

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

ZDENĚK PUKL



**Rozvoj alternativních pohonů a paliv osobních
automobilů ve světě a ČR**
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Jiří Čupera, Ph.D.

Vypracoval:
Zdeněk Pukl

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Rozvoj alternativních pohonů a paliv osobních automobilů ve světě i ČR vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na alternativní pohony a paliva u osobních automobilů. První část práce obsahuje teoretické rozdělení druhů alternativních paliv a pohonů se zaměřením na paliva vyráběná z biomasy. Dále je práce soustředěna na konstrukci upravených vozidel se spalovacími motory, konstrukci hybridů a elektromobilů. V poslední části práce je technické, ekonomické a legislativní srovnání.

Klíčová slova

Alternativní pohon, paliva, biomasa, LPG, CNG, hybrid, elektromobil

Abstract

The bachelor thesis is focused on alternative drives and fuels in automobiles. The first part of the thesis contains theoretical distribution of alternative fuels and drives focusing on fuels made from biomass. Further the work is focused on construction of modified vehicles with combustion engines, construction of hybrid cars and electric vehicles. The last part of the thesis is a technical, economical and legislative comparison.

Keywords

Alternative drive, fuel, biomass, LPG, CNG, hybrid, electric vehicle

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	CÍL PRÁCE.....	8
3	VYUŽITÍ FOSILNÍCH PALIV A VLIV JEJICH ŠKODLIVOSTI.....	9
3.1	ŠKODLIVOST ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ A LIDEM.....	9
3.2	SPOTŘEBA FOSILNÍCH PALIV	10
4	ALTERNATIVNÍCH PALIVA	13
4.1	PLYNOVÁ PALIVA	13
4.1.1	LPG	13
4.1.2	CNG, LNG.....	15
4.2	HYBRIDNÍ POHON	16
4.3	VOZIDLA VYUŽÍVAJÍCÍ POHON NA PALIVOVÉ ČLÁNKY	17
4.4	BATERIOVÉ ELEKTROMOBILY	18
4.4.1	Asynchronní motor	19
4.4.2	Synchronní motor.....	20
4.4.3	Akumulátory	20
4.4.3.1	Olověné akumulátory.....	20
4.4.3.2	NiCd akumulátory	21
4.4.3.3	NiMH akumulátory.....	21
4.4.3.4	Li-Ion akumulátory	21
4.5	BIOPALIVA A ZPŮSOBY JEJICH VÝROBY	22
4.5.1	Bioethanol.....	23
4.5.1.1	Výroba bioethanolu.....	24
4.5.1.2	Výroba bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry.....	25
4.5.1.3	Výroba bioethanolu z biomasy obsahující škrob.....	25
4.5.1.4	Výroba bioethanolu z lignocelulózové biomasy	26
4.5.2	Biomethanol.....	26
4.5.3	Bionafta	27
4.5.3.1	Výroba řepkového oleje a bionafty.....	28
4.5.4	Bioplyn	29
5	KONSTRUKCE A ÚPRAVY VOZIDEL PRO SPALOVÁNÍ ALTERNATIVNÍCH PALIV	30
5.1	LPG A CNG,LNG.....	30
5.2	KONSTRUKČNÍ ÚPRAVY PRO POHON NA BIOPALIVA.....	31

5.2.1	Bioethanol pro zážehové motory	31
5.2.2	Flexible Fuel Vehicles (FFVs).....	32
5.2.3	Bionafta pro vznětové motory	33
6	KONSTRUKCE HYBRIDNÍCH POHONU	34
6.1	SÉRIOVÉ USPOŘÁDÁNÍ	34
6.2	PARALELNÍ USPOŘÁDÁNÍ	35
6.3	DALŠÍ DĚLENÍ HYBRIDNÍCH VOZIDEL.....	36
6.3.1	Full hybrid	36
6.3.2	Power assist hybrid	37
6.3.3	Mild hybrid	37
7	KONSTRUKCE ELEKTROMOBILŮ.....	37
7.1	ELEKTROMOTOR ULOŽENÝ VPŘEDU	38
7.2	ELEKTROMOTOR ULOŽENÝ UPROSTŘED/VZADU	38
7.3	ELEKTROMOTORY ULOŽENY V NÁBOJI KOL	39
8	SOUČASNÝ STAV Z HLEDISKA TECHNICKÉHO.....	40
8.1	LPG,CNG.....	40
8.2	HYBRIDNÍ POHON	40
8.3	ELEKTRO	40
8.4	PALIVOVÉ ČLÁNKY.....	41
8.5	BIOPALIVA	41
9	SOUČASNÝ STAV Z HLEDISKA EKONOMICKÉHO	41
9.1	KALKULACE EKONOMIKY PROVOZU U NOVÉHO VOZU	43
10	LEGISLATIVA PRO ALTERNATIVNÍ POHONY	45
10.1	TECHNICKÉ POŽADAVKY A METODY ZKOUŠENÍ PALIV	46
11	ZÁVĚR	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
	SEZNAM TABULEK.....	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52

1 ÚVOD

Doprava pomocí automobilů se stala fenoménem během 20. a 21. století. Jeden z největších vynálezů lidstva je právě automobil a spalovací motor, které ovlivnily vývoj nejen společnosti, ale také průmyslu. S faktem, že počet motorových vozidel rapidně rostl, byly spojeny i negativní aspekty, které vznikaly právě jejich provozem. Toto vedlo ke snaze nalézt jiná alternativní řešení pohonu automobilů.

V dnešní moderní době představuje největší hrozbu velká produkce oxidu uhličitého vznikajícího spalováním fosilních paliv. Dalším problémem je produkce škodlivých emisí, které mají za následek znečišťování ovzduší. V této době se neustále zvyšují nároky na čistotu výfukových plynů, toto se částečně daří splňovat postupně se zdokonalujícími výfukovými systémy. Kromě produkce oxidu uhličitého a dalších škodlivých látek je jedním z hlavních problémů také zásoba fosilních paliv, která rapidně klesá každým dnem. Kvůli těmto důvodům stále více roste poptávka a snaha zdokonalovat alternativní pohony u vozidel. Ať už se nahrazuje fosilní palivo ve spalovacích motorech palivem, které produkuje méně škodlivin, nebo je pomocí hybridizace zvýšená efektivnost a snížena produkce emisí. Ideálním řešením by bylo úplné upuštění od spalovacích motorů nahrazením elektromobily nebo vozidly využívající palivové články, které jsou téměř bez emisí. Ve světě si lidé uvědomují vážnost situace, z tohoto důvodu se neustále rozrůstá distribuce alternativních paliv. Ať už jde o paliva dnes běžně dostupná u čerpacích stanic, paliva vyrobená z biomasy nebo paliva z ropných plynů. Nebo postupně se rozšiřující síť nabíjecích stanic pro vozidla poháněná elektřinou.

2 CÍL PRÁCE

Cílem mé bakalářské práce bude teoretické zaměření na většinu druhů alternativních paliv používaných u osobních automobilů, se zaměřením zejména na paliva vyráběná z biomasy. Následně budou popsána technická řešení úpravy vozidel s klasickými spalovacími motory, na změnu na alternativní paliva. Dále se práce zabývá konstrukcí alternativních pohonů včetně hybridních konstrukcí pohonných jednotek. Dále bude porovnán současný stav z hlediska technického, ekonomického i legislativního mezi ČR a zeměmi EU, které mají vytvořeny strategie zavádění těchto paliv. Nakonec bude udělán výhled do budoucnosti a závěrečné srovnání všech druhů alternativních pohonů a paliv.

3 VYUŽITÍ FOSILNÍCH PALIV A VLIV JEJICH ŠKODLIVOSTI

Fosilní paliva mají v dnešním moderním světě většinový podíl na celkovém zdroji energie a přitom jejich zásoba rapidně klesá každým dnem. Tento problém se stal jedním z hlavních důvodů pro vývoj a další rozvoj alternativních pohonů a paliv u osobních automobilů.

3.1 Škodlivost životnímu prostředí a lidem

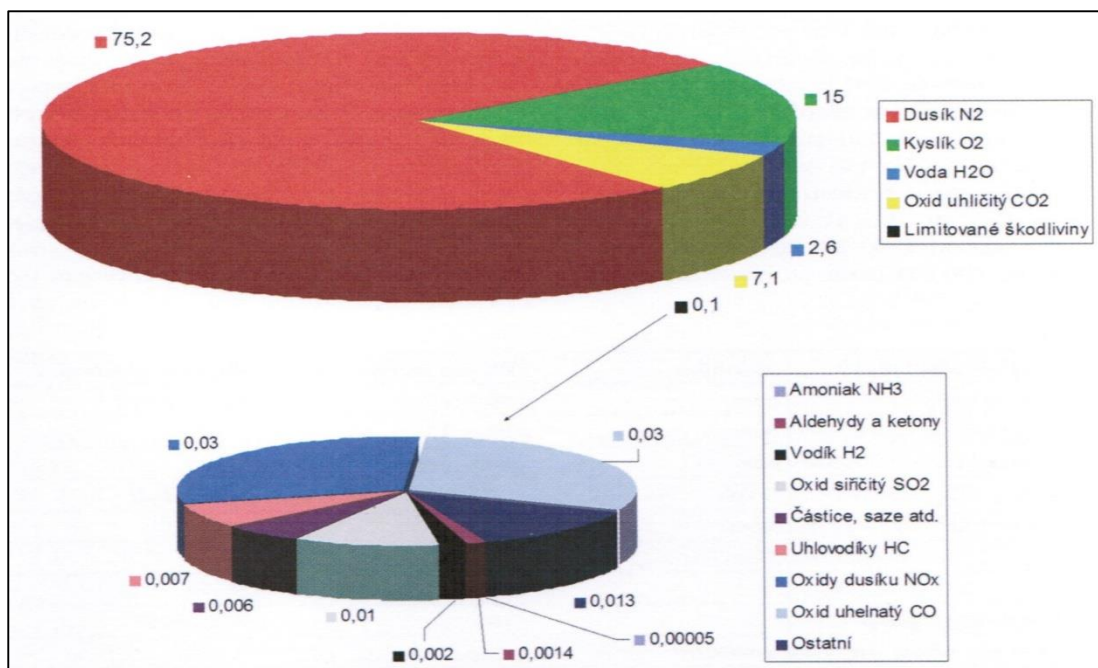
Koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře, se od dob průmyslové revoluce zhruba v polovině 18. století zvětšila o 75 %. Za tento markantní nárůst může převážně spalování fosilních paliv, dále odlesňování, kácení pralesů, ale také přeměna půdy z pastvin na půdu ornou. Další plyny způsobující skleníkový efekt, taky postupně zvyšují svoji koncentraci.

Při spalování uhlovodíkových paliv se vzduchem vzniká dokonalou oxidací oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O). Při nedokonalé oxidaci jsou přítomny ještě oxid uhelnatý (CO) a vodík (H_2). Kyslík (O_2) se ve výfukových plynech zážehového motoru objevuje jen tehdy, byl-li v čerstvé směsi v přebytku anebo se nevyužil z jiných důvodů. U vznětových motorů se objevuje vždy, protože vznětový motor pracuje s přebytkem vzduchu.

Nejvýznamnější složkou spalin je dusík (N_2) za vysokých teplot se ve spalovacím prostoru vznikají oxidací vzdušného dusíku oxidy dusíku (NO_x), které zastupuje zejména oxid dusnatý (NO). Při velmi nepříznivých podmínkách pro oxidaci paliva vznikají nespálené uhlovodíky (HC). U motorů s vnější tvorbou směsi se tato složka objevuje jako součást spalin i z důvodů úniku části čerstvé směsi přímo do výfuku.

Síra obsažená v některých uhlovodíkových palivech vytváří při spalování v motoru oxidy síry, které se následně objevují ve spalinách. (Hromádka 2011)

Procentuální složení výfukových plynů vznětového spalovacího motoru je zobrazeno na následujícím obrázku číslo 1, složení zážehového motoru se mírně liší složením.

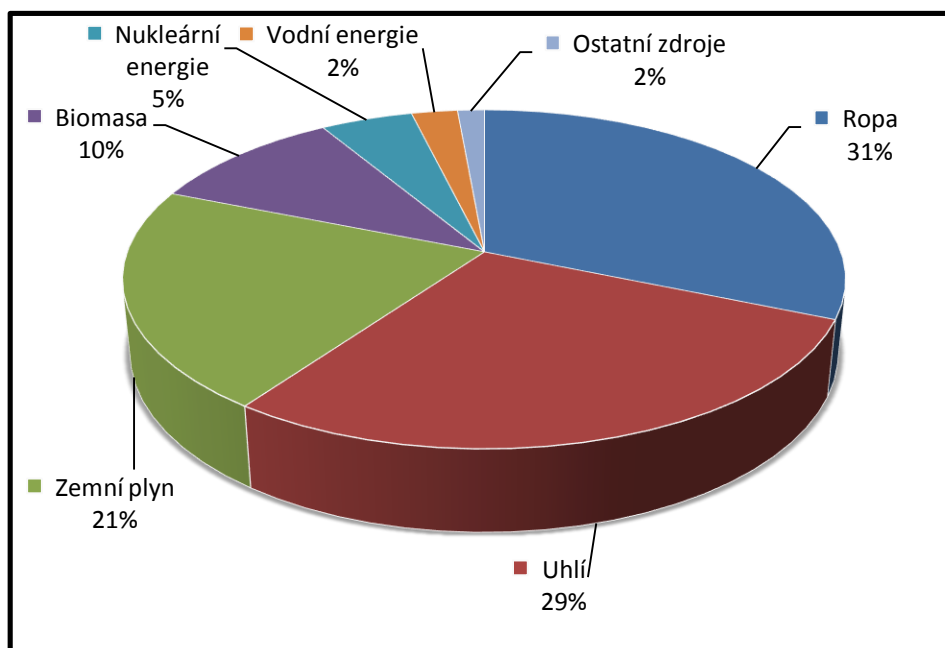


Obrázek 1: Typické procentuální složení výfukových plynů vznětového motoru (Šmerda et al. 2013)

„Evropská agentura pro životní prostředí ve své zprávě z roku 2010 uvádí, že produkce oxidu uhličitého ve většině odvětví lidské činnosti mírně klesla nebo zaznamenala stagnaci. Na rozdíl od toho dopravní sektor zaznamenal vysoký nárůst. V letech 1990-2007 doprava zaznamenala nárůst v produkci oxidu uhličitého o 28 %. Doprava tak do budoucna představuje jednu z nejproblematictějších oblastí z pohledu produkce oxidu uhličitého.“ (Hromádka 2012)

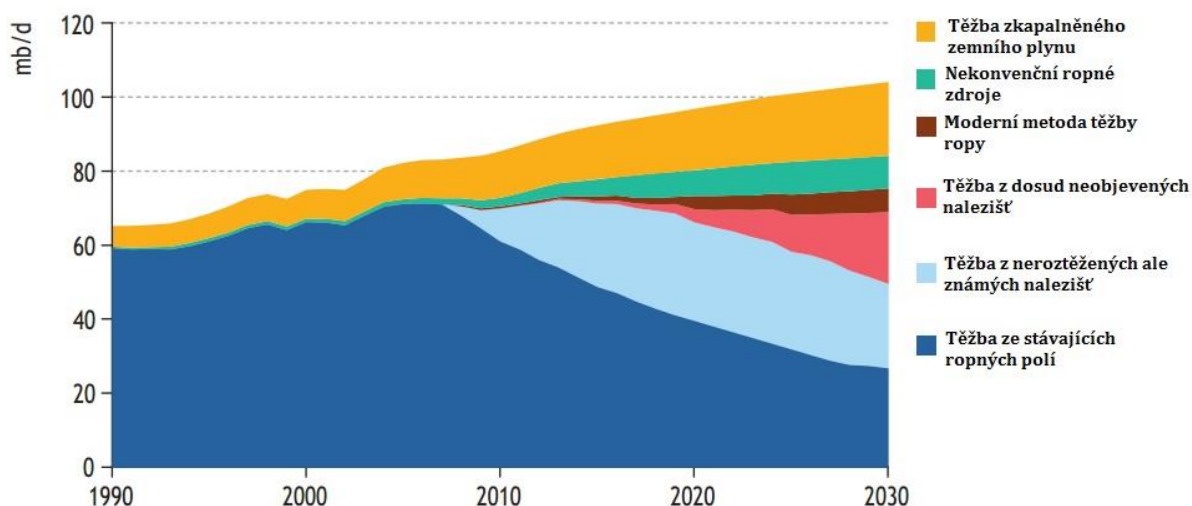
3.2 Spotřeba fosilních paliv

Mezi fosilní paliva zařazujeme ropu, zemní plyn a uhlí. Tato paliva jsou zdrojem s největším procentuálním podílem na tvorbě energie ve světě. Následující obrázek číslo 2 znázorňuje využití nejen fosilních paliv.



Obrázek 2: Zdroje energie ve světě pro rok 2014, přepracováno podle (International Energy Agency 2016)

Ropa v současné době představuje největší zdroj energie, který se využívá ve většině odvětví lidské společnosti. Ropa vznikla anaerobní fermentací odumřelých bakterií a řas přibližně v jurském období, tedy před 150-200 miliony lety. Přibližnou představu o složení ropy dávají následující hmotnostní podíly, uhlík 84-87 %, dále vodík 11-14 %, kyslík až 1 %, síra až 4 %, dusík až 1 %. Bez ohledu na nové objevy je jasné, že fosilní paliva nejsou nevyčerpatelná a také, že zejména ropa se spotřebovává mnohem větší rychlostí, než s jakou se v přírodě vytváří. Poptávka po ropě neustále roste bez ohledu na její vyšší ceny. Vyhlídky však nejsou tak chmurné, jak se může zdát. Někteří odborníci odhadli, že ověřené zásoby ropy prezentují jen jednu třetinu skutečných zásob skrytých pod zemí. Odhad světové produkce ropy z různých nalezišť je uveden na následujícím grafu. (Hromádko 2012)



Obrázek 3 Odhad světové produkce ropy z různých nalezišť (Source OECD (Online service) et al. 2008)

Uhlí tvoří mezi fosilními palivy druhý největší zdroj energie. Jedná se o hořlavou horninu, která vznikla složitými anaerobními procesy v průběhu desítek až stovek miliónu let. Uhlí je v dnešní době převážně využito k výrobě energie nebo při přeměně na teplo. Výroba kapalných paliv z uhlí je ekonomicky v současné době velice nevýhodná.

Zemní plyn je v porovnání s ostatními fosilními palivy nejméně využívaným jako zdroj energie. Zemní plyn tvoří převážně metan (obvykle přes 90 %) a ethan. Vyskytuje se v podzemí buďto společně s ropou nebo uhlím, či osamoceně. Díky koncentraci methanu v plynu vzniká jeho spalováním méně oxidu uhličitého, než při spalování ostatních fosilních paliv. Zásoby zemního plynu se odhadují zhruba na 200 let, což je z fosilních paliv nejdelší doba. U ropy se počítá s 50-100 lety a pro uhlí se 100-150 lety. (Hromádko 2012)

4 ALTERNATIVNÍCH PALIVA

Vzhledem ke stále se ztenčující zásobě ropy a nesmírným problémům znečišťování ovzduší začali lidé hledat alternativní zdroje energie. Jde hlavně o to najít zdroj, který nebude tolik znečišťovat životní prostředí a zaručí, že doprava v budoucnu z planety nevytizí. V automobilovém průmyslu, lze využít mnoho druhů alternativních pohonů. Mezi ty hlavní a nejdůležitější pohony patří plynové, hybridní, palivové články, dále elektromobily a vozidla poháněná biopalivy.

4.1 Plynová paliva

Plynná paliva mají jednu zásadní výhodu oproti kapalným palivům, protože umožňují lepší promísení paliva se vzduchem a tím pádem lepší dodržení směšovacího poměru těchto dvou složek. Tím se docílí i menšího obsahu škodlivin produkovaných ve výfukovém systému. Další výhodou je, že nesmývají olej ze stěn válce jako benzín.

Jeich zásadní nevýhody, které brání většímu rozšíření na trhu, jsou nesnadné skladování, distribuce paliva a velký využitý objem pro umístění zásobníků paliva, při využití ve vozidlech. (Štěrba a Kryžický 2002)

4.1.1 LPG

LPG je zkratkou pro Liquified Petroleum Gas, neboli zkapalněný ropný plyn. Jedná se o směs propanu a butanu, která je ve zkapalněné formě. Výhodou zkapalnění je, že plyn v tomto stavu zaujímá zlomek svého původního objemu, což nám usnadňuje jeho uskladnění ve vozidle. LPG je však současně produkt vzniklý rafinací ropy a je zřejmé, že je na ropě existenčně závislý. Jeho příznivá cena je dána především nižší daní než na benzín. Pokud by byla uvalena na LPG stejná daň, byl by provoz takového vozidla finančně nevýhodný. S ohledem na světové zásoby ropy a s ohledem na nutnost celosvětově snižovat emise oxidu uhličitého se proto uvažuje jako o palivu budoucnosti spíše o zemním plynu, který je probrán v následující kapitole.

Poměry směsi propanu a butanu, nejsou zcela přesné, neboť závisí na míscím poměru, avšak objemová výhřevnost směsi paliva se vzduchem je pro všechna nejčastěji užívání paliva za srovnatelných podmínek téměř stejná. Jde pouze o rozdíl

v řádu procent, z čehož vyplývá, že rozdíly ve výkonových parametrech motoru by měly být téměř zanedbatelné. (Štěrba a Kryžický 2002)

Tabulka 1: Směšovací poměry propanu a butanu v různých zemích na základě ročního období, přepracovaná podle (Štěrba a Kryžický 2002)

Země	Poměr propan/butan – léto [%/%]	Poměr propan/butan - zima [%/%]
Česká republika	40/60	60/40
Belgie	30/70	50/50
Německo	Převážně propan	Převážně propan
Rakousko	20/80	80/20
Velká Británie	Převážně propan	Převážně propan
Švédsko	50/50	Převážně propan
Holandsko	30/70	70/30

V tabulce číslo 1 je zřejmé, že poměr propanu a butanu závisí nejen na ročním období, ale také na místě jeho produkce. V Rakousku je rozdíl těchto poměrů, závisící na ročním období, nejvíce znatelný.

Důvod míchání propan-butanu v různém poměru je velmi prostý, je třeba zajistit za každého počasí určitý podíl odpařených složek. Vzhledem k tomu, že bod varu butanu je $-0,5^{\circ}\text{C}$, je zřejmé, že při provozu na 100% butan by nebylo možné v zimním období mnoho kilometrů nenajezdit. Naopak jízda na 100% propan je zbytečně nevhodná, neboť podíl butanu jednak zvyšuje výhřevnost směsi a navíc zvyšuje oktanové číslo. Můžeme proto konstatovat, že s rostoucím podílem butanu roste energetická náplň válce. (Štěrba a Kryžický 2002)

4.1.2 CNG, LNG

Dalším alternativním palivem, které je v současnosti využíváno k pohonu spalovacích motorů, je stlačený zemní plyn, pro tyto účely známý jako CNG, tedy Compressed Natural Gas. Ve výhledu do budoucnosti se ovšem jeví jako velmi perspektivní druh paliva, mimo jiné i proto, že jeho zásoby jsou větší než zásoby ropy.

Zemní plyn je prakticky čistý methan, který projde jednoduchým čištěním a lze jej snadno komprimovat. Oproti LPG není možné zemní plyn bez velkého snížení teploty zkapalnit, proto se skladuje v tlakových nádobách a to pod provozním tlakem kolem 20 MPa a vyšším. Tato hodnota je zhruba desetinásobně vyšší než přepravní tlak v nádrži s LPG. Zkapalnění zemního plynu je samozřejmě možné, bohužel tento krok nese značnou energetickou náročnost a také finanční nákladnost.

S faktem, že CNG palivo musíme přepravovat a skladovat pod vysokým tlakem, je třeba zdůraznit, že skladovací nádrže musí být dostatečně pevné. Jsou vyráběny buďto z oceli, tím pádem mají velmi vysokou hmotnost, nebo z kevlarového materiálu, který je ale mnohem dražší než ocel. Nádoby dále musí být vybaveny řadou pojistných zařízení. Vliv vysokého rozdílu mezi tlaky provozními u plné a prázdné nádoby nám zvyšuje požadavky na bezchybnou funkci regulačních prvků, které zabezpečují odpovídající dávkování paliva do motoru.



Obrázek 4 Automobil Dacia Sandero s pohonem na LPG

(<https://www.dacia.cz/>)

Na obrázku č. 4 je vyobrazen automobil značky Dacia, model Sandero s pohonem na LPG, kde je zřejmé že nádrž pro tekutý plyn je umístěna pod zavazadlovým prostorem, dále je zde vidět potrubí LPG, několik bezpečnostních ventilů a řídicí jednotka jak pro vstřík LPG, tak přepínání pohonu na benzín.

Shrnutím poznatků o plynných palivech LPG a CNG pro provoz osobních automobilů, lze říci, že mezi výhody patří nižší provozní náklady vozidla z hlediska ceny za palivo jako takové. Dále jsou důležité nižší emise CO₂, což má význam z hlediska přistoupení naší republiky k mezinárodním dohodám o ochraně životního prostředí a z globálního hlediska je snižování emisí podstatné kvůli stále se zvětšujícímu skleníkovému efektu. Při nedostatečně prohřátém motoru dochází k lepšímu plnění válců než při provozu na klasický benzín. Za zmínku stojí i teoreticky vyšší životnost olejové náplně motoru. Významnou výhodou je konstrukční provedení motoru, které umožňuje využívat vozidlo jak na benzínový pohon, tak na čistě plyný.

Mezi nevýhody patří poměrně vysoká cena za přestavbu nových vozidel, které musí plnit nejnovější emisní předpisy. Mírně komplikovanější tankování paliva, proměnné složení paliva v závislosti na ročním období u LPG. Následně u některých plnicích stanic problematická čistota paliva. Důležité jsou také vyšší nároky na bezchybnou funkci zapalovací soustavy, možné zvýšené opotřebením některých částí motoru, pokud není motor konstruován na tento druh paliva. Nakonec u pohonu automobilu na CNG je prozatím řídká síť plnicích stanic, pro někoho je nevýhodou u LPG charakteristický zápach vozidla. (Štěrba a Kryžický 2002)

4.2 Hybridní pohon

Hybridní pohon, což je pohon vozidla s více než jedním zdrojem energie využívané k pohybu vozidla a příslušnými zásobníky energie. Účelné řešení je v kombinaci vždy dvou rozličných systémů pohonu tak, aby převládaly výhody při rozdílných provozních situacích. Nejvhodnější kombinací je spalovací motor a elektromotor, který umožňuje městský provoz bez emisí, spalovací motor mimo město pak poskytuje dobré jízdní výkony a velké dojezdy. Přesto i toto řešení klade požadavky na elektrické hnací komponenty, zvláště na akumulátory, které nedosahují parametrů dosud používaných pohonů.

Vhodnou kombinací dvou pohonných systémů spalovacího motoru a elektromotoru, mohou být využity výhody obou systémů. To vede ke značné úspoře paliva a tím k odpovídajícímu snížení emisí výfuku zvláště dnes ve vysoko zatížených aglomeracích. Koncepce hybridního pohonu je zvláště vhodná pro vozidla do městského provozu. (Kameš 2004)

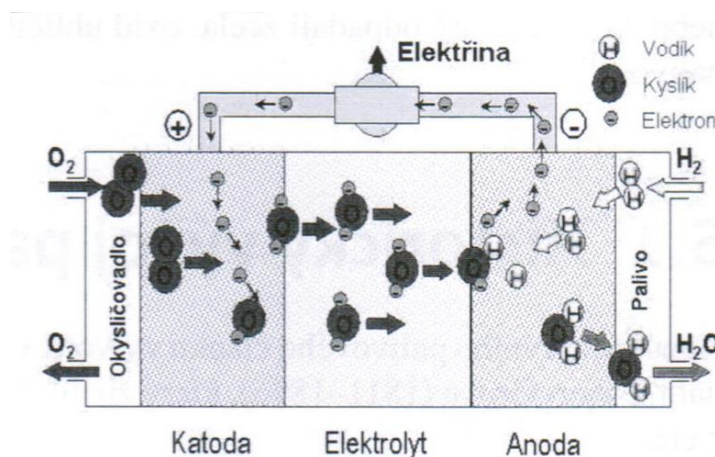
Účinnost současných spalovacích motorů se pohybuje přibližně mezi 30-40 %. Zážehové motory mají účinnost spíše na spodní hranici pásma, vznětové motory jsou na tom o něco lépe. Tato hodnota je z větší části dána účinností samotného termodynamického cyklu, který má jasná fyzikální omezení. Nedá se tedy předpokládat výraznější vylepšení ani v budoucnosti. Problémem je, že tato účinnost je maximální a dosáhne se jí pouze tehdy, pokud motor pracuje v optimálních podmínkách. V městském provozu se dosahuje účinnosti značně pod 10%. (Hromádka 2012)

Naproti tomu současné elektromotory mají účinnost kolem 90%, a to v širokém rozsahu otáček a zatížení. Pracují téměř bezhlučně a při stání nespotřebovávají žádnou energii. Ideálním řešením by proto byla konstrukce elektromobilů. Bohužel tomu brání příliš velká hmotnost potřebných akumulátorů a malý dojezd na jedno nabití. Z důvodu vysoké účinnosti elektromotoru, je nutno zohlednit účinnost celého elektromobilu. Moderní atomové elektrárny dosahují účinnosti asi 50 %, elektrárny na uhlí asi 40 %, do zástrčky by mohla být dodávána elektrická energie s účinností asi 35 %. Celé elektrické vozidlo od motoru na kola by mohlo mít účinnost asi 25 %. (Kameš 2004)

4.3 Vozidla využívající pohon na palivové články

Princip palivového článku je známý už delší dobu, ale výraznější uplatnění přinesl až americký kosmický program v 60. letech 20. století. Palivový článek je chemický měnič energie, přiváděný vodík reaguje s kyslíkem a produkuje elektrickou energii. Nepochází ke spalování a jediným produktem celé reakce je kromě elektrické energie jen vodní pára a teplo. Takže z výfukového systému místo škodlivých emisí vychází pouze voda. Přechod na palivové články si ještě žádá další vývoj, ale pravděpodobně se jedná o nejperspektivnější technologii, která v budoucnu může splnit požadavky kladené na ekologickou čistotu dopravy.

Palivové články využívají chemickou energii paliva na výrobu elektrické energie, celý proces je založený na elektrochemické reakci probíhající v článku. Skládá se z porézních elektrod anody a katody oddělených elektrolytem. Schéma celé transformace je znázorněno na obrázku č. 5. (Badida, Miroslav 2007)



Obrázek 5: Schéma palivového článku (Hromádko 2012)

Kyslík je přiveden na katodu palivového článku, kde se pomocí elektronů redukuje na kyslíkový anion, který je následně transportován elektrolytem k anodě. Z druhé strany článku, na anodu, se do něho přivede vodík, který se rozloží na záporně nabitý elektron a na kladný vodíkový iont, za vzniku vody. Přičemž elektrony jsou z anody vedeny na katodu jako využitelná elektrický proud. (Hromádko 2012)

Hlavní výhodou palivových článků v porovnání s jinými palivy je, že vodík je možné vyrobit z vody pomocí elektrolýzy. Při tomto procesu výroby jsou emise prakticky nulové, a proto je tento druh energie největší výzvou do budoucnosti. (Badida, Miroslav 2007)

4.4 Bateriové elektromobily

Dnes už téměř každý automobilový koncern se zabývá elektromobily, dříve se jednalo pouze o ojedinělé přestavby klasických vozů nebo prototypy, které nebyly určeny pro další sériovou výrobu. Technologie udělaly velký skok dopředu a elektromobily jsou jednou z variant do budoucna. Využívají se různé druhy elektromotorů a různé druhy ukládání elektrické energie, budou však popsány pouze ty nejpoužívanější.

Elektromobily nevykazují přímé emise, a pokud pomineme vstupní investice, tak provoz na 1 km je levnější a není tak náročný na údržbu. Výhodou je velký točivý moment už v nízkých otáčkách a ve většině případů není použita převodovka. Další výhodou může být zvyknutí jako je vjezd do zelené zóny, či dobíjení zadarmo na veřejných místech.

K pohonu elektromobilů se nejčastěji používají bezkomutátorové motory, které jsou založeny na točivém magnetickém poli, které vzniká ve statoru. Stator tvoří cívky vzájemně posunutě o 120° u třífázového druhu. Z toho plyne, že na provoz tohoto druhu motoru je třeba střídavý proud. Bezkomutátorové motory lze rozdělit na synchronní a asynchronní, momentálně se pro pohon používají oba dva typy a navzájem se od sebe liší hlavně konstrukcí rotoru. (Frybert 2015)

4.4.1 Asynchronní motor

Tok energie mezi státorem a rotorem probíhá pouze pomocí elektromagnetické indukce, z tohoto důvodu je tento druh motoru označován jako indukční. Výhodou indukčního motoru je snadná konstrukce a vysoká spolehlivost.

Princip činnosti asynchronního motoru spočívá ve vytvoření točivého magnetického pole ve statoru pomocí střídavého trojfázového proudu. Vlivem tohoto pole se v rotoru indukuje napětí a vzniklý proud rotoru vyvolává magnetický tok, který vyvolá silové působení na rotor a tím se rotor začne otáčet. (Frybert 2015)

Na obrázku č. 6 je vyobrazen řez indukčním motorem, kde jsou označeny všechny nejdůležitější části motoru. Svazek rotorových plechů (1), valivé ložisko (2), svazek plechů statoru (3), statorové vinutí (4), ventilátor pro chlazení motoru (5).



Obrázek 6: Indukční motor

(<https://www.woodharbinger.com/>)

4.4.2 Synchronní motor

Synchronní motory se začaly více používat s aplikací permanentních magnetů, které jsou vyrobeny ze speciálních slitin vzácných kovů. Synchronní motory se označují PMSM, výhody oproti asynchronním motorům jsou menším objem a hmotnost. Mají nižší moment setrvačnosti a vyšší účinnost. Jsou bohužel složitější na výrobu a následné opravy, tím je vyšší jejich cena. Synchronní motory jsou obecně méně robustné.

Nejčastější konstrukce motoru je třífázové satorové vinutí a rotor s permanentními magnety, které jsou zpravidla slitiny Samarium-Kobalt nebo Neodym-Železo-Bor.

Pro elektromotory vestavěné přímo v kolech se používají nábojové motory, kde je permanentní magnet pevně spojen s koly a je obepínán statorom. (Frybert 2015)

4.4.3 Akumulátory

Jedná se o technické zařízení sloužící k opakovanému ukládání elektrické energie, existuje mnoho typů akumulátorů, které pracují na různých principech. V automobilovém průmyslu jsou nejčastěji používány elektrochemické akumulátory a jsou testovány mechanické. Elektrochemické obecně používají přeměnu elektrické energie na chemickou, tento proces je vratný. (Frybert 2015)

4.4.3.1. Olověné akumulátory

V nabitém stavu zápornou elektrodu představuje olovo, kladnou elektrodu oxid olovičitý a elektrolyt je zde tvořen kyselinou sírovou zředěnou vodou s koncentrací přibližně 35 %. Při vybíjení se elektrolyt přetváří na síran olovnatý a elektrolyt je ochuzován o kyselinu sírovou a naopak obohacován o vodu. Vybíjením se koncentrace elektrolytu snižuje a při nabíjení jeho koncentrace vzrůstá.

Nevýhodou olověných akumulátorů je tzv. sulface, kdy při částečném vybití a delším setrváním v tomto stavu akumulátor ztrácí svoji kapacitu, proto je nutné udržovat akumulátor v dobitém stavu. Menší počet dobíjecích cyklů v řádech 500-800, mají nižší účinnost dobíjení okolo 85 % a je u nich nutná ekologická likvidace, i když už je tento proces velmi dobře technologicky zvládnutý. Naproti tomu jsou velmi levné a schopny poskytnout velké proudy do startéru a tím umožňují delší startování i za

nevhodných podmínek, například v zimních obdobích, proto jsou ideální variantou pro klasické automobily. (Frybert 2015)

4.4.3.2. *NiCd akumulátory*

Nikl-kadmiový akumulátor je druh galvanického článku, takže mu nevádí dlouhé skladování ve vybitém stavu. Naopak nevýhodou ve srovnání s NiMH a Li-ion akumulátory je jeho nižší měrná kapacita a také je jedovatost kadmia. Další nevýhodou je paměťový efekt, kdy akumulátor postupně ztrácí svoji maximální kapacitu v případě, že jsou opakovaně dobíjeny jen po částečném vybití. Dobíjecí cykly už překračují hodnotu 2000. Mají vyšší cenu z hlediska dražší výroby oproti olověným akumulátorům a mají rychle samo-vybíjecí vlastnosti. (Frybert 2015)

4.4.3.3. *NiMH akumulátory*

Nikl-metal hybridový akumulátor je také druh galvanického článku a v dnešní době jde o jeden z nejčastěji používaných akumulátorů. Má dvojnásobnou až trojnásobnou kapacitu oproti NiCd, další důvody jeho velkého rozšíření je schopnost dodávat poměrně velký proud spolu s uspokojivou cenou. Nevýhodou je opět paměťový efekt, nízká účinnost dobíjení a opět u některých typů rychle samovybíjení. (Frybert 2015)

4.4.3.4. *Li-Ion akumulátory*

Lithium-ion akumulátor je typ ve kterém se lithium-ionty pohybují mezi anodou a katodou. Jsou zejména vhodné pro přenosná zařízení díky vysoké hustotě uložené energie. Dnes se jedná o jeden z nejoblíbenějších typů akumulátorů, není zde paměťový efekt a netrpí rychlým samovybíjením. Nevýhodou těchto akumulátorů je jejich stárnutí a tedy výrazné snižování kapacity nezávisle na používání. Například při skladování o teplotě 4 °C se sníží kapacita jen o 4 % za rok, při 20 °C to bude o 20 %. V případě přehřátí může akumulátor explodovat. (Frybert 2015)

Na následujícím obrázku číslo 7 je akumulátor používaný u elektromobilu Tesla Model S, jsou to akumulátory typu Li-ion o kapacitě 60 kWh.



Obrázek 7: Akumulátor vozu Tesla Model S

(<http://insideevs.com/look-inside-a-tesla-model-s-battery-pack/>)

4.5 Biopaliva a způsoby jejich výroby

Nejlepší cesta v nezávislosti na fosilních zásobách energie je ve využívání paliv z obnovitelných zdrojů, z dorůstajících surovin. Alkoholy nebo rostlinné oleje, lze získat z biomasy. Jsou proto ideálním zdrojem energie v našem podnebí. I přes fakt, že energie z biomasy nemůže úplně pokrýt spotřebu v naší republice, odhaduje se, že tímto zdrojem lze nahradit 15-20 % spotřeby veškerých paliv.

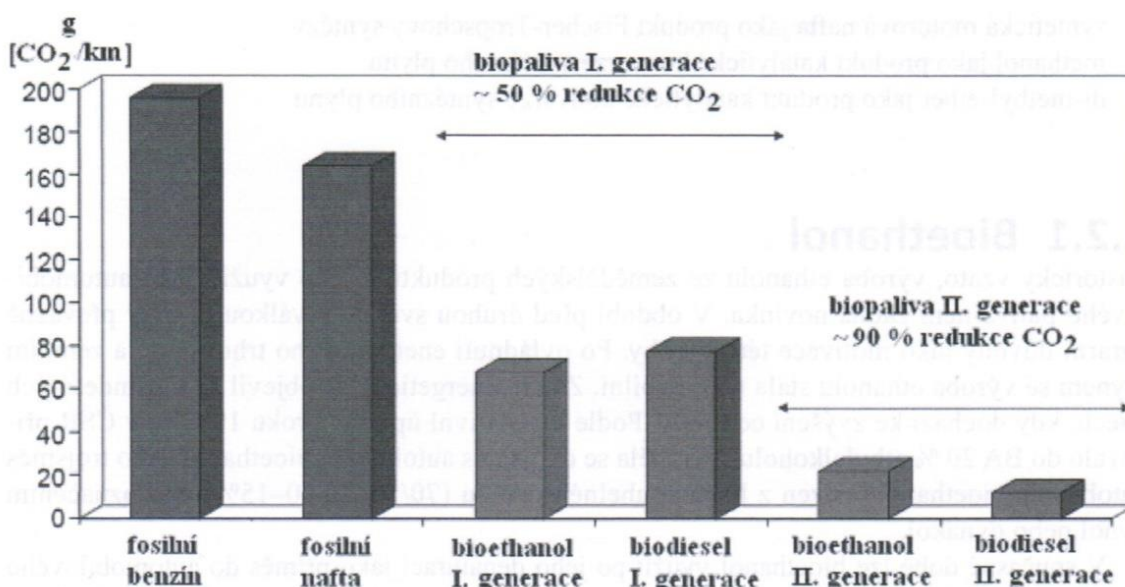
Biomasa byla zdrojem energie ještě dříve, než se vůbec začal používat benzín. Pro výrobu alkoholů, methanolu a ethanolu pro technické účely je biomasa známá mnohem déle. Už na začátku třicátých let 20. století se užívalo alkoholu jako motorového paliva.

V současné době jsou nejvýznamnějšími palivy vyráběnými z biomasy právě methanol, ethylalkohol neboli ethanol a dále bionafta. Do postranní ustoupilo používání bioplynu a dřevoplynu, které bylo velice populární hlavně v období druhé světové války. (Vlk 2004)

Biopaliva první a druhé generace se liší druhem vstupní suroviny. U první generace biopaliv, byly jako vstupní suroviny použity plodiny sloužící převážně k výrobě potravin a z toho plyne hlavní nevýhoda těchto paliv, zvyšování cen potravin. U druhé

generace tvoří vstupní surovinu už nepotravinářské plodiny a také odpadní materiál. Jako typická surovina se používá dřevo a dřevní odpad, rychle rostoucí traviny, sláma, biologická odpad, ale také použitý papír. Problémem je u výroby těchto paliv technologicky náročný proces a potrvá nejméně ještě několik let, než bude moci být komerčně využíván. (Hromádko 2011)

Na následujícím obrázku číslo 8 lze vidět rapidní snížení produkce CO₂ nejdříve biopaliv I. generace, bioethanolu a bionafty, a následně i II. generace, vůči klasickému automobilovému benzínu a motorové naftě.



Obrázek 8: Úspora v produkci CO₂ pro biopaliva I. a II. generace (Hromádko 2011)

Mezi biopaliva první generace patří MEŘO (Metylester řepkového oleje), bioethanol vyráběný z produktů, které obsahují cukr nebo škrob. Mezi paliva druhé generace patří bioethanol vyráběný z lignocelulózové biomasy, syntetická motorová nafta, biomethanol a biovodík. (Hromádko 2011)

4.5.1 Bioethanol

Alkoholy nižších skupin mají podobné vlastnosti jako paliva ropná, benzín a nafta. Při použití alkoholových paliv je nutné používat aditiva, která zlepšují mazací vlastnosti automobilu. Ethanol je produktem zemědělské výroby vyráběný kvašením ze surovin obsahující cukr, celulózu nebo škrob. Z celosvětového hlediska jsou nejpopulárnější alkoholová paliva, jednou z jejich výhod je, že při jejich spalování se

tvoří méně škodlivin. Souvisí to s tím, že jejich struktura je oproti benzínu nebo naftě jednodušší. (Vlk 2004)

První zmínky o používání bioetanolu ve spalovacím motoru jsou uvedeny již v roce 1894, kdy se začal používat v Německu a ve Francii. Jeho další rozšíření omezily vyšší výrobní náklady oproti benzínu, zejména po válce. Další zájem o toto palivo byl až v sedmdesátých letech minulého století, když vypukla ropná krize.

Bioetanol jako palivo je prioritně určen pro zážehové motory, kde je nutná úprava spalovacího motoru nebo jako přísada, bez konstrukčních úprav. Ve srovnání s automobilovým benzínem má bioethanol vyšší oktanové číslo, výhřevnost alkoholů je sice nižší, ale spalování je rychlejší, vyšší zastoupení kyslíku při výrazně nižší výhřevnosti. (Šmerda et al. 2013)

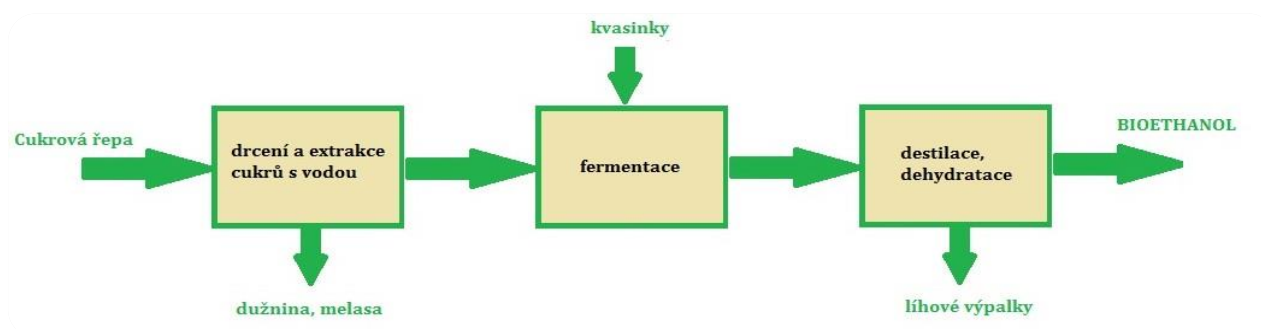
Komerční zkušenosti s používáním ethanolu v dopravě mají hlavně v Brazílii, kde je palivo pro zážehové motory tvořeno 26 až 30% etanolem, ve velkých městech kde palivo tvoří až 60 % etanolu, 33 % metanolu a 7 % benzínu a v USA, kde je palivo tvořeno 10 % etanolu a 90 % benzínu. (Ližbetin et al. 2016)

4.5.1.1. Výroba bioethanolu

K výrobě bioethanolu lze využít hlavní zemědělskou produkci, například kukuřici, cukrovku, obiloviny nebo brambory. Dále je možné využívat vedlejší produkci jako například slámu, rychle rostoucí dřeviny apod. Využití vedlejších produktů zemědělství, dřeva, organického komunálního odpadu atd. dává obrovský potenciál právě pro výrobu bioethanolu. Množství lignocelulózy biomasy je odhadováno až na 490 miliard litrů za rok, což odpovídá 16ti násobku současné produkce. Nejméně energeticky náročná výroba bioethanolu je varianta vyráběná z cukrovky a s následným využitím vedlejších produktů pro výrobu bioplynu. (Šmerda et al. 2013)

4.5.1.2. Výroba bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry

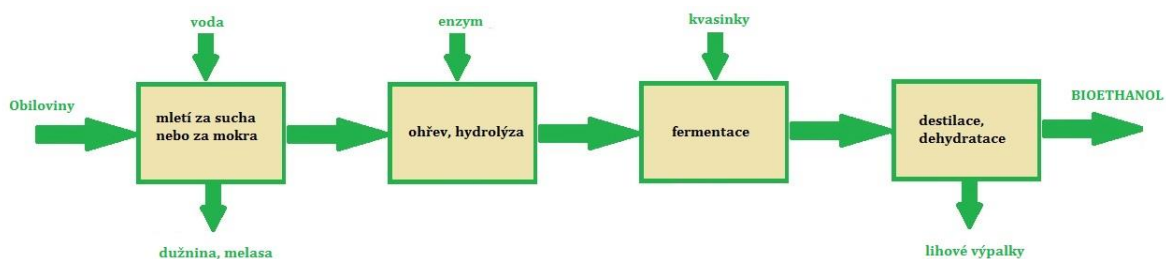
Před samotnou fermentací je cukrová řepa či třtina rozmělněna a cukry jsou odděleny pomocí vypírky vodou. Odpadem ze zpracování bývá dužnina melasa. Následuje kvašení ve fermentoru, při kterém vzniklé sacharidy zkvasí pomocí kvasinek na bioethanol a oxid uhličitý. Další fází výroby je proces destilace, při které dochází k oddělení destilátu a destilačního zbytku. Poslední proces je rafinace, která je zaměřena na odstranění vedlejších produktů fermentace, které mohou poškodit součásti palivového systému automobilu. Výsledkem rafinace je bioethanol, který obsahuje maximálně 95,5 % hmotnosti bioethanolu a zbytek je voda. (Hromádko 2012)



Obrázek 9: Blokové schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry, přepracováno podle (Hromádko 2012)

4.5.1.3. Výroba bioethanolu z biomasy obsahující škrob

Prvním krokem při výrobě bioethanolu z obilovin je jejich rozemletí, které může probíhat jak za sucha, tak za mokra. Odpadem jsou vláknité slupky zrn a stébel. Dalším stupněm výroby je příprava zápar, v tomto procesu dochází k bobtnání zrn. Škrob je postupně převáděn působením enzymů nebo pomocí kyselé hydrolyzy na zkvasitelný sacharid. Poté následuje samotné kvašení ve fermentoru, které probíhá za podobných podmínek jako v přípravě výroby bioethanolu z cukrové řepy. Také konečná úprava surového bioethanolu, destilace a dehydratace jsou shodné. (Hromádko 2012)

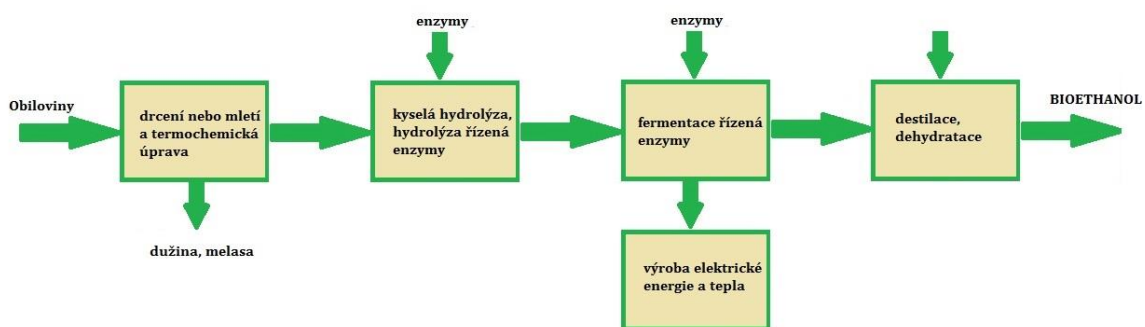


Obrázek 10: Blokové schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující škrob, přepracováno podle (Hromádko 2012)

4.5.1.4. Výroba bioethanolu z lignocelulózové biomasy

Nejkomplikovanější technologie výroby bioethanolu je právě z lignocelulózové biomasy. Mezi suroviny pro výrobu můžeme zařadit rychle rostoucí energetické plodiny jako je například vrba, eukalyptus, také zbytky zemědělské produkce, sláma, řepné řízky, další surovinou je dřevní odpad a organické podíly komunálního odpadu. V současnosti je předmětem výzkumné činnosti a její komerční využití se předpokládá v horizontu 10-15 let.

Proces přeměny lignocelulózové biomasy na bioethanol se nejčastěji provádí hydrolyzou na jednoduché fermentovatelné cukry, tento proces je mnohem obtížnější než u hydrolyzy škrobu u biomasy pro biopaliva I. generace. Nejvýhodnější je kyselá hydrolyza a hydrolyza pomocí enzymů, ale zatím se tento proces příliš nerozšířil. (Hromádko 2012)



Obrázek 11: Blokové schéma výroby bioethanolu z lignocelulózové biomasy přepracováno podle (Hromádko 2012)

4.5.2 Biomethanol

Výroba methanolu je ve světě známá již dlouhou dobu, avšak methanol často vystupoval pouze jako vedlejší produkt při výrobě dřevěného uhlí s velmi malým výtěžkem. Dnes se situace obrátila, dřevěné uhlí postupně ztratilo na významu

a methanol se stal pro automobilový průmysl důležitým palivem. Methanol je jedovatá, čirá kapalina bez zápachu, která se v přírodě vyskytuje jen ojediněle.

Metahnol je možné vyrobit nejen z biomasy, ale i z některých fosilních paliv, ze zemního plynu nebo uhlí. Nevýhodou výroby methanolu z biomasy je dvojnásobná cena oproti výrobě z fosilních zdrojů. Zajímavostí také je, že z methanolu lze vyrobit automobilový benzín, bohužel se tento postup nepoužívá, protože celý proces výroby probíhá s velkou energetickou ztrátou. (Vlk 2004)

4.5.3 Bionafta

Pohon na řepkový olej není u běžných vznětových motorů možný, je nutno motor pro pohon na tento druh paliva přestavět nebo přepracovat řepkový olej na methylester. S odlišnými vlastnostmi řepkového oleje od klasické motorové nafty, se spolehlivě dokázaly vyrovnat jen některé speciálně upravené typy motorů. I přes nízkou cenu neupraveného řepkového oleje se nedokázala zvyšovat jejich ekonomická efektivita a to zejména z důvodu vysokých nákladů na úpravu motorů. Z tohoto důvodu se začala rozvíjet druhá možnost, řešení je použití chemicky vhodně upraveného paliva na bázi rostlinných olejů v konstrukčně nezměněných motorech. Smyslem chemické přeměny rostlinného oleje na metylestery je přiblížit výsledné vlastnosti tohoto paliva k parametrům klasické motorové nafty. Nejvhodnějším rostlinným olejem je v případě ČR i Evropy řepkový olej, v ostatních případech se používá slunečnicový olej, v USA i sojový olej.

O tom, že Rudolf Diesel, konstruktér vznětového motoru, se vážně zabýval rostlinnými oleji, svědčí fakt, že v roce 1900 představil na výstavě v Paříži motor, který běžel na palivo z podzemnice olejné. Význam rostlinných olejů je především v tom, že téměř každý vznětový motor lze upravit na jejich spalování a pokud vezmeme v úvahu skutečnost, že až 90 % veškeré přepravy tvoří právě motory spalující naftu, tak oleje představují obrovský potenciál.

Použití čistého rostlinného oleje v motorech ale s sebou přináší problémy a proto se tento olej dále upravuje esterifikací na methylester, u nás zkráceně označovaný MEŘO. Je to produkt vznikající při reakci řepkového oleje s methanolem, tedy bionafta. Čisté MEŘO se jako palivo používá v Rakousku nebo Německu. V ČR se tato bionafta

nepoužívá, nahrazuje ji směsná nafta, kde je podíl MEŘO asi 31 %, zbytek tvoří klasická motorová nafta.

Ve srovnání s klasickou motorovou naftou dochází při spalování MEŘO k významnému snížení emisí nespálených uhlovodíků, oproti naftě rostlinné oleje neobsahují žádnou síru a proto nedochází ke vzniku oxidů síry, které způsobují kyselé deště. (Vlk 2004)

	Motorová nafta	MEŘO	Čistý řepkový olej
Cetanové číslo [-]	46	61,2	42,6
Bod varu [°C]	191	347	311
Obsah síry [%]	0,036	0,012	0,022
Výhřevnost [MJ/kg]	44,5	40,6	40,4
Hustota [kg/m³]	845,9	880,2	906,6

Tabulka 2: Srovnání vlastností motorové nafty, MEŘO a čistého řepkového oleje, přepracováno podle (Vlk 2004)

4.5.3.1. Výroba řepkového oleje a bionafty

Základem výroby methylesteru je uvolňování řepkového oleje, technologie je již dobře známa z potravinářského průmyslu. Výroba může probíhat kontinuálně ve velkých průmyslových závodech, kde se denně zpracuje až 4000 t řepky nebo v menších závodech s denní výkonností 0,5 až 25 t řepky. Hlavní rozdíl, kromě množství zpracované řepky, je výrobní proces. Výroba ve velkém měřítku je mnohem složitější a získaný produkt má lepší vlastnosti, protože prochází přes chemickou a fyzikální rafinaci, kde se odkyseluje, suší ve vakuu atd. Nejčastěji se používají dva způsoby zpracování semen, a to lisováním semen systémem předlisování – dolisování, a nebo systém lisování – extrakce organickým rozpouštědlem.

Během výrobního procesu je důležitá činnost lisování a předúprava semen, neboť tyto fáze výroby zásadně ovlivňují výtěžnost a kvalitu oleje. Vedlejším produktem jsou pokrutiny, které se dále uplatňují jako krmivo.

Aby se vlastnosti oleje přiblížily parametrům motorové nafty, zejména její viskozitou, cetanovým číslem, biologickou stabilitou, je třeba ještě provést esterifikaci, což je reakce alkoholu, hydroxidu sodného a kyseliny. Cílem je nahradit triglyceridy za methanol. Esterifikace probíhá v reaktorech přidáváním katalyzátoru hydroxidu sodného (NaOH) nebo draselného (KOH), a methanolu do oleje. Při chemických reakcích dochází k tvorbě methylesteru řepkového oleje a vedlejších složek jako je glycerin a methanol, které jsou dále využívány. (Šmerda et al. 2013)



Obrázek 12: Řepka olejka

(<https://www.novinky.cz/ekonomika/>)

Z 1000 kg řepkového oleje a 110 kg methanolu se průměrně získá 1000 kg methylesteru řepkového oleje a 110 kg glycerolu, množství zrna řepky potřebné na výrobu 1 t methylesteru řepkového oleje se mírně liší podle použité technologie od 2,62 do 3,2 t zrna. (Šmerda et al. 2013)

4.5.4 Bioplyn

Bioplyn je získáván pomocí metanogenního kvašení organických látek. Nejčastěji jsou těmito látkami chlévská mrva, kejda nebo odpady v městských čistírnách. Bioplyn je tvořen ze směsi plynů 55-75 % methan, 25-40 % oxid uhličitý a 1-3 % další prvky, mezi které patří vodík, dusík a sirovodík. Nevýhodou je nestabilní produkce tohoto plynu, protože anaerobní fermentace, je proces nejlépe probíhající za teploty 40 °C, takže v zimním období je nutno část vyrobené energie použít na vyhřívání fermentoru. V zimě, kdy potřebujeme více elektrické i tepelné energie, je bioplynu nedostatek naopak v létě bývá přebytek.

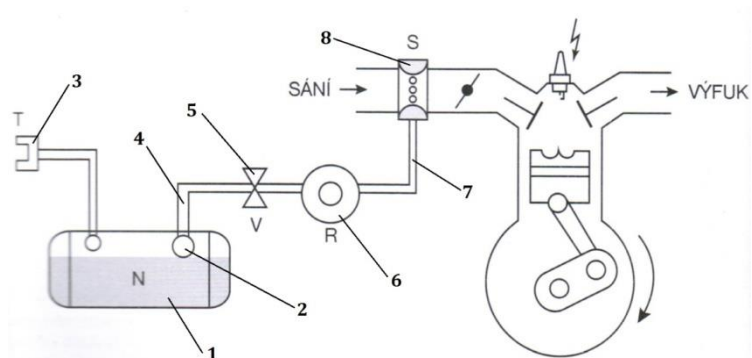
Po vyčištění bioplynu bývají jeho parametry shodné s již zmiňovaným zemním plynem. Ve většině evropských zemí je bioplyn nejvíce využíván pro přímé spalování, v dopravě je používán jen zřídka a to jen v několika zemích jako je Švédsko, Švýcarsko nebo Island. Čistota bioplynu má velký vliv na životnost motoru a čištění bioplynu je velice nákladné, a proto se využívá místo klasického spalovacího motoru, motor Stirlingův. Výhoda tohoto motoru spočívá ve vnějším spalování, takže produkty spalování nepřicházejí do kontaktu s válcem. Válec bývá poháněn pracovním plynem, v současné době héliem. Z toho vyplývá, že už tolik nezáleží na čistotě bioplynu. (Hromádko 2012)

5 KONSTRUKCE A ÚPRAVY VOZIDEL PRO SPALOVÁNÍ ALTERNATIVNÍCH PALIV

5.1 LPG a CNG,LNG

Technické řešení při přestavbě automobilů na pohon plynem, je podobné v určitých rysech jak pro tekutý ropný plyn, tak stlačený zemní plyn, případné odlišnosti budou popsány dále.

Celá sestava se skládá z palivové nádrže (1), doplněné o víceúčelový ventil (2) a plnicí přípojku (3), plyn proudí v kapalném stavu vysokotlakým potrubím (4) přes uzavírací ventil (5) do regulátoru tlaku/zplynovače (6). Zde dojde k jeho odpaření a změně skupenství, zároveň se upraví jeho tlak tak, aby byl shodný s tlakem atmosférickým. Poté již v plynné fázi proudí palivo nízkotlakým potrubím (7) do směšovače (8), kde je vytvořena směs paliva a vzduchu. Vzniklá směs je nasátá do válce motoru. (Štěřba 2013)



Obrázek 13: Schéma systému LPG, přepracováno z (Štěřba 2013)

V této podobě se skutečně zařízení vyskytují a používají zejména pro přestavbu starších vozidel na LPG. V případě, že bychom chtěli použít k pohonu vozidla CNG, budou se některé komponenty lišit. U plynové nádrže sloužící k uskladnění LPG je možné rozlišovat dva základní druhy a to z hlediska jejich tvaru a umístění. Válcové, které bývají zpravidla umísťovány do zavazadlového prostoru automobilu a toroidní, které se montují do prostoru pro rezervní pneumatiku, což má výhodu v nezmenšeném zavazadlovém prostoru, ovšem nevýhody v podobě menšího objemu a chybějící rezervní pneumatiky. LPG je v nádrži uskladněno v kapalném stavu pod určitým tlakem, jehož hodnota nesmí přesáhnout 2,5 MPa, což je mezní hodnota. U nádrže na CNG je mezní hodnota tlaku 26 MPa, běžný tlak se pohybuje okolo 20 MPa, tlaková láhev bývá vyrobena z těžkého materiálu a váží okolo 80 kg, jsou vyráběny i z lehčích materiálů, ale toto je vykompenzováno cenou. Životnost tlakové nádrže nám udává výrobce a může být maximálně 20 let, poté je na čase nádrž vyměnit za novou. Láhev současně musí být nainstalovaná tak, aby její celková teplota nepřesáhla 65 °C. (Štěrbá a Kryžický 2002)

Na obrázku číslo 14 je příklad uložení nádrže na alternativní pohon LPG, u vozu Citroen C4 Picasso, za použití prostoru pod vozem místo rezervního kola.



Obrázek 14: Nádř LPG u vozu Citroen C4 Picasso
(<http://www.neptun-harfa.cz/C4-Picasso/3422.html>)

5.2 Konstrukční úpravy pro pohon na biopaliva

V následující kapitole budou popsány konstrukční změny vozidel, nutné pro využití paliv vyrobených z biomasy.

5.2.1 Bioethanol pro zážehové motory

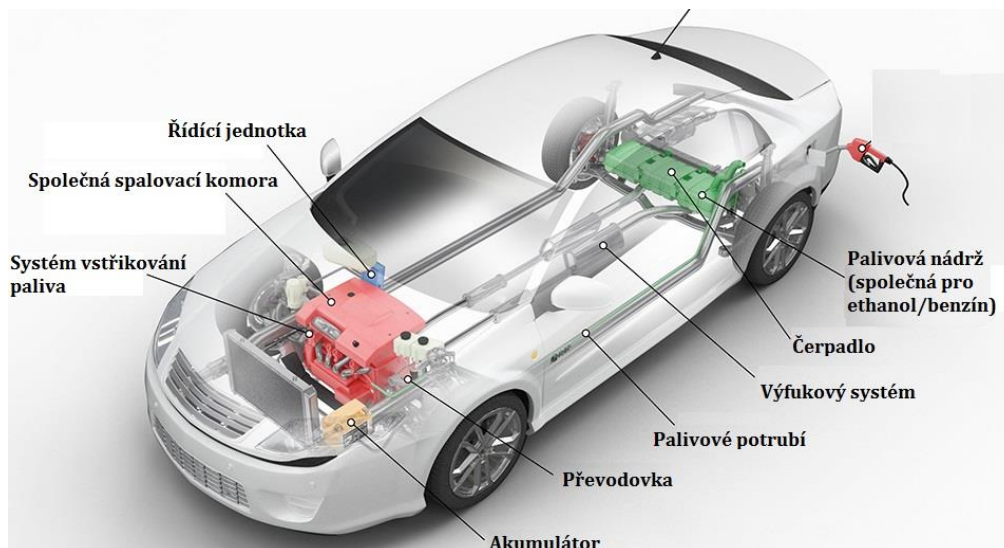
Při využívání vozidla na bioethanol je potřeba, kvůli životnosti motoru a efektivitě spalování paliva udělat několik změn. Palivová nádrž se přizpůsobuje agresivitě

ethanolu, buďto cínovou vrstvou nebo je vyrobena z nerezové oceli, pro rozvod se používá potrubí z termoplastu, který je certifikovaný na palivo E85. Čerpadla potažena chromem, abychom zabránili tvorbě rzi. Dále výměna akumulátoru za nový o vyšší kapacitě a alternátor, který umožňuje delší startování motoru, hlavně při startech v nízkých teplotách. Z důvodu nižší výhřevnosti ethanolu je nutné přizpůsobit konstrukci vstřikování paliva a přeprogramovat řídicí jednotku, aby nám zvýšila hmotnostní průtok paliva 1,6 krát. Nejlepších výsledků dosáhneme zvýšením kompresního poměru motoru, u zážehových motorů bývá kompresní poměr okolo 10,5:1, ale u ethanolu je možné tuto hodnotu zvýšit až na 15:1. Samozřejmě musíme dbát na konstrukci motoru.

U zážehových motorů provozujících na palivo s nízkým obsahem ethanolu, zhruba do 20 % není potřeba speciálních změn, je dobré alespoň mírně předdimenzovat palivový systém na vyšší spotřebu paliva. (Nylund et al. 2008)

5.2.2 Flexible Fuel Vehicles (FFVs)

FFVs jsou vozidla s jednotnou spalovací komorou, určené pro spalování jak klasického automobilového benzínu, tak spalování bioethanolových paliv. Přičemž obě paliva mají společnou nádrž a mohou se mísit. Řídicí jednotka motoru určuje koncentraci kyslíku ve výfukových plynech, tím získává informaci o složení paliva. Moderní vozidla s touto technologií jsou schopna si automaticky regulovat vstřik paliva a čas zapálení svíček. Tato vozidla jsou schopna fungovat na jakémkoliv poměru ethanolu a benzínu, od samotného benzínu až po palivo E100 (obsah ethanolu 100 %). Ovšem Evropské verze jsou optimalizovány pro E85. (Nylund et al. 2008)



Obrázek 15: FFVs automobil

(<http://www.afdc.energy.gov/vehicles/>)

Z obrázku číslo 15. lze vyčíst že vozidla FFVs mají stejný systém uspořádání všech potřebných součástí jako klasické vozidla se spalovacími motory na ropná paliva.

5.2.3 Bionafta pro vznětové motory

Pohonné jednotky vznětových motorů, pro provoz na bionaftu nebo směsnou naftu, musí být pro toto palivo provedeny speciální úpravy vozidel. Dochází k zanášení trysek vstřikovacího systému. Snižuje se viskozita motorového oleje, kde probíhá tvorba kalů, takže je potřeba zkrátit interval výměny oleje. Bionafta je agresivní vůči některým materiálům použitých v rozvodech paliva nebo na těsnění, tyto materiály je potřeba zaměnit za jiné nereagující s bionaftou. Nakonec neupravené motory používající bionaftu jsou náchylnější na tvorbu usazenin v motoru. Jiné speciální úpravy vznětových motorů nejsou pro použití bionafty nutné. (Nylund et al. 2008)

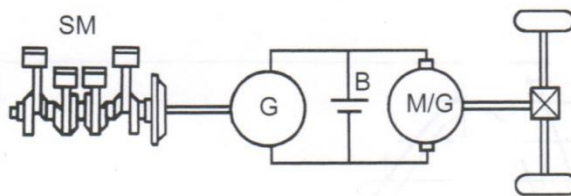
6 KONSTRUKCE HYBRIDNÍCH POHONU

U hybridních vozidel lze uspořádání hnacího ústrojí rozdělit do dvou hlavních skupin, na sériové a paralelní. Oba typy uspořádání hnacího ústrojí jsou probrány v následujících kapitolách.

6.1 SÉRIOVÉ USPOŘÁDÁNÍ

Sériové hybridní vozidlo, podobně jako bateriový elektromobil, je vozidlo poháněno výhradně elektromotorem. Jako zdroj energie je použit spalovací motor, který pohání generátor a vzniklým elektrickým proudem pak pohání trakční motory, případně dobíjí akumulátor. Jednotlivé poháněcí komponenty jsou vzájemně uspořádány za sebou. Mechanické spojení spalovacího motoru pro pohon vozidla při sériovém uspořádání je možné při konstantních otáčkách jen v optimálním režimu provozu, vzhledem k účinnosti a emisím výfuku. Spalovací motor může být provozován ve velmi úzkém rozsahu otáček, tím odpadají neekonomické body pracovní charakteristiky, jako je volnoběh. Motor tedy může být nastaven na optimální pracovní rozsah s nejvyšší účinností.

Akumulátor je značně menší než u elektromobilu, jestliže akumulátor není schopen pokrýt momentální potřebu energie, je spalovací motor automaticky nastartován. Nevýhoda sériového uspořádání je vícenásobné přeměny energie. Mechanická účinnost mezi spalovacím motorem a hnanou nápravou stěží větší než 55 %. Zcela výjimečně je snaha použít místo spalovacího motoru plynovou turbínu pro pohon generátoru. (Kameš 2004)



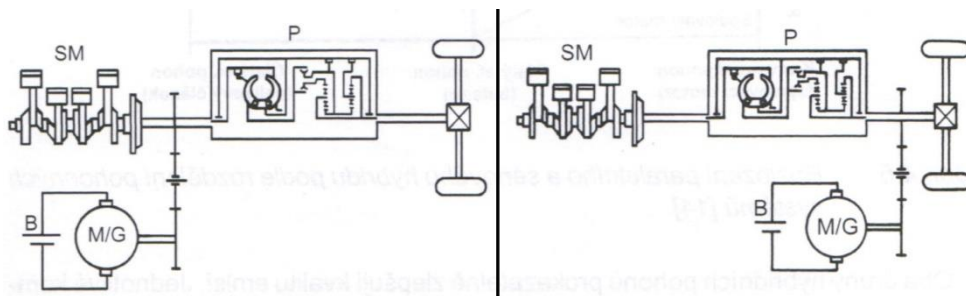
Obrázek 16: Sériové uspořádání hybridního pohonu (Kameš 2004)

6.2 PARALELNÍ USPOŘÁDÁNÍ

U většiny dnes prodávaných hybridních vozidel se používá paralelní uspořádání. Vůz je vybaven spalovacím motorem a elektromotorem, které jsou s koly propojeny skrze mechanickou převodovku. Generátor plní funkci startéru a alternátoru. K ukládání elektrické energie slouží akumulátor. Kvůli zvýšení účinnosti spalovacího motoru bývají spotřebiče jako posilovač řízení či klimatizace poháněny elektromotorem. Tím jsou jejich otáčky nezávislé na otáčkách motoru, a navíc pokud zařízení nepracuje, není mu dodávána energie.

Dva zdroje energie jsou spojeny hřídelem a výsledný moment je dán součtem jejich okamžitých momentů. Pokud je tedy využíván pouze jeden motor, druhý rotuje s ním, aniž by dodával výkon, nebo může být odpojen skrze spojku. U automobilů se nejčastěji používá spojení přes planetovou převodovku. Obvyklým režimem paralelního hybridu je, že většinu výkonu dodává spalovací motor a elektromotor se zapojuje v případě nutné akcelerace a tak se zvýší krátkodobě požadovaný špičkový výkon. (Hromádka 2012)

Náhon M/G může být ihned za motorem, nebo až za převodovkou. Mechanickým vypnutím spalovacího motoru od pohonu vozidla může provoz spalovacího motoru odpovídat nejlepším provozním poměrům týkajících se emisí a účinností. Ve druhém případě je lepší účinnost elektrického pohonu. (Kameš 2004)

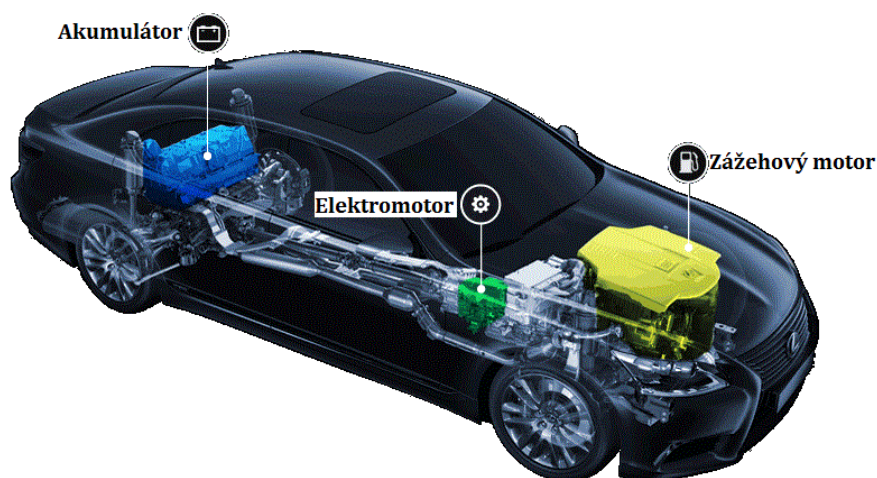


Obrázek 17: Paralelní uspořádání hybridního pohonu (Kameš 2004)

Oba druhy hybridních pohonů prokazatelně zlepšují kvalitu emisí. Jednotlivé komponenty zařazené v silovém toku od spalovacího motoru ke kolům mohou být různě

kombinovány. To je hojně využito u osobních vozidel. Nákladní vozidla, autobusy a trolejbusy mají vždy elektromotor integrován v jednotlivých kolech, i na přední nápravě, která bývá říditelná. Pouze některé lehčí typy vozidel mají centrální motor s převodovkou, pak musí mít v zadní nápravě rozvodovku. (Kameš 2004)

Jak lze na následujícím obrázku číslo 18 vidět, rozložení hybridního vozu je podobné rozložení klasického vozidla. V přední části je klasický zážehový spalovací motor, za ním je uložen motor elektrický, který je napájen z akumulátoru, který je uložen v zadní části vozidla, nejčastěji pod zavazadlovým prostorem.



Obrázek 18: Systém hybridního pohonu u vozidla Lexus

(<https://www.lexusofsouthport.com.au/>)

6.3 Další dělení hybridních vozidel

Další částečné dělení je podle stupně hybridizace vozidla.

6.3.1 Full hybrid

Jde o hybridy, které jsou schopny jet pouze na elektrický pohon nebo mohou kombinovat spalovací motor s elektrickým. Bývají vybaveny děličem výkonu. Spalovací motor už nemá výsadní postavení a při výkonových parametrech srovnatelných s konvenčním vozem je menší, má nižší objem. Dalším krokem k zdokonalení těchto hybridů je technologie Plug-in hybrid. Vůz je vybaven akumulátory umožňující dobíjení přímo ze sítě. Měřítkem u takových vozů je pak vzdálenost, kterou je schopen vůz ujet bez použití spalovacího motoru.

6.3.2 Power assist hybrid

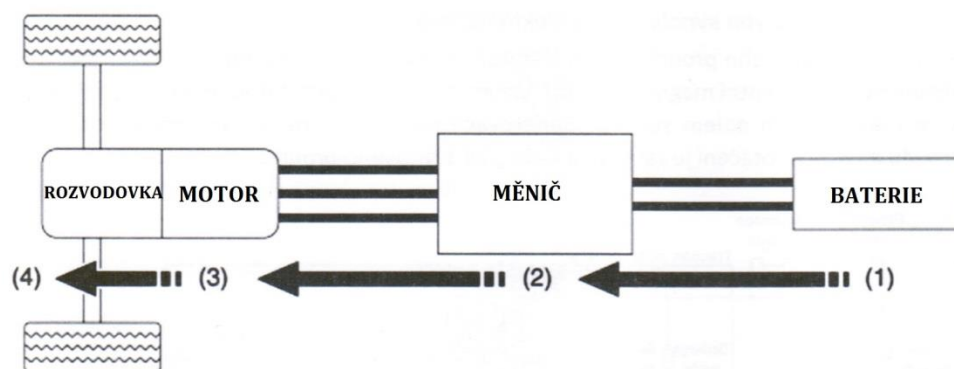
U tohoto typu je spalovací motor primární pohonnou jednotkou vozu a v případě akcelerace se připojuje elektrický motor. Elektromotor je umístěn mezi motorem a převodovkou. Vůz je vybaven akumulátory, které jsou dobíjeny při brzdění, přičemž elektromotor funguje jako generátor. Čistě elektrický pohon není prakticky možný kvůli nízkému výkonu elektromotoru.

6.3.3 Mild hybrid

Nejedná se o oficiální název pro kategorii hybridů, ale o slovní obrat používaný marketingovými odděleními. Vůz je vybaven generátorem, který přebírá funkci jak startéru, tak alternátoru. Tyto vozy využívají režim Stop-start, kdy při dojíždění ke křižovatce je spalovací motor vypnut, ovšem ostatní spotřebiče jako je klimatizace zůstávají v chodu. (Hromádka 2012)

7 KONSTRUKCE ELEKTROMOBILŮ

Konstrukce elektromobilů je podobná klasickým vozidlům se spalovacím motorem, kde je pohonná jednotka nahrazena elektromotorem. Není zde převodovka a palivová nádrž je nahrazena akumulátorem (1), ze kterých teče stejnosměrný proud do měniče (2), kde je převeden na střídavý. Tento proud vytváří v motoru (3) točivé magnetické pole statoru, které roztočí rotor a na výstupní hřídeli je generován točivý moment. Tento točivý moment je přes rozvodovku (4) přenášen na kola.



Obrázek 19: Blokové schéma pohonu předních kol, přepracováno z (Frybert 2015)

Tento systém může fungovat i v opačném směru, tzv. rekuperace, což je proces zpětného převodu točivého momentu na elektrickou energii, která dobíjí akumulátor. (Frybert 2015)

7.1 Elektromotor uložený vpředu

Tato varianta uložení je podobná dnes většině klasickým vozů, kde je motor vpředu a bývá poháněna přední náprava. Na tomto principu funguje většina dnes vyráběných elektromobilů, například Volkswagen Golf Blue-Emotion.

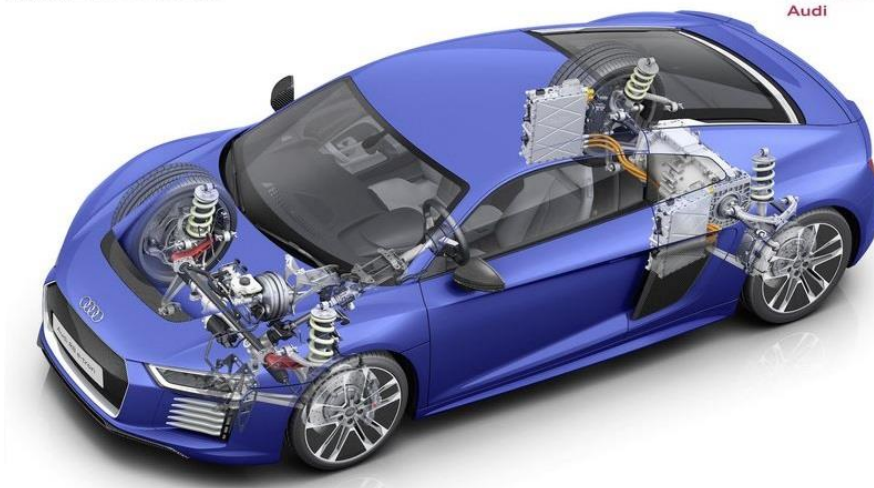


Obrázek 20: Rozložení elektromobilu Volkswagen Golf Blue-Emotion

(<http://www.greenmotor.co.uk/>)

7.2 Elektromotor uložený uprostřed/vzadu

Dalším možným řešením, jako u automobilů s pohonem na ropná paliva, je elektromotor uložený vzadu a poháněná buďto zadní náprava nebo obě nápravy. Příkladem může být BMW řady i3, kde je poháněna pouze zadní náprava, nebo AUDI R8 e-tron, u které jsou poháněny obě nápravy.

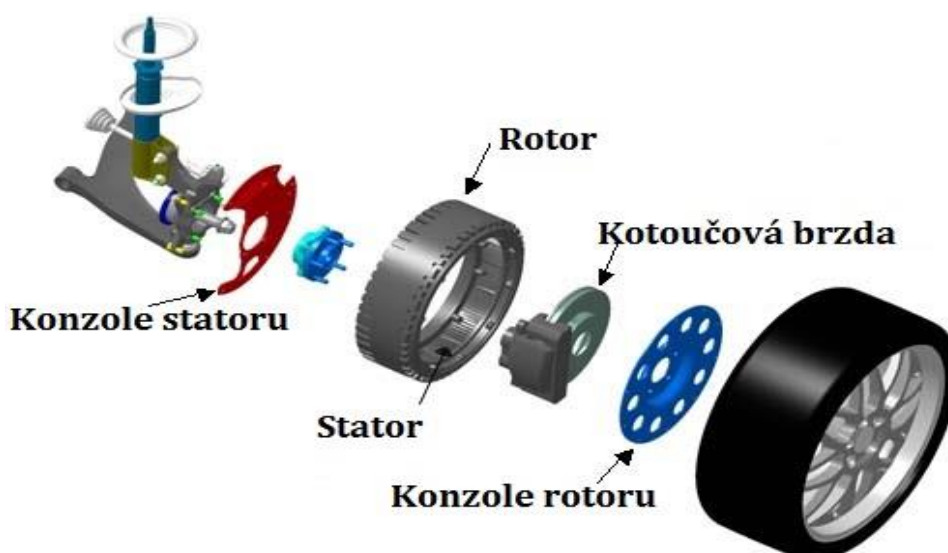


Obrázek 21: Rozložení elektromobilu Audi R8 e-tron

(<http://www.greencarcongress.com/>)

7.3 Elektromotory uloženy v náboji kol

Dnes poměrně málo využívané řešení, na rozdíl od předešlých dvou. Odpadá zde nutnost převodu z elektromotoru na kola, naproti tomu je zde nevýhoda větší neodpružené části vozu, což má za následek horší jízdní vlastnosti. Tento systém je využit například u vozu Mitsubishi Lancer MiEV.



Obrázek 22 Systém elektropohonu u vozu Mitsubishi Lancer MiEV

(<http://www.mitsubishi-motors.com/en/>)

8 SOUČASNÝ STAV Z HLEDISKA TECHNICKÉHO

8.1 LPG,CNG

Alternativní pohony na plynná paliva jsou nejvíce rozšířená, právě kvůli jednoduché přestavbě vozidla. Z technického hlediska vozidla na plynná paliva nevyžadují až tak razantní zásah do motoru a palivových rozvodů, bohužel je zde nutná instalace palivové nádrže. Nádrž bývá uložena v prostoru pro rezervní kolo, nebo je nádrž uložena v kufru, kde zmenšuje využitelný prostor. Nádrž musí být vybavena bezpečnostními ventily a pojistky, zabraňující možnost výbuchu. Vozidla jsou dále vybavena regulátorem, který mění skupenství u LPG z kapalného na plynné. Vysokotlaké palivové potrubí je nutné jak u pohonu na LPG, během fáze kapalného stavu, tak u CNG.

8.2 Hybridní pohon

Tento pohon umí pomocí dvou různých motorů výborně využívat a hospodařit s energií. Nemalou výhodou je také rekuperace, jedná se o proces, kdy namísto ztráty brzděné energie ve formě tepla, se tato energie využívá na dobíjení akumulátorů. V dnešní ekonomicky limitované době normami, je tato vlastnost velice užitečná. Oproti elektromobilům mají hybridní vozy výhodu v dojezdové vzdálenosti, díky využití spalovacího motoru s elektromotorem.

Bohužel hybridní vozidla mívají vyšší hmotnost a menší úložné prostory, právě kvůli umístění zásobníků energie. Dále zde hrozí riziko omezené životnosti akumulátoru, který je velmi drahý. Některé automobilky mají problém s poruchovostí vozidel kvůli složitému duálnímu systému pohonu.

Tyto vozy jsou nejčastěji využívány v nízké a střední třídě automobilů a převážně pro využití ve městském provozu.

8.3 Elektro

V současné době stojí vývoj elektromobilů na akumulátorech, které umožňují pouze krátký dojezd. Ještě se nepovedlo vynalézt takový, aby tento nedostatek odstranil. Situaci ani nenapomáhá menší síť dobíjecích stanic a dlouhé dobíjení. Toto se částečně daří řešit neustále se zvětšující infrastrukturou dobíjecích míst a tzv. rychlo-

nabíječkami. Toto jsou zatím technické nedostatky, které zamezují elektromobilům masové rozšíření.

Naopak mezi výhody patří tichý provoz motoru, malá údržba vozu, jediný omezující faktor je životnost akumulátoru a možné poškození řídicí jednotky. Dnes bývají elektromobily využity jako letištní vozy.

8.4 Palivové články

Palivové články jsou v dnešní době už technologicky zvládnutá zařízení, jediné co brání rozvoji tomuto druhu alternativního pohonu je výroba vodíku, která je náročná a nešetrná pro okolní svět. Skladování vodíku ztěžuje fakt, že vodík společně se vzduchem tvoří výbušnou směs. Vodík je uložen v tlakových nádržích, ze kterých bývá přiváděn do palivového článku, kde společně s kyslíkem za chemické reakce vytváří elektřinu a tím pohání elektromotor vozu. Životnost článku je omezená počtem hodin jeho využívání.

Palivové články mají také tichý chod motoru, ale oproti elektromobilům mají delší dojezd. Velkou nevýhodou je absence čerpacích stanic, kde je možné tankovat vodík.

8.5 Biopaliva

Technické provedení motorů u automobilů využívající paliva vyráběná z biomasy je stejné jako u klasických spalovacích motorů. Biopaliva jsou agresivnější vůči materiálům použitých u nádrže nebo materiálů použitých pro rozvod paliva. Je nutné zde použít nereagující materiály například na těsnění. U vznětových motorů je potřeba zkrátit interval výměny oleje, protože při použití směsné nafty se snižuje viskozita motorového oleje. To by mohlo mít za následek fatální poškození motoru.

Vhodným řešením jsou tzv. vozidla Flex Fuel, kde je možné použít jak obyčejný automobilový benzín tak právě biopalivo E85.

9 SOUČASNÝ STAV Z HLEDISKA EKONOMICKÉHO

Automobilový benzín a motorová nafta se vyrábějí přímo z ropy, takže se jejich cena přímo odvíjí od cen ropy. Převážnou složkou jejich ceny jsou daně, konkrétně spotřební daň, DPH je pro všechny paliva stejná. LPG se také vyrábí z ropy, tady se

ovšem jedná částečně o odpadní produkt. Spotřební daň na toto palivo je nižší a tím pádem i jeho výsledná cena. Toto nám ovšem trochu kompenzuje je větší spotřeba vůči klasickému benzínu. U paliva CNG přispívá jeho ceně také nízké zdanění.

E85 je směs benzínu a ethanolu, na lihovou složku v současnosti není uvalena spotřební daň, nicméně nižší cenu tohoto paliva zcela prakticky kompenzuje jeho vyšší spotřeba, takže výsledný efekt na zmenšení spotřeby je téměř nulový. (Štěrba 2013)

U elektrovozidel záleží na druhu nabíjení, pokud uživatel vozidlo dobíjí během nočního tarifu, koncová cena provozu se může značně lišit. Nehledě využívá-li některé dobíjecí stanice, kde lze vůz nabít zdarma.

Tabulka 3: Přehled ceny za jednotku a daní uvalených na různá paliva (Štěrba 2013)

Palivo	Benzín	Nafta	LPG	CNG	E85	Elektřina
Cena za jednotku [Kč]	34/dm ³	34/dm ³	18/dm ³	17/m ³	26/dm ³	3,2/kWh* 5,6/kWh
Spotřební daň [Kč]	12,84/dm ³	10,95/dm ³	2,12/dm ³	0,36/m ³	1,92/dm ³	0,03/kWh
DPH [%]	21	21	21	21	21	21

*) Sazba nočního tarifu u odběru elektřiny

Vozidla poháněná benzínem či naftou představují standardní nabídku u všech prodejců, přičemž cena srovnatelných motorizací ve vznětovém provedení bývá o 20 až 40 tisíc korun dražší oproti zážehové konstrukci. Nabídka LPG a CNG není tak rozšířená oproti klasickým automobilům, avšak cena LPG provedení bývá o 15-25 tisíc Kč vyšší než cena srovnatelného vozu se zážehovým motorem. U CNG se jedná o 20-40 tisíc korun oproti vznětové verzi. Z cenového hlediska můžeme konstatovat, že automobily provozující na E85 jsou přibližně stejně drahé vozidla se zážehovým motorem.

Zážehové motory jsou dnes poměrně robustní, spolehlivé, avšak plánované výdaje na údržbu a opravy, kromě výměny olejů a filtrů, je ještě potřeba výměna svíček

a rozvodového řemene. Neplánované výdaje potom představují poruchy, výměna vstřikovačů, palivového čerpadla, lambda sondu a zapalovací modul. (Štěrba 2013)

Tabulka 4: Tabulka servisních nákladů zážehového motoru (Štěrba 2013)

Servisní náklady benzínového motoru					
Druh údržby	Položka	Km proběh	Cena (Kč)	Kč/km	Kč/250 000 km
Plánovaná	Výměna oleje a filtru	15 000	1 350	0.090	22 500
	Výměna vzduchového filtru	30 000	1 000	0.033	8 333
	Servisní prohlídka	30 000	5 000	0.167	41 667
	Výměna rozvodů	120 000	3 500	0.029	7 292
	Výměna svíček	40 000	1 000	0.025	6 150
	Položka	Kusů/250 tis.km	Cena (Kč)	Kč/km	Kč/250 000 km
Neplánované opravy	Vstřikovač	2	1 200	0.010	2 400
	Palivové čerpadlo	1	5 000	0.020	5 000
	Těleso škrtkicí klapky	1	6 500	0.026	6 500
	Lambda sonda	1	2 500	0.010	2 500
	Zapalovací modul	1	4 000	0.016	4 000
Celkem	-	-	-	0.426	106 442

Celkem nám tedy vyšlo, že náklady na údržbu a opravy, u vozidla se zážehovým motorem jsou 0,426 Kč/km. U vozidla se vznětovým motorem jsou tyto výdaje značně vyšší, už jen kvůli turbodmychadlu nebo filtru pevných částic. Tato hodnota se vyšplhala na 0,811 Kč/km. Vozidla využívající LPG nebo CNG jsou velmi podobné zážehovým s tím rozdílem, že přibývají náklady na údržbu palivové soustavy, výměny filtrů a membrán. U LPG navíc musíme počítat s životností nádrže 10 let oproti CNG, kde je životnost 20 let, takže při najetí 250 tisíc kilometrů bude u vozu s LPG nutná výměna palivové nádrže. Pro LPG je cena oprav a údržby v přepočtu za ujetý km 0,568 Kč, u CNG 0,553 Kč/km. Elektromobil představuje poměrně spolehlivý dopravní prostředek, u kterého se budou řešit pravděpodobně pouze dvě zásadní záležitosti, životnost akumulátorů a případná porucha řídicí jednotky. Servisní náklady elektromobilu vychází na 0,467 Kč/km. (Štěrba 2013)

9.1 Kalkulace ekonomiky provozu u nového vozu

Celkové náklady na provoz u nového vozidla, dostaneme sečtením pořizovací ceny a provozních nákladů, které jsou tvořeny jak cenou paliva, tak náklady na údržbu a opravy.

Tabulka 5 Náklady v Kč pro provoz vozidel nižších tříd na různá paliva, přepracováno z (Štěrba 2013)

Palivo	Benzín	LPG	CNG	Nafta	E85	Elektro
Cena vozidla [Kč]	350 000	365 000	380 000	380 000	350 000	730 000
Spotřeba paliva /100 km	6,3 [l]	8,1 [l]	6,6 [dm ³]	5,4 [l]	8,2 [l]	6,6 [kWh]
Cena na 1 km [Kč]	2,568	1,949	1,743	2,632	2,555	0,467
Ujeté km						
10 000	375 680	384 490	397 430	406 320	375 550	734 670
50 000	478 400	462 450	467 150	511 600	477 750	753 350
100 000	606 800	559 900	554 300	643 200	605 500	776 700
150 000	735 200	657 350	641 450	774 800	733 250	800 050
200 000	863 600	754 800	728 600	906 400	861 000	823 400
250 000	992 000	852 250	815 750	1 038 000	988 750	846 750

V tabulce č. 6 nejsou u elektrovozidel započteny výdaje za palivo, jak jsem již výše psal, některé dobíjecí stanice jsou zdarma, a kdybychom přičetly náklady za palivo, tak by provoz takového vozu oproti jiným variantám pro obyčejného občana ekonomicky nevýhodný, vezmeme-li v potaz navíc nízký dojezd a malou síť dobíjecích stanic. Naproti tomu elektrická vozidla jsou velice ekologická a ve velkých městech, kde je dostatek dobíjecích stanic mohou být lépe využitelná než vozidla s jiným druhem používaného paliva.

Z předchozí ekonomické bilance jde učinit závěrečná doporučení, pokud najedeme pouze malé počty kilometrů, je vcelku jedno, které palivo zvolíme. Jízda na LPG a CNG je ve středním horizontu nájezdu kilometrů nejekonomičtější. V dlouhodobém horizontu je ekonomicky výhodný elektromobil, navíc tomu přispívá doplňování paliva zdarma. Vznětové motory jsou mírně výhodné oproti zážehovým až ve vyšších třídách vozů. Použití vznětového motoru v menších automobilech je zejména díky vyšším servisním nákladům neekonomické. (Štěrba 2013)

10 LEGISLATIVA PRO ALTERNATIVNÍ POHONY

Jednotlivá ustanovení pro homologaci se týkají zejména podle povahy věci, buď jednotlivých konstrukčních skupin, které se zkoušejí samostatně a mohou se montovat na různá vozidla nebo se týkají vozidel jako celku. Příslušní předpisy EHK-OSN obsahují kromě formálních ustanovení pro schvalování zejména pevnostní, životnostní a funkční technické specifikace a podrobnou zkušební metodiku, která zahrnuje statické či dynamické destrukční zkoušky za předepsaných podmínek, na předepsaném zkušebním zařízení. Splnění homologačních předpisů se úředně ověřuje v autorizovaných zkušebnách. (Vlk 2004)

EHK 67 – Zařízení pro pohon zkapalněným ropným plynem

Tento předpis se vztahuje na zkoušení a schvalování vybavení motorových vozidel, která používají zkapalněné ropné plyny jako palivo a na homologace montáže takového specifického vybavení vozu, pro použití LPG v jeho pohonném systému. Pod pojmem specifické vybavení se rozumí: nádrž, regulátor tlaku, uzavírací ventil, zařízení pro vstřík plynů atp.

Předpis stanovuje postup při podání žádosti o homologaci nebo o její rozšíření při změně typu specifického vybavení, dále postup udělení homologace a způsob označení homologovaného výrobku. Odolnost vůči tlaku, korozi, vysokým i nízkým teplotám, těsnost systému, umístění a pevnost upevnění specifického vybavení. (TÜV SÜD Czech s.r.o. 2017a)

EHK 83 – Emise vozidel kategorií M a N

Předpis se vztahuje na zkoušení a schvalování typu vozidel kategorie M a N z hlediska emisí z výfuku při normální a nízké teplotě okolí, emisí výparů, životnosti zařízení k omezení výfukových emisí. Tento předpis se vztahuje na vozidla pracující se zkapalněným zemním plynem, stlačeným zemním plynem a hybridní elektrická vozidla. (TÜV SÜD Czech s.r.o. 2017b)

EHK 100 – Bateriové elektromobily

Předpis vztahující se na zkoušení a schvalování typu všech bateriových elektrických silničních vozidel kategorií M a N z hlediska bezpečnostních požadavků na konstrukci vozidel.

Předpis stanovuje postup při podání žádosti o homologaci nebo o její rozšíření při změně typu vozidla. Postup udělení homologace a způsob označení homologovaného výrobku. Rozsah zkoušek a požadavky na: trakční baterie, jejich způsob nabíjení, ochranu před elektrickým šokem, funkční bezpečnost, stanovení emisí vodíku při nabíjení. (TÜV SÜD Czech s.r.o. 2017c)

EHK 110 – Konstrukční části pro pohon na zemní plyn

Zkoušení a schvalování konstrukčních částí motorových vozidel používající stlačený zemní plyn (CNG), montáž homologovaných konstrukčních částí pro použití CNG k pohonu.

Předpis definuje postup při žádosti o homologaci nebo o rozšíření platnosti při změně konstrukční části vozidla. Postup udělení a označení homologace. (TÜV SÜD Czech s.r.o. 2017d)

EHK 115 – Dodatečná montáž LPG a CNG systémů

Předpis se vztahuje na zkoušení a schvalování zvláštních typů LPG a CNG systémů pro dodatečnou montáž na vozidle kde je toto palivo využito pro pohon.

Tento předpis dále popisuje postup podání žádosti o homologaci nebo o rozšíření její platnosti, postup udělení homologace a jejího označení. Rozsah zkoušek na těsnost systému, upevnění nádrže, plynné emise, výkonové požadavky. (TÜV SÜD Czech s.r.o. 2017e)

10.1 Technické požadavky a metody zkoušení paliv

ČSN EN 16734 (656519) – Motorová nafta B10

ČSN EN 16709 (656510) – Motorová nafta s vysokým obsahem FAME (B20 a B30)

ČSN EN 65 6508 – Směsné motorové nafty obsahující FAME

Tato norma určuje požadavky pro směsnou motorovou naftu s minimálním obsahem 30% methylesterů mastných kyselin

ČSN EN 15376 (656511) – Ethanol jako složka automobilových benzínů

Norma specifikuje technické požadavky a metody zkoušení etanolu, určeného k použití jako doplňující složka benzínového paliva. Je použitelná pro etanol používaný pro mísení až do 85%.

ČSN P CEN/TS 15293 (656512) – Ethanol E85

ČSN 65 6513 – Ethanol E95 pro vznětové motory

ČSN 65 6514 – Bioplyn pro zážehové motory

ČSN 65 6516 – Řepkový olej pro spalovací motory na rostlinné oleje

ČSN 65 6517 – Stlačený zemní plyn

ČSN EN 589 + A1 (656503) – Zkapalněné ropné plyny (LPG)

(Technor.cz 2017)

11 ZÁVĚR

Už dříve se lidé pokoušeli nahradit klasické spalovací motory, ale kvůli jejich velké rozšířenosti a tehdejší cenám paliva nebyla alternativním pohonům věnována velká pozornost. Vyznačovaly se vyšší cenou, což u většiny automobilů na alternativní pohony přetrvalo dodnes. Problematika znečištění ovzduší je velmi aktuální a navíc je zde riziko zprísňení emisních norem natolik, že je nebude možné dodržet klasickými spalovací motory využívající ropná paliva. V současné době mezi hlavní alternativní pohony patří plynná paliva, LPG a CNG, dále hybridní systémy, elektromobily, ať už využívající akumulátory nebo palivové články, a na závěr vozidla využívající paliva vyrobená z biomasy.

Nahradit automobilový benzín a motorovou naftou plynnými palivy, ať už jde o zkapalněný ropný plyn nebo stlačený zemní plyn, je pouze jen dočasné řešení. Pokud budeme fosilní paliva těžit stejným tempem i v následujících letech, nastane situace, kdy bude ropy i zemního plynu nedostatek, čímž se rapidně zvýší jejich ceny a tím pádem by bylo zcela nerentabilní jejich využívání v motorismu. Výhodou zemního plynu je, že může být vyroben z biomasy, přestože je tento proces náročný.

Co se týče hybridního pohonu, z mého pohledu se jedná spíše o krok mezi klasickými vozidly poháněnými spalovacími motory a automobily využívající jiný alternativní zdroj energie. Hybridního pohonu se nejčastěji využívá ve spojení zážehového motoru a elektromotoru, kde jejich uspořádání bývá nejčastěji paralelní. Jejich prozatímní využití vidím ke značnému snížení emisí CO₂ a ekonomickému šetření z hlediska tankování paliva, jelikož se hybridní pohony vyznačují výrazně nižší spotřebou než klasická vozidla využívající benzín nebo naftu.

Dalším typem jsou vozidla poháněná čistě elektrickým motorem. Tyto automobily se vyznačují nulovými emisemi z výfukových plynů. V současné době jsou nejrozšířenější elektromobily s motorem asynchronním, kterému je dodávána energie z akumulátorů. Z nich nejdůležitější a nejvíce využívané jsou akumulátory typu NiMH a Li-Ion. Nevýhody, které odrazují potenciální zájemce využívat tento druh pohonu, spočívají v krátkém dojezdu. To je způsobeno akumulátory, které se ovšem stále zdokonalují, aby byly schopny poskytnout více energie pro delší dojezd. Dalším

problémem je dlouhé nabíjení akumulátorů, to se částečně daří řešit pomocí tzv. rychlonabíjecích stanic, jejichž pokrytí se v dnešní době stále rozšiřuje.

Vozidla využívající palivové články jsou určitě zajímavá a do budoucna velice perspektivní. Dalo by se říci, že v případě vodíku se jedná o nevyčerpatelný zdroj energie. Bohužel na Zemi se nevyskytuje v takové formě, aby jej bylo možné ihned využít, ale je nutné jej vyrábět. Současné postupy při výrobě vodíku jsou neekonomické a zároveň škodí životnímu prostředí. Jedno ze zajímavých řešení, by mohla být výroba vodíku z biomasy, bohužel dnes a nejspíše ani v budoucnu, nebude tento druh výroby schopen pokrýt spotřebu.

Co se týče paliv vyráběných z biomasy, ať už jde o bionaftu nebo palivo E85 založené na ethanolu, jedná se o využitelný a obnovitelný zdroj energie. Velkou výhodou je zvládnutý proces výroby těchto paliv a úprava vozidel na jejich provoz. Snížená je i produkce emisí. Nevýhodou biopaliv je agresivita vůči materiálům použitým v běžných spalovacích motorech, tomuto se dá lehce předejít úpravou materiálů nereagujících s ethanolem nebo bio složkou směsné nafty.

Kdybych měl shrnout alternativní paliva, tak LPG a CNG jsou dobrá řešení, pokud je pro motoristu prioritou jezdit více ekonomicky a trochu odlehčit naší planetě od výfukových plynů, ale toto řešení je pouze dočasné. Hybridní pohony jsou z hlediska spotřeby paliva více ekonomické, ovšem s vyšší pořizovací cenou

Pokud by se u elektromobilů vyřešil problém s nízkou kapacitou akumulátorů a tím by se zvýšil dojezd, tak by bylo nutné zvětšit dnešní infrastruktura elektráren, aby bylo možné dodávat takové množství energie do sítě.

Stojím si za tím, že alternativní pohony jsou krok vpřed jak pro lidstvo, tak pro naši planetu. Bohužel v dnešní době se nevyplatí pořizovat vozy s alternativním pohonem, kvůli výraznější úspoře peněžních nákladů na provoz, protože jejich pořizovací cena nebo cena za přestavbu výrazně převyšuje náklady u vozidla s klasickým pohonem. Jsou využitelné pouze s cílem méně škodit životnímu prostředí. Největší perspektivu do budoucna shledávám v elektrickém pohonu a pohonu využívající vodík. Vše ale záleží na zdokonalení akumulátorů do elektromobilů nebo výroby vodíku do palivových článků. Pokud by se toto dokázalo, zcela jistě by alternativní pohony zaujímaly většinový podíl v dopravě.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Typické procentuální složení výfukových plynů vznětového motoru (Šmerda et al. 2013)	10
Obrázek 2: Zdroje energie ve světě pro rok 2014, přepracováno podle (International Energy Agency 2016).....	11
Obrázek 3 Odhad světové produkce ropy z různých nalezišť (SourceOECD (Online service) et al. 2008)	12
Obrázek 4 Automobil Dacia Sandero s pohonem na LPG	15
Obrázek 5: Schéma palivového článku (Hromádko 2012).....	18
Obrázek 6: Indukční motor	19
Obrázek 7: Akumulátor vozu Tesla Model S	22
Obrázek 8: Úspora v produkci CO ₂ pro biopaliva I. a II. generace (Hromádko 2011)...	23
Obrázek 9: Blokové schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry, přepracováno podle (Hromádko 2012)	25
Obrázek 10: Blokové schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující škrob, přepracováno podle (Hromádko 2012).....	26
Obrázek 11: Blokové schéma výroby bioethanolu z lignocelulózové biomasy přepracováno podle (Hromádko 2012).....	26
Obrázek 12: Řepka olejka.....	29
Obrázek 13: Schéma systému LPG, přepracováno z (Štěrbá 2013)	30
Obrázek 14: Nádrž LPG u vozu Citroen C4 Picasso	31
Obrázek 15: FFVs automobil.....	33
Obrázek 16: Sériové uspořádání hybridního pohonu (Kameš 2004)	34
Obrázek 17: Paralelní uspořádání hybridního pohonu (Kameš 2004)	35
Obrázek 18: Systém hybridního pohonu u vozidla Lexus.....	36
Obrázek 19: Blokové schéma pohonu předních kol, přepracováno z (Frybert 2015).....	37
Obrázek 20: Rozložení elektromobilu Volkswagen Golf Blue-Emotion.....	38
Obrázek 21: Rozložení elektromobilu Audi R8 e-tron	39
Obrázek 22 Systém elektropohonu u vozu Mitsubishi Lancer MiEV	39

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Směšovací poměry propanu a butanu v různých zemích na základě ročního období, přepracovaná podle (Štěrbá a Kryžický 2002)	14
Tabulka 3: Srovnání vlastností motorové nafty, MEŘO a čistého řepkového oleje, přepracováno podle (Vlk 2004)	28
Tabulka 4: Přehled ceny za jednotku a daní uvalených na různá paliva (Štěrbá 2013) ..	42
Tabulka 5: Tabulka servisních nákladů benzínového motoru (Štěrbá 2013)	43
Tabulka 6 Náklady v Kč pro provoz vozidel nižších tříd na různá paliva, přepracováno z (Štěrbá 2013)	44

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BADIDA, MIROSLAV, 2007. *Enviromentalistika: Alernatívne pohony automobilov*. Košice: TU v Košisciach, Strojnícka fakulta. ISBN 978-80-8073-937-9.

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

HROMÁDKO, Jan, 2011. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3475-0.

HROMÁDKO, Jan, 2012. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4455-1.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2016. *World energy outlook 2016*. ISBN 978-92-64-26494-6.

KAMEŠ, Josef, 2004. *Alternativní pohony automobilů*. Praha: BEN - technická literatura. ISBN 978-80-7300-127-8.

LÍŽBETIN, Ján, Ondrej STOPKA, Vladislav ZITRICKÝ a VYSOKÁ ŠKOLA TECHNICKÁ A EKONOMICKÁ V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH, 2016. *Dopravní prostředky: vysokoškolská učebnice*. ISBN 978-80-7468-101-1.

NYLUND, Nils-Olof, Päivi AAKKO-SAKSA, Kai SIPILÄ a VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS, 2008. *Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles*. Espoo: VTT. ISBN 978-951-38-6989-2.

SOURCEOECD (ONLINE SERVICE), INTERNATIONAL ENERGY AGENCY a ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2008. *World energy outlook 2008* [online]. Paris: OECD/IEA [vid. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://site.ebrary.com/id/10267596>

ŠMERDA, Tomáš, Jiří ČUPERA a Martin FAJMAN, 2013. *Vznětové motory vozidel: biopaliva, emise, traktory*. Brno: CPress. ISBN 978-80-264-0160-5.

ŠTĚRBA, Pavel, 2013. *Automobily s pohonem na LPG: typové a individuální přestavby, ekonomická návratnost, opravy a doporučení pro majitele vozidel : [příručka majitele vozu]*. Brno: CPress. ISBN 978-80-264-0148-3.

ŠTĚRBA, Pavel a Ondřej KRYŽICKÝ, 2002. *Jak na LPG: přestavba, provoz a údržba automobilů na plyn*. Praha: Computer Press. ISBN 978-80-7226-734-7.

TECHNOR.CZ, 2017. *Normy ČSN - Bezpečnostní tabulky* [online] [vid. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://www.technicke-normy-csn.cz/>

TÜV SÜD CZECH S.R.O., 2017a. *EHK 067 | Elektronická knihovna TÜV SÜD Czech s.r.o.* [online] [vid. 2017-01-22]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/ehk-osn-integrované-ceske-preklady/ehk-067.html>

TÜV SÜD CZECH S.R.O., 2017b. *EHK 083* | *Elektronická knihovna TÜV SÜD Czech s.r.o.* [online] [vid. 2017-01-20]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/ehk-osn-integrované-ceske-preklady/ehk-083.html>

TÜV SÜD CZECH S.R.O., 2017c. *EHK 100* | *Elektronická knihovna TÜV SÜD Czech s.r.o.* [online] [vid. 2017-01-23]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/ehk-osn-integrované-ceske-preklady/ehk-100.html>

TÜV SÜD CZECH S.R.O., 2017d. *EHK 110* | *Elektronická knihovna TÜV SÜD Czech s.r.o.* [online] [vid. 2017-01-23]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/ehk-osn-integrované-ceske-preklady/ehk-110.html>

TÜV SÜD CZECH S.R.O., 2017e. *EHK 115* | *Elektronická knihovna TÜV SÜD Czech s.r.o.* [online] [vid. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/ehk-osn-integrované-ceske-preklady/ehk-115.html>

VLK, František, 2004. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: František Vlk. ISBN 978-80-239-1602-7.