



TECHNICKÁ FAKULTA

KATEDRA JAKOSTI A SPOLEHLIVOSTI STROJŮ

ALTERNATIVNÍ PALIVA A POHONY V DOPRAVĚ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce : doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Autor diplomové práce : Bc. Lukáš Jiřík

Praha 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Lukáš Jiřík

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Alternativní paliva a pohony v dopravě

Název anglicky

Alternative fuels and propulsion systems in transport

Cíle práce

Cílem práce je popsat alternativní paliva a pohony v dopravě a porovnat zvolené druhy pohonu během definovaného jízdního cyklu.

Metodika

- 1) Úvod
- 2) Rozbor současného stavu (literární rozbor konstrukce zážehových spalovacích motorů, LPG, CNG, LNG, vodík, etanol, bionafta atd))
- 3) Cíl a metodika práce
- 4) Výsledky (měření zaměřená na spotřebu energie během definovaného jízdního cyklu, vyhodnocení měřených dat a porovnání výsledků u zvolených alternativ pohonů)
- 5) Závěr

Doporučený rozsah práce

50-60

Klíčová slova

spalovací motor, alternativní paliva, jízdní cyklus

Doporučené zdroje informací

HROMÁDKO, J. HROMÁDKO, J., MILER, P., HÖNIG, V.: Spalovací motory, Nakladatelství Grada, 2011, 296 s.
ISBN 978-80-247-3475-0

LEE, S., SHAH, Y.T.: Biofuels and bioenergy : processes and technologies. Boca Raton : CRC Press, 2013.
ISBN 1420089552

LEE, S., SPEIGHT, J.G., LOYALKA, S.K. : Handbook of alternative fuel technologies. Boca Raton : CRC Press,
2015. ISBN 146659456X

Normy a předpisy, periodika a firemní literatura

ŠEBOR, G., POSPÍŠIL, M. a ŽÁKOVEC, J. Technickoeconomická analýza vhodných alternativních paliv
v dopravě. Praha, červen 2006. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 12. 6. 2015

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 6. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 20. 11. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma: Alternativní paliva a pohony v dopravě vypracoval samostatně a použil jen literatury, kterou cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 31.3.2017

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu doc. Ing. Martinu Pexovi, Ph.D. za vedení práce, odborné rady a konzultace, panu Ing. Martinu Kotkovi, Ph.D. za spolupráci a pomoc při měření a zpracování dat. Dále bych rád poděkoval Bc. Veronice Průchové, která mi zapůjčila svůj vůz k měření pohonných hmot a celé své rodině za podporu a pomoc s korekcí textu a finálním vzhledem mé diplomové práce.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou alternativních paliv a pohonů v dopravě. V první teoretické části jsou popsány alternativní paliva v dopravě a ve druhé se práce zabývá popisem jednotlivých pohonů v dopravě. V praktické části je objasněna metodika měření spotřeby pohonných hmot u osobních vozidel. Následuje popis vybraných vozidel a měřící techniky. Druhá část praktické práce se věnuje popisu jízdní trasy, následuje vlastní měření spotřeby pohonných hmot v odlišném typu provozu a to v městském, mimoměstském a dálničním. Závěrem této části je vyhodnocení spotřeby pohonných hmot na celé trase a přepočítáno na náklady na ujeté kilometry.

Klíčová slova: spalovací motor, alternativní paliva, jízdní cyklus.

SUMMARY

The thesis is about the issue of the alternative fuels and actuator in the transport. The first theoretical part describes the alternative fuels in a transport. In the second part of my thesis explains more details about the particular actuator in transportations. The practical part shows method of the measurement of fuel consumption for passenger cars. Furthermore there is the description of selected cars and concrete measurement techniques. The second part of the practical work is dedicated to the description of route, followed by the next part about the measurement of fuel consumption in different type of traffic - the urban, outside town traffic and motorway. In the final part of thesis evaluates the fuel consumption for the entire itinerary and calculated expenses per kilometers.

Keywords: combustion engine, alternative fuels, driving cycle.

Obsah

1	ÚVOD	1
2	ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU	3
2.1	Rozdělení paliv	3
2.2	Běžná paliva	3
2.2.1	Motorový benzín	4
2.2.2	Motorová nafta.....	4
2.3	Alternativní paliva	5
2.3.1	Vodík.....	8
2.3.2	Ropný plyn.....	8
2.3.3	Zemní plyn	9
2.3.4	Bionafta	11
2.3.5	Ethanol.....	11
2.3.6	Methanol	12
2.3.7	Nová alternativní paliva budoucnosti	12
2.4	Alternativní pohony.....	13
2.4.1	Elektrický pohon	13
2.4.2	Hybridní pohon	16
2.4.3	Přehled hybridních modelů na trhu.....	19
2.4.4	Palivové články	24
2.4.5	Jaderný pohon	26
2.4.6	Solární pohon.....	28
2.4.7	Stlačený vzduch	30
2.4.8	Budoucí hybridní technologie hybrid-air	32
3	CÍL PRÁCE	33
4	METODIKA PRÁCE.....	34
4.1	Metody měření spotřeby PHM.....	34
4.1.1	Jízdní cyklus NEDC	34
4.1.2	Jízdní cyklus WLTP	36
4.2	Realizace měření.....	38
4.2.1	Výběr automobilů.....	38
4.2.2	Měřící přístroje	42
4.3	Náklady	42

5	VÝSLEDKY	44
5.1	Výběr jízdní trasy	44
5.2	Vlastní měření spotřeby pohonných hmot	46
5.2.1	Měření spotřeby pohonných hmot v městském provozu.....	46
5.2.2	Měření spotřeby pohonných hmot v mimoměstském provozu	47
5.2.3	Měření spotřeby pohonných hmot v dálničním provozu	48
5.3	Celkové porovnání naměřených dat.....	50
5.3.1	Porovnání pohonných hmot a nákladů na celé jízdní trase	50
5.3.2	Měření času dobíjení vs. tankování	52
6	ZÁVĚR.....	54
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
8	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	61

1 ÚVOD

Diplomová práce pojednává o problematice alternativních paliv a pohonů v silniční dopravě. Automobily mohou být děleny podle několika hledisek, například podle kategorie vozu, podle výkonových parametrů motoru, podle typu motoru nebo podle velikosti vozu. Pro tuto práci je však zásadní dělení podle použitého paliva nebo pohonu. Paliva lze jednoduše rozdělit na běžná (klasická) a alternativní. Běžná paliva jsou fosilního původu a nejčastěji se dělí na motorový benzín a naftu. Druhá kategorie PHM jsou alternativní paliva a pohony. Této druhé kategorii je práce věnována především.

Spalovací motor prošel téměř 200 letým vývojem, především ve druhé části 20. století. Je nejrozšířenější jak v osobní tak nákladní silniční dopravě. O palivo do tohoto typu motoru je tedy velká poptávka. Fosilní palivo se však řadí mezi neobnovitelné zdroje energie. Z toho tedy plyne jedna z nevýhod těchto motorů do budoucna a tím je nedostatek paliva pro tyto motory. Zásoby ropy, ze kterých se vyrábí toto palivo jsou omezené. Jelikož všechny kontinenty ještě nebyly dostatečně prozkoumány, nelze říci kdy nastane situace, že pro tyto motory nebude palivo. Celý svět se rok od roku zrychluje a to souvisí i s rychlostí vozidel. Lidé i věci je potřeba přepravovat na velké vzdálenosti, rychle, bezpečně a ekonomicky výhodně. Proto je již nyní nutné zabývat se jinými nebo-li alternativními PHM pro tyto motory. Také je možnost konstrukce jiného typu motoru, který bude moci rozpohybovat vůz na již zmíněné alternativní palivo nebo pohon.

Cílem práce je popsat alternativní paliva a pohony v dopravě a porovnat zvolené druhy pohonu během definovaného jízdního cyklu. V první části práce jsou popsána jednotlivá alternativní paliva a pohony v dopravě. Mezi neznámější alternativní paliva, která jsou v práci popsána patří vodík, ropný a zemní plyn, bionafta, ethanol nebo methanol. Mezi alternativní pohony lze zařadit pohon elektrický, hybridní, solární, jaderný nebo pohon na palivové články. V druhé části práce jsou popsány metody měření spotřeby pohonných hmot. Dále je popsán výběr

vozu pro měření, následuje popis vybraných vozů a popis nákladů jako je pořizovací cena a výpočet ceny PHM pro oba typy vozů. V další části práce je popsána vybraná jízdní trasa, následuje vlastní měření které je rozděleno na městský, mimoměstský a dálniční provoz. V poslední části práce jsou porovnány naměřené hodnoty PHM a přepočítány na náklady za ujeté kilometry.

V současné době již téměř každá automobilka investuje do vývoje „alternativních“ automobilů. Dokonce i automobilky jako Ferrari nebo Porsche, které jsou považovány za výrobce ryze sportovních vozů, představily již vůz na alternativní PHM. Na světových autosalonech jako je například Frankfurtý nebo Ženevský je tak možné vidět automobily na různé druhy PHM. Vozy většinou lákají nadčasovým a velice originálním vzhledem. Některé se dostanou do prodeje, jiné jsou pouze koncepty, které se budou dále zdokonalovat.

2 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU

V této části práce bude vysvětleno jak lze rozdělit pohonné hmoty. Dále budou jednotlivé paliva a pohony popsány.

2.1 ROZDĚLENÍ PALIV

Motorová paliva lze rozdělit z mnoha hledisek. Pro účely této práce budou paliva rozdělena na běžná (klasická) a alternativní.

1) Běžná paliva

- **Ropné produkty** (nafta, benzín)

2) Alternativní paliva

- **Plynová paliva** - zkapalněný zemní plyn LNG, stlačený zemní plyn CNG a zkapalněný ropný plyn LPG
- **Neuhlovodíková paliva** - vodík, alkoholy
- **Biopaliva** - bionafta, bioethanol a nová slibná alternativní paliva budoucnosti kapalně uhlí, bioplyn a další.
- **Budoucí možná paliva** – např. kovový prach, palivo z odpadních plastů

[1]

2.2 BĚŽNÁ PALIVA

Prozatím nejrozšířenějšími ve světě zůstávají ropná paliva. Často také označovaná za uhlíková nebo běžná paliva. Hlavními ropnými produkty jsou nafta a benzín.

Ropa se lidově přezdívá „černé zlato“ a to hned z několika důvodů - tmavé zbarvení a vysoká cena. Ropa je hořlavá tmavě hnědá až nazelenalá kapalina převážně tvořená z uhlovodíků. Vyskytuje se v zemské kůře společně se zemním plynem. Ropná ložiska se utváří až po několik desítek milionů let a jejich zásoby jsou omezené. Je to tedy neobnovitelný zdroj energie. [01,07]

Ropa pravděpodobně vzniká termogenickým rozkladem organické hmoty jako jsou živočichové či rostliny. Vznik ropy však nelze jednoznačně potvrdit, existují pouze určité teorie. Nejvíce pravděpodobný je již zmíněný organický původ ropy,

dále pak méně podporovaná je teorie anorganického vzniku, kdy se měla ropa utvořit s pomocí chemických reakcí například z vody a kovů, nebo jako vedlejší reakce oxidu uhelnatého a vodíku. Největší prokazatelné zásoby ropy jsou v zemích Středního východu, velmocí je jednoznačně Saudská Arábie. Další prokazatelné zásoby ropy lze nalézt v Rusku, USA, Íránu, Číně, Kanadě nebo Mexiku. Česká republika čerpá ropu především z Ruska. Valná většina států, včetně České republiky, je na dovozu ropy závislá, což v případě válečného konfliktu může závažně zkomplikovat situaci. [02,03,10]

2.2.1 MOTOROVÝ BENZÍN

Automobilový benzín je vysoce hořlavá těkavá kapalina, skládající se ze směsi vodíku a uhlíku. Užívá se pro zážehové spalovací motory, které se nejčastěji vyskytují v osobních automobilech nebo motocyklech. Jako palivo byl benzín využíván již koncem 19. století. V dnešní době je nejpoužívanějším benzínovým palivem Natural 95 (označení především v ČR). V ostatních státech může mít jiný název, složení paliva je však stejné. Důležité je řídit se evropskou normou EN 228, která by měla být na každé tankovací pistoli. [11]

2.2.2 MOTOROVÁ NAFTA

Nafta se stejně jako benzín skládá především z ropných uhlovodíků, jako palivo se začala používat ve velkém po vyvinutí vznětového spalovacího motoru v roce 1900. Po svém objeviteli Rudolfu Dieselovi převzalo palivo název Diesel a těšilo se velké popularitě. Až v 70. letech se začalo spekulovat o dopadu na ovzduší a životní prostředí, kde se tehdejší Československo dostalo mezi přední státy v nejvyšším obsahu síry v motorové naftě. Postupem času se její kvalita začala zvyšovat a obsah síry se rapidně snížil. Motorová nafta je označena evropskou normou EN 590. [11]

2.3 ALTERNATIVNÍ PALIVA

Hlavním tématem, kterému bude věnováno nejvíce pozornosti, jsou alternativní paliva. Nejprve bude vysvětleno, co tento pojem znamená. Alternativní paliva jsou často označována jako „náhradní“ či „substituční“. V posledních letech se na ně klade velký důraz. Na alternativní paliva prezentovaná zkratkou ATF (z anglického jazyka „alternative transportation fuels“) může být v moderní společnosti nahlíženo hned v několika souvislostech. Alternativním palivem (dále ATF) je označen produkt, který šetrně řeší způsob pohonu vozidel, je stálý a při tom nezatěžuje životní prostředí.

Jedním z globálních témat je hledání nového ekologického paliva na bázi ropy, které by vyřešilo rostoucí spotřebu paliv a neustále se zvyšující exhalaci. Konvenční paliva se vyrábí z ropy. Zásoby ropy jsou však pouze omezeným zdrojem pro dalších pár budoucích generací a její neustále se zvyšující cena a snižující výskyt je problémem nejen z hlediska ekonomického, ale i z hlediska nedostatku této kapaliny. Hledáním ložisek ropy, se snižuje především kvalita životního prostředí. Získání ATF také umožní samostatnost a individualitu jednotlivých území, která jsou závislá na dovozu ropných produktů od světových velmocí. Nová stávající paliva by mohla vyřešit nejen jeden problém. V současné době patří mezi nejslibnější alternativní paliva například zemní plyn či vodík.

Nejhledanější otázkou ale zůstávají ATF v běžné dopravě. V posledních letech valná většina uživatelů motorových prostředků využívala motory poháněné benzínem či naftou - oba produkty jsou vyráběné z ropy a neberou ohled na životní prostředí.

Existují následující hlavní důvody pro uplatnění alternativních paliv:

- Rostoucí spotřeba paliv,
- snaha snížit exhalace,
- omezené zásoby ropy,
- snaha hospodářsky vyspělých zemí o strategickou nezávislost na producentech ropy,

- naopak relativně velké zásoby zemního plynu a hydrátů metanu,
- vysoká cena ropných paliv,
- nedostatek ropných paliv, např. v období válek nebo ropných krizí,
- orientace na biologicky obnovitelná paliva s uzavřeným cyklem oxidu uhličitého. [12]

Emise a vliv na životní prostředí

Emise jsou škodlivé látky, které se odborně označují jako polutanty. Emise vznikají při spalování a jejich následkem může vznikat například smog, světelné znečištění a také újmy na lidském zdraví. V globálním měřítku se sledují především poměry těchto emisí:

- Oxid uhelnatý CO,
- Oxid uhličitý CO₂,
- Oxid siřičitý SO₂,
- prachové částice,
- aldehydy,
- oxidy dusíku a
- uhlovodíky.

Emise se v největší míře nachází přímo u výfuků a jejich koncentrace se postupně snižuje při rozptýlení do ovzduší. Nejvíce zátěže tedy nese klimatický systém, do kterého unikají zplodiny a škodlivé látky v obrovském měřítku. V posledních letech se mediálně probírá tzv. globální oteplování, okolo něhož se tvoří nespočet otázek. Zatím nikdo nebyl schopen teorii postupného globálního oteplování stoprocentně potvrdit, ale ani vyvrátit. Globální oteplování mají mít na svědomí právě skleníkové plyny, vypouštěné jako vedlejší efekt spalovacích motorů. Důležité je připomenout, že právě doprava značně znečišťuje naši planetu. Alternativní paliva by mohla být spásou nejen pro lidi, ale také pro veškerý život na naší planetě. [01]

Kvalita paliv

Kvalita paliv je upravována mnoha směrnici a normami převážně podle Evropské Unie. Důležitý je evropskou legislativou stanovený Nový přístup, který pomáhá vyrovnávat nesrovnalosti mezi normami a směrnici - všechna paliva vyhovující tomuto přístupu mají tzv. certifikaci CE. Kvalita paliv je přísně střežena podle technických norem od samého začátku (již od výrobce až ke spotřebiteli). Legislativa ČR považuje za pohonnou hmotu tyto paliva - naftu, benzín, LPG, CNG, LNG a bio paliva. [1]

Rozdělení alternativních paliv

Alternativní paliva lze třídit podle následujících kritérií:

- podle výskytu / původu, tj. zda se nacházejí v přírodě (např. zemní plyn), nebo je nutné je vyrábět (např. vodík),
- zda jsou nebo nejsou obnovitelná,
- podle fyzikálního stavu na paliva vyskytující se ve všech skupenstvích jako plyny, kapaliny nebo tuhé látky (kapalná forma je ideální z hlediska konstrukčního, logistického i obsahem energie),
- fyzikálně-chemických vlastností (například bod varu nebo tlak par),
- chemického složení (například uhlovodíky, alkoholy, étery, estery nebo inertní látky),
- motorářských vlastností, jako je oktanové nebo cetanové číslo, výhřevnost, rychlost hoření,
- emisí,
- bezpečnosti na výbušná (vodík, CNG, LNG), nevýbušná (MEŘO), rozpustná ve vodě (alkoholy), jedovatá (metanol) apod,
- podle pohonné jednotky, pro kterou jsou určena: zážehový nebo vznětový motor, turbína, elektromotor,
- vlivu na konstrukci vozidla na nevyžadující úpravy vozidla (např. směsná nafta), vyžadující úpravy (LPG, MEŘO), vyžadující novou konstrukci (vodík, palivové články). [12]

2.3.1 VODÍK

Samotný vodík je strukturou lehký plyn bez barvy, chuti či zápachu. Jeho specifickou vlastností je, že hoří namodralým plamenem. Objevitelem byl již roku 1766 anglický fyzik a chemik Henry Cavendish. Z hlediska bezpečnosti se nejedná o ideální alternativní palivo. Byl to právě jmenovaný vynálezce Henry Cavendish, který ho pojmenoval „hořlavým vzduchem“, což dokonale vystihuje jeho charakter. Z hlediska historie je třeba opomenout známý požár německé vzducholodi Hindenburg, která roku 1937 při přistávacím manévru vzplanula zřejmě vlivem nashromážděné statické elektřiny. Tato vzducholod' byla naplněna právě vodíkem. Velkým problémem je také uchování, převážení a skladování vodíku. Když se opomene stránka bezpečnosti, vodík je unikátní složkou, která se nachází v celém vesmíru. Genetické inženýrství získává vodík především průmyslově, a to skrz termické rozkládání vody a zemního plynu (methanu) při teplotě až 1000 °C. [13]

2.3.2 ROPNÝ PLYN

LPG nebo-li „Liquified Petroleum Gas“ je označení kapalného ropného plynu. Z hlediska chemického jde o směs propan-butanu, vzniká jako vedlejší produkt při zpracování ropy, a vzhledem k tomuto faktu lze LPG zařadit i mezi ropné produkty. LPG láká nižším vypouštěním emisí a škodlivin do ovzduší a výhodnou cenou. Tento kapalný plyn je bez barvy, snadno těkající látka, která má na rozdíl od vodíku specifický zápach. Jedná se taktéž o hořlavou látku uchovávanou v tlakových nádobách. Jak již bylo řečeno, LPG vzniká jako vedlejší produkt za průběhu těžby ropy. Velkým plusem LPG je téměř dokonalé spalování, které má za následek nízký počet vypouštěných zplodin a v neposlední řadě i přijatelnou cenu. CNG je často srovnáváno s LPG jako její lepší verze právě z hlediska bezpečí. V případě úniku CNG není jeho uživatel ani okolí ohroženo na životě, protože se samovolně rozptýlí do ovzduší. [03,09]

V České Republice byl užíván již ve druhé polovině 20. Století. Navíc se objevují nové modely i z řad známých značek, nově se přidal i výrobce aut značky

Škoda. Největší výhodou tohoto pohonu nadále zůstává snadná dostupnost čerpacích stanic po celé Evropě a to s nižší spotřební daní. V neposlední řadě je třeba zmínit omezený obsah vypouštěných emisí. Jako zajímavost se musí zmínit, že auta na LPG pohon nesmí kvůli bezpečnosti parkovat v uzavřených garážích. Tyto garáže jsou označeny před vjezdem značkou zakazu vjezdu motorových vozidel na LPG, viz. obr. 1. Cena LPG se upravuje podle aktuálních cen ropy. Orientační cena však bývá poloviční v porovnání s motorovým benzínem Natural 95. Každé vozidlo kategorie M1 a N, které využívá palivo LPG, musí mít na zadním okně značku. [06]



Obr. 1 Značka zakaz vjezdu vozům na LPG [29]

2.3.3 ZEMNÍ PLYN

Hlavní složkou zemního plynu je methan. Vyskytuje se především v ropných ložiskách. Může mít dvě podoby, a to kapalnou formu s označením LNG nebo stlačenou podobu CNG. Přírodní zemní plyn se dále dělí na suchý, kyselý, vlhký - ale to v této práci není podstatné. Na zemní plyn v ČR jezdí čím dál více uživatelů mobilních automobilů a jeho oblíbenost stále stoupá. „CNG má nejširší spektrum použití, žádné jiné alternativní palivo takové využití nemá.“ - citace pana Matthiase Maedge. Vzhledem ke skutečnosti, že stlačený zemní plyn již užívají ve velkém nejen osobní vozy, ale také lokomotivy, lodě, traktory a další. Uvažuje se o užívání zemního plynu i v letectví. [02]

CNG

Toto palivo bylo populární již v první polovině 20. století. CNG nese zkratku z anglického originálu „Compressed Natural Gas“ neboli stlačený zemní plyn. Bohužel se neřadí mezi obnovitelné přírodní zdroje, na druhou stranu se jedná o poměrně levné a šetrné palivo. Velké vozy nad 12 tun jsou navíc v ČR osvobozeny od spotřební daně. Pro uživatele, který by se rozhodl přejít na stlačený zemní plyn, je mnohem lepší pořídit nový vůz s palivovým systémem na CNG, než uskutečnit nákladnou a těžkou přestavbu jiného palivového systému. Nevýhodou těchto paliv je také nízká rozšířenost čerpacích stanic a náročnější údržba. Další nevýhodou je nemalý objem a ztížené skladování ve speciálních nádobách, díky kterým je prostor auta značně omezen. Každé vozidlo kategorie M1 a N které využívá palivo CNG musí mít na zadním okně značku, viz. obr. 2. [08,63]



Obr. 2 Označení vozidel kategorie M1 a N využívající CNG [30]

LNG

Zkapalněný zemní plyn v anglickém znění „Liquified natural Gas“ se označuje zkratkou LNG. Ve skutečnosti je zkapalnění zemního plynu velice náročná procedura a následná přeprava tankery obnáší spoustu bezpečnostních opatření. LNG musí být převáženo v nádrži se stálou nízkou teplotou, aby se předešlo katastrofě. Převozní nádrže tankeru mají tvar koule, viz. obr. 3. Na druhou stranu - společně s CNG se jedná o energeticky nejvýhřejší palivo, při jehož spalování se vypouští značně menší množství škodlivin do ovzduší v porovnání s běžnými palivy. Využití LNG je velice pestré nejen v silniční dopravě, ale ve stejném měřítku i dopravě v lodní. V současné době je však stále nedostatečná infrastruktura čerpacích stanic. [14,62]



Obr. 3 Převoz LNG [31]

2.3.4 BIONAFTA

Bionafta je palivo pro vznětové (naftové) spalovací motory na bázi metylesterů nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. Pohony na bionaftu při spalování lépe hoří. Na druhou stranu je potřeba větší údržba (hrozba koroze, usazenin v palivovém potrubí). V současné době musí výrobci povinně přimíchat alespoň 5 % bionafty do nafty vyrobené z ropy. Společnosti jako je MAN a SCANIA propagují bionaftu jako jedno z nejlepších paliv. [04]

2.3.5 ETHANOL

Ethanol je ekologické biopalivo vyráběné z biomasy, což je v podstatě kvašený škrob a cukry využitě z bioodpadu běžných hospodářských plodin. Přesto, že se jedná o ekologické palivo, tak etanol při spalování vypouští vysoce škodlivé aldehydy. Velkou výhodou je již zmíněné získávání z obnovitelných zdrojů (například z cukrové řepy, kukuřice), což z něj dělá velice zajímavou alternativu do budoucna. Navíc uživatelé etanolu E85 jsou osvobozeni od spotřební a silniční daně. Číslo 85 uvedené v názvu paliva vychází z poměru čistého etanolu a ropného benzínu, jehož obsah je zbylých 15 %. [03]

2.3.6 METHANOL

Toto palivo lze také nalézt pod názvem methylalkohol, karbinol nebo také dřevný líh. Methanol je směsí metanolu a alkoholu vyráběného ze zemního plynu. Lze také vyrábět z biomasy, cena je však přibližně dvojnásobná v porovnání s výrobou ze zemního plynu. Ve Spojených státech amerických se prodává pod názvem M85 - tedy v kombinaci s benzínem (složka 15 %), nebo také pod názvem M100 - čistý methanol. [01]

2.3.7 NOVÁ ALTERNATIVNÍ PALIVA BUDOUCNOSTI

Kovový prach

Podle nedávné studie časopisu Applied Energy je slibným palivem budoucnosti tzv. kovový prach, který by byl vyroben z primárních energetických zdrojů. Kovový prach tvořen mikro částicemi o velikosti zrněk hladké mouky, by mohl z velké části nahradit fosilní paliva. Kovový prach se již po staletí užívá jako palivo při ohňostrojích. Hlavní složkou kovového prachu by mohlo být železo, které je všude přítomné a navíc snadno recyklovatelné. Pro správně vyrobený spalovací systém by navíc železný prach nevypouštěl takové množství oxidu uhličitého jako při běžném zpracování železa, tudíž by se značně omezily emise vypouštěné do ovzduší. Uvedením této myšlenky do praxe a sestavením prototypu hořáku se zabývá skupina vědců z McGill Univerzity a Evropské kosmické agentury v Nizozemsku. Podaří-li se prokázat pozitivní vlastnosti a očekávání kovového prachu, na trhu by mohla vzniknout alternativa benzínu a nafty. [15]

Palivo z odpadních plastů

Syntetické plasty, konkrétně nejrozšířenější polyethyleny, v neskutečném množství zahlcují planetu jako těžký neskladný odpad. Vědci z University of California se nyní zabývají myšlenkou, jak z tun hromadícího se plastového odpadu vyrobit nové palivo, které by vyřešilo hned několik enviromentálních problémů. Nová teorie tvrdí, že přeměnou plastů na použitelné polymery lze získat nový zdroj kapalného

paliva. Při otestování vědci paradoxně použili obdobnou metodu, kterou se polyetylové plasty vyrábí. Komplikovaným štěpením řetězců až na jednoduché molekuly, které se dále mohou pojit a vytvářet nové kratší řetězce, se již zabývá i Čína. S krátkými či středními řetězci jednoduchých molekul se dá pracovat například při výrobě nafty. Na metodě přeměny plastů na použitelné polymery, které by mohly sloužit jako palivo, již pracují skupiny vědců z Číny a USA, které čekají dlouhé měsíce výzkumu a experimentů. Nové výsledky by mohly být známy již v roce 2017. [15]

2.4 ALTERNATIVNÍ POHONY

Klasické spalovací motory jsou aktuálně nejběžnější v motorovém provozu obecně. Množství škodlivin, které se vypařují do ovzduší je až zářející. Bohužel finanční stránka a dostupnost alternativních motorových vozidel jsou hlavními aspekty, které brání v rozšíření šetrnějších pohonů. Vývoj technologií jde každým rokem dopředu. Je jen otázkou času, kdy se podaří pozitivně oslovit většinu společnosti.

Pohon je technickým pojmem pro tvorbu mechanického výkonu. Důležité je jakým způsobem pohon energii dostává. Pohony mohou mít také několik základních režimů jako například běh naprázdno, rozběh, doběh a podobně. Běžně využívané typy pohonů jsou elektrické a hybridní. Ostatní technologie jako jsou palivové články, jaderný, slunečný pohon nebo pohon na vzduch nejsou v současné době rozšířené a setkat se s nimi lze pouze vyjimečně. Jednotlivé pohony budou vysvětleny níže. [7]

2.4.1 ELEKTRICKÝ POHON

Výrobou elektřiny se přemění mechanická, světelná, tepelná, vodní, jaderná, větrná či chemická energie na konečnou energii - elektrickou. Elektřina byla zkoumána již ve druhé polovině 19. století. Nejvýznamnějším obdobím byl rok 1897, kdy se J. J. Thomsonovi povedlo objevit elektrony. Tento významný pán je zobrazen na obr. 4. Po tomto roce následovalo několik dalších přelomových objevů, které pomohly definovat elektřinu tak, jak je známa dnes. [16] Z elektráren lze čerpat

elektřinu skrz elektrorozvodné sítě. Elektrická energie v automobilech má jednu obrovskou výhodu a to nulové vypouštění škodlivých emisí z jedoucích nebo stojících vozidel. Navíc elektrický proud lze nalézt aktuálně již snad v každé domácnosti. Nevýhodou je stále narůstající cena.



Obr. 4 J. J. Thomson [32]

Vozidla která ke svému pohonu využívají elektrickou energii se nazývají elektromobily. Elektrická energie je běžně dostupná v domácnostech i na veřejných místech či dobíjecích stanicích. Automobily na elektrický pohon nevypouštějí žádné emise. Nutno však připomenout, že elektrická energie musela být někde vyrobena a škodlivé emise mohly vzniknout jinde. Záleží na typu elektrárny. Elektromobily také mají tichý a spolehlivý chod. Nevýhodou tohoto pohonu je malý dojezd vozidla a následné dlouhé nabíjení vozidla. Průměrná doba nabíjení v domácnostech je 6-8 hodin, což je v dnešní uspěchané době nemalý časový interval. Příslibem budoucnosti jsou navrhované solární články, které by umožnily dobíjení autobaterie bez připojení do elektrické sítě.

Mezi nové modely elektromobilů patří například BMW i3, které láká poutavým designem a bezúdržbovým provozem, viz. obr. 5. Pořizovací cena vozu je však pro běžného řidiče velice vysoká. Náklady na každý ujetý kilometr jsou však

mnohem nižší v porovnání s vozy na běžné paliva. [17]

Požizovací cena elektromobilu je hlavní důvod, který brání v jeho rozšíření. Elektromobily ovšem postupně upadly ve stínu aut poháněných benzínem, k popularitě se vrací až v posledních letech.

V současné době se již také vyrábí elektrické motocykly. Často se jedná o motocykly nižších kategorií o objemu válců do 125 cm³. Nejčastěji se jedná o motocykly s automatickou převodovkou nejčastěji skútry. Vyrábějí se i motocykly vyšších kategorií. Tyto motocykly však nejsou oblíbené a to především kvůli prožitku z jízdy.



Obr. 5 BMW i3 [33]

Historie a vývoj elektromobilů

Když se opomenou dnešní vyspělé technologie, které se každým rokem zdokonalují a vytváří nové a lepší možnosti, je důležité poukázat na fakt, jakou neuvěřitelnou rychlostí se takto vyspělé vozy objevily na trhu pro běžné uživatele.

První elektromobil se objevil již roku 1835 v Holandsku. V České Republice se proslavil vynálezce František Křižík, který roku 1895 uvedl svůj první automobil poháněný stejnosměrným elektromotorem. V 19. století se elektromobily staly vysoce populárními hlavně v USA, kde v určitou dobu jezdilo více elektromobilů nežli klasických mobilních vozů na spalovací motory.

V Praze a Brně se v roce 1965 začala rozmáhat amatérská výroba elektromobilů. Od roku 1994 se u nás vyráběl populární elektromobil Beta, který dosahoval rychlosti 110 km v hodině a mohl ujet až 120 kilometrů na jedno nabití. Zlom nastal v roce 1997, kdy se do České republiky dostala dnes již známá korejská automobilka Hyundai a automobil Beta se přestal vyrábět. V zahraničí slavila úspěch s elektromobily například značka Peugeot a Renault. Za necelých 190 let se tedy svět elektromobilů změnil k nepoznání. [03]

2.4.2 HYBRIDNÍ POHON

Velice rozšířený je také hybridní pohon, který je výsledkem kombinace elektrické energie a ropného produktu (benzín popřípadě nafta) nebo stlačeného plynu. Hybridním vozem je tedy označen vůz kombinovaný spalovacím, elektrickým nebo plynovým motorem, které na sebe navazují a umí fungovat paralelně.

Hybridní vozidla - lidově „Hybridy“ se dělí do několika kategorií podle poměrné části využití elektrické energie a to na full-hybridy a plug-in hybridy. Z hlediska ekonomického je nejvýhodnější pokrokový hybridní motor „plug-in“, který umí dobíjet baterie přes elektrické sítě nebo při brzdění vozidla, které se již pohybuje, čímž lze výrazně ušetřit. Hybridní motory jsou tedy výhodné především po stránce spotřeby a samozřejmě z hlediska ekologického. [64]

Mezi konkrétními příklady lze nalézt hybridní vůz Mercedes-Benz C300 Bluetec Hybrid, viz. obr. 6, Honda Civic. Také známé značky Hyundai, Peugeot či Toyota nabízí na trhu své hybridní zástupce. [04,66]



Obr. 6 Mercedes-Benz C300 Bluetec Hybrid [34]

FULL HYBRID

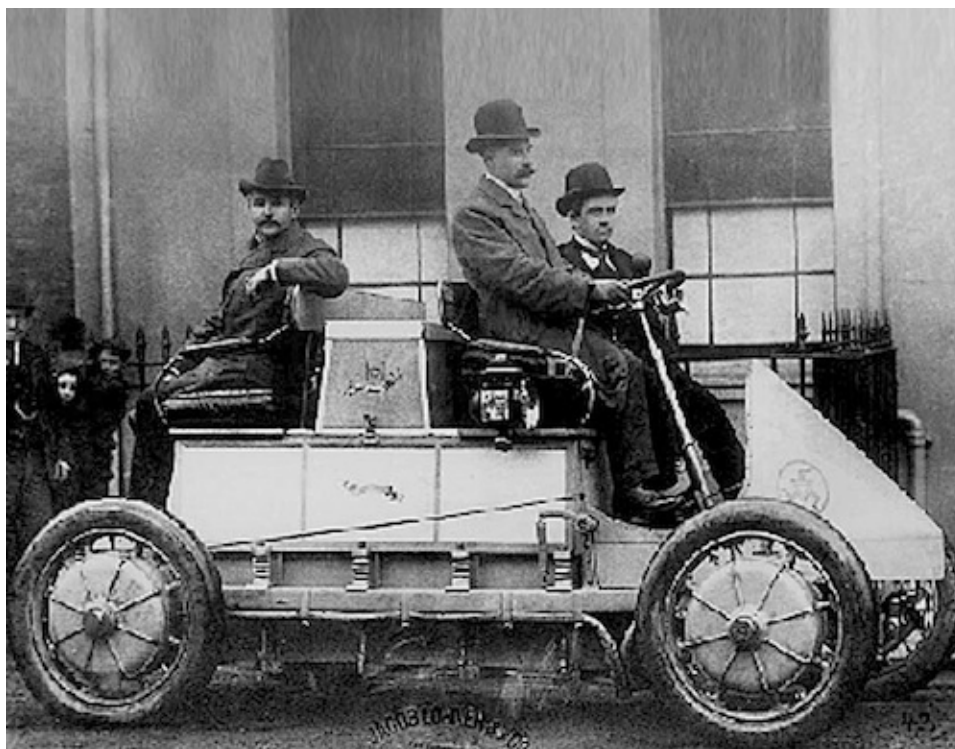
Tento hybridní pohon je kombinací spalovacího motoru a elektromotoru. Elektromotor je mnohem silnější a má větší zastoupení než motor spalovací, tudíž se vozidlo pohybuje z valné části na elektrickou energii. Velkou předností jsou samozřejmě nízké emise. Příkladem levného full hybrid vozidla je například vůz Toyota Yaris Hybrid, kterou lze řídit převážně jen na samotný elektromotor. [7]

HYBRID PLUG-IN

Je označením hybridního vozu, jež se snadno může dobíjet ze zásuvky jako například mobilní telefon. Tento typ vozidel je velice oblíbený - několik desítek kilometrů můžete ujet jen a pouze na elektřinu bez zapojení spalovacího motoru. Jako konkrétní příklad stojí za zmínku vůz Toyota Prius Plug-in, Mitsubishi Outlander Plug-In Hybrid, Audi Duo nebo oceněné pětihvězdičkové auto roku 2016 - Hyundai Ioniq, který obdržel cenu Zeleného auta roku, jedná se také o aktuálně nejbezpečnější vůz na trhu. [7]

Historie a vývoj hybridních vozů

Jako první vynalezl kombinovaný vůz Ferdinand Porsche v roce 1899, kdy využil spalovací motor poháněný generátorem, který vyráběl elektrickou energii. Porsche byl v tu dobu zaměstnaný u firmy Lohner, která se specializovala na výrobu kočárů a povozů. Elektrický kočár s názvem Mixte, od společnosti Lohner, se v roce 1900 stal v Paříži hitem. Tento vůz je zobrazen na obr. 7. Ferdinand Porsche v následujícím roce 1901 uspěl se svým povozem na "Exellberg Rally". Inovovaná verze měla narozdíl od prvního kombinovaného vozu elektromotory 4 - umístěné ve všech kolech. [5]



Obr. 7 Hybridní vůz Mixte [35]

V roce 1915 se na trhu objevila novinka od společnosti Woods Motor Vehicle tzv. "Dual Power", který představoval první prototyp paralelního hybridu. Bohužel pro elektromobily i hybridní vozy skončilo období vzrůstu a zájmu, a to kvůli výrobní lince značky Ford, která levně vyráběla automobily využívající spalovací motory. Na několik desetiletí se hybridní vozy naprosto vytratily z běžného provozu. Zlom nastal až koncem 60.let, kdy začal být diskutován dopad vypouštěných emisí na životní

prostředí. Díky této skutečnosti se hybridní auta opět vrátila do popředí a začalo se experimentovat. Jedny z dalších hybridů byly vozy s označením GM 512, které byly vybaveny zážehovým dvouválcem a elektromotorem s bateriemi. Další nová hybridní auta zkoušela vyrábět společnost Volkswagen. [05]

Další éra přišla s Viktorem Woukem, který se zabýval přeměnou střídavého napětí na stejnoměrné. Victor byl přezdíván také jako “kmostr hybridů”. Díky jeho zkušenostem a poznatkům byly položeny základy pro konstrukci vozů v Japonsku u společnosti Honda a Toyota. V roce 1989 automobilka Audi představila svůj první hybridní vůz, který se po mnoha inovacích vyvinul až na model Audi Duo. [05]

2.4.3 PŘEHLED HYBRIDNÍCH MODELŮ NA TRHU

V této části budou představeny aktuální populární modely hybridních automobilů, které lze nalézt na území ČR i zahraničním trhu. Nabídka je každým rokem širší a mnohé z uznávaných značek a předních výrobců automobilů inovují již starší a osvědčené modely právě pro hybridní pohony.

Toyota Prius

První sériové osobní auto je v běžném prodeji již od roku 1997. V tomto voze se využívá špičková technika zážehového čtyřválcce s vysokým výkonem a synchronním elektromotorem. Motor se v případě klidu samočinně vypíná a tak spoří energii. Běžný provoz automobilu nevyžaduje externí zdroj energie. Automobil je zobrazen na obr. 8, jedná se o modelový rok 2012. [13,65]



Obr. 8 Toyota Prius 2012 [36]

Audi Duo

Tento automobil se na trhu objevil již v roce 1996 a nabízí tři jízdní režimy. Základní režim automaticky řídí výkon mezi spalovacím motorem a elektromotorem. Druhý režim je na elektromotor a třetí na motor spalovací. Přechody mezi jednotlivými pohony jsou samočinné, převodovka v autě elegantně nahrazuje funkci spojky. Vůz je zobrazen na obr. 9. [18]



Obr. 9 Audi Duo [37]

Honda Insight

Honda Insight je klasická kombinace spalovacího motoru a elektromotoru, kde se akumulátory dají dobíjet interně. Pořizovací cena je sice vyšší, zato však výrobci slibují kombinovanou spotřebu vozu 4,4 litru benzínu na 100 km. V reálném provozu lze předpokládat, že tato spotřeba bude vyšší. Vůz je zobrazen na obr. 10. [7]



Obr. 10 Honda Insight [38]

Hyundai Ionig

Na trhu se lze setkat se dvěmi možnostmi - oceněný hybridní vůz a elektrický vůz. Dále je také pro rok 2017 připravovaná variant třetí v režimu "Plug-in". Nabízí dva jízdní režimy, používá šestistupňovou dvouspojkovou skříň DCT a automobilka u něj uvádí normovanou kombinovanou spotřebu 3,4 l/100 km. Novinkou je využitý vysoce výkonný lithium-ion polymerový akumulátor. Vůz je vidět na obr. 11. [19]



Obr. 11 Hyundai Ioniq [39]

Fiat Multipla Hybrid Power

Jedná se o první kompaktní sériový hybridní vůz typu Van. Vůz nabízí uživateli čistě elektrický režim, zážehový motor se zcela vypne a pohon vede třífázový elektromotor. Druhou možností je pohon paralelní, kdy fungují oba motory současně, popřípadě režim s dobíjením přes akumulátory. Tento automobil se vzhledově řadí mezi nejošklivější, viz obr. 12. [18]



Obr. 12 Fiat Multipla Hybrid Power [40]

Nissan PHPS

Vůz s paralelním hybridním hnacím systémem označený zkratkou "PHPS" je špičkou z japonské automobilky. Zážehový motor je zde kombinován se dvěma elektromotory při využití převodovky CVT stejně jako u obdobného modelu konkurenční značky Toyota HV-M4. Jeden elektromotor slouží jako zdroj hnací energie, zatímco druhý elektromotor je využíván jako starter vznětového motoru. [18]

Toyota HV-M4

Model obsahuje dva elektromotory a zážehový čtyřválec připojený k převodovce CVT, která plynule mění převodový poměr. Jeden elektromotor pohání přední kola, druhý zadní kola. I tento vůz lze dobíjet skrz akumulátor během jízdy. Vůz je vidět na obr. 13. [14]



Obr. 13 Toyota HV-M4 [41]

2.4.4 PALIVOVÉ ČLÁNKY

Palivové články lze rozdělit do několika skupin především podle druhu elektrolytu a výše provozní teploty. Podle výše teploty se články dělí na nízkoteplotní, středněteplotní a vysokoteplotní. [04]

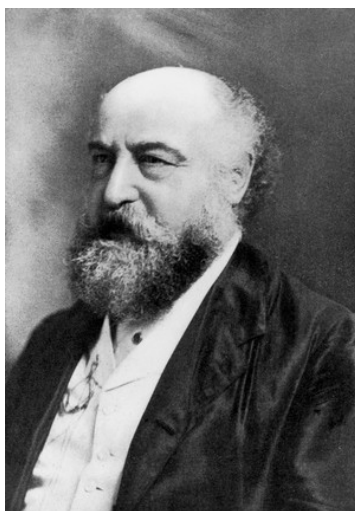
Druhy palivových článků podle typu elektrolytu:

1. alkalické (elektrolyt tvořen alkalickými kovy) - užití spíše lodě a raketoplány,
2. kyselé (kyselina fosforečná),
3. polymerní membránové - autobusy, auta,
4. metanolové,
5. s pevnými oxidy,
6. s tavenými karbonáty (keramika).

Palivový článek je ve své podstatě zdroj elektrického proudu zabudovaný ve vozidle poháněném elektromotorem. Jedná se o elektrochemické zařízení - palivový článek tedy získává elektrickou energii z chemické formy. Aby článek správně fungoval, potřebuje kontinuální přívod paliva. Jako palivo lze využít jakoukoliv látku schopnou oxidování - nejčastěji vodík s kyslíkem, dále pak plyn, methan nebo methanol. Palivový článek může sám o sobě pracovat nepřetržitě po dobu neurčitou. Nedochází tedy k žádnému samovolnému vybití a s tím je spojena dlouhá životnost palivového článku a tichý plynulý chod.

Charakteristika palivového článku je celkem jednoduchá - skládá se ze dvou elektrod (katoda, anoda) a elektrolytu. Na anodu se připojí palivo, které zde oxiduje a na katodu oxidační činidlo, které redukuje. Membrána neboli elektrolyt odděluje anodu od katody a také reguluje tok elektrického proudu. [9,20]

Termín "palivový článek" byl prvně použit Ludwigem Mond, viz. obr. 14. a Charlesem Langerem v roce 1889, kdy se pokusili vyrobit palivový článek poháněný svítiplynem. Později experimentoval i William Jacques, který pro svůj pokus s palivovým článkem využil kyselinu fosforečnou. Palivové články slavily ve 20. století úspěch především kvůli kosmickému programu, kde byly využívány pro raketoplány.



Obr. 14 Ludwig Mond [42]

Automobily s palivovými články

Nevýhodou vozidla na palivový článek s vodíkem je dostupnost samotného vodíku a čerpacích stanic, které se v ČR prakticky nevyskytují. Vodík je vysoce reaktivní prvek, který není snadné skladovat. S vodíkem se v přírodě nelze běžně setkat, vyrábí se především z fosilních paliv nebo elektrolýzou. Vodík není “energickým zdrojem” - jen pouhým nosičem energie. Mezi nevýhodu obecně patří také vysoká pořizovací cena palivového článku.

Specialistou na palivové články v automobilech jsou značky Toyota a Honda. Palivové články aut využívají reakce vodíku s kyslíkem a přetváří ji na elektrickou energii, která vůz pohání. Nové vodíkové automobily mají navíc prokazatelně lepší dojezdovou vzdálenost než-li klasické elektromobily. Jako odpadní materiál vzniká u vodíkového palivového článku voda, což samo o sobě vypovídá o velice nízkém množství emisí. V Japonsku vláda podporuje uživatele automobilů na vodíkovou energii dotacemi. V případě, že se podaří oslovit valnou většinu obyvatel, lze předpokládat výrazně nižší vypouštění emisí a zlepšení kvality ovzduší. [20]

Největším výzkumem těchto vozů se zabývá firma Daimler. Představila vůz F-Cell, který je vytvořený na základě Mercedesu třídy B, viz. obr. 15. Vozidlo má výkon přes 100 kW a orientační dojezd 400 km. [21]

Podle obecných průzkumů je jen otázkou času, kdy v budoucnu palivové články zaujmou místo klasických pohonných hmot.



Obr. 15 Automobil F-Cell [43]

2.4.5 JADERNÝ POHON

Jaderné pohony se staly klíčovým aspektem za studené války, kdy poháněly velké množství tanků, ponorek, letadel, aut i kosmických sond. V posledních letech se skvěle osvědčily i ledoborce a velké nákladní lodě poháněné jaderným pohonem. Využití jaderné energie je tedy v mnoha různých odvětvích.

Jaderná energie v kosmu

Jaderné pohony v kosmu se užívají především pro vesmírné lodě a sondy. Pohony lze rozdělit na tepelné a pulzní. Mezi tepelné pohony se řadí pohony Rover, NERVA, jaderná žárovka a RTG pohon. Pulzními pohony jsou pak VASIMR a jaderný pulzní pohon. Z velké části se jedná pouze o teoretická využití pohonů, která nikdy nebyla uvedena do praxe a o jejich testování se více méně spekuluje. [24]

Lodě a ponorky na jaderný pohon

Objev reaktorového pohonu odstartoval výrobu plavidel ve velkém, a to obzvláště pro vojenské účely. Za studené války se vyrobilo více než 400 ponorek na jaderný pohon. Za poslední desetiletí se počet ponorek výrazně snížil. Přispělo k tomu také omezení armádního arsenálu jednotlivých států. I přesto určité země stále inovují a vyvíjí nové modely bojových ponorek a ledoborců - mezi předními výrobci je Indie, Čína, USA, Rusko a v neposlední řadě Francie a Velká Británie. Často se jedná o

spolupráci více zemí na jednom projektu.

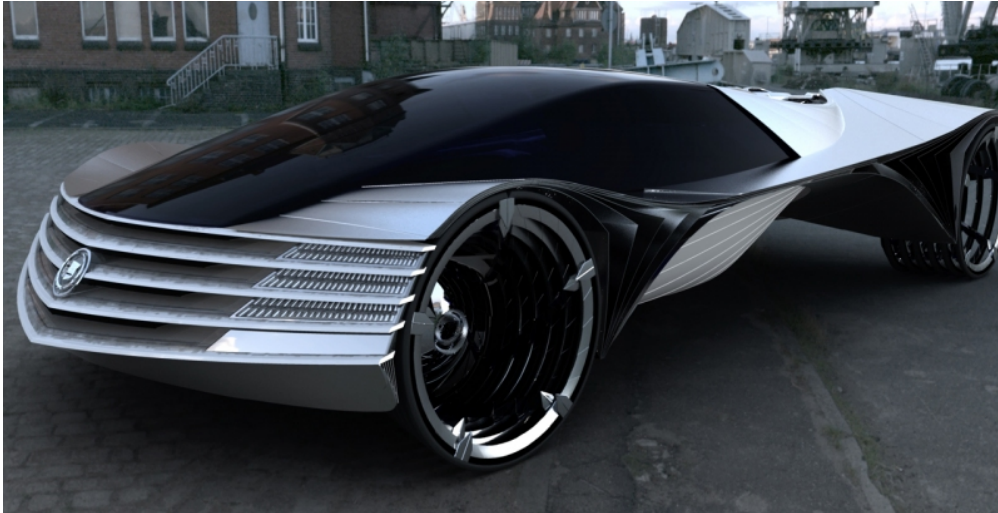
Rusko dále vyvíjí svoji první plovoucí jadernou elektrárnu vyrábějící elektrickou energii, která by měla být schopna provozu téměř 4 roky na jednu palivovou vsázku, podobný projekt vytváří také Čína. [23]

Automobily na jaderný pohon

Základem pro využití jaderného pohonu je Thorium. Tato látka je využívána především v jaderné energetice - díky možné přeměně na Uran (^{233}U) je silným zdrojem neutronů a tudíž potencionálním jaderným palivem. S Thoriem se lze setkat jako izotopem Th^{232} , v přírodě se vyskytuje vzácně jako forma minerálu thorianitu chemicky označovaného jako ThO_2 .

Thorium je vysoce stabilní radioaktivní kovový prvek, který lze nalézt v zemské kůře. Thorium má navíc mimořádně dlouhý poločas rozpadu až 15 miliard let. Vzhledem bílý kov s odlesky stříbrnošedé barvy objevil v roce 1828 švédský chemik Jons Jacob Berzelius. Název "Thorium" byl odvozen od skandinávského boha blesků - Thora, syna Odina. Thorium jako palivové články v automobilu je možné užívat také ve formě izotopů ^{229}Th a ^{228}Th , které se po poločasu rozpadu přemění na obyčejné olovo. [22]

Poslední desetiletí se do popředí dostává společnost Laser Power Systems, která vidí budoucnost jaderné energie i v běžné dopravě. Pracuje se na prototypu vozidla, které by díky thoriiovému reaktoru mohlo vyvinout mnohem více energie a také by se mohlo dosáhnout nižší spotřeby. Pro porovnání by jeden gram thoria vydal několikrát větší energii než cisterna benzínu. Ve své podstatě by pohon fungoval na bázi parních turbín, které by vyráběly tepelnou energii pomocí laserového ozáření. Vyráběné prototypy jsou bohužel velice nákladné a mají spousty nedostatků. Firma Laser Power System přiznává, že bude trvat několik dalších let a řadu detailních výzkumů, než budou schopni představit první funkční automobil na jaderný pohon. Prozatím se tedy jedná o pouhou vizi budoucnosti. Existují pouze koncepty jako je například Cadillac World Thorium Fuel, který je vidět na obr. 16. Aktuální jaderné pohony užívané v lodní dopravě, lokomotivách či raketoplánech jsou absolutně nevhodné pro automobilový průmysl. [44]



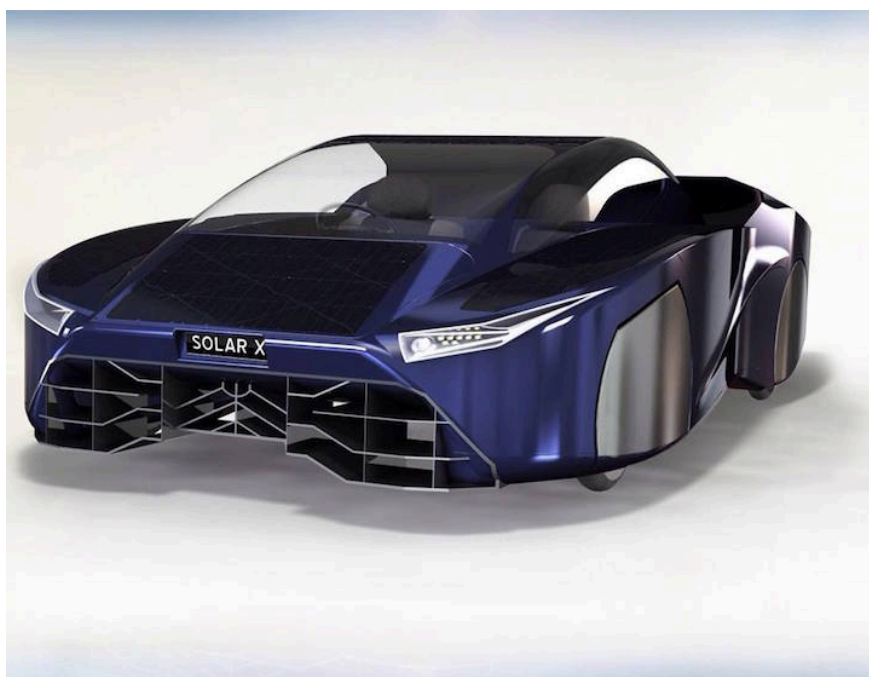
Obr. 16 Cadillac World Thorium Fuel [44]

2.4.6 SOLÁRNÍ POHON

Solární energie získávaná ze slunečního záření je přelomovým objevem a považuje se za obnovitelný zdroj. Sluneční záření se čerpá přes solární články. Lze je popsat jako solární baterie, které mění světelnou energii na elektrickou. Solární články tvoří plošné elektrody a polovodičové plátky tvořené převážně z křemíku. Na samotném povrchu solárního článku je ochranné sklo, které brání článek před okolními vlivy. Solární pohony teprve čeká období rozkvětu. Prozatím jde spíše o individuální experimenty a slibné teorie, které se budou moci v praxi užívat až za pár let.

Solární automobily

Novinkou na trhu jsou solární osobní elektromobily. Auta vyrábí elektrickou energii skrz nainstalované solární panely, které za slunečného počasí mohou fungovat téměř nepřetržitě. Australská firma EVX Ventures představila nový model Immortus “Nesmrtelný”, který by za ideálních podmínek byl schopen jezdit do nekonečna. Tento vůz je vidět na obr. 17. Solární auta mají mnohem nižší hmotnost, delší dojezd, poutavý design sportovního typu a nevypouští škodlivé emise. Jenže oproti početným výhodám se staví příliš vysoká cena a především závislost na slunečném počasí. [45]



Obr. 17 Automobil Immortus [45]

Zatím se jedná o individuální modely vyráběné na zakázku, na trhu se nelze setkat se sériovou výrobou pro běžné uživatele. Pořizovací ceny automobilů často dosahují hranice až 8 milionů korun. Mezi další známé modely patří německý model SolarWorld GT nebo japonský automobil Toyota 2000GT poháněný kombinací elektromotoru a solární energie. Experimentovala také značka Honda, která se úspěšně účastnila se svým vozem světového závodu solárních vozidel v Austrálii - World Solar Challenge Race.

V blízké budoucnosti by se dostupnost solárních automobilů měla změnit. Německá společnost Sono Motors vyvíjí nový elektromobil SION, který by se na trhu pohyboval za pořizovací cenu 350 tisíc korun českých. Uvedení automobilu SION na trh se plánuje v roce 2018, kdy by měla začít jeho sériová výroba. [25]

Pokus o levný solární dopravní prostředek

Otázka výroby solárních automobilů si získala své fanoušky i z řad amatérů. Například Daniel Theobald úspěšně přestavěl vůz Volkswagen Westfalia Bus z roku 1966 na solární automobil. Dosáhl toho přestavěním na elektrický pohon a namontováním solárních panelů na střechu vozu.

Česká Republika se také pyšní raritou - kutil Jaromír Mart nominovaný v

soutěži Energy Globe v kategorii Kutil vymyslel čistě solární automobil, který může jet rychlostí až 12 km/h., viz. obr. 18. Náklady na výrobu vozu činí zhruba 20 tisíc korun českých. Jedná se spíše o zajímavost, která řeší případnou přepravu až dvou osob na kratší vzdálenosti nejčastěji po městě. [46]



Obr. 18 Jaromír Mart a jeho solární automobil [46]

Solární letadla

Firma Solar Flight se specializuje na elektrická letadla již od roku 1986. První dvoumístné letadlo Sunseeker Duo mělo tak tichý chod, že nebyla potřeba sluchátka. Letadlo dokáže díky zabudované lithium-polymerové baterii letět za dobrých světelných podmínek až 12 hodin. Mezi známá solární letadla patří i Solar Impulse které úspěšně obletělo Spojené státy. [26]

2.4.7 STLAČENÝ VZDUCH

Ačkoliv to zní zvláště, vzduch může být alternativním pohonem. V současné době je “auto na stlačený vzduch” spíše raritou. Rozhodně se nejedná o klasický osobní automobil sloužící k běžnému užívání na delší vzdálenosti. Francouzská společnost MDI prezentuje mini mobil AirPod poháněný vzduchem jako osobní vůz pro převoz až 3 osob, viz. obr. 19. Vůz se ovládá pomocí joysticku a jeho pořizovací cena se pohybuje kolem 175 000 Kč. AirPod se natankuje již za 2 minuty a to díky

speciálnímu systému, který stlačený vzduch po připojení do elektrické sítě vstříkne do nádrže. Airpod uvádí maximální rychlost jízdy až 45 km za hodinu a na jednu plnou nádrž ujede až 220 kilometrů. Vystavený prototyp byl již v roce 2009 v autosalonu v Ženevě, kde se těšil velké popularitě a mediální pozornosti. Mezi výhody tohoto vozítka patří především nulové emise, rychlé doplnění nádrže a minimální provozní náklady.

Se společností MDI nově spolupracuje indická automobilka TATA Motors, která má během pár měsíců začít vyrábět vozy ve velkém. [27]



Obr. 19 Vůz poháněný vzduchem [47]

2.4.8 BUDOUCÍ HYBRIDNÍ TECHNOLOGIE HYBRID-AIR

Zcela nový technologický přístup “HybridAir” byl představen v roce 2013 v Ženevě. Jednalo se o pohon stlačeného vzduchu, který měl být pod tlakem vstříkván do spalovacích komor místo klasického paliva. Výrobci do budoucna slibují až 45 % úsporu paliva a během následujících let se mají na trhu objevit první auta s tímto hybridním pohonem. Nový hybridní pohon měla do svých aut zabudovat i značka Peugeot a Citroen, viz. obr. 20. První modely pro širokou veřejnost měly být odhaleny již v tomto roce, společnost MDI však projekt z důvodu nedostatečných financí pozastavila na dobu neurčitou. [28]



Obr. 20 Koncept hybrid air Peugeot-Citroën [48]

3 CÍL PRÁCE

Obecným cílem práce je popsat alternativní paliva a pohony v dopravě a porovnat zvolené druhy pohonu během definovaného jízdního cyklu.

Obecného cíle bude dosaženo prostřednictvím dílčích cílů:

- volba jízdního cyklu a vozidel,
- realizace jízdního cyklu,
- porovnání naměřených dat.

4 METODIKA PRÁCE

V této části práce jsou vysvětleny metody měření PHM. Následuje popis výběru vozu k měření. Dále jsou popsány automobily, na kterých proběhne měření spotřeby PHM a měřící technika.

4.1 METODY MĚŘENÍ SPOTŘEBY PHM

Měření spotřeby PHM probíhá nejčastěji v laboratořích na válcové brzdě metodou NEDC nebo novějším typem měření, metodou WLTP.

4.1.1 JÍZDNÍ CYKLUS NEDC

Jízdní cyklus NEDC (New European Driving Cycle) je používán již od roku 1992 a je povinný pro všechny osobní vozy. V porovnání s jinými metodami měření je jízdní cyklus NEDC poměrně jednoduchý. Měření je založeno na teoretických jízdních profilech a skládá se ze dvou částí. V první části se 13 minut simuluje jízda ve městě s mnoha rozjezdy a zastaveními. Druhá část je jízda mimo město s maximální rychlostí 120 km/h. Celková doba měření je 1180 sekund, přičemž automobil ujede na válkách vzdálenost 11 023 metrů.

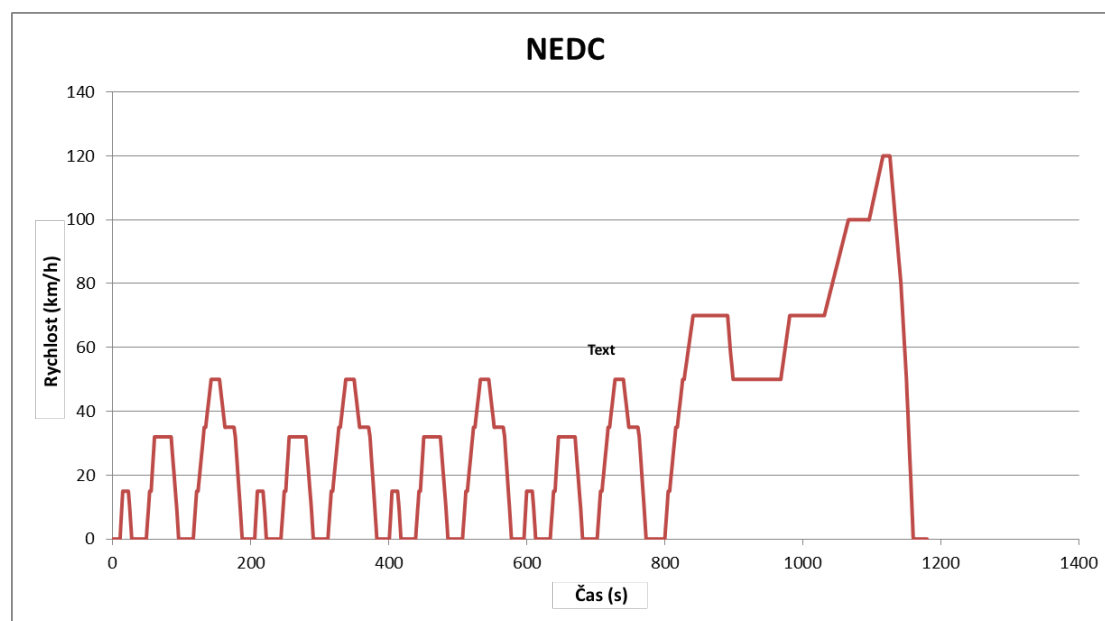
První část testu nebo-li městského cyklu začíná jedenáctisekundovým volnoběhem, dále následuje akcelerace na první rychlostní stupeň na 15 km/h, touto rychlostí se auto pohybuje 8 s a pak brzdí do zastavení. Následně se rozjede na 32 km/h, kde zůstane 24 s a pak opět zastaví. Třetí akcelerace je na 50 km/h, touto rychlostí se jede 12 s, poté se zpomalí na 35 km/h, jede se 13 s a nakonec se opět zastaví. Tyto tři akcelerace se opakují čtyřikrát. Celkem se městský cyklus měří 13 minut, kdy auto ujede zhruba 4 km.

Následuje mimoměstská jízda, kdy se nejprve akceleruje na 70 km/h, následně zpomalí na 50 km/h, poté zrychlí na 70 km/h, 100 km/h a na závěr se 10 s jede rychlostí 120 km/h. Poté se opět zastaví a 20 s se motor nechá běžet na volnoběh, než test definitivně skončí.

Při této metodě měření je pro automobilky výhodný tzv. systém start/stop,

kdy se při nulové rychlosti ihned vypíná motor a šetří tak pohonné hmoty. Celková doba testu činí již zmíněných 1180 s, ale 27 % z tohoto relativně krátkého úseku auto stojí. Proto se vypínání motoru projeví na celkové spotřebě paliva. V praxi však tento systém vypínání motoru téměř nic neušetří. Rychlost jízdy na čase u tohoto typu měření PHM je vidět na grafu 1. [50]

Graf 1 Závislost rychlosti na čase podle metody NEDC [50]



Metoda NEDC není přesná a ke spotřebě, kterou jsou automobilky povinné udávat, se lze jen obtížně přiblížit. Spotřeba PHM slouží spíše k porovnání mezi jednotlivými vozy. Skutečná spotřeba automobilů je obvykle vyšší. Jak již bylo zmíněno, metoda je používána od roku 1992 a od té doby se provoz, styl jízdy i automobily hodně změnily.

Mezi hlavní důvody, proč je skutečná spotřeba obvykle vyšší patří:

- teoretický jízdní profil neodpovídá běžné jízdě,
- doba cyklu je příliš krátká,
- vliv akcelerace je nedostatečně zachycen,
- obsahuje příliš mnoho času, kdy se vozidlo nepohybuje,
- nezahrnuje vyšší rychlosti, především dálniční, proto je průměrná rychlost nižší,
- změna rychlostního stupně je vždy stejná pro stejný typ převodovky a pro

všechna vozidla,

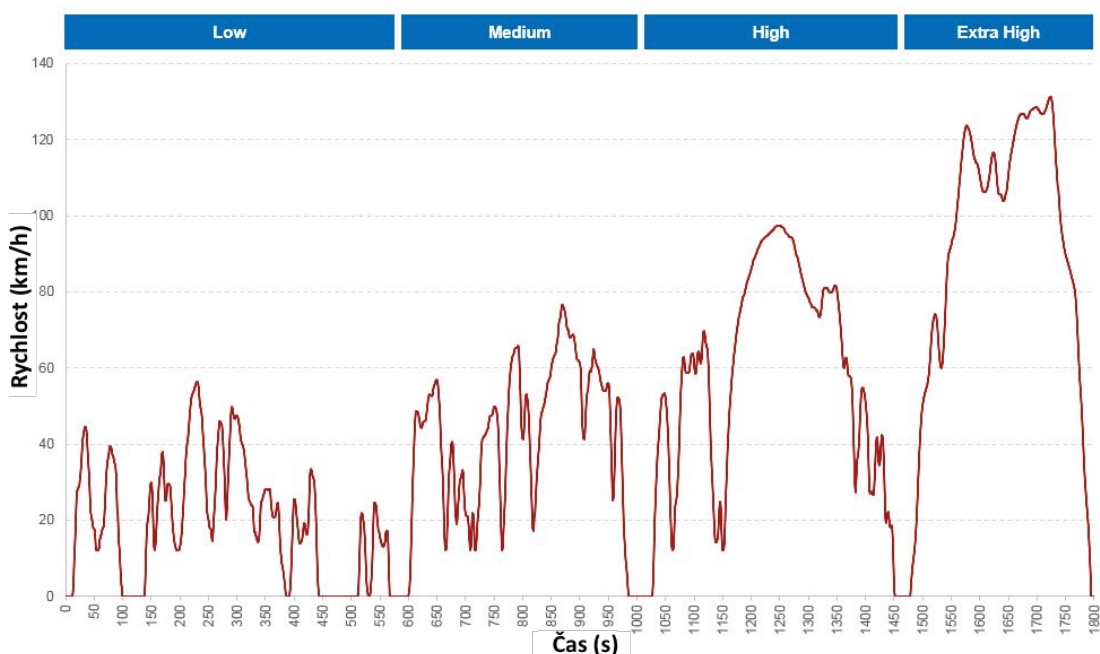
- doplňkovou výbavu nebere metoda NEDC vůbec v potaz. [50]

Jak již bylo zmíněno výsledky měření spotřeby paliva metodou NEDC většinou neodpovídají spotřebě paliva jízdou v běžném provozu. A proto má přijít cyklus WLTC, viz. následující kapitola.

4.1.2 JÍZDNÍ CYKLUS WLTP

Od září 2017 se automobily začnou homologovat podle nového cyklu měření spotřeby WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure). Nový cyklus měření spotřeby bude zcela jiný. Měl by více odrážet reálné používání vozů. Více se v něm akceleruje a auto jede vyšší rychlostí. Cyklus je založen na celosvětovém výzkumu jízdních profilů řidičů. Zahrnuje 4 části s různými průměrnými rychlostmi a to nízkou, střední, vysokou a extra vysokou. Každá část zahrnuje různý počet akcelerací, zastavení a brzdění a přibližuje se tak více každodennímu provozu. Hodnoty získané díky WLTP jsou celosvětově porovnatelné, na rozdíl od hodnoty z jízdního cyklu NEDC jsou platné jen pro Evropu. Rychlost vozidla v závislosti na čase u tohoto jízdního cyklu je znázorněna na grafu 2. [49]

Graf 2 Závislost rychlosti na čase podle metody WLTP [51]



Měření zahrnuje následující vlivy:

- realističtější jízdní dynamiku a venkovní teploty,
- delší vzdálenosti jízdy,
- vyšší průměrné a maximální rychlosti jízdy,
- kratší zastávky,
- častější brzdění a akcelerace,
- dodatečnou výbavu.

Hlavní rozdíly mezi testy NEDC a WLTP jsou zobrazeny tabulce 1. na str. 38.

Tabulka 1 Rozdíl mezi jízdním cyklem NEDC a WLTP [49]

metoda měření	NEDC	WLTP
začátek měření	studený motor	studený motor
doba měření (s)	1180	1800
ujetá vzdálenost (km)	11,03	23,27
průměrná rychlost (km/h)	33,6	46,5
maximální dosažená rychlost (km/h)	120	131,3
počet zastavení	14	9
doba stání (s)	280	226
doba jízdy ustálenou rychlostí (s)	475	66
trvání akcelerace (s)	247	789
trvání decelerace (s)	178	719
podíl stání (%)	23,7	12,6
podíl jízdy ustálenou rychlostí (%)	40,3	3,7
podíl akcelerace (%)	20,9	43,8
podíl decelerace (%)	15,1	39,9

Změní se také pravidla pro samotné měření. Automobilky si už nebudou moci “hrát” s autem před měřícím cyklem tak, aby vyšla co nejlepší čísla. Například pneumatiky budou muset být nahuštěny na předepsaný tlak. Při testu NEDC automobilky přehustily pneumatiky, aby měly co nejmenší valivý odpor a dosáhly tak lepších výsledků. Také nebude možné upravovat odklon a sbíhavost kol. [49]

Stejnou spotřebu paliva v reálném provozu a v jízdním cyklu WLTP nelze předpokládat. Především proto, že žádná norma nemůže postihnout spojení

provozních podmínek a řídičských návyků. Lze však předpokládat, že se podle nové metody měření lze více přiblížit skutečné spotřebě v reálném provozu, v porovnání s metodou NEDC.

4.2 REALIZACE MĚŘENÍ

V této podkapitole budou představeny automobily a měřící přístroje, bez kterých by měření nemohlo být realizováno.

4.2.1 VÝBĚR AUTOMOBILŮ

Stejně jako výběr jízdní trasy je výběr vozu velice důležitý. Pokud by se například porovnával jeden z nejlepších vozů na elektrickou energii Tesla Model S s vozem Volkswagen Polo, porovnání při jízdním cyklu by bylo jednoznačné i bez měřící techniky. U vozu Tesla je k dispozici výkon 515 kW a 930 N.m točivého momentu s hmotností 2108 kg. U vozu Polo je výkon pouze 51 kW a točivý moment 112 N.m o hmotnosti 1067 kg. Tesla Model S se řadí mezi supersporty a bylo by možné ho srovnávat například s Ferrari 458 nebo podobnými auty této kategorie. Je tedy potřeba srovnávat automobily o stejné nebo alespoň podobné kategorii, o podobných výkonových parametrech, hmotnosti, velikosti a rokem výroby. Pokud by se srovnávaly vozy se zážehovým nebo vznětovým motorem, je důležitá také podobná pořizovací cena vozu. Pokud se však porovnává elektromobil a vůz se zážehovým motorem, tak to nelze, protože jak je všeobecně známo ceny elektrických vozů jsou v dnešní době mnohonásobně vyšší než ceny ostatních vozů podobné kategorie. [52,53]

Byly vybrány dva velice známé vozy se kterými se jela jízdní trasa. První vůz byla Škoda Fabia 1.2 TSI, která se porovnávala s elektromobilem Volkswagen E-golf. Vozy nejsou stejné kategorie. Model E-golf je o kategorii výše než vůz Fabia. Automobily jsou však podobné a lze je porovnávat.

AUTOMOBIL ŠKODA FABIA 1.2 TSI

Tento vůz byl při měření v dobrém technickém stavu. Je vidět na obr. 21. Pravidelně byl servisován v autorizovaném servisu Škoda auto. Rok výroby vozu je 2011. Za tuto dobu se s vozem ujelo 55 000 km. Automobil byl sériové výroby a veškeré díly na něm jsou originální a nikdy nebyly dělány tuningové úpravy nebo úpravy řídicí jednotky ohledně zvyšování výkonových parametrů motoru. Jak je již vidět z označení TSI (Turbocharged Stratified Injection) jedná se o downsizingový motor poháněný výfukovým turbodmychadlem s přímým vstřikováním paliva o výkonu 63 kW a točivém momentu 160 N.m. Downsizing znamená zachování nebo zvýšení výkonových parametrů motoru a snížení spotřeby pohonných hmot při snížení zdvihového objemu motoru. Další technické parametry a informace o automobilu jsou zobrazeny v tabulce 2 na str. 44. [54]



Obr. 21 Škoda Fabia 1.2 TSI [Vlastní zdroj]

AUTOMOBIL VOLKSWAGEN E-GOLF

Jak je vidět již z názvu modelu jedná se o vůz s elektrickým pohonem. Elektromobil byl zapůjčen z půjčovny a je zobrazen na obr. 22. I přes velké množství uživatelů byl vůz v dobrém technickém stavu. Vůz byl z roku 2014. Od této doby se s ním ujelo 32 000 km. Stejně jako Škoda Fabia byl elektrický Golf sériové výroby a nebyly na něm dělány žádné úpravy.



Obr. 22 Volkswagen E-golf [Vlastní zdroj]

Automobil pohání trakční střídavý elektromotor s permanentními magnety. Vůz nabízí tři možnosti rekuperace energie se třemi jízdní režimy a to Normal, ECO a ECO+. Při režimu Normal je veškerá výbava k dispozici a nabízí nejlepší jízdní vlastnosti. Při režimu ECO je výkon motoru omezen na 70 kW a zároveň je omezeno využití klimatizace. Při nejušpornějším režimu ECO+ lze dosáhnout nejlepšího dojezdu. Výkon motoru je omezen na 50 kW, maximální rychlost omezena na 90 km/h a klimatizace je zcela mimo provoz. Vůz má pouze jeden převodový stupeň, proto je maximální rychlost pouze 140 km/h. Podle jízdního cyklu NEDC, který je zaměřen na spotřebu pohonných hmot, viz. kapitola 4.1.1, má vůz dojezd 190 km. Baterie mají kapacitu 24,2 kWh. Hmotnost baterií je 318 kg a jsou zabudovány v podlaze vozu. Vztahuje se na ně osmiletá záruka nebo záruka na ujetí 160 000 kilometrů. [55]

Dobíjení baterií je možno třemi způsoby podle potřeb a možností:

- kabelem z běžné sítě o napětí 230 V při 2,3 kW naplno do třinácti hodin,
- kabelem z běžné sítě nebo veřejných dobíjecích stanic o napětí 380 V při 3,6 kW (pak stačí 8 hodin na 100% nabití),
- připojení v rychlostanici CCS (Combined Charging System), kde je e-Golf podle výrobce dobit stejnosměrným proudem při 40 kW za třicet minut na 80 % kapacity akumulátoru. [56]

Cena E-golfu je 956 000 Kč. Golf se zážehovým motorem 1.2 TSI s podobnou výbavou jako je E-golf lze pořídit za cenu 438 000 Kč. Cena E-golfu je tedy více než dvojnásobná. Oba modely Golfů mají nadstandardní výbavu. Ve vozech nechybí kvalitní GPS, tempomat, elektrické stahování oken a další věci, které uživateli usnadní jízdu. Další technické informace o voze a srovnání s druhým testovacím vozem Škoda Fabia jsou zobrazeny v tabulce 2. Pro zajímavost jsou ve stejné tabulce také informace o benzínovém Golfu. Zajímavý ukazatel je také pohotovostní hmotnost dvou na první pohled stejných vozidel modelu Golf. E-golf je o více než 350 kg těžší než benzínový Golf. V elektrickém Golfu je lehčí motor, přesto je hmotnost vyšší kvůli již zmiňovaným akumulátorům. [55]

Tabulka 2 Technické porovnání vozů E-golf, Fabia a Golf [55,56,57]

Automobil	Volkswagen E-golf	Škoda Fabia 1,2 TSI	Volkswagen Golf 1,2 TSI
Typ motoru:	elektrický	zážehový	zážehový
Zdvihový objem (ccm):	-	1197	1197
Nejvyšší výkon (kW / ot/min):	85	63 / 4800	77 / 5000
Nejvyšší toč. moment (Nm / ot/min):	270	160 / 1500 - 3500	175 / 1550 - 4100
Maximální rychlost (km/h):	140	177	192
Zrychlení 0 - 100 km/h (s):	10,4	11,7	10,7
Spotřeba kombinovaná:	12,7 kWh	5,2 l	5,7
„Objem nádrže„:	24,2 kWh	45 l	55 l
Pohotovostní hmotnost (kg):	1585	1041	1233
a) délka vozu (mm):	4254	4000	4199
b) šířka šířka (mm):	1799	1642	1786
c) výška výška (mm):	1453	1498	1480
Cena vozu (Kč)	915 900	259 900	438 000

4.2.2 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

Při měření byly využity v každém voze tři přístroje a to GPS, diagnostika VAG-COM s kabelem Hex-Can a PC.

GPS

Jedním z měřících přístrojů, který byl při měření potřeba byl přístroj GPS (Globální Polohový Systém). Jednalo se o model 18x od firmy Garmin, která se řadí mezi největší výrobce podobných zařízení. Zařízení sloužilo především k zjištění začátku / konce jízd, zjištění rychlosti pohybu a pozice vozidla na trase.

Diagnostika VAG-COM

Součástí této diagnostiky byl také přenosný PC a kabel HEX-CAN. VAG-COM je počítačový program pro autodiagnostiku, který se prostřednictvím osobního počítače spojí s řídicími jednotkami všech vozidel skupiny Volkswagen Group (Volkswagen, Audi, Seat, Škoda a Ford Galaxy). Slouží k zaznamenávání okamžitých hodnot. Pomocí tohoto zařízení je možné zjistit spotřebu PHM, rychlost jízdy, zatížení motoru a mnoho dalších informací. [58]

4.3 NÁKLADY

Náklady za pohonné hmoty na měřených trasách a celkové trase budou vypočítány v kapitole 5.2 a 5.3 s různými příklady podle počtu najetých km. Je důležité vysvětlit, jak zjistit pořizovací cenu vozu. Dále vysvětlit jak stanovit cenu paliva u benzínového vozu a cenu elektrické energie u elektromobilu.

Náklady na pořízení vozů lze jednoduše nalézt, nejlépe na webových stránkách výrobce, kde je aktuální ceník. U benzínového i elektrického vozu je situace obdobná. Cena paliva (Natural 95) pro Fabii se mění každým dnem. Pokud by se tedy počítaly náklady na ujeté km z aktuální ceny, náklady by mohly být o půl roku později zcela jiné. Proto byla cena za toto palivo stanovena jako průměr z předchozích dvanácti měsíců. Cena paliva vychází na 28,50 Kč/l. Podle této částky

budou počítány náklady na ujeté km u benzínového vozu. [59]

U ceny elektrické energie pro elektromobil je to složitější. Na výběr jsou dvě možnosti. První možnost využijí zákazníci, kteří mají přístup k vlastní elektrické energii v domácnosti. Cena se pak mnoho liší podle individuálního tarifu za 1 kWh. Průměrná cena za 1 kWh vychází na 3,7 Kč. Z této částky budou vypočtené náklady za ujeté km při dobíjení v domácnosti. Zákazníci kteří nemají možnost nabíjet svoje elektromobily v domácnostech nebo mají, ale chtějí dobíjet baterie i mimo domov, si musí pořídit tankovací čip. Tento čip nabízí firma ČEZ za cenu 545 Kč/měsíc. Bez tohoto čipu by nebylo možné využívat nabíjení vozu v dobíjecích stanicích například na parkovišti u supermarketu. Pokud by tedy uživatel pořídil tento čip, je třeba počítat s ročním nákladem 6 540 Kč. Na tento čip je však možné nabíjet vůz v neomezeném množství a dokonce také neomezený počet vozů. V kapitole 5.3.1 budou znázorněny příklady s tankováním v domácnostech i na tento čip. [60,61]

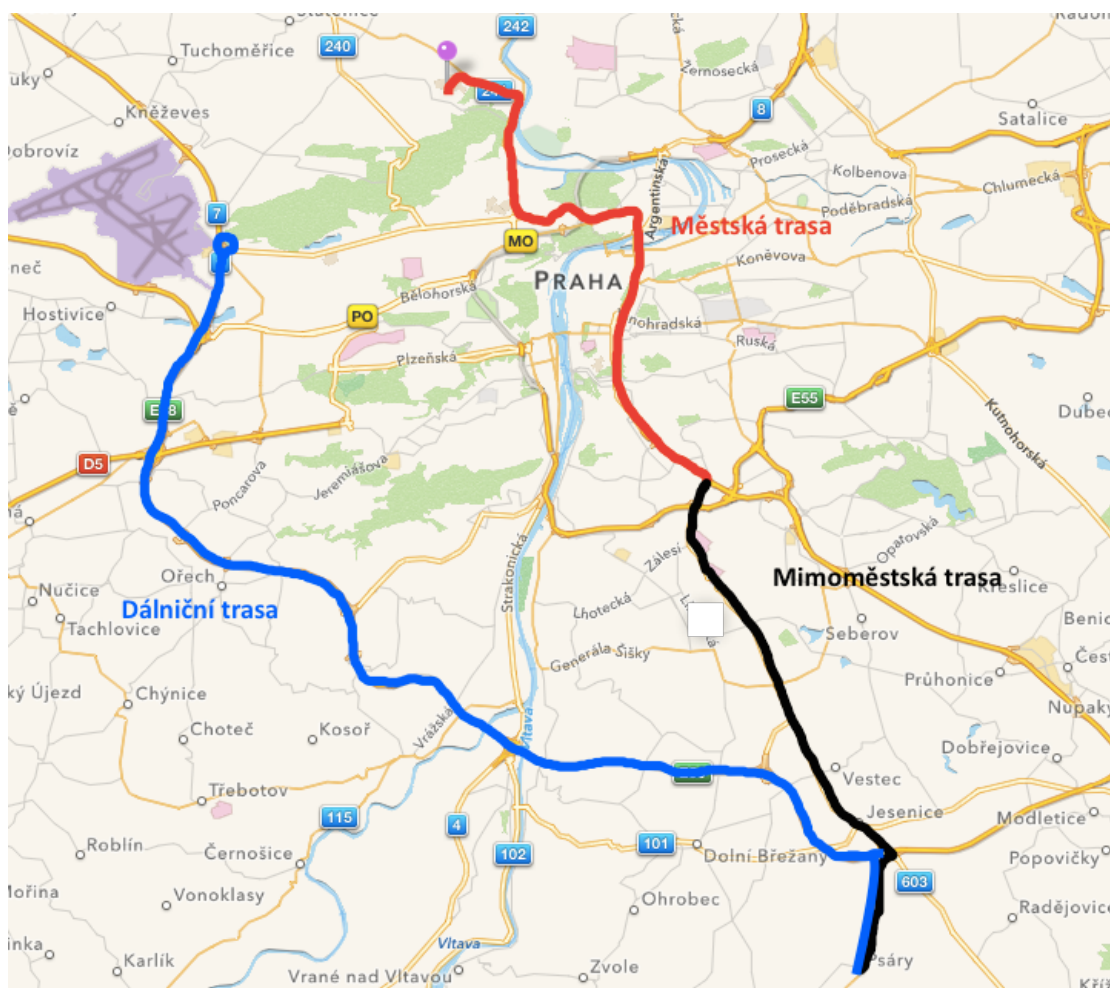
5 VÝSLEDKY

Tato kapitola pojednává o vlastním měření. Je rozdělena do tří podkapitol. V první podkapitole je popsána jízdní trasa, na které proběhlo měření, následuje vlastní měření a celkové porovnání naměřených hodnot. Výsledky a jejich grafické znázornění jsou u jednotlivých měření zpracované pomocí aplikace Microsoft Excel 2007.

5.1 VÝBĚR JÍZDNÍ TRASY

Výběr jízdní trasy je velice důležitý, protože při špatném výběru by porovnání mezi dvěma automobily na jiný PHM mohlo být méně výrazné. Jízdní trasa byla naplánována na základě měření PHM metodou NEDC a WLTP. Trasa tedy obsahuje jízdu ve městě, mimo město i část, kde je možno dosáhnout zmiňované rychlosti 120 km/h. Vozy nebyly testovány na válcové brzdě v laboratoři, ale v reálném provozu. Vozy se pohybovaly ihned za sebou v bezpečném rozestupu. Trasa začínala městským provozem za dílnami Technické fakulty České zemědělské univerzity, dále se pokračovalo přes Dejvice, Holešovice, Václavské náměstí, Vyšehrad, Kačerov, Vestec a Psáry. Následoval mimoměstský provoz, který začínal v Psárech, dále se pak u Jesenice najelo na městský okruh a po dálnici pokračovalo přes Ořech a Třebonice až na Ruzyň. Na Ruzyň došlo k otočení a stejná trasa následovala zpět. Celá trasa je znázorněna na obr. 23. Na této jízdní trase bylo dosaženo všech jízdých režimů jako je jízda na dálnici, na okresních komunikacích, v městě bez kongescí i jízda v městě s kongescemi. Na Budějovické byla při začáteční i zpáteční cestě vyhrazena pauza na dobíjení elektromobilu. Měření proběhlo v úterý 28. 2. 2017. Měření celkově trvalo 4 hodiny (bez montáže a demontáže měřících přístrojů). Začátek jízdního cyklu byl v 12:00 a návrat v 16:00. Celková trasa měla 133 km. Tato trasa byla rozdělena na 5 částí podle jízdých režimů. První část vedla od České zemědělské univerzity na Budějovickou, druhá část pak z Budějovické do Psár. Následovala dálniční trasa z Psár na Ruzyň a stejnou cestou zpět do Psár, dále zpět z Psár na Budějovickou a poslední pátá část trasy vedla z Budějovické na ČZU. Pro porovnání dvou vozů na odlišných trasách budou stačit 3 trasy, které budou popsány a ekonomicky vyhodnoceny

v kapitole výsledky. Jako městská trasa byla vybrána trasa ČZU – Budějovická, jako mimoměstská trasa Budějovická – Psáry a jako dálniční Psáry – Psáry. Oba automobily vezly přibližně stejný náklad a to dvě osoby a měřící přístroje. Oba řidiči jeli podle předpisů a snažili se trasu ujet úsporně. Spotřebiče jako je rádio nebo světla byla zapnuta. Topení ve vozech bylo vypnuto. Extrémní počasí jako je teplota pod bodem mrazu, vítr nebo déšť, které má na spotřebu také vliv při měření nebylo. Byla zatažená obloha bez dešťových srážek s teplotou 10 °C.



Obr. 23 Jízdní trasy [Vlastní zdroj]

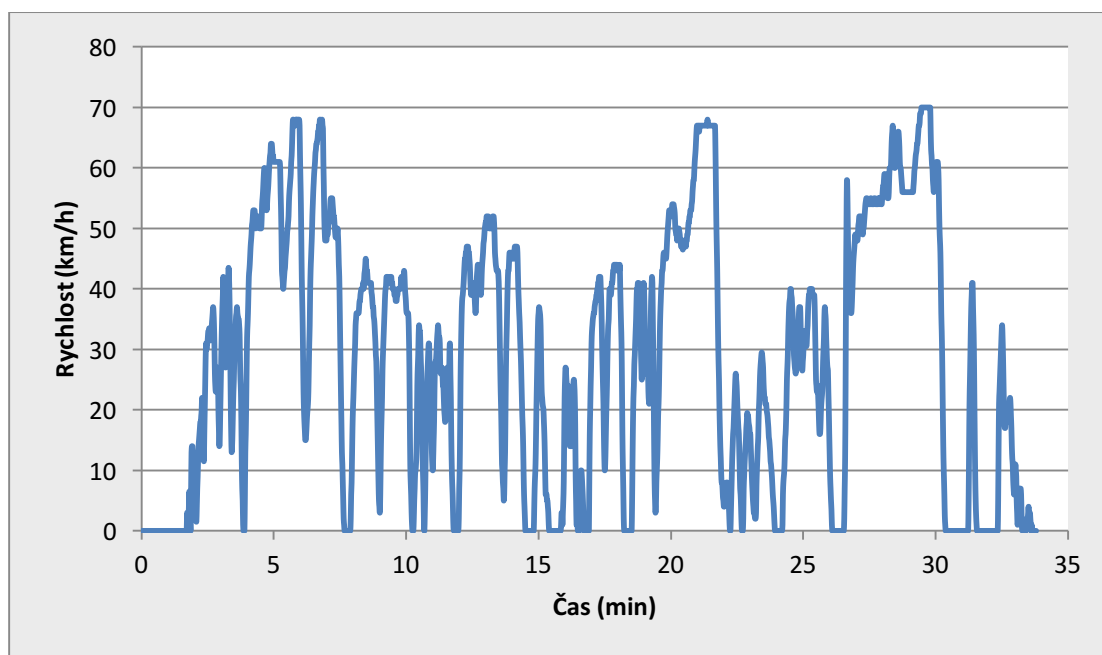
5.2 VLASTNÍ MĚŘENÍ SPOTŘEBY POHONNÝCH HMOT

V této podkapitole budou popsány jednotlivé měření spotřeby PHM podle provozu a to městského, mimoměstského a dálničního.

5.2.1 MĚŘENÍ SPOTŘEBY POHONNÝCH HMOT V MĚSTSKÉM PROVOZU

První jízdní trasa vedla městem a to ve vzdálenosti 16 km. Trasa začínala na ČZU a konec byl na Budějovické, kde následně měla začátek druhá trasa. Na trase se vyskytovaly kongesce, které jsou pro městský provoz typické. Proto byla naměřena průměrná rychlost vozidel 25 km/h. Začátek byl ve 12:16 a konec v 12:50. V grafu 3 je vidět rychlosti jízdy vozů v závislosti na čase. Jak již bylo řečeno vozy jely ihned za sebou, proto je graf pro oba vozy stejný. Na grafu je vidět, že vůz měl často nulovou rychlost nebo rychlost do 30 km/h. Je to dáno již zmiňovanými kongescemi, které při měření nastaly.

Graf 3 Závislost rychlosti na čase – městská trasa [Vlastní zdroj]



Při městské trase byla u elektromobilu naměřena spotřeba el. energie 2 kWh, u Fabie to bylo 1,3 l benzínu. Po přepočtu na spotřebu na ujetých 100 km, která nejlépe znázorňuje spotřebu PHM vychází, že E-golf má spotřebu el. energie 12,5 kWh. U Fabie byla naměřena spotřeba PHM 9,1 l/100 km. Náklady na ujetí 1 km s E-

golfelem v městském provozu při dobíjení z domácnosti vychází na 0,46 Kč. U Fabie je to 2,6 Kč. Rozdíl je tedy téměř šestinásobný ve prospěch elektrického vozu. Celkové shrnutí spotřeby PHM a nákladů za PHM obou vozů je shrnuto v tabulce 3.

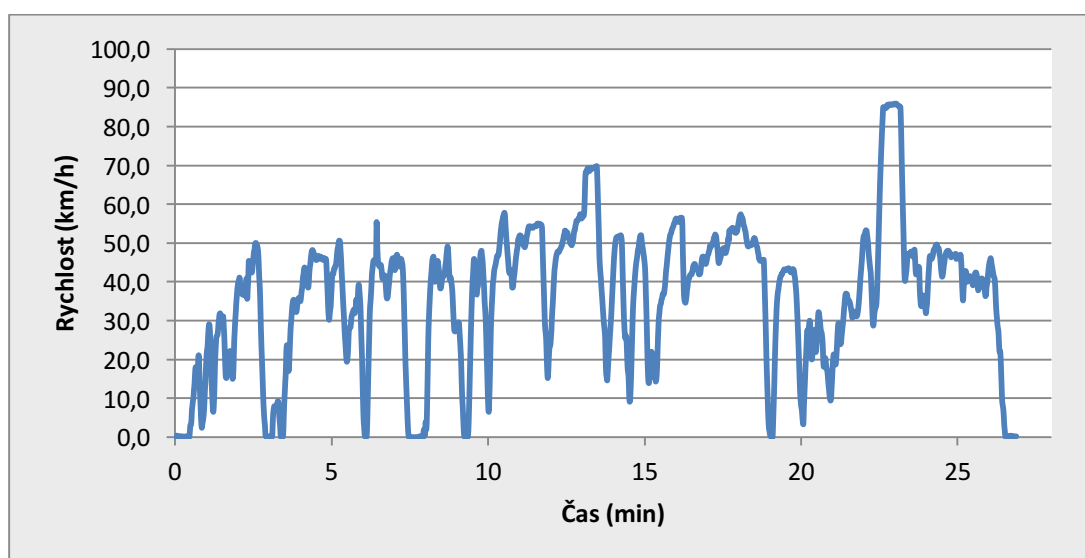
Tabulka 3 Porovnání spotřeby PHM a nákladů v městském provozu [Vlastní zdroj]

Automobil	E-golf	Fabia
Délka trasy (km)	16,2	
Spotřeba PHM na měřené trase	2,4 kWh	1,3 l
Spotřeba PHM na 100 km	14,9 kWh	8,1 l
Cena benzínu za 1 l (Kč)	-	28,5
Cena el. energie za 1 kWh (Kč)	3,7	-
Náklady PHM na 1 km (Kč)	0,55	2,3
Náklady PHM na 100 km (Kč)	55,3	231

5.2.2 MĚŘENÍ SPOTŘEBY POHONNÝCH HMOT V MIMOMĚSTSKÉM PROVOZU

Tato druhá jízdní trasa vedle částečně městem a částečně mimo město. Zařazuje se do trasy mimoměstské. Měření proběhlo ve 13:09 – 13:40 hodin. Trasa začínala na Budějovické a končila ve vesnici Psáry. Trasa byla dlouhá 16,2 km. Graf rychlosti jízdy vozů v závislosti na čase je vidět na grafu 4. Na grafu je vidět především několik zastavení na nulovou rychlost, dále častá rychlost okolo 50 km/hod. A také maximální rychlost 87 km/hod. Průměrná rychlost byla 38 km/h.

Graf 4 Závislost rychlosti na čase – mimoměstská trasa [Vlastní zdroj]



Na této trase byla u E-golfu naměřena spotřeba elektrické energie 2,4 kWh, u Fabie to bylo 1,3 l benzínu. Po přepočtu na spotřebu na ujetých 100 km vychází, že elektromobil má spotřebu el. energie v tomto mimoměstském provozu 14,9 kWh. Normovaná spotřeba paliva podle výrobce (podle měření PHM metodou NEDC) u Fabie 1,2 TSI je 4,4 l/100 km. Ve skutečném provozu však byla naměřena spotřeba PHM téměř dvojnásobná a to 8,1 l/100 km. Po naměření vysoké spotřeby PHM Fabie pak vychází, že náklady na ujetí 1 km jsou více než čtyřnásobné v porovnání s elektrickým vozem. Celkové shrnutí spotřeby PHM a cenových nákladů obou vozů je shrnuto v tabulce 4.

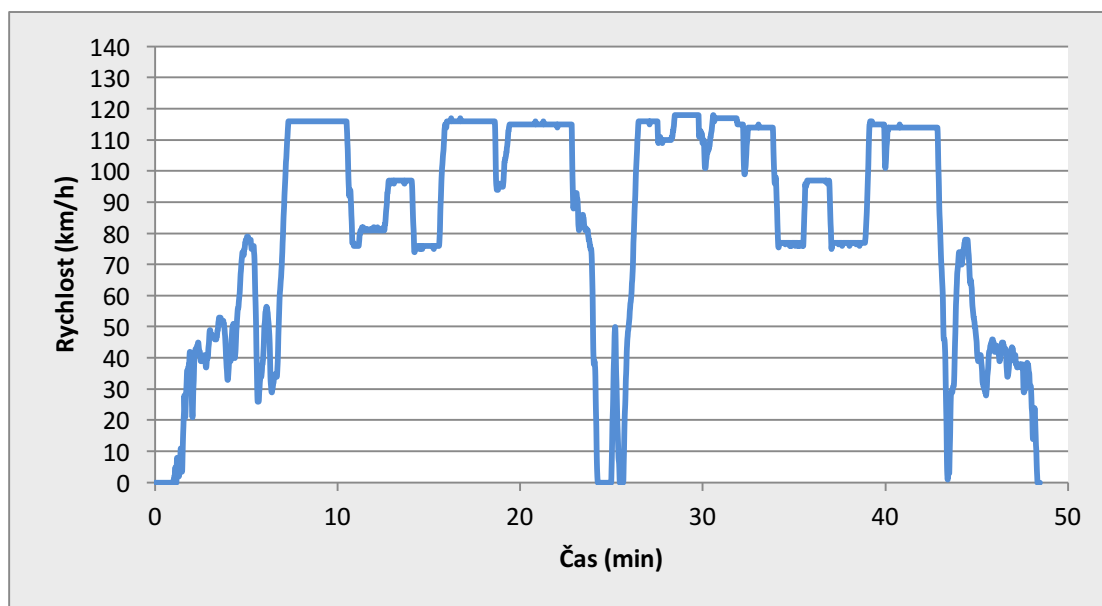
Tabulka 4 Porovnání spotřeby PHM a nákladů v mimoměstském provozu [Vlastní zdroj]

Automobil	E-golf	Fabia
Délka trasy (km)	67,2	
Spotřeba PHM na měřené trase	11,31 kWh	4,7 l
Spotřeba PHM na 100 km	16,8 kWh	7,1 l
Cena benzínu (Kč)	-	28,5
Cena el. energie za 1 kWh (Kč)	3,7	-
Náklady PHM na 1 km (Kč)	0,62	2,02
Náklady PHM na 100 km (Kč)	62,16	202

5.2.3 MĚŘENÍ SPOTŘEBY POHONNÝCH HMOT V DÁLNIČNÍM PROVOZU

Poslední trasa vedla téměř celou dobu po dálnici. Jak již bylo řečeno měření začalo v Psárách, dále se pokračovalo na Ruzyň, kde došlo k otočení a jelo se zpět do Psár. Měření probíhalo 49 minut. Začátek byl ve 13:42 hodin. Délka této trasy byla největší a to 67,2 km. Graf rychlosti jízdy vozů v závislosti na čase je vidět na grafu 5. Na grafu je vidět, že se vozy pohybovaly vyšší rychlostí, nejčastěji 120 km/h, která je pro dálniční provoz typická. V polovině časové osy je vidět nulová rychlost. Ta byla způsobena SSZ (Světelné Signalizační Zařízení). Na této trase byla naměřena průměrná rychlost 74 km/h.

Graf 5 Závislost rychlosti na čase – dálniční trasa [Vlastní zdroj]



Na této dálniční trase byla u E-golfu naměřena spotřeba el. energie 11,31 kWh. U Fabie to bylo 4,7 l benzínu. Po přepočtu na spotřebu na ujetých 100 km vychází, že E-golf má spotřebu el. energie 16,8 kWh. U Fabie byla na této dálniční trase naměřena spotřeba PHM 7,1 l/100 km. Náklady na ujetí 1 km s elektrickým vozem po dálnici při dobíjení z domácnosti vychází na 0,62 Kč. U benzínového auta to je 2,02 Kč. Rozdíl je tedy více než trojnásobný ve prospěch E-golfa. Celkové shrnutí spotřeby PHM a cenových nákladů obou vozů je vidět v tabulce 5.

Tabulka 5 Porovnání spotřeby PHM a nákladů v dálničním provozu [Vlastní zdroj]

Automobil	E-golf	Fabia
Délka trasy (km)	16	
Spotřeba PHM na měřené trase	2 kWh	1,5 l
Spotřeba PHM na 100 km	12,5 kWh	9,1 l
Cena benzínu (Kč)	-	28,5
Cena el. energie za 1 kWh (Kč)	3,7	-
Náklady PHM na 1 km (Kč)	0,46	2,6
Náklady PHM na 100 km (Kč)	46,25	260

5.3 CELKOVÉ POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

V této části práce budou porovnány měřené vozy. na celkové měřené trase z hlediska spotřeby PHM a nákladů na ujeté vzdálenosti. Dále porovnání nákladů na ujeté vzdálenosti a pořizovací ceny vozů. V poslední části této kapitoly bude porovnání doby dobíjení a tankování.

5.3.1 POROVNÁNÍ POHONNÝCH HMOT A NÁKLADŮ NA CELÉ JÍZDNÍ TRASE

Výrobce udává, že kombinovaná spotřeba elektrické energie u E-golfu je 12,7 kWh/100 km. Výrobce k této hodnotě dospěl po absolvování měření spotřeby PHM metodou NEDC. Po ujetí všech typů komunikací ve skutečném provozu však vychází, že kombinovaná spotřeba el. energie je 14,7 kWh/100 km. U benzínové Fabie výrobce udává spotřebu benzínu 5,2 l/100 km. Při měření však byla naměřena kombinovaná spotřeba PHM 8,1 l/100 km. Náklady PHM na ujetí 1 km jsou při dobíjení z domácnosti 0,54 Kč a 2,31 Kč ve prospěch elektrického vozu. Finanční náklady jsou při jízdě s Fabií více než čtyřnásobné. Při ročním nájezdu 12 000 km (1 000 km/měsíc) pak vychází, že majitel E-golfa za PHM ročně zaplatí 6 527 Kč (při dobíjení z domácnosti). U Fabie 27 720 Kč. Jízda s elektromobilem se tedy zdá být výhodná ohledně finančních nákladů za PHM. Je však nutné připomenout vysokou pořizovací cenu vozu. Jak již bylo zmíněno, u E-golfa je pořizovací cena 916 000 Kč a u Fabie 260 000 Kč. Pokud tedy zákazníkovi nevadí některé nevýhody elektromobilu, jako je například nízký dojezd v porovnání s benzínovými vozy a chce ušetřit náklady na PHM a pořízení vozu, je nutné stanovit si, po kolika ujetých km se vyplatí koupě elektromobilu. Podle měřené spotřeby ve skutečném provozu mezi E-golfem a Fabií vychází, že majitel musí ujet alespoň 400 000 km (při dobíjení elektromobilu z domácnosti). Až po ujetí této vzdálenosti se koupě elektromobilu vyplatí. Při ročním nájezdu 12 000 km se investice za tento elektromobil vyplatí až za 33 let. Při porovnání dvou stejných vozů jako je již měřený E-golf a pouze porovnávaný benzínový Golf 1,2 TSI se zjišťuje, že by se investice za pořízení elektromobilu vyplatila až po ujetí 450 000 km (při dobíjení elektromobilu z domácnosti), tedy téměř za 38 let (při ročním nájezdu 12 000 km). Benzínový Golf nebyl měřen. Cena za

ujeté km se počítala podle kombinované spotřeby PHM 5,7 l/100 km, kterou udává výrobce. Ve skutečnosti lze předpokládat, že spotřeba PHM bude vyšší. Proto bude doba návratnosti za E-golfa nižší než 38 let. Pokud by se dobíjelo pouze na tankovací čip v dobíjecích stanicích a uživatel by najel 30 000 km/rok investice za E-golf by se vrátila po ujetí 310 000 km, tedy téměř za 10 let ve srovnání s Fabií. Při stejném srovnání, avšak s vozem Golf 1,2 TSI by se investice vrátila po ujetí 340 000 km, tedy za více než 11 let. Tento vysoký nájezd elektromobilu však nelze očekávat, především kvůli nízkému dojezdu. Pokud by se tedy uživatel elektromobilu rozhodoval zda pořídit tankovací čip pro elektromobil z hlediska nákladů, tak nejdůležitější parametr pro něj bude ujetá vzdálenost. Pokud najede 12 000 km/rok je cena za dobíjení v domácnosti a v dobíjecích stanicích stejná. Pokud však najede více než 12 000 km/rok, tak se mu tankovací čip z hlediska nákladů za el. energii vyplatí. Pokud najede méně, tak pro něj tankovací čip nebude výhodný. Porovnání mezi vozy je vidět v tabulce 6. V prvním sloupci vypočítaných hodnot jsou náklady elektromobilu na ujeté km při dobíjení z domácnosti. V druhém sloupci vypočítaných hodnot jsou náklady elektromobilu při dobíjení v dobíjecích stanicích.

Tabulka 6 Porovnání nákladů za PHM [Vlastní zdroj]

Automobil	E-golf *	E-golf **	Fabia	Golf 1,2 TSI
Kombinovaná spotřeba PHM na 100 km	14,7 kWh	14,7 kWh	8,1 l	5,7 l ***
Náklady PHM na 1 km (Kč)	0,54	0	2,31	1,62
Náklady PHM za měsíc při 1 000 km (Kč)	544	545	2 310	1 625
Náklady PHM za rok při 12 000 km (Kč)	6 527	6 540	27 720	19 500
Náklady PHM za měsíc při 1 670 km (Kč)	902	545	3 858	2 705
Náklady PHM za rok při 20 000 km (Kč)	10 800	6 540	46 200	32 400
Náklady PHM za měsíc při 2 500 km (Kč)	1 350	545	5 775	4 050
Náklady PHM za rok při 30 000 km (Kč)	16 200	6 540	69 300	48 600
Náklady PHM za 450 000 km (Kč)	243 000	-	1 039 500	729 000
Pořizovací cena (Kč)	916 000	916 000	260 000	438 000
Pořizovací cena vozu plus náklady na PHM za 450 000 km (Kč)	1 159 000	-	1 299 500	1 167 000

* Dobíjení v domácnosti.

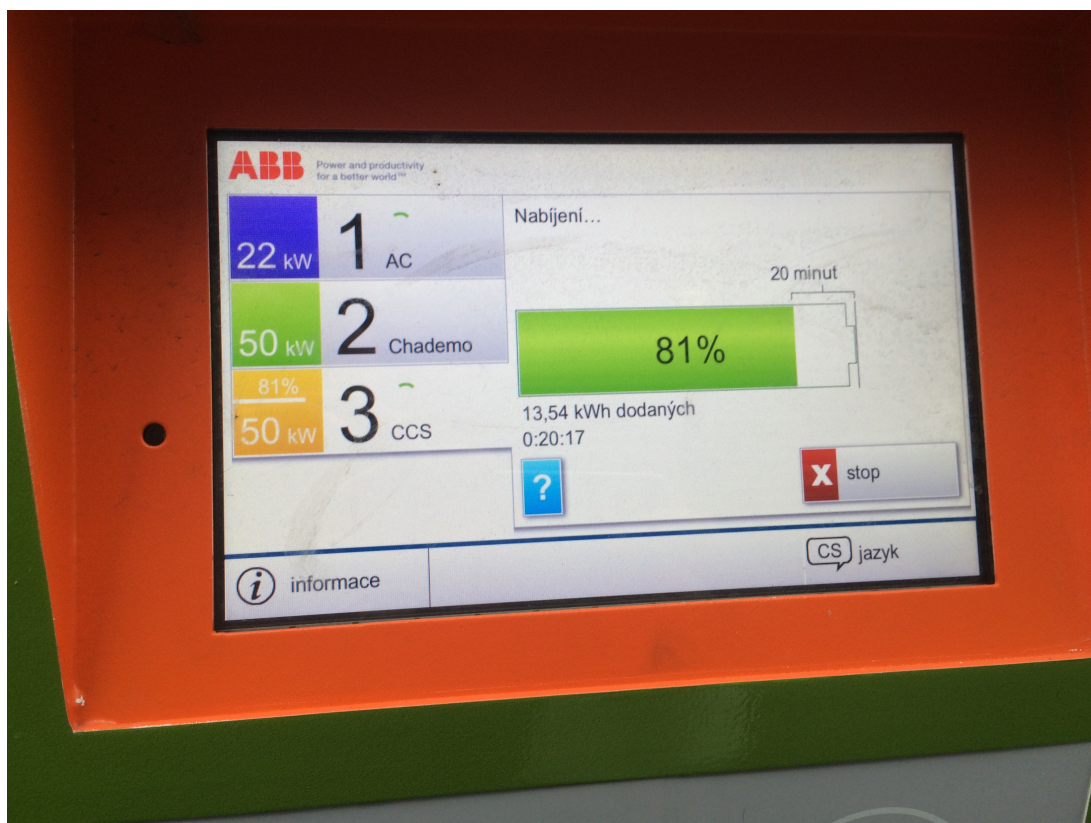
** Dobíjení v dobíjecích stanicích

*** Tato spotřeba je udávána výrobcem.

5.3.2 MĚŘENÍ ČASU DOBÍJENÍ VS. TANKOVÁNÍ

U benzínového vozu Škoda Fabia je tankování pohonných hmot velice jednoduché a rychlé. U ostatních automobilů se zážehovým nebo vznětovým motorem je situace obdobná. Do 5 minut je palivová nádrž plná a může se opět pokračovat v jízdě. Tankovací stanice jsou po několika kilometrech. Konkrétně v ČR je toto místo průměrně každých 13 km. Tak hustou síť nemá žádná okolní země.

U elektromobilů je dobíjení celkově horší. Jak již bylo řečeno, E-golf se podle údajů od výrobce dobije z běžné sítě do 100 % za 13 hodin. Tento údaj od výrobce se v porovnání s reálným měřením shoduje. Druhý typ dobíjení, kde se baterie nabíjí při napětí 380 V za 8 hodin doplna také podle měření odpovídá. Nejvíce vyhledávaný třetí typ se podle výrobce nabije za 30 minut na 80 % kapacit baterií. Nutno dodat, že je to pouze za ideálních podmínek. Záleží to především na okolní teplotě a kapacit baterií. Při měření se baterie rychlonabíječkou dobily při teplotě 10 °C z 19 % na 81 % za 20 minut, viz. obr. 24. Tato hodnota je dokonce lepší než udává výrobce. Při stejném dobíjení pouze s nižší venkovní teplotou a to -5 °C bylo dosaženo stejných hodnot baterie avšak až za 60 minut. Přesto je nabíjení pomocí rychlonabíjecí stanice opravdu rychlé. V Praze je v současné době těchto dobíjecích stanic 9 a stále přibývají. Aby bylo možné využít tento a druhý typ nabíjení, je třeba mít tankovací čip od firmy ČEZ, viz. kapitola 4.3.



Obr. 24 Doba dobíjení v reálném provozu [Vlastní zdroj]

6 ZÁVĚR

Práce pojednává o alternativních palivech a pohonech v dopravě. V prvé řadě se věnuje popisu jednotlivých alternativních paliv a pohonů. Primárním cílem práce je demonstrovat spotřebu PHM „alternativního“ vozu ve srovnání s běžným (benzínovým) ve skutečném provozu. Tyto spotřeby PHM porovnat mezi sebou a přepočítat na náklady na ujeté kilometry. K porovnání ekonomické efektivity jednotlivých vozidel se došlo na základě stanovené metodiky. Náklady například za servisní úkony nebyly kvůli nedostatku dat zahrnuty.

V první kapitole byla popsána alternativní paliva jako je vodík, ropný a zemní plyn, bionafta, ethanol a methanol. Vozy, která by jako palivo využívaly vodík, v současné době jsou, nejsou však sériově vyráběna. Jde pouze o prototypy. Jak je všeobecně známo vodíku je dostatek, je však problém s jeho skladováním a převážením. Na této technologii lze však do budoucna pracovat. Ropný plyn, nebo-li LPG vzniká jako vedlejší produkt při těžbě ropy. Na rozdíl od vodíku toto palivo používají automobily seriové výroby se zážehovým motorem a to již od druhé poloviny 20. století. Uživatel má pak k dispozici vůz na dvě paliva. Další alternativní palivo je zemní plyn, který má dvě podoby a to kapalnou formu LNG nebo stlačenou podobu CNG. Toto alternativní palivo se v současné době považuje jako jedno z nejlepších, a proto se kromě využití v silniční dopravě využívá i v dopravě lodní.

V další části práce byly popsány alternativní pohony jako je elektrický, hybridní, jaderný a solární pohon, následoval popis pohonu na palivové články a technologie stlačeného vzduchu. Elektrické vozy neboli elektromobily jsou dnes málo rozšířené. Mnoho velkých automobilek však vyrábí svůj elektromobil. Tyto vozy uživatele lákají především nízkými jízdními náklady a dobrými jízdními vlastnostmi. Bohužel mají v současné době také mnoho nevýhod. Tou největší je vysoká pořizovací cena a malý dojezd vozidla. Hybridní pohon kde vůz pohání dva typy motorů je již také rozšířený a automobilky vozy sériově vyrábějí. Je více typů této technologie. Nejčastěji se dělí na full-hybridy a plug-in hybridy. Jedním z rozšířených hybridních vozidel je Toyota Prius nebo Hyundai IONIQ. Ostatní druhy pohonů jako je jaderný, solární nebo pohon na palivové články nejsou rozšířené a nemůžou

v současné době plně nahradit zážehové nebo vznětové motory.

V praktické části této práce byla nejprve popsána metoda NEDC, která se zabývá měřením spotřeby PHM. Tato metoda je však již stará a není přesná. Především proto, že nesimuluje skutečnou jízdu a zatěžování motoru je nízké. Od září roku 2017 bude nová metoda WLTP, která by měla lépe simulovat skutečnou jízdu. Další část praktické části byla kapitola realizace měření, kde byly popsány měřené vozy a měřící technika. Následoval popis výpočtu nákladů za PHM.

V kapitole Výsledky byla představena jízdní trasa. Následně bylo provedeno měření na této jízdní trase, které bylo rozděleno na tři části podle provozu a to na mimoměstský, městský a dálniční. Uživatele však bude spíše zajímat spotřeba PHM na celé jízdní trase, nebo-li na všech typech provozu. Vyhodnocení naměřených dat na celé jízdní trase je v poslední části této práce. Spotřeba benzínového vozu na celé trase vychází na 8,1 l/100 km, u elektromobilu na 14,7 kWh/100 km. Náklady na 1 ujetý kilometr u Fabie vychází na 2,31 Kč, u E-golfa na 0,54 Kč (pokud se dobíjí v domácnosti). Je však nutné připomenout vysokou pořizovací cenu E-golfa, která je proti Fabii více než trojnásobná. Při nájezdu 12 000 km/rok by se investice vrátila až po nájezdu 400 000 km, tedy za 33 let. Pokud by uživatel najel 30 000 km a nabíjel pouze na dobíjecí čip, tak by se mu investice za elektromobil vrátila téměř za 10 let. Takový nájezd u elektromobilu je však nepravděpodobný, především kvůli reálnému dojezdu pouze 130 km. Je známo, že 85 % uživatelů nenajede za den více než 80 km a pravděpodobně by o elektromobilu uvažovali. Hlavní důvod který brání rozšíření elektromobilů je pravděpodobně pořizovací cena vozu.

Závěrem lze říci, že v současné době je několik alternativních PHM, které mohou konkurovat běžným PHM. Nejlepší alternativní palivo je v současné době pravděpodobně CNG nebo LPG, následují hybridní pohony a elektromobily. Ostatní paliva a pohony nejsou rozšířené. Jsou spíše ukázkou, že mohou v budoucnu sloužit také jako PHM.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [01] Běláčová A., Alternativní paliva v dopravě: Bakalářská práce, Praha, Vysoká škola ekonomická, Národohospodářská fakulta, 2008, 83 s., Vedoucí práce Antonín Dvořák
- [02] Řehák D., Provozní bezpečnost motorových vozidel na zemní a ropný plyn: Bakalářská práce, Praha, České vysoké učení technické, Fakulta dopravní, 56 s., Vedoucí Bakalářské práce Tomáš Mičunek
- [03] Wachal Ondřej., Alternativní pohony automobilů: Diplomová práce, Praha, Vysoká škola ekonomická, Národohospodářská fakulta, 2011, 83 s., Vedoucí práce Antonín Dvořák
- [04] Novosád J., Alternativní pohon automobilů: Diplomová práce, Brno, Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2009, 84 s., Vedoucí práce Kaplan Zdeněk
- [05] Vojáček M., Hybridní automobily: Bakalářská práce, Plzeň, Západočeská univerzita, Fakulta elektrotechnická, 2012, 45 s., Vedoucí práce Řezáček Petr
- [06] Cedrych M. R., Jezdíme na plyn, ISBN 80-7169-719-2, Grada Publishing, s. r. o., 2013, 140 s.
- [07] Fišer L., Automobily na alternativní pohon, LPg Klub motoristů., 1997, 140 s.
- [08] Štěrbá P., Kryžický O., Jak na LPG, ISBN 80-7226-735-5, Computer Press., 2002, 104 s.
- [09] Štěrbá P., Automobily s pohonem na LPG, ISBN 978-80-264-0148-3, CPress, 2013, 168 s.
- [10] Finexo [online]. C2013-2016, cit. [2017-2-27], Dostupné z: < <http://www.ropa.cz/zasoby-ropy/>>
- [11] Ropa.cz [online]. C2013-2016, cit. [2017-2-27], Dostupné z: < <http://www.ropa.cz/vyrobky-z-ropy>>
- [12] Přestavby a servis LPG [online]. cit. [2017-2-27], Dostupné z: < <http://www.magicacustic.cz/wordpress/alternativni-motorova-paliva/co-jsou-alternativni-paliva/>>
- [13] Envi web [online]. C2003-2012, cit. [2017-2-27], Dostupné z: < <http://www.enviweb.cz/clanek/doprava/99614/>>
- [14] Vše o CNG [online]. cit. [2017-2-27], Dostupné z: < <http://www.cng.cz/cs/alternativni-pohonne-hmoty-126/>>
- [15] Oenergetice.cz [online]. cit. [2017-2-27], Dostupné z: < <http://oenergetice.cz/technologie/elektroenergetika/kovovy-prach-jako-alternativni-palivo-budoucnosti/>>
- [16] Elektro [online]. C2014-2017, cit. [2017-2-27], Dostupné z: < <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/william->

[thomson-lord-kelvin-1824-1907--11150](#)>

- [17] Auto.cz [online]. C2017, cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://www.auto.cz/bmw-i3-prvni-jizdni-dojmy-77560>>
- [18] Ireferaty.cz [online]. C2001-2016, cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://ireferaty.cz/302/2073/Alternativni-paliva-a-hybridni-pohon>>
- [19] Auto.cz [online]. C2017, cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://www.auto.cz/hyundai-ioniq-na-ceskem-trhu-699-990-kc-98080>>
- [20] Třípól [online]. C2014, cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/1084-co-je-to-palivovy-clanek>>
- [21] Hydrogenmotor [online]. cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://www.hydrogen-motors.com/daimlerchrysler-mercedes-benz-b-class-f-cell-.html>>
- [22] Auto.idnes.cz[online]. C1999-2017, cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < http://auto.idnes.cz/auto-pohanene-energii-z-thoria-dex-automoto.aspx?c=A131112_153528_automoto_vok>
- [23] Oenergetice.cz [online]. cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://oenergetice.cz/ostatni/plavidla-na-jaderny-pohon-namorni-flotily/>>
- [24] Tajemství vesmíru [online]. C2014, cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://vesmir.stoplusjednicka.cz/rakety-na-jaderny-pohon-proc-se-od-nich-ustoupilo>>
- [25] Hybrid.cz [online]. C2006-2017, cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://www.hybrid.cz/sion-solarni-elektromobil-pro-kazdeho-za-350-000-kc>>
- [26] Inhabitat [online]. cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://inhabitat.com/sunseeker-duo-plane-inches-closer-to-worlds-first-solar-powered-passenger-flights/>>
- [27] Oenergetice.cz [online]. cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < <http://oenergetice.cz/cista-mobilita/psa-hybridair-a-auto-na-vzduch-od-mti/>>
- [28] Auto.idnes.cz [online]. C1999-2017 cit. [2017-2-27],
Dostupné z: < http://auto.idnes.cz/vzduchovy-hybrid-psa-05t-automoto.aspx?c=A130211_183704_automoto_vok>
- [29] Stro.m propagace [online]. C2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: <<http://www.stromprop.cz/eshop-p3693-k137-zakaz-vjezdu-motorovych-vozidel-na-lpg>>
- [30] Šlápni na plyn [online]. cit. [2017-2-17],

- Dostupné z: < <http://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auto-autobus-jizda-na-plyn-palivo-zemni-cng.htm>>
- [31] Safe Shipping BC [online]. C2016-2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: <http://safeshippingbc.ca/?page_id=105>
- [32] Encyclopedia Britannica [online]. C2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <https://www.britannica.com/biography/J-J-Thomson>>
- [33] BMWBLOG [online]. C2015, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://www.bmwblog.com/2016/05/01/world-premiere-2017-bmw-i3-debuts-higher-density-battery/>>
- [34] CarsGuide [online]. C2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://www.carsguide.com.au/car-reviews/2015-mercedes-benz-c300-bluetec-hybrid-review-30721>>
- [35] Hybridcars [online]. cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://www.hybridcars.com/history-of-hybrid-vehicles>>
- [36] CarsCoops [online]. C2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://www.carscoops.com/2011/09/facelifted-2012-toyota-prius-quietly.html>>
- [37] MotorTalk [online]. C2001-2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: <<http://www.motor-talk.de/bilder/vw-konzern-sagt-toyota-kampf-an-bis-2018-weltweit-die-nr-1-g4432116/auto-audi-duo-hybrid-1997-gross-i202955878.html>>
- [38] CarsandDriver [online]. C2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://www.caranddriver.com/honda/insight>>
- [39] Hyundai [online]. C2007-2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://www.hyundai.co.uk/new-cars/ioniq>>
- [40] Autoedizione [online]. C2009-2016, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <https://www.autoedizione.com/minister-clini-thinks-fiat-is-not-green-enough/>>
- [41] Old Concept Cars [online]. cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://oldconceptcars.com/1930-2004/toyota-hv-m4-concept-1999/>>
- [42] Encyclopedia of science [online]. cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/M/Mond.html>>
- [43] Novinky.cz [online]. C2003-2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <https://www.novinky.cz/auto/177590-mercedes-benz-ma-prvni-seriovy-automobil-s-palivovymi-clanky.html>>
- [44] Autoforum.cz [online]. C1996-2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://www.autoforum.cz/technika/thoriovvy-pohon-budeme-mit-v-autech-jaderne-reaktory/>>
- [45] My Modern Met[online]. C2017, cit. [2017-2-17],

- Dostupné z: < <http://mymodernmet.com/evx-ventures-immortus-solar-sports-car/>>
- [46] Hospodářské noviny [online]. C1996-2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <http://byznys.ihned.cz/c1-65335130-kolobezka-na-elektrinu-nebo-pasivni-vila-z-i-republiky-lide-mohou-hlasovat-pro-ekologickeho-oskara>>
- [47] ECN [online]. C2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < <https://www.ecnmag.com/blog/2015/05/air-powered-cars-coming-us>>
- [48] Motor authority [online]. C2017, cit. [2017-2-17],
Dostupné z: < http://www.motorauthority.com/news/1081859_psa-peugeot-citroen-develops-hybrid-that-ditches-battery-for-compressed-air>
- [49] Autobidle.cz [online]. C2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://autobible.euro.cz/kratsi-prevody-zadny-stop-start-nove-mereni-spotreby-zmeni-auta/>>
- [50] Autorevue.cz [online]. C2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.autorevue.cz/normovane-mereni-spotreby-dnes-azitra-ztrati-start/stop-smysl>>
- [51] Opel [online]. C2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.opel.cz/tools/wltp-jizdnhocyklu-spotrebapaliva.html>>
- [52] Hybrid.cz [online]. C2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.hybrid.cz/tesla-model-s-cena-dojezd-specifikace>>
- [53] Auto.cz [online]. C2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.auto.cz/test-volkswagen-polo-2109>>
- [54] Auto.cz [online]. C2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.auto.cz/test-kia-rio-1-25-vs-skoda-fabia-1-2-tsi-67775>>
- [55] Hybrid.cz [online]. C2006-2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.hybrid.cz/test-elektromobil-volkswagen-e-golf-ujede-az-190-km>>
- [56] Auto.idnes.cz [online]. C1997-2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < http://auto.idnes.cz/volkswagen-e-golf-a-golf-gte-prvni-jizda-fca-automoto.aspx?c=A140318_195825_automoto_vok>
- [57] Autoweb [online]. C2000-2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.autoweb.cz/volkswagen-golf-1-2-tsi/>>
- [58] VAG-COM [online]., cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.vag-com.cz>>
- [59] CCS [online]. C2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.ccs.cz/phm>>

- [60] Energie123.cz [online]. C2011-2017, cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>>
- [61] Emobilita [online]. cit. [2017-3-15],
Dostupné z: < <http://www.elektromobilita.cz/cs/jak-se-stat-zakaznikem.html>>
- [62] Utilization of CNG and LNG in transportation, International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM, 2016, 901-907 s., ISSN: 1314-2704
- [63] Safety aspects of CNG cars, Procedia Engineering, 2015, 33-46 s., ISSN: 1877-7058
- [64] Using of NON-Conventional fuels in hybrid vehicle drives, Advances in science and technology-research journal, 2016, 240-247 s., ISSN: 2299-8624
- [65] Thermal impact on the control and the efficiency of the 2010 Toyota Prius hybrid electric vehicle, Proceeding of the institution of mechanical engineers part D-journal of automobile engineering, 2016, 82-92 s., ISSN: 0954-4070
- [66] Review, modelling and simulation of two-mode hybrid vehicle architecture, 2008, 1091-1112 s., ISSN: 978-0-7918-4804-3

8 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Seznam obrázků

Obr. 1 Značka zákaz vjezdu vozům na LPG	9
Obr. 2 Označení vozidel kategorie M1 a N využívající CNG	10
Obr. 3 Převoz LNG	11
Obr. 4 J. J. Thomson.....	14
Obr. 5 BMW i3	15
Obr. 6 Mercedes-Benz C300 Bluetec Hybrid	17
Obr. 7 Hybridní vůz Mixte.....	18
Obr. 8 Toyota Prius 2012	20
Obr. 9 Audi Duo	20
Obr. 10 Honda Insight.....	21
Obr. 11 Hyundai Ionig.....	22
Obr. 12 Fiat Multipla Hybrid Power	22
Obr. 13 Toyota HV-M4.....	23
Obr. 14 Ludwig Mond	25
Obr. 15 Automobil F-Cell	26
Obr. 16 Cadillac World Thorium Fuel	28
Obr. 17 Automobil Immortus	29
Obr. 18 Jaromír Mart a jeho solární automobil	30
Obr. 19 Vůz poháněný vzduchem.....	31
Obr. 20 Koncept hybrid air Peugeot-Citroën	32
Obr. 21 Škoda Fabia 1.2 TSI	39
Obr. 22 Volkswagen E-golf.....	40

Obr. 23 Jízdní trasy	45
Obr. 24 Doba dobíjení v reálném provozu.....	53

Seznam tabulek

Tabulka 1 Rozdíl mezi jízdním cyklem NEDC a WLTP.....	37
Tabulka 2 Technické porovnání vozů E-golf, Fabia a Golf.....	41
Tabulka 3 Porovnání spotřeby PHM a nákladů v městském provozu.....	47
Tabulka 4 Porovnání spotřeby PHM a nákladů v mimoměstském provozu.....	48
Tabulka 5 Porovnání spotřeby PHM a nákladů v dálničním provozu	49
Tabulka 6 Porovnání nákladů za PHM	51

Seznam grafů

Graf 1 Závislost rychlosti na čase podle metody NEDC	35
Graf 2 Závislost rychlosti na čase podle metody WLTP	36
Graf 3 Závislost rychlosti na čase – městská trasa.....	46
Graf 4 Závislost rychlosti na čase – mimoměstská trasa	47
Graf 5 Závislost rychlosti na čase – dálniční trasa	49