

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 10: Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Fyzika elektrokola

**Michal Mních
Olomoucký kraj**

Prostějov 2019

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 10: Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Fyzika elektrokola

E-bike physics

Autor: Michal Mních

Škola: Cyrilometodějské gymnázium, základní škola a mateřská škola
v Prostějově, Komenského 17, 796 01 Prostějov

Kraj: Olomoucký kraj

Konzultant: Mgr. Jaroslav Hádr

Prostějov 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Prostějově dne 28. 11. 2019

.....

Michal Mnich

Poděkování

Především bych rád poděkoval svým rodičům, kteří mi, díky svému více než dvacetiletému pracovnímu působení v oboru cyklistiky, pomohli získat přehled a informace v rychle se rozvíjejícím segmentu elektrokol, včetně zapůjčení elektrokola k testování a pořízení fotografií. Dále bych rád poděkoval české firmě Apache elektrokola, jejíž interní technické a servisní materiály, určené pro školení mechaniků, jsem měl k dispozici a mohl jsem je prostudovat. Velké díky patří mému konzultantovi Mgr. Jaroslavu Hádrovi, který mi vždy ochotně odpověděl na mé dotazy a po seznámení s mojí prací poukázal na nedostatky či nepřesnosti.

Anotace

Tato práce se zabývá popisem jízdních kol, u nichž je šlapání do pedálů podporované elektropohonem. V úvodu Vás seznámím s platnou legislativou, která upravuje provoz elektrokola na pozemních komunikacích. Následně rozeberu vybrané fyzikální síly působící na cyklistu. Hlavní část je věnována jednotlivým komponentům elektropohonu. Nesmí chybět nejvíce diskutovaná otázka ohledně dojezdu elektrokola a faktory, které dojezd ovlivňují. Do závěrečné části jsem zařadil informace ohledně údržby a skladování elektrokola. Práci jsem rovněž obohatil poznatky z vlastního testování elektrokola a průzkumem zastoupení elektrokol mezi veřejností.

Klíčová slova

elektrokolo; elektropohon; elektromobilita; komponenty; dojezd

Annotation

This work deals with the description of bicycles where pedalling is supported by an electric motor. In the introduction, I will introduce you to the current legislation governing the operation of e-bikes on roads. Then I will analyze selected physical forces acting on the cyclist. The main part is devoted to individual components of electric drive. The most discussed issue concerning the range of electric bikes and the factors influencing the range must not be missed. In the final part, I have included information about the maintenance and storage of electric bikes. I have also enriched my work with the results of my testing of electric bikes and social research carried out among the public.

Keywords

e-bike; electric-drive; elektromobility; components; range

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Obecné informace o elektrokole	8
2.1	Typy elektrokol a jejich využití	8
3	Legislativa.....	9
3.1	Typové schvalování elektrokol	9
3.2	Platné normy pro elektrokola L1e-A.....	9
3.3	Označení elektrokola.....	9
4	Fyzika na kole	10
4.1	Valivý odpor.....	10
4.2	Odpor vzduchu	10
4.3	Vztah výkonu a rychlosti	10
4.4	Převody a kadence.....	11
5	Elektropohon.....	12
5.1	Elektromotor	12
5.1.1	Typy elektromotorů dle umístění.....	12
5.1.2	Výkon.....	13
5.1.3	Zatěsnění.....	14
5.2	Baterie	14
5.2.1	Umístění.....	14
5.2.2	Kapacita	15
5.2.3	Doba nabíjení.....	15
5.2.4	Životnost	16
5.2.5	Li-Ion baterie	16
5.3	Řídící jednotka	16
5.4	Ovládací prvky	17
5.5	Senzory.....	17
5.5.1	Snímač šlapání	17
5.5.2	Torzní snímač	17
5.5.3	Snímač otáček motoru	17
5.5.4	Snímač rychlosti	17
5.5.5	Brzdový vypínač	18

5.6	Základní elektrické jednotky a vzorce	18
6	Faktory ovlivňující dojezd	19
6.1	Hmotnost jezdce	19
6.2	Režim připomoci	19
6.3	Povětrnostní podmínky	19
6.4	Terén	19
7	Údržba a skladování elektrokola.....	20
7.1	Pravidelná údržba a kontrola.....	20
7.2	Uskladnění elektrokola.....	20
7.3	Skladování baterie	21
8	Praktická část	22
8.1	Testování elektrokola	22
8.1.1	Moje očekávání před jízdou.....	22
8.1.2	Samotná jízda.....	22
8.1.3	Zhodnocení	23
8.2	Jak elektrokolo splnilo mé očekávání?	24
8.3	Průzkum zastoupení elektrokol	24
9	Závěr	25
10	Použitá literatura	26
11	Seznam obrázků a tabulek	27
12	Přílohy.....	28

1 ÚVOD

Jízdní kola jsou výborným dopravním prostředkem a bezesporu úžasným doplňkem zdravého životního stylu. A nejen to, mohou nám zcela jistě přinést i spoustu radosti a nových zážitků. Představte si, o kolik by byly tyto zážitky v přírodě bohatší, kdybyste si je užívali na elektrokole – jízdním kole poháněném motorem a baterií. S bateriemi se setkáváme denně, jsou součástí našich běžných životů a tato technická zařízení nám velice usnadňují život. A právě ve spojení s jízdním kolem vás chci ve své práci seznámit s nadčasovými stroji, jako jsou elektrokola. Žádný výlet už nebude příliš dlouhý, ani žádný kopec příliš prudký, a přitom nezáleží na tom, zda se vydáte po silnici, nebo v terénu...

Cílem mé práce je seznámit širokou veřejnost s trendem současnosti – moderními elektrokoly, s jejich fungováním, technickými rozdíly a jejich typy. Může se zdát, že není nic jednoduššího, než jít a koupit si nějaké elektrokolo. Vzhledem k jeho pořizovací ceně, mluvíme zde o desítkách ne-li stovkách tisíc korun, a také způsobu využití, je jistě vhodné se před nákupem důkladně seznámit s principem fungování elektrokola a jeho možnostmi použití. Jen tak se z nás následně stanou spokojení uživatelé našeho nového e-biku.

Rád bych moji práci použil jako „příručku“ pro budoucí majitele elektokol, kteří se díky ní budou orientovat v dané problematice. Shromážděné informace a postřehy jim mohou usnadnit rozhodnutí, zda elektrokolo koupit. Tato práce zaujme třeba i ty, kteří chtějí vědět jen něco navíc...

2 OBECNÉ INFORMACE O ELEKTROKOLE

Elektrokolo je jízdní kolo, rozšířené o elektrický pohon, který vypomáhá při jízdě. Funkce motoru je aktivována šlapáním do pedálů, které snímají speciální senzory ve šlapacím středu elektrokola. Pokud přestanete šlapat, motor se okamžitě odpojí. Při vypnutém motoru, případně vybité baterii můžete elektrokolo použít jako běžné jízdní kolo, a to bez jakéhokoliv většího odporu při šlapání. Všechna elektrokola, která svými vlastnostmi splňují níže uvedené normy, jsou z pohledu zákona chápána jako běžná jízdní kola, tedy můžete jezdit po cyklostezkách, není třeba řidičský průkaz. Cyklistická helma je povinná pouze pro děti do 18ti let.

2.1 Typy elektrokol a jejich využití

Elektrokola se často dělí dle využití. Mezi nejprodávanější patří městská kola. Další velkou část tvoří trekkingová kola a horská kola. Okrajově se prodávají i silniční elektrokola. Městská kola mají nízko umístěné těžiště a ve spojení s tuhým rámem garantují dobré jízdní vlastnosti. Díky extrémně nízkému rámu je nasedání pohodlné, posed vzpřímený. Tato kola nemají příliš vysoký točivý moment motoru a můžete je využívat pro mnoho účelů, jsou velmi praktická, proto jsou také nejprodávanější. U městských kol jsou většinou použity levnější součástky, elektromotor zapletený v kole a ve většině případů páteřová nebo nosičová baterie. Hmotnost kola není prvořadá. Pokud chcete kolo používat na zpevněném povrchu (například do práce nebo pro turistiku) je nejvhodnější kategorie trekkingové elektrokolo. Tato kola jsou připravena na montáž příslušenství, jako například blatníky, nosiče, koše, stojany a podobně. Toto příslušenství samozřejmě navýší hmotnost elektrokola. U horských kol je naopak váha důležitá a v terénu zajisté oceníte i velice dobré zatěsnění motoru. Každý cyklista si může v této široké paletě elektrokol pro sebe vybrat to nejvhodnější.

3 LEGISLATIVA

V celé Evropské unii musí všechna elektrokola, provozovaná na pozemních komunikacích, splňovat určité požadavky.

3.1 Typové schvalování elektrokol

Elektrokola můžeme rozdělit na 2 kategorie, a to elektrokola a rychlá elektrokola. Elektrokola musí splňovat přísné normy, které níže popíšu. Rychlá elektrokola jsou ta, která tyto normy nesplňují. Pravidla pro schvalování typu byla stanovena nařízením Evropského parlamentu. Všechna elektrická kola jsou zařazena do kategorie L1e, která se dále dělí na podkategorie L1e-A, neboli motokola, kam se řadí elektrokola a na podkategorie L1e-B, nazvanou dvoukolové mopedy, kam se řadí rychlá elektrokola. Pro moji práci jsem si vybral nejrozšířenější kategorii - elektrokola. Rychlymi elektrokoly se v této práci nebudu zabývat.

3.2 Platné normy pro elektrokola L1e-A

Elektrokola, kterými se zabývá tato práce, tedy kategorie L1e-A musí odpovídat svými vlastnostmi normě EN 15194-1. Potom je z hlediska zákona na ně pohlíženo jako na běžná jízdní kola, která musí být vybavena povinným příslušenstvím, jako jsou odrazky, zvonek, dvě na sobě nezávislé brzdy... Evropská norma EN 15194-1 přikazuje, aby jmenovitý výkon motoru byl nejvýše 250 W, napětí systému nepřesáhlo 48 V a aby se elektromotor vypnul při překročení rychlosti 25 km/h (tolerance 10 %), nebo pokud jezdec přestane šlapat. Jediná možnost, jak uvést elektrokolo do pohybu bez šlapání, je pomocí akcelérátoru, kdy rychlost kola však nesmí přesáhnout 6 km/h. Tato funkce se nazývá asistent chůze.

3.3 Označení elektrokola

Rám elektrokola musí být viditelně označen štítkem s výrobním číslem, jménem výrobce nebo dovozce, rokem výroby a číslem dané normy. Štítek je také opatřen údaji 25 km/h, 250 W a slovem EPAC (Standard for Electronically Power Assisted Cycles).



obr 1 - Typový štítek

4 FYZIKA NA KOLE

Na cyklistu působí mnoho sil. V této kapitole rozeberu základní faktory, které ovlivňují jízdu na kole. Jedním z nejdůležitějších faktorů je hmotnost celé soustavy (jezdec + kolo). Lepší než snižovat gramy na kole, což je velice drahá záležitost, může být efektivnější shodit pár kilo u cyklisty – uživatele kola. Na těžší soustavu působí vyšší gravitační síla, kterou spočítáme: hmotnost soustavy (v kg) krát 10. Gravitační síla je udávána v Newtonech. Pro uvedení kola do pohybu musíme začít šlapat a vyvinout sílu na pedály.

4.1 Valivý odpor

Na jedoucího cyklistu působí proti směru pohybu různé odporové síly. Jedna z nich je způsobena obutím kol. Důležitý je materiál, ze kterého je plášť vyroben. Plášť se deformuje v místě styku s vozovkou. Část energie se přemění na jiné energie (teplo...). Důležitý je také tlak v pláštích. Čím nižší je tlak, tím se odpor zvyšuje. Nemalou roli zde hraje opět váha jezdce a také zatížení kola. Se zvyšující se váhou soustavy se odpor zvyšuje. V poslední době je trend zvětšovat poloměry kol, což jezdci přináší vyšší komfort jízdy, ale také zvýšení valivého odporu. Kola, která používají úzké pláště s vysokým tlakem, mají nejmenší valivý odpor, ale zároveň nejhorší přilnavost a velmi nízký komfort z hlediska vibrací.

4.2 Odpor vzduchu

Rychlost vzduchu, ve kterém se jezdec pohybuje, je jiná před ním a za ním, tím pádem jsou rozdílné i tlaky a vzniká odporová síla. Tato síla je ovlivněna hustotou vzduchu, jeho rychlostí a proporcemi cyklisty (opět důležitý faktor – hmotnost jezdce a jeho posed na kole). Hustota vzduchu se snižuje s rostoucí nadmořskou výškou. Důležitou roli sehrává další veličina, a to koeficient odporu vzduchu. Abychom dosáhli lepší aerodynamiky, můžeme použít například aerodynamickou přilbu, použít vysoké ráfky, uzpůsobit posed, nebo si prostě zkusit oholit nohy...

4.3 Vztah výkonu a rychlosti

V první fázi musíme vzít v úvahu kvalitu ložisek, řetězu a dalších komponentů. Při použití nekvalitních materiálů (rezavé, nenamazané součástky), musí jezdec zvýšeným výkonem překonat ztrátu výkonu. Zmíněné nekvalitní nebo špatně udržované součástky mohou znamenat celkovou ztrátu ve výši až 10 % výkonu.

V další fázi může být výkon ovlivněn fyzickou zdatností jezdce. Pokud vezmeme dva stejně fyzicky zdatné jezdce, přičemž jeden bude mít o pár kilo lehčí kolo, jejich rychlostní rozdíl bude zanedbatelný, protože se projeví jen o něco málo menším valivým odporem. V případě, že vezmeme jezdce fyzicky zdatnějšího, jeho rychlost bude mnohem vyšší.

4.4 Převody a kadence

Převody se u jízdního kola skládají z předních a zadních ozubených kol propojených řetězem a z řadících součástek. Plynulé šlapání na rovině, nebo v těžkém terénu se neobejde bez tohoto systému. Počet převodů a poměr počtu zubů se u jednotlivých typů jízdních kol liší. Pokud chce jezdec využít maximální záběrovou sílu, musí šlapat kolmo ke klice a zařadit si vhodný převod, dle terénu, ve kterém se pohybuje (například do kopce by měl využít malé ozubené kolo vepředu v kombinaci s velkým ozubeným vzadu). Soustava převodů nám umožňuje optimalizovat náš výkon a kadenci šlapání. Kadencí neboli frekvencí se rozumí počet otáček klik za časový úsek, nejčastěji za minutu.

5 ELEKTROPOHON

Elektropohon jsou ty součástky, které z normálního jízdního kola dělají elektrokolo. Především se jedná o elektromotor, baterii, řídicí a ovládací prvky.

5.1 Elektromotor

Elektromotory využívají silových účinků magnetického pole. Zjednodušeně, dochází k využití vzájemného přitahování a odpuzování elektromagnetů. Za každým elektromotorem se nachází několik ozubených kol, které přepovídají otáčky motoru.

5.1.1 Typy elektromotorů dle umístění

Elektrokola používají výhradně 3 typy elektromotorů. Elektromotory se rozlišují podle umístění na kole, a to na elektromotory středové, v předním nebo zadním náboji. Pochopitelně, každý typ má nějaké výhody a nevýhody.

Nejlevnější motor je motor zapletený do předního kola, tedy v předním náboji. Není příliš často používaný, jelikož má hned několik nedostatků. Jeho největším neduhem je snížení životnosti přední vidlice. Již po krátké době se může projevit vůle v pouzdrech přední vidlice, a to z důvodu přenosu točivého momentu na vidlici. Stálé zapínání a vypínání motoru působí negativně na toto nejslabší místo. Další velký problém je ve vedení kabelů od motoru k ostatním komponentům. Kabely vedou přes pohyblivou část vidlice a hlavové složení, což znamená neustálé ohýbání a namáhání kabelů. To může způsobit kratší životnost. Toto provedení se dnes již používá pouze výjimečně, a to v případech, kdy nelze použít zadní motor. Kolo s předním pohonem má horší stabilitu, hlavně v zatáčce za horších povětrnostních podmínek – mokrá silnice.

Motor zapletený do zadního kola se nyní běžně používá u levnějších elektrokol. Toto provedení nemá problémy jako přední motor. Vedení kabeláže je bezproblémové a elektromotor je pevně uchycen do zadní stavby rámu kola. Přenos síly je bezproblémový. Avšak toto provedení má i přesto nějaké nevýhody. Z důvodu umístění v zadní části kola je nevýhodné rozložení váhy kola. Je obtížnější s kolem manipulovat, obzvláště, když je i baterie umístěna v zadní části kola. Všechna váha se soustředí na zadní kolo. Nepříjemná situace nastane v případě defektu duše. Při výměně je zapotřebí rozpojit konektor motoru. Samotná výměna duše je obtížnější, protože vyjmuté kolo je mnohem těžší než u běžného kola. Jeho váha může být až několikanásobně vyšší. Princip fungování je poměrně jednoduchý. Osa zadního kola je pevně



obr 2 - Elektromotor v zadním náboji a vedení kabelů

umístěna v rámu, na ní je umístěn elektromotor, uvnitř náboje je převodovka, která přenáší sílu ze statoru na obal náboje, který roztáčí. Z tohoto důvodu se točí celé kolo. Tento princip je velmi podobný elektroautům.



obr 3 - Elektromotor v zadním náboji

Nejdokonalejším pohonem elektrokol, který nemá nedostatky předního ani zadního elektromotoru, je středový motor. Mezi jeho přednosti patří vyšší kroutící moment, a také vyšší výkon. Umístění motoru nenarušuje těžiště kola a vzdálenost od baterie je minimální. Za jedinou nevýhodu můžeme považovat vyšší opotřebení řetězu elektrokola, a to v důsledku převodu energie od motoru pomocí tohoto řetězu. Jedná se bezesporu o nejlepší systém pohonu, ale také nejdražší. Zajímavé je fungování tohoto motoru. Motor je umístěn ve středové části rámu a jeho součástí je šlapací středová osa, která je od motoru oddělena volnoběžkou. Na této ose jsou umístěny kliky a pedály. Na motoru je také pevně umístěn převodník, na kterém je řetěz, který přenáší sílu



obr 4 - Středový elektromotor

na zadní vícekolečko, které je stejné jako u normálního kola. Středový pohon pracuje až na výjimky s torzním snímačem síly šlapání a podle zvoleného stupně míry asistence pohonu dává sílu. Pocit ze šlapání je velice podobný pocitu při jízdě na klasickém jízdním kole.

5.1.2 Výkon

Evropské zákony dovolují elektrokolům jmenovitý výkon 250 W. Většina elektromotorů má však výkon mnohem vyšší a výkon je omezen pouze elektronicky. Během jednoho otočení pedálů je výkon až 1000x změřen. Někteří výrobci si zákon interpretují takovým způsobem, že průměrný výkon během jedné otáčky musí být nejvýše 250 W. Tudíž elektronický omezovač může v některé fázi dovolit vyšší výkon a v jiné fázi naopak výkon snížit. Toto zvyšování a snižování výkonu motoru vzniklo v důsledku toho, že cyklista také nešlape do pedálů pořád stejnou silou. Při kombinaci elektropohonu a síly cyklisty vznikne naprosto plynulý pohyb klikami a celého elektrokola.

U elektrokol je také poměrně důležitý točivý neboli kroutící moment elektrokola. Točivý moment nám říká, jakou má elektrokolo okamžitou sílu, jakou sílu je schopné okamžitě vydat. Čím vyšší točivý moment je, tím elektrokolo dokáže zrychlit za menší časový úsek. Zapletené motory mají většinou kroutící moment v rozsahu do 40 Nm. Naopak středové motory mají kroutící moment vyšší, kolem 80 Nm. U dražších, lepších elektrokol se středovým

elektromotorem, tedy vyšším točivým momentem, se často vyskytuje torzní snímač. Ten elektronicky omezuje kroučící moment podle síly šlápnutí do pedálů. Jeho funkci níže podrobně rozeberu.

5.1.3 Zatěsnění

Málokdo si dokáže vysvětlit pojem zatěsnění a ani mně nejdříve nedošlo, o co se jedná. Jedná se zjednodušeně o stupeň krytí elektromotoru před vodou nebo prachem. Jen málo zákazníků bere v potaz tuto informaci při koupi elektrokola, i přes to, že se jedná o docela důležitý údaj. Většina levných čínských elektrokol má zatěsnění nekvalitní. Po krátké době používání se vám může stát, že se do motoru dostane vlhkost a nečistota. To bude pro motor pravděpodobně smrtelné. Stupeň zatěsnění není závislý jen na ceně kola, ale také na typu kola. Městská elektrokola mají horší zatěsnění, zatímco horská kola ho mají velmi dobré. Setkal jsem se s elektrokolem, které podle informace výrobce vydrží utopení motoru i několik metrů pod hladinou.

5.2 Baterie

Baterie je u elektrokol, stejně jako u elektromobilů, nejdražší částí. Je tedy potřeba věnovat zvýšenou pozornost při manipulaci s ní, ale také při nabíjení a skladování.

U elektrokol se používají převážně Li-Ion baterie různých tvarů. Někteří výrobci mají svoje tvary baterií, jiní používají univerzální tvary, tudíž je lze zaměnit například za baterie s vyšší kapacitou. Baterie se liší hlavně tím, jakým způsobem jsou umístěny.

Všechny baterie mají integrovaný zámek proti odcizení. Baterie má také spínač a konektor pro nabíjení. Některé novější typy baterií disponují USB portem, například pro nabíjení telefonu.

5.2.1 Umístění

Baterie umístěná na rámu kola je baterie rámová. Nenarušuje design kola a těžiště kola se nezmění, což je výhoda. Možnou nevýhodou může být to, že baterie zabere místo v rámu a nezbyvá prostor například na košík na láhev.

Většina městských nebo levnějších elektrokol má baterii nosičovou, to znamená, že baterie je umístěna uvnitř nosiče nad zadním kolem. Tuto baterii je velmi jednoduché vyjmout z kola. Hlavní nevýhodu této baterie vidím v tom, že těžiště kola se posune nahoru a dozadu. Kolo ztrácí stabilitu a může být obtížnější ho řídit.

U městských kol se často také objevuje baterie sedlová neboli páteřová. Nachází se mezi zadním kolem a sedlovou tyčí. S touto baterií je obtížnější manipulace, musí se odklopit či sundat sedlo a baterii vytáhnout nahoru. Naopak není narušeno těžiště.

Novinkou poslední doby jsou integrované (vnitřní) baterie. U nových elektrokol se objevují stále častěji. Tyto baterie naprosto zapadají do designu kola. Problém může nastat při manipulaci s touto baterií. Domnívám se, že za pár let bude mít tyto baterie většina elektrokol. Myslím si, že se jedná o nejlepší řešení, jak umístit baterii. Tomu také odpovídá jejich cena.

5.2.2 Kapacita

Kapacita baterie se udává v Ah (Ampérhodiny). Kapacity baterií se nyní pohybují v rozmezí 10,4 a 20,4 Ah. Celá baterie je složena z několika článků, které jsou vzájemně sériově propojeny. Lze si to představit, jako byste zapojili několik tužkových baterií za sebe. Množství článků (kapacita) v baterii je limitováno velikostí baterie a typem umístění. Například u nosičových baterií je kapacita většinou do 16 Ah. Rámové baterie mohou obsahovat až 65 článků, tzn. přes 20 Ah.

U baterie se udává výdrž v závislosti na napětí systému. Jeho výpočet je jednoduchý – kapacita x napětí = energie („výdrž“) Wh a opačně. Pokud Wh vydělíme výkonem motoru (většinou 250 W), zjistíme, kolik hodin jízdy elektrokolo na plně nabitou baterii ujede za podmínky, že motor běží stále konstantně „na plno“.

5.2.3 Doba nabíjení

Hlavním faktorem doby nabíjení je typ nabíječky. V dnešní době existují kromě obyčejných nabíječek i rychlonabíječky. Nabíječky se neliší v napětí, nýbrž v proudu, kterým baterii nabíjejí. Napětí nabíječky musí odpovídat napětí baterie. Proud u klasických nabíječek je většinou 2 A, u rychlonabíječek to může být i 6 A. Dalším důležitým faktorem je kapacita nabíjené baterie,



obr 5 - Páteřová baterie



obr 6 - Integrovaná baterie



obr 7 - Nabíjení baterie

tedy počet článků, které nabíjíme. Platí pravidlo, že čím je vyšší kapacita baterie, tím delší je doba nabíjení. Výhodou lithiových baterií je možnost nabíjení kdykoliv, to znamená, že nemusíme baterii úplně vybit. Této vlastnosti říkáme, že baterie nemají paměťový efekt.

5.2.4 Životnost

Udávaná životnost baterií je cca. 1000 nabíjecích cyklů. Výrobci garantují, že baterie bude mít po 2 letech minimálně 60 % své původní kapacity, a to při zachování doporučené údržby a skladování baterie. Reálné ztráty jsou však u kvalitní značkové baterie cca 10 % ročně. K zakoupení nové baterie, či repasování baterie dochází zhruba po 5 až 7 letech, kdy baterie stále funguje (zdaleka neuběhlo 1000 nabíjecích cyklů), ale dojezd je již příliš nízký.

5.2.5 Li-Ion baterie

Li-Ion baterie jsou jedny z nejpoužívanějších baterií celkově. Mají totiž spoustu výhod, od nízké hmotnosti, až po dlouhou životnost. Nízká hmotnost je způsobena velice vysokou hustotou energie. Kilogram baterie může vydat až 200 Wh. Další výhodou těchto baterií je, jak už jsem zmínil, dlouhá životnost - okolo 1000 nabíjecích cyklů, ale také minimální samovybití (do 10 % za měsíc). Li-Ion baterie nemají paměťový efekt – můžete je dobíjet v jakékoliv fázi vybití baterie, ideálně však po každé jízdě. Nevýhodou Li-Ion baterií je fakt, že bateriím vadí úplné vybití. V případě, že se články baterie dostanou pod napětí 2,8 V, je velmi těžké až nemožné ji „zachránit“, proto se doporučuje baterii pravidelně kontrolovat a nabíjet, i při nepoužívání.

Základem Li-Ion baterie je Lithium. Jedná se o velmi nebezpečný chemický prvek, na vzduchu hořlavý. Je velmi důležité věnovat vysokou pozornost zacházení a skladování baterie. Je životu nebezpečné provádět neodborné zásahy do tohoto zařízení.

5.3 Řídicí jednotka

Řídicí jednotka, stejně jako u auta, je centrální mozek elektrokola. Nachází se v blízkosti baterie a z tohoto místa řídí všechny elektrické komponenty. Přijímá a zpracovává signál ze všech senzorů, a také z displeje a podle toho ovládá přítok energie do motoru.



obr 8 - Řídicí jednotka

Řídicí jednotky se dělí dle rozdílných signálů, které vysílají do motoru. Většina značkových elektrokol využívá jednotky se sinusovým signálem. Což se projevuje mnohem plynulejším a tišším chodem. Řídicí jednotky se čtvercovým signálem jsou dnes už na ústupu. Rozdíl v řídicích jednotkách je také v kabeláži, spojující řídicí jednotku a motor. Nejčastěji používané kabeláže jsou buď třípinové nebo devítipinové.

5.4 Ovládací prvky

Každé elektrokolo musí mít ovládací panel, pomocí kterého je řízen elektrický systém. Jezdec může ovlivnit sílu přípomoci elektromotoru, zapnout světla, sledovat stav baterie a další funkce elektrokola.



obr 9 - Ovládací panel

5.5 Senzory

Elektrokolo má několik senzorů, které zajišťují správnou funkci všech elektrických součástek. Jejich signály zpracovává řídicí jednotka.

5.5.1 Snímač šlapání

Někdy také označovaný PAS. Využívají ho výrobci pro levnější elektrokola a jeho fungování je velice primitivní. Nachází se na ose otáčení klik. Jakmile se osa začne otáčet, senzor sepne a vyšle signál do řídicí jednotky, aby zapnula motor.



obr 10 - Snímač šlapání

5.5.2 Torzní snímač

Torzní snímač je alternativa pro dražší kola. Jeho funkce je vylepšena tím, že nesnímá pouze otáčení osy, ale také sílu, jakou jezdec do pedálů šlape. Elektromotor na základě těchto informací využívá pouze takovou část výkonu podle toho, jak šlapete. Tento snímač ocení cyklisté, kteří očekávají podobný požitek z jízdy na elektrokole jako na normálním jízdním kole.

5.5.3 Snímač otáček motoru

Snímač otáček je známý také pod názvem hall senzor. Nachází se uvnitř motoru. Řídicí jednotka dokáže díky němu uspořit energii, ale také zajistí plynulý chod motoru.

5.5.4 Snímač rychlosti

Snímač rychlosti využívá každý cyklo-computer, ale můžeme ho najít také u aut. Tento senzor se skládá ze dvou částí, a to senzor a magnet. Senzor je připevněn na rámu elektrokola a magnet kmitá kolem senzoru. Magnet je umístěn na kole většinou ve výpletu. Podle počtu otáček kola lze, po správném nastavení obvodu kola, zjistit rychlost. Elektrokola tento senzor potřebují pro zobrazování rychlosti na displeji, ale také pro správnou funkci omezovače (25 km/h).

5.5.5 Brzdový vypínač

Brzdový vypínač je součástí brzdových páček. Jakmile stisknete páčku, ta stiskne tlačítko senzoru, který vyšle signál do řídicí jednotky. Řídicí jednotka téměř okamžitě vyřadí elektromotor z provozu. Tento senzor se používá u kol se snímačem šlapání, nikoliv s torzním snímačem. Důvodem použití je delší doba odezvy snímače šlapání. Když přestanete šlapat, dochází ještě k doběhu motoru. Při brzdění brzdový vypínač odpojí motor hned, aby nebyla brzdná dráha příliš dlouhá a kolo bylo bezpečnější.

5.6 Základní elektrické jednotky a vzorce

- Výkon – ve wattech (W)
 - Různé motory se mohou lišit ve výkonech, čím je vyšší výkon, tím je silnější motor.
- Práce – ve watthodinách (Wh)
 - Díky tomuto údaji můžeme spočítat dobu dojezdu. Viz. kapitola [5.2.2 Kapacita](#)
- Napětí – ve voltech (V)
 - Celý elektrosystém má stanovené napětí. To znamená, že používáme baterii o daném napětí, ale také motor a nabíječku shodného napětí. U elektrokol to je většinou 36 V.
- Proud – v ampérech (A)
 - V proudu se liší také nabíječky. Nabíječka s vyšším proudem bude nabíjet rychleji.
- Kapacita – v ampérhodinách (Ah)
 - Podle kapacity rozlišujeme baterie. Čím vyšší máme kapacitu, tím dojedeme na baterii delší vzdálenost.

6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ DOJEZD

Na základě praktické části – testování elektrokola - jsem vybral 4, za mě nejdůležitější faktory, které dokážou ovlivnit dojezd vašeho elektrokola. Kromě níže rozepsaných, má nezanedbatelný vliv i technický stav kola – volba plášťů, jejich nahuštění, seřízení brzd, namazání řetězu, stav ložisek a tak dále.

6.1 Hmotnost jezdce

Samotná váha elektrokola je okolo 20 kg. Na rozdíl od auta, je u elektrokola váha jezdce velice důležitá. Kolo pozná rozdíl mezi 60 kg a 100 kg zátěží. Tento faktor se dá kompenzovat fyzickou zdatností jezdce. Pokud ani toto nepomůže, doporučuji pořídit elektrokolo s větší kapacitou baterie.

6.2 Režim připomoci

Jak se ukázalo v praktické části, jedná se o velice důležitý faktor. Pro nejlepší dojezd, volte do kopců nižší stupeň asistence a na přehazovače volte lehčí převody. Pojedete pomaleji, ale naopak dojezd se prodlouží. Naopak na rovince se nebojte využít střední stupeň asistence, odpor v baterii není vysoký, kolo jede velice úsporně.

6.3 Povětrnostní podmínky

Povětrnostní podmínky dokáží velkou měrou ovlivnit dojezd. Mezi důležité patří teplota a protivítr. Ideální situace pro jezdce nastane, pokud protivítr nefouká a teplota je okolo 20°C. Při nevhodných teplotních podmínkách se můžeme dostat do situace, kdy se motor přehřeje. Motory jsou vybaveny teplotními čidly, díky nimž se kolo okamžitě vypne. Po vychladnutí motoru můžete pokračovat v jízdě, ale měli byste nastavit nižší stupeň připomoci, aby se situace neopakovala.

6.4 Terén

Čím větší je sklon terénu, podloží kamenité, bahnité nebo rozbité, tím je jízda náročnější, jak pro jezdce, tak pro baterii. Ve zhoršených podmínkách, a to i klimatických, dochází ke snížení dojezdové vzdálenosti, a to v důsledku větší fyzické zátěže jezdce, který si volí vyšší stupeň připomoci. Dojezd si může jezdec prodloužit vypnutím motoru při jízdě po rovině nebo při klesání.

7 ÚDRŽBA A SKLADOVÁNÍ ELEKTROKOLA

Elektrokolům se zaručeně musí věnovat mnohem vyšší pozornost než obyčejným kolům, nejenom, že se jedná o dražší dopravní prostředek, ale také elektrické součástky vyžadují pravidelnou údržbu, aby vám zaručily nejen bezproblémové a dlouhodobé fungování, ale hlavně bezpečnost.

7.1 Pravidelná údržba a kontrola

Naprostο nejduležítějšί je udržovat elektrokoło a všechny jeho komponenty v čistotě. Nejlepší je kolo umývat po každé jízdě. Toto doporučení uslyšíte v každém obchodě při prodeji kola. „Kbelík, smetáček, hadřík a kolo ručně umýt!“ V žádném případě se nedoporučuje umývat kolo vysokotlakovou vodou. Voda se dostane dovnitř kola, ale ven už ne.

Většina „cyklistů“ naprostο zanedbává další důležitou věc, kterou je mazání řetězu. Řetěz se musí mazat pravidelně a pouze vhodnými oleji. Při silném znečištění nejprve řetěz vyprat a poté namazat.

Při provozování kola v zimním období si dejte pozor na sůl, je potřeba především očistit konektory a kabely. Dávejte si pozor při jakékoliv manipulaci s elektrokołem, aby nedošlo k poškození kabelů elektrického systému. Při poškození elektrokola, především baterie, v žádném případě nesmíte kolo používat, představuje to riziko úrazu. Je nutné vyhledat autorizovaný servis.

Při převozu kola na autě nebo v autě se doporučuje vyjmout baterii z kola. V některých případech je také nutné vyjmout přední nebo zadní kolo. V případě kotoučových brzd vložte do třmenu brzdy speciální součástku dodanou ke kolu nebo alespoň kus kartonu. Pokud tak neučiníte, může dojít ke zavzdušnění brzdy. Oprava se provádí v servise a nemusí to být levná záležitost.

Důležité je kontrolovat správné dotažení všech šroubových spojů, a hlavně správnou funkci brzd. Dále je potřeba kolo pravidelně vizuálně kontrolovat, obzvláště po havárii. Můžete tak najít skrytou prasklinu na rámu, řídítkách, vidlici, nebo představci.

7.2 Uskladnění elektrokola

Co se týká uskladnění celého kola, je ideální skladování na suchém místě s vyjmutou baterií. Před uskladněním je dobré kolo očistit a promazat. Kolo se vám odvděčí, pokud nahustíte duše v kolech.

7.3 Skladování baterie

Skladování baterie čeká každého majitele elektrokola, například přes zimu. Baterie byste měli přes zimu z elektrokola vyjmout a nabít, ale ne na 100 %. Poté skladovat v suchém a větraném místě mimo přímé sluneční paprsky. Návody říkají, že teplota by se měla pohybovat mezi -10°C až 40°C. Ideální je však, stejně jako pro auto-baterie cca 10 – 15°C. To je jeden z důvodů, proč baterii neskladovat doma. Baterie by se měla alespoň jednou za 3 měsíce zkontrolovat a případně znovu dobít, z důvodu samovybíjení lithiových baterií. Baterie je nebezpečný materiál, nikdy ji nesmíme vyhazovat do kontejneru na odpad.

8 PRAKTICKÁ ČÁST

Moji praktickou část jsem se rozhodl rozdělit na dvě části. V první části jsem sám jedno elektrokolo otestoval a z tohoto testování jsem napsal recenzi. Do druhé části jsem zapracoval výsledky mého průzkumu, který jsem prováděl během mé letní brigády. Pozoroval jsem poměr projíždějících obyčejných jízdních kol a elektrokol. Výsledky byly překvapivé.

8.1 Testování elektrokola

Otestoval jsem elektrokolo z modelové řady Merida 2019 eONE-TWENTY M#RIDA, které je v originální výbavě dodáváno s motorem a baterií Shimano E8000, převodovým systémem 1x12 GX/NX 11-50z, 4-pístkové brzdy Sram Code R, zapletená kola Fulcrum E-Fire 500 B+ Boost Tubeless Ready.

Profil testovací trati, ve které bylo elektrokolo otestováno, je typický pro okolí Prostějova směrem na Moravský kras. Terén je zvlněný, převažují turistické stezky, lesní cesty a pěšiny, z kopce i do kopce, bahnité i kamenité polní cesty a krátké přejezdy po asfaltu. Konkrétní trasa byla Prostějov, Repechy, Niva, Bílý kříž, Baldovec, Holštejn, Šošůvka, Ostrov u Macochy, propast Macocha, Skalní mlýn, Punkevní žleb, Sloup, Žďárna, Protivanov, Repechy a zpět do Prostějova.

8.1.1 Moje očekávání před jízdou

Představoval jsem si, že jízda na zkušném elektrokole bude s mým minimálním úsilím, takřkajíc se povezu, bez nutnosti vynakládat větší sílu při šlapání. Očekával jsem, že si zařadím těžký převod, a že to motor zvládne. Díky vyšší hmotnosti kola jsem předpokládal zhoršené ovládání při jízdě v terénu. Jelikož se jedná o elektrokolo z vyšší cenové kategorie, očekával jsem přesné řazení, nadstandartní brzdový účinek, ale také velmi komfortní funkci odpružené vidlice a zadního tlumiče. Domníval jsem se, že dojezd baterie bude mnohem nižší, než udává výrobce.

8.1.2 Samotná jízda

Testovací celoodpružené elektrokolo Merida je při bližším ohledání velice precizně zpracováno, a to včetně zesílených čepů rámu. Přepracovaná geometrie rámu nabízí pohodlnější posed a v kombinaci s krátkým představcem a širokými říditky poskytuje obrovskou úroveň kontroly i v těch nejkomplicovanějších situacích. Vidlice a tlumič RockShox fungují naprosto perfektně. Řazení je velice plynulé, snad jedině brzdy potřebují ještě delší dobu záběhu, ale s přibývajícím „nabržděnými“ kilometry začíná být znát síla čtyřpístkových brzd. Pro mě, jako klasického cyklistu, bylo velkým překvapením, že Shimano vyrobilo tento systém přípomoci takovým způsobem, aby podporoval především šlapání shodné jako na klasickém kole, a to hlavně frekvenční, nikoliv jen bezduché točení klikami bez energie jezdce. Představa

některých lidí, a i moje očekávání bylo právě trochu jiné, nebudu vynakládat sílu a elektrokolo pojede skoro samo...

U podpory Eco, na kterou jsem absolvoval takřka celou vyjížďku (s občasným přepnutím na Trail) je jasně patrné graficky na displeji, jak moc danou přípomoc jezdec využívá. Současně jsem na displeji pozoroval, při vyšší frekvenci šlapání, jak mi elektrokolo více pomáhá, což je úžasné, určitě alespoň pro ty cyklisty, kteří se i při jízdě na elektrokole chtějí zapotit. Odměnou je delší dojezd, při stejné únavě jezdce jako s klasickým jízdním kolem a plynulejší zdolávání strmých kopců bez nutnosti sesednout a tlačit kolo. Při váze tohoto kola něco přes 22 kg a jeho vyvážení, je ovladatelnost výborná a přejíždění z vyjetých rigolů lesních sjezdů je až neuvěřitelně snadné. Samotná váha motoru E8000 - 2,8 kg s kroutícím momentem 70 Nm, maximálním výkonem 500 W dodává kolu potřebnou akceleraci v jakémkoliv terénu. Dvojité zatěsnění motoru zvyšuje ochranu motoru proti vodě a špíně.

V terénu není ani nijak omezující rychlost, do které pomáhá podle EU legislativy přípomoc a to 25 km/h Nepodařilo se mi v terénu nebo do kopce jet rychleji, ovšem na asfaltu je to docela něco jiného, tady by si zasloužilo kterékoliv elektrokolo přípomoc zvednout na jako v jiných zemích mimo EU legálních 32 km/h (například Kanada)

Předpokládaný dojezd objevující se na displeji při 100% nabití baterie je při Eco režimu 100 km. Reálně dojezd ovlivňuje několik faktorů, a to především: váha jezdce, zvolená přípomoc, profil terénu, nafouknutí kol, celkový technický stav e-kola, včetně baterie, teplota prostředí. Při testu byla použita převážně přípomoc Eco a Trail, a to vzhledem k délce okruhu, který jsem si naplánoval. Baterie byla po víc jak 50 km ještě podle ukazatele ze 60 % nabita, takže dojezd 100 km a víc se jevil jako zcela reálný, což jsem i ověřil touto vyjížďkou, která měla 105 km a displej ukazovala po dojezdu ještě pár km přípomoci k dobru. Přípomoc Trail je ale z výroby nastavena celkem blízko k Eco, takže byla uživatelem následně provedena úprava v aplikaci "E-tube Projekt" na vyšší stupeň High. Nejsilnější přípomoc Boost, kterou jsem ale za celou vyjížďku, kromě krátkého vyzkoušení, nepoužil, by asi řádně zahýbala s dojezdem. Vyzkoušel jsem i několikrát jízdu s vypnutou přípomoci, není nijak namáhavá až do chvíle, kdy se cesta začne zvedat, tady se přece jenom projeví váha kola. Odpor motoru, si troufám říct, je stejný jako odpor klasického zapouzdrženého středu jízdního kola.

8.1.3 Zhodnocení

Co říci závěrem? Pokud jste výkonnostně orientovaný cyklista nebo trekingový jezdec se sportovními ambicemi a chcete, aby vám e-kolo pomáhalo ve vašem výkonu, tak japonský systém Shimano STePS ve spojení s vysokou kvalitou ostatních komponentů je to pravé. Navíc i s tímto motorem se Meridě podařilo dosáhnout stejné geometrie rámu i u elektrokola a zachování výborných jízdních vlastností. Pokud se vám "nechce" a chcete se jen vozit bez námahy, tak zvolte raději nějaký čínský výrobek nebo jiný systém s vyšším kroutícím momentem, který ovšem může být pro skutečného cyklistu spíše na škodu, nehledě na horší kvalitu zatěsnění, vyšší odpor motoru a životnost systému.

8.2 Jak elektrokolo splnilo mé očekávání?

- Představoval jsem si, že jízda na zkoušeném elektrokole bude s mým minimálním úsilím, takřikajíc se povezu bez nutnosti vynakládat sílu při šlapání.
 - Tahle domněnka byla zcela naivní. Žádné elektrokolo samo nejede, vždy se jedná o přípomoc šlapání. Jízda na testovaném elektrokole byla velice podobná jízdě na normálním jízdním kole, navíc díky elektromotoru byla plynulejší a rychlejší.
- Díky vyšší hmotnosti kola jsem očekával zhoršené ovládání při jízdě v terénu.
 - Kolo bylo velice dobře ovladatelné, a to jak v terénu, tak na silnici.
- Jelikož se jedná o elektrokola z vyšší cenové kategorie, očekával jsem přesné řazení, nadstandartní brzdny účinek, ale také velmi komfortní funkci odpružené vidlice a zadního tlumiče.
 - Elektrokolo má opravdu povedenou geometrii a vynikající jízdní vlastnosti, fungování jednotlivých komponentů splnilo mé očekávání.
- Domníval jsem se, že dojezd baterie bude mnohem nižší, než udává výrobce.
 - Údaje, které výrobce udává pro dojezdy, se mi při použití nižších stupňů asistence potvrdily, ale budou vždy závislé na mnoha faktorech, které dojezdovou vzdálenost ovlivňují.

8.3 Průzkum zastoupení elektrokol

Jak jsem již uvedl, pozoroval jsem a zapisoval si počty všech kol, která kolem mě projela. Pozorování probíhalo po dobu tří dnů, každý den v rozsahu deseti hodin. Zapsal jsem si u každého kola, které kolem mě projelo, zda se jedná o elektrokolo nebo o obyčejné kolo. Očekával jsem nanejvýš 20 % elektrokol.

Výsledek mě dost překvapil. Procento elektrokol je poměrně vysoké, když vezmu v úvahu fakt, že elektrokola nejsou na našem trhu tak dlouho, jako klasická jízdní kola. Projelo kolem mě téměř 200 jízdních kol, z toho 28 % elektrokol. Myslím si, že tento výsledek ovlivňuje i místo, kde jsem průzkum prováděl. Jednalo se o podhůří Oderských vrchů – kopcovitý terén. Také jsem zaznamenal, že elektrokola provozují hlavně starší osoby.

tab 1 - Průzkum zastoupení elektrokol

den	obyčejných cyklistů	elektro – cyklistů	elektrokol [%]
sobota 17. 8. 2019	57	22	28
pátek 23. 8. 2019	48	18	27
neděle 15. 9. 2019	35	14	29

9 ZÁVĚR

V této práci jsem zpracoval v jednotlivých kapitolách jeden z nejrychleji se rozvíjejících segmentů cyklistiky – elektrokola. Revoluční vynález, který lidé v posledních letech vymysleli. Úvod práce nás seznámil s obecnými informacemi o elektrokole, jejich typech a využití. Dalším bodem byla legislativa, bez které by se žádné elektrokolo, které ji nesplňuje, nemělo pohybovat v dopravním provozu. Důležitým bodem mé práce bylo téma využití poznatků fyziky v konstrukci elektrokola. Jednotlivé fyzikální zákony lze jistě rozebrat do větších podrobností, ale mým cílem bylo spíše obeznámit širokou veřejnost, a to způsobem, který pochopí i laik, i když zrovna fyziku nemiluje. Elektrokolo dělá elektrokolem hlavně elektropohon. Proto jsem tomuto tématu věnoval samostatnou kapitolu, kde jsem jednotlivě osvětlil témata elektromotor, baterie, řídicí jednotka, ovládací prvky a senzory. Neustále diskutovaným tématem mezi zájemci o koupi elektrokola a také mezi veřejností je dojezdová vzdálenost a faktory, které ji ovlivňují. V práci jsem rozebral z mého hlediska ty nejpodstatnější, které dokáží zahýbat směrem dolů s dojezdovými kilometry. Rád bych znovu upozornil na důležitost pravidelné údržby elektrokola a jeho vhodné skladování. Není možné pomýšlet na to, že drahé kolo bude fungovat stále stejně dobře v případě nedostatečné, nebo vůbec žádné údržby.

A jak vám řeknou v každém specializovaném cyklistickém obchodě, nejlepší je si kolo před jeho samotným nákupem vyzkoušet. Provedl jsem testování top modelu elektrokola značky Merida, abych si uváděné informace ověřil v praxi a seznámil se skutečně v terénu s fungováním elektrokola. Díky této testovací jízdě jsem dokázal odpovědět na otázky, které mě zajímaly, nebo jsem si je nedokázal reálně představit. Na elektrokole se nemůžu jen „ulejvat“, ale musím podle zamýšlené délky trati podávat buď menší, nebo větší výkon.

Úvodem jsem zmínil, že jízdní kola jsou výborný dopravní prostředek. I přesto, že náklady na pořízení a provoz elektrokola jsou v porovnání s klasickým jízdním kolem trochu vyšší, do městského provozu je elektrokolo stále lepší než auto. Průměrná cena energie spotřebovaná elektrokolem na 1 km jízdy je vypočítána na cca 6 haléřů. A zatížení životního prostředí při používání elektrokola je jistě nižší v porovnání s jinými dopravními prostředky, které používají spalovací a vznětové motory. A to už stojí za úvahu, nemyslíte?

10 POUŽITÁ LITERATURA

V tomto roce jsem se zúčastnil firemních školení prodejců a mechaniků elektrokol Apache. Zápis z těchto školení jsem využil pro čerpání informací, které jsou uvedeny v této práci. Dále jsem se zúčastnil konference o elektromobilitě, kde jsem získal také spoustu užitečných informací. Základní přehled jsem získal pročítáním cyklistických časopisů zaměřených na elektrokola. Jednalo se o časopisy: Electric-bike, Elektrokola, nebo Cykloservis. Fotografie použité v této práci jsem sám nafotil v prodejně jízdních kol v Prostějově.

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

obr 1 - Typový štítek.....	9
obr 2 - Elektromotor v zadním náboji a vedení kabelů.....	12
obr 3 - Elektromotor v zadním náboji.....	13
obr 4 - Středový elektromotor.....	13
obr 5 - Páteřová baterie.....	15
obr 6 - Integrovaná baterie.....	15
obr 7 - Nabíjení baterie.....	15
obr 8 - Řídící jednotka.....	16
obr 9 - Ovládací panel.....	17
obr 10 - Snímač šlapání.....	17
tab 1 - Průzkum zastoupení elektrokol.....	24

12 PŘÍLOHY

Příloha 1 - Testované elektrokolo	28
Příloha 2 - Porovnání velikostí rámové, integrované a nosičové baterie.....	29

Příloha 1 - Testované elektrokolo



Příloha 2 - Porovnání velikostí rámové, integrované a nosičové baterie

