

Univerzita Hradec Králové

Pedagogická fakulta

Katedra techniky

**Elektrokolo z pohledu učitele technických předmětů  
pedagogických fakult**

Bakalářská práce

**Autor:** Tomáš Brandejs

**Studijní program:** Základy techniky se zaměřením na vzdělávání (maior)

Tělesná výchova se zaměřením na vzdělávání (minor)

**Vedoucí práce:** prof. Ing. Pavel Cyrus, CSc.

**Oponent práce:** Ing. Roman Loskot, Ph.D.



## Zadání bakalářské práce

<b>Autor:</b>	<b>Tomáš Brandejs</b>
Studium:	P21P0559
Studijní program:	B0114A300056 Základy techniky se zaměřením na vzdělávání
Studijní obor:	Tělesná výchova se zaměřením na vzdělávání, Základy techniky se zaměřením na vzdělávání
<b>Název bakalářské práce:</b>	<b>Elektrokolo z pohledu učitele technických předmětů pedagogických fakult</b>
Název bakalářské práce A):	E-bike from the point of view of a teacher of technical subjects of pedagogical faculties

### **Cíl, metody, literatura, předpoklady:**

Úkolem Bc práce je popsat historii, vývoj, princip a technické parametry elektrokola, rozdělení, legislativu, včetně uvedení výhod nebo nevýhod používání elektrokol.

Součástí Bc práce je srozumitelná a zábavně zpracovaná Power-pointová prezentace dané problematiky určená pro žáky i studenty ZŠ i SŠ.

<https://ekolo.cz/legislativa-okolo-elektrokol> - Legislativa - elektrokola

BŘEZINOVÁ, Jana. Jak vybrat nejlepší elektrokolo?. *Elektrina.cz* [online]. [cit. 2019-10-15].

Pedelec, S-Pedelec and e-bike: the differences. [www.stromerbike.com](http://www.stromerbike.com) [online]. [cit. 2020-05-30]

Zadávací pracoviště: Katedra technických předmětů,  
Pedagogická fakulta

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Cyrus, CSc.

Oponent: Ing. Roman Loskot, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 26.2.2023

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Elektrokolo z pohledu učitele technických předmětů pedagogických fakult vypracoval pod vedením vedoucího závěrečné práce samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne:

Podpis autora:

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že bakalářská práce je uložena v souladu s rektorským výnosem č. 13/2022 (Řád pro nakládání s bakalářskými, diplomovými, rigorózními, disertačními a habilitačními pracemi na UHK).

Datum:

Podpis studenta:

## **Anotace**

BRANDEJS, Tomáš. *Elektrokolo z pohledu učitele technický předmětů pedagogických fakult.* Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2024. 62 s. Bakalářská práce.

Bakalářská práce se zabývá představením elektrokol z pohledu učitele technických předmětů pedagogických fakult. Téma je cíleno pro žáky i studenty našich škol, případně i zájemce z veřejnosti. První část práce je věnována historii a vývoji jízdního kola. Druhá část je zaměřena na elektrokola používaná v České republice. Především na jejich historii, rozdělení, legislativu, komponenty. Dále jsou zde uvedeny výhody či nevýhody používání elektrokol.

**Klíčová slova:** Elektrokolo, jízdní kolo, stejnosměrný elektromotor, baterie.

## **Annotation**

BRANDEJS, Tomáš. *E-bike from the point of view of a teacher of technical subjects of pedagogical faculties*. Hradec Králové: Faculty of Education, University of Hradec Králové, 2024. 62 p. Bachelor Degree Thesis.

The bachelor's thesis deals with the introduction of electric bicycles from the perspective of a teacher of technical subjects at pedagogical faculties. The topic is aimed at pupils and students of our schools or even interested members of the public. The first part of the thesis is devoted to the history and development of the bicycle. The second part is focused on electric bicycles used in the Czech Republic. Especially their history, distribution, legislation, components. Furthermore, the advantages or disadvantages of using electric bicycles are presented.

Keywords: ebike, bicycle, DC motor, battery.

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval panu prof. Ing. Pavel Cyrus, CSc. za odborné připomínky, trpělivost a ochotu při vedení mé bakalářské práce.

# Obsah

ÚVOD.....	11
1 CÍL A ÚKOLY PRÁCE.....	12
2 METODIKA PRÁCE.....	13
2.1 Popis problému .....	13
2.2 Použité metody .....	13
3 HISTORIE A VÝVOJ JÍZDNÍCH KOL.....	14
3.1 Celeriped.....	14
3.2 Draisienne .....	14
3.3 Michaudine .....	15
3.4 Vysoká kola .....	15
3.5 Bezpečná kola .....	15
4 HISTORIE A VÝVOJ ELEKTROKOL .....	17
5 ELEKTROKOLA A JEJICH ROZDĚLENÍ.....	19
5.1 Rozdělení elektrokol dle způsobu použití.....	19
5.1.1 Horská elektrokola.....	19
5.1.2 Městská elektrokola .....	19
5.1.3 Trekkingová elektrokola .....	19
5.1.4 Sportovní (silniční) elektrokola .....	20
5.1.5 Skládací elektrokola.....	20



5.2	Rozdělení elektrokol dle aktivace pohonu.....	20
6	KOMPONENTY ELEKTROPOHONU .....	23
6.1	Elektromotory .....	23
6.1.1	Rozdělení dle funkce .....	23
6.1.2	Rozdělení dle umístění elektromotoru .....	25
6.1.3	Rozdělení dle výrobce .....	27
6.2	Baterie.....	31
6.2.1	Baterie dle chemického složení .....	31
6.2.2	Rozdělení baterií dle umístění .....	32
6.2.3	Parametry baterie .....	35
6.2.4	Doporučení pro delší životnost baterie .....	36
6.3	Řídící jednotka elektrokola .....	37
6.4	Ovládací panel elektrokola .....	38
7	LEGISLATIVA ELEKTROKOL .....	40
7.1	Legislativa v EU .....	40
7.2	Legislativa v USA.....	40
7.3	Legislativa v Číně .....	41
8	VÝHODY/NEVÝHODY POUŽÍVÁNÍ ELEKTROKOL.....	42
9	TECHNOLOGICKÉ NOVINKY ELEKTROKOL .....	43
	ZÁVĚR .....	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	46

PŘÍLOHY .....	52
---------------	----

# ÚVOD

Jízdní kolo je dostupný, jednoduchý dopravní prostředek, který je standardem téměř již po celém světě. Dle průzkumu Centra dopravního výzkumu v roce 2019 vyšlo najevo, že průměrná česká domácnost vlastní více než jedno jízdní kolo. [1] To z jízdního kola dělá nejen nejdostupnější, ale i nejvyužívanější variantu dopravního prostředku. Jelikož se těší oblibě, přirozeně se začalo upravovat a vylepšovat. Jedním z největších přelomů v technickém vývoji byl vznik elektrokola. Poslední tři dekády se elektrokola stávají čím dál více oblíbená. Statistiky ze světa ukazují masivní nárůst počtu elektrokol, například v Číně v roce 1998 bylo prodáno 58 000 elektrokol, zatímco v roce 2021 prodeje vystoupaly až na 325 mil. kusů. Menší, přesto velmi výrazný nárůst prodejů lze sledovat i v sousedním Německu, kdy v rozmezí deseti let (2011-2021) nastal nárůst prodeje elektrokol o stovky procent. [2]

# 1 CÍL A ÚKOLY PRÁCE

Primárním cílem této bakalářské práce je seznámit čtenáře s elektrokolem, jako dopravním prostředkem. Popsat historii, vývoj, princip, technické parametry, rozdělení, legislativu a uvést výhody/nevýhody používání elektrokol.

Sekundárním cílem práce je vytvoření power-pointové prezentace dané problematiky, určené pro žáky základních a středních škol. Power-pointová prezentace je určena především pro srozumitelné a zábavné představení elektrokol ve výuce.

Pro dosažení výše vyjmenovaných cílů bylo potřeba stanovit následující úkoly:

1. Stanovit cíle práce.
2. Seznámit se s dostupnými literárními zdroji.
3. Provést analýzu vybraných literárních zdrojů.
4. Logicky seřadit získané informace.
5. Provést syntézu získaných informací.
6. Ze získaných informací vytvořit power-pointovou prezentaci, která se zabývá danou problematikou.
7. Stanovit závěr.

## 2 METODIKA PRÁCE

### 2.1 Popis problému

V současné době roste počet literárních zdrojů zaměřených na téma elektrokol, tyto zdroje byly podrobně prozkoumány. Pomocí níže uvedených použitých metod byla vytvořena studie, která čtenáři představuje historii, vývoj, princip, technické parametry, rozdělení, legislativu a výhody/nevýhody používání elektrokol.

### 2.2 Použité metody

Tato práce byla sepsána pomocí metody analýzy a syntézy aktuálně dostupné odborné literatury. Následně byla provedena specifikace a komparace získaných informací.

*Analýza: „Analýza je postup, kdy určitý celek rozkládáme na nižší entity.“ [3]*

*Syntéza: „Cílem syntézy je skloubit získané poznatky do nové, logicky ucelené vědecké výpovědi o zkoumaném problému.“ [3]*

*Komparace: „Podstatou komparace je vyhledávání shod a odlišností u porovnávaných entit.“ [3]*

*Specifikace: „Klíčovým procesem při použití metody specifikace je odlišení. Odlišení předpokládá diverzitu zkoumaných předmětů.“ [3]*

## 3 HISTORIE A VÝVOJ JÍZDNÍCH KOL

Historie a vývoj jízdních kol je pro vývoj elektrokol velice zásadní, jelikož elektrokola staví na jejich základech. Níže je chronologicky popsána historie jízdních kol.

### 3.1 Celeriped

Historie jízdního kola sahá do 18. století, přesněji do roku 1791, do dob francouzské revoluce. Za prvního skutečného vynálezce jízdního kola, tak jak ho známe dnes, je považován francouzský šlechtic Médé de Sivrac. Jeho vynález původně nesl název „cheval de bois“ (dřevěný kůň), ovšem postupem času se vynález dočkal jména „célérifere“ (celeriped). Jednalo se o jednoduchou konstrukci, která se skládala z dřevěné lavice, která byla přidělána dvěma vidlicemi k loukoťovým kolům. Loukoťová kola byla přidělána jednoduchými čepy. Principem jízdy bylo odrážení nohama od země, jízda však díky vysoké hmotnosti a absenci možnosti řízení vyžadovala veliké úsilí. V případě nutnosti zatočit byl jezdec nucen zastavit, otočit stroj ve směru jízdy a znovu se rozjet pomocí odrazu od země. Hrabě svůj vynález nenechal patentovat, tudíž se brzy objevila spousta variant, více dostupných široké veřejnosti. [4]

### 3.2 Draisienne

Na francouzského vynálezce navázal okolo roku 1817 pruský důstojník Karl Friedrich Christian Ludwig Drais von Sauerbronn. Draisienne, jak svoje jízdní kolo pojmenoval využívalo prakticky totožnou konstrukci jako celeriped, taktéž se vozidlo uvádělo do pohybu odrazem nohou od země. Revoluční změnou ovšem bylo říditelné přední kolo. Možnost měnit směr během jízdy mnohonásobně ulehčovala manipulaci s vozidlem. Dne 12. června 1817 byla provedena veřejná jízda, kterou provedl sám Karl Drais a povedlo se mu ujet vzdálenost 13 km za méně než 1 hodinu. [5] Hadland a Lessing [6] uvádí, že draisina byla schopna držet rychlost skoro 13 km/h pomocí občasných odrazů nohou.

Draisina si postupem času vydobyla dílčí úspěchy a ostatní vynálezci ji začali upravovat. Jedním z nich je Dennis Johnson, jenž navrhl konstrukci ze železa s komfortním koženým sedlem. Díky konstrukci ze železa se model stal výrazně lehčím a zapsal se do historie pod názvem hobby-horse (kratochvilný kůň). Johnson také

poprvé použil dělení kol na pánská a dámská. Hlavní rozdíl spočíval v tvaru rámu, který umožňoval dámám snadněji nasednout i s dlouhými šaty po zem. Ovšem Johnsonův vynález nesklidil veliký úspěch a nedokázal se stále rovnat běžné chůzi, která byla ve srovnání s draisinou méně náročná a více efektivní. [4]

### **3.3 Michaudine**

Skotský kovář Kirkpatrick MacMillan v roce 1863 představil svůj vynález jenž změnil způsob používání jízdních kol. Kolo osadil soustavou pák, jež byly poháněny nohama, a tudíž odpadla nutnost uvádět kolo do pohybu odrazem od země. [7] Kroutící moment od pák se přenášel na menší zadní kolo, přední kolo zůstalo stejně jako u draisiny říditelné. Vynález skotského kováře v porovnání s draisinou, která byla vyráběná o 20 let dříve, představoval mnohem rychlejší a pohodlnější alternativu mobility. Jízdní kolo s dřevěným rámem z ohýbaného dřeva vážilo pouhých 25 kg a bylo možné dosahovat rychlosti až 20 km/h. Bohužel i díky nešťastnému incidentu, který se stal při předvádění jízdy, se vynálezu nedostalo velikého úspěchu. [4]

### **3.4 Vysoká kola**

S postupem času se více vyžadovala vyšší rychlost jízdních kol. Jelikož byl ovšem používán přímý převod, v praxi to znamenalo, že při jednom otočení pedálů o celou otáčku, se přední kolo otočilo o vzdálenost rovné obvodu kola. Tudíž se začal zvětšovat průměr předního kola, čímž bylo možné dosahovat vyšších rychlostí. S touto novinkou ovšem bylo mnohem obtížnější udržet rovnováhu, což bylo spojeno s častými pády a zraněními jezdců. [4] I přesto se vysoká kola těšila veliké oblibě a stále častěji se pořádaly různé závody. Jedním z účastníků byl v roce 1876 Frank Dodds, kterému se za jednu hodinu povedlo ujet 26 508 m, což byl světový hodinový rekord dané doby. [5]

### **3.5 Bezpečná kola**

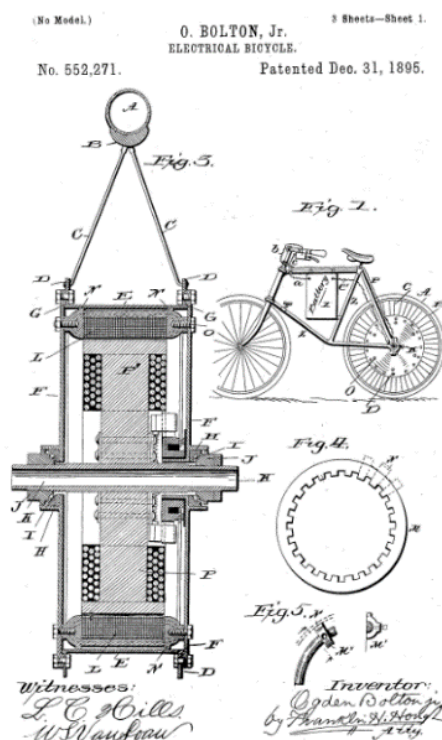
Díky rizikům pádu, které vysoká kola představovala, byli vynálezci nuceni vyvinout takzvané „bezpečné jízdní kolo“. Jezdcův posed byl výrazně nižší a kola byla stejně velká. To snižovalo možnosti pádu a mnohonásobně zlepšovalo rovnováhu. Ono snížení umožňovaly především dva nové prvky. Jedním z nich byl řetězový pohon, díky kterému již nebylo potřeba mít přímý převod, tudíž poháněné kolo nemuselo mít větší

průměr pro dosažení vyšší rychlosti. Druhým prvkem byly nafukovací pneumatiky, které poskytovaly komfort při jízdě. [8] Vynálezci John Kemp Starley a William Sutton v roce 1885 osadili tyto novinky na kolo jménem Rover Safety Bicycle, jedná se o neznámější úspěšné bezpečné kolo. Vynález bezpečných kol je jeden z největších průlomů v historii cyklistiky a po jejich zavedení se hodinový rekord zvýšil o více než 8 km. [5]



## 4 HISTORIE A VÝVOJ ELEKTROKOL

Historie elektrokol sahá do roku 1895, kdy Ogden Bolton vynalezl elektrokolo (viz. obr. 1) s motorem umístěným v zadním náboji. Jednalo se o šestipólový stejnosměrný motor, který byl schopen zvládat velký proud při nízkém napětí (např. 100 A při 10 V baterii). O dva roky později si Američan Hosea W. Libbey nechal patentovat elektrické kolo osazené dvěma elektromotory umístěnými ve středu osy klikové hřídele. Jednalo se však pouze o ojedinělý nápad a kolo se nikdy nedokázalo dostat do sériové výroby. [9]



Obrázek 1- Elektrokolo patentované Ogdenem Boltonem [9]

V meziválečném období se do sériové výroby dostává elektrokolo značky EMI/Philips vyrobené roku 1932. Kolo postavené na zesílené konstrukci obyčejného jízdního kola, využívalo upraveného rámu pro osazení baterie a elektromotoru. Baterie i elektromotor byl umístěn pod rámovou trubkou pod nohama cyklisty, což vedlo k extrémně nízkému položenému těžišti. Značným problémem tehdejších elektrokol byla především jejich váha, která dosahovala i přes 100 kg. Ani čeští konstruktéři nezůstávali pozadu. V roce 1938 si inženýr H. Fügner nechal patentovat své první elektrokolo a veřejnosti bylo představeno o 6 let později. Dynamo Sentvilla o výkonu 150 W dodávalo elektrokolu elektrický proud o napětí 24 V. I díky tomu kolo dosahovalo rychlosti 14 km/h a dojezd

činil až 70 km. S olověnými bateriemi s kapacitou 70 Ah však kolo přesahovalo váhu 100 kg. [10]

*„Opravdový rozvoj zaznamenávají elektrokola až s ovládním točivého momentu elektromotorů, který byl objeven koncem 90. let 20. století.“* [11] Jedním z hlavních aktérů při vývoji elektrokol na světovém trhu byla japonská firma Yamaha. Firma v listopadu 1990 zahájila vývoj programu nazvaný PAS (Power Assist System). V roce 1993 byl systém představen a zpočátku bylo veřejností na systém nahlíženo opatrně. Tudíž Yamaha vybrala tři městské aglomerace – Yokohama, Shizuoka a Kobe, kam dodala tisíc elektrokol z limitované série. [10] Tento krok japonskému výrobcu vyšel. Do programu se zapojovaly i další společnosti, které neustále šířily popularitu elektrokol a již v roce 1997 dosahovala kumulativní výroba pohonné jednotky PAS 250 000 kusů. I díky tomu lze Japonsko označit za kolébku vývoje elektrokol v moderním pojetí tak, jak je známe dnes. [12]

## **5 ELEKTROKOLA A JEJICH ROZDĚLENÍ**

### **5.1 Rozdělení elektrokol dle způsobu použití**

Hrubíšek [10] rozděluje ve své publikaci elektrokola do následujících kategorií:

#### **5.1.1 Horská elektrokola**

Jedná se o jednu z nejuniverzálnějších variant elektrokola. Určené jsou především pro jízdu v terénu, využití ovšem mají i na silnicích či cyklostezkách. Kola jsou vybavena odpruženou vzduchovou přední vidlicí s větším zdvihem pro větší pohodlí. Případně mohou být vybavena i zadním tlumičem (tzv. celoodpružená kola), který se stará o odpružení rámu v zadní části kola. Standardně se dnes vyrábějí s 27,5“ ráfky, které zajišťují lepší ovladatelnost, nebo s 29“ ráfky, které mají lepší výkonnost při stoupání a jsou lepší variantou pro sjezdy. [13] Kola mají baterie a motory dimenzovány na větší vzdálenosti a vyšší výkon, zpravidla se jedná o nejvýkonnější motory a baterie s vyšší kapacitou. [14]

#### **5.1.2 Městská elektrokola**

Městská elektrokola jsou určena převážně uživatelům, kteří vyžadují praktičnost a jednoduchost. Časté používání klade důraz na odolnost a nízkou váhu. Elektrokolo je velmi často vybaveno zabudovanými světly, krytem řetězu a blatníky, aby mohlo být pohodlně používáno i v civilním oblečení. Jedná se o elektrokola s běžným průměrem kol 26“ nebo 28“ a rámem jehož geometrie umožňuje pohodlné nasedání. Baterie jsou dimenzovány na kratší dojezd (50-60 km) a motory jsou uzpůsobené pro častější rozjezdy v ulicích měst. [15]

#### **5.1.3 Trekkingová elektrokola**

Důraz u trekkingových kol je kladen především na dlouhý dojezd a vysoký jízdní komfort. Určená jsou spíše na delší cykloturistiku a disponují dojezdem až 150 km. Zpravidla je kolo osazeno kvalitními komponenty a velkým počtem převodových stupňů (až 27 = převod 3 x 9). Kola nabízejí možnost uchycení cestovních brašen, držáků a blatníků poskytujících komfort při delším cestování. [15]

### **5.1.4 Sportovní (silniční) elektrokola**

Jedná se o elektrokola zaměřená na výkon a rychlou sportovní jízdu. Rámy jsou vyrobeny z uhlíkových vláken pro co nejmenší hmotnost a jsou použity úzké hladké pláště pro nízký valivý odpor. Geometrie kola není zaměřená na pohodlí jako u předchozích modelů, ale především na aerodynamické vlastnosti. Majitelé těchto kol velmi často podstupují nelegální úpravy pro zvýšení výkonu. Díky těmto úpravám již ale nejsou podle platné legislativy považována za běžná jízdní kola. [10]

### **5.1.5 Skládací elektrokola**

Největší výhodou skládacích kol, je možnost jejich složení a následné manipulace. Principem jsou malá kola (16“,18“ nebo 20“), nízký rám a velmi malé rozměry. Díky malým kolům nejsou vhodná na dlouhé trasy a nezpevněné cesty. Jelikož je lze velmi snadno převážet, nacházejí uplatnění především mezi karavanisty a jachtaři. Často jsou ovšem využívána i obyvateli velkých měst, kteří si nemohou dovolit parkovat kolo v garážích a musí kolo skladovat v bytech. [15]

## **5.2 Rozdělení elektrokol dle aktivace pohonu**

Z hlediska aktivace pohonu rozlišujeme 3 typy elektrokol: Pedelec, S-pedelec a E-bike. [16]

### **Pedelec**

Tento druh elektrokol se vyznačuje tím, že si zachovává princip obyčejného jízdního kola. Principem jízdy je stále šlapání do pedálů, kterému následně dopomáhá elektromotor. Podle platné legislativy EU musí motor přerušit svoji funkci při dosažení 25 km/h. [17] Pomocí senzorů kadence (rychlosti šlapání) a senzorů točivého momentu (síla šlapání) motor dostává informace o tom, jak výkon rozumně dávkovat. Snímač kadence se skládá z magnetů složených do kruhového kotouče a měří, zdali a jakou rychlostí se pedály otáčejí. Principem měření jsou otáčející se magnety umístěné na převodníku, které procházejí senzorem. Ten dle rychlosti poskytuje motoru informace o zapojení či odpojení. [18]



Obrázek 2: Snímač kadence s 12 magnety [18]

Snímače točivého momentu fungují na principu změření síly. Dopomoc motoru je úměrná vstupu jezdce a přizpůsobivě se mění v reakci na změny síly, která je vyvinuta na pedály a na zvolenou úroveň podpory. Nejvyšší snímače točivého momentu měří i 1000x za sekundu, což přispívá k velmi efektivnímu přenosu výkonu. [18]



Obrázek 3- Senzor kroučícího momentu [18]

## S – Pedelec

Speed pedelec je z pohledu Evropské Unie klasifikován jako kategorie L1 e-B (moped), to mu dává povinnost mít sjednané pojištění a provedenou homologaci. Motor je aktivován stejně jako u typu pedelec šlapáním, rozdílem ovšem je to, že motor dopomáhá až do rychlosti 45 km/h a maximální výkon může být až 4 kW. Dále se také na rozdíl od typu pedelec vyžaduje nošení ochranné přilby a pro provoz je vyžadováno minimálně řidičské oprávnění třídy AM. [16]

## E-bike

Jedná se o druh pohonu, který se aktivuje pomocí páčky, tlačítka či otočné rukojeti zcela nezávisle na šlapání jezdce. Ebike se může začít pohybovat z nulové rychlosti, a díky tomu jsou velmi oblíbené u městských jezdců. [17] Nařízení Evropského parlamentu č.168/2013 vyjímá z požadavku na schválení typu vozidla s touto definicí: „šlapací jízdní kola s pedály, která jsou vybavena přídavným elektrickým motorem s maximálním trvalým výkonem nižším nebo rovným 250 W, jehož motor je vyřazen

*z činnosti, jestliže cyklista přestane šlapat, a jinak je jeho výkon postupně snižován až do vyřazení motoru z činnosti, dokud rychlost vozidla nedosáhne 25 km/h“.* [19]  
Z tohoto znění vyplývá, že v Evropské Unii jsou elektrokola typu E-bike zakázána, jelikož motor musí přerušit funkci, jakmile jezdec přestane šlapat.

## 6 KOMPONENTY ELEKTROPOHONU

Hrubíšek [10] ve své publikaci rozděluje komponenty elektropohonu na 4 základní: elektromotory, baterie, řídicí jednotky a ovladače. Jedná se o komponenty, které na neelektrifikovaném jízdním kole nenalezneme.



Obrázek 4 – Popis elektrokola [17]

### 6.1 Elektromotory

Hlavní úlohou elektromotoru je přeměna elektrické energie na energii mechanickou a díky svému výkonu napomáhat k efektivní jízdě vpřed. Společně s baterií se jedná o nepostradatelnou součást elektropohonu. [9]

#### 6.1.1 Rozdělení dle funkce

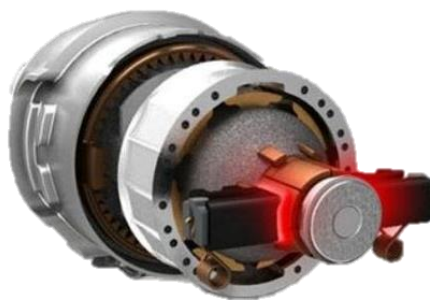
Nejčastějšími zástupci elektromotoru na elektrokole jsou stejnosměrné elektromotory, které lze rozdělit na **kartáčové** a **bezkartáčové (BLDC)**. [9] Stejnosměrné motory se skládají ze statoru a rotoru. **Stator** je nepohyblivá součást, která je vybavena několika elektromagnety či permanentními magnety. Mezi elektromagnety se nachází vinutí, které vytváří magnetické pole. **Rotor** (kotva) je složen z několika vrstev ocelových plechů, mezi nimiž se nachází vinutí, jeho úlohou je rotační pohyb v důsledku točivého

momentu. **Komutátor** se stará se o změnu směru proudu. Proud se prostřednictvím komutátoru přivádí do kotvy. [20]

**Princip činnosti stejnosměrných motorů** – Základem činnosti elektromotoru jsou zákony o elektromagnetismu, především Ampérův zákon a Lorentzova síla. Napětí, které je přiváděno na motor má za důsledek tok proudu rotorem. Magnetické pole statoru poté začíná působit na rotor, kterým prochází proud. Díky Lorentzovu zákonu (síla je kolmá na směr toku proudu i na směr magnetického pole) začne tato síla působit na rotor, čímž dochází k jeho rotačnímu pohybu. Plynulosti rotačního pohybu je dosaženo komutátorem, který se stará o změnu směru proudu. Jakmile dorazí rotor do mrtvého bodu (zastaví se), komutátor změni směr proudu, tudíž zamezí zastavení rotoru. Tato akce se neustále opakuje, čímž umožňuje plynulý chod stejnosměrného motoru. [21]

### **Kartáčové stejnosměrné elektromotory**

Principem jsou kartáče (uhlíky), které jsou v neustálém kontaktu s komutátorem. Díky tomu dochází k opotřebovávání materiálu kartáčů a ve výsledku kratší životnosti motorů. Další nevýhodou neustálého tření je ztráta energie a jiskření, které je velmi častý jev. Jedná se však spíše o zastaralý typ a většina nových elektrokol již používá bezkartáčové elektromotory. [22]



Obrázek 5- Kartáčový stejnosměrný motor [22]



## Bezkartáčové stejnosměrné elektromotory (BLDC)

Chod bezkartáčových elektromotorů funguje bez nutnosti použití komutátoru s kartáčky. Je toho docíleno pomocí cívek, které jsou zapojeny do přesně definovaných nabíjecích intervalů. Rotaci rotoru způsobuje fakt, že cívky se napájejí v určitém pořadí. Díky tomu jsou bezkartáčové elektromotory účinnější a s delší životností. [22]



Obrázek 6- Bezkartáčový stejnosměrný motor [22]

### 6.1.2 Rozdělení dle umístění elektromotoru

Rozlišujeme dvě základní koncepce: Středový (centrální) elektromotor a nábojový elektromotor. [10]

**Středový motor**, jak již název napovídá se nachází ve středu elektrokola mezi klikami, zpravidla je umístěn co nejlépe pro lepší jízdní vlastnosti. Středové motory jsou díky svému výkonu a umístění ideální volbou pro sportovní či rekreační kola. Dva magnety, jeden statický a jeden volný, se starají o pohon. Pevný magnet má k sobě připojené cívky, jenž tvoří magnetické pole, které následně roztočí magnety volné. Celý systém funguje v kooperaci se snímači točivého momentu a snímači kadence, kterým byl věnován prostor výše. Tato koncepce umožňuje vysoký poměr točivého momentu k výkonu. Středové motory nabízejí plynulejší chod a mnohem přirozenější pocit z jízdy, nežli je tomu u nábojového elektromotoru. Velice důležitou roli při používání středového pohonu hraje využívání všech převodových stupňů, jelikož motor dodává sílu do klik, odkud se z převodníku přes řetěz přenáší síla na zadní hnací kolo. Například při jízdě do kopce na vyšší převodový stupeň sensor kadence vyhodnotí

nízkou kadenci otáček, což bude vybijet baterii a zatěžovat motor mnohem více než u lehčího převodu a vyšší kadence šlapání. [23]



Obrázek 7 - Středový elektromotor [23]

**Nábojové motory** se umísťují v místě osy náboje na přední či zadní kolo. Nacházejí uplatnění především na městských kolech a na kolech nevyžadující vysoký výkon. Fungují na principu pohyblivého rotoru a pevného statoru. Na magnety statoru jsou připojené cívky, které vytváří magnetické pole, které následně roztočí rotor připojený k hřídeli. Rozlišujeme 2 typy připojení hřídele: převodové a bezpřevodové. U bezpřevodových připojení je hřídel motoru zároveň nábojem kola, tudíž točivý moment je přenášen přímo na hnací kolo. Jelikož se hřídel nemůže otáčet rychleji než kolo, je u tohoto typu omezen maximální točivý moment. Oproti tomu převodové motory využívají ke spojení hřídele s nábojem kola sadu ozubených kol. Planetová převodovka umožňuje vyšší točivý moment i vyšší otáčky hřídele. [24]



Obrázek 8- nábojový elektromotor [24]

### 6.1.3 Rozdělení dle výrobce

Stejně jako u jiných komponentů na elektrokole, tak i v případě elektromotorů se můžeme setkat s celou řadou různých typů a druhů. Existuje celá řada výrobců elektromotorů, ovšem o hlavní inovativní pokroky a vylepšení na tomto trhu se stará 5 výrobců: BOSCH, SHIMANO, YAMAHA, BROSE a BAFANG. Tyto značky lze nyní najít v naprosté většině prodávaných elektrokol. [25]

#### Elektromotory firmy Bosch

Jedná se o německého výrobce, který ve výrobě a inovaci elektromotorů patří k naprosté špičce. Jako pohon svého elektrokola si Bosch vybralo přes 60 značek známých výrobců elektrokol po celém světě. Bosch nabízí 2 základní řady svých motorů: Performance line a Active line. **Performance line** – tuto řadu najdeme především na horských elektrokolech a je orientována především na výkon. Motory se vyznačují vysokým výkonem, dynamickou odezvou a mírou maximální asistence. Tato řada je určena spíše pro sportovní jízdu či velmi kopcovité terény. **Active line** – jedná se o méně výkonné motory určené spíše rekreačnějším uživatelům. Najdeme je především na horských, krosových a městských elektrokolech vyšší střední třídy. Chování motorů je orientováno na plynulý chod a cca o 10% delší dojezd nežli u řady Performance. [26]

U motorů Bosch jsou na výběr 4 jízdní režimy: Turbo, Sport, Tour a Eco (+ možnost jízdy s vypnutým motorem). Režim turbo umožňuje přímou asistenci motoru a zvyšuje ji až o 340 %. Režim sport je ideální pro rychlou sportovní jízdu. Tour režim by měl být využíván především na dlouhé trasy a nabízí stálou podporu motoru. Posledním režimem je režim eco, který nabízí sníženou, ale i tak efektivní podporu motoru v případě potřeby dlouhého dojezdu. Poslední možností, která není zahrnuta do výčtu jízdních režimů, je režim bez asistence motoru. Jedná se o stav, kdy motor neposkytuje žádnou podporu, ovšem funkce displeje zůstává beze změny. [27]

#### Elektromotory firmy Shimano

Společnost Shimano byla založena v roce 1921 a v roce 2010 rozšířila pole působnosti také na elektrocyklistiku. V současné době je společnost největším výrobcem

cyklokomponentů na světě. Pohon Shimano využívají pro pohon svých elektrokol i čeští výrobci Apache a Leader Fox. Výrobce nabízí motory dvou základních modelových řad. První modelovou řadou je **City & trekking**, což jsou motory s označením E5000 a E6000 určená především pro městská a trekingová kola. Druhá modelová řada je **E-MTB**, do které patří motory s označením E7000 a E8000, určené pro horská kola. [28]

**Řada E5000** – vyniká dlouhým dojezdem na jedno nabití. **Řada 6100** – jedná se o novější pohon, oproti minulým generacím dokáže ušetřit až 20 % energie, což se odráží na dojezdu elektrokola. **Řada 7000** – Motor vyvinutý výhradně pro horskou cyklistiku. Jedná se o velmi kompaktní motor s velmi dobrým podílem výkonu a hmotnosti. **Řada 8000** – Vysoký výkon a kroutící moment jsou hlavní přednosti řady 8000. Se svou nízkou váhou a vysokým výkonem se skvěle hodí pro prudká stoupání a náročné trasy. [28] Níže v tabulce jsou pro přehlednost popsány základní parametry výše zmíněných motorů.

Tabulka 1- Parametry motorů Shimano [28]

	Typ motoru Shimano			
	E5000	E6100	E7000	E8000
<b>Váha [kg]</b>	2,5	2,76	2,79	2,88
<b>Kroutící moment [Nm]</b>	40	60	60	70
<b>Nominální výkon [W]</b>	250	250	250	250
<b>Maximální výkon [W]</b>	420	500	500	500

### Elektromotory firmy Yamaha

Japonská firma byla založena roku 1955, ve kterém vynalezla svůj první motocykl. Téměř o 40 let později, v roce 1993 se Yamaha nevymazatelně zapsala do historie elektro cyklistiky, když vynalezla své první kolo s elektrickou asistencí (PAS). [29] V současnosti se v pomyslné tabulce nachází za firmou BOSCH, která je stále lídr trhu. Každým rokem se jí ovšem daří zvyšovat tržní podíl. Firma Yamaha vyrábí především středové motory, a to ve třech modelových řadách: řada PW, PW-X3, PW-XM. **Řada PW** obsahuje tři další modely. Prvním je model S2, tichý, spolehlivý motor, který je určen pro krosová či trekingová kola a hodí se na běžné projížďky. Druhým je model

ST určený pro sportovní, výkonově založenou jízdu. Poslední je model C2, určený především na městská elektrokola. C2 nabízí tichý, plynulý a přirozený pocit z jízdy. Všechny PW motory nabízejí 4 režimy jízdy: Eco+, Eco, STD a High. **Motory PW-X3** jsou výkonné elektromotory s velkým točivým momentem. Cílem této řady je poskytnout maximální výkon při jízdě. Oproti řadě PW nabízí o jeden jízdní režim navíc – EXPW. **Motory PW-XM** jsou novinkou pro rok 2023. Jde o vlajkovou loď mezi motory Yamaha. Oproti modelu PW-X3 si díky propracovanému odlévání hořčíku váhově vede o 0,15 kg lépe, a to při zachování stejného výkonu. Všechny zmíněné motory nabízí systém „Automatic Support Mode“, který automaticky upravuje režim podpory v závislosti na jízdních podmínkách. Senzory vyhodnocují profil trasy, odpor vzduchu, či nutnost zrychlení. Systém poté automaticky upravuje zvolené jízdní režimy, aby jezdec mohl věnovat plnou pozornost řízení. [30]

### **Elektromotory firmy Brose**

Pro své elektrokola si společnost vybrali výrobci jako Specialized či Bulls. Motory Brose se nabízejí ve třech modelových řadách: Brose Drive S, Brose Drive T a Brose Drive C. Speciální řadu tvoří řada Brose Drive TF určená pro kola speed pedelec, u které ovšem výkon motoru přesahuje 250 W, čímž porušuje nařízení EU a je na něj nahlíženo jako na elektrický skútr. [31]

**Brose drive S** je vybaven vysokým výkonem a je určený především pro sportovní jízdu či prudká stoupání. **Brose Drive T** je ideálním společníkem pro dlouhé tratě. Disponuje vysokou účinností a dostatkem výkonu, čímž dosahuje vysokého dojezdu. **Brose Drive C** je určen především pro městská elektrokola a vyznačuje se jemnou odezvou s plynulým chodem. [31]

Všechny 3 varianty motorů Brose se dále vyrábějí ve dvou dalších variantách. První jsou motory vyráběné z hliníku, které disponují vyšší váhou, ale nižší cenovkou. Druhou variantou jsou motory vyráběné z magnezia, které oproti hliníkové variantě dokážou ušetřit až 0,5 kg hmotnosti. [31] Níže v tabulce se nachází porovnání motorů Brose.

Tabulka 2- Srovnání motorů Brose [31]

	Magnesium			Aluminium		
	Drive C	Drive T	Drive S	Drive C	Drive T	Drive S
<b>Typ motoru</b>	Bezkartáčový stejnosměrný motor					
<b>Váha [kg]</b>	2,9			3,4		
<b>Napětí [V]</b>	36					
<b>Výkon [W]</b>	250					
<b>Kroutící moment [Nm]</b>	50	70	90	50	70	90
<b>Maximální asistence [%]</b>	280	320	410	280	320	380
<b>Maximální rychlost [km/h]</b>	25					

### Elektromotory firmy Bafang

Tento čínský výrobce nabízí ze všech výše zmiňovaných nejširší paletu motorů. V nabídce najdeme středové, nábojové přední i nábojové zadní motory. Výrobce motory dále dělí právě podle umístění na kole na tři kategorie: M series, HR series, HF series.[32]

Motory řady M jsou středové motory, s nabídkou od nejmenších úsporných motorů s kroutícím momentem 50 Nm až po vysoce výkonné motory s kroutícím momentem 120 Nm, určené do horských kol. V současné době je v nabídce 12 středových motorů a nejsilnějším, který nepřevyšuje výkon 250 W, je motor M600. Řada HR obsahuje nábojové motory určené do zadního kola. V této kategorii najdeme až 13 motorů určených pro různé použití. Jelikož se ovšem jedná o čínského výrobce, většina motorů disponuje výkonem 500 W, které porušují nařízení EU. Řada HF v níž jsou obsaženy přední nábojové motory má v nabídce nejmenší zastoupení, i díky nevýhodám, které tento pohon nabízí. V nabídce najdeme pouze 4 motory, které ovšem pokryjí celé spektrum výkonových požadavků uživatele. [32]

## 6.2 Baterie

Podle Hrubíška [10] hrají baterie hlavní roli v uchovávání elektrické energie a následného dodání elektromotoru, kde je transformována na energii mechanickou. Principem činnosti je elektrolytická polarizace probíhající mezi kladnou a zápornou elektrodou. Ve chvíli, kdy je baterie nabíjena se elektrody polarizují, zatímco jakmile je baterie vybíjena, se elektrody vracejí do výchozího stavu. Baterie můžeme dělit dle chemického složení, parametrů baterie, umístění na elektrokole atd. [10]

### 6.2.1 Baterie dle chemického složení

V současné době jsou moderní baterie rozdělovány do pěti hlavních typů: olovené (Pb), nikl-kadmiové (NiCd), nikl-metal hydridové (NiMh), lithium-iontové (Li-Ion), lithium-iontové polymrové (LiPol). [9]

#### Olovené baterie

Elektrochemický systém olovené baterie se skládá z olovené záporné elektrody a kladné elektrody z oxidu olovnatého. Elektrody jsou spojeny elektrolytem z kyseliny sírové. Při vybíjení reaguje olovo a oxid olovnatý s kyselinou sírovou, což vede k tvorbě vody, síranu olovnatého a uvolnění energie. Při nabíjení akumulátoru dochází k elektrochemické transformaci vody a síranu olovnatého na kyselinu sírovou a oxid olovnatý. Výhodou olovených baterií je jejich nízká cena a nízká vnitřní impedance. Hlavní nevýhodou těchto baterií je vysoká hmotnost a snižování výkonu díky krystalům síranu olovnatého na záporných elektrodách. [9]

#### Nikl-kadmiové baterie (NiCd)

Tento typ baterie používá jako elektrochemicky aktivní složku oxid nikelnatý u kladné elektrodové desky a hydroxid kademnatý u desky záporné. Jako elektrolyt je v tomto typu použit hydroxid draselný. Elektrodové desky jsou od sebe navzájem odděleny separátorem a stočeny do spirálového tvaru, což dává možnost dosahovat mnohem vyšších proudů. Výhodou je dlouhá životnost a možnost provozování v širokém spektru teplot. Nevýhodou je obsah toxických kovů a také skutečnost paměťového efektu, který negativně ovlivňuje nabíjení. [9]

### **Nikl-metal hydridové baterie (NiMh)**

Kladná elektroda prochází velmi podobnou reakcí jako je tomu u baterie nikl – kadmiové, ovšem záporná elektroda využívá místo kadmia slitinu pohlcující vodík. I u tohoto typu se používá separátor, který je většinou z polyolefinové netkané textilie. Výhodou je menší paměťový efekt, nežli je tomu u NiCd baterie. Mezi nevýhody patří vyšší cena než u NiCd baterií a také fakt složitějšího nabíjecího algoritmu. [9]

### **Lithium – iontové baterie (Li-ion)**

Principem činnosti je pohyb iontů lithia mezi kladnou a zápornou elektrodou. Při nabíjení proudí ionty od kladné k záporné elektrodě, při vybíjení je tomu naopak. Materiál elektrod je nejčastěji uhlík a oxid kovu. Sůl lithia v organickém rozpouštědle slouží jako elektrolyt. Výhodou je poměr zvýšená kapacita/nízká hmotnost a možnost snadné recyklace lithia. Nevýhodou je vyšší cena a stárnutí baterie, které se odvíjí na počtu cyklů nabíjení a vybíjení. [9]

### **Lithium – iontové polymerové baterie (Lipol)**

Princip činnosti je obdobný jako je tomu u Li-ion baterie. Ovšem hlavní rozdíl spočívá v elektrolytu, který zde již není kapalný, ale nachází se v podobě gelu. Výhodou je vyšší životnost než u Li-ion baterie a velmi dobrý poměr hmotnosti ke kapacitě. Nevýhodou je citlivost na nabíjení, tudíž je vhodné využívat pouze nabíječky doporučené výrobcem. [9]

## **6.2.2 Rozdělení baterií dle umístění**

Umístění baterie je důležitý aspekt, stejně jako je tomu u umístění motoru. Různá umístění určují, jak velký zásah do těžiště kola bude proveden a tím i do jeho jízdních vlastností. Nejčastějšími umístěními baterií jsou: plně integrovaná do spodní rámové trubky, na spodní rámové trubce, na zadním nosiči a za sedlovou trubkou. [33]



### **Baterie plně integrovaná do spodní rámové trubky**

V současné době se jedná o nejpoužívanější, ale také nejdražší variantu umístění baterie. Baterie je vizuálně i mechanicky součástí rámu, tudíž neruší design kola. Zároveň díky konstrukci rámu je kryta před mechanickým poškozením způsobeným pádem či vnějším předmětem. Výhodou tohoto umístění je pozitivní vliv na těžiště kola, jelikož je baterie umístěna pod jezdce. Při použití tohoto umístění společně se středovým motorem dochází k ideálnímu rozložení hmotnosti, díky čemuž nejsou jízdní vlastnosti elektrokola narušeny.[33]



Obrázek 9 - Integrované uložení baterie [33]

### **Baterie umístěná na spodní rámové trubce**

Jedná se o levnější variantu plně integrované baterie, jelikož rám kola nemusí být dimenzován s ohledem na baterii. Umístění si zachovává velmi dobré rozložení hmotnosti a optimální těžiště. Oproti předchozí variantě je zde však mechanická ochrana pouze ze spodní části baterie. Nevýhodou také může být zmenšený prostor pro namontování držáku na láhev či hustilky, což je především u trekových a crossových jízdních kol důležitá součást výbavy. [33]



Obrázek 10 - Baterie uložená na spodní rámové trubce [33]

### **Baterie umístěná na zadním nosiči**

Jedná se o řešení, které využívají především městská elektrokola. Baterie je uložena na zadním nosiči nad zadním kolem. V praxi se nejčastěji setkáváme s tím, že baterie není uložena na nosiči, ale pod ním, což je výhodné především z hlediska možnosti umístění zadního koše. [10] Toto umístění je často využíváno výrobcí tzv. sad k elektrifikaci jízdních kol, jelikož nosič i baterie mohou být dodatečně přidány na většinu neelektrifikovaných jízdních kol. V kombinaci se zadním nábojovým motorem je však těžiště kola posunuto velmi dozadu, což negativně ovlivňuje jízdní vlastnosti. Další nevýhodou je výška umístění, při pádu kola není baterie chráněna proti mechanickému poškození. [33]



Obrázek 11 - baterie uložená na zadním nosiči [33]

### **Baterie umístěná za sedlovou trubkou**

Jedná se o umístění používané především u městských a skládacích elektrokol. Baterie je přidělána na sedlové trubce směrem k zadnímu kolu. Při použití středového motoru je těžiště kola optimálně rozloženo, ovšem v kombinaci se zadním nábojovým motorem je těžiště posunuto vzad a jízdní vlastnosti kola mohou být ovlivněny. [33]



Obrázek 12 - Baterie umístěná za sedlovou trubkou [33]

### 6.2.3 Parametry baterie

Nejčastějšími parametry, které lze na bateriích pozorovat jsou kapacita a napětí baterie. [9]

#### Kapacita baterie

„Nejběžnějším měřítkem kapacity baterie je Ah, která je definována jako počet hodin, po které může baterie poskytovat proud rovný rychlosti vybíjení při jmenovitém napětí baterie.“ [34] Kapacitu baterie lze vypočítat jako součin vybíjecího proudu „I“ [A] a doby vybíjení „t“ [h]. Z definice vyplývá, že například z 5 Ah baterie lze odebírat konstantní vybíjecí proud 5 A po dobu jedné hodiny, či například ze stejné baterie lze odebírat 500 mA po dobu 10 hodin. [35] V praxi se ovšem často setkáváme s označením kapacity baterie ve watthodinách [Wh]. Firma Bosch tuto hodnotu nazývá energetická hodnota, a bude tak nazývána i dále v této kapitole. Energetickou hodnotu ( $C_v$ ) lze vypočítat z výchozích hodnot baterie, a to sice součinem napětí „U“ [V] a kapacity „C“ [Ah]. Pro příklad baterie o napětí 36 V a kapacitě 17,5 Ah bude mít výslednou kapacitu 630 Wh. „Jedna watthodina (1 Wh) odpovídá práci stroje s příkonem jeden watt (1 W) po dobu jedné hodiny.“ [36] Dle této definice lze vypočítat teoretický časový horizont pro vybití baterie. Například baterie s kapacitou 630 Wh ve spolupráci s elektromotorem o výkonu 250 W bude dle teoretického výpočtu schopna funkce po dobu cca 2,5 hodiny. Jedná se ovšem pouze o teoretický výpočet a na celkový výsledek má vliv spousta dalších proměnných. [36]

#### Napětí baterie

Jednotkou napětí je volt [V] a jedná se o jednotku vyjadřující rozdíl elektrického potenciálu mezi dvěma body. U elektrokol se v současné době nejčastěji nacházejí baterie s napětím 24 V (používané především pro městská kola), 36 V (nyní nejpoužívanější varianta v celé škále všech typů elektrokol) a 48 V (pro speciální horská a nákladní elektrokola). [37] Napětí baterie je dáno počtem článků a jejich způsobem zapojení. Nejčastěji se nyní setkáváme u li-ion baterií s články o napětí 3,6 V. Pro zvýšení napětí se články zapojují sériově (obvykle 10 článků). Vezmeme-li tedy v potaz baterii s deseti články o napětí 3,6 V zapojených sériově, tak výsledkem dostáváme celkové napětí baterie 36 V. Napětí článků není konstantní hodnota, ale mění se

v průběhu času a pohybuje se v rozmezí od 2,5V do 4,2V. V případě překročení jedné z mezí, dochází k trvalému poškození článků. Aby bylo tomuto zabráněno, elektrokola jsou vybavena systémem BMS (Battery Management System). Ten má za úkol vyrovnávat napětí jednotlivých článků na stejnou hodnotu a zároveň odpojit baterii v případě, že napětí klesne pod mezní hodnotu. [38]

#### **6.2.4 Doporučení pro delší životnost baterie**

Baterie elektrokola dlouhodobým používáním ztrácejí svoji kapacitu, správnou péčí a zacházením však lze životnost baterií prodloužit. Odhadovaná životnost baterií používaných v dnešních elektrokolech je 800 až 1000 nabíjecích cyklů. O bezpečný provoz baterie se stará systém BMS (Battery Management System), který hlídá napětí článků. Baterie je však vystavena i vnějším vlivům, které má za úkol eliminovat uživatel elektrokola. Pro maximalizování výkonu a životnosti baterie je vhodné využívat následující doporučení. [39]

##### **1. Udržování stavu baterie v sezóně**

Během sezóny, kdy je baterie často využívána, je vhodné stav udržovat mezi 20 % až 80 %. V případě, že se jezdec chystá vyjet ihned po nabíjení, je v pořádku baterii nabít na 100 %. Pokud se však jezdec vrátí z vyjížděky a v blízké době (týden a více) nechystá další, je ideální baterii nabít pouze na 80 %, což je ideální udržovací hodnota. [39]

##### **2. Nabíjení baterie**

- Akumulátory nabíjet pouze nabíječkou doporučenou výrobcem.
- Nabíjení by mělo být prováděno v pokojové teplotě a suchém prostředí
- Pravidelné vybíjení na 0 % škodí baterii.
- Po dosažení 100 % akumulátor odpojit od zdroje napájení, vyvarovat se dlouhodobému napájení baterie při 100 %. [40]

##### **3. Používání baterie v chladu/horku**

Pokud je baterie využívána v chladném počasí (0°C a méně), je vhodné baterii do elektrokola umístit až těsně před jízdou. Rovněž je doporučováno využívat neoprenový obal, který udržuje teplo. Zároveň se baterie uvnitř mírně zahřívá, což zvyšuje dojezd a prodlužuje životnost. Při používání v horkém prostředí, je

vhodné elektrokolo parkovat na stinných místech bez přímého slunečního svitu. [40]

#### **4. Čištění baterie**

Baterie by měla být vyjmuta z kola a k čištění využívat vlhký hadřík. Akumulátor by neměl být vystaven přímému proudu vody ani vysokotlakému čištění, které by mohlo poškodit články uvnitř baterie. Dle výrobce BOSCH je doporučeno čistit póly konektoru. [40]

#### **5. Zazimování baterie (dlouhodobé uskladnění)**

- Baterii je vhodné dlouhodobě skladovat se stavem 30 % - 60 %
- Uložení baterie by mělo být v pokojové teplotě a suchém prostředí
- Udržovat baterii v dostatečné vzdálenosti od hořlavých předmětů. [40]

#### **6. Pády a nárazy**

Baterie jsou velmi citlivé na nešetrné mechanické zacházení. Pády a časté nárazy mohou trvale zničit baterii či výrazně snížit kapacitu. [39]

### **6.3 Řídící jednotka elektrokola**

Řídící jednotka je nezbytnou součástí ovládání a provozu elektrokola. Jedná se o desku plošných spojů, která spojuje všechny součásti elektropohonu do centrálního místa. Ta se stará o řízení a regulaci přítoku proudu z baterie, čímž v případě nouze chrání motor s baterií před přetížením. Základní dělení jednotek lze rozdělit na DC a BLDC jednotky. Součástí řídicí jednotky je procesor, který dostává vstupní data ze snímačů. Následně data vyhodnocuje a vyvede výstupní signál s upravenou hodnotou, či příkazem pro provedení úkonu. [41] Povolená maximální rychlost, míra asistence, ochrana baterie před úplným vybitím, chování akcelérátoru, funkce LCD (LED) displeje, frekvence šlapání, autodiagnostika, asistence při rozjezdu – toto jsou nejzákladnější informace, se kterými řídicí jednotky pracují a dále je upravují. Další funkcí řídicích jednotek je autodiagnostika. Ta probíhá buďto na připojeném externím softwaru, či u dražších typů elektokol přímo na ovladači kola. V servise tak lze v případě potřeby snadno zjistit, jaký je problém a kde se nachází. [42]

S ohledem na předchozí rozdělení, lze dále jednotky rozdělit do dalších tří kategorií: BLCD jednotky (bezkartáčové motory), BLCD jednotky s Hallovými senzory, jednotky pro kartáčové elektromotory. [41]

**BLCD jednotky** – ovladač tohoto typu je určen pro bezkartáčové stejnosměrné motory s permanentním magnetem. Jsou to relativně spolehlivé a efektivní ovladače s jednoduchou výrobou. Díky rozšířenosti BLCD motorů se jedná o velmi používanou jednotku. [43]

**BLCD jednotky s Hallovými senzory** – Tento jednoduchý typ ovladače staví na základech Hallova jevu. Obsahuje Hallovy senzory, které rozpoznávají polohu statoru vůči rotoru. [43]

**Jednotky pro kartáčové elektromotory** – Díky klesající tendenci využívání kartáčových elektromotorů, se jedná o méně používaný prvek. Ovladač obsahuje sadu klíčů, které jsou zodpovědné za změny proudu, které jsou z baterie dodávány motoru. [43]

Spousta uživatelů využívá tzv. přehrání softwaru řídicí jednotky, které má za následek zvýšení výkonu a nepřerušování funkce motoru při překročení rychlosti 25 km/h. Tyto úpravy však mohou poškodit baterii s elektromotorem a zároveň porušují podmínky normy ČSN EN 15194, čímž se toto elektrokolo stává nezpůsobilým pro provoz na pozemních komunikacích. Řídicí jednotky se nejčastěji umísťují do ochranné skořepiny baterie, nebo jsou uloženy ve speciálních boxech přímo na rámu elektrokola. Obě varianty jsou však prachuvzdorné a vodotěsné, tudíž nevyžadují od uživatele žádnou speciální péči. [42]

## 6.4 Ovládací panel elektrokola

Ovládací panel (cyklopočítač) slouží k přehlednému shrnutí informací o jízdě. Také skrze něj lze ovládat určité funkce elektrokola přímo z řídítek. Jedná se o aktivní prvek v procesu řízení elektrokola, který během jízdy spolupracuje s jezdcem a komponenty elektropohonu. Nejzákladnější funkcí cyklopočítače je zapnutí elektropohonu, nastavení stupně asistence elektromotoru a orientační zobrazení zbývajících dojezdu. Cyklopočítače lze rozdělit na spojené (ovladač i displej v jednom zařízení) nebo na rozdělené (ovladač a displej každý zvlášť). [44]

**Spojené cyklopočítače** nabízejí všechny informace o jízdě spolu s tlačítky na ovládání elektrokola na jednom místě. Výhodou tohoto řešení je úspora místa a nižší cena.

Nevýhodou však bývá, že díky limitované velikosti displeje je zde velmi omezené množství zobrazovaných informací. **Rozdělené cyklopočítače** nabízejí displej se zobrazovanými údaji separovaný od ovládacího panelu, což umožňuje používat větší úhlopříčku displejů. Díky tomu je možné zobrazovat mnohem více informací, nežli je tomu u spojených cyklopočítačů. Nevýhodou je vyšší cena a zabírající místo na řídítkách pro případné povinné doplňky jízdního kola. [44] Ovládací panely existují ve více variantách: bez displeje s LED diodami, s LCD/LED displejem a rozšířenými funkcemi a použití mobilního telefonu s nainstalovanou aplikací. [45]

Varianta **bez displeje** využívá LED diod, které poskytují podsvícení zvoleného režimu. Jedná se o velmi jednoduchý a minimalistický panel, na kterém lze nastavit stupeň asistence, zapnout elektropohon a orientačně zjistit výdrž baterie. Pro zjištění aktuální rychlosti je nutné dokoupit externí cyklopočítač, který je osazován i na neelektrifikovaná jízdní kola. **Displejová varianta** nabízí mnohem více možností a výstupních dat. Ovládání funkcí elektrokola lze provádět přímo z displeje. Dle ceny a výbavy mohou poskytovat informace o aktuální rychlosti, dojezdu, teplotě, průměrné rychlosti, nejvyšší dosažené rychlosti, stupání atd. Výrobky ve vyšší cenové kategorii nabízejí možnost propojení s mobilním telefonem a následného sdílení údajů o tepové frekvenci, spálených kcal, navigaci, výpočtu trasy atd. Třetí variantou je nejnovější pojetí, které využívá **aplikaci nainstalovanou v mobilním telefonu**, přes kterou lze skrze Bluetooth připojení nastavovat elektrokolo a získávat informace o jízdě. Hlavní myšlenkou je využití mobilního zařízení, které má většina jezdců v držáku na řídítkách během jízdy. [45]

## 7 LEGISLATIVA ELEKTROKOL

### 7.1 Legislativa v EU

Díky růstu prodeje elektrokol v Evropské Unii bylo potřeba vytvořit závazný dokument, který bude specifikovat a upravovat provoz elektrokol. Silniční provoz elektrokol se řídí Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 168/2013 (o schvalování dvoukolových nebo tříkolových vozidel a čtyřkolek a dozoru nad trhem s těmito vozidly). Toto nařízení dává povinnost homologovat všechny dopravní prostředky, které nejsou vyňaty z tohoto nařízení. Z pohledu přímo k elektrokolům zbavuje nutnost homologace článek 2, odstavec 1h směrnice. [46]

*„Šlapací jízdní kola s pedály, která jsou vybavena přídavným elektrickým motorem s maximálním trvalým výkonem nižším nebo rovným 250 W, jehož motor je vyřazen z činnosti, jestliže cyklista přestane šlapat, a jinak je jeho výkon postupně snižován až do vyřazení motoru z činnosti, dokud rychlost vozidla nedosáhne 25 km/h“ [19]*

Z tohoto znění vyplývá, že elektromotor může poskytnout asistenci pouze při aktivním šlapání, nikoliv použitím akcelérátoru, a to pouze do rychlosti 25 km/h. Zajímavá výjimka v nařízení č. 168/2013 je obsažena v článku 2 zaměřující se na oblast působnosti. Odstavec 1g popisuje, že toto nařízení se nevztahuje na vozidla určená především pro využití v terénu a na nepevném povrchu. Často se stává, že výrobci označují svá elektrokola pouze pro použití v terénu, čímž jsou vyňata ze schvalování a nevztahují se na ně omezení v rámci tohoto nařízení. Dalším dokumentem ovlivňující provoz elektrokol je norma EPAC (Standard for Electronically Power Assisted Cycles), též známá jako EN 15194:2017. Tato norma dále upravuje požadavky na provoz, stavbu a specifikaci elektrických jízdních kol. V této normě lze najít, že použití akcelérátoru je přípustné, ovšem uvede-li kolo z klidové pozice pouze do rychlosti 6 km/h. [46]

### 7.2 Legislativa v USA

V roce 2002 USA přijala zákon č. 107-319, tento zákon definuje, že nízko-rychlostní kola mohou být vybavena elektrickým motorem nepřesahujícím výkon 750 W a při pohonu výhradně tímto motorem na rovném povrchu nepřesáhne rychlost elektrokola



20 mph (32 km/h). Jedním z omezení, které se v EU nenachází, je používání elektrokol v národních parcích. Používání elektrokol není výslovně zakázáno, není na něj však pohlíženo jako na jízdní kolo, ale jako na motocykl nebo motorové vozidlo. Tudíž je zakázáno elektrokolo využívat v oblastech určených pro nemotorová vozidla, jako jsou například stezky a cyklotrasy. Zákon č. 107-319 je však dále upravován každým státem jinak. Každý stát si definuje, co je to elektrokolo, kde a za jakých podmínek může být provozováno, jaké vybavení musí obsahovat atd. Pouze 20 z celkových 50 států uznává elektrokolo jako specifický druh dopravy, které je odděleno například od mopedů či jiných dopravních prostředků. Tudíž pravidla pro provoz a prodej elektrokol v USA určuje především stát, ve kterém se uživatel nachází. [47]

### **7.3 Legislativa v Číně**

Na rozdíl od EU je v Číně vytvořen limit na váhu elektrokola a zároveň elektromotor není omezen určitým výkonem. Elektrokolo nesmí přesáhnout váhu 20 kg a nesmí překročit rychlost 30 km/h. V případě překročení těchto limitů, je v Číně vyžadováno řidičské oprávnění na provoz elektrokola. [9]

## 8 VÝHODY/NEVÝHODY POUŽÍVÁNÍ ELEKTROKOL

**Výhody elektrokol** spočívají především v podpoře zdraví. Díky asistenci elektromotoru je vyžadována menší fyzická námaha než u klasického jízdního kola, díky čemuž je elektrocolo často využíváno jako rehabilitační pomůcka. Dále je elektrocolo využíváno jako nástroj usnadnění pohybové aktivity pro lidi vyššího věku nebo pro lidi s fyzickým omezením. Přestože je energetický výdej nižší než u klasického jízdního kola, díky menší námaze však lze dosáhnout delší doby trvání pohybové aktivity, což stačí pro naplnění minimálních požadavků podpory zdraví. [48;49] Další nespornou výhodou elektrokol je možnost nastavení podpory při šlapání. Široké využití využijí jak uživatelé vyžadující maximální asistenci motoru po celou dobu jízdy, tak uživatelé, kteří rádi jezdí po většinu trasy bez dopomoci motoru. Výhoda používání elektrokol také spočívá v potenciálu náhrady za používání motorových vozidel, což vede k snížení emisí a zlepšení kvality ovzduší. [50]

Mezi **nevýhody elektrokol** bychom mohli zařadit vyšší cenu, dražší provoz či například vyšší hmotnost spojenou s horší ovladatelností. Výše popsaná výhoda zlepšování životního prostředí má ovšem i opačnou stránku. Důležitou otázkou je, jaký prostředek elektrocolo nahrazuje. Nahrazuje-li motorová vozidla se spalovacími motory, jedná se o pozitivní dopad na životní prostředí, ovšem nahrazuje-li elektrocolo obyčejné jízdní kolo, výhody nejsou tak jednoznačné. Pro výrobu baterie je nutné čerpat ze zásob lithia a nutnost baterie dále recyklovat. V úvahu také musíme brát způsob výroby elektřiny, kterou jsou elektrokola nabíjena. [49]

## 9 TECHNOLOGICKÉ NOVINKY ELEKTROKOL

U elektrokol stále dochází k pokroku a výrobci podnikají kroky pro zvýšení bezpečnosti a pohodlí při jízdě. Jedním z nich je funkce **Automatic Support mode** vyvinuta firmou Yamaha. Jedná se o systém, který za pomoci senzorů kroutícího momentu, rychlosti, otáček a sklonu monitoruje průběh jízdy a mění se jízdni podmínky. Po vyhodnocení jízdni podmínek řídicí jednotka pomocí algoritmu vypočítá nejvhodnější úroveň podpory motoru. Řídicí jednotka úroveň podpory sama reguluje podle sklonu vozovky, protivětru, rychlosti jízdy a dalších vstupních parametrů. V případě, že uživatel chce využít možnosti volit režim podpory manuálně, lze systém vypnout. [51] Další zajímavou vychytávkou elektrokol je režim **Walk assist**. Tento režim nabízí možnost podpory motoru při tlačení elektrokola a tím snížení námahy například při tlačení v kopcovitém terénu. U firmy BOSH se jedná na základě zvoleného režimu o podporu až do 4 km/h. Při zařazení nižšího převodového stupně se rychlost bude snižovat. U firmy BOSH je pro aktivaci této funkce nutné stlačit tlačítko walk a následně stisknout a držet tlačítko +. Funkce bude zapnutá do té doby, dokud se neuvolní tlačítko +, nepřekročí se rychlost 4 km/h, či uživatel aktivuje brzdovou soustavu. [52] **ABS (Anti-lock brake system)** je známý především z automobilového odvětví. Cestu si ovšem nachází i do výbavy elektrokol. Jedná se o prvek aktivní bezpečnosti, který poskytuje větší bezpečnost, stabilitu a efektivitu při brzdění. V praxi systém vypadá tak, že při nutnosti plného brzdění senzory vyhodnocují, zdali nedošlo, nebo nedochází k zablokování předního kola. V případě nutnosti systém upraví brzdny tlak, čímž dojde ke zkrácení brzdny dráhy. Druhou velmi užitečnou funkcí tohoto systému je snížení možnosti pádu přes řídítka. V případě, že jezdec využije plného brzdění systém opět reguluje brzdny tlak, a tím snižuje riziko zdvihu zadního kola. Firma BOSH nabízí ABS pro různé typy svých elektrokol, upravených přímo pro potřeby používání daného typu. Dále na displeji zařízení Kiox 300 nabízí informace o brzdny dráze, času brzdění a efektivitě, což dává jezdcovi možnost porovnat efektivitu brzdění na různých površích. [53] **Auto Shift** funkce se stará o automatické řazení požadovaného stupně na kazetě elektrokola. Firma Shimano nabízí tuto funkci pro svá treková, horská i městská elektrokola. Princip je založen na senzorech kadence, točivého momentu a rychlosti, které získávají vstupní data, se kterými je dále pracováno. Následně řídicí jednotka vyšle signál pro elektronický zadní měnič, který v závislosti na stylu jízdy provede

přeražení na jiný převodový stupeň. Největší výhodou této funkce je zařazení lehčí rychlosti při zastavování. Při opětovném rozjetí tak motor společně s jezdcem nemusí překonávat tak vysoký odpor a rozjezd je mnohem plynulejší. [54] Další velmi užitečnou funkcí je **Eshift**. Ta zajišťuje sladění výkonu motoru a funkce přehazovačky, čímž umožňuje plynulejší řazení. Ve chvíli, kdy uživatel zmáčkne páčku přehazovačky, senzory vyšlou motoru informaci o nutnosti snížit na zlomek sekundy kroučící moment. Jakmile bude řetěz na požadovaném pastorku, kroučící moment se vrátí zpět na výchozí hodnotu. Funkce umožňuje nejen přehazovat ve chvíli, kdy jezdec plně šlape do pedálů, ale také prodlužuje životnost kazety, řetězu i přehazovačky. [55] Funkce **Freeshift** umožňuje jezdcům řadit v průběhu sjezdů bez nutnosti šlapat a tím dále zvyšovat rychlost při sjezdu. Jednotka při sjezdu využívá setrvačnosti a využívá tuto energii na otáčení kazety a převodníku tak, aby bylo možné provést plynulé přeražení a nezvýšit rychlost elektrokola. [56] Režim **Start mode** ve spojení s režimem auto shift umožňuje nastavit si oblíbený výchozí rychlostní stupeň. Po zastavení elektrokola dojde k automatickému přeražení na oblíbený stupeň, což umožňuje rozjezdy především v stop-and-go jízdě. [57] Firma Yamaha nabízí tzv. **Individualizaci profilu**, která umožňuje nastavit si různé parametry v různém profilu. Jezdec má na výběr ze 2 profilů. Profil 1 může sloužit pro dojíždění do práce ve městě, tudíž parametry budou nastaveny na časté rozjíždění. Profil 2 může být nastaven na delší vyjížděky a bude optimalizován pro delší dojezd a větší prožitky z jízdy. [58]

# ZÁVĚR

Bakalářská práce s názvem „Elektrokolo z pohledu učitele technických předmětů pedagogických fakult“ se zabývala představením elektrokol žákům základních a středních škol, případně široké veřejnosti. Primárním cílem bylo vytvořit studii, která bude shrnovat všechny potřebné informace o dané problematice. Díky omezenému množství českých publikací, bylo pro analýzu informací využíváno především zahraniční literatury. Sekundárním cílem bylo vytvoření power-pointové prezentace daného tématu pro žáky základních a středních škol. K naplnění cílů práce bylo stanoveno 7 úkolů, které na sebe logicky navazovaly. Práci bychom mohli pomyslně rozdělit na dvě části, které byly postupně zpracovávány za pomoci poznatků z odborné literatury.

První část krátce představuje historii jízdních kol. V druhé části bylo představeno elektrokolo a informace spojené s jeho užíváním. Tato část začíná kapitolou 4, kde byla představena historie a vývoj elektrokol. Kapitola 5 byla věnována rozdělení elektrokol podle určitých specifikací, aby každý budoucí uživatel našel shodu v možnostech a potřebách pro které bude elektrokolo používat. Šestá kapitola je nejrozsáhlejší a zároveň nejobsáhlejší kapitolou. Byla věnována komponentům elektrokol, tvořící hranici mezi neelektrifikovaným jízdním kolem a elektrokolem. Postupně byly popsány motory elektrokol, baterie, řídicí jednotky, ovládací panely. V kapitole sedmé byla popsána legislativa elektrokol v EU, USA a Číně. Legislativa ve zmíněných oblastech je rozdílná, tudíž zde byly popsány rozdíly a limity jednotlivých oblastí. Kapitola 8 popisuje výhody a nevýhody užívání elektrokol a má čtenáři poskytnout oporu při rozhodování pořízení elektrokola. Devátá kapitola popisuje technologické novinky, nadstandardní výbavu a bezpečnostní prvky elektrokol.

Sekundárním cílem bakalářské práce bylo vytvořit power-pointovou prezentaci pro žáky základních a středních škol. Snímky vytvořené prezentace jsou zde přiloženy v přílohách práce.

# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOUŘIL, Petr; ŠIMEČEK, Michal a DYTRT, Zdeněk. Česko v pohybu: Metodika a základní výsledky celostátního průzkumu dopravního chování. Online. 2022. s. 35. Dostupné z: [https://rstudio.cdvinfo.cz/shiny/downloads/publikace/2022\\_Kouril-Simecek-Dytrt\\_Cesko-v-pohybu.pdf](https://rstudio.cdvinfo.cz/shiny/downloads/publikace/2022_Kouril-Simecek-Dytrt_Cesko-v-pohybu.pdf). [cit. 2024-03-13]
- [2] JIBIAO, Zhou; ZEWEI Li; SHENG Dong; JIAN Sun a YIBIN Zhang. Visualization and bibliometric analysis of e-bike studies: A systematic literature review (1976–2023). Online. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2023, roč. 122. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103891>. [cit. 2024-03-13].
- [3] OCHRANA, František. *Metodologie, metody a metodika vědeckého výzkumu*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. s. 45-62. ISBN 978-80-246-4200-0.
- [4] BARONI, Francesco. *Bicykl: historie, mýty, posedlost*. Čestlice: Rebo, 2011. s. 16. ISBN 978-80-255-0459-8.
- [5] MALIZIA, Fabio a BLOCKEN, Bert. Bicycle aerodynamics: History, state-of-the-art and future perspectives. Online. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2020.104134>. [cit. 2024-03-13].
- [6] HADLAND, Tony a LESSING, Hans-Erhard. *Bicycle design: an illustrated history*. The Mit Press, 2014. ISBN ISBN 978-0-262-02675-8.
- [7] SUNNY, Tom a MALPPAN, Gicky Jose. Review on Design Developments in Bicycle. Online. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2015. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/280698135> [cit. 2024-03-13].
- [8] *Jízdní kola: velký obrazový průvodce*. Přeložil Karel KOPIČKA. Universum (Knižní klub). Praha: Knižní klub, 2017. s. 28. ISBN 978-80-242-5813-3.
- [9] NGUYEN, Ba Hung a OCKTAECK, Lim. A review of history, development, design and research of electric bicycles. Online. *Applied Energy*. 2020. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114323>. [cit. 2024-03-13].
- [10] HRUBÍŠEK, Ivo. *Elektrokola: nová dimenze cyklistiky*. Plzeň: Cykloknihy, 2011. ISBN 978-80-87193-18-1

- [11] ekolo.cz. *Historie elektrokol*. Online. Dostupné z: <https://ekolo.cz/historie>. [cit. 2024-01-02]
- [12] Yamaha motor history. *Rozvíjení PAS-harmonie mezi použitelností a úsporou energie*. Online. Dostupné z: <https://global.yamaha-motor.com/stories/history/stories/0035.html>. [cit. 2024-01-02]
- [13] ekolo.cz. *Horská elektrokola*. Online. Dostupné z: <https://ekolo.cz/horska-elektrokola>. [cit. 2024-01-02].
- [14] ecyklistika.cz. *KATEGORIE ELEKTROKOL*. Online. 2019. Dostupné z: <https://www.ecyklistika.cz/vse-o-elektrokolech/kategorie-elektrokol/>. [cit. 2024-01-02].
- [15] JEŘÁBEK, Jan. Elektrokolo: nový fenomén sportu pro všechny. *Pohyb je život*. 2016, 20 (73), s. 10. ISSN 1212-0669. Dostupné z: <https://docplayer.cz/68286648-Elektrokolo-metodicka-priloha-73-novy-fenomen-sportu-pro-vsechny-paeddr-janjerabek-emeritni-metodik-caspv.html>
- [16] Stromer. *Pedelec, S-Pedelec and e-bike: the differences*. Online. 2019. Dostupné z: <https://www.stromerbike.com/en/moments-did-you-already-know>. [cit. 2024-01-22].
- [17] eBicycles. *E-Bike Modes Explained: Throttle vs. Pedal-Assist E-Bikes*. Online. Dostupné z: <https://www.ebicycles.com/throttle-vs-pedal-assist/>. [cit. 2024-01-03]
- [18] eBicycles. *Torque vs. Cadence E-Bike Sensors: Differences Explained*. Online. Dostupné z: <https://www.ebicycles.com/torque-vs-cadence-ebike-sensors/>. [cit. 2024-01-03]
- [19] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č.168/2013 ze dne 15. ledna 2013 o schvalování dvoukolových nebo tříkolových vozidel a čtyřkolek a dozoru nad trhem s těmito vozidly. In: EUR-LEX [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2013/168/oj>. [cit. 22.1.2024].
- [20] ROUBÍČEK, Ota. *Elektrické motory a pohony: příručka techniky, volby a užití vybraných druhů*. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-092-X.
- [21] Botland. *Stejnoseměrný motor – princip činnosti a použití*. Online. 2023. Dostupné z: <https://botland.cz/blog/stejnosemny-motor-princip-cinnosti-a-pouziti/>. [cit. 2024-02-05].
- [22] PROGRESSIVEAUTOMATIONS. *Using Brushed vs Brushless DC Motors*. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.progressiveautomations.com/blogs/how-to/brushed-vs-brushless-dc-motor-an-overview>. [cit. 2024-02-05].

- [23] eBicycles. *Hub Motor vs. Mid-Drive Motor Differences Explained*. Online. Dostupné z: <https://www.ebicycles.com/hub-motors-vs-mid-drive-motors-explained/>. [cit. 2024-01-25].
- [24] eBicycles. *Direct Drive vs. Geared Hub Motors*. Online. Dostupné z: <https://www.ebicycles.com/direct-drive-vs-geared-hub-motors/>. [cit. 2024-01-25].
- [25] ecyklistika.cz. *Motor je srdcem elektrokola*. Online. 2019. Dostupné z: <https://www.ecyklistika.cz/vse-o-elektrokolech/o-motorech-elektrokol/> [cit. 2024-03-18]
- [26] KOLO-PARK.CZ. *O elektro-pohonech Bosch*. Online. Dostupné z: <https://www.kolo-park.cz/dalsi-informace/dalsi-rady-a-tipy/vse-o-elektrokolech/o-elektro-pohonech-bosch>. [cit. 2024-02-05].
- [27] Ekolo.cz. *Motor-kompletní přehled*. Online. Dostupné z: <https://ekolo.cz/motor-kompletni-prehled>. [cit. 2024-02-05].
- [28] KOLAPESEK. *Pohony Shimano STEPS*. Online. Dostupné z: <https://www.kolapesek.cz/steps/>. [cit. 2024-02-05].
- [29] YAMAHA. *Naše historie*. Online. Dostupné z: <https://www.yamaha-motor.eu/cz/cs/b2b/ebike/our-history/>. [cit. 2024-02-05].
- [30] YAMAHA. *Drive Unit*. Online. Dostupné z: <https://global.yamaha-motor.com/business/e-bike-systems/products/>. [cit. 2024-02-05].
- [31] AKUMO. *Vše o motoru brose*. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.akumo.cz/clanek/63/novy-stredovy-motor-brose-2020-2/>. [cit. 2024-02-05].
- [32] BAFANG. *Motors*. Online. Dostupné z: <https://www.bafang-e.com/en/products/>. [cit. 2024-02-05].
- [33] ecyklistika.cz. *Rozdělení baterií podle umístění na elektrokole*. Online. 2019. Dostupné z: <https://www.ecyklistika.cz/vse-o-elektrokolech/o-bateriich-a-nabijeni-elektrokol/>. [cit. 2024-02-24]
- [34] PVEducation. *Battery Capacity*. Online. Dostupné z: <https://www.pveducation.org/pvc/drom/battery-characteristics/battery-capacity>. [cit. 2024-02-24]



- [35] BANNER THE POWER COMPANY. *CO SE ROZUMÍ POD POJMEM KAPACITA?* Online. Dostupné z: [https://www.bannerbatterien.com/cz/Znalosti/53-Lexikon-spole%C4%8Dnosti-Banner-kapacita\\_](https://www.bannerbatterien.com/cz/Znalosti/53-Lexikon-spole%C4%8Dnosti-Banner-kapacita_) [cit. 2024-02-24].
- [36] MOJEKOLO. *Dojezd, kapacita, životnost a vše, co chcete vědět o bateriích pro elektrokola.* Online. 2021. Dostupné z: <https://www.mojekolo.cz/magazin/tipy-a-rady/baterie-pro-elektrokola-vsechno-co-jste-kdy-chteli-vedet/>. [cit. 2024-02-24].
- [37] HIMIWAY. *6 Specs of Ebike Battery You Need to Know.* Online. 2021. Dostupné z: <https://himiwaybike.com/blogs/news/specs-of-ebike-battery-you-need-to-know>. [cit. 2024-02-24].
- [38] Ekolo.cz. *Vše o bateriích pro elektrokola.* Online. Dostupné z: <https://ekolo.cz/baterie-elektrokola>. [cit. 2024-03-13].
- [39] ecyklistika.cz. *JAK PRODLOUŽIT ŽIVOTNOST BATERIE ELEKTROKOLA?* Online. 2019. Dostupné z: <https://www.ecyklistika.cz/vse-o-elektrokolech/blog-zajimavosti-jak-prodlouzit-zivotnost-baterie-elektrokola/>. [cit. 2024-02-24].
- [40] BOSH. *Péče o akumulátor a jeho údržba.* Online. Dostupné z: <https://www.bosch-ebike.com/cz/help-center/ebw-care/asset-ast-00046>. [cit. 2024-02-24].
- [41] AuroraElectrico. *Everything You Want To Know About The E-Bike Controller.* Online. 2022. Dostupné z: <https://auroraelectrico.com/electric-bike-controller/>. [cit. 2024-02-24]
- [42] ELEKTROSPORT. *Řídící jednotka.* Online. Dostupné z: <https://elektrosport.cz/kontakty-a-informace/vse-o-elektrokolech/ridici-jednotka>. [cit. 2024-02-24].
- [43] POWERWATCHER. *Electric Bike Controllers – Which One to Choose?* Online. Dostupné z: <https://powerwatcher.net/e-bike-controllers/>. [cit. 2024-02-24]
- [44] ecyklistika. *ROZDĚLENÍ CYKLOPOČÍTAČŮ PODLE KONSTRUKCE A UMÍSTĚNÍ.* Online. 2019. Dostupné z: <https://www.ecyklistika.cz/vse-o-elektrokolech/o-cyklopocitacich-elektrokol/>. [cit. 2024-02-24].
- [45] POWUNITY. *E-bike computer: Comparison of displays from leading brands.* Online. 2022. Dostupné z: <https://powunity.com/en/e-bike-computer-comparison-of-displays-from-leading-brands#how-e-bike-displays-work-common-features>. [cit. 2024-02-24].
- [46] Ekolo.cz. *Legislativa – elektrokola.* Online. Dostupné z: <https://ekolo.cz/legislativa>. [cit. 2024-03-13].

- [47] MACARTHUR, John a KOBEL, Nicholas. Regulations of E-Bikes in North America. Online. *TRANSPORTATION RESEARCH AND EDUCATION CENTER*. 2014. Dostupné z: [https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1127&context=trec\\_reports](https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1127&context=trec_reports). [cit. 2024-03-13].
- [48] ONES, Tim; HARMS, Lucas a HEINEN, Eva. Motives, perceptions and experiences of electric bicycle owners and implications for health, wellbeing and mobility. Online. *Journal of Transport Geography*. 2016. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.04.006>. [cit. 2024-03-13].
- [49] HARMS, Cherry; LING, Ziwen; MACARTHUR, John H. a WEINERT, Jonathan X.. Differences of Cycling Experiences and Perceptions between E-Bike and Bicycle Users in the United States. Online. *Sustainability*. 2017. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su9091662>. [cit. 2024-03-13].
- [50] FISHMAN, Elliot a CHERRY, Christopher. E-bikes in the Mainstream: Reviewing a Decade of Research. Online. *Transport Reviews*. 2015. Dostupné z: DOI: 10.1080/01441647.2015.1069907. [cit. 2024-03-13].
- [51] YAMAHA. *Automatic Support Mode*. Online. Dostupné z: <https://global.yamaha-motor.com/business/e-bike-systems/system/>. [cit. 2024-03-13].
- [52] BOSCH. *What is walk assistance?* Online. Dostupné z: <https://www.bosch-ebike.com/en/help-center/ebw-bhubrc-purion-walk-assist/asset-asf-00316>. [cit. 2024-03-13].
- [53] BOSCH. *ABS Bosch eBike*. Online. Dostupné z: <https://www.bosch-ebike.com/cz/produkty/abs>. [cit. 2024-03-13].
- [54] SHIMANO. *Shifting technology: Autoshift*. Online. Dostupné z: <https://bike.shimano.com/en-EU/technologies/component/details/steps/auto-shift.html>. [cit. 2024-03-13].
- [55] BOSCH. *EShift*. Online. Dostupné z: <https://www.bosch-ebike.com/cz/produkty/eshift>. [cit. 2024-03-13].
- [56] SHIMANO. *Shifting technology: Freeshift*. Online. Dostupné z: <https://bike.shimano.com/en-EU/technologies/component/details/steps/free-shift.html>. [cit. 2024-03-13].
- [57] SHIMANO. *Start mode*. Online. Dostupné z: <https://bike.shimano.com/en-EU/technologies/component/details/steps.html>. [cit. 2024-03-13].

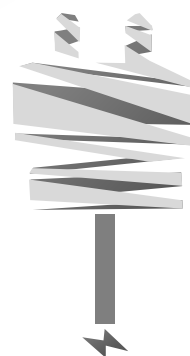
[58] SHIMANO. *E-TUBE PROJECT Cyclist*. Online. Dostupné z: <https://bike.shimano.com/en-EU/technologies/component/details/steps/application.html>. [cit. 2024-03-13].

# PŘÍLOHY

PREZENTACE URČENÁ PRO ŽÁKY ZÁKLADNÍCH A STŘEDNÍCH ŠKOL NA  
TÉMA – ELEKTROKOLA.

## ELEKTROKOLA

Brandejs Tomáš



## HISTORIE A VÝVOJ ELEKTROKOL

### EMI/Philips

- jedná se o první sériově vyráběné elektrokolo
- výroba začala v roce 1932
- hlavní nevýhodou byla váha – 100kg



Obr. 1 – elektrokolo EMI/Philips [1]

1932



# HISTORIE A VÝVOJ ELEKTROKOL



Obr. 2 – elektrokolo PAS [2]

## PAS (Power Assist Systém)

- systém představený firmou Yamaha v roce 1990
- jde o koncept, který postavil základy dnešním moderním elektrokolům

1990



## DĚLENÍ ELEKTROKOL

### 1. Dle způsobu použití

- a) horská elektrokola
- b) městská elektrokola
- c) trekingová elektrokola
- d) skládací elektrokola

### 2. Dle aktivace pohonu

- a) pedelec
- b) ebike
- c) s-pedelec

## HORSKÁ ELEKTROKOLA



Obr. 3 – Horské elektrokolo [3]

- určená především pro jízdu v terénu
- konstrukce tvořena z kvalitních materiálů a komponentů
- motor a baterie jsou dimenzovány pro vysoký výkon

## MĚSTSKÁ ELEKTROKOLA

- elektrokola zaměřená na jednoduchost a praktičnost
- geometrie rámu je zaměřena na pohodlné nasedání a provoz
- motor a baterie jsou dimenzovány pro časté rozjezdy v ulicích města



Obr. 4 – Městské elektrokolo [4]

## SKLÁDACÍ ELEKTROKOLA



Obr. 5 – Skládací elektrokolo [5]

- ideální na krátké vzdálenosti s možností pohodlného složení a převození
- velmi často jsou využívána karavanisty a jachtaři
- disponují spíše kratším dojezdem

- elektrokola určená především pro dlouhé trasy
- důraz kladen na vysoký komfort při jízdě
- motor a baterie jsou dimenzovány na dojezd až 150 km

## TREKOVÁ ELEKTROKOLA



Obr. 6 – Trekové elektrokolo [6]

## ROZDĚLENÍ DLE AKTIVACE POHONU

### a) Pedelec (pedal + electro)

- aktivace pohonu je závislá na šlapání
- při přerušení šlapání se pohon stává neaktivní
- motor musí přerušit svoji funkci při dosažení 25 km/h



Obr. 7 – Pedelec schéma [7]

## ROZDĚLENÍ DLE AKTIVACE POHONU

### b) S-pedelec

- aktivace pohonu je závislá na šlapání
- jedná se o výkonnější variantu typu pedelec
- dle platné legislativy EU, nejsou počítána jako běžná jízdní kola



Obr. 7 – Pedelec schéma [7]



## ROZDĚLENÍ DLE AKTIVACE POHONU

### c) Ebike

- aktivace pohonu není závislá na šlapání
- motor je ovládán pomocí otočné rukojeti
- dle platné legislativy EU, nejsou počítána jako běžná jízdní kola

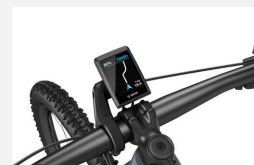


Obr. 8– ebike schéma [8]

## KOMPONENTY ELEKTROPOHONU

Mezi základní komponenty patří:

- baterie
- elektromotor
- řídicí jednotka
- ovládací panel



## BATERIE

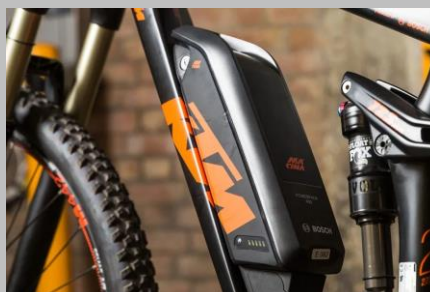
- uchovávají el. energii, která je dále dodávána do elektromotoru
- dělíme dle:

### Umístění na elektrokole:

- integrované do rámu
- na rámu
- na nosiči
- za sedlovou trubkou

### Chemického složení

- olověné
- nikl – kadmiové
- nikl metal hydridové
- lithium – iontové
- lithium – iontové polymerové



Obr. 9– Baterie elektrokola [9]

## ELEKTROMOTOR

- přeměňuje el. energii na mechanickou
- jedná se o stejnosměrné elektromotory
- dělíme dle:

### Umístění na elektrokole:

- středové
- nábojové

### Funkce:

- DC (kartáčové)
- BLDC (bezkartáčové)



Obr. 10– Středový elektromotor [10]

## ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA

- spojuje všechny součásti elektropohonu do centrálního místa
- získává vstupní data, která dále upravuje a řídí další procesy elektropohonu
- stará se o:
  - řízení a regulaci přítoku proudu z baterie
  - vypnutí motoru při překročení limitu
  - upravení míry asistence
  - autodiagnostiku
  - BMS systém (ochrana před vybitím baterie)



Obr. 11– Řídicí jednotka [11]

## OVLÁDACÍ PANEL

- aktivní prvek v procesu řízení elektrokola
- zobrazuje informace o jízdě
  - dojezd
  - rychlost
  - tempo
  - ...
- lze skrze něj ovládat funkce elektrokola
  - zapnutí elektropohonu
  - nastavení míry asistence
  - volení jízdních režimů
  - ...



Obr. 12– Ovládací panel [12]

## LEGISLATIVA ELEKTROKOL

Oblast	Název normy	Rychlostní limit	Maximální výkon motoru	Váhové omezení
EU	Nářízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 168/2013 + EN 15194:2017	25 km/h	250 W	-
USA	USA 107-319	32 km/h	750 W	-
Čína	-	30 km/h	-	Samotné elektrokolo – 20 kg

### VÝHODY POUŽÍVÁNÍ ELEKTROKOL

- podpora zdraví pro osoby s fyzickým omezením
- menší námaha
- nastavení možnosti dopomoci
- v případě využívání místo motorových vozidel – snižování emisí

### NEVÝHODY POUŽÍVÁNÍ ELEKTROKOL

- vyšší cena
- dražší údržba
- horší ovladatelnost
- v případě používání místo neelektrifikovaného jízdního kola – zvyšování emisí (recyklace baterie, výroba el. Energie)

## Zdroje obrázků:

- [1] ebikesInternational . eBike Developed by Philips Back in 1931 Abandoned Due to Legislation . Online. Dostupné z: <https://ebikes-international.com/philips-develops-ebike-in-1931-but-abandons-development-due-to-legislation/>. [cit. 2024-04-14]
- [2] Global.yamaha-motor.com. 1993 PAS. Online. Dostupné z: [https://global.yamaha-motor.com/showroom/cp/collection/pas\\_pas\\_pa26-a/](https://global.yamaha-motor.com/showroom/cp/collection/pas_pas_pa26-a/). [cit. 2024-04-14]
- [3] Akumo.cz. Elektrokola. Online. Dostupné z: [https://www.akumo.cz/ktm-macina-kapoho-7973-chrome-red-black\\_z29737/](https://www.akumo.cz/ktm-macina-kapoho-7973-chrome-red-black_z29737/). [cit. 2024 -04-14]
- [4] Elektro-sport.cz. Městské elektrokolo. Online. Dostupné z: <https://elektro-sport.cz/elektrosport-sro-elektrokola-brno/4112-vyprodej-mestske-elektrokolo-lovelec-norma-greyyellow-2023-plaste-26-baterie-10ah-nosnost-140kg-cena-v-sezone-29-990-.html>. [cit. 2024-04-14]
- [5] Kolasport.cz. Skládací elektrokolo lovelec. Online. Dostupné z: <https://kolasport.cz/lovelec/24512-skladaci-elektrokolo-lovelec-flip.html>. [2024-04-14]
- [6] Akumo.cz Haibike Trekking 7. Online. Dostupné z: [https://www.akumo.cz/haibike-trekking-7-high-blue-sand\\_z243/](https://www.akumo.cz/haibike-trekking-7-high-blue-sand_z243/). [cit. 2024-04-14]
- [7] HRUBÍŠEK, Ivo. Elektrokola: nová dimenze cyklistiky. Plzeň: Cykloknihy, 2011. ISBN 978-80-87193-18-1
- [8] HRUBÍŠEK, Ivo. Elektrokola: nová dimenze cyklistiky. Plzeň: Cykloknihy, 2011. ISBN 978-80-87193-18-1
- [9] cyclingweekly.com. Electric bike batteries: everything you need to know . Online. Dostupné z: <https://www.cyclingweekly.com/news/product-news/electric-bike-batteries-everything-you-need-to-know-235153>. [cit. 2024 -04-14]
- [10] ebike-mtb.com. Yamaha PW-X 2017 E-Mountainbike Motor. Online. Dostupné z: <https://ebike-mtb.com/en/first-ride-yamaha-pw-x-2017-e-mountainbike-motor/>. [cit. 2024-04-14]
- [11] eurobyt-cb.cz. řídící jednotka RAINBOW. Online. Dostupné z: <https://www.eurobyt-cb.cz/obchod/ridici-jednotka-rainbow>. [cit. 2024-04-14]
- [12] bosch-ebike.com. Purion 2000. Dostupné z: <https://www.bosch-ebike.com/cz/produkty/purion>. [cit. 2024-04-14]

Prezentace vytvořena v rámci  
bakalářské práce „Elektrokolo z  
pohledu učitele technických  
předmětů pedagogických fakult“



**Děkuji za pozornost!**