



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

JÍZDNÍ KOLO PRO SENIORY A MĚSTSKÝ PROVOZ

CITY HPV

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Pykal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Vojtěch Pykal
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.
Akademický rok:	2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Jízdní kolo pro seniory a městský provoz

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem závěrečné bakalářské práce je komplexní studium, rozbor a vlastní hodnocení konstrukcí jízdního kola určeného pro seniory a městský provoz s uvažováním pomocného elektropohonu.

Cíle bakalářské práce:

Cílem závěrečné bakalářské práce je vytvořit ucelený přehled problematiky jízdních kol určených pro seniory a městský provoz. Práce bude obsahovat historický a teoretický úvod do problematiky, charakteristiku rámců, převodů, možností pomocného elektropohonu a vlastní kritické hodnocení jednotlivých přístupů k řešení problematiky.

Seznam doporučené literatury:

ABBOTT, A. V., WILSON, D. G. Human-Powered Vehicles, Human Kinetics Publishers, 1995, ISBN 0873228278 / 9780873228275, 279 s.

BALLANTINE, R., GRANT, R. Velká kniha o bicyklech, Geminy, sro. 1993, ISBN 80-7161-011-9, 192 s.

WINKLER, F., RAUCH, S. Fahrradtechnik-Konstruktion, Fertigung, Instandsetzung, Klingenberg Buchkunst Leipzig, 1999, ISBN 3-87073-131-1, 505 s.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou jízdních kol pro seniory a městský provoz se zřetelem na přídatný elektrický pohon. Úvodní část se zabývá vlivem pohybu na lidské zdraví. Dále vývojovou a technickou analýzou jízdních kol. Následuje komplexní rozbor elektrokol a nastínění ideálního elektrokola pro seniory. V závěru je vlastní zhodnocení této problematiky.

KLÍČOVÁ SLOVA

elektrokolo, senior, jízdní kolo, městský provoz, ekologie

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the issue of bicycles for seniors and city traffic with additional electric drive. The introductory part deals with the influence of movement on human health. Further development and technical analysis of bicycles. This is followed by a comprehensive analysis of pedelecs and an outline of an ideal electric bike for seniors. In conclusion, there is my evaluation of this issue.

KEYWORDS

electric bike, senior, bicycle, city traffic, human powered vehicles, ecology

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PYKAL, V. *Jízdní kolo pro seniory a městský provoz*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 31 s. Vedoucí bakalářské práce Zdeněk Kaplan.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Zdeňka Kaplana, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

Vojtěch Pykal

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval doc. Ing. Zdeňkovi Kaplanovi, CSc. za cenné rady a připomínky při vedení mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za jejich podporu při mém studiu.

OBSAH

Úvod.....	10
1 Senioři.....	11
1.1 Charakteristika stáří.....	11
1.2 Význam pohybové aktivity pro seniory.....	11
2 Vývojová a technická analýza jízdních kol.....	12
2.1 Vývojová analýza.....	12
2.2 Technická analýza.....	13
2.2.1 Rám kola.....	13
2.2.2 Převody.....	13
2.2.3 Brzdy.....	13
2.2.4 Výška sedla.....	14
2.2.5 Ideální kolo pro seniory.....	14
3 Elektrokola.....	15
3.1 Vývoj elektrokol.....	15
3.2 Ekologie.....	15
3.3 Základní rozdělení elektrokol podle typu pohonu.....	15
3.3.1 Elektrokola typu „Pedelec“.....	15
3.3.2 Elektrokola typu „E-bike“.....	16
3.4 Elektromotor.....	16
3.4.1 Umístění motoru.....	18
3.5 Řídící jednotka.....	19
3.6 Ovládací panel.....	19
3.7 Snímače.....	19
3.8 Baterie.....	20
3.8.1 Parametry baterie.....	20
3.8.2 Druhy akumulátorů.....	21
3.8.3 Umístění baterie na elektrokole.....	22
3.8.4 Rekuperace.....	23
3.9 Typologie elektrokol.....	23
3.9.1 Městské elektrokolo.....	23
3.9.2 Skládací elektrokolo.....	24
3.9.3 Třístopé elektrokolo.....	24
3.9.4 Horské elektrokolo.....	24
3.9.5 Trekkingové elektrokolo.....	24
3.10 Návrh ideálního řešení elektrokola pro seniory.....	25

3.10.1 Pohon.....	25
3.10.2 Stabilita.....	26
Závěr.....	27
Použité informační zdroje	28

ÚVOD

Každodenní pohyb je nedílnou a důležitou součástí života. O to více důležité to je pro starší osoby, na jejichž potřeby se velmi často zapomíná. Myslím si, že vyšší věk nebo nemožnost překročit rám kola nejsou důvody k tomu, vzdát se svojí záliby v cyklistice. V České republice roste počet seniorů. Podle ČSÚ v roce 2017 tvořili 13,8 % populace České republiky. [32] I to je pro mě motivací zabývat se touto problematikou.

Chtěl bych v této práci komplexně rozebrat problematiku jízdních kol pro seniory s hlavním zaměřením na přídatný elektrický pohon, ve kterém vidím velký potenciál. Zároveň je cílem této práce shrnout vývojovou a technickou analýzu jízdních kol včetně elektrokol a navrhnout vlastní ideální řešení jízdního kola a elektrokola a vlastní kritiku aktuálního stavu.

1 SENIOŘI

1.1 CHARAKTERISTIKA STÁŘÍ

Existuje mnoho charakteristik popisující stáří, avšak žádná z nich není absolutní a definitivní. K přesnému vymezení brání fakt, že u téhož jedince může dojít k nesouladu stáří psychického a fyzického. Stáří probíhá rozdílně u jedinců téhož kalendářního věku. V neposlední řadě je rozdíl v hodnotících kritériích stáří z hlediska historického, sociálního, kulturního atd.

Senioři jsou skupina osob, která je charakterizována tím, že dosáhli penzijního věku. V naší společnosti obecně platí, že za seniora začne být člověk považován při přechodu z pracovního procesu do důchodu. Samotné stáří je však velmi individuální a hranice přechodu z dospělosti do stáří je u každého člověka rozdílná. V 60. letech minulého století stanovila Světová zdravotnická organizace (WHO) jako hraniční věk stáří 60 let. [18]

1.2 VÝZNAM POHYBOVÉ AKTIVITY PRO SENIORY

Pohyb ovlivňuje nejen fyzickou stránku člověka, ale i tu duševní a mimo to pracuje i jako ventilátor nebo regulátor stresu. Ve stáří má obzvlášť velký význam, protože upevňuje zdraví a může posilovat myšlení, paměť, či tvořivost. Pokud má jedinec nedostatek pohybu, často dochází k nedostatečné stimulaci základních fyziologických procesů, což se negativně projevuje různými nemocemi nebo poruchami. [19]

Pohyb ve stáří má prokazatelně pozitivní vliv proti velké řadě nemocí. Jsou to v první řadě rizikové faktory aterosklerózy, nadváha, vysoký krevní tlak, vysoký cholesterol a cukrovka. Pohyb tak přináší i prevenci projevů aterosklerózy, nedokrvení končetin, mozkových příhod, a především srdečních infarktů, který patří mezi jeden z nejčastějších důvodů úmrtí na světě. Má pozitivní vliv i na další kardiovaskulární onemocnění, jako jsou chronické srdeční selhání a záněty žil s emboliemi. Pohyb také příznivě působí na pohybový aparát (funkční omezení, osteoporóza, artritida, bolesti zad) a mozkovou činnost (myšlení, demence, deprese, neurózy, spánek). Pohyb může zvýšit délku života jedince někdy až o dvacet let. To je ovšem velice individuální a musíme brát v potaz, že pohybová aktivita, především u seniorů, může mít i negativní dopady. Proto nesmíme brát na lehkou váhu zdravotní stav seniora a podle toho vybrat vhodné pohybové aktivity. Tato práce se však bude zabývat nadále pouze cyklistikou pro seniory. [19]

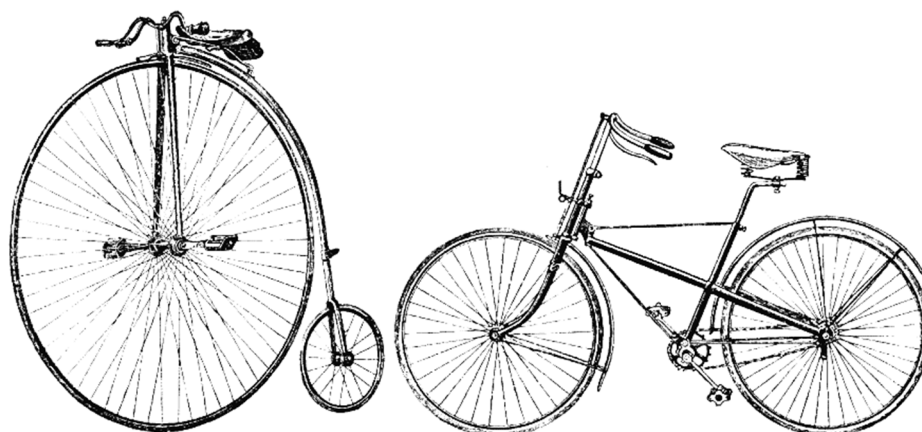
2 VÝVOJOVÁ A TECHNICKÁ ANALÝZA JÍZDNÍCH KOL

2.1 VÝVOJOVÁ ANALÝZA

Vývoj jízdního kola se datuje až do roku 1817, kdy Karl Drais vynalezl tzv. drezínu, která fungovala na principu odrážedla. Až na spojovací materiál byla ze dřeva a její hmotnost se pohybovala v rozmezí 20-30 kg (v závislosti na typu dřeva). Maximální rychlost, které se dalo na drezíně dosáhnout, se pohybovala okolo 15 km/h. Přidáním pevné kliky na přední kolo vznikl v roce 1864 tzv. velocipéd. V roce 1869 sestrojil Eugène Meyer „vysoké kolo“, které se vyznačovalo velkým průměrem předního kola. Tato změna vedla ke zvýšení rychlosti kola. Zároveň se kolo stalo méně bezpečné a těžší na ovládání. Proto vznikaly i upravené verze kola se třemi až čtyřmi koly. V roce 1879 si nechal Henry J. Lawson patentovat řetězový převod síly z klik na zadní kolo. Kolo vyráběl pod názvem "the Bicyclette". Jednalo se o první kolo s nižším těžištěm jízdy a začalo se mu později říkat „bezpečnostní bicykl“. Byla to bezesporu jedna z nejdůležitějších změn v historii jízdního kola. Zpřístupnila možnost používat kolo jako každodenní dopravní prostředek pro muže a ženy všech věkových kategorií. [14][15] [24]

Dalším významným krokem vpřed byl vynález inženýra Ernesta Monningtona. Ten zkonstruoval tzv. axiální brzdu působící na ráfek z obou stran. Tento typ brzd je často používán i dnes. Další typ brzd se nazýval "torpédo" a byl založen na principu protišlapání. Brzdná síla působila do středu zadního kola. V roce 1888 sestrojil John Kemp variantu kola Rover. Konstrukce tohoto kola spočívala v použití přibližně stejně velikých kol a pohon obstarávaly pedály, kliky, řetěz a ozubená kola. Tato koncepce se stala vzorem jízdních kol na dalších více jak sto let. Roku 1890 byly nahrazeny pryžové obruče na ráfcích pneumatikami plněnými vzduchem. Začátkem 20. století Francouz Joanny Panel navrhl první měnič převodů (přehazovalo se do tří poloh pomocí táhel). [14][15] [24]

Po druhé světové válce vyšlo kolo z módy díky větší dostupnosti aut. Ale na konci dvacátého století se stává jízdní kolo oblíbené, k čemuž také velkým dílem přispívá horské kolo. Jako dopravní prostředek se kolo využívá hlavně v Holandsku, Belgii, Dánsku a Německu, kde byla vytvořena obrovská síť cyklostezek. [14][15] [24]



Obr. 1 Vysoké kolo z roku 1880 (vlevo), a první moderní bicykl (vpravo) [14]

2.2 TECHNICKÁ ANALÝZA

2.2.1 RÁM KOLA

Rám je hlavní nosný prvek jízdního kola. Jeho správná volba je pro komfortní a bezpečnou jízdu velmi důležitá. Výrazně rozhoduje také o celkových jízdních vlastnostech kola. Je zde snaha ze strany výrobců o co nejlehčí rám s co největší pevností a životností. Materiálem rámu bývala dříve ocel. Ta z důvodu své hmotnosti byla nahrazována slitinou hliníku, známou pod názvem dural (většinou s označením 6061 nebo 7005). Ta je až třikrát lehčí než ocel. U dražších kol se můžeme setkat s rámy z karbonu nebo titanu. Tyto materiály jsou nejen velice lehké, ale také velice pohodlné při jízdě, neboť dobře tlumí vibrace. Nevýhodu titanového rámu je jeho cena, která se může vyšplhat až 45-50 tisíc korun. [10] [31]

Elektrokola, kterými se zabývám v pozdější části této práce, musí mít rám navíc zpevněný proti deformacím při statickém i dynamickém namáhání, kterému jsou vystaveny při běžném provozu. Pokud u elektrokol přihlížíme na poměr cena/výkon, tak se nevyplatí kupovat rám z karbonu nebo z titanu, protože na rozdíl od klasických kol se zde ještě nachází motor s baterií, a tudíž nedojde k markantnímu snížení hmotnosti. [1][2]

2.2.2 PŘEVODY

Převody se řadí mezi jeden z klíčových prvků na jízdním kole. Umožňují jezdcům při jízdě měnit poměr vykonávané práce. Hodnotu převodu charakterizuje převodový poměr, který je určen relativní velikostí převodníku a pastorku zadního kola (např. pokud je na převodníku 52 zubů a na pastorku 13 zubů, jedná se o převod 1:4 a tedy při jednom otočení převodníku se pastorek otočí 4x). Změna převodů na pastorku (přehazovačkou) je možno provádět i při plném zatížení, přičemž lze při jednom přehození změnit pouze o dva až tři stupně, záleží na konkrétním složení zadní kazety. Na talíři je změna převodů při zatížení obtížná, protože síla přenášená řetězem působí proti změně převodu. Při přehození je někdy nutné odlehčit šlapání, přehodit a pak opět plnou silou vpřed. Průměrný cyklista je schopen dlouhodobě produkovat výkon 1/8 koňské síly (0,09 kW) s maximální účinností šlapání při frekvenci od 55 do 85 ot/min. Účelem převodů je tedy udržovat nejúčinnější frekvenci šlapání.

2.2.3 BRZDY

- **Ráfkové brzdy**

Jak již bylo zmíněno, často se ještě dnes používají ráfkové brzdy. Jsou lehké, pevné a účinné. Umístění brzdy blízko ráfku snižuje chvění a zvyšuje tuhost. Jejich využití má široký záběr od dětských kol, přes krosová, až po silniční. U horských kol jsou v současné době na ústupu. Řadí se sem i hydraulické brzdy, u kterých, na rozdíl od klasických ráfkových brzd, přenáší sílu kapalina. [16]

- **Kotoučové brzdy**

Jedná se o nejmladší a nejagresivněji se rozšiřující mechanismus brzd. Pracuje na principu kotouče připevněného k náboji a tzv. třmene, který je namontovaný na navářky rámu (vidlice), jež obsahuje pístky, které tlačí brzdové desky na kotouč a tím dochází k brzdění. Hlavní předností je jejich výkon, který je vyšší než u ráfkových brzd a jejich brzdný účinek je srovnatelný za každého počasí. V dnešní době dominují na poli horských kol, i když je snaha výrobců, rozšířit je i na ostatní typy jízdních kol. Oproti počátkům kotoučových brzd dnes převládají převážně plusy pro jejich použití. V dnešní době existují dva typy kotoučové brzd: mechanická (ovládaná lankem) a hydraulická (hadice s kapalinou). Mechanická brzda je méně

účinná, levnější a bez nutnosti měnit brzdovou páku. Hydraulická brzda je dražší, výkonnější a servis je složitější. [16][17]

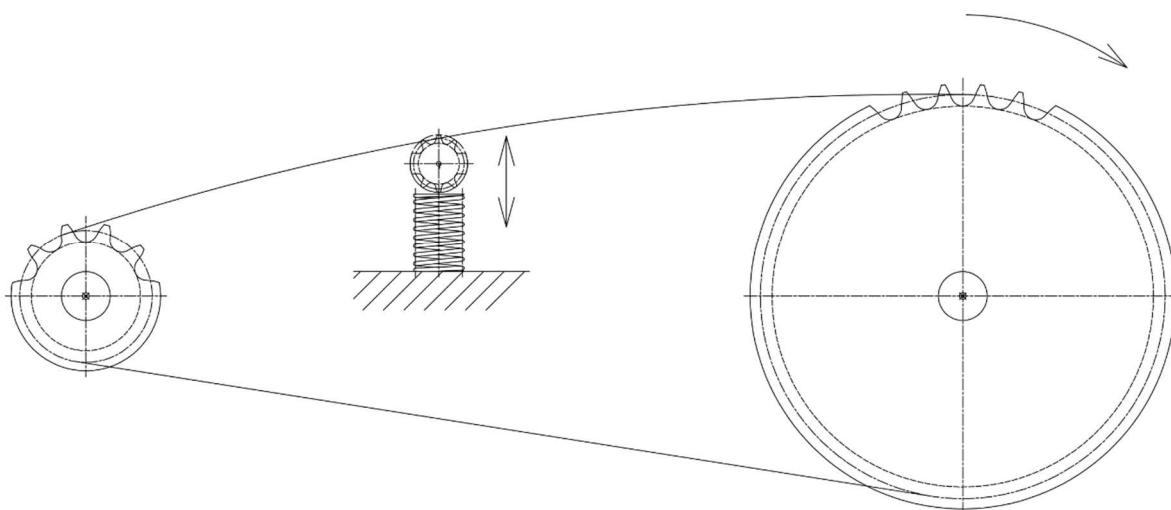
2.2.4 VÝŠKA SEDLA

Výška sedla má velký vliv na jízdu a výkon jezdce. S měnící se výškou sedadla se mění zároveň úhel záběru kyčelních a kolenních kloubů a délka svalů při pohybu kloubů. Výška se u standartních jízdních kol bere jako vzdálenost od vřetene pedálů po vršek sedadla. Ideální výšku sedadla nelze lehce určit. Odvíjí se totiž od více faktorů – nastavení polohy řídítek, sedla a nohy na pedálu. Obecně ale platí, že když se člověk posadí na kolo, měl by se patou dotýkat šlapky v nejnižším bodě úvrati a zároveň mít nataženou nohu. To má za následek to, že když při jízdě šlápne na pedál přirozeně, bude mít nohu pokrčenou o cca 25°. [24] [25] [30]

2.2.5 IDEÁLNÍ KOLO PRO SENIORY

Ideální stav, které při jízdě chceme dosáhnout, je ten, že cyklista šlape s konstantním zatížením na pedálech. A to bez ohledu na to, jestli jede z kopce, do kopce, nebo po rovině. [24]

Toho by se na dalo dosáhnout například pomocí mechanického snímače v podobě pružiny s řetězovým kolem, který by kladl odpor na řetěz, a podle napětí v řetězu by se smršťovala nebo natahovala pružina, což by mělo za následek změnu převodu za lehčí, pokud by cyklista jel do kopce, nebo těžší, pokud by jel z kopce. Takovéto řešení by mělo za následek změny rychlosti cyklisty a v praxi těžce proveditelné.



Obr. 2 Schéma návrhu mechanického snímače.

Pokud chceme konstantní nejen zatížení, ale i rychlost, nezbyvá nám nic jiného, než do úvahy zahrnout i přídatný elektrický pohon, který by kompenzoval onu zmiňovanou ztrátu rychlosti. Z toho důvodu jsem se rozhodl, zabývat se v další části této práce řešením problému za pomoci elektrokol.

3 ELEKTROKOLA

3.1 VÝVOJ ELEKTROKOL

Jedním z prvních konstruktérů elektrokola byl Američan Hosea W. Libbey z Bostonu, který si jako první nechal v roce 1897 patentovat kolo poháněné elektrickým motorem umístěným do středu osy klikové hřídele. Tento pokus se nesešel s uplatněním v praxi. Jedním z největších problémů u elektrokol byla značná velikost baterií a jejich hmotnost. [6][2]

V českých zemích byl jedním z prvních, kdo si nechal patentovat elektrokolo, konstruktér a inženýr H. Fünger, a to v roce 1938. První prototyp jeho elektrokola se objevil v roce 1944. Elektrokolo dosahoval na rovině maximální rychlost 14 km/h a maximální vzdálenost na jedno nabití byla 70 kilometrů. Olověné baterie, které zde Fünger použil, měly kapacitu 70 Ah a hmotnost 100 kilogramů. [6][2]

V osmdesátých letech dvacátou století byl komerčně úspěšný „ZAP“ (Zero Air Pollution). Byl zde použit jednoduchý mechanismus přenosu síly elektromotoru třecí kladkou přímo na pneumatiku kola. Vyznačoval se velkými ztrátami, a tudíž malou účinností. [6][2]

První skutečné komerční využití elektrokol přichází až na počátku 90. let 20. století s prvními snímači kroutícího momentu a regulátory síly pro elektrické pohony. V roce 1998 bylo na trhu už 49 různých typů elektrokol a jejich produkce roste každoročně o 8 %. [6][2]

3.2 EKOLOGIE

Velkým „tahákem“ pro spoustu lidí je i ekologická stránka věci. Obzvláště ve větších městech lidé radši sednou na kolo (potažmo elektrokolo) místo toho, aby jeli autem, nebo jiným dopravním prostředkem. Například v Amsterdamu je aktuálně 881 000 kol a kolem 58 % lidí starších dvanácti let požívá kolo jako dopravní prostředek denně. Dokonce se uvažuje i o úplném zakázání dopravních prostředků se spalovacím motorem od roku 2030. Argumentuje se tím, že po kouření, špatném jídle a malém pohybu je špinavý vzduch čtvrtým největším zdravotním rizikem obyvatel Amsterdamu. [13]

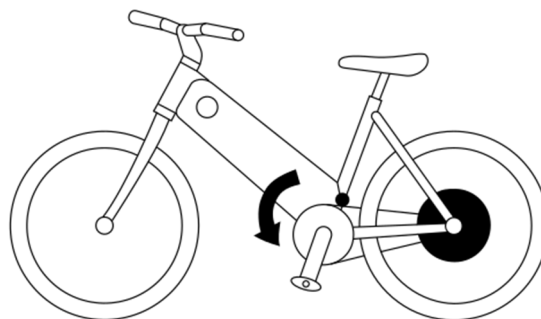
Klasické kolo je samozřejmě zcela ekologické (pokud nepočítáme samotnou výrobu), ale u elektrokola už to tak jednoznačné není. K pohonu je přece jen zapotřebí elektřina, která je např. v ČR jen z 11,2 % vyráběna z obnovitelných zdrojů. Zbytek je z hnědého uhlí (42,5 %), jádro (32,6 %) aj. [12] Potom to je tedy už jen na diskusi s odborníky, do jaké míry jsou elektrokola opravdu ekologická.

3.3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ ELEKTROKOL PODLE TYPU POHONU

3.3.1 ELEKTROKOLA TYPU „PEDELEC“

Pedelec je označení pro elektrokola, která si zachovávají pohon šlapáním, mají tedy vždy pedály a elektropohon je pouze přídatný asistenční. Název je odvozen od spojení anglických slov „pedal + electro + cycle“. Čím intenzivněji cyklista šlape, tím větší výkon z elektromotoru dostává. Toto platí jenom do určité frekvence šlapání (většinou 60 ot./min.) Při přerušení šlapání se stává elektromotor nefunkčním. Naopak vyšší frekvenci šlapání se výkon elektromotoru dále nezvyšuje a zůstává na své maximální hranici.

Elektrokola typu pedelec jsou z hlediska silničního provozu považována spíše za jízdní kola, proto se na ně ve většině zemí nevztahují žádné speciální zkoušky ze znalostí silničního provozu. [2]

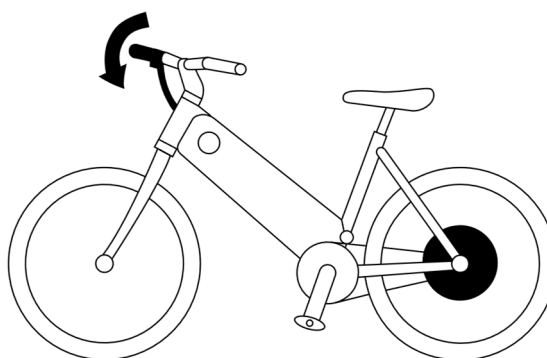


Obr. 3 Schéma pohonu elektrokola typu Pedelec

3.3.2 ELEKTROKOLA TYPU „E-BIKE“

E-bike je označení pro elektrokola, která si sice zachovávají pohon šlapáním, ale je v tomto případě bráno spíše jako nouzové řešení (podobně jako u mopedů s benzinovým spalovacím motorem, u nichž byly pedály rovněž využívány jen minimálně). Elektromotor je ovládaný z řídítek, obvykle otočnou rukojetí nebo jiným ovládacím elementem (páčka, tlačítko). [2]

Elektrokola typu E-bike jsou většinou zařazovány mezi malé motocykly, tudíž se od řidičů vyžaduje totéž, co od řidičů mopedů a maloobsahových motocyklů. [2]



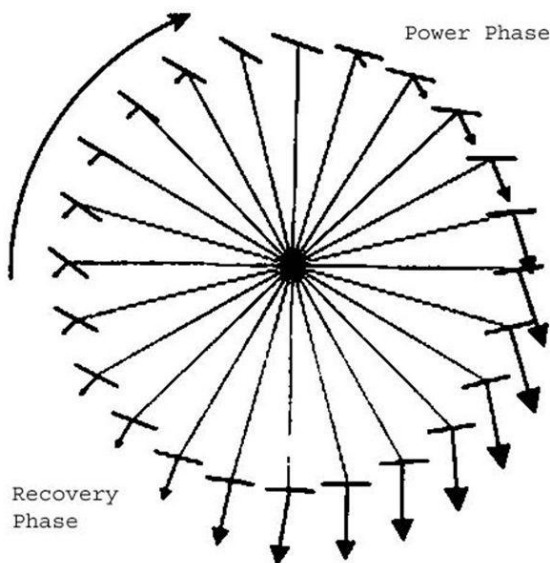
Obr. 4 Schéma pohonu elektrokola typu E-bike

3.4 ELEKTROMOTOR

Nejpoužívanějšími typy motoru v elektrokole jsou stejnosměrné třífázové (bezkartáčové) synchronní elektromotory s napětím 24 V nebo 36 V, které lze dále rozdělit na motory do jmenovitého výkonu 250 W, s jimiž elektrokolo splňuje normy EN 15194 [3] a je na ně nahlíženo jako na běžná jízdní kola, a na motory s výkonem vyšším než 250 W, která už jsou klasifikována jako malé skútry a také se na ně vztahují požadavky jako na skútry. Povinné je u nich provedení typových zkoušek, registrační značka nebo hrazení povinného ručení. [2]

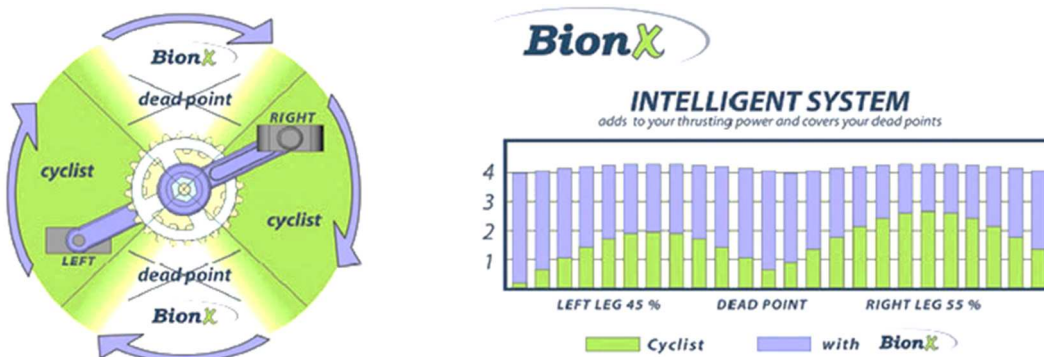
Podle již zmíněné normy EN 15194 může být funkce motoru aktivována pouze aktivním šlapáním do pedálů kola. Má-li kolo přídavný akcelerátor, je možné toto kolo uvést z klidu pouze do maximální rychlosti 6 km/h. [3]

Při šlapání na kole se mění síla cyklisty na pedálech v závislosti na jejich poloze. V horní a dolní úvratí se nachází tzv. mrtvý bod (dead point). V těchto bodech sice chodidlo vyvíjí tlak na pedál, ale tato energie moc nepřispívá k pohonu, protože vektor síly není tečný na směr otáčení, a tudíž velká část této síly je „ztracena“ (v závislosti na úhlu odklonění od tečny).



Obr. 5 Schéma ukazující vektor síly šlapání jedné nohy. [27]

Často dochází také k rozdílnému zatížení pravé a levé nohy. Elektromotor tyto rozdíly eliminuje pomocí tenzometru umístěném v motoru, jak je patrné z obrázku 6 pro systém BionX. [26]



Obr. 6 Poměr pohonu motoru a cyklisty v systému BionX [26]

3.4.1 UMÍSTĚNÍ MOTORU

3.4.1.1 CENTRÁLNÍ

Tyto motory se nachází v těsné blízkosti osy šlapání a podílejí se na pohonu elektrokola prostřednictvím řetězu. Obecně se vyznačují krátkou reakční dobou asistence. Díky volbě otáček motoru (při zařazení vhodného převodu) lze upravit míru otáčivého momentu přenášeného na zadní kolo, což má za následek menší spotřebu, a tedy i delší dojezd. U dražších typů středového motoru se obvykle nachází 3 druhy senzorů (snímač otáček, rychlosti a tlaku na pedál – tzv torzní senzor), které zajišťují plynulý výkon asistence. Naopak jednodušší, stejně jako nábojové, nabízí jen rychlostní (otáčkový) senzor. [2]

Obrovskou výhodou středového motoru je, že na rozdíl od nábojového motoru, který vykazuje točivý moment jen kolem 30 Nm, má středový motor až 90 Nm. Naopak nevýhodou je větší opotřebení řetězu a zadního vícekolečka či obtížnější a hlučnější řazení. V praxi si mnoho lidí chválí přirozenější pocit z jízdy a lepší ovladatelnost. [2]

Středový pohon je z pohledu vyvážení kola a jízdních vlastností neoptimálnějším řešením, které se v současnosti u elektrokol vyskytuje. [23]



Obr. 7 Znárodnění umístění středového motoru [23]

3.4.1.2 NÁBOJOVÉ

Motor se nachází v zadním náboji kola. V současné době je tento typ motoru nejpoužívanější, protože se mimo jiné řadí mezi cenově dostupné varianty. Další výhodou ideální přenos točivého momentu, proto v terénu nehrozí proklouznutí. Nevýhodou je větší zatížení kola v přední nebo zadní části kola, absence torzního snímače, a při vyšším zatížení neefektivní hospodaření s energií (v porovnání se středovým motorem). Pokud se nachází motor



Obr. 8 Znárodnění umístění zadního nábojového motoru [23]

v předním náboji, motor má tendence negativně ovlivňovat řízení a dochází k tzv. tahání. [5]

Náboj v předním náboji kola se dnes již téměř nepoužívá. Má negativní vliv na jízdní vlastnosti kola (podkluzování ve velkých kopcích, nebo na kluzkém povrchu).

3.4.1.3 V TRUBCE RÁMU

Elektromotor je umístěn přímo v trubce rámu, kde je ukryt dlouhý a štíhlý rotor, který přes ozubení působí na středovou osu kola. Baterie je umístěna v malé podsedlové brašně, nebo je spolu s motorem zabudována v trubce. Elektromotor má maximální výkon 200 W, přičemž se aktivuje stisknutím tlačítka na řídítkách. Výhoda tohoto typu umístění je celková hmotnost motoru okolo 1900 g. Naopak nevýhoda je relativně krátká výdrž baterie. [2]

3.5 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA

Je to „mozek“ celého elektrického systému. Jedná se o mikropočítač, který propojuje jednotlivé komponenty a řídí výkon motoru podle uživatelem nastavených parametrů (tzv. módu) a údajů z jednotlivých senzorů. [20]

3.6 OVLÁDACÍ PANEL

LED panel / LCD displej je zpravidla umístěn na řídítkách a jeho prostřednictvím se elektrický systém obsluhuje. Zde si uživatel volí jízdní mód. Najdete zde také informace o zbývajícím dojezdu a stavu baterie. Samozřejmostí jsou údaje o času, rychlosti a ujeté vzdálenosti. [20]

3.7 SNÍMAČE

U elektrokola je velmi důležitá přesnost dávkování výkonu motoru. U všech elektrokol rozlišujeme dva základní druhy snímačů – šlapání a rychlosti. U některých elektrokol se může nacházet i snímač brzd, který má za úkol při stisknutí okamžitě vypnout elektromotor.

- **Senzor šlapání**

Senzor šlapání používají všechna elektrokola typu „pedelec“. Vyskytují se 2 druhy – **magnetický** a **torzní**.

Magnetický senzor (neboli kadenční) je umístěn na klice s převodníkem. Dává řídicí jednotce signál (většinou po půl otáčky pedálu), a ta podle zvoleného stupně asistence začne dodávat stanovené množství elektrického proudu. Z důvodu rozfázování magnetů by neměl sepnout při našlápnutí na volnoběh. Čím více má magnetů, tím je citlivější. Výhodou je jeho cena. Nevýhodou je poruchovost a nepřesnost. [28]

Torzní senzor je oproti magnetickému složitější. Dokáže snímat sílu působící na pedály i napětí v samotném řetězu. To se kladně projeví na „hladkosti“ rozjezdu. Má vliv na dobré fázování motoru a vyšší dojezd elektrokola. Dokáže zastavit asistenci motoru téměř okamžitě. Nevýhoda je vysoká cena. [28]

- **Senzor rychlosti**

Jeho funkce je de facto stejná jako u tachometru. Řídící jednotce udává rychlost otáčení kola (nejčastěji zadního), a ta následně vyhodnotí, zda podle měřených hodnot má omezit výkon motoru. Zároveň plní funkci tachometru pro displej. Někdy bývá součástí elektromotoru. [28]

3.8 BATERIE

3.8.1 PARAMETRY BATERIE

Jedním z nejdůležitějších parametrů baterie v elektrokole je **kapacita**. Je to celkový náboj, který může baterie při vybíjení vydat, než její napětí poklesne na nejnižší přípustnou hodnotu. Jeho jednotkou je farad (F), avšak v praxi se používá jednotka ampérhodina (Ah) nebo miliampérhodina (mAh). 1 Ah je definována jako náboj, který akumulátor dodá do obvodu při konstantním proudu 1 ampér za dobu 1 hodiny. [1] [2] [4]

Pro baterie je v praxi důležitý i poměr **kapacita/hmotnost**, jehož jednotkou je Ah/kg (někdy mAh/g). Historický vývoj ukazuje, že je zde snaha o co největší poměr. Díky pokroku klesla hmotnost elektrokol pod 20 kg a mnohá jsou jen o pár kilogramů těžší než srovnatelná klasická kola. [1] [2] [4]

Důležitým parametrem každé baterie je její **vybíjecí charakteristika**. Ta ukazuje závislost napětí článku na času vybíjení při určitém vybíjecím proudu. Při snížení vybíjecího proudu se prodlužuje doba vybíjení, což má obrovské využití u elektrokol v praxi. [1] [2] [4]

Dalším důležitým parametrem baterie je **životnost**. Ta se uvádí v počtech cyklů nabití-vybití nebo celkovou dobu jejího trvání. Ovlivňuje jí způsob provozu nebo její konstrukce. [1] [2] [4]



Obr. 9 Zobrazení umístění jednotlivých komponent na elektrokole [20]

3.8.2 DRUHY AKUMULÁTORŮ

- **Olověné Pb-akumulátory**

Olověné akumulátory, označované též LA (Lead Acid), se dnes již málokdy vyskytují, nejčastěji u nejlevnějších typů elektrokol. Důvodem je vysoká hmotnost (často i více než 8 kg) a nutnost důsledné a poměrně nákladné recyklace. [2]

- **Nikl-kadmiové NiCd-akumulátory**

Nikl-kadmiové akumulátory se vyznačují větší kapacitou a menší hmotností než olověné. Avšak nikl-kadmium je drahé a kadmium jako takové má špatný dopad na životní prostředí a těžce se recykluje. Na druhou stranu tyto akumulátory mají delší životnost a jsou odolnější proti přebíjení a podvybití. Dnes již patří k neperspektivním, protože mimo jiné trpí tzv. „paměťovým efektem“, který negativně ovlivňuje jejich nabíjení. [7] [9]

- **Niklmetalhydridové NiMH-akumulátory**

Niklmetalhydridové akumulátory mají přibližně dvakrát větší kapacitu než nikl-kadmiové, při jinak srovnatelných parametrech. Ta však rapidně klesá při větším zatížení (např. při jízdě do kopce). Je konstruována až na 500 nabíjecích cyklů. Skladování těchto akumulátorů je možné v nabitém i vybitém stavu, avšak je nutné minimálně 3x v průběhu jednoho roku články nabít a vybit, jinak může dojít k nevratnému znehodnocování elektrod a ke ztrátě kapacity. Jsou levnější než nikl-kadmiové akumulátory, mají výhodný poměr cena/výkon a lze je snadno recyklovat. V dnešní době se však upouští i od těchto akumulátorů. [2] [9]

- **Lithium-iontové Li-Ion-akumulátory**

Lithium-iontové akumulátory se vyznačují zvýšenou kapacitou při malé hmotnosti. Jejich cena je oproti NiMH-akumulátorům dvojnásobná, avšak to je vykompenzováno výrazně delší životností, a to až 1000 nabíjecích cyklů. Lithiová katoda se vyznačuje velice dobrou recyklovatelností. Mezi další výhody patří to, že může být vyrobena v různých tvarech, trpí jen malým samovybitím (do 5 %) a nemá paměťový efekt. [2] [4] [8]

Mezi obrovské její obrovské nevýhody patří skutečnost, že stárne, tedy ztrácí svojí maximální kapacitu bez ohledu na to, jestli je nebo není používána. Rychlost tohoto stárnutí se zvyšuje s vyšší teplotou, vyšším stavem nabití, a vyšším nabíjecím proudem. Jedná se v současnosti o nejpoužívanější typ akumulátoru na trhu (až 90 %). [2] [4] [8]

- **Lithium-polymerové LiPol-akumulátory**

Jedná se o relativně nový typ elektrického akumulátoru. Je vyvinutý z lithium-iontového akumulátoru, a tudíž zlepšuje jeho vlastnosti (nízká hmotnost, relativně vysoká kapacita, velká výkonnost a minimální samovybití). Neobsahuje žádnou kapalinu, takže nevyžaduje těžké ochranné kryty, které potřebují jiné akumulátory. Také tato absence kapaliny teoreticky znamená, že by měla být stabilnější a méně náchylná k problémům způsobeným přetížením nebo poškozením. Výroba je energeticky a technologicky náročná, což se promítá na celkové ceně. [2] [4] [9]

Pro všechny lithiové akumulátory platí, že nejlepší způsob, jak proploužit životnost akumulátoru, je omezení cyklů hlubokého vybití, a tedy nabíjet je co nejčastěji. Například nabíjení při pouze 50 % vybití může zdvojnásobit kapacitu akumulátoru. [4]

- „Superkapacitor“

Jelikož jsou v současnosti stále větší požadavky na kapacitu a životnost baterií, dostávají se stále více do popředí tzv. superkapacity. Dají se najít pod názvem EDLC – Electric Double-Layer Capacitors či ultrakapacity, a v kapacitě a životnosti předčí dnes běžný lithium-iontového akumulátor, proto se začínají v současnosti stále více prosazovat. Ve srovnání s běžnými elektrolytickými hliníkovými kondenzátory mají tisíckrát vyšší kapacitu a hustotu energie. Ve srovnání s lithium-iontovými bateriemi mají podstatně vyšší výkon a trvanlivost. Nabíjecí doba superkapacitoru je 1–10 sekund.

Nevýhoda je, že nám sice dodají obrovské množství energie, ale ne postupně, nýbrž najednou. Jakékoliv superkapacity nejsou schopny pomalého vybíjení, ačkoliv umějí zajistit obří výkon při poklesu napětí. Další problém může být i to, že jeden článek má napětí v rozmezí od 2,3 do 2,75 V, takže do současných baterií s napětím 36/48 V je jich potřeba zapojit více do série, což by mělo za následek radikální zvýšení odporu. [21] [22]

V automobilovém průmyslu se plánuje kombinace superkapacitoru s lithiovou baterií, kdy superkapacitor by dodával energii při rozjezdech a tím pomáhal šetřit baterii. Následně by se dobíjel rekuperací brzděné energie. [21] [22]

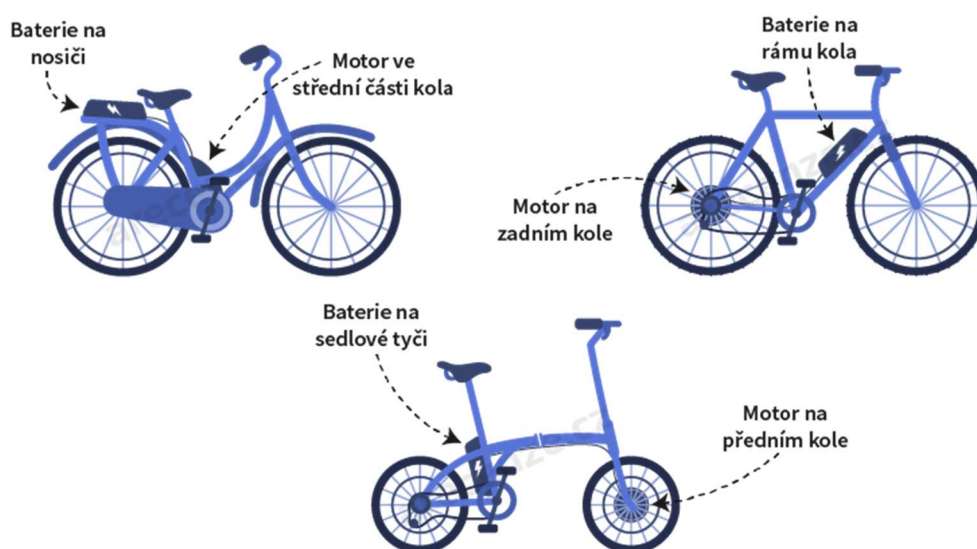
3.8.3 UMÍSTĚNÍ BATERIE NA ELEKTROKOLE

Umístění baterie se částečně odvíjí od umístění motoru. Běžně bývá umístěna na rámu kola, sedlové tyči nebo nosiči. [29]

Baterie na rámu kola je snad nejčastější a neoptimálnější variantou. u skládacích kos se nachází přímo v rámu kola. Mezi její výhody patří to, že nenaruší těžiště kola esteticky splývá s kolem. [29]

Baterie na nosiči se vyskytuje hlavně u městský nebo trekových kol. Na rozdíl od umístění na rámu má volný prostor pro láhev či brašnu. Nevýhodou je vyšší postavené těžiště a z toho plynoucí těžší ovladatelnost kola. [29]

Baterie na sedlové tyči mívají nejnižší těžiště, ideální rozmístění váhy, ale méně převodů. Vyskytuje se hlavně u skládacích a městských kol. [29]



Obr. 10 Různé typy umístění baterie a motoru [29]

3.8.4 REKUPERACE

Rekuperace je zpětné dobíjení akumulátoru přeměnou části kinetické energie při brždění, tedy obrácená funkce elektromotoru, kdy se z něho stává generátor. Této funkce lze využít pouze u motorů bez volnoběžky, protože u motorů s volnoběžkou se motor při brždění neotáčí, a tedy nemůže generovat elektrický proud. Rekuperace se aktivuje, jakmile jezdec začne brzdit. V brzdných páčkách se nachází mikropínače a motor začne vyvíjet určitou brzdnu sílu. Ta zvyšuje brzdny účinek klasických brzd a zároveň dobíjí akumulátor – regenerativní brzdění. Prodloužení dojezdu elektrokola vlivem rekuperace v současnosti není příliš účinná. Lze hovořit o jednotkách procent energie, která se vrátí do akumulátoru. Důvod je v malé hmotnosti soustavy jezdec + elektrokolo, proto má větší význam spíše u těžších vozidel jako je např. auto nebo vlak. V dnešní době z důvodu pokroku ve zmenšování hmotností a velikosti baterií stále více jeví perspektivnější použití druhé baterie. [1] [2]

3.9 TYPOLOGIE ELEKTROKOL

3.9.1 MĚSTSKÉ ELEKTROKOLO

Městská elektrokola jsou v současnosti trend ve světě jízdních kol. Z důvodu snahy o ekologii ve městech se stává segment městských elektrokol největší, co se týče výroby. Průměr kol je běžně 26 nebo 28 palců. Vyznačuje se především monotubní konstrukcí s nízkým nástupem, které zajišťuje snadné nasednutí a vysednutí a zároveň napomáhá bezpečné jízdě v městském provozu, ochranou oděvu cyklisty zakrytím řetězu, případnou dodatečnou montáž dětské sedačky nebo nosiče zavazadel. [2]

Řadí se sem i kola s tzv. koloběžkovým typem rámu, který díky svému rámu pod osou pedálu (20 až 30 centimetrů nad úroveň vozovky) poslouží hlavně seniorům, kteří mají často problém s překročením vyššího rámu. [2]



Obr. 11 Elektrokolo LEADER FOX Holand s tzv. koloběžkovým typem rámu [11]

3.9.2 SKLÁDACÍ ELEKTROKOLO

Poměrně často zastoupeným typem elektrokol jsou skládací kola. Tato kola jsou lehká a skladná. Průměr kol mají většinou do 20 palců, aby velikost složeného kola byla co nejmenší. Z toho důvodu jsou vhodnější spíše na kratší vzdálenosti po silnici nebo cyklostezce. Nejsou vhodná na delší cesty po nezpevněných komunikacích, proto se někdy řadí mezi městská elektrokola. I přes obtížné konstrukční řešení jsou dnes velice rozšířená. Mají dojezd zpravidla do 80 kilometrů. [2]

3.9.3 TŘÍSTOPÉ ELEKTROKOLO

Třístopá elektrokola mají zastoupení zejména u cyklistů mající problém se stabilitou nebo u tělesně postižených osob. Z hlediska světové produkce tvoří pouze nevýraznou část. Vyskytují se, jak v provedení se dvěma koly v předu a hnaným vzadu, tak i v jiných variantách. Často také slouží pro transportní účely, kvůli vyšší stabilitě a větší nosnosti. [2]

3.9.4 HORSKÉ ELEKTROKOLO

Horská elektrokola jsou díky své stavbě a geometrii určena výhradně k jízdě na nerovné cesty, lesní cesty, polní cesty, kopcovitý terén apod. U většiny horských elektrokol je možné si zvolit mezi pevným a celoodpruženým rámem. Bývají vybavena velkým počtem převodových stupňů, často 27 (trojpřevodník a dvoustupňový pastorek). Vyznačují se robustní konstrukcí se širokými pneumatikami s hrubým desénem. [2]

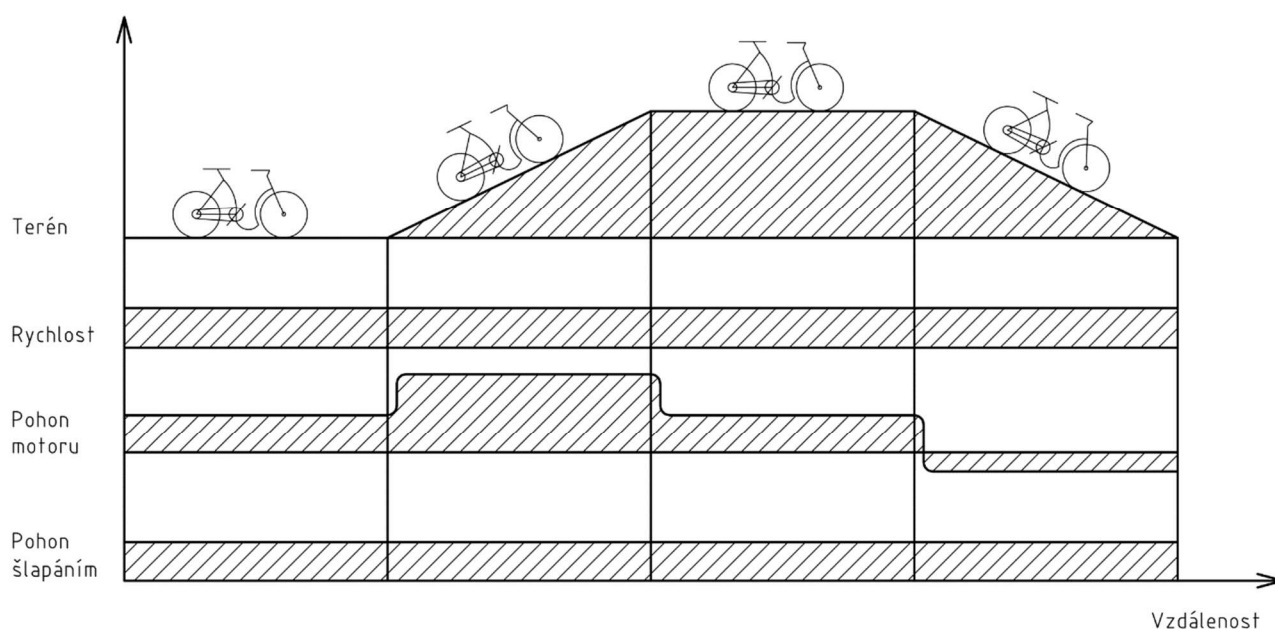
3.9.5 TREKKINGOVÉ ELEKTROKOLO

Trekkingové elektrocolo je jakýmsi kompromisem mezi terénním (horským) a městským kolem, které je vhodné zejména pro delší cestování v mírném terénu nebo po silnici. Od městských se liší zejména rámem, odpruženou vidlicí a širšími pneumatikami s hrubším dezénem pláštěů. Je u nich typický větší počet převodových stupňů, než jaký je běžný u elektrokol určených výhradně pro provoz na silnicích, ať už se jedná o řazení klasickou přehazovačkou řetězu, nebo planetovou převodovku vestavěnou v náboji zadního kola. [2]

3.10 NÁVRH IDEÁLNÍHO ŘEŠENÍ ELEKTROKOLA PRO SENIORY

3.10.1 POHON

U elektrokola je na rozdíl od klasického jízdního kola ulehčená situace v tom, že senzor na snímání napnutí řetězu je přímo zabudovaný v samotném elektromotoru (za předpokladu že se nachází v elektrokole torzní, a ne magnetický snímač, viz 3.7). Pracovalo by se zde s rozdílem hodnot od napnutí řetězu a zatížení na pedálech od cyklisty. Pokud tedy cyklista přijede z rovného terénu ke stoupání, dojde ke chvilkovému zvětšení napětí v řetězu (od pohonu cyklisty) a motor okamžitě zareaguje zvýšením výkonu. Stejný princip by platil i u jízdy po rovině a následně z kopce. Po celou dobu by řídicí jednotka udržovala konstantní rychlost. Při jízdě z kopce by se motor automaticky přepnul do generátorového módu, čímž by docházelo k brzdění kola, resp. kladení odporu vůči šlapání cyklisty a zároveň bude docházet k rekuperaci energie (zpětnému dobíjení akumulátoru). To by mělo za následek zvýšení dráhy dojezdu.



Obr. 12 Zobrazení závislosti rychlosti, pohonu motoru a pohonu šlapání na terénu a vzdálenosti.

3.10.2 STABILITA

Častým problémem seniorů nebo osob s pohybovým omezením je stabilita na kole, nebo překročení rámu kola při nasedání nebo sesedání. Pokud tedy zdravotní stav nedovoluje cyklistovi překročit rám kola, nabízí se řešení například ve formě sníženého rámu až pod osou pedálu (tzv. koloběžkový typ).

Jako možný nedostatek se může jevit i skutečnost, že elektrokola pro seniory mají snížené sedadlo, které sice ulehčuje nasedání a sesedání, ale snižuje efektivitu šlapání. Toto by mohlo řešit automaticky polohovatelné sedadlo, které by po šlápnutí do pedálů automaticky zvedlo do efektivní polohy a následně při zastavení zase kleslo pro snadné sesednutí. Prototyp takového sedadla již vyvinuli vědci z holandské univerzity Twente, ale zatím nenašlo uplatnění v praxi. [33]

Jako řešení problému se stabilitou se nabízí použití třístopého elektrokola, ať už s dvěma koly vzadu nebo vpředu.

ZÁVĚR

První část této bakalářské práce se zabývá stářím, definuje si, kdo to je senior a jak velký mají u nich význam pohybové aktivity.

Další část se zabývá jízdními koly, a to jejich vývojem a rozbohem hlavních částí. Je zde i nastíněn ideální model jízdního kola. Ten však je v praxi jen těžko představitelný bez přídavného elektrického pohonu. Proto se tato práce v další části zabývá elektrokoly. Konkrétně to jsou typy jednotlivých elektrokol a rozbor jednotlivých částí. Z toho důvodu by tato práce mohla sloužit jako návod pro někoho, kdo si plánuje koupit elektrokolo a zároveň se v tomto prostředí příliš neorientuje.

Ukazuje se, že v současnosti jediná elektrokola na trhu zaměřená speciálně pro seniory, potažmo pro osoby s pohybovým omezením, jsou buď kola se sníženým rámem, nebo kola třístopá. Je škoda, že nikdo nevyrobí model pohonu, který jsem nastínil v návrhu ideálního elektrokola pro seniory, protože tento model je pro lidské zdravý nejideálnější. Důvody mohou být různé, například finanční stránky věci nebo malá poptávka ze strany zákazníků.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] JEŘÁBEK, Jan. *Elektrokolo: nový fenomén sportu pro všechny*. Praha: Česká asociace Sport pro všechny, 2016. 19 stran. Pohyb je život, Ročník 20, metodická příloha 73, březen 2016.
- [2] HRUBÍŠEK, Ivo. *Elektrokola: nová dimenze cyklistiky*. Plzeň: Cykloknihy, 2011. ISBN 978-80-87193-18-1.
- [3] ČSN EN 15194 (309080) *A Jízdní kola - Jízdní kola s pomocným elektrickým pohonem - Jízdní kola EPAC*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [4] Vše o bateriích pro elektrokola. *Www.ekolo.cz* [online]. [cit. 2019-3]. Dostupné z: <https://ekolo.cz/baterie-elektrokola>
- [5] Typy motoru. *Www.ekolo.cz* [online]. [cit. 2019-03]. Dostupné z: <https://ekolo.cz/jaky-typ-motoru-pro-elektrokolo>
- [6] Historie elektrokola. *Www.ekolo.cz* [online]. [cit. 2019-03]. Dostupné z: <https://ekolo.cz/historie>
- [7] Nikl-kadmiový akumulátor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-03]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Nikl-kadmiov%C3%BD_akumul%C3%A1tor
- [8] Lithium-iontový akumulátor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-04]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Lithium-iontov%C3%BD_akumul%C3%A1tor
- [9] *Www.electricbikeblog.com* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://electricbikeblog.com/electric-bike-batteries/>
- [10] Jaký rám by mělo mít vaše kolo. *Www.kolo.cz* [online]. [cit. 2019-04]. Dostupné z: <https://kolo.cz/clanek/jaky-ram-by-melo-mit-vase-kolo/kategorie/rady-vybirame-kolo>
- [11] *Elektrokolo LEADER FOX Holand* [online]. In: . [cit. 2019-03]. Dostupné z: <https://ekolo.cz/uploads/products/1184/big/elektrokolo-leader-fox-holand-26-2018-2.jpg>
- [12] Energetika v Česku. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Energetika_v_%C4%8Cesku
- [13] Amsterdam to ban petrol and diesel cars and motorbikes by 2030. In: *The Guardian* [online]. 3 May 2019 [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/world/2019/may/03/amsterdam-ban-petrol-diesel-cars-bikes-2030>
- [14] History of the bicycle. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_bicycle

- [15] Cyklistika a její historie. *Www.kolemkola.cz* [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://www.kolemkola.cz/cyklistika.html>
- [16] Jaké brzdy ja jízdní kolo. *Www.bs-bike.eu* [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://www.bs-bike.eu/blog/rady-a-tipy/jake-brzdy-na-jizdni-kolo>
- [17] Kotoučové brzdy. *Www.bike-eshop.cz* [online]. [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://www.bike-eshop.cz/kotoucove-brzdy>
- [18] Stáří. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/St%C3%A1%C5%99%C3%AD>
- [19] Senioři a pohybová aktivita. *Www.vemeste.cz* [online]. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://www.vemeste.cz/2011/05/seniori-a-pohybova-aktivita/>
- [20] Z čeho se elektrokolo skládá. *Www.apache-bike.cz* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://apache-bike.cz/cs/z-ceho-se-elektrokolo-sklada>
- [21] Supercapacitor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Supercapacitor>
- [22] Jak funguje superkapacitor. *Www.oze.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elekriny/16916-jak-funguje-superkapacitor>
- [23] Středové motory. *Www.akumo.cz* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.akumo.cz/valka-stredovych-motoru-velky-test-elektrokol>
- [24] ABBOTT, Allan V. a David Gordon WILSON. *Human-powered vehicles*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1995. ISBN 0-87322-827-8.
- [25] Jak správně nastavit výšku sedla. *Www.kolacihal.cz* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.kolacihal.cz/provozni-tipy/jak-spravne-nastavit-vysku-sedla/>
- [26] Systém pohonu BionX. *Www.ktmelektrokola.cz* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://www.ktmelektrokola.cz/index.php?str=systempbionx>
- [27] Correct pedalling technique. *Www.cyclefit.co.uk* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.cyclefit.co.uk/journal/correct-pedalling-technique>
- [28] Senzory. *Www.opravyelektrokol.cz* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://opravyelektrokol.cz/o-elektrokole/senzory/>
- [29] Test elektrokol. *Www.arecenze.cz* [online]. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.arecenze.cz/test-elektrokol/>
- [30] SIDWELLS, Chris. *Velká kniha o cyklistice*. Praha: Slovart, 2004, 240 s. ISBN 80-7209-585-4.

-
- [31] BALLANTINE, Richard a Richard GRANT. *Velká kniha o bicyklech*. Přeložil Luděk J. DOBRORUKA, přeložil Hana RIPKOVÁ. Bratislava: Gemini, 1993. ISBN 80-7161-011-9.
- [32] Senioři. *Www.czso.cz* [online]. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/seniori>
- [33] Bicycles reacting to speed for stable cycling. *Www.utwente.nl* [online]. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.utwente.nl/en/news/!/2017/12/106716/bicycles-reacting-to-speed-for-stable-cycling>