternativou, jelikož nabízejí dojezd srovnatelný s naftovými taháči, velkým benefitem je nižší hlučnost o 10 dB a absence složitých emisních systémů, které musí mít naftový nákladní vůz. Rovněž spotřeba paliva může být nižší. Naopak negativem je v současné době jejich vyšší cena rámcově o jednu třetinu a absence veřejných plnicích stanic. Domnívám se, že výrobci naleznou způsob, jak technologie zlevnit, a že LNG představuje alternativu zejména v blízké budoucnosti, byť samozřejmě ani těžba zemního plynu není zcela ekologická a nutnost vypouštět odpařující se CNG z nádrže také ne. Bude záležet na zákonodárcích, zda budou tento pohon zvýhodňovat, anebo jej naopak zatíží vyšší daní než naftu.

## Seznam zdrojů

- [1] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [2] FLACH Bob, LIEBERZ Sabine, BOLLA Sophie. *EU 28 biofuels annual* [online] 2019 [cit. 15.9.2020] dostupné z: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual\\_The%20Hague\\_EU-28\\_7-15-2019.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual_The%20Hague_EU-28_7-15-2019.pdf)
- [3] DOORNBOSCH Richard a STEENBLIK Ronald. *BIOFUELS: IS THE CURE WORSE THAN THE DISEASE?* [online] 2008 [cit. 15.9.2020] dostupné z : <https://calepa.ca.gov/wp-content/uploads/sites/6/2016/10/CEPC-2010yr-AsltonBird-AppAEx3.pdf>
- [4] VLASÁK Oldřich. SOVAK ČR: Novela zákona o ochraně ovzduší je významná i pro vodohospodáře [online] 3.4.2019 [cit. 17.9.2020] dostupné z: <https://www.sovak.cz/cs/clanek/sovak-cr-novela-zakona-o-ochrane-ovzdusi-je-vyznamna-i-pro-vodohospodare>
- [5] CASEY Zoe. *Světové dotace na fosilní paliva činí 1.9 bilionu* [online] 3.4.2013 [cit. 18.9.2020] dostupné z <https://csve.cz/cz/clanky/svetove-dotace-na-fosilni-paliva-cini-1-9-bilionu-usd-mmf/509>
- [6] STORCH Daniel. *Biopaliva nové generace, obchod s budoucností?* [online] 26.3.2020 [cit. 17.9. 2020] dostupné z: <https://www.biznys-energie.cz/clanek/biopaliva-nove-generace-byznys-s-budoucnosti>
- [7] VODŇANSKÝ Miroslav. *Jak skutečně působí řepka ozimá na srnčí zvěř* [online] únor 2002 [cit. 17.9.2020] dostupné z: <https://www.myslivosť.cz/Casopis-Myslivosť/Myslivosť/2002/Unor---2002/Jak-skutecne-pusobi-repka-ozima-na-srnici-zver>

- [8] VACULÍK Martin. *Proč je v Čechách lepší nafta než na Moravě: Může za to nová složka* [online] 19.7.2020 [cit. 21.9.2020] dostupné z: <https://www.auto.cz/proc-je-nafta-lepsi-v-cechach-nez-na-morave-muze-za-to-nova-slozka-135222>
- [9] PODRAZIL Miloš a TŘEBÍCKÝ Vladimír. *Technologické trendy v silniční dopravě* [online] březen 2018 [cit. 25.9.2020] dostupné z: <https://www.tpsd-ertrac.cz/file/oblast-alternativni-pohonne-hmoty/>
- [10] SAJDL Jan. *LPG liquefied petroleum gas* [online] unknown [cit 25.9.2020] dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/lpg-liquefied-petroleum-gas/#:~:text=LPG%20je%20směs%20propanu%20a,dosáhne%20260%20krát%20menšího%20objemu.>
- [11] VACULÍK Martin a KÁŇA Leoš. *Pohon vozidel stlačeným zemním plynem CNG: Čistá mobilita i slepá cesta* [online] 2.5.2020 [cit. 2.10.2020] dostupné z: <https://www.auto.cz/pohon-vozidel-stlaceny-m-zemnim-plynem-cng-cista-mobilita-i-slepa-cesta-134281>
- [12] JANOUC František. *Zelený zemní plyn* [online] 25.6.2012 [cit. 2.10.2020] dostupné z: <https://blog.aktualne.cz/blogy/frantisek-janouch.php?itemid=16782>
- [13] BRZEZINA Jáchym. *Rekordně vysoké koncentrace metanu v ovzduší* [online] 13.4.2020 [cit. 2.10.2020] dostupné z: <https://chmibrno.org/blog/2020/04/13/rekordne-vysoke-koncentrace-metanu-v-ovzdusi/>
- [14] VOJTÍŠEK Michal in ČTK. *Studie: Vozy na CNG mají výrazně nižší emise oxidů dusíku než benzínová či dieselová auta* [online] 12.6.2017 [cit 5.10.2020] dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/studie-vozy-na-cng-maji-vyrazne-nizsi-emise-oxidu-dusiku-nez-benzinova-ci-dieselova-auta>
- [15] unknown. *DAF XF 105 Euro 5 na duální pohon Diesel+LPG – jak je to s přestavbou?* [online] 8.1.2016 [cit 10.10.2020] dostupné z: <http://www.diesel-gas.cz/dotazy/daf-xf-105-diesel-lpg-prestavba/>

- [16] ŠIMÁČEK Pavel, VRTIŠKA Dan, MUŽÍKOVÁ Zuzana, POSPÍŠIL Milan. . *Motor fuels produced by hydrotreating of vegetable oils and animal fats*. *Chemicke Listy*. 111. 206-212. 2017
- [17] LOULA Václav, MIKŠOVSKÝ Tomáš. *Vývoj spotřeby pohonných hmot v roce 2018* [online] 14.3.2019 [cit. 26.10.2020] dostupné z: <https://www.cappo.cz/info/vyvoj-spotreby-pohonných-hmot-v-cr-v-roce-2018#:~:text=Celková%20spotřeba%20standardních%20pohonných%20hmot,%2C6%20%25%20spotřebou%20automobilových%20benzinů>.
- [18] DEMIBRAS Ayhan. *Biodegradability of Biodiesel and petrodiesel fuels*. [online] Leden 2009 [cit 26.10.2020] dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/233217436\\_Biodegradability\\_of\\_Biodiesel\\_and\\_Petrodiesel\\_Fuels](https://www.researchgate.net/publication/233217436_Biodegradability_of_Biodiesel_and_Petrodiesel_Fuels)
- [19] PARMAR AMANDEEP. *Indonesia's palm oil dispute with EU set to continue* [online] 15.6.2020 [cit. 26.10.2020] dostupné z: <https://www.argusmedia.com/en/news/2114306-indonesias-palm-oil-dispute-with-eu-set-to-continue>
- [20] TŘEBÍCKÝ Vladimír. *Stav technických norem a připravované změny požadavků na jakost pohonných hmot* [online] 3.4.2012 [cit: 1.11.2020] Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2012/154.pdf>
- [21] LAURIN Josef. *Rostlinné oleje jako motorová paliva* [online] 10.9.2008 [cit: 2.11.2020] dostupné z: <http://www.enviweb.cz/72147>
- [22] OBRUČA Stanislav. *Biopaliva první generace aneb co všechno můžeme již dnes nalévat do nádrží aut* [online] 10.8.2007 [cit 5.11.2020] dostupné z: <http://www.enviweb.cz/6527>
- [23] NOGUEIRA Thiago et al. *Bioethanol and biodiesel as fuel in Brazil* [online] 1.6.2015 [cit. 5.11.2020] dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/biofuels-status-and-perspective/>

bioethanol-and-biodiesel-as-vehicular-fuels-in-brazil-assessment-of-atmospheric-impacts-from-the-lon

[24] KITAHARA Ecuo. *Kvůli šíření potravin se zdražují potraviny* [online] 12.6.2007 [cit: 8.11.2020] dostupné z: [https://www.denik.cz/ekonomika/biopaliva\\_20070612.html](https://www.denik.cz/ekonomika/biopaliva_20070612.html)

[25] unknown. *Ethanol benefits and considerations* [online] 2019 [cit: 8.11.2020] dostupné z: [https://afdc.energy.gov/fuels/ethanol\\_benefits.html](https://afdc.energy.gov/fuels/ethanol_benefits.html)

[26] HODUR Veronica. *E85 fuel: more power or more problems?* [online] 6.6.2019 [cit: 8.11.2020] dostupné z: <https://www.dynojet.com/blog/e85-fuel-more-power-or-more-problems/>

[27] FREI Martin. *Biopaliva druhé generace: bude i štěpka ničit auta?* [online] 15.6.2019 [cit: 8.11.2020] dostupné z: <https://www.auto.cz/biopaliva-druhe-generace-bude-i-stepka-nicit-auta-129658>

[28] BUDÍN Jan. *Zkapalněný zemní plyn* [online] 19.5.2015 [cit: 10.11.2020] dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/zkapalneny-zemni-plyn-lng>

[29] redakce. *LNG má v dopravě během 20 let prudce vzrůst* 26.11.2015 [cit: 15.11.2020] dostupné z: [<http://www.hybrid.cz/lng-ma-v-doprave-behem-20-let-vyznamne-rust>]

[30] UNKOWN. *Liquefied natural gas (LNG)* [online] unknown [cit: 15.11.2020] dostupné z: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/natural-gas/liquefied-natural-gas-lng.html>

[31] UNKNOWN. *Test report of Iveco LNG powered HD truck* [online] unknown [cit: 15.11.2020] dostupné z: [https://www.cryogas.pl/pliki\\_do\\_pobrania/artykuly/20171110\\_Raport\\_LNG\\_Unilever\\_Link\\_Iveco\\_.pdf](https://www.cryogas.pl/pliki_do_pobrania/artykuly/20171110_Raport_LNG_Unilever_Link_Iveco_.pdf)

[32] český plynárenský svaz. *Statistiky* [online] 16.4.2021 [20.11.2020] dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/statistiky.html>

- [33]. BIOENERGY INTERNATIONAL. *Swedish LBG road trial shows 90 percent emissions reduction*. [online] 9.9. 2020 [20.11.2020] Dostupné z: <https://bioenergyinternational.com/storage-logistics/swedish-lbg-road-trial-shows-90-percent-emissions-reduction>
- [34] KUBÁTOVÁ Zuzana. *Agrofertu i žluté řepce roste konkurence. České firmy se pouštějí do výroby biopaliv z odpadů*. [online] 17. 5. 2019 [20.11.2020]. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/agrofertu-i-zlute-repce-roste-konkurence-ceske-firmy-se-pousteji-do-vyroby-biopaliv-z-odpadu-72088>
- [35] NOVÁK Daniel. *Výrobu biopaliv z použitých fritovacích olejů brzdí spor o vlečku* [online] 14.11.2019 [cit: 20.11.2020] dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/vyrobu-biopaliv-z-pouzitych-fritovacich-oleju-brzdi-spor-o-zeleznicni-vlecku-1364188>
- [36] HROMADKO Jan et al. *Technologie výroby biopaliv druhé generace* [online] 29.10. 2009 [cit: 20.11.2020] Dostupné z: [http://chemicke-listy.cz/docs/full/2010\\_08\\_784-790.pdf](http://chemicke-listy.cz/docs/full/2010_08_784-790.pdf)
- [37] VACULÍK Martin. *Proč je nafta lepší v Čechách než na Moravě: Může za to nová složka* [online] 19.7.2020 [cit: 20.11.2020] dostupné z: <https://www.auto.cz/proc-je-nafta-lepsi-v-cechach-nez-na-morave-muze-za-to-nova-slozka-135222>
- [38] DRAGOUN Aleš. *Shell uvádí na český trh nové palivo V-Power Diesel se syntetickou složkou GTL* [online] 8.10. 2010 [cit: 20.11.2020] Dostupné z: <https://www.auto.cz/shell-uvadi-na-cesky-trh-nove-palivo-v-power-diesel-se-syntetickou-slozkou-gtl-3641>
- [39] LANE Jim. *Back to the Future All Over Again: ExxonMobil targets algae fuels at scale by 2025, as oil prices rise*. [online] 24.5. 2018 [cit: 20.11.2020] Dostupné z: <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/05/24/back-to-the-future-all-over-again-exxonmobil-targets-algae-fuels-at-scale-by-2025-as-oil-prices-rise/>



[40] AJJAWI Imad, VERRUTO John, AQUI Moena *et al.* *Lipid production in Nannochloropsis gaditana is doubled by decreasing expression of a single transcriptional regulator.* *Nat Biotechnol* [online] 19.6.2017 [cit: 20.11.2020] Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/nbt.3865>

[41] POSPÍŠIL Milan, ŠIŠKA Jakub, ŠEBOR Gustav. *Biobutanol jako pohonná hmota v dopravě* [online] UNKNOWN [cit: 20.11.2020] Dostupné z: <https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/biobutanol-jako-pohonn-hmota-v-doprav.pdf>

[42] FAROOQ Wasif, SUH William, PARK Min, YANG Ji – Won. *Water use and its recycling in microalgae cultivation for biofuel application* [online] Květen, 2015 [cit: 20.11.2020]

Dostupné z: [<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852414015727>]

[43] STORCH Daniel. *Biopaliva nové generace: byznys s budoucností?* [online] 26.3. 2020 [cit: 20.11.2020] Dostupné z: <https://www.byznys-energie.cz/clanek/biopaliva-nove-generace-byznys-s-budoucnosti>

[44] UNKNOWN. *Timeline: History of the Electric Car* [online] unknown [cit: 20.11.2020] Dostupné z: <https://www.energy.gov/timeline/timeline-history-electric-car>

[45] ČERVENKA Jan. *První český elektromobil z roku 1895 měl hybridní pohon, který používá BMW i3.* [online] UNKNOWN. [cit: 25.11.2020] Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/prvni-cesky-elektromobil-vznikl-v-roce-1895-a-mel-hybridni-pohon-ktery-pouziva-bmw-i3>

[46] ŠPAČEK Jakub. *Jak funguje elektromobil? Technika se vyvíjí ale moc se nemění* [online] 9.6.2018 [cit: 1.12.2020] dostupné z: <https://fdrive.cz/clanky/jak-funguje-elektromobil-technika-se-vyviji-ale-moc-nemeni-2399>

- [47] ZEMKOVÁ Barbora. *Hybridní pohon: zjistěte jak funguje a zdali pomůže ekologii* [online] 17.6. 2019 [cit: 2.1.2021] dostupné z: <https://www.elektrina.cz/jak-funguje-hybridni-pohon>
- [48] KARGUL John, STUHLREHER Mark, BARBARA Daniel, SCHENK Charles. *Benchmarking a 2018 Toyota Camry 2.5 liter atkinson cycle engine with cooled egr* [online] duben 2019 [cit: 2.1.2021] dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/332155862\\_Benchmarking\\_a\\_2018\\_Toyota\\_Camry\\_25-Liter\\_Atkinson\\_Cycle\\_Engine\\_with\\_Cooled-EGR](https://www.researchgate.net/publication/332155862_Benchmarking_a_2018_Toyota_Camry_25-Liter_Atkinson_Cycle_Engine_with_Cooled-EGR)
- [49] KOLMAN Stanislav. *Test elektromobilů v reálném provozu: jakou mají spotřebu* [online] 12.10.2018 [cit: 2.1.2021] Dostupné z: <https://www.auto.cz/test-elektromobilu-v-realnem-provozu-jakou-maji-spotrebu-a-kolik-energie-se-ztrati-pri-nabijeni-125150>
- [50] UNKNOWN. *Hybridní pohon: Zjistěte, jak funguje a zdali pomůže ekologii* [online] 17.7. 2020 [cit: 2.1.2021] Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/jak-funguje-hybridni-pohon#:~:text=Na%20asistovaný%20hybrid%20často%20narazíte,dokáže%20následně%20využít%20k%20pohonu.>
- [51] WITZENBURG Gary. *Hybrids vs. Plug-in Hybrids: Pros and Cons* [online] 16.4.2019 [cit: 2.1.2021] Dostupné z: <https://www.caranddriver.com/features/a27127697/plug-in-hybrid-2019/>
- [52] HORČÍK Jan. *Volkswagen hlásí za tři měsíce přes 20 000 objednávek na e-up!* [online] 31.3.2020 [cit: 2.1.2021] Dostupné z: [<http://www.hybrid.cz/volkswagen-hlasi-za-tri-mesice-pres-20-000-objednavek-na-e>]
- [53] UNKNOWN. *Electric Vehicles* [online] unknown [cit: 2.1.2021] Dostupné z: <http://needtoknow.nas.edu/energy/energy-sources/emerging-technologies/electric-vehicles/>
- [54] KOLMAN Stanislav. *Test elektromobilů v reálném provozu: Jakou mají spotřebu? A kolik energie se ztratí při nabíjení?* [online] 12.10.2018 [cit: 2.1.2021] Dostupné z:

[\[https://www.auto.cz/test-elektromobilu-v-realnem-provozu-jakou-maji-spotrebu-a-kolik-energie-se-ztrati-pri-nabijeni-125150\]](https://www.auto.cz/test-elektromobilu-v-realnem-provozu-jakou-maji-spotrebu-a-kolik-energie-se-ztrati-pri-nabijeni-125150)

[55] BUSINESSINFO. *Únik metanu z uhelných dolů škodí víc než letecká a námořní doprava dohromady* [online] 12.10.2018 [cit: 2.1.2021] Dostupné z: [\[https://www.businessinfo.cz/clanky/unik-metanu-z-uhelnych-dolu-skodi-vic-nez-letecka-a-namorni-doprava-dohromady/\]](https://www.businessinfo.cz/clanky/unik-metanu-z-uhelnych-dolu-skodi-vic-nez-letecka-a-namorni-doprava-dohromady/)

[56] UNKNOWN. *Vše, co potřebujete vědět o našem novém modelu na vodík.* [online] unknown [cit: 2.1.2021] Dostupné z: <https://www.toyota.cz/world-of-toyota/news/new-toyota-mirai>

[57] UNKNOWN. *Heavy-Duty Fuel Cell Electric Truck Verification Tests to Start in Spring 2022* [online] 13.10.2020 [cit: 2.1.2021] Dostupné z: <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/33952136.html>

[58] UNKNOWN. *Zemní plyn* [online] UNKNOWN [cit: 2.1.2021] Dostupné z: <https://www.scania.com/cz/cs/home/experience-scania/kampane/udrzitelna-preprava/lng-cng.html>

[59] ČERNÝ Ladislav. *Iveco Stralis LNG: Plnička v Hustopečích* [online] 30.8.2019 [cit: 2.1.2021] Dostupné z: <https://www.auto.cz/iveco-stralis-lng-plnicka-v-hustopecich-130620>

[60] UNKNOWN. *CNG VS. LPG VS. LNG FUEL: UNDERSTANDING THE DIFFERENCES* [online] UNKNOWN [cit: 20.2.2021] Dostupné z: <https://www.uti.edu/blog/diesel/cng-lpg-lng-fuel>

[61] UNKNOWN. *UFOP report on global market supply* [online] UNKNOWN [cit: 25.2.2021] Dostupné z: [https://www.ufop.de/files/7215/7953/0161/WEB\\_UFOP\\_Global\\_Supply\\_Report\\_A5\\_EN\\_19\\_20.pdf](https://www.ufop.de/files/7215/7953/0161/WEB_UFOP_Global_Supply_Report_A5_EN_19_20.pdf)

[62] UNKNOWN. *Renewable Diesel: The Fuel of the Future* [online] 5.8.2020 [cit: 26.2.2021] Dostupné z: [www.futurebridge.com/industry/perspectives-energy/renewable-diesel-the-fuel-of-the-future/](http://www.futurebridge.com/industry/perspectives-energy/renewable-diesel-the-fuel-of-the-future/)

- [63] USLU Ayla, VEUM Karina, DETZ Remko. *Monitoring RESfuels* [online] 24.3.2021 [cit: 26.3.2021] Dostupné z: <http://www.advancefuel.eu/contents/reports/d14-monitoring-report-final.pdf>
- [64] UNKNOWN [online] UNKNOWN [cit: 10.3.2021] Dostupné z: <https://www.equipmentfacts.com/listings/farm-equipment/for-sale/online/29119841/2008-case-ih-steiger-480-quadtrac>
- [65] UNKNOWN. *US tops as number one fuel ethanol producer, consumer and exporter* [online] 9.3.2020 [cit: 10.3.2021] Dostupné z: <https://bioenergyinternational.com/markets-finance/us-tops-as-number-one-ethanol-producer-consumer-and-exporter>
- [66] UNKNOWN. *LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG)* [online] UNKNOWN [cit: 23.3.2021] dostupné z: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/natural-gas/liquefied-natural-gas-lng.html>
- [67] UNKNOWN. *Statistky* [online] UNKNOWN [cit: 26.3.2021] Dostupné z: <http://www.cng4you.cz/cng-info/statistiky.html>
- [68] UNKNOWN. *Renewable Diesel: The Fuel of the Future* [online] UNKNOWN [26.3.2021] Dostupné z: <https://www.futurebridge.com/industry/perspectives-energy/renewable-diesel-the-fuel-of-the-future/>
- [69] UNKNOWN. *Shell GTL fuel.* [online] UNKNOWN [cit: 26.3.2021] Dostupné z: <https://www.shell.com/business-customers/commercial-fuels/shell-gtl-fuel.html>
- [70] UNKNOWN. *JAK FUNGUJE ELEKTRICKÝ MOTOR? 10 OTÁZEK A ODPOVĚDÍ* [online] 17.5.2018 [cit: 26.3.2021] Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/e-mobilita-cs/jak-funguje-elektricky-motor-10-otazek-a-odpovedi/>
- [71] UNKNOWN. *Palivové články* [online] UNKNOWN [cit: 20.3.2021] Dostupné z: <https://www.toyota.com>

[72] UNKNOWN. *Heavy-Duty Fuel Cell Electric Truck Verification Tests to Start in Spring 2022* [online] 13.10.2021 [cit: 25.3.2021] Dostupné z: <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/33952136.html>

[73] NOVOTNÝ Radek. *Firmy v Česku nasazují kamiony na CNG* [online] 29.3.2018 [cit: 26.3.2021] Dostupné z: <https://logistika.ihned.cz/c1-66092030-firmy-v-cesku-nasazuji-kamiony-na-cng>

[74] UNKNOWN. *Dieselblend Dual Fuel Systém* [online] UNKNOWN [cit: 30.3.2021] Dostupné z: <https://www.prinsautogas.com/en/systems/dieselblend-dual-fuel-system>

[75] UNKNOWN. *Národní energetický mix* [online] UNKNOWN. [cit: 30.3.2021] Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>

[76] PEKIC Sanja. *EHB updates vision of Europe hydrogen infrastructure* [online] 13.4.2021 [cit: 15.4.2021] Dostupné z: <https://www.offshore-energy.biz/ehb-updates-vision-of-europe-hydrogen-infrastructure/>

# Seznam grafických objektů

## Seznam obrázků

Obr. 2.1	Systém LPG	16
Obr. 3.1	Produkce bionafty v klíčových zemích	23
Obr. 3.2	Množství importované bionafty z vybraných zemí	25
Obr. 3.3	Stroj provozovaný na bionaftu Case IH Steiger	26
Obr. 3.4	Světová produkce palivového etanolu dle země původu	28
Obr. 3.5	Lod' dopravující LNG	30
Obr. 3.6	Systém LNG ve vozidle	31
Obr. 3.7	Mapa stanic LNG	32
Obr. 3.8	Plnicí stanice a tahač na LNG	32
Obr. 4.1	Barva nafty s 30% HVO (světlá) a barva nafty s řepkovou biosložkou	35
Obr. 4.2	Výrobní HVO paliva (instalované a plánované)	36
Obr. 4.3	Porovnání GTL paliva a nafty	38
Obr. 6.1	Instalace elektromotoru a baterií ve vozidle	48
Obr. 7.1	Elektromotor a palivové články značky Toyota	49
Obr. 7.2	Nákladní vůz na vodíkový pohon	50
Obr. 7.3	Mapa stanic, kde lze načerpat vodík jako palivo	50
Obr. 8.1	Průměrná spotřeba paliv na testovací trase	55
Obr. 8.2	Tahač na LNG	56
Obr. 8.3	Kombinovaný pohon LPG a nafta	57

## Seznam tabulek

Tab. 3.1	Spotřeba FAME/MERŮ v letech 2013-2019 ve vybraných zemích .....	22
Tab. 6.1	Přehled plug-in hybridních vozů .....	44
Tab. 6.2	Přehled čistě elektrických vozů .....	46
Tab. 6.3	Přehled zdrojů elektřiny .....	47
Tab. 8.1	Přehled osobních vozidel ve firmě Písky Čert a jejich reálná spotřeba .....	51
Tab. 8.2	Náklady na provoz při nájezdu 30 tisíc km/rok.....	52
Tab. 8.3	Technické srovnání tahačů na LNG .....	54



<b>Autor</b>	<b>Bc. Zdeněk Burda</b>
<b>Název DP</b>	<b>Alternativní pohony silničních vozidel</b>
<b>Studijní obor</b>	<b>LRDP</b>
<b>Rok obhajoby DP</b>	<b>2021</b>
<b>Počet stran</b>	50
<b>Počet příloh</b>	0
<b>Vedoucí DP</b>	<b>prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.</b>
<b>Anotace</b>	Cílem této práce bylo vypracovat přehled alternativních pohonů a paliv tak, aby po přečtení mohl jedinec či firma kvalifikovaně přemýšlet o tom, zda a proč zvolit alternativní pohon například u svého vozidla. Cílem bylo podívat se na výhody a nevýhody jednotlivých paliv, zhodnotit míru ekologičnosti a ekonomičnosti. Za tímto účelem jsem v praktické části analyzoval vzorek 40 strojů od osobních po nákladní automobily.
<b>Klíčová slova</b>	alternativní paliva, nafta, bionafta, HVO, metanol, etanol, bioplyn, LPG, zemní plyn, vodík, elektřina, emise, srovnání nákladů, spotřeba paliva.
<b>Místo uložení</b>	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
<b>Signatura</b>	