

**Univerzita Pardubice**  
**Dopravní fakulta Jana Pernera**

**Elektromobily a hybridní automobily**  
**Radek Hojný**

**Bakalářská práce**

**2009**

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě  
Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek HOJNÝ**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní infrastruktura-Elektrotechnická zařízení  
v dopravě**  
Název tématu: **Elektromobily a hybridní automobily**

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

Práce by měla zahrnovat následující body:

- 1) Teoretický úvod a historický přehled vývoje elektromobilů a hybridních automobilů a jejich kategorizace dle uspořádání pohonu
- 2) Rešerše realizovaných vozidel za posledních 10 let se stručným popisem uspořádání
- 3) Závěry práce shrnující současný stav problematiky s výčtem typických uspořádání vozidel
- 4) Seznam použité literatury

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. **EHSANI, Mehrdad. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles. [s.l.] : CRC Press, 2005. 395 s. ISBN 0-8493-3154-4**
2. **Projekt bibliografické citace [online]. c2004 [cit. 2008-12-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.citace.com>>.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jiří Šimánek**

Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací  
techniky v dopravě

Datum zadání bakalářské práce: **15. prosince 2008**

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



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



prof. Ing. Vladimír Schejbal, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 18. února 2009

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 25. 5. 2009

Radek Hojný

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat Ing. Jiřímu Šimánkovi za odborné vedení bakalářské práce a za metodickou pomoc při její realizaci.

Díky však patří také mé rodině za projevenou podporu, pochopení a především pevné nervy při vypracování této práce a vůbec za neustálou toleranci po dobu celého mého studia.

## **SOUHRN**

Práce se zabývá zpracováním historického vývoje elektromobilů a hybridních automobilů, jejich kategorizací dle uspořádání pohonu a rešerší realizovaných vozidel v minimální sérii 5 kusů za posledních 10 let se stručným popisem uspořádání.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

elektromobil; hybridní automobil; elektromotor; synchronní motor; asynchronní motor, frekvenční měnič; baterie

## **TITLE**

Electric and Hybrid Cars

## **ABSTRACT**

The work deals with the processing of the historical development of electric and hybrid cars, their categorization according to the organization of drive and searches carried out on vehicles in the minimum set of 5 pieces over the past 10 years with a brief description of the organization.

## **KEYWORDS**

electric; hybrid cars; electric motor; synchronous motor; asynchronous motor; frequency converter; battery

# OBSAH

ÚVOD.....	9
1 TEORETICKÝ ÚVOD A KATEGORIZACE DLE USPOŘÁDÁNÍ POHONU .....	10
1.1 Elektromobily.....	10
1.2 Hybridní automobily.....	12
2 HISTORIE ELEKTROMOBILŮ A HYBRIDNÍCH AUTOMOBILŮ.....	17
2.1 Počátek historie elektromobilů a hybridních automobilů.....	17
2.2 Historie elektromobilů a hybridních automobilů v zahraničí.....	18
2.3 Historie elektromobilů a hybridních automobilů v ČR .....	27
3 ELEKTROMOBILY A HYBRIDNÍ AUTOMOBILY VYRÁBĚNÉ SÉRIOVĚ.....	29
3.1 Fiat Seicento Elettra (Fiat, Itálie) .....	29
3.2 General Motors EV1 (General Motors, USA).....	30
3.3 Honda EV Plus (Honda, Japonsko).....	31
3.4 Lightning GT (Lightning Car Copany, Anglie) .....	33
3.5 Mercedes Benz Vito 108E (Mercedes Benz, Německo).....	34
3.6 Mitsubishi COLT (Mitsubishi, Japonsko) .....	35
3.7 Mitsubishi Lancer (Mitsubishi, Japonsko).....	37
3.8 Peugeot 106 électrique, Citroen Saxo électrique (Peugeot Citroën Asociation, Francie).....	38
3.9 Peugeot Partner électrique, Citroen Berlingo électrique (Peugeot Citroën Asociation, Francie) .....	39
3.10 Smart EV (Daimler, Mercedes Benz UK).....	41
3.11 Tesla Roadster (Tesla motors, Anglie/USA).....	43
3.12 THINK city (THINK, Norsko).....	43
3.13 Toyota RAV 4EV (Toyota, Japonsko).....	45
3.14 Venturi Fetish (Venturi, Francie).....	46
3.15 Honda Civic Hybrid (Honda, Japonsko).....	47
3.16 Honda Insight (Honda, Japonsko) .....	48
3.17 Lexus GS 450h (Toyota, Japonsko) .....	49
3.18 Lexus LS 600h (Toyota, Japonsko) .....	50
3.19 Toyota Camry Hybrid (Toyota, Japonsko) .....	51
3.20 Toyota Estima Hybrid (Toyota, Japonsko).....	52
3.21 Toyota Highlander Hybrid (Toyota, Japonsko) .....	53

3.22 Toyota Prius (Toyota, Japonsko).....	54
ZÁVĚR .....	56
POUŽITÁ LITERATURA .....	60
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	62
SEZNAM TABULEK .....	64
SEZNAM GRAFŮ .....	65



## ÚVOD

Tématem mé bakalářské práce je zpracování historického vývoje elektromobilů a hybridních automobilů, jejich kategorizace dle uspořádání pohonu a rešerše realizovaných vozidel v minimální sérii 5 kusů za posledních 10 let se stručným popisem uspořádání. V závěru mé práce se budu zabývat celkovým zhodnocením současného stavu předmětné problematiky a porovnáním dojezdu, jednoho z rozhodujících parametrů, sériově vyráběných elektromobilů.

# 1 TEORETICKÝ ÚVOD A KATEGORIZACE DLE USPOŘÁDÁNÍ POHONU

## 1.1 Elektromobily

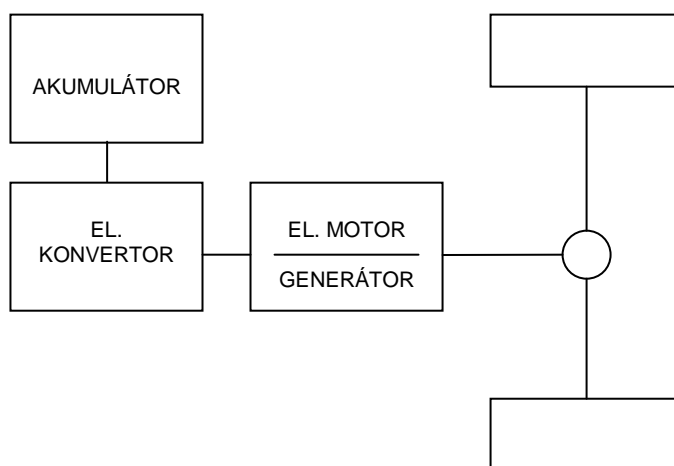
Elektromobily jsou vozidla poháněná elektromotory, které jsou napájeny akumulátory umístěnými ve vozidle. Pro elektromobil je hlavním limitujícím prvkem velikost elektrické energie (kapacita akumulátoru), kterou má vozidlo uloženou v akumulátorech.

Hnací jednotka elektromobilu je v podstatě zmenšená varianta elektrického pohonu trolejových dopravních prostředků, jako jsou vlaky, tramvaje, metra a v neposlední řadě trolejbusy. K pohonu těchto trakčních vozidel se prakticky po celé jedno století používalo komutátorových motorů, a to pro jejich výhodnou trakční charakteristiku a vhodné regulační vlastnosti. Společným znakem těchto motorů byl problematický rotační střídač (mechanický komutátor), který byl limitující konstrukční částí tohoto stroje z hlediska proudového zatížení. Negativními vlastnostmi komutátorových motorů byly vlastní komutační jevy. Teprve rozvoj výkonové polovodičové techniky a mikroelektroniky umožnil použít kvalitnější řízení chodu motoru. Nejprve užitím polovodičových spínacích prvků (tyristorů) byla vyřešena bezztrátová pulzní regulace u komutátorových motorů. S nástupem nových spínacích prvků (tyristorů GTO, IGTC, spínací tranzistory IGBT) do oblasti frekvenčně řízených střídačů, se otevřeli možnosti nahrazení mechanického komutátoru frekvenčním měničem. Během krátkého vývoje frekvenčních měničů došlo k jejich významnému zjednodušení, které přineslo výrazné snížení energetických ztrát a minimalizovalo rozměry měniče.

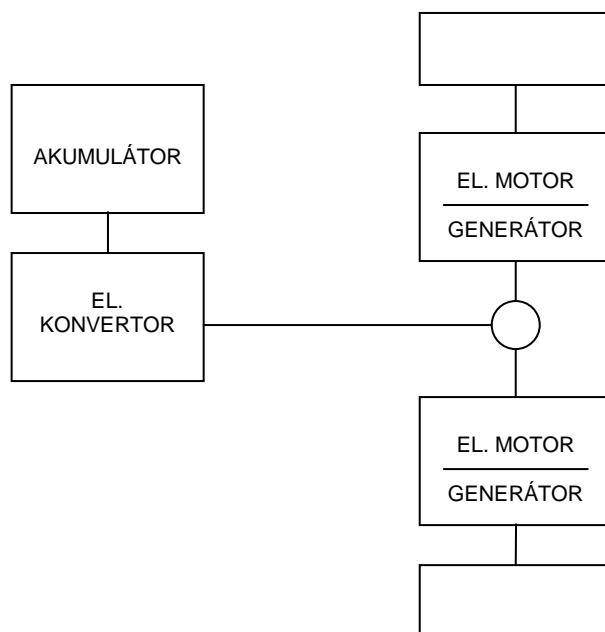
Jako nejvýhodnější pohonná jednotka elektromobilu se jeví synchronní bezkomutátorový motor s permanentními magnety. Toto řešení umožňují především nové technologie výroby permanentních magnetů ze zvláštních zemin, nejčastěji se jedná o slinutiny, jako např. neodym - železo - bor nebo samarium - kobalt, které dosahují vysoké hodnoty magnetického sycení. Synchronní motor s permanentními magnety má ve srovnání s asynchronním motorem vyšší kroutící moment vztažený na hmotnost stroje, menší moment setrvačnosti, menší oteplení a vyšší momentovou přetížitelnost. Pro trakční pohony velmi důležitou vlastností je možnost vyvinout maximální točivý moment již v klidovém stavu a jeho chod lze snadno reverzovat.

Díky této výhodné výkonové charakteristice je u elektromobilu možný přímý náhon z elektromotoru na kolo. Při konstrukci tato vlastnost umožňuje též umístit motor přímo do hnacího kola. Toto řešení přináší lepší využití vnitřního prostoru karosérie pro posádku, neboť motory nezabírají místo v interiéru vozidla, a umožňuje dobré chlazení motoru, bohužel také významně zvyšuje hmotnost neodpružených hmot. Tyto neodpružené hmoty následně zhoršují jízdní vlastnosti vozidla a negativně ovlivňují komfort cestování.

Velkou výhodou mikroprocesorového řízení frekvenčním měničem je možnost využít brzdovou energii k rekuperaci (část energie při brždění se vrací do akumulátoru). Při využití rekuperace je při částečném stlačení brzdového pedálu aktivováno dobíjení akumulátorů, přičemž brzdná síla je závislá na velikosti jeho stlačení. Teprve při plném sešlápnutí brzdového pedálu je aktivovaný hydraulický systém brzd.



*Obr. 1.1 Blokové schéma elektromobilu (1 elektromotor/generátor, 1 hnací náprava)*



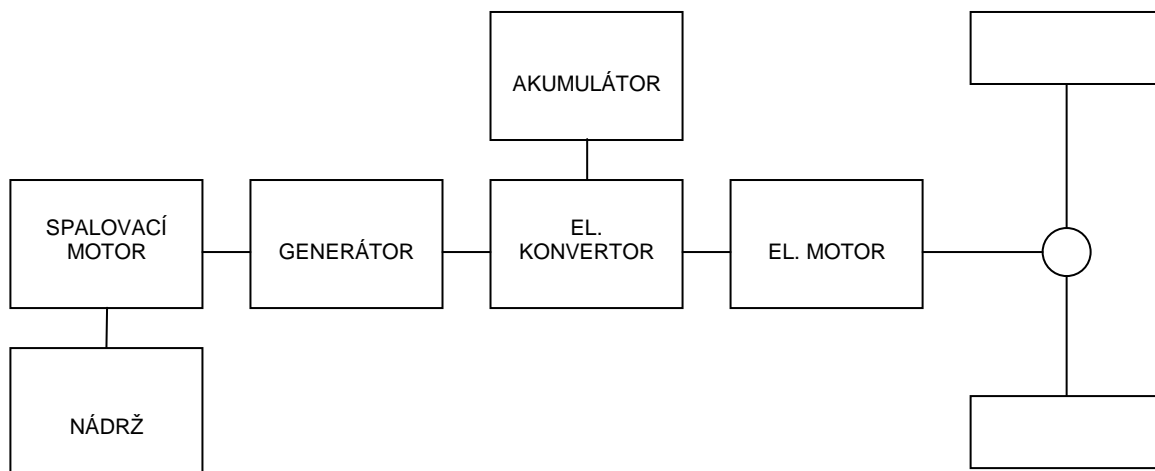
*Obr. 1.2 Blokové schéma elektromobilu (2 elektromotory/generátory uložené v kole, 1 hnací náprava)*

## 1.2 Hybridní automobily

Hybridní automobil je vozidlo se dvěma nebo více zdroji pohybové energie. Tento systém je již poměrně dobře vyřešen u kolejových vozidel pohybujících se po neelektrifikovaných tratích (tzv. diesel-generátorové lokomotivy).

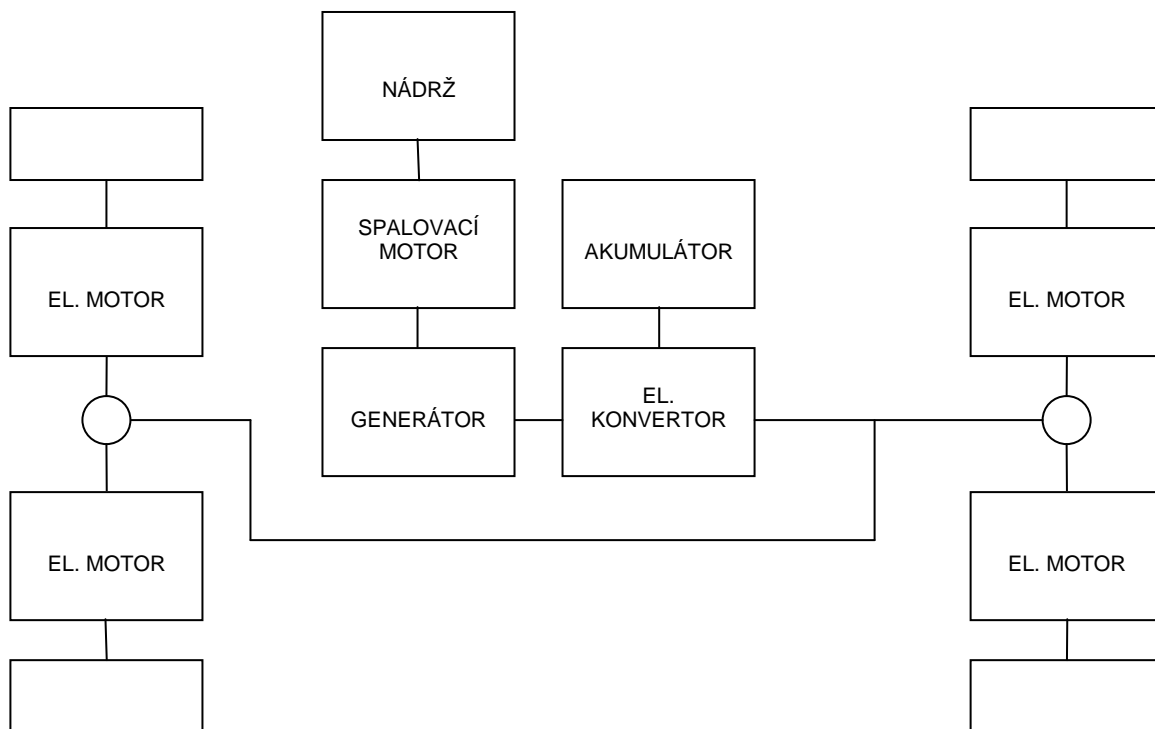
Dle struktury pohonu se můžeme setkat se třemi systémy: sériovým, paralelním a kombinovaným (s děličem výkonu).

Sériový hybridní pohon se v mnohém podobá vozidlu s čistě elektrickým pohonem. Spalovací motor pohání generátor, není tedy přímo spojen s poháněnými koly. Generátor má dvě funkce, buď slouží k dobíjení baterií, nebo dodává energii pro elektromotor pohánějící kola vozu. Při požadavku maximálního výkonu je potřebná energie dodána jak z baterií, tak z generátoru. Převodovka není potřeba, elektromotor je účinnější v širším rozsahu otáček než spalovací motor. Elektromotorů může být ve voze několik, buď podle počtu poháněných náprav, nebo je lze umístit do nábojů poháněného kola. Sériový hybrid může být dále vybaven superkondenzátory a setrvačником jako akumulátoru kinetické energie. Tato struktura sériového hybridu se úspěšně využívá u lokomotiv. [4]



Obr. 1.3 Blokové schéma sériového hybridního automobilu

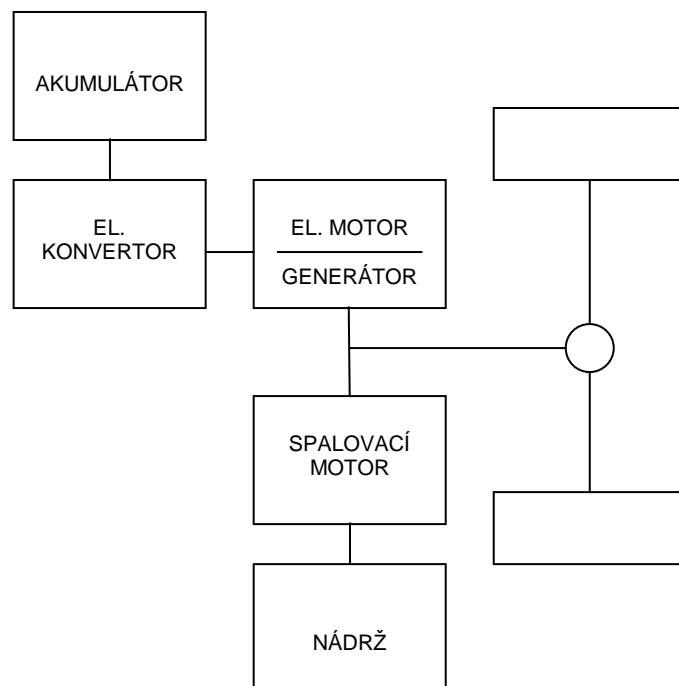
Hlavní výhodou sériového hybridu je, že otáčky spalovacího motoru nejsou závislé na otáčkách kol. Spalovací motor se tedy pohybuje v okolí nejvyšší účinnosti, tedy s nejpříznivější spotřebou paliva. Pokud jsou elektromotory umístěny v nábojích kol, není třeba používat převodovku, diferenciál a hnací hřídele. Díky tomu je podlaha nižší (autobusy, bojová vozidla). Nevýhodou tohoto řešení je výrazný nárůst neodpružené hmoty, což způsobuje problémy při návrhu odpružení. Dalším záporem při odstranění mechanického spojení spalovacího motoru s poháněnými koly prostřednictvím spojky, převodovky, diferenciálu a hnacího hřídele, je pokles účinnosti pohonu.



Obr. 1.4 *Blokové schéma sériového hybridního automobilu 4 x 4*

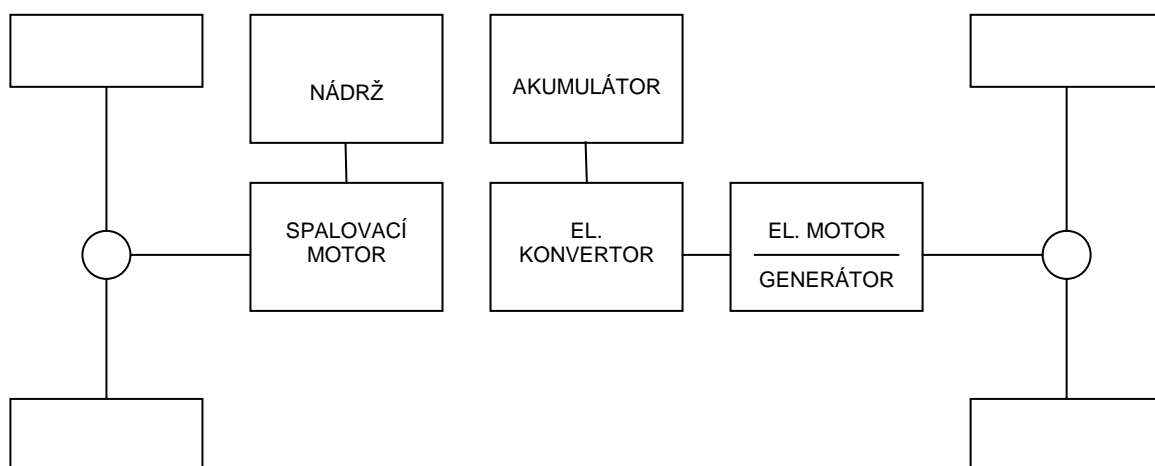
V porovnání s paralelním hybridem je jeho efektivita vyšší při pomalé přerušované jízdě ve městě. Naopak s rostoucí rychlostí se projeví výhody paralelního pohonu.

U většiny dnes prodávaných hybridů se používá paralelní systém. Vůz je vybaven spalovacím motorem a elektromotorem, které jsou s koly propojeny prostřednictvím mechanické převodovky. Častým uspořádáním je umístění elektromotoru/generátoru mezi spalovací motor a převodovku. Generátor plní funkci startéru a alternátoru. K akumulaci elektrické energie slouží baterie s výrazně větším napětím, než je v běžných automobilech. 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, tak mu není dodávána energie.



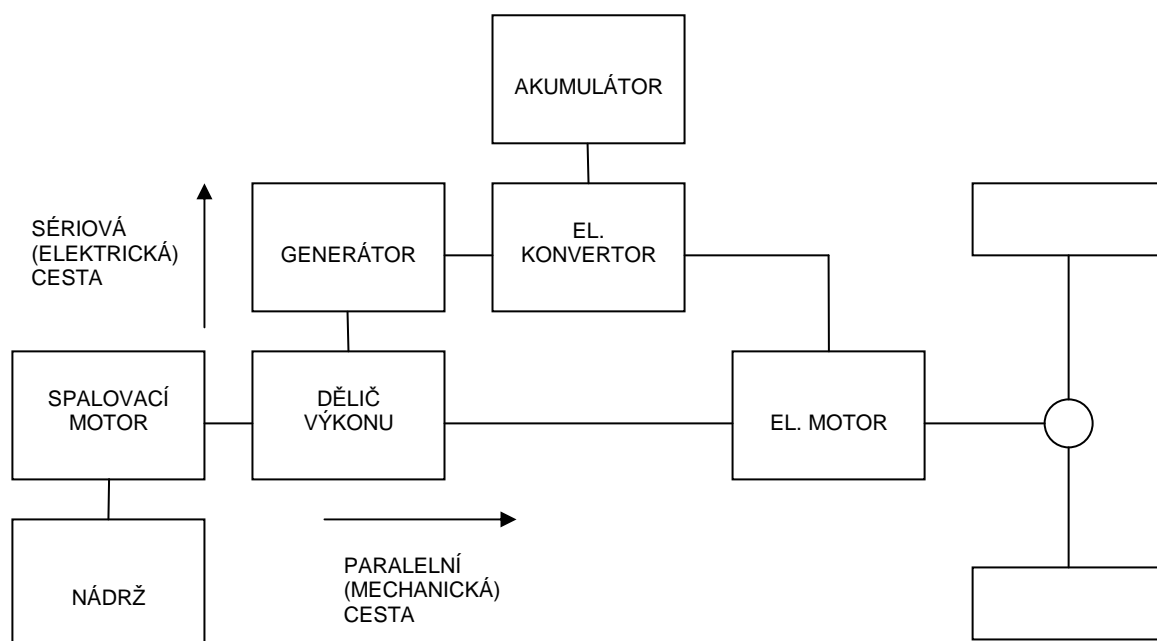
Obr. 1.5 *Blokové schéma paralelního hybridního automobilu*

Dva zdroje energie jsou spojeny hřídelí a výsledný moment je dán součtem jejich okamžitých momentů. Pokud je tedy využíván pouze jeden motor, druhý rotuje s ním, aniž by dodával výkon (volnoběh), případně může být odpojen přes spojku. U automobilů se častěji používá spojení přes planetovou převodovku. Obvyklým režimem paralelního hybridu je, že většinu výkonu dodává spalovací motor a elektromotor se zapojuje v případě akcelerace. Výhodou je možnost rekuperace.



Obr. 1.6 *Blokové schéma paralelního hybridního automobilu 4 x 4*

Kombinovaný hybrid je vybaven tzv. děličem výkonu. Ten zajišťuje tok výkonu spalovacího motoru ke kolům mechanickou cestou (paralelní hybrid) nebo elektrickou cestou (sériový hybrid). O rozdělení výkonu mechanickou či elektrickou cestou rozhoduje režim, ve kterém se vůz nachází. Je to například akcelerace, jízda nízkou rychlostí (město), vysokou rychlostí (dálnice), prudká akcelerace, jízda z kopce a brždění.



Obr. 1.7 Blokové schéma kombinovaného hybridního automobilu s děličem výkonu



## 2 HISTORIE ELEKTROMOBILŮ A HYBRIDNÍCH AUTOMOBILŮ

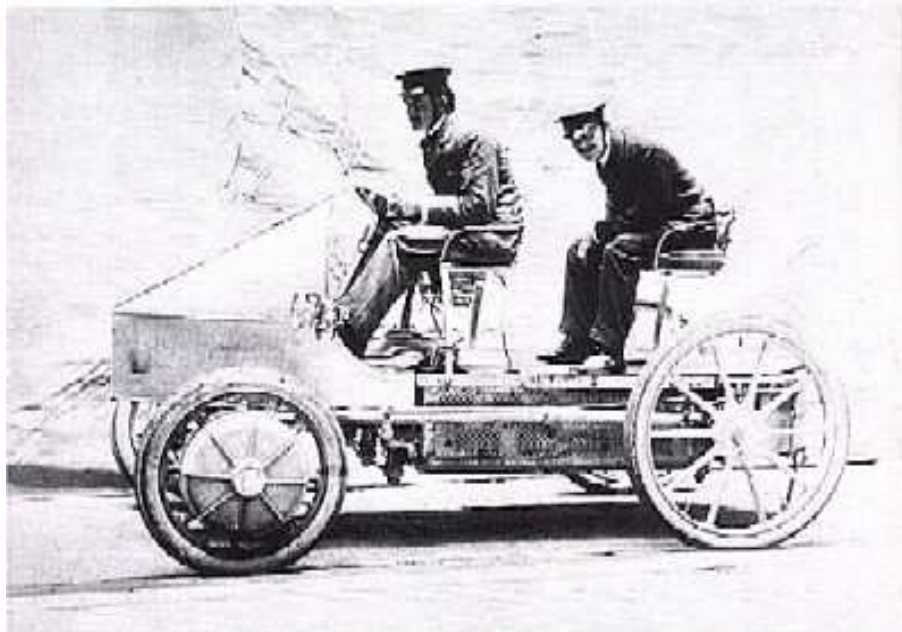
### 2.1 Počátek historie elektromobilů a hybridních automobilů

Myšlenka pohánět vozidlo elektrickou energií je stará jako automobil sám. Poprvé v historii se člověk dokázal pohybovat silou stroje v roce 1769, kdy francouzský technik Cugnot pro francouzské ministerstvo války sestrojil parní traktor pro vlečení těžkých děl. Stroj se pohyboval rychlostí 4,5 km/h, ale bohužel nesplňoval výkonnostní parametry, které od něj armáda očekávala, a tak se tento stroj nedočkal praktického uplatnění.

Ke zkonstruování prvních elektromotorů vedl intenzivní rozvoj ve výzkumu v oblasti elektromagnetizmu v první polovině 19. století. V roce 1820 se Michael Faraday zabýval zkoumáním elektromagnetizmu a v laboratorních podmínkách zprovoznil první elektromotor. Tento vynález dal základ všem elektricky poháněným strojům. První prakticky využitelný provozuschopný elektrický motor byl sestaven v roce 1834 v Rusku.

V roce 1835 profesor Sibrandus Stratingh z Groningen (Holandsko) navrhl malý elektromobil postavený jeho asistentem Christopherem Beckerem.

Vůbec prvním vozem kombinující více pohonů byl Lohner-Porsche (1899). Spalovací motor poháněl generátor vyrábějící elektrickou energii pro elektromotory umístěné v nábojích předních poháněné nápravy. Později se objevila i verze 4 x 4 se čtyřmi elektromotory. [4]



*Obr. 2.1 První vůz kombinující více pohonů Lohner-Porsche [4]*

V USA bylo v roce 1900 vyrobeno o třetinu více elektromobilů než automobilů. Žádný automobil však nebyl tak tichý, bezpečný a spolehlivý jako elektromobil, o rychlosti ani nemluvě.

Zásadní zvrát nastal zavedením sériové výroby modelu Ford „T“, který za krátkou dobu ovládl trh. Elektromobily se na dlouhou dobu přestaly téměř vyrábět a vyvíjet.

## **2.2 Historie elektromobilů a hybridních automobilů v zahraničí**

Nejdelší tradici ve vývoji elektromobilů z dnešních renomovaných automobilek má pravděpodobně automobilka Citroën. Již v roce 1939 vyrobila prototyp na základě nákladního vozu TUB. Během let 1941 – 1942 se jich postupně vyrobilo cca 100 kusů. Po spojení s automobilkou Peugeot v roce 1974, navázal nově vzniklý koncern PSA (Peugeot Citroën Asociation) na tyto zkušenosti a vytvořil samostatnou divizi zaměřenou na výrobu elektromobilů s názvem PSA Electric. Díky tomu vzniklo ve spolupráci s výrobcem baterií Saft přibližně 5 000 nových elektromobilů. V roce 1995 Automobilka PSA spustila patrně největší sériovou výrobu elektromobilů v historii. Ostatní výrobci většinou nepřekročili hranici 100 kusů ročně. Koncem roku 2000 byla z nejasných důvodů ukončena výroba elektromobilů PSA. Dnes se ještě stále prodávají v autobazarech, a to i přes veřejně utajovanou snahu snižovat jejich počet šrotováním. [3]

Další automobilky začaly s vývojem a výrobou vozů na elektrický pohon mnohem později.

Italská automobilka Fiat začala s vývojem elektromobilů od roku 1975. V roce 1990 uvedla svůj první komerčně vyráběný model Panda Elettra, vyráběný do roku 1993. Dále automobilka vyrobila jen několik desítek elektromobilů odvozených od modelů Cinquecento Elettra. V roce 1996 spustila sériovou výrobu elektromobilu Seicento Elettra, který vycházel z benzínového modelu.

Od roku 1980 vyvíjí elektromobily také automobilka Renault. V roce 1985 vyrobila dva prototypy elektromobilu Express Electrique. V roce 1992 zahájila automobilka sériovou výrobu modelu Clio Electrique, který se vyráběl až do roku 1999. Automobilka Renault v tomto období vyvinula a vyrobila několik desítek menších elektrických vozidel odvozených od benzínového modelu Twingo Electique. Od roku 1998 se v malém počtu vyráběl také užitkový elektromobil Kangoo Electrique. Renault předal na jaře roku 2003 výrobu tohoto elektromobilu společnosti Cleanova a začal se zabývat vývojem hybridních vozů.

V 90. letech minulého století se elektromobily těšily poměrně velkému zájmu veřejnosti, tomu se postupně přizpůsobovali všichni velcí výrobci alespoň jedním modelem na elektrický pohon.

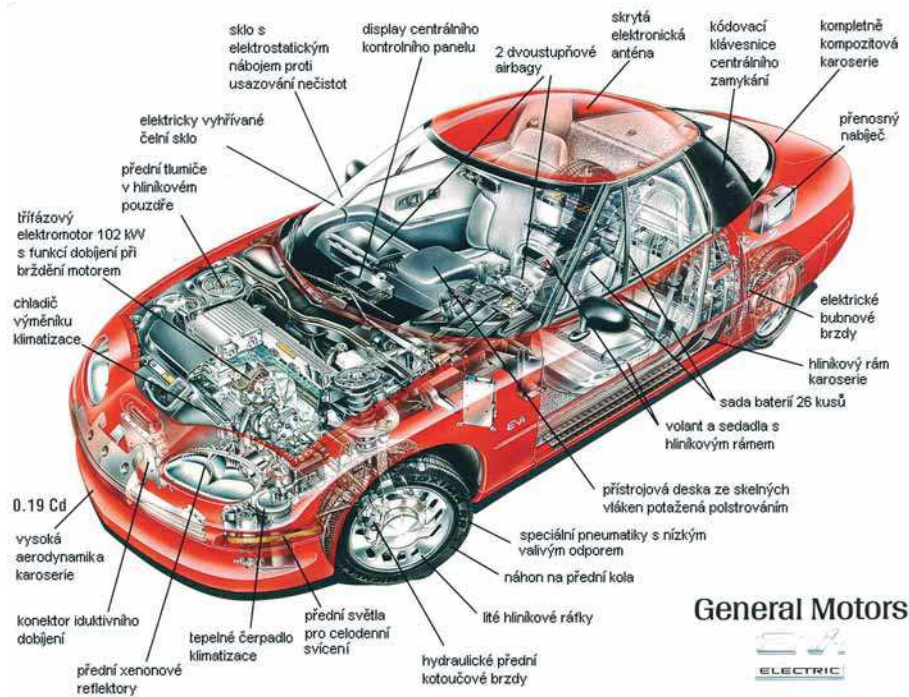
Ruská automobilka VAZ vyvinula elektromobil Lada 1111 electric, který byl odvozen od benzínového modelu. Vůz se vyráběl v počtu desítek kusů na přímou objednávku.

V roce 1969 automobilka General motors představila experimentální hybridní automobil, který byl koncipován jako malý třídveřový hatchback pro přepravu osob na kratší vzdálenosti. Karoserie byla vyrobena ze sklo-laminátu. Jako pohon sloužil dvouválcový benzínový motor (575 cm<sup>3</sup>) a elektromotor. Automobil měl u zadní nápravy uložených šest 12 V baterií s možností dobíjení ze sítě. Čistě elektrický pohon byl možný pouze do rychlosti 16 km/h, kombinovaný umožňoval dosažení rychlosti až 100 km/h.

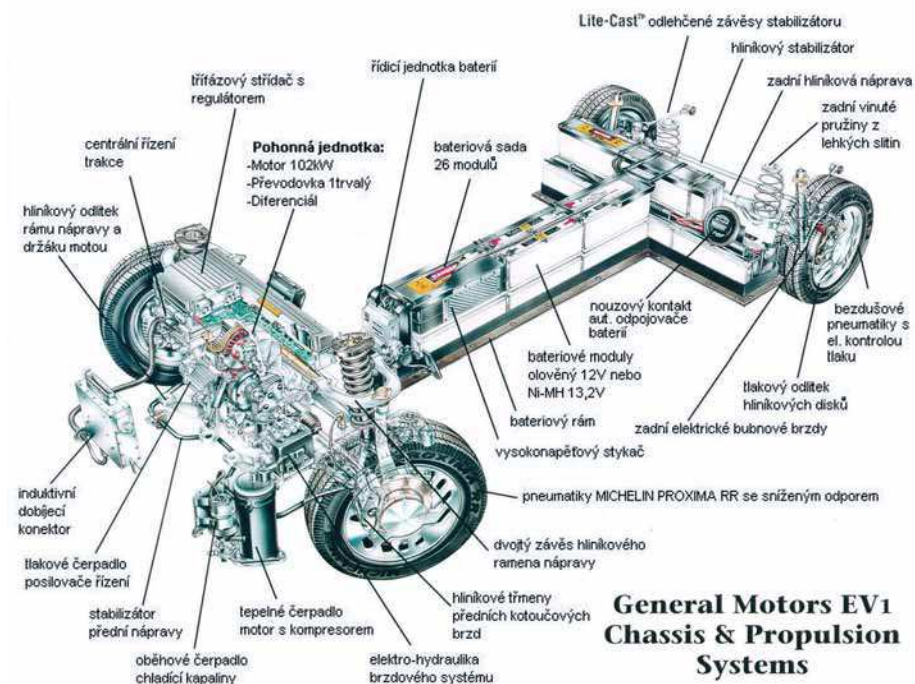


*Obr. 2.2 Experimentální hybridní automobil z roku 1969 General motors [4]*

Společnost General Motors před několika lety vyvinula elektromobil EV1, který byl jako pilotní vozidlo součástí projektu „Zeroemissions vehicle“ spuštěného v roce 1990 v USA. Cílem projektu bylo dostat na trh do roku 1998 2% elektromobilů z celkového počtu vozidel a 10% do roku 2003. Všechny velké automobilky v USA (General motors, Ford, Chrysler) se na základě schválené legislativy musely do projektu zapojit. Prototyp byl představen v roce 1993 a nesl pracovní označení Impact. V roce 1996 začala ve městě Lansing sériová výroba EV1. Jednalo se o sportovní dvoumístné kupé.



Obr. 2.3 Průhledové schéma rozložení jednotlivých technologií EV1 [5]



Obr. 2.4 Průhledové schéma rámu karoserie a podvozkových součástí EV1 [5]

V roce 1998 představila automobilka General Motors na Detroitském autosalonu další čtyři prototypy využívající platformy EV1. Byl to diesel-elektrický paralelní hybrid, sériový hybrid s plynovou turbinou pohánějící vysokorychlostní

generátor s permanentními magnety, CNG verze na stlačený zemní plyn a chybět nesměla ani verze s palivovými články.

Elektromobil EV1 díky dobře navrženému elektropohonu, bateriím a hlavně lehké karosérii s hliníkovým rámem neměl ve světě obdoby. Automobilky Honda a Toyota, které se také účastnily projektu „Zeroemissions vehicle“, použily na svých modelech na elektrický pohon Honda EV Plus a Toyota RAV 4EV ověřené metody přestavby sériové karoserie automobilů. General motors vyvinula zcela novou platformu elektromobilu postavenou ze směsí plastů, skla a hliníku. Z důvodu vysoké pořizovací ceny elektromobilů byl zvolen pro prodej vozů v rámci předemtného projektu systém leasingu na 3 roky. V leasingových smlouvách byla vytvořena zadní vrátka, která měla v případě nutnosti umožnit snadné odebrání elektromobilů od jejich uživatelů. Celý projekt ale rozzlobil mnoho „vlivných lidí“. Všechny zúčastněné automobilky se na podzim roku 2003 dohodly, že vozidla stáhnou z provozu a pro jistotu je sešrotují. Jako hlavní důvod byl udán nedostatek kvalitních a levných akumulátorů a náhradních dílů. Téměř všechny elektromobily EV1 byly sešrotovány. Několik málo kusů věnovala automobilka General motors do muzeí. Ostatní automobilky, účastníci se tohoto projektu se stejným leasingovým plánem, nakonec ustoupily tlaku veřejnosti a některá vozidla uživatelům odprodaly. Šlo především o vozy Honda EV Plus a Toyota RAV 4EV.

V roce 2001 se k projektu přidala i společnost Ford se svým modelem THINK. Výroba však probíhala v Norsku, takže se elektromobily později podařilo zachránit a odeslat zpět do Norska, kde byly odprodány místním zákazníkům. Ford poté prodal i celou místní továrnu a výrobu elektromobilů ukončil.

Společnost Mitsubishi se také již mnoho let vážně zabývá vývojem a výrobou elektromobilů. Automobilka nepoužívá ve vývoji a výrobě svých elektromobilů technologie ze spalovacích modelů, ale má vyvinutou zcela novou platformu. Jsou to hlavně převodovky, poloosy a náhony, které nahrazuje unikátním řešením elektromotorů obsažených přímo v kolech vozidla MIEV (Mitsubishi In-wheel motor). Tento systém se v poslední době ukazuje jako pohon budoucnosti, právě tímto směrem se bude pravděpodobně ubírat další vývoj elektromobilů. V současnosti systém přebírají i konkurenční výrobci. Mitsubishi vyrobilo modely elektromobilů Colt a Lancer. V obou případech byl použit systém elektromotorů v kolech. [3]

Bohužel některé jiné velké společnosti se dnes již zabývají pouze výrobou spalovačů alternativních paliv a od vývoje elektromobilů ustoupily (např.

Volkswagen). Jiné automobilky se snažily překlenout období nedostatku dostupných baterií výrobou vozidel s hybridním kombinovaným pohonem.

Na konci 80. let se stala evropským průkopníkem automobilka Audi. Její hybridní koncept byl představen v březnu 1990 na Ženevském autosalonu. Jednalo se o vůz Audi Duo, postavený na základě Audi 100 Avant (C3). Vůz měl systém pohonu plug-in paralel hybrid. Zadní kola poháněl elektromotor Siemens o výkonu necelých 13 koní. Energii mu dodávaly Ni-Cd baterie dobíjené ze sítě. Přední kola poháněl spalovací motor.



*Obr. 2.5 Vpředu podélně uložený motor s převodovkou pro pohon přední nápravy a vzadu elektromotor napájený z baterie pro pohon zadní nápravy [4]*



*Obr. 2.6 Zadní nezávislé zavěšení typu McPherson spolu s diferenciálem a elektromotorem [4]*

Druhá generace Duo už nabídla systém quattro na bázi modelu 100 Avant (C4). Elektromotor o výkonu 29 koní sice stále poháněl kola zadní nápravy, ale vypomáhal mu i spalovací motor prostřednictvím mezinápravového diferenciálu Torsen.

V roce 1997 se představilo Audi Duo III, které se dostalo do sériové výroby. Vůz postavený na základě A4 Avant (B5) využíval osvědčený naftový motor 1.9 TDI o výkonu 90 koní v kombinaci s elektromotorem o výkonu 29 koní. Olověné baterie o hmotnosti 320 kg mohly být dobíjeny jednak během jízdy, jednak ze sítě. Vyrobeno bylo pouze 60 kusů, přesto se jedná o první evropský hybrid, který byl nabízen veřejnosti.

Prvenství s opravdu masově vyráběným hybridním automobilem drží zcela jistě jiná automobilka. Je to Toyota se svým modelem Prius. Jeho prodej začal v roce 1997. Nejdříve byl nabízen pouze v Japonsku. Vůz byl vyvíjen celkem tři roky a do prodeje se dostal na podzim 1997. Hlavním problémem se stala životnost baterií. Technologie byla plně připravena na export do USA a Evropy až v roce 2001. [4]





*Obr. 2.7 Prius první generace [4]*

Avšak o dva roky dříve než Prius, tedy v roce 1999, byl v USA představen hybridní vůz jiné japonské automobilky. Byla jím Honda Insight, která se vyráběla od roku 1997. Jednalo se o malý dvoumístný automobil se splývající zádí, jenž svou siluetou připomínal EV1 od General Motors. Vůz využíval ve větší míře hliník a plasty, čímž se docílilo hmotnosti jen 891 kg pro verzi s CVT a klimatizací. K dispozici byla i základní verze jen s manuální převodovkou a chudší výbavou, která vážila o 53 kg méně. Pohon zajišťovala jednotka IMA (Integrated Motor Assist), litrový celohliníkový tříválec s výkonem 70 koní a elektromotor o výkonu 13 koní. Elektromotor byl umístěn přímo na výstup klikového hřídele motoru, tedy mezi motor a převodovku. Ni-MH akumulátory byly v zadní části vozu. Vůz měl také velice dobrou aerodynamiku. Insight používal první generaci systému IMA, který neumožňoval jízdu pouze na elektromotor, ten sloužil jako startér (při stání se motor vypínal) a asistent při akceleraci. Vůz používal speciální pneumatiky s nízkým valivým odporem Bridgestone RE92 165/65 R14, které se hustily na tlak 2.75/2.6 bar (přední/zadní), běžná hodnota bývá 2.2/2.0 bar. [4]



*Obr. 2.8 Honda Insight [4]*



*Obr. 2.9 Jednotka IMA první generace [4]*

V současné době s příchodem nových Li-ion akumulátorů je většina velkých firem připravena nasadit elektromobily a hybridní automobily do výroby v nejbližších

několika letech. V současné době, především díky těmto akumulátorům, nastává renesance a návrat ke kořenům ve výrobě elektromobilů.

### **2.3 Historie elektromobilů a hybridních automobilů v ČR**

Ing. František Křížík postavil v roce 1895 svůj první elektromobil poháněný stejnosměrným elektromotorem o výkonu 3,6 kW, druhý realizovaný typ byl opatřen v každém zadním kole elektromotorem o výkonu 2,2 kW. Třetí vůz jím postavený měl hybridní pohon pro prodloužení dojezdu.

Ropná krize kolem roku 1965 zvýšila zájem o vozidla na elektrický pohon. Do této doby v mezidobí došlo k ojedinělým pokusům o použití elektromobilu. Například během první světové války Škodovy závody v Plzni vyrobily několik nákladních elektromobilů pro plzeňské pivovary. Nejenom ropná krize, ale i nepříznivý vývoj životního prostředí zejména v centrech velkých měst, vedl naše státní orgány k tomu, aby pověřily některé organizace vývojem a výrobou prototypů elektromobilů. Výzkumný ústav elektrických strojů v Brně spolu s brněnským Vysokým učením technickým vyrobil dva osobní a dva dodávkové prototypy (1969 – 1972), které jsou nyní v muzeu. Ústav silniční a městské dopravy v Praze zrealizoval přestavbu automobilu F127. Vůz byl podroben rozsáhlým jízdám zkouškám a následně do odstavení používán jedním z městských orgánů. Pražský Ústav pro výzkum motorových vozidel v této době neprojevil o elektromobil žádný zájem, zabýval se pouze problematikou automobilů. Zájem státních organizací o elektromobily opadl.

Po roce 1989 zhruba v letech 1990 – 1992 bylo vyrobeno několik stovek elektromobilů pro švýcarského zákazníka v Ejpovicích a Ing. Luboš Zahradník vyrobil na zakázku několik užitkových elektromobilů pro lázně v Bardějově a pro Pražské komunikace. [3]

Ústav pro výzkum motorových vozidel Praha zhotovil prototypy elektromobilů na bázi Škoda Favorit, které testoval po dobu téměř deseti let. V Ejpovicích ve Škodě ELCAR vznikaly elektromobily, které byly také ještě z počátku vyráběny pod značkou Škoda. Výroba tehdy přímo navazovala na výrobu elektromobilu Škoda ELTRA odvozeného od Škody Favorit. V letech 1994 až 1997 se k výrobě používaly díly převzaté ze Škody 120 L (přední směrové blikače a světlometry), Škoda Favorit (podvozek, skla, zrcátka, kliky, zámky a interiér) a ze Škody Pick-up (zadní sdružené svítlny). Pohon zajišťoval asynchronní elektromotor o max. výkonu 40 kW, který byl

napájený přes měnič frekvence ze sady 30 kusů Ni-Cd baterií. Vozidlo dosahovalo rychlosti 110 km/h a ujelo na jedno nabití 120 km. [3]

V roce 1997 byla výroba elektrické BETY zcela ukončena a začala spolupráce s korejskou automobilkou Hyundai Motors. Z modelu Hyundai Accent byl převzat motor, palubní deska s přístroji a později také celý interiér včetně brzd. Automobil této konstrukce se u nás ještě donedávna vyráběl. Celkem se tedy vyrobilo cca 100 kusů elektromobilů BETA. Většina jich putovala do zahraničí. Vzhledem k velmi moderní konstrukci střídavého elektropohonu a přijatelné ceně jich také mnoho skončilo jako názorná učební pomůcka na různých elektrotechnických fakultách. V ČR je dnes v provozu již jen několik kusů těchto užitkových elektromobilů. Jedna z mála BETA Electric se nachází v Ostravě na Vysoké škole báňské.



Obr. 2.10 BETA Electric [14]

### 3 ELEKTROMOBILY A HYBRIDNÍ AUTOMOBILY VYRÁBĚNÉ SÉRIOVĚ

#### 3.1 Fiat Seicento Elettra (Fiat, Itálie)

V Itálii bylo od roku 1996 do roku 1998 vyrobeno 450 kusů. Další výroba probíhala do roku 2005 v Polsku, a to pouze na objednávku.



Obr. 3.1 Fiat Seicento Elettra [5]

#### Stručné technické údaje

Motor: třífázový asynchronní s oddělenými výstupy 30 kW (Fiat)  
Převod: jeden trvalý, mechanická zpátečka ovládaná tlačítkem  
Baterie: bezúdržbové, Pb-gelové, 18 kusů po 12 V, 60 Ah (AGM)  
Regulace: frekvenční počítačem řízená (Siemens)  
Max. rychlost: 100 km/h  
Max. dojezd: 90 km



*Obr. 3.2 Elektromotor s náhonem na zadní nápravě [5]*

### **3.2 General Motors EV1 (General Motors, USA)**

Výroba od roku 1996 do roku 2002. Vyrobeno cca 1 100 kusů. Díky dobře navrženému elektropohonu, bateriím a hlavně kompozitové karoserii s hliníkovým rámem vznikl elektromobil, který neměl ve své době ve světě obdoby. Vozidla bylo možné koupit jen formou tříletého leasingu, což později sehrálo zásadní roli. V roce 2003 se v General Motors rozhodl ukončit program EV1. Jako důvod společnost uvedla, že nelze prodat dost kusů na to, aby se vozidlo stalo ziskovým a také, že s poslední generací baterií jsou nečekané problémy. Mnohem větším překvapením byl další krok, odebrání všech EV1 již dodaných. Formulace leasingové smlouvy tento krok General Motors umožňovala. Následně byla téměř všechna vozidla sešrotována.



Obr. 3.3 General Motors EV1 [4]

### **Stručné technické údaje**

Motor: třífázový synchronní čtyřpólový s permanentním magnetem 102 kW (AC Propulsion)

Převod: jeden trvalý převod, zpátečka elektronickou změnou otáčení motoru

Baterie: bezúdržbové, 1. generace Pb-gelové, 26 kusů po 12 V (Panasonic), 2. generace Ni-MH, 26 kusů po 13,2 V (Ovonic GM)

Regulace: frekvenční počítačem řízená (AC Propulsion)

Max. rychlost: 130 km/h

Max. dojezd: 1. generace baterií (Pb-gelové) 150 km, 2. generace baterií (Ni-MH) 250 km

### **3.3 Honda EV Plus (Honda, Japonsko)**

Výroba od roku 1998 do roku 2002, vyrobeno cca 850 kusů. Elektromobil byl vybaven standardními bezpečnostními prvky jako například ABS nebo ASR, dále posilovačem řízení, klimatizací a audiosystémem. V roce 2003 byla většina vozů sešrotována z důvodu údajného nedostatku kvalitních a levných akumulátorů a náhradních dílů.



*Obr. 3.4 Honda EV Plus [5]*

### **Stručné technické údaje**

Motor: stejnosměrný s permanentním neodymovým magnetem 49 kW (Honda)

Převod: čtyři stupně - vpřed, zpět, neutrál a parkovací

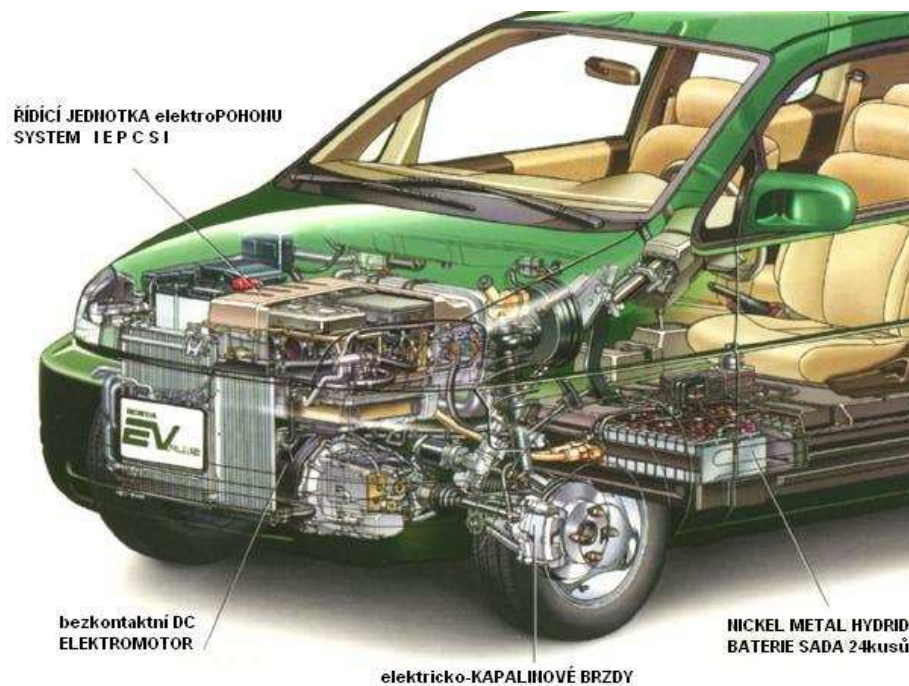
Baterie: bezúdržbové, Ni-MH, 24 kusů po 12 V, 95 Ah (Panasonic)

Regulace: pulzní procesorem řízená s IGBT tranzistory (Panasonic)

Max. rychlost: 130 km/h

Max. dojezd: 200 km





Obr. 3.5 Přehled uspořádání elektromobilu Honda EV Plus [5]

### 3.4 Lightning GT (Lightning Car Copany, Anglie)

První kus byl vyroben v roce 2007, sériová výroba probíhala od roku 2008. Lightning GT je elegantní kupé vytříbených tvarů jasně britského střihu. Daleko zajímavější než jeho vzhled je ale použitá technika. Hlavními nevýhodami elektromobilů bývá krátký dojezd, dlouhá doba nabíjení a omezená životnost baterií. Jenže právě tyto nedostatky jsou pro Lightning GT tabu. Baterie NanoSafe poskytují vysokou energetickou hustotu. Díky tomu může elektromobil využít výkon přes 700 koní. Akcelerace z 0 na 100 km/h trvá 4 sekundy. Technologie NanoSafe má i další výhody. Při připojení na výkonný třífázový zdroj se totiž mohou baterie v automobilu dobít na plnou kapacitu už za 10 minut. Automobil lze dobít i z klasické jednofázové sítě. Díky nové technologii mají baterie dlouhou životnost. Výrobce deklaruje životnost minimálně 12 let nebo 15 tisíc nabíjecích cyklů. Teprve potom klesne kapacita baterií pod 85 % původní hodnoty. Pohon zajišťují elektromotory instalované přímo v náboji kola, které současně slouží i k regenerativnímu brzdění. Díky eliminaci množství mechanických částí bude Lightning GT klást minimální nároky na údržbu a měl by se pyšnit velkou spolehlivostí.



Obr. 3.6 *Lightning GT* [5]

### **Stručné technické údaje**

Motor: 4 x stejnosměrný bezkontaktní s permanentním neodymovým magnetem v každém kole 120 kW (Hi-Pa Drive™)

Převod: bez převodu, zpátečka pákou s kontaktem na změnu polarity

Baterie: bezúdržbové, Li-ion (NanoSafe™), 22 modulů 14,8 V, 55 Ah (US company Altimano Inc.)

Regulace: pulzní, procesorem řízená, umístěná v každém z motorů přímo v kole (PML Flightlink Ltd.)

Max. rychlost: 260 km/h

Max. dojezd: 400 km

### **3.5 Mercedes Benz Vito 108E (Mercedes Benz, Německo)**

V případě tohoto modelu bylo vyrobeno 26 kusů. Výroba od roku 2000 do 2002, již se nevyrábí. Německá pošta v Brémách dodnes používá 5 těchto unikátních dodávkových elektrovozidel. Vito je osazeno Na/NiCl 12 V bateriemi, s nimiž dosahuje vynikajících parametrů, a to rychlosti a dojezdu na jedno nabití.



*Obr. 3.7 Mercedes Benz Vito 108E [11]*

### **Stručné technické údaje**

Motor: třífázový asynchronní s oddělenými výstupy 40 kW (Siemens)

Převod: manuální 5 stupňů a zpátečka

Baterie: bezúdržbové, Na/NiCl, 20 kusů po 12 V, 115 Ah, sada váží 410 kg  
(Zebra)

Regulace: frekvenční (AEG)

Max. rychlost: 120 km/h

Max. dojezd: 130 km

### **3.6 Mitsubishi COLT (Mitsubishi, Japonsko)**

Vyrobeno 5 kusů. Výroba od roku 2004 do roku 2005, již se nevyrábí.



Obr. 3.8 Mitsubishi COLT [5]

### Stručné technické údaje

Motor: 2 x stejnosměrný s permanentním neodymovým magnetem v obou zadních kolech, každý motor 20 kW (MIEV)

Převod: bez převodu, zpátečka pákou s kontaktem na změnu polarity

Baterie: bezúdržbové, Li-ion, 22 modulů po 14.8 V, 40 Ah, každý modul ze 4 buněk po 3.7 V (Panasonic)

Regulace: pulzní procesorem řízená s IGBT tranzistory (Panasonic)

Max. rychlost: 150 km/h

Max. dojezd: 150 km



Obr. 3.9 1. generace elektromotoru, hermeticky uzavřený a chlazený vodou [5]

### 3.7 Mitsubishi Lancer (Mitsubishi, Japonsko)

Výroba začala roku 2005, automobil byl určen na závody a výstavy, vývoj stále pokračuje.



Obr. 3.10 Mitsubishi Lancer [5]

#### Stručné technické údaje

Motor: 4 x stejnosměrný s permanentním neodymovým magnetem v každém kole 50 kW (MIEV, Toyo Denki Seizo)

Převod: bez převodu, zpátečka tlačítkem na změnu polarity

Baterie: bezúdržbové, Li-ion, 22 modulů po 14.8 V, 55 Ah, každý modul ze 4 buněk po 3.7 V (Panasonic)

Regulace: pulzní procesorem řízená s IGBT tranzistory (Panasonic)

Max. rychlost: 180 km/h

Max. dojezd: 180 km



Obr. 3.11 Elektromotor MIEV [5]

### 3.8 Peugeot 106 électrique, Citroen Saxo électrique (Peugeot Citroën Association, Francie)

Bylo vyrobeno 2 500 kusů. Výroba od roku 1994 do roku 2003, již se nevyrábí. Hlavním prvkem v těchto elektromobilech byly Ni-Cd baterie od firmy Saft, se kterými vozidla dosahovala mnohem vyšších rychlostí a delších dojezdů než s olověnými bateriemi.



Obr. 3.12 Peugeot 106 Electrique [5]

#### Stručné technické údaje

Motor: stejnosměrný s oddělenými výstupy 20 kW (Leroy-Somer)

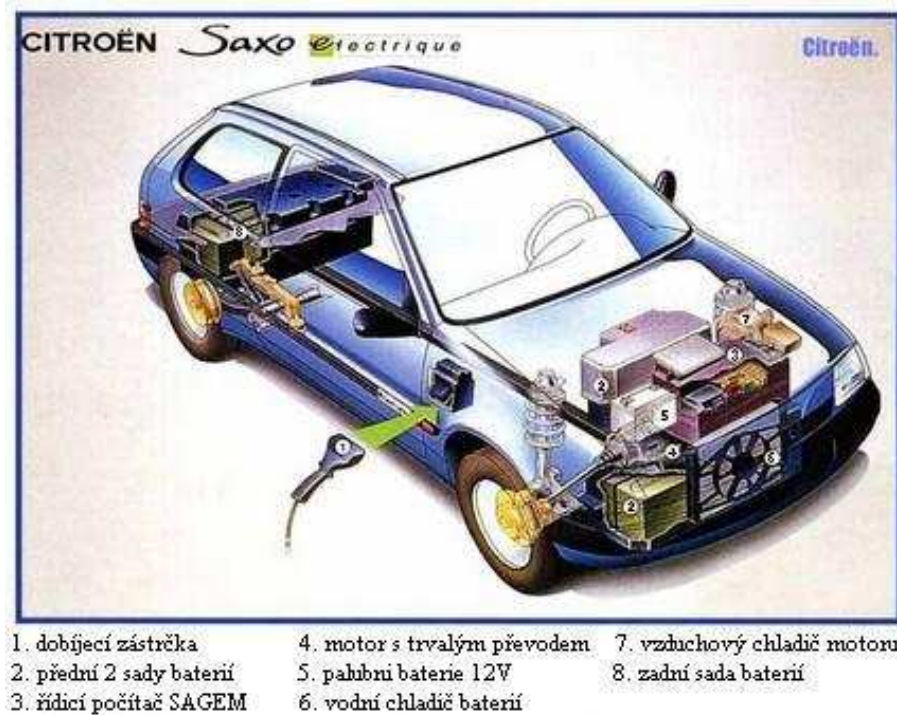
Převod: jeden trvalý, zpátečka tlačítkem na změnu polarity

Baterie: s pravidelnou kontrolou vody, Ni-Cd, 20 kusů po 6 V, 100 Ah (Saft)

Regulace: pulzní počítačem řízená (Sagem)

Max. rychlost: 95 km/h

Max. dojezd: 110 km



Obr. 3.13 Uspořádání jednotlivých částí elektromobilu [5]

### 3.9 Peugeot Partner électrique, Citroen Berlingo électrique (Peugeot Citroën Asociation, Francie)

Výroba čítala 1 800 kusů. Výroba probíhala od roku 1994 do roku 2005, již se nevyrábí. Hlavním prvkem v těchto elektromobilech byly Ni-Cd baterie Saft, se kterými vozidla dosahovala mnohem vyšších rychlostí a delších dojezdů než s olověnými bateriemi.



*Obr. 3.14 Citroen Berlingo électrique [5]*

#### **Stručné technické údaje**

Motor: stejnosměrný s oddělenými výstupy 28 kW (Leroy-Somer)

Převod: jeden trvalý, zpátečka pákou s kontaktem na změnu polarity

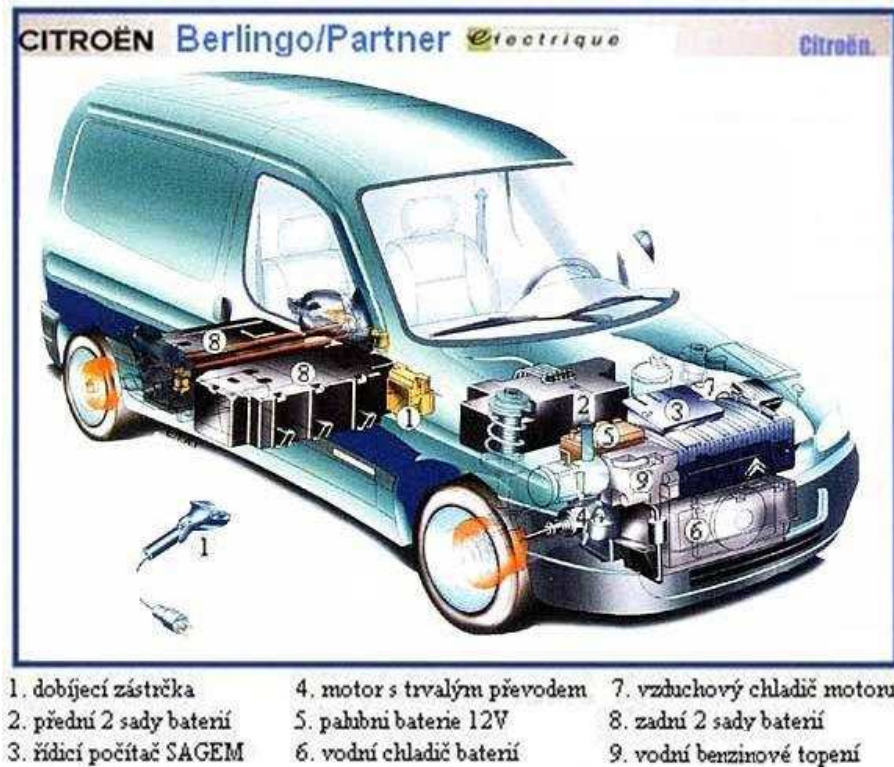
Baterie: s pravidelnou kontrolou vody, Ni-Cd, 27 kusů po 6 V, 100 Ah (Saft)

Regulace: pulzní počítačem řízená (Sagem)

Max. rychlost: 95 km/h

Max. dojezd: 120 km





Obr. 3.15 Uspořádání jednotlivých částí elektromobilu [5]

### 3.10 Smart EV (Daimler, Mercedes Benz UK)

Vyrobeno 200 kusů, 100 kusů v roce 2006, 100 kusů v roce 2007. Vývoj pokračuje. Elektromotor pohání zadní nápravu a je také umístěn v zadní části vozidla. Celou pohonnou jednotku dodává firma Zytec sídlící v Anglii, kde se zároveň tyto elektromobily i montují. S tímto motorem lze pohodlně dosahovat zrychlení z 0 na 50 km/h za 6,5 sekundy.



Obr. 3.16 Smart EV [5]

### Stručné technické údaje

Motor: stejnosměrný bezkomutátorový 55 kW (Zytek Group)

Převod: jeden trvalý, mechanická zpátečka řazená elektronicky

Baterie: bezúdržbové 278 V, první verze Na/NiCl (Zebra), druhá verze Li-ion (Zytek Group)

Regulace: pulzní procesorem řízená s IGBT tranzistory (Zytek Group)

Max. rychlost: 120 km/h

Max. dojezd: 120 km



Obr. 3.17 Motor Zytek IDT 120-55 [5]

### 3.11 Tesla Roadster (Tesla motors, Anglie/USA)

Výroba od roku 2006, stále se vyrábí. Vůz používá šasi Lotusu Elise. Technici Tesla Motors se pokusili učinit vůz co nejlehčím za použití materiálů z karbonových vláken. Zrychlení z 0 na 100 km/h činí 3,9 sekundy. 400 metrů s pevným startem zdolá za 12,7 sekundy s výslednou rychlostí přes 168 km/h.



Obr. 3.18 Tesla Roadster [7]

#### Stručné technické údaje

Motor: třífázový synchronní 4 pólový s permanentním magnetem 185 kW (AC Propulsion)

Převod: původně dva stupně, později jeden trvalý převod, zpátečka elektronickou změnou otáčení motoru

Baterie: bezúdržbové, Li-ion 6 831 kusů po 3,7 V řazeno sérioparalelně (Tesla Motors)

Regulace: frekvenční počítačem řízená (AC Propulsion)

Max. rychlost: 200 km/h

Max. dojezd: 350 km

### 3.12 THINK city (THINK, Norsko)

Výroba od roku 1996. V současnosti výroba pokračuje inovovaným modelem. Cílem výrobce je nabízet skutečně bezpečné auto, jež vyhovuje všem přísným požadavkům evropské a americké legislativy. Proto je v jeho základní výbavě ABS, airbagy a předpínače čtyřbodových bezpečnostních pásů. Ke komfortu přispívá standardně montované centrální zamykání, posilovač řízení, elektrické topení a

elektrické ovládání oken a zrcátek. V seznamu příplatkové výbavy lze objednat klimatizaci, prosklenou střechu, rádio s technologiemi CD, MP3 či Bluetooth nebo litá kola. Většina karosářských dílů je z plastů (pro městský provoz ideálních), jež jsou probarvené, tudíž nelakované, což je vhodnější pro jejich pozdější recyklaci. Akumulátory se po skončení životnosti vrací k výrobcovi na recyklaci.



*Obr. 3.19 TH!NK city [9]*

### **Stručné technické údaje**

Motor: třífázový asynchronní 30 kW (TH!NK)

Převod: jeden trvalý převod, zpátečka pákou s kontaktem na elektronickou změnu otáčení motoru

Baterie: bezúdržbové, nejprve Ni-Cd, pak Ni-MH, dnes Li-ion, 3 000 ks po 3,7 V sérioparalelní řazení (ve spolupráci s TESLA Motors)

Regulace: frekvenční počítačem řízená (TH!NK)

Max. rychlost: 110 km/h

Max. dojezd: 180 km

### 3.13 Toyota RAV 4EV (Toyota, Japonsko)



Obr. 3.20 Toyota RAV 4EV [5]

Výroba od roku 1998 do roku 2002 vyrobeno cca 980 kusů. I když RAV 4EV ještě stále nedosahoval stejných provozních parametrů jako vozidla se spalovacími motory, představoval významný krok ve vývoji konkurenceschopného elektromobilu pro masové cestovní použití. Byl vybaven posilovačem řízení a posilovačem brzd. Dále systémem vyhřívání čelního skla, který využíval průhlednou vodivou fólii a elektrického náboje, pomocí něhož zůstalo sklo stále čisté. Klimatizace vozu byla vybavena tepelným čerpadlem s maximální účinností v režimu ohřevu vzduchu a chlazení. Standardním vybavením elektromobilu byla vyhřívání sedadla a audio souprava. Vozidlo také využívá systémy pro úsporu energie, jako např. regenerační brzdy, které při brzdění přepnou motor do generátorového režimu, čímž se dosáhne prodloužení jízdního dosahu vozidla. V roce 2003 byla většina vozů postupně sešrotována z důvodu údajného nedostatku kvalitních a levných akumulátorů a náhradních dílů.

#### **Stručné technické údaje**

Motor: stejnosměrný s permanentním neodymovým magnetem 45 kW (Toyota)

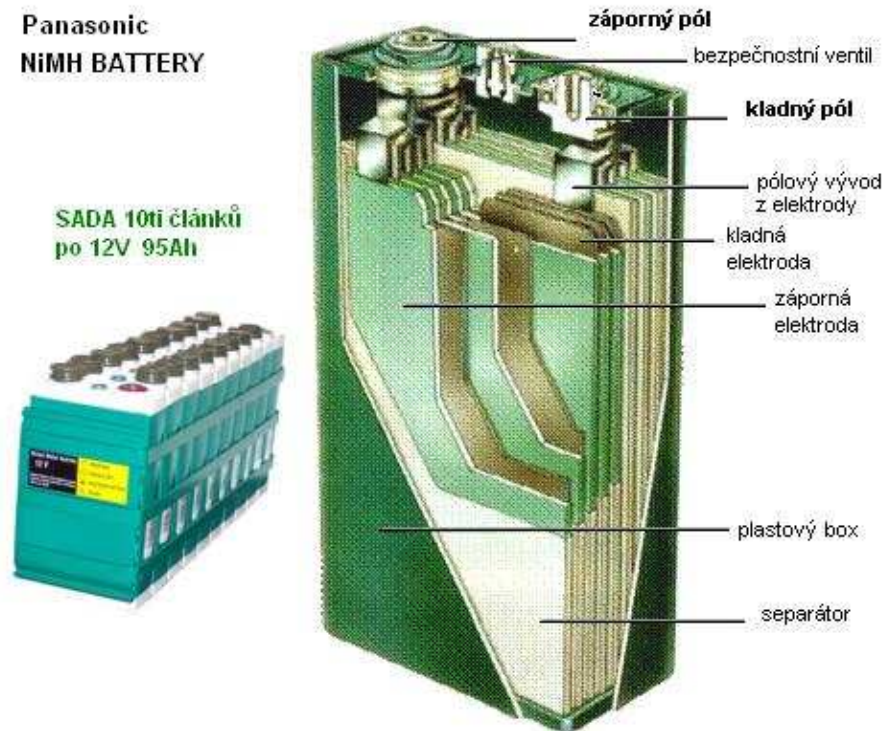
Převod: jeden trvalý převod a uzávěrka diferenciálu, zpátečka tlačítkem na změnu polarity motoru

Baterie: bezúdržbové, Ni-MH, 24 kusů po 12 V, 95 Ah (Panasonic)

Regulace: pulzní procesorem řízená s IGBT tranzistory (Panasonic)

Max. rychlost: 130 km/h

Max. dojezd: 200 km



Obr. 3.21 Nickel-Metal Hydride baterie od společnosti Panasonic [5]

### 3.14 Venturi Fetish (Venturi, Francie)

Výroba od roku 2004, stále se vyrábí. Jedná se o první sériově vyráběný sportovní automobil poháněný elektrickým motorem. Zrychlení z 0 na 100 km/h zvládne za 4,5 sekundy. Vůz je vyroben převážně z hliníkových a kompozitních materiálů.



Obr. 3.22 Venturi Fetish [8]

### **Stručné technické údaje**

Motor: třífázový synchronní s permanentním magnetem 180 kW (AC Propulsion)

Převod: jeden trvalý převod, zpátečka elektronickou změnou otáčení motoru

Baterie: bezúdržbové, Li-ion, 100 kusů

Regulace: frekvenční počítačem řízená (AC Propulsion)

Max. rychlost: 160 km/h

Max. dojezd: 250 km

### **3.15 Honda Civic Hybrid (Honda, Japonsko)**

Honda Civic Hybrid zbořila mýtus o tom, že hybridní automobil nemůže vypadat dobře. Civic Hybrid je navíc zvláštní v tom, že dokáže automaticky vypínat běh válců ve svém spalovacím 1,3 litrovém iVTEC 4 motoru s výkonem 90 koní. Ten je doplněn o elektromotor s výkonem 90 koní. Jedinečný je také systém brzdění, kdy pedály brzdy vysílají signály do palubního počítače, který rozdělí brzdící sílu mezi tradiční hydraulické brzdy a elektromotor. Hybridní technologie využitá v modelu Civic byla poprvé představena již ve voze Insight v roce 2000, nicméně v modelu Civic Hybrid byla dále vylepšena a rozvinuta.



*Obr. 3.23 Honda Civic Hybrid [15]*

### **Stručné technické údaje**

Pohon: hybridní

Převodovka: automatická

Objem nádrže: 50 l

Spotřeba: 4,7 l/100 km

Zrychlení 0-100 km/h: 11 s

Výkon: 110 koní

Dojezd: 1 063 km

### **3.16 Honda Insight (Honda, Japonsko)**

Unikátní model Insight, uvedený na trh v roce 2000, vyniká nejnižší spotřebou a nejnižšími emisemi ze všech hybridních automobilů. Bohužel se Insight příliš dobře neprodával. V roce 2005 se ho prodalo přibližně 2 000 kusů, do září 2006 pouhých 1 000 kusů. Proto Honda s výrobou modelu Insight přestala.





Obr. 3.24 Honda Insight [16]

### Stručné technické údaje

Pohon: hybridní

Převodovka: manuální/automatická

Objem nádrže: 40 l

Spotřeba: 3,92/3,62 l/100 km

Zrychlení 0-100 km/h: 10,7 s

Výkon: 71 koní

Dojezd: 1 104 km

### 3.17 Lexus GS 450h (Toyota, Japonsko)

Nový Lexus GS 450h patří k nejluxusnějším hybridním vozům, jaké lze u nás i ve světě koupit. Určitě není spásou pro životní prostředí, ale nabízí velmi nízké emise, obrovský výkon a komfortní jízdu. Auto je doslova nadupané nejmodernějšími technologiemi, a proto vyniká také zajímavým poměrem cena/výkon. Jedinečné technologické řešení Lexus Hybrid Drive využívá dvoustupňové převodovky mezi elektromotorem a zážehovým motorem. Lexus GS 450h může fungovat také pouze v elektrickém režimu, kdy je energie čerpána z výkonného Ni-MH akumulátoru.



Obr. 3.25 Lexus GS 450h [16]

### **Stručné technické údaje**

Pohon: hybridní

Převodovka: automatická E-CVT

Objem nádrže: 65,1 l

Spotřeba: 9,41/8,40 l/100 km

Zrychlení 0-100 km/h: 5,3 s

Maximální rychlost: 250 km/h

Výkon: 339 koní

Dojezd: 771 km

### **3.18 Lexus LS 600h (Toyota, Japonsko)**

Lexus LS 600h představuje v současné době nejluxusnější hybridní vůz na trhu. Jeho spalovací motor 5,0 l V8 je doplněn výkonným elektromotorem, oba dohromady poskytují jízdní komfort hodný nejvyšší třídy. Se svojí spotřebou se jistě neřadí k ekologicky nejšetrnějším hybridním vozům, ale ve své třídě stojí v čele zcela určitě.



Obr. 3.26 Lexus LS 600h [16]

### **Stručné technické údaje**

Pohon: hybridní

Převodovka: automatická

Objem nádrže: 84 l

Spotřeba: 9,5 l/100 km

Zrychlení 0-100 km/h: 6,3 s

Maximální rychlost: 250 km/h

Výkon: 445 koní

Dojezd: 885 km

### **3.19 Toyota Camry Hybrid (Toyota, Japonsko)**

Toyota Camry patřila mezi nejoblíbenější osobní automobily. Hybridní verze, uvedená na trh v květnu 2006, nabízí komfort a bezpečnost původního modelu Camry, navíc přináší skvělou efektivitu. Vůz Toyota Camry Hybrid je poháněn čtyřválcovým benzinovým motorem a jedním elektromotorem.



Obr. 3.27 Toyota Camry Hybrid [16]

### **Stručné technické údaje**

Pohon: hybridní

Převodovka: manuální/automatická

Objem nádrže: 65,1 l

Spotřeba: 5,47/6,38 l/100 km

Zrychlení 0-100 km/h: 8,9 s

Maximální rychlost: 250 km/h

Výkon: 192 koní

Dojezd: 1 120 km

### **3.20 Toyota Estima Hybrid (Toyota, Japonsko)**

Toyota Estima je úsporný ekologický minivan. Velmi nízká spotřeba, dostatek prostoru a moderní pohonná technologie druhé generace Hybrid Synergy Drive z něj činí ideální velké rodinné auto. Tento hybrid je zatím bohužel dostupný pouze v Japonsku.



*Obr. 3.28 Toyota Estima Hybrid [17]*

### **Stručné technické údaje**

Pohon: hybridní, Hybrid Synergy Drive

Převodovka: automatická

Objem nádrže: 75 l

Spotřeba: 5 l/100 km

Zrychlení 0-100 km/h: 12 s

Maximální rychlost: 210 km/h

Výkon: 340 koní

Dojezd: 1 500 km

### **3.21 Toyota Highlander Hybrid (Toyota, Japonsko)**

Hybridní SUV Toyota Highlander se objevilo na trhu v roce 2005. Brzy se stalo nejprodávanějším hybridním SUV na americkém trhu a je jím dosud. Oproti konkurenci automobilek Lexus, Ford nebo General Motors, vyniká spotřebou, výkonností i cenou.



*Obr. 3.29 Toyota Highlander Hybrid [18]*

### **Stručné technické údaje**

Pohon: hybridní

Převodovka: manuální

Objem nádrže: 47 l

Spotřeba: 7,1/8,4 l/100 km

Zrychlení 0-100 km/h: 7,3 s

Maximální rychlost: 250 km/h

Výkon: 268 koní

Dojezd: 661 km

### **3.22 Toyota Prius (Toyota, Japonsko)**

Modelu Toyota Prius se prodalo více než všech ostatních hybridních automobilů dohromady. Prius byl prvním sériově vyráběným hybridním vozidlem, díky čemuž si získal značnou publicitu. Poprvé se Toyota Prius objevila již v roce 1997 na japonském trhu, v roce 2003 přišla druhá generace tohoto modelu, která sbírala jedno ocenění za druhým. Automobil je při rozjíždění velmi tichý, hlučnost se začne projevovat až při vyšších rychlostech. Velice nízká spotřeba a minimální emise dělají automobilce Toyota vynikající reklamu.



*Obr. 3.30 Toyota Prius [16]*

**Stručné technické údaje**

Pohon: hybridní

Převodovka: automatická

Objem nádrže: 45 l

Spotřeba 3,92/4,61 l/100 km

Zrychlení 0-100 km/h: 10,2 s

Výkon: 110 koní

Dojezd: 1 040 km

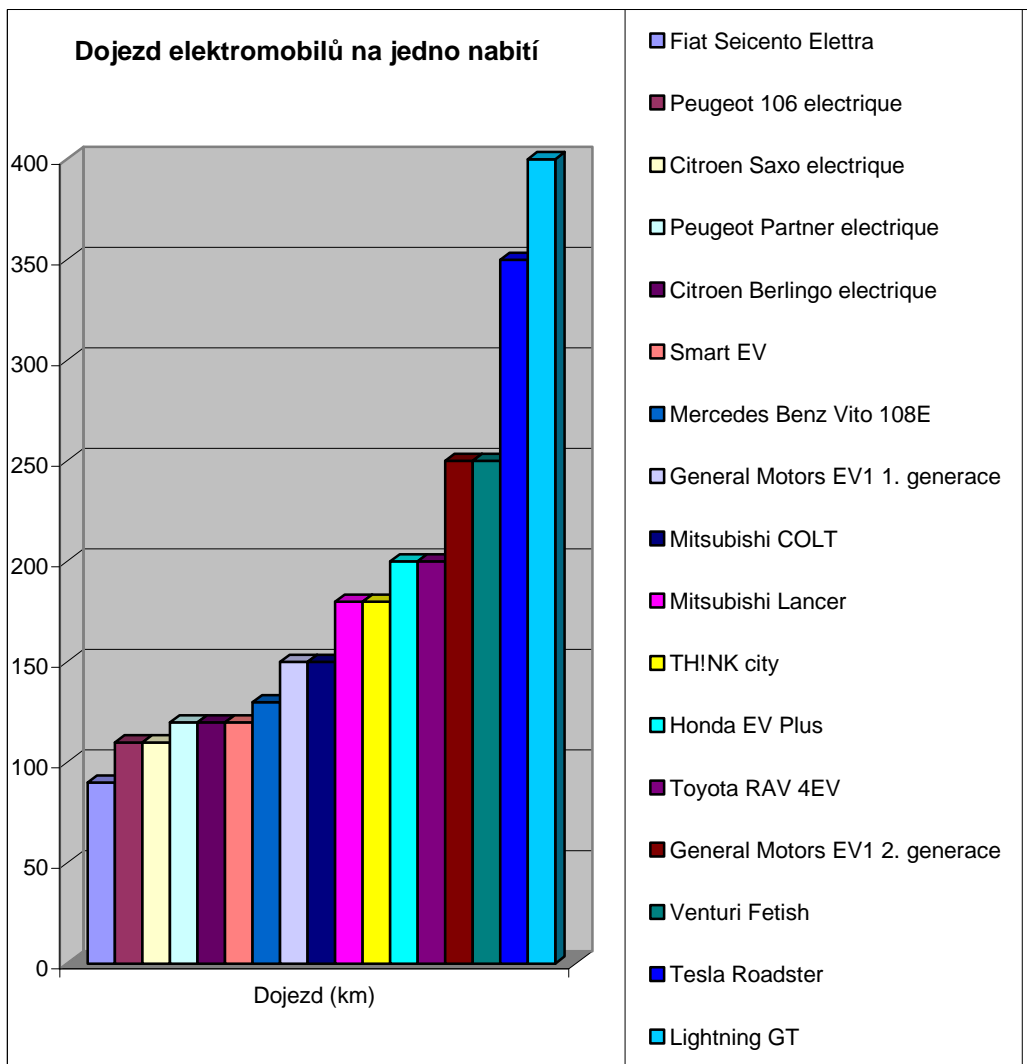
## ZÁVĚR

Elektromobily jsou vozidla poháněná elektromotory, které jsou napájeny akumulátory umístěnými ve vozidle. Pro elektromobil je hlavním limitujícím prvkem velikost elektrické energie (kapacita akumulátoru), kterou má vozidlo uloženou v akumulátorech. Jednoznačnými přednostmi elektromobilů je možnost využívat obnovitelnou energii s velkou účinností, dále možnost okamžitého maximálního výkonu, možnost opakovaného a mnohonásobného přetížení, rekuperace energie, absence hluku, emisí, vibrací a jednoduchost ovládání. Konstrukce a počet komponentů elektromobilů je nesrovnatelně jednodušší než u vozidel se spalovacími motory. Účinnost elektromotorů dnes dosahuje již přes 97 %. Dnes používané akumulátory jsou bezpečné, vstřícné k životnímu prostředí a neobsahují jedovaté komponenty. Naakumulují dostatek energie potřebné na zdolání několika stovek kilometrů. Cena akumulátorů by byla při hromadné výrobě mnohem nižší než dnes. Pokud započteme jejich cenu do celkových nákladů, cena na km je nižší než při použití jiného pohonu (např. benzínu). Cena běžně užívaných pohonných hmot bude jistě dlouhodobě neustále stoupat, zatímco cena baterií by se měla snižovat. Životnost akumulátorů se v současné době dá počítat na stovky tisíc ujetých kilometrů. Trakční akumulátory mají životnost až 4 000 cyklů, kdy na jeden cyklus lze najet až 400 km.



<i>Elektromobil</i>	<i>Dojezd (km)</i>	<i>Baterie</i>
Fiat Seicento Elettra	90	Pb-gelové
Peugeot 106 électrique	110	Ni-Cd
Citroen Saxo électrique	110	Ni-Cd
Peugeot Partner électrique	120	Ni-Cd
Citroen Berlingo électrique	120	Ni-Cd
Smart EV	120	Na/NiCl
Mercedes Benz Vito 108E	130	Na/NiCl
General Motors EV1 1. generace	150	Pb-gelové
Mitsubishi COLT	150	Li-ion
Mitsubishi Lancer	180	Li-ion
THINK city	180	Li-ion
Honda EV Plus	200	Ni-MH
Toyota RAV 4EV	200	Ni-MH
General Motors EV1 2. generace	250	Ni-MH
Venturi Fetish	250	Li-ion
Tesla Roadster	350	Li-ion
Lightning GT	400	Li-ion

*Tab. 1 Dojezd elektromobilů na jedno nabití*



*Graf 1 Porovnání dojezdu elektromobilů*

Hovořit dnes o nedostatcích elektromobilů již nelze, existují akumulátory s dostatečnou hustotou energie, které lze nabít za velmi krátkou dobu. Podstatný problém je však v tom, že se stále dováží neobnovitelné ropné produkty, které se spalují v motorech s velmi nízkou účinností na úkor životního prostředí. Jako nejvýhodnější pohonná jednotka elektromobilu se v současné době jeví synchronní bezkomutátorový motor s permanentními magnety. Toto řešení umožňuje především mikroprocesorové řízení frekvenčním měničem a nové technologie výroby permanentních magnetů ze zvláštních zemin. Díky výhodné výkonové charakteristice je u elektromobilu možný přímý náhon z elektromotoru přímo na kolo. Při konstrukci tato vlastnost umožňuje umístit motor přímo do hnacího kola. Toto řešení přináší lepší využití vnitřního prostoru karosérie pro posádku, neboť motory nezabírají místo v interiéru vozidla. Bohužel se také významně zvyšuje hmotnost neodpružených

hmot. Tyto neodpružené hmoty následně zhoršují jízdní vlastnosti vozidla a negativně ovlivňují komfort cestování.

Hybridní pohon využívá výhodných dílčích vlastností jednotlivých zdrojů pohybu při různých režimech jízdy. Každý agregát se tedy pohybuje ve svém provozním (optimálním) režimu, pro který byl navržen. V tomto pásmu dosahuje nejvyšší možné účinnosti. Vhodnou kombinací agregátů lze rekuperovat kinetickou energii. U hybridního pohonu lze využívat výhody jednotlivých pohonů. U elektropohonu nízkou hlučnost, žádné emise a vysokou účinnost elektromotoru. U pohonu spalovacím motorem je to velký dojezd vozidla, vysoký točivý moment v střední a vyšší oblasti otáček. Při srovnání hybridního pohonu s klasickou koncepcí automobilu se spalovacím motorem vyjdou na povrch i zápory tohoto řešení. Jsou to především prostorová náročnost a vyšší hmotnost. V posledních několika letech lze zaznamenat velký zájem o hybridní pohon. Ten se začíná využívat proto, aby překlenul období, než se v budoucnosti v automobilovém průmyslu přejde na vhodný alternativní pohon.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] EHSANI, Mehrdad. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles. [s. l.] : CRC Press, 2005. 395 s. ISBN 0-8493-3154-4.
- [2] Projekt bibliografické citace [online]. [cit. 2008-12-08]. Dostupné z [www: <http://www.citace.com>](http://www.citace.com).
- [3] Elektromobily - historie a současnost [online]. [cit. 2009-02-18]. Dostupné z [www: <http://www.pro-energy.cz>](http://www.pro-energy.cz).
- [4] Hybridní automobily - historie [online]. [cit. 2009-02-18]. Dostupné z [www: <baracadaj.blog.auto.cz>](http://baracadaj.blog.auto.cz).
- [5] Elektroauto [online]. [cit. 2009-03-08]. Dostupné z [www: <http://www.electroauto.cz>](http://www.electroauto.cz).
- [6] Lightning Car Company [online]. [cit. 2009-03-08]. Dostupné z [www: <http://www.lightningcarcompany.com>](http://www.lightningcarcompany.com).
- [7] Tesla Motors [online]. [cit. 2009-03-08]. Dostupné z [www: <http://www.teslamotors.com>](http://www.teslamotors.com).
- [8] Venturi Fetish [online]. [cit. 2009-03-09]. Dostupné z [www: <http://www.venturifetish.fr>](http://www.venturifetish.fr).
- [9] THINK [online]. [cit. 2009-03-09]. Dostupné z [www: <http://www.think.no>](http://www.think.no).
- [10] Nickel Batteries [online]. [cit. 2009-03-09]. Dostupné z [www: <http://www.itpower.co.uk>](http://www.itpower.co.uk).
- [11] Electric Vehicle Deliveries in Postal Services [online]. [cit. 2009-03-08]. Dostupné z [www: <http://www.citelec.org>](http://www.citelec.org).
- [12] ZYTEK Electric Engines [online]. [cit. 2009-03-23]. Dostupné z [www: <http://www.zytekgroup.co.uk>](http://www.zytekgroup.co.uk).
- [13] Hybrid Cars [online]. [cit. 2009-03-23]. Dostupné z [www: <http://www.hybridcars.com>](http://www.hybridcars.com).
- [14] Elektromobilem stodesítkou [online]. [cit. 2009-03-23]. Dostupné z [www: <http://www.tatra-page.kx.cz>](http://www.tatra-page.kx.cz).
- [15] Honda - web [online]. [cit. 2009-03-23]. Dostupné z [www: <http://www.honda-web.cz>](http://www.honda-web.cz).
- [16] Auto.cz [online]. [cit. 2009-03-24]. Dostupné z [www: <http://auto.cz>](http://auto.cz).
- [17] Novinky.cz [online]. [cit. 2009-03-24]. Dostupné z [www: <http://www.novinky.cz>](http://www.novinky.cz).

[18] Subi Styl [online]. [cit. 2009-03-24]. Dostupné z www: <<http://www.toyota-usa.cz>>.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1	Blokové schéma elektromobilu (1 elektromotor/generátor, 1 hnací náprava) .....	11
Obr. 1.2	Blokové schéma elektromobilu (2 elektromotory/generátory uložené v kole, 1 hnací náprava) .....	12
Obr. 1.3	Blokové schéma sériového hybridního automobilu.....	13
Obr. 1.4	Blokové schéma sériového hybridního automobilu 4 x 4.....	14
Obr. 1.5	Blokové schéma paralelního hybridního automobilu .....	15
Obr. 1.6	Blokové schéma paralelního hybridního automobilu 4 x 4.....	15
Obr. 1.7	Blokové schéma kombinovaného hybridního automobilu s děličem výkonu .....	16
Obr. 2.1	První vůz kombinující více pohonů Lohner-Porsche.....	18
Obr. 2.2	Experimentální hybridní automobil z roku 1969 General motors .....	20
Obr. 2.3	Průhledové schéma rozložení jednotlivých technologií EV1 [5].....	21
Obr. 2.4	Průhledové schéma rámu karoserie a podvozkových součástí EV1 .....	21
Obr. 2.5	Vpředu podélně uložený motor s převodovkou pro pohon přední nápravy a vzadu elektromotor napájený z baterie pro pohon zadní nápravy.....	23
Obr. 2.6	Zadní nezávislé zavěšení typu McPherson spolu s diferenciálem a elektromotorem.....	24
Obr. 2.7	Prius první generace .....	25
Obr. 2.8	Honda Insight .....	26
Obr. 2.9	Jednotka IMA první generace.....	26
Obr. 2.10	BETA Electric .....	28
Obr. 3.1	Fiat Seicento Elettra .....	29
Obr. 3.2	Elektromotor s náhonem na zadní nápravě .....	30
Obr. 3.3	General Motors EV1 .....	31
Obr. 3.4	Honda EV Plus .....	32
Obr. 3.5	Přehled uspořádání elektromobilu Honda EV Plus.....	33
Obr. 3.6	Lightning GT .....	34
Obr. 3.7	Mercedes Benz Vito 108E .....	35
Obr. 3.8	Mitsubishi COLT .....	36
Obr. 3.9	1. generace elektromotoru, hermeticky uzavřený a chlazený vodou .....	36

Obr. 3.10	Mitsubishi Lancer.....	37
Obr. 3.11	Elektromotor MIEV .....	38
Obr. 3.12	Peugeot 106 Electrique .....	38
Obr. 3.13	Uspořádání jednotlivých částí elektromobilu.....	39
Obr. 3.14	Citroen Berlingo electrique .....	40
Obr. 3.15	Uspořádání jednotlivých částí elektromobilu.....	41
Obr. 3.16	Smart EV .....	42
Obr. 3.17	Motor Zytek IDT 120-55.....	42
Obr. 3.18	Tesla Roadster .....	43
Obr. 3.19	TH!NK city .....	44
Obr. 3.20	Toyota RAV 4EV .....	45
Obr. 3.21	Nickel-Metal Hydride baterie od společnosti Panasonic .....	46
Obr. 3.22	Venturi Fetish .....	47
Obr. 3.23	Honda Civic Hybrid .....	48
Obr. 3.24	Honda Insight .....	49
Obr. 3.25	Lexus GS 450h.....	50
Obr. 3.26	Lexus LS 600h.....	51
Obr. 3.27	Toyota Camry Hybrid.....	52
Obr. 3.28	Toyota Estima Hybrid .....	53
Obr. 3.29	Toyota Highlander Hybrid.....	54
Obr. 3.30	Toyota Prius .....	55

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Dojezd elektromobilů na jedno nabití .....	57
---	----



## **SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 Porovnání dojezdu elektromobilů .....	58
--	----