

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Alternativní dopravní prostředky

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

Autor bakalářské práce: René Štrobach

PRAHA 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Boleslava Kadlečka, CSc. a použil jen pramenů citovaných v příloženém seznamu.

V Praze dne

.....

.....

René Štrobach

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Boleslavu Kadlečkovi, CSc. za odborné konzultace, věcné připomínky a pomoc při řešení a zpracování mé práce. Také děkuji Mgr. Jakubu Ditrichovi, jednatelem ekolo.cz s.r.o., společnosti vyrábějící a prodávající elektrokola, v níž jsem po dobu jednoho roku pracoval a kde jsem nabyl mnoho praktických zkušeností z oblasti elektrokol a elektromobility. Dále děkuji rodině za podporu a vytvoření dobrých podmínek ke studiu na vysoké škole.

V Praze dne

.....

.....

René Štrobach

Abstrakt:

Předložená bakalářská práce má za cíl představit alternativní dopravní prostředky, možnosti jejich uplatnění v dopravě, zejména městské, jakožto náhradu konvenčních způsobů dopravy, přičemž velká část této práce je věnována elektrokolům. V úvodu je stručně popsán rozvoj dopravy až do současnosti, zároveň je poukázáno na důsledky, které tento rozvoj přináší. Ve druhé kapitole je vyjmenován přehled dopravních módů a prostředků, jejich výhody a nevýhody, současný stav, a u alternativních dopravních prostředků princip jejich funkce. Ve třetí kapitole je popsána konstrukce elektrokol, tedy typy elektrokol, mechanické součásti a součásti elektropohonu. Čtvrtá kapitola je zaměřena na historický vývoj a využití elektrokol v dopravě. V páté kapitole jsou vyzdvihovány kladné vlastnosti alternativních dopravních prostředků, v případě elektrokol jsou popsány důvody podporující prosazení elektrokol v městské dopravě. V šesté kapitole jsou popsány trendy v oblasti využití alternativních dopravních prostředků, prodejní čísla a vnímání těchto dopravních prostředků veřejností. V závěru je poukázáno, jak důležitá je osvěta v oblasti alternativních dopravních prostředků, ať již se jedná o pořádání akcí pro veřejnost či veletrhů s možností seznámení se s alternativními dopravními prostředky.

Klíčová slova: doprava, dopravní prostředky, alternativní dopravní prostředky, dopravní módy

The alternative means of transport

Summary:

This bachelor thesis aims to present an alternative means of transport, the possibility of their use in transport, especially urban, as a replacement of conventional modes of transport. A large part of this work is about electric bikes. The introduction briefly describes the development of transport up to the present, it is also pointed out the consequences that this development brings. The second chapter is listed overview of transport modes and methods, their advantages and disadvantages, current status, principle functions in alternative means of transport. The third chapter describes the design of electric bikes, the types of electric bikes, mechanical components and electric drive components. The fourth chapter focuses on the historical development and use of electric bikes in traffic. The fifth chapter is pointed out the positive qualities of alternative means of transport and reasons supporting the promotion of electric bikes in city traffic. The sixth chapter describes the trends in the use of alternative means of transport, sales figures and the public perception of the alternative means of transport. In conclusion, it is pointed out how important is education in the field of alternative means of transport, whether it is the organization of public events or fairs with the possibility of familiarity with alternative means of transport.

Key words: transport, means of transport, alternative means of transport, transport modes

Obsah:

1. Úvod	8
2. Přehled dopravních módů a prostředků	9
2.1 Městská hromadná doprava.....	9
2.2 Individuální automobilová doprava.....	10
2.3 Automobil s vodíkovým pohonem.....	11
2.4 Automobil s hybridním pohonem.....	12
2.5 Elektromobil.....	15
2.6 Elektroskútr.....	18
2.7 Elektrokolo.....	19
3. Základy konstrukce elektrokol	21
3.1 Typy elektrokol.....	21
3.2 Mechanické součásti elektrokola.....	23
3.2.1 Rám.....	23
3.2.2 Přední vidlice.....	25
3.2.3 Kola a jejich výplety.....	26
3.2.4 Brzdy.....	26
3.2.5 Převody a řazení.....	28
3.3 Součásti elektropohonu.....	29
3.3.1 Elektromotor.....	29
3.3.2 Řídicí jednotky.....	32
3.3.3 Baterie.....	33
3.3.3.1 Rozlišení baterií podle materiálu elektrod.....	34
3.3.3.2 Parametry baterie.....	35
3.3.3.3 Umístění baterie na elektrokole.....	36
3.3.3.4 Nabíjení a manipulace s baterií.....	37

3.3.3.5 Rekuperace.....	37
3.3.4 Kabeláž.....	39
4. Historický vývoj využití elektrokol v dopravě.....	40
4.1 Úspěch Yamahy.....	42
5. Technicko-ekonomická analýza alternativní dopravy.....	44
5.1 Důvody podporující prosazení elektrokola jako dopravního prostředku.....	44
5.2 Nejdůležitější data elektrokol ve vztahu k energii a udržitelnosti.....	46
6. Trendy v oblasti využití alternativních dopravních prostředků.....	47
6.1 Vodíkový pohon.....	47
6.2 Vozidla s hybridním pohonem a elektromobily.....	47
6.3 Elektroskútry.....	49
6.4 Elektrokola.....	49
7. Závěr.....	52

1. Úvod:

V současné uspěchané době se stále za něčím někam ženeme, za penězi, za úspěchem, za štěstím. Dříve lidé až na výjimky příliš necestovali, žili a pracovali poblíž svých obydlí. Zboží se přepravovalo na vozech tažených koňmi. S příchodem průmyslové revoluce, vynálezem a uplatněním parního stroje došlo k velkému rozmachu železnice a vlak se tak stal dopravním prostředkem číslo jedna. To však nemluvíme o individuální dopravě, jíž poskytl po vynálezu spalovacího motoru automobil. Automobil byl však velmi drahý, a tak si jej mohli dovolit jen ti nejbohatší. To se však změnilo roku 1908, kdy Ford přišel s modelem T. Ten je všeobecně pokládán za první cenově dostupný vůz, který „postavil Ameriku na kola.“[1] V Československu lze s trochou nadsázky to samé tvrdit o Škodě 440, lidově nazývané Spartak, která na trh přišla v 50. letech 20. století, a jež po úpravách dostala název Octavia

Rok 1989 sice přinesl svobodu, ale také své důsledky. Stoupající životní úroveň opět pomalu ale jistě umožňovala stále většímu počtu rodin vlastnit automobil. Nastává stavební boom spojený s rozvojem měst do příměstských částí a stavěním „na zelené louce“ v blízkosti měst. Současně ve větších městech rostou velké kancelářské budovy se širokou nabídkou pracovních míst. Každá doba si vytváří své symboly a tak jako současná společenská komunikace má svůj globalizovaný svět médií, tak výrazem společenského postavení v Česku je v současnosti opět automobil a vlastní dům na předměstí.[2]

Podobný trend jako byl v ČR začátkem 90. let byl možný pozorovat i v sousedním Německu, ale v daleko větším měřítku. Po jeho sjednocení se stupeň motorizace bývalého východního Německa zvyšovala mnohem rychleji než v ostatních bývalých socialistických zemích střední Evropy. Proto byla pro uživatele automobilové dopravy zajištěna lepší infrastruktura v podobě nejhustší evropské sítě dálnic. Ve stejné době si však politici, úředníci i projektanti uvědomili, že budoucnost dopravy je závislá na způsobech dopravy šetrných k životnímu prostředí, především ve městech. Proto byla již v samotných 90. letech v Německu patrná snaha především západoněmeckého křídla snižovat podíl automobilové dopravy a naopak podporovat pěší, cyklistickou a veřejnou dopravu. Podíváme-li se na motorizaci středo a východoevropských zemí po rozšíření EU, můžeme zaznamenat nárůst podobný tomu z raného vývoje v Německu.[2]

Alternativní dopravní prostředky tedy především ve městech mají přispět k menšímu znečištění ovzduší, ke snížení hluku, k omezení tvorby dopravních kolon a v určitých případech k vyřešení nedostatku parkovacích míst. Zkrátka aby i ve městě bylo možné plnohodnotně a zdravě žít.

2. Přehled dopravních módů a prostředků

V současnosti žije 80% Evropanů ve městech.[3] Avšak často i lidé žijící na venkově do města dojíždějí, a to především za prací či za zábavou. Pro svou cestu do města mohou využít služeb Příměstské integrované dopravy či individuální automobilovou dopravu. Ve městě je pak možné navázat na linky Městské hromadné dopravy a nebo v případě individuální automobilové dopravy pokračovat automobilem až do cíle, často do centra města. V některých rozvinutých zemích jakou je např. Holandsko, je oblíbeným a velmi častým městským dopravním prostředkem jízdní kolo. Také v Berlíně, ale i v jiných německých městech jsou jízdní kola jako dopravní prostředek velmi oblíbená. I v České republice, zejména v Polabí jsou jízdní kola hojně využívána. Cyklistika v naší zemi v posledních letech získává na popularitě, nicméně většina lidí jízdní kolo stále považuje za nástroj ke zlepšení fyzické kondice či k vyjížděním ve volném čase, avšak málo lidí v jízdním kole vidí dopravní prostředek vhodný ke každodennímu dojíždění za prací. A tak se tedy většina lidí dopravuje veřejnou městskou dopravou či individuální automobilovou dopravou. Právě individuální automobilová doprava představuje pro města velké problémy, a to především se zaplněním komunikací, s nedostatkem parkovacích míst, a v neposlední řadě také se znečištěním ovzduší. Cestou ke zlepšení a zároveň ke zkvalitnění života ve městech jsou alternativní dopravní prostředky. Níže jsou uvedeny konvenční způsoby dopravy a také alternativní dopravní prostředky.

2.1. Městská hromadná doprava:

Městskou hromadnou dopravu je možné považovat za ideální způsob dopravy, neboť je schopna přepravit velké množství osob v poměrně malém počtu dopravních prostředků v porovnání s individuální automobilovou dopravou. Zaměříme se na Městskou hromadnou dopravu hlavního města Prahy, neboť zde jsou problémy s dopravou v porovnání s jinými městy v České republice nejpálčivější.

Dopravní podnik hlavního města Prahy zajišťuje dopravu třemi linkami podpovrchové dopravy, 30ti tramvajovými linkami a 149ti autobusovými linkami a jednou lanovou dráhou. Ročně Dopravní podnik hl. m. Prahy přepraví 1 383 124 000 [4] osob, což je bezesporu vysoké číslo, nicméně cestování Městskou hromadnou dopravou přináší také řadu nevýhod, kvůli nimž lidé volí raději individuální automobilovou dopravu

Výhodou pražské hromadné dopravy je její široká síť linek, moderní vozový park a především v případě pravidelného využívání výrazně levnější způsob dopravy oproti individuální automobilové dopravě. Městská hromadná doprava je zvláště v době dopravní špičky, kdy se tvoří kolony, rychlejší než IAD, a to zejména ta podpovrchová, avšak na komunikacích s vyhrazenými pruhy pro autobusy i ta povrchová.

Nevýhodami pražské hromadné dopravy jsou velké množství osob v jejich dopravních prostředcích, z čehož plyne nedostatek pohodlí, v okrajových částech města delší intervaly a horší návaznost spojů.

2.2. Individuální automobilová doprava:

V České republice je registrováno 4 446 735 osobních automobilů, z toho 633 646 v Praze. [5] Individuální automobilová doprava ruku v ruce se zvyšující se životní úrovní se zvyšuje. Velký podíl na tom mají firmy poskytující svým zaměstnancům služební vozidlo k vlastní potřebě. Důsledkem individuální automobilové dopravy jsou pak přeplněné komunikace vedoucí k tvorbě dopravních kolon, znečištění ovzduší a zvýšení hluku ve městě. Problémem je také nedostatek parkovacích míst. Ideálním řešením je, v případě, že pro svou cestu do města použijete automobil, zaparkovat jej na okraji města na odstavném parkovišti P+R a dále pokračovat Městskou hromadnou dopravou. V případě, že bydlíte ve městě, tak automobil pro svou cestu vůbec nevyužít. Nicméně praxe je mnohdy jiná.

Hlavním důvodem pro využití automobilu je pohodlí, jenž poskytuje, dále pak absence nutnosti vázat se na jízdní řád a v případě dobré dopravní situace také kratší čas trvání cesty. To je však velmi individuální, záleží odkud a kam jedete, a především v jakou dobu, neboť v čase dopravní špičky, což jsou zejména časy, kdy lidé nejčastěji cestují do práce a z práce, se cesta automobilem oproti využití Městské hromadné dopravy může značně protáhnout.

Nevýhodami použití automobilu jsou především vysoké náklady na pohonné hmoty, zvláště využíváte-li automobil pouze k přepravě své osoby bez dalších spolujezdců, což bývá zcela běžné, dále pak popojíždění v kolonách v časech dopravní špičky a následné problémy se zaparkováním, zejména v centru. Je zapotřebí také zmínit se o povinnosti pro řízení vozidla vlastnit řidičské oprávnění, hradit povinné ručení za vozidlo a v neposlední řadě také servisní náklady spojené s provozováním vozidla.

Jak je patrné, každý způsob dopravy má svá pro a proti. V následujících odstavcích budou stručně popsány jednotlivé druhy alternativních dopravních prostředků vhodných zejména k městské dopravě, přičemž některé z nich jistě stojí za zamyšlení.

2.3. Automobil s vodíkovým pohonem:

Vodíkový pohon patří mezi alternativní technologie v automobilové dopravě. Mohl by v budoucnu nahradit hlavní technologii 20. století - spalovací motor na benzínový či naftový pohon. Tradiční fosilní zdroje jsou nahrazovány alternativami ze dvou důvodů. Prvním je vyčerpatelnost fosilních zdrojů a druhým jsou emise.[6]

Současnými technologiemi produkce vodíku jsou petrochemické procesy, převážně reforming benzinových frakcí, parní reforming zemního plynu a parciální oxidace ropných zbytků. Počítá se i se zplyňováním biomasy (odpadní) a v budoucnu mají být hlavními procesy výroby vodíku elektrolýza a termické štěpení vody sluneční energií. Velké objemy vodíku jsou technicky vyráběny zejména z vody. Výroba vodíku elektrolýzou představuje nejjednodušší proces, avšak s použitím energie z klasických zdrojů je velmi nákladná. Na rozdíl od fosilních paliv obsahujících vodík a biomasy je voda jako zdroj vodíku látka s nulovou energií a elektrolyticky vyrobený vodík je pouze nosičem energie vložené do zmíněného procesu přeměny.[7]

Dopravní prostředky mohou vodík jako palivo využít buď v palivových člancích nebo přímo ve spalovacím motoru. Palivové články nejsou pohonem v pravém slova smyslu. Palivový článek je měnič, v němž se uvolněná chemická energie mění v energii elektrickou. Získaná elektřina se používá k napájení elektromotoru. Vodík se rovněž může stát palivem ve spalovacím motoru, kde nahradí běžná paliva. [6]

Pístové zážehové spalovací motory spalující vodík budou vyžadovat úpravy pro zajištění optimálních podmínek hoření při tak mimořádné rychlosti hoření a výbušnosti směsi vodíku se vzduchem v koncentracích od 4 do 74 % obj. Bude nutné také upravit systém směřování paliva se vzduchem a časování zážehu. Vodík v porovnání s jinými motorovými palivy vykazuje výrazné odlišnosti: malou hustotu a malý obsah energie v objemové jednotce (obtížné uskladnění plynného vodíku ve vozidle), velmi nízkou teplotu potřebnou pro zkapalnění (problematické uskladnění kapalného vodíku ve vozidle), nízkou energii jiskry potřebnou k zapálení směsi vodíku se vzduchem (umožňuje spalování i velmi chudých směsí), široké rozmezí zápalnosti směsi vodíku se

vzduchem umožňuje spalování i velmi chudých směsí, vysoká rychlost hoření palivové směsi a nízká antidekonační odolnost stechiometrické palivové směsi vyžaduje relativně nízký kompresní poměr. [7]

V případě pohonu vozidla elektromotorem spotřebovávajícím elektrickou energii z palivového článku se jako nejvhodnější jeví zatím článek s polymerovou membránou PEM-FC's. Podstatným parametrem pro využití palivového článku pro pohon vozidla je jeho objemový výkon. Jeho hodnota má být nad 1 kW.litr^{-1} , což články s polymerovou membránou bezpečně překračují. Výhodou je odolnost vůči nízkým vnějším teplotám (maximálně do $-25 \text{ }^\circ\text{C}$), neobsahují elektrolyt, o který je zapotřebí se starat a mají dlouhou životnost pro použití ve vozidlech (5 000 až 6 000 hodin). Nevýhodou je vysoká cena polymerové membrány, která slouží jako elektrolyt a jsou na ni kladeny vysoké nároky. Musí snášet vysokou hustotu proudu a zároveň musí být co nejtěsnější pro zajištění dobré iontové vodivosti. [7]

Vysoká pozornost je věnována i uskladnění vodíku, jak u vozidla se spalovacím motorem, tak i s elektromotorem a palivovým článkem se vodík dodává z blízkého zásobníku, podle způsobu akumulace vodíku se zásobníky člení na tlakové, kryogenní, chemické, adsorpční.

Výrobci automobilů všech globálně známých značek vytvořily vodíkové prototypy, popř. sériově začaly vyrábět vodíkový vůz. V České republice absolvoval jednu ze zkušebních jízd Opel HydroGen 4, prototyp společnosti General Motors, který využívá palivové články. Spalovací motor na vodík mají např. vodíkové automobily BMW. [6]

Nemalé prostředky jsou vynakládány na vývoj a výrobu hromadných dopravních prostředků. Autobusy na vodík se staly součástí provozu v evropských městech (Berlín, Barcelona, Londýn, Oslo a další), mezi ně patří i české Neratovice, kde byly vytvořeny podmínky pro provoz vodíkového autobusu s názvem TriHyBus.[6]

To, co brzdí rozvoj vodíkových vozidel je nákladná výroba vodíku, jeho energeticky náročné skladování ve vozidle a nutnost vytvoření potřebné infrastruktury. V České republice je pouze jedna vodíková čerpací stanice, a to v Neratovicích.

2.4. Automobil s hybridním pohonem:

Hybridní pohony představují jednu z cest ke snížení energetické náročnosti

a ekologické zátěže automobilové dopravy. Jedná se o kombinaci spalovacího motoru s akumulátorem energie, kterým může být akumulátorová baterie nebo setrvačnick. V

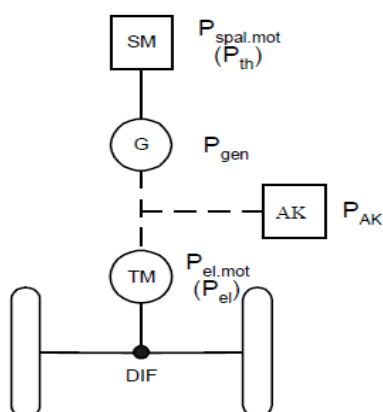
dalším se budeme zabývat pouze systémy s elektrickým akumulátorem energie. Tyto pohony lze v principu rozdělit na sériové, paralelní a kombinované.[8]

U sériových pohonů (obr. 1) je spalovacím motorem SM poháněn generátor G, který napájí trakční motor TM popřípadě akumulační prvek elektrické energie AK. Při absenci akumulátoru by se jednalo o elektrický přenos výkonu používaný běžně např. na motorových lokomotivách. Výhodou této skupiny je možnost nastavit pracovní bod spalovacího motoru tak, aby jeho účinnost byla při daném výkonu maximální. Nevýhodou však představuje nižší účinnost přenosového ústrojí, u něhož dochází ke ztrátám při přeměnách energie v obou elektrických strojích.[8]

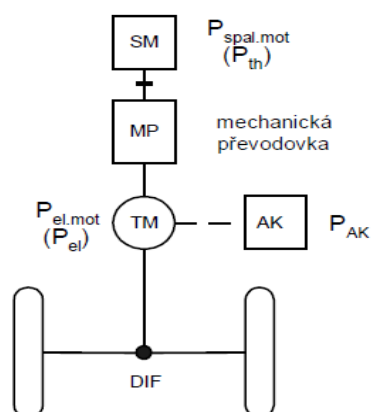
Paralelní pohony (obr. 2) jsou ve své podstatě tvořeny klasickým mechanickým přenosem výkonu MP běžně používaným v automobilech, který je doplněn jedním elektrickým strojem TM. Ten se nachází buď mezi motorem a převodovkou a nebo na výstupní hřídeli převodovky. Přínos tohoto typu spočívá opět ve zlepšení účinnosti spalovacího motoru vhodnou volbou pracovního bodu, ovšem jen v jistých mezích. Spalovací motor totiž zůstává mechanicky pevně vázán na rychlost jízdy vozidla. Úspora se docílí při nízkých momentech spalovacího motoru (především u zážehových motorů, kde se negativně projevuje činnost škrtecí klapky) tím, že motor pracuje s větším momentem než požadovaným a jeho výkon se rozděluje na pohon kol a dobíjení akumulačního prvku pomocí elektrického stroje. Energie akumulátoru je pak zpětně využita k pohonu vozidla. Samotný přenos výkonu má oproti sériovému vyšší účinnost.[8]

Principiální zapojení sériového pohonu je zobrazeno na *Obr.1*, paralelního na *Obr.2*.

Obr.1



Obr.2



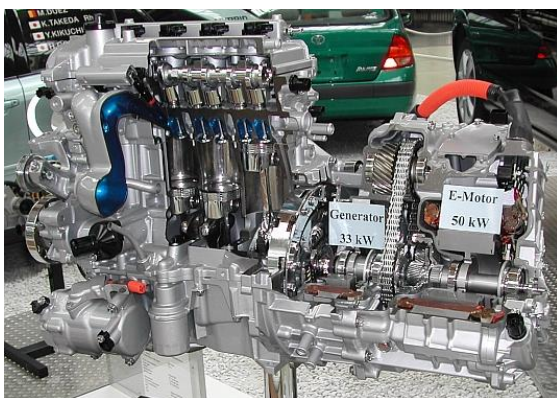
Zdroj *Obr.1* a *Obr.2*: <http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2002/k314-SYMEP.pdf>

U hybridního pohonu lze využívat výhody jednotlivých pohonů. U elektropohonu nízkou hlučnost, žádné výfukové zplodiny a vysokou účinnost elektromotoru. U pohonu spalovacím motorem velký dojezd vozidla, ve střední a vyšší oblasti otáček vysoký točivý moment a možnost jízdy vysokou rychlostí. Mezi největší výhodu tohoto kombinovaného pohonu patří možnost použití jednotlivých pohonů v oblasti nejvyšší účinnosti, čímž se zajišťuje snížení spotřeby energie. Nevýhodou pohonu jsou vysoké pořizovací náklady, zvýšení hmotnosti vozidla o hmotnost akumulátoru a zmenšení úložných prostor ve vozidle.[9]

Plug-in hybridem neboli "hybridem do zásuvky", případně PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) se označují automobily, jejichž baterie mohou být dobity tak, že je připojíte k elektrickému zdroji. Jde tedy o mezistupeň mezi klasickými hybridy a elektromobily. Jedná se o "plné hybridy", které mohou být poháněny jak čistě baterií, tak čistě benzinovým motorem, případně kombinací obojího. Výhodou takovýchto automobilů je skutečnost, že dokážou ujet např. až několik desítek kilometrů čistě na elektřinu, čímž např. ve městě výrazně snižují svou spotřebu a emise. V případě potřeby vysokých rychlostí na dlouhé vzdálenosti pak auto zapíná spalovací motor, který je optimalizovaný právě na takovéto využití, čímž se dále zvyšuje jeho účinnost.[10] Výhodný je pro Plug-in hybrid především městský provoz a provoz na krátké vzdálenosti.

V současné době již mnoho výrobců automobilů nabízí modely s hybridním pohonem, přičemž za průkopníka a především výrobce, jemuž se podařilo komerčně uspět s hybridním vozem, lze považovat japonskou Toyotu. První generace vozu Toyota Prius se začala vyrábět již v roce 1997.[11] Japonská automobilka nyní připravuje již 4. generaci tohoto nejprodávanějšího hybridu světa. [12]

Obr.3 Pohonná jednotka Toyoty Prius 4. generace



Zdroj: <http://www.hybrid.cz/toyota-prius-4-generace>

2.5. Elektromobil:

Elektromobil, o němž se dnes opět tak často hovoří, není žádnou novinkou, naopak mu právem náleží v historii patřičné místo. Elektromobil je automobil poháněný elektrickými motory napájenými proudem ze zdroje elektrické energie, který si vůz veze s sebou. Je pozoruhodné, že první vůz na světě, který překonal rychlost 100 km/h, byl akumulátorový automobil nazvaný *Jamais Contente* (Nikdy spokojena), konstruovaný Belgičanem Emilem Jenatzym. Ten s ním získal v roce 1899 prvenství průměrnou rychlostí 105,9 km/h, právě 13 let poté, kdy Karl Benz podnikl první jízdu se svým tricyklem poháněným benzínovým motorem.[13]

Elektromobil je vhodným dopravním prostředkem především do města a blízkého okolí vzhledem k jeho omezenému akčnímu radiusu, který je však pro jízdu po městě zcela dostatečný. Elektromobil vyniká především nízkými provozními náklady v porovnání s automobilem využívajícím ke svému pohonu spalovací motor na fosilní paliva. Výrazně nižší jsou také náklady na servis oproti vozu se spalovacím motorem, odpadá nutnost výměny motorového oleje, olejového a vzduchového filtru atd. Podle reklamy společnosti General Motors není kromě výměny pneumatik a doplnění vody do ostřikovačů, téměř žádná údržba nutná. Životnost brzd by měla u elektromobilů být výrazně vyšší, jelikož se využívá rekuperace. Speciální pozornost a údržbu vyžaduje jen elektronika ve vozidle (myšleno zejména rozvody el. energie), zejména co se týče vlhkosti. Také pravidelná kontrola baterií ve vozidle by měla být samozřejmostí.[16] Elektromobil je během jízdy téměř bezhlučný, jediné, co je slyšet, je hluk odvalujících se pneumatik. Jízda elektromobilu je také lokálně bezemisní, což příznivě ovlivňuje kvalitu ovzduší ve městě a společně s nízkým hlukem se tak podílí na klidnějším a zdravějším životě ve městě.

Limitujícím prvkem bránícím většímu rozšíření elektromobilů jsou akumulátory. Cenu akumulátorů stanovují naše velké nároky, které musí splnit. Zejména jde o co nejmenší hmotnost, malý objem, schopnost dodávat vysoký proud, nízké samovybití, velké množství dobíjecích cyklů a mnohé další. [14]

V současné době elektromobily využívají především akumulátory typu Li-ion a LifePO4. Životnost akumulátoru se nejčastěji vyjadřuje počtem nabíjecích cyklů, který se pohybuje v rozmezí 1 000 až 3 000 nabíjecích cyklů v závislosti na použité technologii akumulátoru. Například BMW u svého modelu i3 představeného v roce 2013 poskytuje záruku na akumulátor 100 000 Km nebo 8 let s podmínkou, že po zmíněné době nebude kapacita nižší než 70% původní hodnoty. [15]

Pravda, elektromobilů je na našich silnicích a ve městech jako šafránu, nicméně nutno podotknout, že díky osvětě se téma elektromobility opět dostává do popředí. Ať už na českém či světovém trhu je možné koupit elektromobil ve verzi dodávky (Peugeot Partner resp. Citroën Berlingo), rodinného vozu (Nissan Leaf) či sportovní limuzíny (Tesla Model S). Společnost ČEZ na svých promoakcích veřejnosti představuje elektromobily vhodné pro své skromné rozměry především do městského provozu, a to Peugeot iOn resp. Citroën C-ZERO, přičemž se jedná o v Japonsku vyvinutý elektromobil Mitsubishi iMiEV, jenž se v Evropě prodává pod značkami Peugeot a Citroën. [17]

Obr.4 Citroën C-ZERO



Zdroj: <http://citroen.carling.cz/citroen-c-zero>

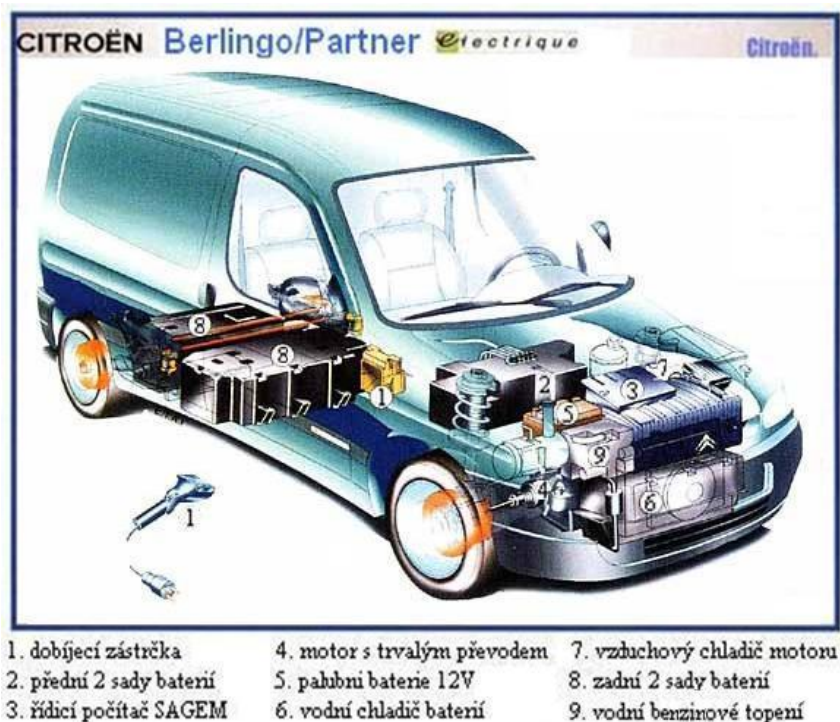
Přestavbou automobilů na elektromobily se v České republice zabývají firmy EVC Group s.r.o. a EKOLO - elektrická vozidla. EVC Group s.r.o. přestavuje modely Škoda Fabia, Škoda Roomster a Smart ForTwo.[18] EKOLO - elektrická vozidla přestavuje starší modely koncernu PSA (Citroen Saxo, Peugeot 106, Citroen Berlingo, Peugeot Partner).[19] Uspořádání jednotlivých částí v elektromobilu Citroen Berlingo resp. Peugeot Partner je znázorněno na *Obr.5*.

Ke kladným vlastnostem elektrického pohonu patří fakt, že elektromotor poskytuje maximální točivý moment již z klidového stavu a nemusí ho být dosaženo až v příslušných otáčkách tak jako je tomu u spalovacího motoru. Tento fakt v praxi znamená působivé zrychlení a vysokou pružnost. Efektivitu jízdy podporuje elektromotor, jenž při nesešlápnutém akceleračním pedálu převezme funkci generátoru, který proudem přeměněným z kinetického toku energie zpětně napájí akumulátor. Touto takzvanou rekuperací je generován brzdový moment.[20] Samotné nabíjení akumulátoru v klidu se uskutečňuje pomocí kabelu z klasické zásuvky či pomocí rychlonabíječky.

Např. u užitkového Citroenu Berlingo Electric normální nabíjení, za pomoci klasické jednofázové 230V zásuvky trvá cca 8,5 hod. (14 A). Při rychlém nabíjení, pomocí specifického nabíjecího zařízení napájeného třífázovým 380 V proudem, k nabití na 80 % stačí 35 minut. Při homologaci tohoto modelu bylo dosaženo dojezdu 170 km.[21]

V případě potřeby dobít akumulátor na cestě je možné využít síť nabíjecích stanic, např. Skupina ČEZ v současnosti provozuje 34 nabíjecích stanic (22 z toho v Praze). [22]

Obr.5



Zdroj: http://www.electroauto.cz/partnerberlingo_electrique.html

Elektromobily jsou i přes své nesporné kvality veřejností stále vnímány spíše negativně, za což může především jejich vysoká pořizovací cena, jenž je v porovnání se stejným modelem se spalovacím motorem cca dvojnásobná. Dalším negativem je omezený dojezd oproti vozu se spalovacím motorem. Avšak nízké provozní náklady, spolehlivost, nulové lokální emise a tichá jízda činí elektromobil jako vhodný městský dopravní prostředek, ideální např. pro menší firmu jako služební vůz pro rozvoz zboží, kdy se náklady vynaložené na vyšší pořizovací cenu navrátí v rozmezí 4 až 5ti let.[23]

Výše popsané alternativní dopravní prostředky jsou šetrné k životnímu prostředí, svými nízkými či nulovými emisemi jsou schopné výrazně snížit znečištění ovzduší ve městech. Co však neřeší, jsou kongesce a nedostatek parkovacích míst ve městech. Řešením těchto pro spoustu měst palčivých problémů jsou elektroskútry a elektrokola, jimž budou věnovány následující odstavce.

2.6. Elektroskútr:

Elektroskútr představuje díky své mrštnosti, nulovým lokálním emisím, tichému provozu a nízkým provozním nákladům velmi vhodný městský dopravní prostředek. Jedná se o jednostopé vozidlo, to znamená, že se díky svým skromným rozměrům dokáže velmi mrštně pohybovat v městském provozu. Pro tuto vlastnost jsou velmi oblíbené skútry se spalovacím motorem, avšak často nízkoobjemové spalovací motory skútrů jsou velmi hlučné, přičemž provoz elektroskútru je tichý a čistý. Vzhledem k již zmíněné malé prostorové náročnosti by se v případě většího využívání elektroskútrů omezila tvorba dopravních kolon, vyřešil by se problém s nedostatkem parkovacích míst a v důsledku toho by se městský provoz stal plynulejším a tišším.

Nejlevnější modely jsou vybaveny olověnými akumulátory, avšak většina kvalitnějších modelů je osazena bateriemi typu LifePO4. Např. společnost Akumoto uvádí životnost svých LifePO4 baterií 2 000 nabíjecích cyklů nebo 10 let.[24] Výhodou u této značky elektroskútrů je možnost snadného vyjmutí baterie a jejího nabití doma či v kanceláři.[24] Úsporu elektrické energie obsažené v akumulátoru zajišťuje tzv. rekuperace, jenž byla popsána v odstavci o elektromobilu.

Dojezd elektroskútrů bývá nejčastěji v rozmezí 40 - 120 km, přičemž samozřejmě záleží na kapacitě baterie, výkonu elektromotoru atd.[25] Maximální rychlost elektroskútrů je většinou omezena na 45 km/h [25], což je pro městský provoz dostačující, avšak prodávají se i výkonnější elektroskútry jako např. BMW C Evolution s maximální rychlostí 120 km/h. U tohoto modelu je zajímavé, že rám tvoří bateriový skelet, k němuž je přimontován podvozek a další části elektroskútru, což je patrné z *Obr. 6*. U elektroskútrů je elektromotor součástí zadního kola na rozdíl od elektromotocyklů, u nichž je umístěn zhruba v místě, kde se nachází spalovací motor u běžných motocyklů.[26]

Obr.6 BMW C Evolution



Zdroj: <http://www.hybrid.czautosalon-frankfurt-2013-elektroskutr-bmw-c-evolution>

Elektroskútr se jeví jako cenově dostupný, tichý a k životnímu prostředí šetrný dopravní prostředek zejména vhodný do města. Nízké provozní náklady jej činí hospodárným a skromné rozměry jednostranného vozidla obratným dopravním prostředkem. Nutno podotknout, že pro jízdu na elektroskútru je zapotřebí vlastnit řidičský průkaz a hradit povinné ručení. S elektroskútry je možné jezdit na pozemních komunikacích stejně tak jako s automobily a motocykly, tedy cyklostezky jsou elektroskútru zapovězeny.

2.7. Elektrokolo:

Podíl kol s elektrickým pohonem na celkovém objemu prodávaných kol celosvětově narůstal, až dosáhl takové výše, která se právem považuje za boom elektrokol. Tento trend je však geograficky značně nevyvážený. V asijských zemích, zejména v Číně a Japonsku, výraznější než v Evropě. V západní Evropě, především v Nizozemsku a Německu, výraznější než ve východní.[27]

Rozlišujeme 3 základní druhy elektrokol: - Pedelec 25
- Pedelec 45
- E-Bike 20, 25, 45

Elektrokola Pedelec 25 (Pedal Electric Cycles) se řídí normou ČSN EN 15 194 a platí pro ně stejná pravidla jako pro jízdní kola. U těchto elektrokol je pomocný elektromotor

v chodu pouze tehdy, pokud cyklista šlape. Bez šlapání může být elektromotor v chodu pouze do rychlosti 6 km/h, čímž napomáhá zejména starším lidem rozjet se. Elektromotor se vypne při dosažení rychlosti 25 km/h a jeho jmenovitý výkon nepřesahuje 250 W. Tato kategorie elektrokol z hlediska právního zařazení spadá do kategorie jízdních kol. Je tedy možné jezdit bez helmy, řidičského oprávnění a povinného ručení všude tam, kde je to dovolené pro jízdní kola. Elektřinu dodává akumulátor, který je možný nabíjet pomocí nabíječky připojením k jakékoli zásuvce. Akumulátory jsou často namontovány na nosiči zavazadel nebo na rámu, někdy jsou do rámu integrovány. Dojezd na jedno nabití akumulátoru je závislý na řadě faktorů: hmotnost cyklisty, míra motorické podpory, jízdní chování cyklisty a kola, průběh trasy a počasí. Za optimálních podmínek může u některých výrobců dosahovat dojezd na jedno nabití okolo 100 km. U většiny prodávaných modelů je průměrný dojezd 50 km, úspornou jízdou je možné jej mírně zvýšit.

Elektrokola kategorie Pedelec 45 jsou většinou kombinací kategorií E-Bike a Pedelec. Čistě elektrický pohon je většinou možný do 20 km/h. Pokud člověk šlape, nevypne motor při 25 km/h, ale až při 45 km/h. Jedná se o malé motocykly, u kterých je předepsáno povinné ručení a minimálně jedno řidičské oprávnění pro motocykly.[28]

Motor elektrokol kategorie E-Bike funguje bez nutnosti šlapat, i když některé modely ještě šlapky mají. Motor je většinou ovládán otočnou rukojetí. E-Bike jsou malé motocykly, u kterých je podpora převážně omezena na 20 km/h, 25 km/h a 45 km/h.

V Evropě převážná část prodávaných elektrokol je kategorie Pedelec 25, a tudíž se v následujících odstavcích a ve zbytku této bakalářské práce budu věnovat právě jim, tedy pod pojmem elektrokolo bude nadále myšleno elektrokolo kategorie Pedelec 25.

3. Základy konstrukce elektrokol:

Elektrokolo je nebo by alespoň mělo být již od základů konstruováno pro podpůrný pohon s elektromotorem. Při jeho návrhu je třeba dopředu počítat s robustnější konstrukcí danou větší hmotností elektrokola, s typem elektromotoru a jeho vhodným umístěním, s optimálním uložením baterie a s osazením komponenty vyšší nebo alespoň střední třídy. Tím se elektrokola liší od elektrifikovaného klasického jízdního kola doplněného pouze o takzvanou motorizační sadu (kit), navíc ne vždy odborně namontovanou, někdy pouze svépomocí. [27]

3.1. Typy elektrokol:

Stoupající obliba kol vybavených asistenčním elektropohonem vedla výrobce elektrokol k rozšiřování jejich sortimentu i mimo rámec klasických kol tohoto typu, to je elektrokol určených převážně k jízdám v městském provozu. Stávající elektrokola lze začlenit do devíti typových skupin, velmi rozdílným zastoupením v celkovém objemu vyráběných elektrokol od výrazně převažujícího až po vysloveně okrajové. [27]

Městská elektrokola jsou segmentem v celkovém objemu vyráběných elektrokol výrazně největším. Elektrická City Bike jsou nejtypičtějšími představiteli elektrokol, zastoupených mnoha desítkami modelů různých značek. Jsou to elektrokola s převážně běžným průměrem kol – 26 nebo 28 palců. Důraz se klade na komfort jízdy, pohodlné nasedání (snadno překročitelný rám dámského typu), ochranu oděvu cyklisty (kryt řetězu, blatníky) umožňující i jízdu ve společenském oblečení, případnou montáž dětské sedačky a nosič zavazadel, případně i nákupní koš jako příslušenství. Samozřejmostí by mělo být osvětlení a stojan.

Skládací elektrokola jsou zastoupena mezi elektrokoly poměrně často. Překvapivě proto, že elektrovýzbroj, včetně kabeláže, dosti komplikuje konstrukční řešení systému skládání. Kola bývají malého průměru (16, 18 nebo 20 palců), aby rozměry složeného elektrokola byly co nejmenší. Usnadňuje to přepravu elektrokola jak v hromadných dopravních prostředcích, tak i v kufru nebo na střeše osobního automobilu. Tento typ elektrokol není vhodný pro delší jízdy.[27]

Typickým představitelem tohoto segmentu a zároveň v České republice nejprodávanějším elektrokolem je AGOGS SilverGo viz. Obr.7.

Obr.7 AGOGS SilverGo



Zdroj: <http://ekolo.cz/elektrokolo-agogs-silver-go>

Sportovní elektrokola představují nevelkou skupinu, do níž patří elektrokola nabízející užitek z rychlejší sportovní jízdy, neomezené maximem 25 km/h. A to na úkor pohodlí a komfortu, tak ceněných u městských elektrokol. Vyznačují se větším výkonem elektromotoru, větším počtem převodových stupňů a sportovnějším posedem jezdce, vedoucím k snížení aerodynamického odporu. Ve výjimečných případech mohou být i částečně kapotované. Elektrokola této kategorie již nejsou podle platné legislativy posuzována jako běžná jízdní kola.[27]

Trekkingová elektrokola určená i k jízdě mimo silnice, v terénu. Od běžných elektrokol, to je městských, se liší především rámem, odpruženou vidlicí, širšími pneumatikami s hrubším dezénem pláštěů, i dalšími komponenty charakteristickými pro trekkingová kola. Vyznačují se velkým rozpětím výkonu elektromotorů, od nenápadných 200 W Gruber Assist, vestavěných do trubky rámu, až po motory o výkonu větším než 250 W. Typický je také velký počet převodových stupňů – až 27, ať již je jejich řazení klasickou přehazovačkou řetězu nebo planetovou převodovkou vestavěnou v náboji zadního kola.[27]

Horská elektrokola určená výhradně k jízdě v terénu, robustní konstrukce se širokými pneumatikami s hrubším dezénem, vybavená velkým počtem převodových stupňů, často 27 (troj převodník a devítistupňový pastorek). Mnohdy nejen s odpruženou přední vidlicí, ale i s odpruženou zadní stavbou rámu vybavenou tlumičem rázů. [27]

Třístopá elektrokola, tedy tříkolky či tricykly, tvoří pouze nevýraznou část celkové produkce elektrokol. Uplatňují se zejména ve speciálních případech jako například vozidla pro tělesně postižené nebo vozidla osob, které mají potíže se stabilitou. Také jako nákladní elektrokola a lehokola. Vyskytují se jak v provedení se dvěma koly vpředu a jedním hnaným vzadu, tak i v jiných variantách. [27]

Transportní elektrokola jsou robustnější elektrokola s výkonem motoru většinou přesahujícím 250 W. Vybavená úložným prostorem ve formě koše, korby nebo nákladní plošiny, obvykle umístěnými před řídítka. Jako nejvhodnější se jeví stabilnější tříkolá elektrovozidla, která mají větší nosnost a zatížitelnost než jednostopá. Mohou dobře sloužit i k pouličnímu prodeji, v asijských zemích i jako vícemístné rikši. [27]

Tandemová elektrokola jsou zcela ojedinělá, spíše technickou raritou. Celosvětově je má ve své nabídce nevelký počet výrobců. Jejich nevýhodou jsou příliš vysoké požadavky na výkon elektromotoru a na kapacitu baterie. A k tomu nevýhody všech tandemů obecně – poměrně vysoká hmotnost, neobratnost daná jejich délkou, neskladnost a z toho plynoucí vyšší nároky na prostor k jejich uložení, obtížná přeprava jinými dopravními prostředky.[27]

Elektro-lehokola, na nichž jezdec polosedí-pololeží, čímž se dosahuje malého čelního odporu a tím i vyšší rychlosti. Mezi lehokoly, která všeobecně nejsou příliš rozšířená, ta s asistenčním elektropohonem navíc zaujímají pouze nepatrný zlomek bez většího praktického významu. V provedení elektro převažují tříkolky nad jednostopými lehokoly.

[27]

3.2. Mechanické součásti elektrokola:

3.2.1. **Rám:**

Rám je hlavním nosným prvkem jízdního kola, na který se upevňují všechny další součásti kola, u elektrokol navíc baterie, případně i elektromotor, pokud je centrální a ne nábojový. Proto rámy musejí být pevné a odolné proti deformacím při statickém i dynamickém namáhání, kterému jsou vystaveny při běžném provozu. Materiálem rámu elektrokol bývá ocel, často ušlechtilá Cr-Mo ocel, nebo kvalitní Al-slitiny, obecně označované dural, většinou hliníkové slitiny s označením 6061 nebo 7005, které vedou

k nižší hmotnosti elektrokola. Zcela výjimečně jsou rámy elektrokol vyráběny z karbonu, tedy uhlíkového kompozitu, případně z titanové slitiny. Použití těchto materiálů na rámy elektrokol za tak vysokou cenu se zdá být zbytečné. Navíc efekt snižování hmotnosti elektrokol rámy z těchto materiálů není až tak výrazný, není adekvátní k ceně elektrokola.

[27]

V konstrukci rámu elektrokol lze vysledovat dvě protichůdné tendence. Jedna se přiklání ke klasickému trubkovému rámu, stejnému jako u běžných jízdních kol. Ten má v pánském provedení kosočtverečné uspořádání rámových trubek, s vodorovnou nebo přibližně vodorovnou horní rámovou trubkou. V dámském provedení pak s hluboce vykrojeným rámem nabízejícím snazší usednutí do sedla, který je univerzálnější, vhodný pro jezdce obou pohlaví, a proto bývá někdy označován „unisex“. Ale i při zachování opticky běžného kola, dané konfigurací trubek, by se však při konstrukci rámu mělo počítat s jeho určením, s větší hmotností elektrokola, se zesílením rámu, bezpečným umístěním baterie a podobně. Vzhled elektrokola s trubkovým rámem se značně změní, pokud jsou uvnitř rámu, většinou v dolní rámové trubce, články baterie. V těchto případech získá část rámu ukrývající baterii na robustnosti, kruhovou trubku nahradí trubka nekruhového průřezu s větší vnitřní světlostí nebo což je mnohem častější, speciální profilový nosník z plechových výlisků. [27]

Druhá tendence je právě opačná. Zcela se oprostí od klasických trubkových rámu běžných kol a navrhnout originální konstrukci rámu. S osobitým designem povyšujícím elektrokolo nad běžné jízdní kolo, s přihlédnutím k zástavbě elektromotoru a k umístění baterie. Často využívajícím plechové výlisky nebo tlakové odlitky z lehkých slitin nahrazujících trubky konvenčních konstrukcí rámu. Takovéto rámy dodávají elektrokolům atraktivní vzhled a jejich vyšší cena bývá kompenzována větší prodejností pohlednějších elektrokol. [27]

Obr.8 Koncept skládacího elektrokola Volkswagen Bik.e



Zdroj: <http://www.electric-bicycle-guide.com/Volkswagen-bike.html>

Elektrokola jsou většinou, stejně jako běžná jízdní kola, nejčastěji dodávána v několika velikostech rámu, obvykle ve třech. Výjimečné však nejsou ani elektrokola s jednou velikostí rámu pro všechny výšky postav, takzvané „one size fits all“, která při dostatečném rozsahu výškového nastavení sedlovky nesoucí sedlo a sloupku řídítek kupodivu vyhovují jezdcům v dosti širokém rozsahu velikostí postav. [27]

Mezi elektrokoly jsou hodně rozšířené hluboce vykrojené rámy, uváděné jako snadno překročitelné nebo dobře prostupné (Low Step), velmi vhodné právě pro městská kola s častým nasedáním a sesedáním při „popojíždění“ v centru města. Ocení je zejména ženy, protože na nich mohou jezdit i v oblečení hodně vzdáleném sportovnímu. [27]

3.2.2. Přední vidlice:

Vidlice předního kola, jejíž dvě ramena jsou zakončena koncovkami pro uchycení předního kola, musí být s ohledem na stabilitu jízdy vyhnutá. Takže nárazy od nerovností vozovky, případně terénu, nepůsobí ve směru její osy, a tím je vidlice vystavena značnému namáhání ohybem. Patří k nejnamáhanějším částem jízdního kola, proto se kladou značné nároky na její mechanickou pevnost. U elektrokol s nábojovým motorem na předním kole se namáhání vidlice ještě zvyšuje. [27]

Z konstrukčního hlediska lze vidlice předních kol zásadně rozdělit na neodpružené a odpružené. Teleskopické odpružené vidlice, v jejichž ramenech jsou uloženy pružící a tlumící elementy, se již poměrně běžně vyskytují i u městských elektrokol, přestože v tomto prostředí není třeba překonávat větší nerovnosti. Přispívají však ke komfortu jízdy a stačí k tomu vidlice s poměrně malým pružícím zdvihem, 35 až 50 mm. U elektrokol určených k jízdám v terénu, trekkingových nebo dokonce horských, jsou nezbytností a uplatňují se zde vidlice již s většími pružícími zdvihy. U většiny elektrokol je však pravděpodobné, že se budou často pohybovat v podmínkách, kde odpružení nebude využito. V těchto případech jsou výhodné zamykatelné vidlice (lockout), které se po uzamčení chovají jako neodpružené. [27]

Pružící systémy zaznamenaly od konce osmdesátých let 20. století do dneška překotný vývoj a vznikla celá řada jejich variant. Pro současné vidlice jsou standardem dva pružící elementy – vinutá ocelová pružina a stlačený vzduch, tlumení se ustálilo na olejových tlumičích. U elektrokol se nejčastěji setkáváme s odpruženými vidlicemi střední cenové hladiny. Top vidlice renomovaných značek by výrazně zvyšovali cenu elektrokol a elektrokola by ani plně nevyužila jejich možnosti. [27]

3.2.3. Kola a jejich výplety:

Kola elektrokol se liší především průměrem ráfku, který se udává v anglických palcích. Pro elektrokola městského typu jsou charakteristická 28palcová kola, ale častá jsou i 26palcová a skládací i některá jiná 20palcová. Průměr kola ovlivňuje valivý odpor, kola většího průměru mají menší valivý odpor a navíc lépe překlenou díry, prohlubeniny i výstupky na povrchu vozovky. Ráfky kol musí být dostatečně pevné a tuhé, k čemuž přispívá jejich šířka i profil, aby vzdorovaly trvalým deformacím, které jim hrozí při provozu elektrokola, vzhledem k jeho větší hmotnosti v porovnání s běžným jízdním kolem. Profil ráfku má na jeho tuhost stěžejní vliv. Dvoustěnný ráfek s vysokým V-profilem má několikanásobně vyšší tuhost než ráfek s jednoduchým otevřeným U-profilem. [27]

Obr. 9 Dvoustěnný ráfek



Zdroj: <http://author24.cz/shop/rafky/17197>

Vedle ráfku se na pevnosti a tuhosti kola podílí nemalou měrou jeho výplet paprsky, který však má kolu dodávat i určitou pružnost. Což nejlépe zajišťuje klasická konstrukce s tangenciálním výpletem paprsky pružně spojujícími ráfek s nábojem kola. Paprsky běžných jízdních kol mají nejčastěji průměr 1,8 mm, paprsky elektrokol by měly mít minimálně 2,0 mm, raději i větší. Zejména trekkingová a horská kola, pro něž je vhodný průměr paprsků 2,2 nebo i 2,3 mm. Požadavky na pevnost a tuhost ráfku a jeho výpletu se ještě zvyšují u kol s nábojovým elektromotorem. V tomto případě se nabízí i varianta s rozdílným průměrem paprsků na předním a na zadním kole. [27]

3.2.4. Brzdy:

Spolehlivé a účinné brzdy jsou základním předpokladem bezpečné jízdy každého kola a elektrokola o to víc, že mají větší hmotnost a obvykle dosahují větších rychlostí než

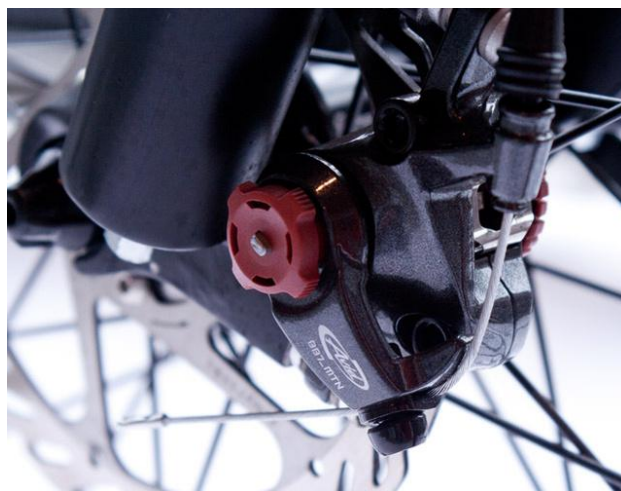
běžná cestovní kola. Bez ohledu na použitý druh brzd je žádoucí, aby byl při brzdění odpojen elektropohon. Z různých druhů brzd připadají v úvahu pro elektrokola:

- ráfkové čelist'ové brzdy
- kotoučové (diskové) brzdy
- protišlapací brzdy zadního kola
- bubnové brzdy

U ráfkové brzdy se dosahuje brzdného účinku sevřením rotujícího ráfku kola mezi čelisti brzdy. Principiálně lze ráfkovou brzdu považovat za kotoučovou, u níž je kotouč nahrazen ráfkem. Pro elektrokola jsou zvláště vhodné takzvané vysoké ráfkové brzdy (V-brzdy) se značně prodlouženými svislými rameny (odtud název „vysoké“). Ty mají o něco vyšší účinnost než klasické ráfkové brzdy a také jemnější dávkování brzdné síly na páce brzdy. [27]

Kotoučové (diskové) brzdy jsou svou větší hmotností danou rozměrným diskem vhodné pro robustnější elektrokola, tedy zejména pro tandemová, transportní, trekkingová nebo horská. Jejich základem je brzdový kotouč z oceli nebo hliníkové slitiny (duralu), jehož průměr se pohybuje většinou v rozmezí 140 až 180 mm. Upevněn je na náboji kola, s nímž se zároveň otáčí. Nepohyblivou část brzdy tvoří třmen nesoucí brzdové destičky, které se po stisknutí brzdové páky přitlačí na rotující kotouč. Přenos sil z brzdové páky na brzdící element může být u kotoučové brzdy, stejně tak i u ráfkové brzdy, buď mechanický pomocí ocelového lanka, nebo hydraulický prostřednictvím kapaliny.[27]

Obr.10 Detail mechanické kotoučové brzdy



Zdroj: <http://ekolo.cz/agogs-uphill-mtb>

Protišlapací brzda integrovaná s volnoběžným nábojem zadního kola, obecně známá pod názvem „Torpedo“, jejíž životaschopnost již byla prověřena více než stoletou praxí, je velmi spolehlivá (pokud se nesesmekne řetěz umožňující zpětné šlápnutí v opačném směru) a dobře chráněná před povětrnostními vlivy. Brzdný účinek vzniká rozpínáním brzdového pláště kuželem proti vnitřnímu povrchu pláště náboje. Protišlapací brzda přichází v úvahu zejména u elektrokol s motorem v náboji předního kola. Není žádnou zvláštností použití dvou různých druhů brzd. [27]

Válečková nebo bubnová brzda se u elektrokol vyskytuje častěji než u běžných jízdních kol (myšleno poměrně, vzhledem k počtu vyráběných elektrokol). Její funkce je následující: vačka s náběhovými plochami působením brzdné síly pootočí válečky, které přitlačí brzdové botky (lamely) k vnitřní stěně bubnu a vlivem tření dochází k brzdění. Výrazným konstrukčním prvkem každé válečkové brzdě je mohutný radiální chladicí disk.

[27]

Pro optimální brzdění je také důležité jemné dávkování brzdné síly na páce brzd. U elektrokol je navíc velmi cenné propojení brzdové páky s ovládáním elektromotoru, aby se elektromotor vyřadil z činnosti při každém stisknutí brzdové páky, což přispívá k plynulosti jízdy. Elektromotor zabírající do stisknutých brzdových čelistí snižuje účinek brzdění a prodlužuje brzdovou dráhu. Pro jezdce může být neodpojení motoru při brzdění v některých situacích dosti nepříjemné, například při zastavování na křižovatkách se světelnou signalizací. [27]

3.2.5. Převody a řazení:

Možnost změny převodů elektrokola je běžná i u elektrokol určených pro městský provoz. V tom případě se vystačí s menším počtem převodových stupňů, někdy pouze se třemi. Nároky na počet převodů se zvyšují u elektrokol provozovaných v členitějším kopcovitém terénu, a zejména u trekkingových nebo horských elektrokol. S větším počtem převodových stupňů se zvětšuje rozpětí mezi nejlehčím a nejtěžším převodem a také se tím dosahuje jemnějšího odstupňování mezi jednotlivými převody. Při změně velikosti převodu se u elektrokol uplatňují dva systémy:

- klasické zadní měniče převodů (přehazovačky), jejichž prostřednictvím se přesouvá řetěz mezi ozubenými kolečky vícenásobného volnoběžného pastorku (kazety),

případně ještě doplněné o přesmykače řetězu přesouvající řetěz mezi ozubenými věnci dvoupřevodníku či trojčlenného převodníku.

- zadní náboje s integrovaným vnitřním řazením (planetovou převodovkou), v provedení se třemi až jedenáct převodovými stupni.

Klasické měniče převodů patří ke složitějším mechanismům každého kola. Navíc nejsou nijak chráněny, vyčnívají na boku náboje zadního kola, proto jsou snadno zranitelné. „Přehazují“ řetěz působením tlačné nebo tažné pružiny na jednotlivá kolečka volnoběžného pastorku (kazety). Působením ocelového ovládacího lanka se přemísťuje vodítko řetězu s kladkami z jednoho ozubeného kolečka na druhé. Těch bývá obvykle šest až osm, u elektrokol dosti výjimečně i devět, čímž je daný i počet převodových stupňů. Pokud je zadní měnič doplněn ještě přesmykačem řetězu na dvoupřevodníku či trojčlenného převodníku, potom se počet převodů daný počtem pastorků kazety zdvojnásobuje nebo ztrojnásobuje. [27]

Pro elektrokola je velmi vhodné řazení planetovou převodovkou vestavěnou v zadním náboji, s jejím vnějším pastorkem unášejícím řetěz. Převodovka uvnitř náboje je chráněná před mechanickým poškozením i před znečištěním, takže je prakticky „bezúdržbová“. To je její velká přednost v porovnání s klasickou „přehazovačkou“, ale nevýhodou je značně vyšší cena i vyšší hmotnost. [27]

3.3. Součásti elektropohonu:

3.3.1. **Elektromotor:**

Standardem jsou stejnosměrné třífázové (bezkartáčové) synchronní elektromotory s napětím 24 V nebo 36 V, případně 48 V, které lze rozdělit na motory do jmenovitého výkonu 250 W, s nimiž elektrokola splňují podmínky euronormy EN 15194 a podle stávající legislativy je na ně pohlíženo jako na běžná jízdní kola, a na motory s výkonem vyšším než 250 W. [27]

Tab.1 Parametry nejběžnějšího motoru

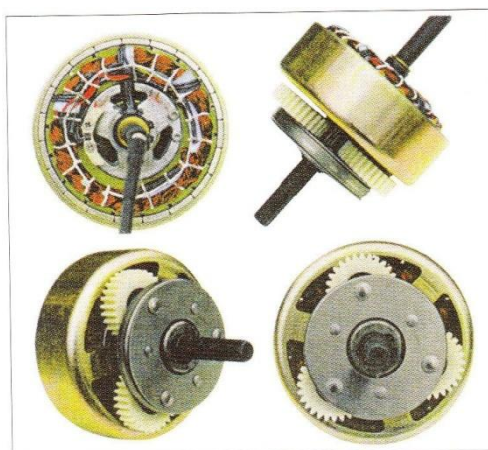
Napájecí napětí jmenovité	36 V
Napájecí napětí maximální	42 V
Výkon	250 W
Výkon špičkový	400 W
Proud jmenovitý	7 A
Otáčky	160 až 300 ot./min.
Účinnost	82 %
Hmotnost	2,5 až 4 kg

Zdroj: ŠIKA, Pavel. *Elektrokola. Amatérské radio: časopis pro elektroniky a radioamatéry. Praha: Svaz československých radioamatérů, 2011. DOI: 1804-7173.*

Nejmarkantnější je však jejich rozdělení podle umístění na elektrokole, které může být:

- **centrální**, s motorem navazujícím na středovou osu šlapání. Zvláštním druhem centrálního umístění, dosti ojedinělým, je zástavba elektromotoru do rámové trubky (dolní nebo sedlové) přiléhající k středové spojnici rámu, viz *Obr.12*.
- **nábojové**, s motorem integrovaným do náboje předního nebo zadního kola elektrokola.

Obr.11 Standardní nábojový elektromotor



Zdroj: HRUBÍŠEK, Ivo. *Elektrokola: nová dimenze cyklistiky.*

1. vyd. Plzeň: Cykloknihy, 2011. ISBN 978-80-87193-18-1.

Zatímco ještě před deseti či patnácti roky značně převažovaly centrální elektromotory, s postupem let se jejich poměr s nábojovými motory vyrovnal, a v poslední době mají mírně navrch nábojové, považované za výhodnější. S nedávným nástupem elektromotorů

firmy Bosch a jejich poměrně rychlým rozšířením se podíl obou typů elektromotorů dosti vyrovnává. [27]

Centrálně umístěné elektromotory vedou k optimálně umístěnému těžišti elektrokola, ale jejich nevýhodou je ztráta energie při převodu řetězem. Předností centrálně uložených elektromotorů zůstává možnost jejich uspořádání do jednoho kompaktního celku s baterií, kdežto nábojové elektromotory jsou vždy od baterie odděleny. [27] Centrální pohonná jednotka japonského koncernu Panasonic se schránkou na baterii integrovanou s elektromotorem je zobrazeno na *Obr. 1*.

Obr.12 Středový pohon v rámu, Gruber



Obr.13 Centrální pohonná jednotka Panasonic



Zdro k Obr.12 a Obr.13: HRUBÍŠEK, Ivo. Elektrokola: nová dimenze cyklistiky. 1. vyd. Plzeň: Cykloknihy, 2011. ISBN 978-80-87193-18-1.

Motor v náboji zadního kola poskytuje dobrou trakci, u řetězových převodů většinou možnost snadné kombinace se stávající přehazovačkou (některé systémy jsou rovněž dodávány s převodovkou integrovanou do náboje, např. BionX), a zpravidla je možné pohon namontovat dodatečně. Nevýhodami jsou, že při výměně kola je nutné rozpojit kabel, výměna kola je všeobecně složitější než u běžného jízdního kola, v případě kombinace s akumulátorem na nosiči zavazadel vzniká vysoké zatížení zadní části kola, další neodpružená hmota na kole, a ve většině případů není možné používat „torpédovou“ brzdou. [28]

Výhodami umístění elektromotoru do náboje předního kola je jednoduchá konstrukce elektrokola, možnost snadného dovybavení běžného kola, neomezená volba převodů v souladu se silou svalů, možnost používání „torpédové“ brzdy. Nevýhodami tohoto uspořádání jsou problémy s trakcí (pokud není dostatečně zatíženo), horší jízdní vlastnosti (nedotáčivost vlivem těžkého předního kola), potenciální nebezpečí havárie při dodatečné montáži silnějšího motoru na vidlice, které pro něj nejsou dimenzovány, další neodpružená hmota. [28]

3.3.2. Řídicí jednotky:

Spolehlivá a z pohledu uživatele uspokojivá funkce každého elektrokola spočívá vedle motoru a jeho napájecí baterie v elektronickém řízení. To harmonizuje podíl svalové a motorické síly a tím i jízdní režim elektrokola, zabraňuje trhavému náběhu podpory motoru a jeho nárazovitému přerušení při dosažení rychlosti 25 km/h. Optimální jsou jemné přechody mezi režimy jízdy s motorickou podporou a bez ní i vyloučení rušivých vlivů při brzdění. [27]

Pro součinnost pohonu šlapáním a podpurného elektropohonu jsou nezbytné senzory, které snímají svalovou sílu danou tlakem chodidla na pedály. Podle její velikosti vyšle elektronika impuls motoru k vyšší podpory pohonu. Jen tak je možné citlivé dávkování podpory šlapání elektropohonem. Elektronika určuje režim jízdy každého elektrokola buď směrem k vyšší rychlosti (většímu krouticímu momentu motoru) nebo naopak k pohodovější a plynulejší turistické jízdě. Systémů elektronického řízení je více. Vedle nejrozšířenějšího automatického řízení prostřednictvím senzorů existuje i mnohem zřídkaější ruční řízení pomocí ovládacího prvku na řídítkách – akcelerátoru. Akcelerátor u elektrokol „pedelec“ však slouží pouze k rozjezdu nebo při vedení kola. A také k získání maximálního výkonu při šlapání, pokud to jízdní situace vyžaduje. [27]

Řídicí či kontrolní jednotka je jakýmsi mozkovým centrem elektrokola. Jejím základem je mikroprocesor zpracovávající data o intenzitě šlapání, která snímají senzory z osy šlapání. Po jejich vyhodnocení vysílá během zlomku sekundy signál k elektromotoru. Tímto způsobem se dávkuje podíl šlapání a elektrické asistence na celkovém pohonu elektrokola. Výslednice obou těchto složek pohonu se pak přenáší na převodník a z něho řetězem na pastorek zadního kola. Počítačový systém tím zbavuje jezdce starostí s kontrolou pohonu, což zvyšuje jeho pohodu a požitek z jízdy. Zjednodušeně lze říci,

že řídicí jednotka monitoruje frekvenci šlapání a podle nastaveného režimu jízdy, takzvaného módu, pak dává velikost podpory šlapáním elektropohonem. [27]

Poměr lidské, to je svalové síly a elektropohonu, při různých režimech jízdy a různých rychlostech, je charakteristickým parametrem každého kola, který naznačuje jeho výkonové možnosti. Obvykle se přídatný elektropohon podílí na celkové síle maximálně 50 procenty, kdy je tedy k lidské síle v poměru 1:1. Tohoto maxima se dosahuje při rozjezdu z nulové rychlosti až do rychlosti kolem 10 km/h. Při vyšších rychlostech – nad 15 km/h se tento podíl plynule zmenšuje až k rychlosti 25 km/h, kde zaniká úplně. Vyšších rychlostí lze dosáhnout pouze šlapáním. [27]

U moderních elektrokol lze do řídicí jednotky naprogramovat režim jízdy, takzvaný mód či modus. Obvykle má tři stupně:

- normální: střední režim jízdy, poměrně běžný
- ekonomický: šetřící kapacitu baterie a zvětšující dojezd
- akcelerační: používaný ve stoupáních nebo při rychlé jízdě.

Poměrně časté je například mezinárodně srozumitelné označení tří stupňů: Low - Medium - High. Běžná a oblíbená jsou však i elektrokola, která nabízí pouze jeden stupeň asistence. Počet stupňů asistence nemusí být znakem modernosti elektrokola. Režim jízdy, který se volí tlačítky ovládacího panelu na řídítkách, má zásadní vliv na dojezd elektrokola. Rozdíly mohou být značné.

3.3.3. **Baterie:**

Baterie jako akumulátory energie k napájení motoru elektrokola jsou sestaveny z většího počtu elektrochemických článků, takzvaného balíku, u nichž probíhá elektrolytická polarizace mezi kladnou a zápornou elektrodou v příslušném elektrolytu. Je to vratný proces. Při nabíjení se elektrody akumulátoru polarizují a při vybíjení se vrací do původního stavu. Zapojením článků do série má baterie napětí tolikrát vyšší, kolik článků je do série zapojeno. Kapacita zůstává nezměněna jako u jednoho článku. Zapojením článků paralelně se zvyšuje kapacita baterie tolikrát, kolik článků je paralelně zapojeno, napětí zůstává na úrovni jednoho článku. [27]

Pro baterie elektrokol nepřipadá v úvahu ani jedno z uvedených zapojení článků, ale jejich kombinace, sériově-paralelní zapojení. Baterie pak má oproti jedinému článku napětí tolikrát vyšší, kolik článků je zapojeno do série, a kapacitu tolikrát vyšší, kolik článků je

zapojeno paralelně. Při sestavě baterie s články uspořádanými v několika a řadách se obvykle postupuje tak, že se nejprve zapojí články v každé řadě (bloku) do série a potom se řady spojí na koncích paralelně. Příklad: baterie deseti článků 3,6 V - 2,5 Ah zapojených do série ($10 \times 3,6 \text{ V} = 36 \text{ V}$), z toho čtyři bloky článků zapojeny paralelně ($4 \times 2,5 \text{ Ah} = 10 \text{ Ah}$) dává výsledné parametry baterie: napětí 36 V a kapacita 10 Ah. Způsob zapojení článků do baterie bývá vyjadřován i zkratkovitě: 10S4P (10 článků zapojených seriově a 4 paralelně zapojené bloky článků). [27]

3.3.3.1. Rozlišení baterií podle materiálu elektrod:

Podle materiálu elektrod rozlišujeme baterie elektrokol:

- olověné (Pb)
- niklkadmiové (NiCd)
- niklmetalhydridové (NiMH)
- lithium iontové (Li-Ion)
- lithium polymerové (LiPol)

Méně rozšířené jsou lithiové baterie LiMn, LiFePo a další. [27]

Olověné Pb-baterie: Těžké olověné Pb baterie (akumulátory), označované též LA (Lead Acid), již patří minulosti i přesto, že doznaly značného technického pokroku, když klasické „nalévací“ olověné baterie s tekutým elektrolytem (kyselina sírová) nahradily gelové baterie, které nelze vylévat a nevyžadují žádnou údržbu. Ještě v polovině devadesátých let se nacházely i u některých dražších modelů elektrokol, dnes se s nimi setkáme pouze u podřadných nejlevnějších elektrokol vysoké hmotnosti. Pokud není prováděna důkladná recyklace, poměrně nákladná, zatěžují životní prostředí nebezpečnými těžkými kovy, k nimž olovo patří. [27]

Niklkadmiové NiCd-baterie: Niklkadmiové NiCd-baterie v první fázi nejčastěji nahrazovaly zastaralé olověné baterie, které předčily zejména nižší hmotností a také menší zátěží životního prostředí, i když kadmium patří rovněž mezi jedovaté těžké kovy. Baterie NiCd dnes již patří k neperspektivním, mimo jiné pro tzv. „paměťový efekt“, který negativně ovlivňuje jejich dobíjení. [27]

Niklmetalhydridové NiMH-baterie: Vyznačují se vysokou kapacitou, více než dvojnásobnou oproti NiCd-bateriím, při jinak srovnatelných parametrech. Ta však rapidně klesla při větším zatížení, například při jízdě do strmějšího kopce, s jezdcem o vysoké hmotnosti a podobně. A jejich životnost je značně omezena počtem nabíjecích či vybíjecích cyklů, max. 500. Jsou i levnější než NiCd-baterie, mají výhodný poměr ceny a výkonu, lze je snadno recyklovat. Přesto se dnes již ustupuje i od tohoto typu baterií, a současnost patří lithiovým bateriím, kterými je osazena naprostá většina elektrokol.

Lithium iontové Li-Ion-baterie: Vykazují zvýšenou kapacitu a přitom jsou velmi lehké. Jejich cena je oproti NiMH-bateriím vyšší, ale je vyvážená delší životností baterie (až 1 000 nabíjecích cyklů), takže i při vyšší ceně je výhodnější. Předností je snadná recyklovatelnost lithia (což platí i pro další typy baterií s lithiovými elektrodami). [27]

Lithium polymerové LiPol-baterie: Z uvedených komerčně užívaných baterií elektrokol mají nejlepší poměr hmotnosti ke kapacitě a životnosti. Mají velmi nízké samovybíjecí charakteristiky a jsou citlivé na přesné nabíjení. Proto je k dobíjení LiPol-baterií nutné používat pouze nabíječky dodávané pouze výrobcem baterií.

Lithium manganové LiMn-baterie: Vynikající poměr jejich kapacity a hmotnosti přispívá ke snížení celkové hmotnosti baterie. Články pro tyto baterie vyrábí například japonský Panasonic. Jejich většímu rozšíření jako baterií elektrokol zatím brání poměrně vysoká cena. [27]

3.3.3.2. Parametry baterie:

Důležitým parametrem je kapacita baterie, což je celkový náboj, který může baterie při vybíjení vydat, než její napětí poklesne na nejnižší přípustnou hodnotu (vybití baterie). Jednotkou kapacity je ampérhodina (Ah), případně miliampérhodina (mAh). Nezanedbatelným parametrem každé baterie je její vybíjecí charakteristika při určitém vybíjecím proudu. Snížením vybíjecího proudu se prodlužuje doba vybíjení a tím i praktická využitelnost zdroje proudu elektrokola. Což samozřejmě platí i naopak. [27]

Dalším důležitým parametrem baterie je Watthodina (Wh), což je skutečný objem energie v baterii. Jedná se o součin kapacity (Ah) a napětí (V). Akumulátor s napětím 36 V a kapacitou 10 Ah dodává energii 360 Wh (36 V x 10 Ah). [28]

K důležitým parametrům patří také životnost baterie, kterou ovlivňuje kromě její konstrukce i způsob jejího provozování. Životnost baterie se uvádí v počtu cyklů nabití-vybití nebo celkovou dobou jejího trvání. [27]

3.3.3.3. Umístění baterie na elektrokole:

Baterie sestavené z většího počtu článků jsou ukládané do vodotěsných pouzder, která je jednak chrání před povětrnostními vlivy nebo případným poškozením, jednak slouží k umístění baterie na elektrokole. Pouzdra mají různé tvary, volené již s ohledem na místo, které bude baterie na elektrokole zaujímat. [27]

Nejčastější místa vyhrazená pro baterie na elektrokolech jsou za sedlovou trubkou rámu, tedy mezi sedlovou trubkou a zadním kolem, viz *Obr. 14*. Případně uvnitř trojúhelníku tvořeného horní, dolní a sedlovou rámovou trubkou, většinou na dolní rámové trubce v blízkosti šlapacího středu, viz *Obr. 15*. Za těmito místy nezaostává ani uložení baterie na nosiči zavazadel za sedlem, nad zadním kolem, viz *Obr. 16*. Výhodnější je, když baterie není na úložné ploše nosiče, ale pod ní, takže nosič může dále sloužit svému původnímu účelu. [27]

Obr.14



Zdroj: <http://ekolo.cz/agogs-uphill-mtb>

Obr.15



Zdroj: <http://ekolo.cz/elektrokolo-bh-emotion-neo-cross>

Obr.16



Zdroj: <http://biobike.es/tienda/bicicletas-electricas-wisper-805-fe>

Se snižující se hmotností moderních baterií i jejich rozměrů je stále častější uložení baterie uvnitř konstrukce rámu elektrokola, v případě trubkového rámu obvykle v tvarově přizpůsobené dolní rámové trubce. Při tomto neviditelném uložení baterie, ve spojení se zadním nábojovým motorem nevelkého průměru, se takovéto elektrokolo na první pohled příliš neliší od běžného kola. Vzhledem k poměrně velké hmotnosti baterie může mít její umístění značný vliv na polohu celkového těžiště soustavy „jezdec + kolo“. Při umístění baterie v blízkosti šlapacího středu se poloha těžiště příliš neliší od jeho polohy na běžném kole. Ale při umístění baterie na nosiči na zadním kole se celkové těžiště zmíněné soustavy posouvá nejen značně dozadu, ale i hodně výše. V praxi to potom znamená výraznou změnu jízdních vlastností elektrokola v porovnání s běžným jízdním kolem, vyžadující odlišnou techniku jízdy, zejména při projíždění zatáček. [27]

3.3.3.4. Nabíjení a manipulace s baterií:

Při skladování, manipulaci a zejména při nabíjení baterie je třeba řídit se pokyny výrobce. Baterie se dobíjí z běžné sítě 230 V/50 Hz, přes adaptér transformující napětí na příslušnou hodnotu, obvykle 24 V nebo 36 V. Kvalitnější nabíječky jsou vybaveny elektronickou kontrolou nabíjení, která chrání baterii před nadměrným přehříváním. V takovém případě se nabíjení přeruší až do poklesu teploty baterie. U moderních lithiových baterií, kterými jsou dnes osazována elektrokola, řídí nabíjení a vybíjení obvod uvnitř baterie nazvaný BMS (Battery Management System). [27]

Baterie lze nabíjet buď po vyjmutí z elektrokola nebo přímo na elektrokole, bez vyjmutí baterie. Optimální je, když jsou možné oba tyto způsoby nabíjení a lze mezi nimi volit. [27]

Při skladování baterie při delším nepoužívání elektrokola (například v zimních měsících) je vhodné baterii cca jednou za 3 týdny nabít. Baterie by měla být skladována ideálně při pokojové teplotě (zde přijde vhod možnost jejich vyjmutí z elektrokola), rozhodně ne však při záporných teplotách. Ponechání málo nabité baterie po delší dobu na mrazu může baterii nenávratně zničit!

3.3.3.5. Rekuperace:

Dojezd elektrokola na jedno nabití baterie se může prodloužit, pokud je systém pohonu vybaven rekuperací, to je zpětným dobíjením baterie. Pře rekuperaci se motor

dostává do opačné funkce, energii nespotřebovává, ale naopak stává se z něho generátor, který energii vyrábí a dodává baterii. Rekuperace se dosahuje za jízdy z kopce, prodloužení dojezdu vlivem rekuperace však není příliš výrazné. Důvod je v malé hmotnosti soustavy elektrokolo + jezdec. [27]

Baterie je jednou z nejdůležitějších součástí elektrokola. Následující tabulka nabízí srovnání baterií běžně používaných na současných elektrokolech. Ve výběru je zařazena dnes již zastaralá a málo používaná olověná baterie, kterou je však stále možné na nejlacinějších elektrokolech spatřit. V případě kvalitních baterií činí cena baterie i ½ ceny elektrokola.

Tab.2 Parametry akumulátorů elektrokol

Baterie:	¹ ACCU Plus-Pb 36V, 12A	² Li-Ion 24V/7Ah	³ LiPol 36V/10Ah	⁴ LiPol 48V/8,8Ah
Jmenovité napětí:	36 V	24 V	36 V	48 V
Kapacita:	12 Ah	7 Ah	10 Ah	8,8 Ah
Objem energie:	432 Wh	168 Wh	360 Wh	422 Wh
Hmotnost:	11,2 kg	1,35 kg	3,2 kg	3,2 kg
Hustota energie:	39 Wh/kg	124 Wh/kg	112,5 Wh/kg	132 Wh/kg
Hustota energie:	102 Wh/l	140 Wh/l	132 Wh/l	155 Wh/l
Počet nabíjecích cyklů:	300	až 1000	až 1000	až 1000
Samovybíjení:	10-30%/ měsíc	5-10%/měsíc	5-10%/měsíc	5-10%/měsíc
Cena:	2 520 Kč	6 890 Kč	10 190 Kč	10 990 Kč

Zdroje: ¹ <http://www.e-pohon.cz/e-pohon/eshop/4-1/6-2-Olovene-akumulatory/5/47-Akumulator-ACCU-Plus-Pb-36V-12Ah>

² <http://ekolo.cz/baterie-24v-7ah-d158>

³ <http://ekolo.cz/baterie-36v-10ah-5v-usb-lipol>

⁴ <http://ekolo.cz/baterie-48v/8-8ah>

Zajímavé je srovnání hustoty energie resp. energie obsahu akumulátorů elektrokol s automobilovým benzínem a motorovou naftou, jež nabízí Tab.3 na následující straně.

Tab.3

Zdroj energie:	LiPol akumulátor	Automobilový benzín	Motorová nafta
Hustota energie:	110 Wh/kg	12,8 kWh/kg	12,5 kWh/kg
Hustota energie:	130 Wh/l	8,8 kWh/l	10 kWh/l

Zdroje: HÖNIG, Vladimír. Benzín: Paliva a maziva. Přednáška. Česká zemědělská univerzita v Praze.

HÖNIG, Vladimír. Bionafta: Paliva a maziva. Přednáška. Česká zemědělská univerzita v Praze.

Jak je z Tab.3 patrné, hustota energie LiPol akumulátoru na kilogram je více než 100-násobně menší než u automobilového benzínu či motorové nafty, v případě hustoty energie na litr je tento rozdíl přibližně 70ti-násobný.

3.3.4. Kabeláž:

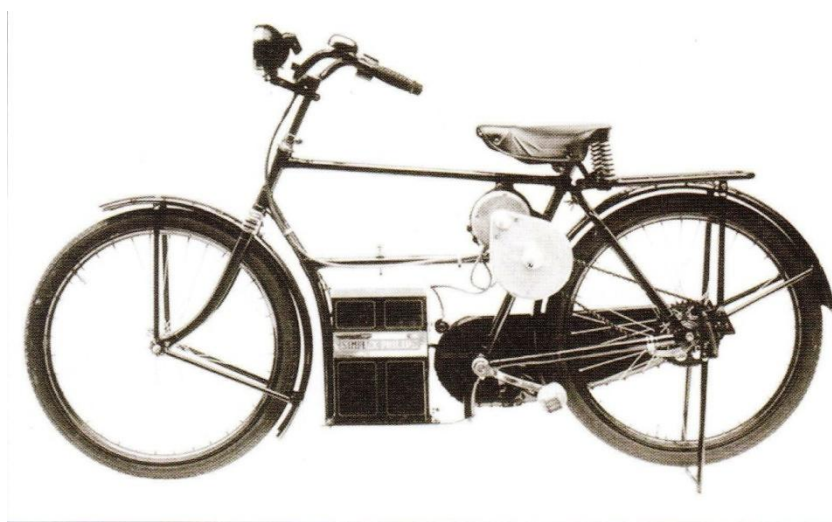
Jednotlivé části elektropohonu jsou propojeny kabely, které musí být zajištěny před poškozením. Proto jsou vedeny pokud možno vnitřkem rámu a mimo rám jsou chráněny plastovou páskou svinutou do šroubovice se závity přiléhajícími těsně k sobě nebo hadičkou z plastu jako ochranným povlakem. Přesto vodiče – kabely patří k velmi poruchovým místům elektro kola, zejména jejich ukončení v páčkách brzd nebo ve spínačích na řídítkách. Lepším řešením je centrální mnohavodičový kabel vedený rámem se sadou konektorů na koncích k připojení na řídicí jednotku a na jednotlivé ovládací prvky. K poškození kabelů nebo k jejich přetržení nejčastěji dochází při nevhodné manipulaci s elektrokolem, při pádech nebo při přetočení řidítek přes dovolenou mez. [27]

4. Historický vývoj využití elektrokol v dopravě:

Myšlenka na vybavení jízdního kola elektropohonem je stará již více než sto let. Důkazy by bylo možné najít v archivech patentových úřadů v průmyslově vyspělých zemích Evropy a v USA, kam již v posledních desetiletích 19. století přicházely přihlášky na tento způsob pohonu velocipedů. Jedním z prvních konstruktérů elektrokola byl jistý Hosea W. Libbey z amerického Bostonu, který si nechal patentovat kolo poháněné elektromotorem umístěným nad středovou osou s klikami. Takovéto ojedinělé pokusy o sestrojení elektrokola však v té době ještě neměly pražádnou naději na praktické uplatnění. [27]

O pár desítek let později, v období mezi dvěma světovými válkami, přibývalo vážnějších pokusů o sestrojení elektrokola. Poplatných velké hmotnosti a značným rozměrům tehdejších baterií, což je většinou odsuzovalo k tomu, že končily v nejlepším případě zhotovením jednoho kusu jako funkčního prototypu. V tomto meziválečném období se dostal do sériové výroby pravděpodobně pouze jeden typ elektrokola. Bylo to elektrokolo EMI/Philips z roku 1932 s elektromotorem EMI, což byla dceřinná společnost koncernu Philips. Tato elektrokola využívala konstrukce běžného jízdního kola s robustnějším rámem, přizpůsobeným k zástavbě motoru a baterie. Těžká baterie umístěná v dolní části rámu dodávala kolu až extrémně nízko položené těžiště. Výrobní série těchto elektrokol jistě nebyla velká, ale elektrokola EMI/Philips se přesto objevovala v ulicích větších nizozemských nebo německých měst. [27]

Obr.17 První sériově vyráběné elektrokolo EMI/Philips z roku 1932



Zdroj: HRUBÍŠEK, Ivo. *Elektrokola: nová dimenze cyklistiky*. 1. vyd. Plzeň: Cykloknihy, 2011. ISBN 978-80-87193-18-1.

Philips spolu s dodavatelem baterií AFA (Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft) Hagan, Berlín, plánoval zavedení licenční výroby svého elektrokola u různých firem vyrábějících jízdní kola, a také firma EMI, do té doby vyrábějící pouze elektromotory, měla zahájit výrobu kompletních bicyklů s elektrickým pohonem. Plány byly veliké, ale zůstalo jen při nich. Tyto projekty se nikdy neuskutečnily. Vývoj elektrokola EMI/Philips zřejmě předběhl technické možnosti své doby. [27]

Ani u nás konstruktéři nezháleli. Jedním z prvních, kdo se zabýval elektrickým kolem respktive „Elektrocyklem“, byl od roku 1938 Ing. H. Fügner. V prototypu z roku 1944 využíval upravené dynamo Sentuilla o výkonu 150 W a napětí 24 V. Na rovině kolo dosahovalo rychlosti 14 km/h a s odpojeným derivačním vnutím až 36 km/h. Olověné baterie měly kapacitu 75 Ah a dojezd na rovině až 70 km. Váha stroje včetně baterií však byla neuvěřitelných 140 kg. [30]

Obr.18 Elektrokolo pana Ing. Fügnera



Zdroj: <http://ekolo.cz/historie>

Dnes jsou u elektrokol velmi rozšířené nábojové elektromotory integrované do náboje předního nebo zadního kola. Na počátku tohoto trendu stál patent, který v roce 1945 podal v Londýně James Emanuel Nash. Nábojový elektromotor podle jeho patentu byl však na hony vzdálen těm dnešním. Označení „nábojový“, podle představ vynálezce, není přesné. Protože do samotného náboje se elektromotor nevešel a ve skutečnosti využíval celý prostor mezi nábojem a ráfkem zadního kola. Výkon elektromotoru se reguloval v několika stupních a spolu s elektrickou brzdou (elektromotor se využíval i k brzdění) se ovládal páčkami na řídítkách. Dvě baterie po stranách zadního kola umožňovaly zapojení jak paralelně, tak i v řadě za sebou (do série), a tím bylo možné měnit napětí proudu přiváděného k elektromotoru. Nábojové motory v dnešní podobě zjednodušují vestavbu elektromotoru do

bicyklu, vestavba nepůsobí neesteticky, a přinášejí některé další výhody. Jejich čas měl však teprve přijít téměř o půlstoletí později. [27]

4.1. Úspěch Yamahy:

Japonská Yamaha jako první prolomila bariéru nedůvěry k elektrokolům, když s nimi docílila výrazného obchodního úspěchu na japonském trhu bicyklů a jednostopých vozidel vůbec. Bylo to v červenci 1993, kdy Yamaha představila veřejnosti elektrokolo ze svého programu PAS (Power Assist System). Byl to výsledek dobře utajovaného a poměrně dlouhého vývoje, který započal v listopadu 1990. První model elektrokola vážil 28 kg, dosahoval rychlosti o málo vyšší než 20 km/h a prodával se za 150 000 jenů, což bylo něco víc než 1000 US dolarů. Hned v srpnu téhož roku byly vybrány tři velké městské aglomerace – Yokohama, Shizuoka a Kobe, do nichž byla dodána elektrokola z limitované série 1000 kusů, sloužící k průzkumu trhu, k testování poptávky po bicyklech s přídatným elektropohonem. Test dopadl na jedničku a následující rok 1994 byl již „rokem velkého skoku“, kdy poptávka po elektrokolech prudce stoupla. O čtyři roky později se již prodávalo 230 000 elektrokol Yamaha PAS ročně. Těch 230 000 elektrokol Yamaha PAS ročně není na stodvacetimilionové Japonsko zase až tak příliš (a to je v tomto čísle započítán i export), ale Yamaha tím učinila první rázný krok, důrazné vykročení směrem k zákazníkovi. Cenný o to víc, že se uskutečnil v zemi zhýčkané pestrostí a bohatostí nabídky bicyklů, mopedů, malých motocyklů či skútrů. Dvě varianty zástavby pohonu Yamaha PAS do elektrokola jsou zobrazeny na *Obr. 19*. Důležitější než komerční efekt však bylo prolomení psychické bariéry v myšlení zákazníků, změna jejich náhledu na elektrokola. [27]

Obr.19 Yamaha PAS



Zdroj: HRUBÍŠEK, Ivo. Elektrokola: nová dimenze cyklistiky. 1. vyd. Plzeň: Cykloknihy,2011. ISBN 978-80-87193-18-1.

Protože je ale těžké přesvědčit zákazníky, pokud někdo nabízí něco nového osamoceně, přesvědčila společnost Yamaha své konkurenty, aby na tento trh také vstoupili, a v dalších letech tak uvedly na trh svá elektrokola i společnosti Sanyo, Panasonic, Mitsubishi, Honda, Suzuki a mnoho dalších. Za účelem přesvědčení prodejců o výhodách elektrokol byly na výstavách jízdních kol zbudovávány zkušební dráhy se stoupáním, pro přesvědčení koncových zákazníků vozili výrobci nákladními automobily elektrokola na všechny možné akce a zde stavěli mobilní „kopce“ tak, aby si co nejvíce lidí mohlo jízdu na elektrokole vyzkoušet. Pouze díky tomu se podařilo, že se trh kontinuálně rozvíjel a že elektrokola kategorie Pedelec v současnosti přeskočila z hlediska počtu kusů všechna motorizovaná jednostopá vozidla. V roce 2011 bylo v Japonsku prodáno 430 000 elektrokol, 257 000 motocyklů s objemem do 50 ccm a 148 000 motocyklů s objemem motoru nad 50 ccm. Japonsko zde může být vzorem pro trhy, jako je evropský, protože k této kontinuální změně trhu došlo pouze v důsledku výhod výrobků a jejich „zažití“. Zkušební dráha na Tokyo Cycle Show 1996 viz *Obr.20* přivedla organizaci ExtraEnergy na myšlenku použít tuto metodu pro přesvědčování obchodníků a koncových zákazníků v Evropě. Již v roce 1997 instalovala organizace ExtraEnergy takovou zkušební dráhu na IFMA v Kolíně nad Rýnem. [28]

Obr.20



Zdroj: HRUBÍŠEK, Ivo. Elektrokola: nová dimenze cyklistiky. 1. vyd. Plzeň: Cykloknihy, 2011. ISBN 978-80-87193-18-1.

Japonsko lze právem označit za kolébku elektrokol v dnešním pojetí, v moderním slova smyslu. Země vycházejícího slunce určovala v devadesátých letech trend bicyklů s alternativním elektropohonem, odtud přicházely nové impulzy v tomto směru. Na rozdíl od automobilů, kde Japonsko udává trend vývoje včetně elektromobilů, je současná nabídka elektrokol japonských výrobců orientována téměř výhradně na tuzemský trh a většina inovací z oblasti elektrokol přichází z Číny a Tchaj-wanu. [27]

5. Technicko-ekonomická analýza alternativní dopravy:

Alternativní dopravní prostředky, ať již se jedná o vozidla s vodíkovým pohonem, vozidla s hybridním pohonem, elektromobily, elektroskútry či elektrokola, jsou dopravní prostředky šetrné k životnímu prostředí, vyznačující se bezhlučným či málo hlučným provozem v porovnání s vozidly poháněnými spalovacím motorem na fosilní paliva. Navíc provoz těchto vozidel je v porovnání s klasickými vozidly spalujícími fosilní paliva výrazně levnější. Výhodou elektroskútrů a elektrokol jsou jejich skromné rozměry, které jim umožňují snadné proplétání se v městském provozu, a především bezproblémové zaparkování. V případě velkého rozšíření elektroskútrů a elektrokol zejména v městské dopravě by zajisté ubylo kongescí, což by se kladně projevilo na dopravě jako takové.

Nejvíce alternativní dopravní prostředky využijí svůj potenciál právě v městském provozu, kde jsou vozidla vybavená hybridním pohonem schopna z velké části využívat ke svému pohonu elektromotor, a dojezd elektromobilů, elektroskútrů a elektrokol daný kapacitou jejich akumulátorů je pro městský provoz zcela dostatečný. Elektrokola navíc přispívají ke zdravému životnímu stylu jejich uživatelů.

5.1. Důvody podporující prosazení elektrokola jako dopravního prostředku:

V konsorciu Go Pedelec, v němž jsou zastoupena města nebo organizace následujících měst: Neapol (I), Graz (A), Miskolc (H), Stuttgart (D), Utrecht (NL) a Praha (CZ), byly shromážděny následující argumenty vedoucí k prosazení elektrokola jako dopravního prostředku. Argumenty jsou seřazeny podle důležitosti z hlediska společenství.:

Nenáročné na místo při parkování:

Elektrokola vyžadují pro parkování stejnou plochu jako běžná jízdní kola, s ohledem na svůj komfort však mají potenciál motivovat 30% řidičů [31] automobilů k přesedlání, čímž by se získal prostor pro další zeleň a hřiště v centrech měst.

Větší mobilita na menším prostoru:

Elektrokola nabízejí velkou mobilitu na malé ploše, protože umožňují všem lidem jezdit rovnoměrnou a podobnou rychlostí ve značné míře nezávislé na stoupání nebo protivětru. Při využití stávající plochy komunikací jsou tedy efektivnější a překonávají přitom podobné vzdálenosti jako auta ve městě a místní dopravě.

Komfortní, výhodná a ve městech rozhodně rychlejší než osobní automobily:

Elektrokola jsou ve srovnání s místní veřejnou dopravou a osobními automobily zpravidla vždy výrazně levnější. Náklady na elektrokolo se v současnosti pohybují kolem 1000 Kč za měsíc [32] a méně včetně odpisů za pořízení, údržbu a opotřebení.

Nízké emise:

Elektrokola mají nízké emise CO₂, nízkou hlučnost a neprodukují emise jemného prachu.

Rostoucí mobilita:

Elektrokola splňují většinu požadavků na mobilitu minimálně stejně dobře jako automobil, pouze levněji, zdravěji a čistěji.

Podpora zdraví:

Podle WHO (World Health Organization) může 30 minut jízdy na kole denně prodloužit život o 8 zdravých let. [33] O to více to platí pro elektrokola, která umožňují netrénovaným lidem nebo osobám se zdravotními problémy snadným a šetrným způsobem znovu jezdit na kole. Kromě toho je možné při použití odpovídajícího elektrokola spojit s pohybem více záležitostí, které dříve vyžadovaly osobní automobil, jako je například přeprava nákladů nebo dětí.

Energetická efektivita:

Na 250 Wh ujede člověk 33 km, zatímco stejná energie je potřebná pro ohřev pouhých 10 l vody z teploty ve vodovodu na teplotu pro sprchování. Při sprchování je v průměru spotřebováno okolo 60 l vody [34], což odpovídá 198 km ujetým na elektrokole.

Klimatické cíle:

Čím více bude elektrokol jezdit, tím snadněji bude možné dosáhnout zákonem stanoveného snížení emisí CO₂, zejména proto, že elektrokola stále častěji nahrazují jízdu autem. [28]

5.2 Nejdůležitější data elektrokol ve vztahu k energii a udržitelnosti:

Tab.4

max. trvalý výkon elektromotoru:	250 W
spotřeba elektřiny podle testu ExtraEnergy 2011:	10,31 Wh/km
spotřeba elektřiny podle testu ExtraEnergy 2011:	1,03 kWh/100 km
průměrná kapacita baterie:	332,29 Wh
průměrný dojezd na jedno nabití baterie:	36,3 km
emise CO ₂ , elektřina ze země s dominující vodní silou (Rakousko):	0,27 kg/kWh
emise CO ₂ , elektřina ze země s dominujícími fosilními palivy (Řecko):	0,84 kg/kWh
emise CO ₂ , strava jezdce, průměrná strava Rakušana:	1,01 kg/kWh

Zdroj: LEWIS, Thomas. Elektrokola a energie z obnovitelných zdrojů. [online]. 2011 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: www.gopedelec.eu

6. Trendy v oblasti využití alternativních dopravních prostředků:

6.1. Vodíkový pohon:

O vodíku se dříve mluvilo jako o palivu budoucnosti. V současnosti tyto hlasy oslavující vodíkový pohon poněkud zeslabují. To, co brzdí rozvoj vodíkových vozidel je nákladná výroba vodíku, jeho energeticky náročné skladování ve vozidle a nutnost vytvoření potřebné infrastruktury.

Nicméně plánují velké automobily, jako jsou Honda, Toyota nebo Hyundai, zahájit kolem roku 2015 komerční výrobu automobilů poháněných vodíkovými palivovými články. Daimler, Ford a Nissan se chystají přijít s těmito automobily zhruba v roce 2017. Německo má v plánu vybudovat do roku 2015 nejméně padesát vodíkových čerpacích stanic, které se stanou základem celostátní sítě. Japonsko a Korea ohlásily podobné záměry. [39]

6.2. Vozidla s hybridním pohonem a elektromobily:

V současné době se stále více prosazují vozidla s hybridním pohonem. Hybridní pohony představují jednu z cest ke snížení energetické náročnosti a ekologické zátěže automobilové dopravy. [8] Řada výrobců dnes nabízí už i speciální modely s hybridním pohonem či standardní modely běžně poháněné pouze spalovacím motorem nahrazené pohonem hybridním.

Elektromobily jsou i přes své nesporné kvality veřejností stále vnímány spíše negativně, za což může především jejich vysoká pořizovací cena, která je v porovnání se stejným modelem se spalovacím motorem cca dvojnásobná. Dalším negativem je omezený dojezd oproti vozu se spalovacím motorem. Pozitivní zprávou však je, že počet dobíjecích stanic, kde je možné elektromobil v případě potřeby na cestě dobít, stále roste, a to zejména ve velkých městech.

Jistě zajímavým důkazem kvality hybridů a elektromobilů je evropská anketa Auto roku, v níž pro rok 2014 zvítězil Peugeot 308, avšak následovaný elektromobily BMW i3 a Tesla Model S. Před dvěma lety, v roce 2012 dokonce tuto anketu vyhrál hybridní Opel Ampera.[36]

Za rok 2012 prodal nejvíce elektromobilů Peugeot (52x iOn) před Citroënem (26 x C-Zero), devět kupců si našel i Opel Ampera a zaregistrována byla i jedna elektrická Octavia

Green E-Line. Mezi importéry modelů s hybridním pohonem byla nejúspěšnější Toyota (128 vozů) přes dceřinnou značku Lexus (115) a další japonskou značkou Honda (64). 37 hybridních modelů ještě prodal Peugeot a sedm Citroën. Statistice jednotlivých modelů vévodí luxusní SUV Lexus RX450h před Toyotou Prius s 57 a Toyotou Yaris (46). Hned za ním se umístilo sportovní kupé Honda CR-Z se 43 prodanými kusy. [37]

V Evropě v roce 2013 se od ledna do listopadu prodalo přesně 51 109 elektromobilů a dobíjecích hybridů, což při celkových prodejkách 10 945 360 automobilů dělá podíl na trhu pouze 4,6 promile. [38]

Tab.5 Nejprodáványší modely elektromobilů a plug-in-hybridů v Evropě, leden-listopad 2013

Pořadí	Značka a typ	Počet prodaných kusů
1.	Nissan Leaf	9 833
2.	Renault Zoe	8 138
3.	Renault Kangoo ZE	5 836
4.	Volvo V60 Plug-In	5 010
5.	Toyota Prius Plug-In	3 648
6.	Mitsubishi Outlander PHEV	3 096
7.	Renault Twizy	2 841
8.	Tesla Model S	2 641
9.	Smart ForTwo ED	2 457
10.	Opel Ampera	2 257
11.	Chevrolet Volt	884
12.	Mitsubishi i-MiEV	815
13.	BMW i3	788
14.	Bollere BlueCar	611
15.	Citroën C-Zero	551

Zdroj: MILER, Petr. Prodeje elektromobilů jsou dále hluboko pod očekáványími těch, kteří je protežují. In: [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/prodeje-elektromobilu-jsou-dale-hluboko-pod-ocekavanimi-tech-kteri-je-protezuji/>

Ačkoliv prodejní čísla ekologicky šetrných vozidel rok od roku stoupají, jak je z výše uvedeného patrné, zatím se jedná pouze o malý podíl na trhu.

6.3. Elektroskútry:

V Číně se stala elektrická jednostopá vozidla v mnoha metropolích i na venkově dominantním dopravním prostředkem. V roce 2011 bylo v Číně prodáno 33 milionů elektrických jednostopých vozidel. Jednalo se téměř výhradně o elektrické skútry, které byly při schvalování po právní stránce klasifikovány z důvodu vybavení šlapkami jako elektrokola. Experti odhadují, že se v Číně pohybuje po silnicích 200 milionů elektrických jednostopých vozidel. Vláda dosáhla ve srovnání s koncem 90. let prostřednictvím finančních pobídek velkého úspěchu elektrické mobility.

V České republice je významným výrobcem a prodejcem elektroskútrů mělnická společnost Akumoto, jenž v březnu roku 2013 ohlásila tisící vyrobený elektroskútr, a to od roku 2007, kdy vstoupila na trh. Toto číslo se dá považovat za úspěch v porovnání s prodeji benzínových skútrů tradičních a zavedených značek. Prodejnost těchto dopravních prostředků navíc rok od roku narůstá. [40]

6.4. Elektrokola:

Podíl kol s elektrickým pohonem na celkovém objemu prodaných kol celosvětově narůstal, až dosáhl takové výše, která se právem považuje za boom elektrokol. Tento trend je však geograficky značně nevyvážený. V asijských zemích, zejména v Číně a Japonsku, výraznější než v Evropě. V západní Evropě, zejména v Nizozemsku a Německu, výraznější než ve východní, kde je dosud trh s elektrokoly málo významný. Tento druh dopravních prostředků zůstal až do nedávna v jakémsi informačním vakuu, na samém okraji pozornosti médií. Pro cyklistické časopisy to již nebyly bicykly (mají motor), pro motoristická periodika to ještě nebyla motorová vozidla (mají pedály). Tento přezíravý postoj se však po roce 2000 pozvolna měnil a elektrokola, která dostávala lichotivé přívlastky jako „kola s větrem v zádech“ nebo „kola, kterým v kopcích narůstají křídla“, si vydobyla své místo na slunci a dočkala se lepších časů. V současné době se již žádný větší mezinárodní veletrh jízdních kol neobejde bez expozice elektrokol, většinou doplněné testovací dráhou, na níž si návštěvníci mohou vyzkoušet jízdní vlastnosti elektrokol různých značek. A zájem je vždy veliký. Na prestižním mezinárodním veletrhu Eurobike, v německém Friedrichshafenu, původně výrazně zaměřeném na horská kola, bylo v roce 2010 elektrokol tolik, že se dostávala do nadpisů článků referujících o tomto veletrhu u nás i v zahraničí. Třeba: Eurobike pdo proudem (elektrickým) nebo Eurobike by se mohl

přejmenovat na Euro e-bike. Nejinak je tomu u nás. V České republice se elektrokola poprvé představila v širším měřítku v roce 2008 na veletrhu Sport Life v Brně díky spolupráci BVV se společností ekolo.cz a německou nadací Extra Energy. Včetně testovací dráhy se simulovanými terénními nerovnostmi a stoupáním, na níž bylo možné ocenit i jednu z největších výhod elektropohonu – pohodlnou jízdu do kopce. Vedle tuzemských elektrokol měli zájemci o zkušební jízdy k dispozici elektrokola předních evropských výrobců. Důstojné prezentace elektrokol na veletrhu Sport Life pak pokračovaly i v dalších letech, to již na mezinárodním cyklistickém veletrhu pod samostatnou značkou Bike Brno, v rámci Sport Life. [27]

Elektrokola dosahují ohromných prodejů, především na největších evropských trzích – v Německu, Nizozemsku a od roku 2009 i v Rakousku. Zpráva o trhu odborného časopisu Bike Europe za rok 2010 konstatovala, že prodeje elektrických jízdních kol v Evropě překročily hranici jednoho milionu. V roce 2015 se počítá již se 3 miliony. Přitom většinu prodávaných elektrických jednostopých vozidel představují elektrokola kategorie Pedelec. Pro další růst prodeje navíc hovoří i vstup nových, produkčně silných hráčů na trh elektrokol. Firmy z oboru dodavatelů automobilového průmyslu jako je Bosch (2010) a Brose-SEW (2011) zdůvodňují svůj krok životaschopností elektromobility v budoucnu. S výrobky sem vstupují další koncerny jako Siemens, Marguardt, Samsung, Höganas, Migros a v neposlední řadě i výrobci automobilů Volkswagen, BMW, Daimler, Audi, Opel, Toyota a Honda. [28]

Od roku 2008 rapidně rostou prodeje elektrokol, často o 50% nebo více ve srovnání s předchozím rokem. Nejintenzivnější nárůst prodejních čísel probíhá v Nizozemsku, které současně disponuje nejvyspělejším trhem. Zde lze pozorovat, že s rostoucí akceptací nahrazují elektrokola běžná jízdní kola. Toto osamostatnění elektrokol se projevuje v celé Evropě. Podle dat uváděných v Electric Bike World Report (EBWR) jezdilo po Evropě v roce 2009 750 000 elektrokol. Tím se stává Evropa největším trhem pro elektrokola kategorií Pedelec a E-Bike, hned po Číně. Podle národního statistického úřadu tam jezdí přes 100 milionů elektrokol. Roční produkce čínských továren vzrostla z 58 000 (1998) na 33 milionů (2011). [28]

V České republice se za rok 2013 prodalo přibližně 13 000 elektrokol [41], přičemž běžných jízdních kol se za rok 2013 v České republice prodalo méně než 350 000. [42] Podíl prodaných elektrokol vůči běžným jízdním kolům jsou necelá 4%, avšak zatímco prodeje běžných jízdních kol stagnují či mírně klesají [42], prodejní čísla elektrokol

v posledních letech stále narůstají a i v následujících letech jsou očekávány stoupající prodeje.

V projektu GoPedelec! bylo téměř 150 politiků, projektantů a jiných rozhodujících osob v šesti evropských zemích dotázáno na jejich postoj k elektrokolu jako dopravnímu prostředku v jejich městě. Přitom se ukázalo, že elektrokolu je přisuzován vysoký potenciál při řešení dopravních problémů ve městech. Více jak 80% dotázaných v Německu, České republice a Nizozemsku je přesvědčeno o tom, že jízda na (elektrických) kolech by mohla přispět k omezení kolon v jejich městě. V Maďarsku vidí tento potenciál dva ze tří politiků, v Itálii sdílí tento názor o něco více jak polovina. Politici a dopravní projektanti jsou si přitom vědomi nejenom praktických výhod bicyklů, ale i získání image města „přátelského pro jízdní kola“. 80% dotázaných z Rakouska, Německa, Nizozemska a České republiky souhlasilo s tvrzením, že podpora cyklistiky by zlepšila image města. Projektanti měst stále častěji souhlasí s tím, že i elektrokola přispívají k pozitivnímu vnímání ze strany okolí. Současně většina dotázaných věří, že propagování elektrokol má pozitivní efekt i na konvenční cyklistiku. Více cyklistů na normálních kolech a elektrokolech povede v ideálním případě k lepší infrastruktuře pro cyklistiku a možnostem parkování, což opět přiměje další lidi, aby přesedlali na bicykl. [28]

7. Závěr:

Se zvyšující se životní úrovní obyvatel ať již České republiky či celosvětově, stoupá i počet automobilů, s čímž je spjato mnoho problémů jakými jsou nedostatečná kapacita komunikací, z níž plyne tvorba kongescí, dále pak zejména ve městech zvýšený hluk, znečištění ovzduší a v neposlední řadě nedostatek parkovacích míst. Odpovědí na tyto v řadě případů velmi palčivé problémy jsou alternativní dopravní prostředky.

Cílem této bakalářské práce je poukázat na výhody, ale i nevýhody alternativních dopravních prostředků, z nichž některé v sobě jistě skrývají dosud málo poznaný potenciál. Alternativní dopravní prostředky, ať již se jedná o elektromobily, vozidla s hybridním pohonem, elektroskútry či elektrokola, se stále více prosazují a získávají důvěru zákazníků, což v největší míře platí pro poslední zmiňovaná elektrokola.

Elektrokolům je věnována značná část této bakalářské práce. Ač se to na první pohled nezdá, rok od roku rostou prodeje elektrol, a to zejména v Německu a Nizozemsku. V Číně se stala elektrická jednostopá vozidla v mnoha metropolích i na venkově dominantním dopravním prostředkem. I v České republice je znatelný nárůst prodejů elektrol.

Elektrokolo poskytuje plynulou, bezpečnou, v městském provozu velmi rychlou a v neposlední řadě také zdraví prospěšnou jízdu bez zapocení s minimálními náklady. Starším lidem a fyzicky slabším jedincům elektrokolo poskytuje možnost zůstat v pohybu a otevírá jim tak nové obzory. Elektrokolům je vytýkána značná hmotnost, vysoká cena a životnost baterie. Do jisté míry to stále platí, avšak nutno podotknout, že elektrokola v posledních letech doznala velkého pokroku, a tak si jistě nezaslouží být opomíjena.

Důležitá pro rozšíření alternativních dopravních prostředků je osvěta, možnost si daný výrobek vyzkoušet, jedině pak je možné na alternativní způsoby dopravy objektivně pohlížet. S alternativními dopravními prostředky je možné se setkat na veletrzích, kde jsou prezentovány samotnými výrobci či prodejci a také energetickými společnostmi. Každý rok na jaře probíhá v řadě českých měst soutěž „Do práce na kole“, která má za cíl ukázat jízdní kolo či elektrokolo jako vhodný dopravní prostředek ke každodenní jízdě do zaměstnání. Každoročně v září se v řadě evropských měst včetně českých koná významná akce „Evropský týden mobility“, jež si klade za cíl seznámit širokou veřejnost s alternativními druhy dopravy.

Ač jsou pro někoho alternativní dopravní prostředky stále hudbou budoucnosti, prodejní čísla, v některých případech stále nepříliš vysoká, avšak meziročně stoupající, či nesporné kvality alternativních dopravních prostředků za čas možná dají za pravdu některým vizionářům, kteří jim předpovídají jasnou budoucnost. Nechme se překvapit!

Použité zdroje:

- [1] REDAKCE ČTK, iDNES.CZ: *Za startem masového automobilismu stojí Ford* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: http://auto.idnes.cz/za-startem-masoveho-automobilismu-stoji-fordfor/auto_ojetiny.aspx?c=A070525_172932_auto_ojetiny_fdv
- [2] Kolektiv CDV Brno.: *Principy a metody rozvoje cyklistické dopravy a infrastruktury*, MDCR 2011 uplatnění výsledků
- [3] Kolektiv CDV: *Analýza potřeb budování cyklistické infrastruktury v ČR - Cycle 21*. 2008. Olomouc : závěrečná výzkumná zpráva
- [4] Provozně-technické ukazatele DPP. [online]. 31.12.2012 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.dpp.cz/dpp-v-datech/>
- [5] Centrální registr vozidel MD ČR. [online]. 1.7.2013 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/centralni-registr-vozidel-865510.aspx>
- [6] REDAKCE NAZELENO.CZ: *Vodíkový pohon*. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vodikovy-pohon.dic>
- [7] HÖNIG, Vladimír. *Vodík: Paliva a maziva*. Přednáška. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- [8] ČEŘOVSKÝ, Zdeněk. *Hybridní pohony automobilů a výzkumné pracoviště pohonů*. České vysoké učení technické v Praze, katedra elektrických elektrických pohonů a trakce
- [9] *Jak funguje vodíkový pohon*. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.automotory.com/hybridni-pohon/>
- [10] HORČÍK, Jan. *Plug-in hybrid*. [online]. 17.9.2009 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/plug-in-hybrid>
- [11] HORČÍK, Jan. *Hybridní automobil*. [online]. 12.12.2006 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/hybridni-automobil>
- [12] HORČÍK, Jan. *Toyota Prius 4.generace: první podrobnosti*. [online]. 31.1.2014 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/toyota-prius-4-generace>
- [13] KUBA, Adolf. HAUSMAN, Jaroslav *Malé dějiny auta*, Albatros, 1973. ISBN 13-802-7314/76
- [14] *Elektromobily, Pořizovací náklady elektromobilů*. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/ekonomicke-aspekty-eeeni-elektromobil/poizovaci-naklady-elektromobil>

- [15] BMW i, Vysokonapěťový lithium-iontový akumulátor. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.bmw.cz/cz/cs/newvehicles/i/i3/2013/showroom/drive.html>
- [16] Elektromobily, Náklady na údržbu. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://elektromobil.vseznamu.cz/ekonomicke-aspekty-eeni-elektromobil/naklady-na-udrhu>
- [17] HORČÍK, Jan. Elektromobil. [online]. 17.9.2009 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/elektromobil>
- [18] Přestavba vozu na elektromobil [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.evgroup.cz/>
- [19] VENGR, Jaromír. ekolo. [online]. Dostupné z: <http://www.elektromobil.wz.cz/>
- [20] BMW i, Elektromotor. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.bmw.cz/cz/cs/newvehicles/i/i3/2013/showroom/drive.html>
- [21] HORČÍK, Jan. Citroën uvádí na trh v České republice Berlingo Electric . [online]. 17.1.2014 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/citroen-uvadi-na-trh-v-ceske-republice-berlingo-electric>
- [22] SKUPINA ČEZ/ELEKTROMOBILITA. Dobíjecí stanice. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.elektromobilita.cz/cs/dobijeci-stanice.html>
- [23] HORČÍK, Jan. TEST: užitkový elektromobil Citroën Berlingo E9 - návratnost do čtyř let. [online]. 11.2.2014 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/test-uzitkovy-elektromobil-citroen-berlingo-e9-navratnost-do-ctyr-let>
- [24] Lithiové akumulátory Akumoto a jejich servis. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.akumoto.com/detail/servis-akumulatoru>
- [25] Elektrické skútry české značky AKUMOTO. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.akumoto.com/produkty>
- [26] HORČÍK, Jan. Elektromotorka. [online]. 27.9.2010 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovník/elektromotorka>
- [27] HRUBÍŠEK, Ivo. *Elektrokola: nová dimenze cyklistiky*. 1. vyd. Plzeň: Cykloknihy, 2011. ISBN 978-80-87193-18-1.
- [28] LEWIS, Thomas. *GOPedelec!*. Vídeň, Rakousko: Konsorcium projektu Go Pedelec, 17.7.2012.
- [29] ŠIKA, Pavel. *Elektrokola. Amatérské radio: časopis pro elektroniky a radioamatéry*. Praha: Svaz československých radioamatérů, 2011. DOI: 1804-7173.

- [30] DITRICH, Jakub. Historie elektrokol. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://ekolo.cz/historie>
- [31] Unveltmaterialen č 173 Elektro-Zweiräder-Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten (Vliv dvoukolových vozidel na mobilitu) – Spolkový úřad pro životní prostředí, lesy a krajinu BUWAL, Bern 2004
- [32] Výpočet ExtraEnergy na základě hodnot trhů z uplynulých let. Jako ztáklad byla vzata životnost baterie 4 roky nebo 19 200 km, cena kW/h ve výši 0,2 Eura a roční náklady na údržbu a náhradní díly 150 Euro.
- [33] KLEIN, Günter. WHO-ECEH Bonn, přednáška na konferenci Wirtschaft in Bewegung (Ekonomika v pohybu), Bonn, 18. dubna 2005
- [34] Spotřeba vody v domácnosti + Tipy, jak ušetřit. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/spotreba-vody-v-domacnosti-tipy-jak-setrit/>
- [35] LEWIS, Thomas. Elektrokola a energie z obnovitelných zdrojů. [online]. 2011 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: www.gopedelec.eu
- [36] VAVERKA, Lukáš. Peugeot 308 zvítězil v evropské anketě Auto roku 2014. [online]. 11.2.2014 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/peugeot-308-zvitezil-evropske-ankete-auto-roku-2014-79866>
- [37] KALOČ, Jiří. Prodeje hybridů a elektromobilů v Česku za rok 2012. [online]. 5.2.2013 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.petrol.cz/aktuality/archiv/2013/5/prodeje-hybridu-a-elektromobilu-v-cesku-za-rok-2012-2225.aspx>
- [38] MILER, Petr. Prodeje elektromobilů jsou dále hluboko pod očekáváními těch, kteří je protežují. In: [online]. 29.12.2013 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/prodeje-elektromobilu-jsou-dale-hluboko-pod-ocekavanimi-tech-kteri-je-protezuji/>
- [39] HOFFMANN, Peter. Na co ještě čekáme? Vždyť se nabízí vodíkové řešení!. [online]. 14.4.2013 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/obnovitelne-energeticke-zdroje-vodik-d83-/zpr_archiv.aspx?c=A130410_154139_kavarna_chu
- [40] VAVERA, Jaroslav. Akumoto vyrobilo už 1000 elektroskútrů. [online]. 20.3.2013 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.motoforum.cz/skutry/akumoto-vyrobilo-uz-1000-elektroskutru/>
- [41] HEBEDA, Petr. Bike akademie, Elektrokola. [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.kastar.cz/soubory/218-w03elektrokolapdf.pdf>
- [42] ČTK. Prodej kol v ČR kvůli krizi i chladnému počasí výrazně klesl. [online]. 8.10.2013 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.financninoviny.cz/zpravy/prodej-kol-v-cr-kvuli-krizi-i-chladnemu-pocasi-vyrazne-klesl/992941>